

48,
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

TENDENCIAS EN EL DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA, OPORTUNIDADES QUE ABREN PARA LOS INGENIEROS E IMPLICACIONES PARA SU PREPARACION Y ACTUALIZACION

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO EN COMPUTACION
P R E S E N T A N :
MARISELA REVELES ZAVALA
ERASMO BARRIENTOS AVILA
JUAN CARLOS NAVA ESPARZA
CUAUHTEMOC TREJO MARTINEZ



MEXICO, D. F.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

1990



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.

INDICE

Introducción.

- 1.- Descripción de los principales campos de aplicación del CAD y de los paquetes y equipos disponibles.
 - 1.1 Conceptos básicos. CAE/CAD/CAM..... 5
 - 1.2 Campos de aplicación..... 8
 - 1.3 Encuesta a proveedores..... 12
 - 1.3.1 Descripción de la encuesta..... 12

- 2.- Descripción de las aplicaciones que se están dando en México en industrias de diferentes tipos y tamaños, en grupos como el Centro de Investigación y Asistencia Técnica de Querétaro (CIATEQ), el Instituto Mexicano de Investigaciones de Manufacturas Metal mecánicas (IMEC), el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) y en instituciones de enseñanza superior como el Centro de Diseño Mecánico (CDM) de la Facultad de Ingeniería.
 - 2.1 Encuesta a industrias de diferentes tipos y tamaños..... 23
 - 2.1.1 Descripción de la investigación de campo.. 24
 - 2.1.1.1 Diseño y pruebas de los cuestionarios piloto y preliminares... 24
 - 2.1.1.2 Selección de la muestra..... 25
 - 2.1.2 Presentación del cuestionario..... 26
 - 2.1.3 Interpretación y presentación de resultados..... 28
 - 2.2 Aplicación en los centros de investigación..... 67
 - 2.2.1 Aplicaciones en el CIATEQ..... 68
 - 2.2.2 Aplicaciones en el IMEC..... 73
 - 2.2.3 Aplicaciones en el IIE..... 75
 - 2.2.4 Aplicaciones en el CDM..... 80
 - 2.2.5 Aplicaciones en otras instituciones e industrias..... 83
 - 2.3 Posible demanda de especialistas de CAD..... 87

- 3.- Identificación de las áreas en las que se pueden lograr los mayores beneficios en México de la aplicación de esta tecnología y de las condiciones para que se aprovechen estas oportunidades.
 - 3.1 Area de Ingeniería Civil..... 92
 - 3.2 Area de Arquitectura..... 93

3.3	Area de Ingeniería Mecánica.....	95
3.3.1	Casos interesantes.....	99
3.3.2	Conclusiones.....	102
3.4	Ejemplo de una aplicación multidisciplinaria...	103
4.-	Análisis de las tendencias mundiales en el desarrollo y aplicación de estas tecnologías.	
4.1	Tendencias en el ámbito de esta tecnología a futuro.....	108
4.1.1	Sistemas Operativos, Arquitecturas y Estaciones de Trabajo.....	108
4.1.2	Manufactura Integrada por Computadora, Inteligencia Artificial, Sistemas Expertos y Programación Orientada a Objetos.....	118
4.2	Estado actual de la tecnología en los países que más hacen uso de ella.....	129
4.2.1	Aplicación práctica de los conceptos vistos anteriormente.....	129
4.3	Tendencias Generales.....	132
5.-	Identificación de los conocimientos y elementos de apoyo que requieren los ingenieros para utilizar adecuadamente el CAD en las aplicaciones que presenten las mejores oportunidades.	
5.1	Descripción de experiencias en universidades extranjeras.....	139
5.1.1	¿Cuándo deben los estudiantes de ingeniería ser iniciados en esta tecnología?.....	139
5.1.2	¿Qué se debe ver en un curso de CAD?.....	140
5.1.3	¿Cuál es el papel de CAD en la ingeniería?.....	140
5.1.4	Cambios en la manera de enseñar.....	141
5.1.5	¿De que otra manera puede ayudar el CAD en la educación?.....	141
5.1.6	Requerimiento de recursos de cómputo.....	141
5.1.7	Casos particulares.....	144
5.1.7.1	La Universidad de Michigan.....	144
5.1.7.2	Instituto de Tecnología de Cranfield, Colegio de Manufactura: Maestría en Diseño y CAD/CAM de Máquinas de Producción y Sistemas	149
5.1.7.3	Educación de Ingeniería de Sistemas de Manufactura en Estados Unidos. Cooperación Universidad-Industria.....	151
5.1.7.4	Un caso latinoamericano.....	154
5.1.8	Tendencias.....	155

5.2 Situación de la tecnología CAD en algunos programas de estudio actuales.....	158
5.2.1 Facultad de ingeniería.....	158
5.2.1.1 Laboratorios de computación de la Facultad de Ingeniería.....	159
5.2.1.2 Carrera de Ingeniero en Computación.....	159
5.2.1.3 Carrera de Ingeniero Mecánico Electricista.....	161
5.2.1.4 Carrera de Ingeniero Civil.....	165
5.2.1.5 Sugerencias de incorporación de la tecnología CAD en las carreras que no son de computación.....	167
5.2.1.6 Sugerencias de incorporación de la tecnología CAD en todas las carreras.....	168
5.2.2 División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería (DEPFI).....	169
5.2.3 División de Educación Continua.....	171
5.2.4 Colegio de Ingenieros Civiles.....	172

6.- Conclusiones y recomendaciones.

Anexo I: Cuestionario para la encuesta de proveedores.

Anexo II: Cuestionario para la encuesta de usuarios.

Anexo III: Laboratorios de computación de la Facultad de Ingeniería.

Apéndice: El método KJ.

INTRODUCCION:

El Diseño Asistido por Computadora (Computer Aided Design, CAD) aunque no es una tecnología reciente, su uso se ha extendido principalmente a comienzos de esta década. Es probablemente el avance más significativo en ingeniería y manufactura de los tiempos modernos.

"El CAD/CAM es la técnica que goza de una mayor potencialidad para aumentar radicalmente la productividad en relación a cualquier otro desarrollo acaecido desde el advenimiento de la electricidad": National Science Foundation⁽¹⁶⁾.

Estudios recientes estiman que la tecnología CAD/CAM sera usada para diseñar la mitad de los nuevos artículos por aparecer. En Estados Unidos el número de instalaciones de CAD/CAM crece a un ritmo de más del 30% anual ⁽¹¹⁾.

La tecnología CAD/CAM es multidisciplinaria, siguiendo un rápido proceso evolutivo y revolucionando sus campos de aplicación.

La gran tendencia en los países altamente industrializados es la de introducir sistemas CAD/CAM en sus industrias, y esto es un reto para las naciones en vías de desarrollo.

"Nuestro país por fuerza, deberá de reunir las características que determinen los mercados internacionales en los cuatro elementos fundamentales que concurren a dicho mercado: precio, oportunidad, calidad y servicio" ⁽³⁴⁾.

El ignorar lo anterior significaría el riesgo de que el aparato productivo se convierta en obsoleto en unos cuantos años.

En la actualidad, la única alternativa para lograr bajos niveles de costos de producción, si se carece de tecnología moderna, se basa en la disponibilidad de mano de obra y recursos naturales baratos. Sin embargo en el futuro, esta forma de competitividad perderá vigencia, pues la forma productiva de los países avanzados, tiende a la automatización. Esto propicia que las características de los productos mismos se transformen, de tal manera que obligadamente se requiere de tecnología moderna para producirlos.

México es una nación donde es posible hacer alta tecnología, y hace ya algunos años que diferentes grupos y organizaciones de México han entendido el beneficio de la tecnología CAD/CAM (por ejemplo el Instituto de Investigaciones Eléctricas, Fabricación de Máquinas, Comisión Federal de Electricidad, etc.). Sin embargo, no se han podido establecer eficientes vías de aplicación. Esta no es una nueva situación, y puede expresarse con la siguiente frase: "Es posible conocer la utilidad de una idea y no poder hacer uso de ella exitosamente"⁽⁴⁶⁾.

Por otro lado un reporte del consejo de investigación de ciencia e ingeniería en Estados Unidos, publicó en junio de 1983 las siguientes recomendaciones:

"El diseño es el núcleo de la ingeniería y la educación de los ingenieros debe reflejar esto".

"Los alumnos actuales deberán ser entrenados en el diseño tradicional y en el uso de las herramientas electrónicas modernas tales como el CAD/CAM".

"Las autoridades apropiadas deberán validar la inclusión de la tecnología CAD/CAM como una herramienta en aquellos cursos de ingeniería que tengan una orientación esencial hacia el diseño".

"La tecnología CAD/CAM modificará el papel del diseñador en la industria".

Por todo ello consideramos importante que en México se tomen medidas para impulsar y fomentar el uso de esta tecnología, a nivel industria, escuela y organismos de investigación.

Los objetivos de este trabajo de tesis son:

- Identificar los principales campos de aplicación de esta tecnología, y sus alcances, a través del software disponible en el mercado.
- Tener una visión del estado actual de la tecnología CAD, tanto en la industria como en diversos organismos de investigación.
- Identificar las condiciones para aprovechar mejor esta tecnología en nuestro país.
- Analizar las tendencias a futuro con respecto a esta tecnología.
- Finalmente y apoyándonos en la información recabada para cumplir con los objetivos anteriores y en otras fuentes, se realizará una identificación de

los conocimientos y elementos de apoyo que requieren los futuros ingenieros para hacer un uso apropiado de esta tecnología.

Esperamos que esta información sea útil para las instituciones educativas, especialmente para la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

La información que expondremos a continuación es una recopilación de diversas fuentes, y se apoya también en una encuesta aplicada a menos de 60 empresas usuarias de la tecnología CAD y en algunos casos también CAM. Asimismo, se entrevistaron a algunos proveedores de esta tecnología en el mercado mexicano.

Cabe aclarar que dado el extenso campo de estas tecnologías, nuestra tesis se enfocará principalmente a lo que es el CAD (Diseño Asistido por Computadora).

Sabemos que el uso de la tecnología CAD/CAM deberá promover el desarrollo tecnológico de México y con la idea de que el Diseño Auxiliado por Computadora sea el medio ambiente del futuro ingeniero, se realizó el presente trabajo.

CAPITULO I

**DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES CAMPOS DE APLICACION DEL CAD Y
DE LOS PAQUETES Y EQUIPOS DISPONIBLES.**

CAPITULO I

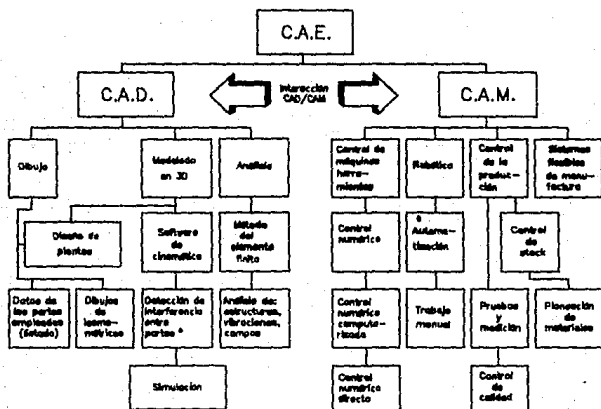
DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES CAMPOS DE APLICACION DEL CAD Y DE LOS PAQUETES Y EQUIPOS DISPONIBLES.

1.1 CONCEPTOS BASICOS: CAD-CAM-CAE.

Dado que el presente trabajo estudia la tecnología, basada en computadoras, orientada al diseño y análisis de diversos componentes y partes y que a lo largo de este se utilizan los términos CAE, CAD y CAM, es conveniente mencionar el significado de estos.

Ingeniería Auxiliada por Computadora (Computer Aided Engineering, C.A.E.):

CAD y CAM, como se ilustra en la figura 1.1, son parte de una tecnología mucho mayor. El CAE, es el área que emplea el potencial de cómputo para asistir en el dibujo, diseño, documentación, análisis y simulación de un producto cualquiera, incluyendo eventualmente el control de los procesos de fabricación.



* Para mayor detalle sobre los diversos paquetes que conforman la planta

Figura 1.1. Interacción CAE - CAD/CAM

Diseño Asistido por Computadora (Computer Aided Design, C.A.D.):

En el concepto más amplio se refiere a cualquier aplicación de la computadora para la solución de problemas de diseño, incluyendo o no el análisis y simulación.

Específicamente, el CAD es una técnica en la cual el ingeniero y la computadora trabajan juntos como en un equipo, utilizando mutuamente su respectiva capacidad. Es importante recalcar que el CAD no es sólo el hecho de que la computadora nos permita realizar un dibujo en la pantalla (así sea en 2D, 2.5D o 3D), sino que el concepto de "Diseño Asistido por Computadora", envuelve todas las fases en que una computadora ayuda en el proceso de diseño de un producto (planeación, análisis de materiales, análisis de ingeniería, control de proyectos, realización de prototipos etc.) y en el cual el dibujo forma sólo una parte más.

El diseño asistido por computadora permite al ingeniero probar una idea de su diseño y rápidamente ver sus efectos, el diseño probado puede ser entonces modificado y vuelto a probar hasta lograr un buen diseño. Después de cada iteración se espera que el diseño sea mejorado, por lo tanto mientras mayor número de ciclos mejor será el diseño. Si este proceso fuera manual, llevaría mucho tiempo y sería muy costoso, con la ayuda de la computadora se abate el tiempo considerablemente teniendo una solución dentro de los límites financieros.

Ventajas del CAD:

- Ausencia de prototipos
- Análisis y verificación del diseño.
- Menor tiempo en la realización de dibujos y modelos, ya sea en el desarrollo del dibujo o en su edición.
- Diseños más confiables y completos
- Facilidad de estandarización de los productos
- Transmisión de información más rápida y confiable.
- Traslada el concepto al producto fabricado.
- Reduce costos del diseño.
- Reduce el tiempo de retroalimentación del diseño.
- Reduce tiempos de entrega.
- Optimiza el diseño del producto a través de iteraciones.
- Incrementa la productividad.
- Debido a bases de datos comunes, la cooperación entre diferentes departamentos se incrementa y el almacenaje se hace más fácil y seguro.

Manufactura Auxiliada por Computadora (Computer Aided Manufacturing, C.A.M.):

Se puede definir como la utilización de la computadora para planear, dirigir y controlar las operaciones de una planta de manufactura. Sus aplicaciones se pueden dividir en dos categorías:

- 1- Monitoreo y control computarizado: La computadora está conectada directamente al proceso de fabricación.
- 2- Aplicaciones de apoyo a la fabricación: No existe una interfaz directa entre la computadora y el proceso de fabricación.

El monitoreo computarizado observa y obtiene datos del proceso de interés, pero el control depende exclusivamente del operador. El control computarizado no sólo monitorea, además controla basándose en la información recibida.

Existe además una herramienta de gran ayuda para un buen uso de la tecnología CAD/CAM, la Base de Datos, como se ilustra en la figura 1.2, con lo cual se puede lograr una integración total de las actividades de CAD/CAM, así como tener organizada adecuadamente la información referente a cada proyecto (datos geométricos, de materiales, control de avance, etc).

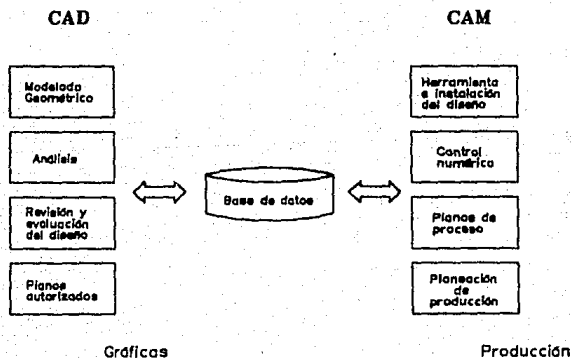


Figura 1.2. Integración de las actividades de CAD/CAM.

1.2. CAMPOS DE APLICACION.

El corazón de cualquier sistema CAD es su software. Para que un sistema CAD funcione correctamente, dos distintos tipos de software son requeridos.

- 1) Software de sistema operativo.- Su función principal es hacer que tanto el hardware como el software trabajen conjuntamente, administrar los recursos del sistema y servir de interfaz con el usuario.
- 2) Software de aplicación.- Este es el paquete específico de CAD.

Algunas aplicaciones típicas de la tecnología CAD son:

- Dibujo y delineación general.
- Esquemas de cableado
- Diseño de circuitos electrónicos, impresos, integrados.
- Cartografía.
- Arquitectura y urbanismo.
- Diseño de piezas y máquinas.
- Generación de mallas y análisis por elemento finito.
- Programación de máquinas-herramienta.
- Simulación de procesos.
- Diseño de plantas.
- Diseño de redes de distribución.
- Artes gráficas.

El software de aplicación realiza tareas específicas para el usuario. En los sistemas CAD/CAM, este software se puede dividir en varias áreas funcionales ⁽¹¹⁾:

1.- Dibujo.

Los sistemas tienen muchas características que automatizan el rango de tareas de dibujo, para producirlos más rápidos y mejor realizados. Las funciones del menú permiten al usuario especificar puntos, localizar líneas, entradas de texto, etc.

Además permite el modificación de dibujos con gran rapidez. Con lo cual el trabajo se hace más dinámico, mejor y en menor tiempo.

2.- Modelado Geométrico.

El diseñador realiza un modelo geométrico en la estación de trabajo, para describir la forma de una estructura. La computadora después convierte esa representación gráfica a un modelo matemático el cual se almacena en una base de datos para después ser utilizado. El modelo puede ser llamado cuantas veces se requiera y ser manipulado en

cualquier punto del proceso de diseño y puede usarse como entrada para otras funciones del CAD/CAM.

El ingeniero puede eliminar el costo de la tarea de construir prototipos, representando el modelo en la computadora y manipulándolo en ella.

Como muchas funciones dependen del modelo, el modelado geométrico es considerado por muchos expertos como lo más importante del CAD/CAM. Por ejemplo, el modelado geométrico puede ser utilizado para crear modelos de elementos finitos para realizar análisis basándose en un modelado matemático de campos o, por otra parte como datos de entrada para realizar dibujos, o como base para producir salidas a control numérico. Dependiendo del software, el modelo puede ser de 2D, 2.5D o 3D.

Algunas veces la fabricación alámbrica de 3D no representa adecuadamente a un objeto sólido. La técnica más avanzada del modelado geométrico resuelve este inconveniente tal técnica es el modelado sólido en 3D; estos modelos son cubos, esferas y otros sólidos llamados primitivos que son combinados para crear otros más complejos.

3.- Análisis de ingeniería.

Muchos sistemas CAD/CAM permiten al usuario moverse directamente de un modelo geométrico a funciones analíticas. Por ejemplo, se le manda una serie de instrucciones a la computadora para calcular el peso, volumen y centro de gravedad de una pieza. El método más poderoso para analizar los modelos en la computadora es el del elemento finito. En esta técnica el modelo es representado por una red de elementos que la computadora usa para hacer un modelo matemático de campos y así poder atacar diversos tipos de fenómenos físicos como lo serían campos eléctricos, de fuerzas, magnéticos, etc. y determinar sus consecuencias (deformaciones, aceleraciones, etc.).

En sistemas integrados, el usuario puede llamar el modelo geométrico de una pieza y crear el modelo de elemento finito, usando las apropiadas rutinas de generación de elementos.

4.- Cinemática.

Las ecuaciones asociadas a mecanismos complejos, son extremadamente difíciles de resolver. Anteriormente los diseñadores utilizaban modelos en cartón y métodos gráficos difíciles de desarrollar. Ahora con los programas de cinemática de CAD/CAM se pueden evitar esas tareas tan tediosas, costosas y complicadas.

La mayoría de estos sistemas pueden hacer los movimientos de animación de algunas partes de la pieza, como pueden ser puertas o manubrios para asegurar que estos no vayan a chocar o interferir con otros componentes del modelo.

Los programas de cinemática, permiten al usuario desarrollar mecanismos más rápidamente, así por ejemplo la integración final del diseño del motor de un automóvil puede reducirse considerablemente.

5.- Control numérico.

El control numérico se puede definir como el estado en el cual los procesos son controlados por números, letras y símbolos.

Esta área controla las máquinas-herramienta por medio de registros e información codificada, Teniéndose la capacidad de cambiar las instrucciones para cada nuevo trabajo, adaptándose así a cambios en las líneas de producción.

6.- Planeación de procesos

El control numérico se usa para controlar las operaciones de una sola máquina. Sin embargo, la planeación de procesos tiene una función mucho más amplia pues puede considerar los pasos de la secuencia de producción más detallados que son requeridos para la fabricación de piezas desde el comienzo hasta el fin. Esencialmente el plan de proceso describe el estado de la pieza en cada estación de trabajo. El sistema de planeación de proceso organiza las piezas similares en familias para estandarizar los pasos de fabricación.

7.- Robótica.

La palabra ROBOT se define como una gran variedad de dispositivos mecánicos que realizan tareas como son: colocación y selección de piezas, acarreo de equipos, alimentar y controlar máquinas-herramienta.

La potencia de estos dispositivos es que pueden ser programados (mediante técnicas de inteligencia artificial y sistemas expertos, que se detallaran en el capítulo 4) para realizar múltiples tareas y con capacidad de auto-aprendizaje, además se les pueden adaptar diversos sensores (de tacto, de visión, etc.) para incrementar sus capacidades.

8.- Control de la producción de empresas.

El control de la producción en las empresas es otra área del CAD/CAM que coordina las operaciones para facilitar la fabricación.

Los sistemas de control de producción, con la tecnología de sistemas de fabricación y con la computadora trabajan en varias tareas administrativas así como controles de inventario y planeación.

Se dice que la fabricación puede estar unida y controlada por un sistema computarizado haciéndose así una fábrica automatizada.

Teniendo ya un panorama general de lo que es la tecnología CAD, y de sus aplicaciones típicas, podemos entender que esta tecnología abarca cada vez más campos de aplicación, y forma parte fundamental en el funcionamiento de empresas de las más variadas áreas, como las siguientes:

Astronáutica y aeronáutica, son complicadas tecnologías que requieren completos análisis de ingeniería. Los métodos manuales no pueden realizar las mínimas tolerancias de error necesarias en partes aeroespaciales. La relativamente pequeña demanda de este tipo de componentes cuyo costo es bastante elevado requiere un sistema de fabricación flexible, que se adapte rápidamente a diferentes tareas, por ello la NASA en Estados Unidos, EMBRAER en Brasil y AERMACCHI en Italia entre muchas otras empresas aeronáuticas han implantado esta tecnología.

La fabricación de cámaras fotográficas, actualmente envuelve diseños electrónicos y mecánicos, así, la empresa HASSELBLAD de Suiza se apoya en la tecnología CAD, para el diseño de su nueva generación de cámaras.

La rama del transporte también se ha visto influenciada por esta tecnología, y la aplican aerolíneas, agencias de transporte, armadoras de barcos, ferrocarriles, constructores de carreteras, y autoridades de tránsito.

Así el departamento de transporte de los Estados Unidos, aplica sistemas de diseño aplicados a la ingeniería civil y sistemas cartográficos en 35 de 50 estados de la Unión Americana (Datos hasta 1987).

También la aplican compañías de teléfonos, principalmente para crear modelos geográficos altamente precisos de sus redes de distribución, y darles soporte y mantenimiento, por ejemplo, TELEFONICA de España, tiene mapas digitalizados de la red telefónica de las provincias de León, Valencia, Madrid, Sevilla y Navarra.

La industria automotriz es un de las pioneras en la aplicación de esta tecnología, armadoras de autos como la Ford, General Motors y Chrysler tienen gran experiencia en este campo, pero también los fabricantes de partes automotrices como ROBERTO BOSCH LTD. usa esta tecnología en sus plantas en Brasil para el diseño mecánico, dibujo, análisis de ingeniería y control numérico. En Europa la usan fabricantes como la AUDI A.G. de Alemania, VOLVO B.M. de Suecia. En México la FORD MOTOR CO. y el Grupo SPICER S.A. hacen un uso intensivo de esta tecnología.

Otro usuario importante del CAD, es la industria petrolera, usándola en la cartografía, exploración geofísica y geológica, así como en el diseño y mantenimiento de plantas. De las 15 compañías petroleras más grandes del mundo, 14 usan esta tecnología (principalmente sistemas Intergraph).

Otras compañías con giros en la rama de la construcción, electrónica, armamento etc. hacen un uso intensivo de esta tecnología, aplicándola en diversas áreas de su aparato productivo. Una aplicación reciente es en la representación gráfica de funciones matemáticas de alto grado de dificultad (Por ejemplo despliegue gráfico de tiroides poliédricos sombreados).

En el resto del trabajo se mostrará como se aplica esta tecnología en nuestro país, por quiénes y quiénes proporcionan este tipo de servicios.

1.3 Encuesta a proveedores

El uso comercial de una nueva tecnología se puede ver limitado por la disponibilidad de los productos, y por el soporte que estos reciben, en las áreas geográficas donde se necesiten. La idea primordial de hacer esta encuesta fue tratar de conocer quiénes son los principales proveedores de equipo y paquetería para la tecnología CAD y cuales son los productos disponibles en México.

1.3.1 Descripción de la Encuesta.

La encuesta se aplico a proveedores de tecnología CAD, los objetivos que se persiguen son:

a) Conocer cual es la opinión de los proveedores de sistemas CAD (Diseño Asistido por Computadora) acerca de:

- El grado de uso de esta tecnología en México y los beneficios de su aplicación.

- Identificación de los factores que limitan su uso.
 - Sugerencias para promoverlo.
 - Requerimientos en cuanto a recursos humanos.
 - Relaciones con el sector educativo y de investigación.
- b) Finalmente se desea conocer los productos que comercializan con el fin de saber de la disponibilidad y características de estos sistemas en México.

La Encuesta

Se aplicó primero una encuesta piloto durante una exposición de material de computación. En base a los resultados obtenidos se eliminaron algunas preguntas, se corrigieron y se aumentaron algunas otras.

Con estos datos no pretendemos obtener un estado de la situación actual de la tecnología CAD/CAM vista desde el lado de los proveedores, sino que pretendemos obtener opiniones de personas que están directamente relacionadas con el mercado CAD/CAM mexicano y que por ello nos pueden dar información de primera mano, importante e ilustrativa acerca de dicho mercado.

PAQUETES Y SU AREA DE APLICACION

PAQUETE	AREA DE APLICACION	CUENTA CON				¿POR QUE?
		AYUDA EN LINEA	TUTORIAL	NINGUNA	MAYOR DEMANDA	
AUTOCAD	Diseño en general	X	X			Por accesible, poderoso y por ser el estándar
AUTOSKETCH	Dibujo en dos dimensiones	X	X		AUTOCAD	
DESIGNCAD	Diseño en general	X	X			
CAD/CAM	Diseño y manufactura	X	X			Por las aplicaciones y facilidad de uso
MEDUSA	Diseño	X	X		MEDUSA	
PATRAM II	Control numérico	X	X			
CIM	Manufactura	X	X			
MASTRAN	Diseño de moldes	X	X			
PDGS	Elemento finito	X	X			
DESIGNCAD	CAD (Ingeniería y diseño)	X	X			
AUTOCAD		X	X			
CAD/SE	Análisis y diseño estructural	X	X		AUTOCAD	Fácil de manejar
AUTOCAD	Dibujo auxiliado por computadora	X	X			
ICEM D.D.	Todas, dibujo y diseño	X	X			Elemento básico de la familia
ICEM D.D.M.	Dibujo y diseño	X	X		D.D.M.	
	Control Numérico, Mecánica					
ICEM ELECTRONICS	Dibujo y Diseño de tarjetas electrónicas	X	X			ICEM
ICEM PLASTICS	Inyección de plástico	X	X			
ICEM ANALYSIS	Análisis Elemento Finito	X	X			
MODELADO GEOMETRICO						
INTERFAZ HOMBRE-MAQUNA						
BASE DE DATOS E	Practicamente		En		TOODS	Todos se requieren
INTERFAZ A FORMATOS ESTANDARO	Todas		Desarrollo			
PARA INTERCAMBIO DE INFORMACION ENTRE PRODUCTOS						
AEC	Arquitectura, Ingeniería y Construcción	X	X			Una es del área de la construcción y la otra de
ELECTRONICA	Electrónica	X	X			
POS	Diseño de planos	X	X		AEC	
GIS	Cartografía, Sistema de Informa- ción Geográfica	X	X		MECANICA	
CIM	Mecánica, Diseño y Manufactura Integrada	X	X			manufactura
SERVICIOS DIVERSOS	Transporte, gas, tel., etc.	X	X			

Pregunta 1. ¿Considera ud. que el uso de esta tecnología está adecuadamente difundido en México?.

Se puede apreciar de la tabla que todos los entrevistados estuvieron de acuerdo en que no hay la suficiente difusión de la tecnología CAD en México y se ha hecho muy poco para subsanar este problema.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	0	0
NO	7	100
TOTAL	7	100

Pregunta 2. Desde su punto de vista, ¿cuáles son los principales problemas que limitan el uso del CAD en México?.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. El precio	2	28
2. Falta de personal calificado	1	14
3. Falta de conocimientos de las ventajas del CAD por parte del usuario	4	56
TOTAL	7	100

Pregunta 3. ¿Considera Ud. que la información está llegando adecuadamente al usuario?.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	1	14
NO	6	84
TOTAL	7	100

Pregunta 4. ¿Cuál es su sugerencia para poder tener mayor interacción con los usuarios?.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. Implantarlo en los planes de estudio a nivel universitario	2	28
2. Foros y exposiciones de esta tecnología.	2	28
3. Crear grupos de usuarios de áreas específicas.	1	14
4. Presentar el producto, con sus ventajas	1	14
5. No contesto	1	14
TOTAL	7	100

Del bloque de preguntas anteriores, aunado con los comentarios que hicieron los entrevistados, es posible notar que de acuerdo con los proveedores el usuario no tiene la información suficiente para poder valorar adecuadamente los beneficios que le proporcionaría un sistema CAD/CAM en su empresa. La relación costo-beneficio es poco clara, y un factor importante es que la persona que tiene la encomienda de valorar dicha relación generalmente no ha tenido contacto con esta tecnología y carece de alguien que le apoye. Por eso se recomienda que los egresados de las escuelas de ingeniería del país obtengan el mayor contacto posible en el uso de estas herramientas.

Pregunta 5. ¿Tiene su compañía contacto con instituciones de estudio o investigación, las cuales están haciendo desarrollo o uso del CAD?.

En esta pregunta es importante notar que todos los entrevistados están en la mejor disposición de establecer contacto con instituciones de investigación o educativas de nivel superior. Esto aunado a que dicho contacto se ha realizado en cierto grado crea un clima en el cual se podrían conjuntar esfuerzos para aprovechar mejor los sistemas que los proveedores entrevistados ofrecen.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI		
1. Con universidades	2	28
2. Con el ITESM	1	14
3. Instituto de astronomía	1	14
4. Laguna Verde	1	14
Subtotal	5	70
NO		
1. Porque esa política no está a su alcance	1	14
2. Sin explicación	1	14
Subtotal	2	28
TOTAL	7	100

Pregunta 7. ¿Tiene su compañía información de experiencias vividas con esta tecnología en otros países?.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI		
1. De compañías fabricantes de partes automotrices en USA y Europa	2	28
2. De todo el mundo, principalmente en México, USA y Europa Occidental	2	28
3. Han tenido experiencias con un club de usuarios de AUTOCAD (No dice el país)	1	14
4. Con el M.I.T.	1	14
5. Debido a que los productos son extranjeros	1	14
TOTAL	7	100

Pregunta 9. ¿Qué medios usa para la difusión de sus productos?.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. Visitas directas a clientes potenciales		2
28		
2. Propaganda en revistas y periódicos de computación, además de las visitas directas a clientes potenciales	2	28
3. Por correspondencia	2	28
4. Propaganda en revistas y periódicos de computación, además de correspondencia		1
14		
TOTAL	7	100

Pregunta 10. ¿Qué medidas propone ud. para la difusión de la tecnología CAD en México?.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. Implantación de cursos en los programas de estudio a nivel técnico y licenciatura		3
42		
2. Exposiciones exclusivas de esta tecnología y visitas a escuelas e instituciones	1	14
3. Mostrando las ventajas del CAD con resultados reales	1	14
4. Publicación especializada no a nivel PC sino a nivel estaciones de trabajo	1	14
TOTAL	7	100

En las dos preguntas anteriores, vuelve a resaltar el hecho de que los proveedores consideran que las técnicas de venta tradicionales se verían favorecidas si el usuario (que generalmente es alguien con un nivel mínimo de licenciatura) tuviera un contacto con esta tecnología desde la escuela.

Pregunta 11: ¿A qué está dedicada principalmente su empresa?.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. Venta de soluciones integradas (hardware y software)	1	14
2. Comercialización de productos (Incluyendo productos extranjeros)	2	28
3. Desarrollo de software y hardware, comercialización de productos (Incluyendo productos extranjeros)	4	42
TOTAL	7	100

Pregunta 16: ¿Qué tipo de equipo (hardware) requiere su desarrollo CAD?.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. PC's (XT, AT) y sistemas PS/2	3	42
2. Minis, mainframes y supercomputadoras	1	14
3. Sistemas INTERGRAPH	1	14
4. Que ejecute UNIX.	1	14
5. No contesto.	1	14
TOTAL	7	100

De estas dos últimas preguntas se observa que en México, los proveedores pueden introducir tecnología de vanguardia en sistemas cada vez más baratos como son las PC's. Sin embargo, a pesar de ello esta tecnología no ha logrado tener la penetración que podría esperarse, las causas de esto se podrán ver con más claridad en la encuesta a usuarios.

Pregunta 18: ¿Cuál es el origen de la preparación de sus técnicos especializados?.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. Nacional	3	42
2. Extranjero	1	14
3. Ambos	2	28
4. No contesto	1	14
TOTAL	7	100

Pregunta 19. ¿Qué estudios requieren sus técnicos?.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. Licenciatura en el área de aplicación del paquete	5	60
2. Computación y matemáticas	1	14
3. No contesto	1	14
TOTAL	7	100

Pregunta 20. Sugiere algún elemento adicional en la orientación del estudio de sus técnicos.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. Más familiarización con problemas reales	3	42
2. Más conocimientos de computación	2	28
3. Inglés técnico	1	14
4. No contesto	1	14
TOTAL	7	100

Estas tres últimas preguntas indican que a pesar de que predomina personal nacional, existen técnicos extranjeros, principalmente asesorando sus productos.

Es importante mencionar (adelantándonos un poco a la presentación de la encuesta a usuarios) que tanto proveedores como usuarios están de acuerdo en lo siguiente:

- El personal ideal para el uso y desarrollo de estos sistemas es aquel con estudios mínimos de licenciatura en el área de aplicación de dicho sistema y con conocimientos de computación.
- Se sugiere que dicho personal haya tenido más contacto con casos reales en los cuales haya aplicado esta tecnología (lo cual debe ser inherente a una enseñanza apoyada en esta herramienta).
- Se requiere el conocimiento del idioma inglés.

Pregunta 21. Si su compañía se dedica sólo a distribuir. ¿Quiénes son sus principales proveedores?

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. Control Data Corporation.	1	14
2. Houston instruments, Autodesk	2	28
3. No contestaron	4	56
TOTAL	7	100

Pregunta 22. ¿Tiene su compañía acciones de capital extranjero?

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. 100% Mexicana con desarrollos propios	4	56
2. Casi 100% Mexicana asociadas con compañías del extranjero.	1	14
3. Empresa extranjera	1	14
4. No contesto	1	14
TOTAL	7	100

En estas últimas preguntas, se puede notar que la mayor parte de esta tecnología proviene del extranjero.

Finalmente, diremos que los resultados de esta encuesta, en su mayoría apoyan y concuerdan con los datos recabados de la encuesta a usuarios, lo que nos proporciona una base de seguridad y coherencia en nuestros resultados.

CAPITULO II

Descripción de las aplicaciones que se están dando en México en industrias de diferentes tipos y tamaños, en grupos como el Centro de Investigación y Asistencia Técnica de Querétaro (CIATEQ), el Instituto Mexicano de Investigaciones de Manufacturas Metalmeccánicas (IMEC), el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) y en las instituciones de enseñanza superior como el Centro de Diseño Mecánico (CDM) de la Facultad de Ingeniería.

CAPITULO II

Descripción de las aplicaciones que se están dando en México en industrias de diferentes tipos y tamaños, en grupos como el Centro de Investigación y Asistencia Técnica de Querétaro (CIATEQ), el Instituto Mexicano de Investigaciones de Manufacturas Metalmeccánicas (IMEC), el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) y en las instituciones de enseñanza superior como el Centro de Diseño Mecánico (CDM) de la Facultad de Ingeniería.

Uno de los objetivos de este trabajo es el investigar de que manera se está aplicando la tecnología CAD en nuestro país. Para lograr este objetivo se hizo primeramente una encuesta en la cual se entrevisto a personal que trabaja en diferentes empresas usando esta tecnología. Se procuro visitar empresas chicas, medianas y grandes para tener una idea más general del uso de esta tecnología. La encuesta se dirigió a las áreas de ingeniería mecánica, ingeniería civil y arquitectura. Los resultados de esta encuesta son presentados y analizados en este capítulo. Como complemento a la investigación realizada se visito el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), entrevistando a personal de diferentes departamentos quiénes dieron a conocer las aplicaciones de la tecnología CAD dentro del instituto.

A través de la bibliografía consultada se obtuvo información de las aplicaciones que se están dando en Instituciones Oficiales de Investigación como el CIATEQ y el IMEC de San Luis Potosí.

Finalmente se hizo una visita al Centro de Diseño Mecánico de la Facultad de Ingeniería (CDM).

Al final de este capítulo se describen las aplicaciones encontradas durante las visitas al IIE y CDM y la consulta bibliográfica sobre el CIATEQ y el IMEC.

2.1 Encuesta a industrias de diferentes tipos y tamaños.

En esta sección se describen la investigación de campo, el cuestionario aplicado y los resultados obtenidos, los cuales fueron interpretados tomando como base los comentarios surgidos durante la entrevista a los usuarios de la tecnología CAD.

2.1.1 Descripción de la investigación de campo.

En este subinciso se explican los pasos llevados a cabo para la obtención del cuestionario aplicado durante la encuesta y la forma como fueron seleccionadas las empresas entrevistadas.

2.1.1.1 Diseño y pruebas de los cuestionarios piloto y preliminares

Primeramente se plantearon los siguientes objetivos de la encuesta a aplicar:

- a) Saber en que áreas se tiene un mayor uso de la tecnología CAD, así como conocer los alcances y características de los diferentes paquetes que se están utilizando y la opinión que sobre éstos tiene el usuario.
- b) Entender los beneficios de la aplicación de esta tecnología y conocer las limitaciones para su aplicación tanto en recursos humanos como tecnológicos.
- c) Conocer en que medida esta tecnología ha ayudado a incrementar la productividad y el rendimiento en el área de diseño.
- d) Determinar el nivel de estudios que tienen los usuarios de la tecnología y la recomendación para mejorar el conocimiento para hacer un mejor uso de ella.
- e) Preguntar a los usuarios, que actualmente hacen uso de la tecnología CAD, si las herramientas disponibles son adecuadas para las necesidades de diseño, análisis y manufactura de la industria nacional.

Con los objetivos mencionados anteriormente se elaboró un cuestionario piloto el cual fue aplicado en la visita a las instalaciones del Instituto de Investigaciones Eléctricas en Palmira Mor. durante la cual se entrevistó a varios investigadores para probar que tan bien respondían las preguntas a los objetivos planteados. De esta visita se redactó un informe (Ver la sección 2.2.3 de este capítulo).

De la experiencia de la visita al instituto se rediseñaron los cuestionarios y fueron aplicados en una forma piloto a una empresa y a una institución de educación superior, en la cual se aplicaron 3 cuestionarios a usuarios y un cuestionario a un usuario potencial, lo que permitió redactar más claramente las preguntas y así obtener el cuestionario final a ser aplicado.

2.1.1.2 Selección de la muestra

Para seleccionar la muestra se recurrió a diversas fuentes de información como son: el Directorio de la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción, el Directorio de la Cámara Nacional de Empresas de Consultoría y el directorio de la Asociación Nacional de Industrias de la Transformación. También la compañía Investigación de Operaciones e Ingeniería de Sistemas (IOIS) proveedor de esta tecnología dentro del área de ingeniería civil, quienes fueron entrevistados en la visita a EXPOIN 88, proporcionaron un directorio de sus clientes actuales y potenciales. Parte de los usuarios que están listados en dicho directorio era seguro que usarán la tecnología, ya que son clientes. Por otro lado, estaban aquellos que era casi seguro que usaran por lo menos la computadora como una herramienta al interesarse en el tema al haber asistido a la exposición o al haberse acercado a un proveedor de la tecnología CAD.

Otros contactos se hicieron en la EXPO INDUSTRIAL que se llevo a cabo en las instalaciones de la ENEP ACATLAN y por último, una fuente de posibles entrevistados lo constituyo el propio usuario, ya que se le pedía en el momento de la entrevista (y en el cuestionario) que proporcionara los datos de alguna compañía que él supiera hacia uso del Diseño Asistido por Computadora.

El siguiente paso consistió en tomar los directorios y empezar a hacer llamadas para encontrar si la compañía listada hacia uso de la tecnología. En caso afirmativo se trataba de concertar una cita para una entrevista personal, en algunos casos se tuvo que dejar el cuestionario y recogerlo en fecha posterior y en otros casos cuando el usuario estaba en el interior de la república se uso el servicio de FAX y envío de paquetería.

Como se puede observar, y después de haber consultado a un experto en muestreo, la selección de la muestra no fue de manera aleatoria, ya que se seleccionaron empresas de las cuales se tenía la seguridad de que usaban esta tecnología en base a datos proporcionados por otros entrevistados. Dadas estas condiciones se nos dijo que las pruebas de tipo estadístico no tenían ningún significado.

La persona consultada dijo que la única prueba que se podría hacer para tener un nivel de confianza de la información obtenida de la encuesta es la precisión de la muestra. Con esto se puede medir el porcentaje de error de tal forma que los porcentajes obtenidos pueden variar en $\pm t$.

Según la bibliografía consultada⁽⁶⁾ la precisión de la muestra está dada por la fórmula:

$$d = \sqrt{\frac{t^2 pq}{n}}$$

donde:

t = es la abscisa que delimita el área del nivel de confianza

p = probabilidad de que la empresa usa la tecnología CAD.

q = complemento de la probabilidad.

n = tamaño de la muestra.

Sustituyendo datos para un nivel de confianza del 95%, tamaño de muestra de 55 empresas y una probabilidad del 20% de que la empresa use la tecnología, este dato fue obtenido al hacer las llamadas telefónicas mencionadas anteriormente.

Para un nivel de confianza del 95%, t=2.

q = 1-p, para p = .20 entonces q = .80

n = 55

$$d = \sqrt{\frac{(2)^2 (0.20) (0.80)}{55}} = \sqrt{\frac{0.64}{55}} = 0.11$$

De aquí se concluye que los porcentajes de los resultados obtenidos pueden variar en $\pm 11\%$ con un nivel de confianza del 95%.

Cabe mencionar que durante la encuesta había veces que un entrevistado remitía a una empresa a la cual ya se había entrevistado o se estaba por hacerlo. Esto probablemente da una idea de un universo no muy grande de usuarios.

2.1.2 Presentación del cuestionario.

El cuestionario de usuarios (ver anexo II) consta de 39 preguntas las cuales se dividen en las secciones que se describen a continuación:

Software.

Se empieza por adquirir el conocimiento de cuales son los paquetes más usados en nuestro país, cual es su uso

primordial y cual su área de aplicación, preguntas 1, 2 y 17; se verá también que tanto de esta tecnología se está desarrollando en nuestro país a través de las preguntas 4 y 5. La amigabilidad y restricciones, así como la disponibilidad de cursos para los paquetes usados, se detectarán en las preguntas 6, 7, 12, 13, 11, 8, 9 y 10. Un punto importante es ver si el usuario considera como una buena inversión el uso de esta tecnología, pregunta 14; las preguntas 3 y 15 darán pauta de la difusión de esta tecnología y los motivos para su uso. Para terminar se desea saber si la tecnología totalmente reemplaza el método tradicional, pregunta 16.

Recursos Humanos.

Existe un gran interés que como resultado de esta tesis, se pueda tener bases para fomentar la inclusión de esta tecnología en los programas de estudio de las carreras de ingeniería.

En esta parte del cuestionario se conocerá el incremento en el rendimiento del personal que usa la tecnología CAD, pregunta 18; se verá también si la tecnología origina un desplazamiento de personal, no tanto por reducir el número de éstos, sino por la necesidad de contar con personal especializado, preguntas 19 y 20. Aunque no existe un ideal, se preguntará al usuario que capacitación se recomienda para que el personal haga un uso más provechoso de esta tecnología, pregunta 21; se conocerá el nivel académico de éstos a través de las preguntas 22, 23 y 24; también se tratará de conocer las sugerencias de los usuarios a los planes de estudio, pregunta 25.

El intercambio de experiencias y asesorías juegan un papel muy importante, ya que si cada quien trabaja por su lado es fácil que más de una empresa este desarrollando el mismo proyecto o uno similar, enfrentándose a las mismas dificultades. Sería muy conveniente fomentar el intercambio de experiencias y la creación de despachos de consultoría, preguntas 26, 27, 28 y 29. Dentro del área de electrónica, especialmente computación, los cambios se dan diariamente y es muy importante mantenerse actualizado, se espera conocer como se da esta actualización a través de las preguntas 30 y 31.

Hardware.

La disponibilidad actual de tantas marcas, tamaños y capacidades de equipos hacen muy difícil su elección, pero se tratará de encontrar en la experiencia de los usuarios una orientación de que equipos son mejores para esta tecnología, preguntas 32, 33 y 34.

Servicio de proveedores.

Un mal servicio por lo regular es causa de rechazo. Se procurará detectar, en caso de que esta tecnología tenga poco uso, si es causa de un mal servicio, preguntas 36 y 37.

Conclusión.

Qué se espera a futuro para esta tecnología, pregunta 38.

2.1.3 Interpretación y presentación de resultados.

En esta sección se presentan los resultados de la encuesta en forma de tabla y por pregunta. Al principio se encuentra una tabla en la cual se muestran los paquetes usados por los usuarios sus características como: si fueron desarrollos de la propia empresa, si son de origen nacional o extranjero, si cuentan con ayudas durante la ejecución, claridad de los manuales, tiempo para su aprendizaje y si satisfacen las necesidades de diseño y análisis de los usuarios. Posteriormente se listan los resultados de cada una de las preguntas que no fueron englobadas en la tabla antes mencionada.

De la tabla que se muestra a continuación se pueden hacer los siguientes comentarios: el 64 por ciento de empresas entrevistadas usan el paquete AUTOCAD el cual es el de mayor difusión en nuestro país, en algunas empresas incluso es el único paquete de CAD que utilizan. Este paquete es usado por algunas empresas para dar mejor presentación e inclusive sólo para el dibujo de planos tomando las salidas de otros paquetes.

Con respecto a la aplicación se puede ver que el 31 por ciento de las empresas mencionó en forma directa el diseño, el 9 por ciento el análisis y diseño y el 7 por ciento que utilizan el paquete sólo para dibujo. El 36 por ciento no se puede clasificar, de acuerdo a sus respuestas, dentro de los rubros mencionados anteriormente.

El desarrollo en nuestro país de la programación y equipos para la tecnología CAD es muy escaso, pero se puede observar que el 16 por ciento de empresas entrevistadas declararon tener desarrollos propios, siendo la gran mayoría a nivel numérico. Dentro de estas se encuentra que el 55 por ciento son del área de ingeniería civil y el resto del área de ingeniería mecánica. Ninguna de las empresas entrevistadas del área de arquitectura declararon tener desarrollo propio.

No. de Cuestionario	Nombre del paquete	Aplicación	Desarrollado		Cuenta con			Compresión de los manuales			Cubren necesidades		Tiempo para su aprendizaje
			México	Extranjero	Ayuda en línea	Tutorial	Ninguno	Fácil	Adecuada	Difícil	SI	No	
1	MATRICES DE RIGIDES	Ingeniería Civil	X	NO			X					X	8 hrs.
1	SUPER ETAPS	Ingeniería Civil	X	NO	X	X			X	X		X	20 hrs.
1	MAR PLAIN	Ingeniería Civil	X	NO	X	X			X			X	8 hrs.
2	M&P	Análisis y diseño de estructuras de acero (Metal Building Program)	X	NO			X		X			X	3 meses
2	AUTOCAD	Dibujo de planos		X	NO		X		X			X	4 meses
3	AUTOCAD	Ingeniería Civil		X	NO		X			X		X	3 meses
4	AUTOCAD	Dibujo (Civil, Mecánica, Eléctrica)		X	NO		X			X		X	250 hrs.
4	SAVE 2000	Análisis y diseño estructural (Ingeniería Civil)	X		NO			X				X	50 hrs.
5	STRUOL	Ingeniería Civil		X	?	NS	NS	NS		X		X	2 meses
5	SAP	Ingeniería Civil		X	?	NS	NS	NS			X	X	2 meses
5	NASTRAN	Ingeniería Civil		X	?	NS	NS	NS			?		NS
6	CAD/SE	Ingeniería Civil		X	NO	X			X			X	2 a 4 meses
6	ATL	Ingeniería Civil		X	NO	X				X		X	3 meses
6	SAFE 2000	Ingeniería Civil		X	NO	X	X		X			X	1/2 mes
7	PREP	Modelado de estructuras y/o sistemas mecánicos		X	NO	X			X			X	1 semana
7	PROGRAMA PROPIO	Análisis de lo anterior	X		SI	X			X			X	SR
7	PROGRAMA S/N	Edificios (Ingeniería Civil)	X		SI	X			X			X	SR
8	SAP	Análisis estructural (Ingeniería Civil)		X	NO			X		X		X	24 hrs.
8	TABS 77	Análisis estructural (Ingeniería Civil)		X	NO			X		X		X	24 hrs.
9	CAD-CAM	Diseño arquitectónico		X	NO	X	X			X		X	3 meses
10	POLI	Cálculo y dibujo de poligonales (Civil/Topografía)	X		SI			X		X		X	SR
10	MARC	Análisis y dibujo de marcos (Civil/Estructuras)	X		SI			X		X		X	SR
10	ZAPA	Diseño optimizado y dibujo de zapatas (Civil/Estructuras)	X		SI			X		X		X	SR
10	LOCE	Diseño y dibujo de losas de cimentación (Civil/Estructuras)	X		SI			X		X		X	SR
10	GASO	Cálculo y dibujo de gasoductos, poliductos, etc. (Civil/Topografía)	X		NO							X	SR
10	STAAD-III	Diseño y dibujo de estructuras concreto/acero (Civil/Estructuras)		X		X	X		X			X	SR
11	SW INTEGRAL	Civil, diseño de plantas, eléctrica, mecánica, instrumentación y control		X	NO	SR	SR	SR		X		X	10 meses
12	DISEÑO CAMINOS Y TERRACERIA	Ingeniería Civil	X		SI		X		X			X	4 meses
12	MAPPING	Ingeniería Topográfica		X	NO		X		X			X	3 meses
12	ETABS	Ingeniería Civil		X	NO		X		X			X	4 meses
12	SAP 90	Ingeniería Civil		X	NO		X		X			X	4 meses
12	COGO	Ingeniería Civil		X	NO		X		X			X	4 meses

No. de Cuestionario	Nombre del paquete	Aplicación	Desarrollado		Cuenta con			Compresión de los manuales		Cubren necesidades		Tiempo para su aprendizaje	
			México	Extranjero	en la propia empresa	Ayuda en línea	Tutorial	Ninguno	Fácil	Adecuada	Difficil		SI
13	SISTEMA POSTES	Análisis y diseño de postes de transmisión y distribución	X		SI	X			X			X	SR
13	SIDE II	Sistema integrado del diseño de torres de transmisión	X		SI	X		X				X	SR
13	AUTOCAD	Dibujo, lista de materiales		X	NO	X		X				X	SR
13	GKS	Dibujo		X	SR	SR	SR	SR	X			X	SR
13	PAGRA	Dibujo	X		SR	SR	SR	SR	X			X	SR
14	AUTOCAD	Dibujo (Ingeniería Civil)		X	NO	X			X			X	NS
14	ASTE-86	Estructuras (Ingeniería Civil)	X		NO			X	X			X	2 meses
14	MAS	Hidráulica (Ingeniería Civil)	X		NO			X		X		X	1 mes
14	TUAVE	Hidráulica (Ingeniería Civil)	X		NO				X			X	3 meses
15	AUTOCAD	Arquitectura e Ingeniería Civil		X	NO	X			X			X	3 a 4 semanas
15	PFRAME	Cálculo Estructural	SR	SR	NO	X			X			X	2 semanas
15	STRUDL	Cálculo Estructural		X	NO	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR
16	STRAP 1.2 (1984)	Solución Estructural Marcos Planos	X		SI			X	X			X	1 año
16	CAPZAP	Diseño de Zapatas	X		SI			X	X			X	3 meses
16	ARM	Análisis de armaduras. Convinción de Carga	X		SI			X	X			X	SR
17	MPGC	Civil	X		NO			X	X			X	2 días
17	AUTOCAD	Arquitectura		X	NO	X				X		X	2 semanas
17	STEEL LINES	SR	SR		NO	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR
17	REBAR LINES	SR	SR		NO	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR
21	AUTOCAD	Dibujo arquitectónico		X	NO	X				X		X	3 meses
22	IGDS	Planos arquitectónicos		X	NO			X		X		X	4 semanas
22	APDP	Planos arquitectónicos		X				X		X		X	3 semanas
22	AMOD	Planos arquitectónicos		X				X		X		X	4 semanas
23	AUTOCAD	Arquitectura		X	SI					X		X	1 año
24	AUTOCAD	Arquitectura		X	NO	X			X			X	5 meses
24	AUTOSHADE	Arquitectura		X				X	X			X	5 meses
24	AUTOFLIX	Arquitectura		X				X	X			X	5 meses
25	AUTOCAD	Arquitectura		X	NO	X				X		X	2 meses
25	PRODESIGN II	Arquitectura		X		X	X			X		X	2 meses
26	AUTOCAD	Arquitectura		X	NO			X			X	X	3 meses
27	AUTOCAD	Diseño arquitectónico		X	NO	X			X			X	2 meses
27	EGAPaint	Da color a las figuras		X		X			X			X	2 meses
27	GRASP	Genera animación		X		X			X			X	1 mes
28	AUTOCAD	Arquitectura		X	NO							X	2 semanas

No. de Cuestionario	Nombre del paquete	Aplicación	Desarrollado		Cuenta con			Compresión de los manuales		Cubren necesidades		Tiempo para su aprendizaje
			México	Extranjero	Ayuda en línea	Tutorial	Wingano	Fácil	Adecuado	Difícil	SI	
29	AUTOCAD	Arquitectura, instalaciones eléctricas	X	NO	X	X		X			X	2 meses
29	AUTOSHADE	Arquitectura, instalaciones eléctricas	X	NO			X	X			X	2 meses
31	AUTOCAD	Planos, logotipos y bobinas	X	NO	X			X				
32	CAD-KEY	Dibujo técnico	X	NO	X	X		X		X		2 meses
33	MEDUSA	Diseño mecánico	X	NO	X			X				
34	AUTOCAD	Diseño electromecánico	X	NO			X	X			X	1 año
35	CAD 3D	Diseño de instalaciones electromecánicas	X	NO	X	X		X			X	4 meses
35	AUTOCAD	Diseño de instalaciones electromecánicas	X	NO			X	X			X	8 meses
36	MICRO-STATION	Ingeniería en general	X	NO	X			X		X		1 semana
37	AUTOCAD 3D	Diseño mecánico (partes y herramientas)	X	NO	X	X		X			X	1 mes
37	DESIGN-CAD 3D	Diseño mecánico (partes y herramientas)	X	NO	X	X		X			X	1 mes
38	PRODUCT-DESIGN-GRAPHICS-SYSTEM	Diseño mecánico automatiz	X	NO	X	X		X		X		1.5 años
38	ELECTRICAL-DESIGN-GRAPHICS-SYSTEM	Diseño eléctrico automatiz	X	NO	X	X		X		X		1 año
39	FAMUC P-MOD. G	Programación de máquinas de control numérico	X	NO	X			X			X	2 meses
39	AUTOCAD	Ingeniería Metalúrgica	X	NO	X			X			X	2 meses
40	AUTOCAD	Diseño mecánico	X	NO		X		X		X		2 semanas
41	AUTOCAD	Diseño mecánico	X	NO	X			X		X		6 meses
42	AUTOCAD	Diseño mecánico		X	NO	X		X		X		20 hrs.
42	ADROS	Diseño mecánico	X	NO	X			X		X		20 hrs.
42	CAEDS	Diseño mecánico	X	NO	X			X		X		40 hrs.
42	CADAM	Diseño mecánico	X	NO	X			X		X		8 hrs.
43	AUTOCAD	Catálogos de herramientas	X	NO		X		No se puede generalizar		X		NS
43	ORACLE ROBMS	Los datos provenientes de AUTOCAD, EUCLID y AUTOSHADE se almacenan a través de este manejador de base de datos	X	NO		X		No se puede generalizar		X		NS
43	EUCLID	Modelador de sólidos. Pieza patrón para trabajar posteriormente con los paquetes AUTOCAD y AUTOSHADE	X	NO		X		No se puede generalizar		X		NS
43	AUTOSHADE	Catálogos gráficos de: herramientas para ajuste, herramientas de sujeción y diagramas de procesos para control de calidad	X	NO		X		No se puede generalizar		X		NS
44	ACTEN	Básico para otros paquetes	X	NO		X		X			X	unas semanas
44	IGDS	Ingeniería en general	X	NO		X		X			X	1 semana
44	IPS	De aplicación específica	X	NO		X		X		X		1 mes
44	DMRS	Son el núcleo	X	NO			X	X		X		varios meses

No. de Cuestionario	Nombre del paquete	Aplicación	Desarrollado		Cuenta con			Compresión de los manuales		Cubren necesidades		Tiempo para su aprendizaje
			en la propia		Ayuda	Tutorial	Ninguno	Fácil		Adecuada	Difficil	
			México	Extranjero	en línea	México	Extranjero	Sí	No			
45	AUTOCAD	Diseño mecánico	X	NO	X	X		X				2 meses
46	AUTOCAD	Ingeniería de producto y pruebas	X	NO	X			X			X	80 hrs.
47	AUTOCAD	Metalmeccánica	X	NO		X		X			X	1 año
48	AUTOCAD	Diseño en general	X	NO	X	X		X			X	3 meses
49	AUTOCAD	Diseño mecánico	X	NO	X			X		X		1 mes
50	CAEDS	Diseño mecánico	X	NO	X	X		X			X	1 año
50	CBDS	Diseño electrónico	X	NO	X	X				X	X	variable
50	AUTOCAD	Propósito general	X	NO	X	X		X			X	6 meses
50	SISTEMAS PROPIOS	Modelado circuitos	X	SI		X		X			X	3 semanas
50	CADAM	Diseño mecánico	X	NO		X		X		X	X	1 año
51	AUTOCAD	Dibujo	X	NO	X			X			X	1 mes
52	GRID	Diseño de aislamientos	X	SI			X				X	NS, (Iniciativa propia)
52	AUTOCAD	Diseño, recursos humanos	X	NO	X			X			X	NS, (Iniciativa propia)
52	ANSOFT	Campo electrostático	X	NO		X		X			X	NS, (Iniciativa propia)
52	SAFE	Diseño estructural	X	NO	X			X			X	NS
52	CADAM	Diseño de transformadores	X	NO			X	X			X	NS, (Iniciativa propia)
53	MICRO-STATION	Dibujo en general		X	NO	X				X	X	NS, se usa poco
53	MOVIE	Modelado de objetos	X	SI		X		X	X		X	NS, se usa poco
53	SUPER-CIRCUIT	Circuitos impresos	X	X	NO		X	X			X	NS, se usa poco
53	STANDARD-CARE	Diagramas de flujo	X	SI		X			X		X	NS, se usa poco
53	INTERACT	Dibujo de tuberías	X	NO					X	X	X	1 mes
53	AUTOCAD	Dibujo en general	X	NO	X			X			X	1 mes
53	GKS	Dibujo en general	X	NO			X				X	NS, se usa poco
54	SISTEMA P	Para máquina hiladora	X	NO			X		X		X	1 mes
55	DATA-BASE	Control de planos	X	NO		X		X			X	6 semanas
55	AUTOCAD	Diseño mecánico en general	X	NO		X		X			X	6 semanas
55	ELEMENTO FINITO	Transferencia de calor	X	NO		X		X			X	6 semanas
56	DBASE	Toda la empresa	X	NO	X			X			X	1 semana EL SISTEMA
56	DESIGN-CAD	Proyectos	X	NO	X			X			X	1 semana EL SISTEMA
57	SHAFT-PROGRAM	Mecánica	X	NO	X			X		X	X	1 mes
57	AUTOCAD	Mecánica, electrónica	X	NO	X			X			X	6 meses
58	CDR (FAMA)	Mecánica	X	SI				X		X	X	15 días
58	QMS	Metalmeccánica	X	NO	X			X			X	1 mes

Con respecto a los otros rubros (ver las columnas de características de los paquetes, cobertura de las necesidades de la empresa y el tiempo requerido para su aprendizaje) no se pueden obtener conclusiones específicas debido a la diversidad de las respuestas. Consideramos esto es debido a la falta de un buen conocimiento de los paquetes.

PREGUNTA 2. Uso primordial de los paquetes.

De las respuestas a esta pregunta se puede ver que el principal uso para esta tecnología es la del dibujo (24 por ciento) seguido del diseño y análisis (22 por ciento). Se detecto que no se usan paquetes que tengan las dos cualidades, ya que por lo regular son dos paquetes los que se usan, uno para dibujo y otro para análisis. También donde no se explota a toda su capacidad la tecnología es la integración con el CAM y esto principalmente por falta de recursos para la inversión que se necesita para el equipo que permita hacer dicha integración.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. Dibujo	13	24
2. Diseño	5	9
3. Diseño y análisis	12	22
4. Diseño análisis y manufactura	9	16
5. Dibujo y diseño	8	14
6. Dibujo, diseño y manufactura	1	2
7. Dibujo, Diseño y Análisis	6	11
8. Ninguno	1	2
TOTAL	55	100

Dentro de las áreas que se estudiaron en este trabajo se puede resaltar lo siguiente: en el área mecánica se usa el CAD principalmente para el diseño, análisis y manufactura; en el área civil se usa para el diseño y análisis sobre todo para análisis de estructuras. Finalmente, en la arquitectura se usa principalmente esta tecnología para dibujo de planos en donde se ha encontrado que el CAD reduce considerablemente el tiempo para el dibujo ya que se cuenta con librerías de dibujos, como mobiliario. La otra forma en que se reduce el tiempo al hacer uso de esta tecnología es cuando hay necesidad de modificar especificaciones, en una manera tradicional se tendría que redibujar todo el plano, pero con esta tecnología sólo basta hacer los cambios frente a una pantalla y con la ayuda de un dispositivo como una tableta electrónica y el ratón (mouse) y posteriormente dejar que el

equipo se encargue de dibujar a través de un graficador (plotter).

PREGUNTA 3. Medios por los cuales se enteró de la disponibilidad de la tecnología CAD/CAM.

Se aprecia en las respuestas a esta pregunta que la gran mayoría de los usuarios se enteró de la existencia de la tecnología a través de las revistas, que por lo regular son revistas extranjeras y no se tiene una fuente de información directa como la gran mayoría de entrevistados hicieron notar. Otra fuente importante de los primeros contactos con esta tecnología lo constituyen las exposiciones, ésta no es una manera muy adecuada de iniciar el conocimiento de la tecnología, ya que por lo regular en esas exposiciones se muestran "demos" (programas ya hechos) que hacen ver todo muy fácil y no tienen la profundidad adecuada para dar a conocer al usuario el verdadero potencial y las restricciones para su uso.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. Amistades	2	4
2. Dentro de la misma empresa	5	9
3. Exposiciones	3	5
4. Investigación directa	1	2
5. Instituciones de estudio e investigación	4	7
6. Licenciarios	3	5
7. Otros usuarios	4	7
8. Proveedores	5	9
9. Revistas	5	9
10. Revistas y amistades	1	2
11. Revistas y exposiciones	4	7
12. Revistas y libros	3	5
13. Revistas y usuarios	3	5
14. Revistas, conferencias y cursos	1	2
15. Conferencias, exposiciones, seminarios, revistas y periódicos	6	11
16. Revistas, personal de la empresa y proveedores	1	2
17. No contesto	4	7
TOTAL	55	100

Se detectó también que algunos usuarios se decidieron a hacer uso de esta tecnología después de ver como un conocido (amistad) estaba trabajando con la ayuda de una computadora y un paquete CAD. En este caso el nuevo usuario se ve más

confiado y convencido ya que ha visto como la persona conocida ha obtenido buenos resultados a través del uso de esta tecnología.

Dentro del área de mecánica se encontró que hay grupos de usuarios que se reúnen periódicamente y eso ha provocado un intercambio de experiencias en el uso de la tecnología CAD, esto como en el caso anterior ayuda a difundir la tecnología y se tiene un grupo de apoyo.

Existe el caso de un usuario que ha hecho uso de la tecnología desde hace aproximadamente 10 años y ellos tuvieron que hacer una investigación propia (2 por ciento) para la adquisición de su equipo. Actualmente debido a los buenos resultados obtenidos están por comprar equipo más moderno y con mayor capacidad.

PREGUNTA 8. Reciben cursos de actualización por parte de los distribuidores.

Aunque más de la mitad (62 por ciento) contesto que reciben cursos de actualización de parte de los proveedores aún existe una gran deficiencia en este rubro y esto ocasionado por falta de recursos humanos preparados para usar esta tecnología

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. SI	34	62
2. NO	20	36
3. No contesto	1	2
TOTAL	55	100

PREGUNTA 9. Considera adecuados los cursos de actualización.

Se recibieron respuestas muy diversas a esta pregunta y están supeditadas al hecho de que tan buenos fueron los instructores y los cursos recibidos.

Se puede apreciar como parte de los usuarios (12 por ciento) consideran que los cursos han sido buenos porque están basados en problemas reales. Sin embargo, otros consideran que no fueron buenos porque los ejemplos vistos en el curso fueron poco prácticos (9 por ciento).

Varios usuarios consideran que los cursos no deben ser enfocados a la enseñanza de comandos del paquete, sino se debe estudiar una aplicación sobre la área (civil, mecánica, arquitectura, etc.) ayudada por la herramienta en este caso la computadora junto con su software específico.

Por otro lado una gran mayoría (18 por ciento) consideran que es suficiente con lo que se ve en los cursos y es por cuenta de ellos aplicar la tecnología a la solución de problemas específicos.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI		
1. Las nuevas versiones requieren adiestramiento	1	3
2. Ofrecen más de lo requerido	1	3
3. Satisfacen parte de las necesidades	1	3
4. Consideran que los instructores son buenos	3	9
5. Están basados en problemas reales	4	12
6. Ofrecen la información necesaria para el buen manejo	6	18
7. Sin explicación	5	15
Subtotal	21	64
NO		
1. Sumamente básicos e impartidos por instructores con conocimiento sólo en computación	1	3
2. Consideran los instructores no dominan el tema profundamente	2	6
3. Ejemplos vistos en el curso, poco prácticos	3	9
4. Cursos ofrecidos sólo en el extranjero y muy costosos(*)	1	3
Subtotal	7	21
No contesto	5	15
TOTAL	33	100

(*) Es muy importante que el usuario al seleccionar un equipo y su software se cerciore que exista un proveedor en México y que este reconocido por la compañía que representa para evitar incurrir en gastos fuertes para capacitar al personal en el extranjero.

PREGUNTA 10. Le han hecho falta los cursos de actualización.

Existe una gran deficiencia por parte de los usuarios en lo que se refiere al dominio del idioma inglés, que es el idioma que se maneja en el ambiente CAD dado que la tecnología proviene principalmente de Estados Unidos y del Reino Unido. Por lo cual, gran parte de los usuarios (24 por ciento) consideran necesarios los cursos tanto introductorios como de actualización.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI		
1. Ya que sin ellos no se puede hacer uso inmediato de los paquetes	1	5
2. Porque los manuales son muy extensos	1	5
3. Para mejor explotación de los paquetes y por el tipo de trabajo	3	14
4. Porque no conocen el paquete	5	24
Subtotal	10	48
NO		
1. Ofrecen cursos	1	5
2. Autodidactas	2	10
3. Sin explicación	5	24
Subtotal	8	39
No contesto	3	14
TOTAL	21	100

Otros (14 por ciento) consideran que son necesarios los cursos para poder aprovechar al máximo las capacidades del paquete, ya que sin los cursos el usuario se ve limitado a usar sólo lo que más conoce y mejor domina. No teniendo tiempo muchas veces para investigar el total de facilidades que ofrece el paquete.

Como se puede observar de la tabla el 24 por ciento de los entrevistados contestaron que no les hacen falta los cursos de actualización. Una explicación a esto es que muchos han adoptado una versión y es la que mejor dominan y no están interesados en adquirir una nueva versión debido a que tendrían que estudiar nuevamente las nuevas características

del paquete. Otra explicación es debido a que el usuario perdió totalmente el contacto con su proveedor y no ha recibido retroalimentación sobre los cambios que ha habido en el software que usa y menos se interesa por un curso que no considera necesario por el conocimiento que ya tiene.

Un 10 por ciento son autodidactas y es gente que por lo regular tiene un firme conocimiento en su área, además del manejo del idioma inglés y una experiencia previa en el manejo de computadoras.

Sobre los entrevistados que ofrecen cursos (5 por ciento), son usuarios que han desarrollado aplicaciones y por lo tanto ofrecen soporte a aquellos que deseen utilizarlas.

PREGUNTA 12. Los paquetes son fáciles de emplear.

Se puede ver que una gran mayoría (82 por ciento) considera que el software dentro de esta tecnología es fácil de usar, esto es debido a que la mayoría de las aplicaciones se quedan en el dibujo. Para hacer uso de un paquete de CAD en estas condiciones no se requieren conocimientos muy profundos sobre el área de aplicación (mecánica, civil, arquitectura, etc.) como es el caso del diseño y análisis, donde los paquetes también son fáciles de usar pero se requiere un conocimiento profundo del área de trabajo y una sensibilidad de los resultados que se puedan esperar. Aquí es donde se requiere que los ingenieros tengan la posibilidad de usar esta tecnología desde su preparación escolar para utilizar ésta óptimamente.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. SI	45	82
2. NO	8	15
3. No contesto	2	3
TOTAL	55	100

PREGUNTA 14. Consideran redituable la inversión.

En lo que se refiere a la redituabilidad de la inversión que se requiere para implantar el uso de esta tecnología en

una empresa, y que mucho preocupa a los posibles usuarios, se puede ver que la gran mayoría esta de acuerdo que aumenta la productividad, hay una considerable reducción de tiempo para el diseño y se obtiene una inmejorable calidad tanto en la presentación del diseño como en el producto terminado. Todo esto lleva a que la empresa que usa la tecnología CAD y en algunos casos CAM, es una empresa con alto nivel de competitividad, ya que puede entregar diseños en menos tiempo que las que usan los métodos no computarizados y además puede ofrecer un alto nivel de calidad y un diseño óptimo hasta lo posible.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI		
1. Amortización del costo del equipo	4	7
2. Aumento de conocimientos	2	4
3. Aumento de productividad	9	16
4. Calidad	1	2
5. Reducción de tiempo	8	15
6. Reducción de tiempo, aumento en calidad	9	16
7. Uso intenso	3	5
8. Sin explicación	8	15
Subtotal	44	80
NO		
1. Falta de uso	4	7
2. Resultados insatisfactorios	2	4
Subtotal	6	11
Sin respuesta		
Aprovechar los sistemas si se tienen	1	2
No contesto	4	7
TOTAL	55	100

De los que contestaron que no ha sido redituable la inversión mucho se debe a que no lo saben usar y no lo aplican correctamente. Nuevamente se ve aquí la falta de una buena preparación, la cual debe empezar desde la escuela. Es indispensable que en los programas de estudios de la universidades y tecnológicos se implante el uso de la computadora como una herramienta más, la cual ampliará el poder de análisis del ingeniero.

PREGUNTA 15. Motivos para hacer uso de esta tecnología.

Los principales motivos para hacer uso de esta tecnología fueron: el darse cuenta que la tecnología ayuda y que de quedarse rezagados podría ser peligroso (18 por ciento), otros (13 por ciento) consideran que esta tecnología

RESPUESTA	FRECUENCIA PORCENTAJE	
1. Mayor competitividad. Incursión en nuevos mercados de trabajo ofreciendo un mejor servicio	7	13
2. Optimizar tiempo en cálculos y poder contemplar más alternativas a la solución de problemas	6	11
3. Disminuir costo del producto y mejorar calidad	4	7
4. Ir con las nuevas tecnologías, obtener mayor calidad, integrar el proceso de ingeniería al nivel de alta tecnología que actualmente se maneja	10	18
5. Precisión, rapidez en modificaciones y mejor presentación en el diseño	7	13
6. Aumento de productividad en el área de diseño	3	5
7. Seguir lineamientos dictados por la casa matriz	3	5
8. Ofrece mayor facilidad y hacer más confiable el trabajo	6	11
9. Necesidades intrínsecas de fabricación del producto o el tamaño de los proyectos	3	5
10. Lograr un desarrollo integral de la ingeniería	3	5
11. Dificultad para encontrar dibujantes técnicos	1	2
12. Debido a políticas internas	1	2
13. No contesto	1	2
TOTAL	55	100

los vuelve más competitivos apoyados por aquellos que declararon que la tecnología CAD proporciona mayor precisión, rapidez y mejor presentación.

PREGUNTA 16. Además del CAD usan el procedimiento no computarizado.

Se puede ver de las respuestas a esta pregunta que el uso tradicional (manual) es aún muy fuerte (71 por ciento) aún en empresas que se consideran modernizadas y esto se debe a factores como los que se listan a continuación.

El hecho de que México se encuentre tan rezagado en el uso masivo de esta tecnología provoca que no haya aún suficiente confianza en ella, además de que no se es muy productivo sobre un equipo que apenas se empieza a usar (15 por ciento).

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI		
1. Como auxiliar y bosquejos a mano	5	9
2. Falta de confianza	1	2
3. Falta de equipo	10	18
4. Falta de software	4	7
5. Hay casos simples que es más rápido	5	9
6. Por inercia	4	7
7. Reciente adquisición y apenas se empieza a conocer	8	15
8. Sin justificación	2	4
Subtotal	39	71
NO		
1. Consideran no es necesario	3	5
2. Sin explicación	10	18
Subtotal	13	24
No contesto	3	5
TOTAL	55	100

La falta de equipo es otra de las principales razones por la cual se sigue usando el procedimiento manual (18 por

ciento). En otra de las respuestas se pone énfasis en el hecho de que el ingeniero no necesariamente tiene que ponerse a hacer los dibujos^(*) y por lo tanto usa el método manual para hacer sus bosquejos (9 por ciento) y otros consideran que es justificable el uso manual en casos simples (9 por ciento).

PREGUNTA 17. Area sobre la que hacen sus dibujos, diseños y/o análisis.

El análisis estructural (18 por ciento) es uno de los mayores usos de esta tecnología dentro del área de ingeniería civil, utilizando la técnica de marcos planos. Otro uso y muy intenso es en el área de ingeniería mecánica sobre todo en el

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. Diseño de plantas, (ingeniería civil, mecánica y eléctrica entre otras).	2	4
2. Diseño de nuevos productos, planeación de procesos productivos.	5	9
3. Ingeniería civil, (análisis de estructuras).	10	18
4. Arquitectura y diseño gráfico.	8	15
5. Ingeniería mecánica, diseño de partes (engranes, flechas etc.).	8	15
6. Uso en diversas áreas de la Ingeniería (mecánica, civil, eléctrica, electrónica, control de procesos y flujo de datos).	9	16
7. Ingeniería eléctrica y mecánica, diseño industrial	6	11
8. Metal-mecánica (diseño de moldes).	3	5
9. Dibujo	3	5
10 No contesto.	1	2
TOTAL	55	100

(*) El ingeniero debe tener conocimiento de la tecnología para ser capaz de interpretar el dibujo y poder hacer observaciones necesarias.

diseño de partes donde destacan las automotrices (15 por ciento). Dentro del área de arquitectura la principal aplicación de esta tecnología es para el dibujo de planos, ya que facilita mucho el trabajo sobre todo al hacer modificaciones. Como un ejemplo se cita el caso de tener que mover una pared, usando el CAD automáticamente se mueven todos los objetos asociados a ella como son puertas y ventanas.

En el siguiente capítulo se explicará la forma en que la tecnología CAD favorece el trabajo interdisciplinario. Como se puede observar de las respuestas obtenidas, donde el 16 por ciento de usuarios la usan en diversas áreas de la ingeniería.

PREGUNTA 18. Aumento de la productividad detectada en el personal después de la implantación de un sistema CAD.

La mitad de los encuestados consideran que la productividad de sus empleados ha aumentado en más del 50 por ciento, incluso hubo una persona que contestó que el aumento es de más del 100 por ciento. De las personas que declararon un bajo porcentaje se debe mucho a que aún no aplican la tecnología al 100 por ciento y algunos apenas están empezando a usarla.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. Más del 100X	1	2
2. Del 76 al 100X	12	23
3. Del 51 al 75X	14	25
4. Del 26 al 50X	11	20
5. Del 1 al 25X	8	15
6. Nada	2	4
7. No contesto	7	13
TOTAL	55	100

PREGUNTA 19. El personal de antes es el mismo que usa el CAD.

En la respuesta a esta pregunta se detecta que el 58 por ciento de usuarios no tuvieron necesidad de cambiar su personal sino que se capacitó al que ya se tenía antes de introducir la tecnología.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. SI	32	58
2. NO	17	31
3. No contesto	6	11
TOTAL	55	100

PREGUNTA 20. El personal tuvo problemas en adaptarse a la nueva forma de trabajo.

Debido a que la gran mayoría de los sistemas de la tecnología CAD son de importación y muy poco software ha sido desarrollado en México, el idioma extranjero ha sido una barrera para la buena utilización de estos sistemas como lo declararon el 13 por ciento de los entrevistados.

Otro problema que tuvieron algunos usuarios para adaptarse al uso de esta herramienta es el desconocimiento y falta de contacto con las computadoras (9 por ciento), este caso se da sobre todo entre usuarios de edad madura, ya que por otro lado unos usuarios declararon no haber tenido problemas para el cambio por tener conocimientos previos de computación (9 por ciento) y éstos son por lo regular gente joven que de alguna forma ha usado una computadora.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI		
1. Por el idioma no se comprenden los manuales	7	13
2. Falta de los conocimientos básicos de computación	5	9
3. Asimilación de la metodología de trabajo	4	7
4. Falta de capacitación	3	5
5. Dificultad para adaptarse al uso de la tecnología como una herramienta	1	2
Subtotal	20	36

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
NO		
1. Facilidad del uso del sistema	6	11
2. Se tiene conocimiento de computación	5	9
3. Ya se tenía el conocimiento del paquete.	4	7
4. Sin explicación.	4	7
5. Gente joven que aceptan el cambio.	3	5
6. Hubo disponibilidad al cambio.	3	5
7. Porque es el mismo método.	1	2
8. Se le dio capacitación adecuada.	1	2
Subtotal	27	4
No contesto.	8	15
TOTAL	55	100

PREGUNTA 21. Persona ideal para el uso del equipo.

La tecnología y las computadoras no son un reemplazo, ya que se detectó que para usar el software para el diseño y análisis se requiere de los conocimientos ingenieriles que permitan entender la metodología de los paquetes. Esto es, un paquete no sustituye los conocimientos y experiencia de un ingeniero como se puede ver en las respuestas a esta pregunta donde 42 por ciento contestaron que el personal ideal para hacer uso de esta tecnología son profesionistas con un mínimo de licenciatura. Además un 15 por ciento considera que se debería tener conocimiento en computación, lo cual redundaría en un mejor aprovechamiento de la tecnología.

En empresas medianas y grandes se han creado grupos de trabajo donde se ha hecho una división muy marcada en el trabajo con esta tecnología y se dijo que el personal que se dedique a la parte del diseño y análisis debe tener estudios de educación superior y la gente de apoyo que se dedica al dibujo de planos es suficiente que tengan estudios a nivel técnico (15 por ciento).

Las personas que consideran que el usuario ideal es un dibujante (4 por ciento) es debido a que el uso primordial en esa empresa para esta tecnología es el dibujo. El hecho de que se haya sustituido el restirador, la regla T, las escuadras, etc. por una computadora no ha provocado que se requiera otro tipo de dibujante. Otros (5 por ciento)

comentaron que es conveniente se tenga cierto conocimiento de computación ya que ayuda a asimilar más rápidamente la técnica en estudio.

RESPUESTA	FRECUENCIA PORCENTAJE	
1. Profesionistas con conocimiento en computación	8	15
2. Profesionistas con licenciatura	15	27
3. Profesionistas para trabajar con el análisis y diseño, Técnicos para trabajar con el dibujo	8	15
4. Conocimientos sobre su área	7	13
5. Gente creativa con entrenamiento adecuado	3	5
6. Gente joven	3	5
7. Programador o dibujante	3	5
8. Técnicos en dibujo	2	4
9. Cualquier persona	4	7
10. No contesto	2	4
TOTAL	55	100

PREGUNTA 22. Estudios del personal que hace uso de la tecnología CAD/CAM y en que instituciones o universidades los realizaron.

En apoyo a lo descrito en el análisis de la pregunta anterior en esta pregunta se detectó que la gran mayoría de usuarios (66 por ciento) tiene estudios a nivel licenciatura.

En algunos casos (4 por ciento) se encontró que el personal que usa la tecnología CAD tiene estudios de maestría y algunos doctorado. Estas personas están dedicadas al diseño y análisis y varios de ellos usan el CAD para fines de investigación con la ayuda de la simulación.

Nuevamente en las respuestas a esta pregunta se recalca la división para el uso de esta tecnología teniéndose profesionistas con estudios superiores para el diseño y análisis y técnicos para las labores del dibujo.

En lo que se refiere a las escuelas donde realizó sus estudios el personal que hace uso del CAD se puede ver que algunas empresas tienen cierta preferencia (o quizá una coincidencia) por egresados de una casa de estudios en especial, como se da el caso de empresas que contestaron que todo su personal que labora dentro de esta área provienen de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (15 por

ciento), otros del Instituto Politécnico Nacional (IPN) (4 por ciento), en algunos casos hay la combinación de ambos (13 por ciento). Recuerde que se está hablando de una área específica dentro de una empresa, no se quiere decir con estos resultados que en toda la empresa trabaje gente que proviene sólo de una institución de educación superior.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. Licenciatura, maestría y doctorado	2	4
2. Licenciatura y maestría	4	7
3. Profesionistas de la UNAM	8	15
4. Profesionistas del IPN	2	4
5. Profesionistas del IPN y de la UNAM	7	13
6. Profesionistas de diversas universidades	13	23
7. Técnicos y profesionistas de diversas instituciones	10	18
8. Preparatoria	2	4
9. Técnicos dibujantes	4	7
10. No contesto	3	5
TOTAL	55	100

PREGUNTA 23. Deficiencias observadas en la preparación académica del personal que usa la tecnología.

Un 18 por ciento considera que hay una deficiente preparación de los egresados, en tercer lugar (13 por ciento) se tiene que la principal deficiencia es el no tener el conocimiento básico de el manejo de una computadora. Un punto que requiere especial énfasis, es el hecho de que un 11 por ciento de usuarios consideran que se requiere el conocimiento del Inglés, idioma que era requerido para obtener un título, pero dado que se consideraba que la gran parte de la literatura que se estudiaba en una carrera técnica estaba en inglés se decidió hacer a un lado este requisito. Pero ahora con los cambios tan rápidos de la tecnología que no permiten obtener traducciones al mismo ritmo se hace necesario el conocimiento del idioma para poder seguir el paso de los nuevos descubrimientos.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. No encuentran deficiencias	4	7
2. En el inglés	6	11
3. En inglés y computación	3	5
4. En programación de rutinas especiales	1	2
5. Falta de dominio de la computadora	7	13
6. Falta de conocimientos en su área	8	15
7. En la educación (escuelas)	10	18
8. Falta de práctica	3	5
9. En todos los aspectos	3	5
10. No contesto	10	18
TOTAL	55	100

PREGUNTA 24. Aspectos en los cuales se considera que el personal esta bien preparado.

Con respecto a la buena preparación existe contradicción dado que unos consideran que están bien preparados técnicamente (24 por ciento) y hubo algunos que consideran que hay una mala preparación (11 por ciento) llegando a decir que los conocimientos se adquieren en el momento de empezar a ejercer.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. En todo	2	4
2. En conocimientos técnicos de su área	13	24
3. En que están abiertos a aplicar nuevas tecnologías	2	4
4. En aspectos técnicos y computación	3	5
5. En conocimientos técnicos necesarios y en la predisposición para hacer uso del CAD como herramienta	6	11
6. En el dibujo	5	9
7. En aspectos teóricos de su área	3	5
8. En ninguno, llegan a la empresa a aprender	6	11
9. Muy variado	1	2
10. No contesto	14	25
TOTAL	55	100

Aparentemente existe una gran contradicción entre las respuestas a la pregunta anterior y a esta, donde el 24 por ciento contesto que la mejor preparación detectada en el

personal que usa la tecnología CAD es sobre los conocimientos técnicos de su área, en contraposición con la respuesta a la pregunta 23 donde el 18 por ciento contestó que hay una deficiente preparación en las escuelas, sumando además el 15 por ciento que contestó que existe falta de conocimientos dentro de su área de trabajo. Esto se debe a que se está presentado una contabilidad total pero dentro de cada cuestionario esta contradicción no se da.

PREGUNTA 25. Elementos que deben formar parte en la educación del personal que usa la tecnología CAD/CAM.

En complemento a las deficiencias detectadas en la preparación del personal que usa la tecnología CAD (ver pregunta 24) los usuarios sugieren que exista un mayor contacto con la computadora (40 por ciento) en todas las áreas técnicas no únicamente en las que la computación sea la especialidad.

RESPUESTA	FRECUENCIA PORCENTAJE	
1. Actualización general a los planes de estudio e incluir la tecnología	3	5
2. Capacidad para visualizar formas geométricas en 2D (dibujos) y 3D (muestras)	1	2
3. Integrar la tecnología a los planes de estudio	7	13
4. Inglés e incorporación de la tecnología	1	2
5. Inglés y más prácticas de laboratorio	2	4
6. Mayor profundidad en los conocimientos de su área	9	16
7. Uso más intenso de la computadora	22	40
8. Seminario de actualización sobre nuevas técnicas y desarrollo de CAD	3	5
9. No contestó	7	13
TOTAL	55	100

Pregunta 26. ¿Ha intercambiado experiencias con otras compañías o instituciones?.

Como se puede observar en la siguiente tabla el intercambio principal de experiencias es con instituciones de investigación o educación superior. Con esto se puede constatar que las universidades cuentan con la

infraestructura adecuada para proporcionar la asesoría que necesitan las empresas, pero se requiere de mecanismos más ágiles que permitan que este servicio llegue a más empresas y se creen políticas de confidencialidad para ganar la confianza de las empresas que no se acercan a las universidades porque siente que sus diseños no están seguros.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI		
1. Instituciones de investigación y de educación superior	9	16
2. Empresas usuarias nacionales y extranjeras	6	11
3. Proveedores	5	9
4. Despachos de arquitectos e ingenieros civiles	4	7
5. Sin explicación	4	7
Subtotal	28	51
NO		
Sí le interesa		
1. Con empresas con experiencia en el uso del CAD (dentro del área)	15	27
2. Instituciones de investigación y de educación superior	2	3
3. Sin explicación	3	5
No le interesa	4	7
Sin explicación	3	5
Subtotal	27	49
Total	55	100

Con respecto a las compañías que desean tener un intercambio se ve la necesidad de crear grupos de áreas afines para que se discutan experiencias y así poder fomentar el uso del CAD en aquellas compañías que desconocen los beneficios que se pueden tener al hacer uso de esta tecnología.

PREGUNTA 27. Ha recibido asesoría externa, apoyándose en un despacho y/o en una institución educativa o de investigación.

Existe un gran desconcierto con respecto al apoyo con que se puede contar al usar esta tecnología y mucho debido a que aún no está lo suficientemente difundida y usada como para que existan despachos de consultoría. En la gran mayoría de los casos se detectó que sólo se puede acudir al proveedor quien a veces no tiene tiempo suficiente para atender las solicitudes de los usuarios. Por lo tanto 55 por ciento contestaron que no han recibido ayuda externa.

De los que han recibido asesoría la gran mayoría a provenido de instituciones educativas y de investigación (37 por ciento) en donde se han preocupado por tratar de estar al día con los avances de la tecnología y aún a veces a nivel experimental se hace uso de ésta.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI		
1. Asesoría de software de un despacho, respuestas a dudas específicas	4	7
2. Asesoría en el manejo de paquetes, dos veces fueron proporcionadas por una institución de investigación.	8	15
3. Institución educativa.	2	4
4. Institución educativa, asesoría orientada a aplicaciones del área.	7	13
5. Apoyo de tipo técnico y en forma de seminarios, (instituciones de investigación y educativas).	3	5
Subtotal	24	44
NO		
Sin explicación	30	55
No Contesto	1	1
TOTAL	55	100

PREGUNTA 28. Procedencia de la asesoría recibida por las empresas que contestaron afirmativamente en la pregunta anterior.

Las respuestas a esta pregunta reafirman los comentarios hechos en las preguntas anteriores donde se hace énfasis de la importancia que tienen las instituciones de investigación y educación superior en la introducción de nuevas tecnologías para la planta industrial.

Como un dato relevante se puede observar que dentro del rubro de otros se tienen compañías especialistas en aumento de productividad y usan el CAD como una herramienta para conseguir este aumento.

RESPUESTA	FRECUENCIA PORCENTAJE	
1. Institución educativa	8	23
2. Despacho	4	11
3. Institución de investigación	3	9
4. Instituciones educativas e investigación	2	6
5. Otros	9	26
Compañías especialistas en aumento de productividad	6	17
Particulares (honorarios)	3	9
TOTAL	35	100

PREGUNTA 29. Usa el CAD para intercambiar información con otros usuarios

La gran mayoría de la empresas entrevistadas no hacen uso (56 por ciento) de la facilidad que ofrece el CAD de transferir información vía computadora ya sea a través de discos flexibles, cintas o directamente de computadora a computadora, como ya lo hacen otras (29 por ciento) en donde inclusive se reciben peticiones de diseños vía computadora y se regresan todas las especificaciones y planos usando el mismo medio.

RESPUESTA	FRECUENCIA PORCENTAJE	
1. SI	16	29
2. NO	31	56
3. No contesto	8	15
TOTAL	55	100

PREGUNTA 30. Medio por el cual se mantienen actualizados.

Debido a que esta pregunta contenía respuestas de opción múltiple se obtuvo una dispersión muy grande. Las respuestas fueron agrupadas en varios rubros tomando primero aquellas que contestaron una opción, o sea que sólo se mantienen actualizados por un medio de acuerdo a las opciones de respuesta a la pregunta, listando posteriormente aquellos que contestaron dos opciones y así sucesivamente.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
A través de 1 medio		
1. Curso o seminario	1	2
2. Ferias o exposiciones	1	2
3. Relación con otros usuarios	1	2
4. Proveedores	2	4
5. Revistas y/o periódicos especializados	4	7
Subtotal	9	17
A través de 2 medios		
6. Cursos o seminarios y congresos	1	2
7. Congresos y ferias o exposiciones	1	2
8. Proveedores y relación con otros usuarios	1	2
9. Cursos o seminarios y revistas y/o periódicos especializados	2	4
10. Cursos o seminarios y ferias o exposiciones	2	4
11. Ferias o exposiciones y relación con otros usuarios	2	4
12. Revistas y/o periódicos especializados y proveedores	3	5
13. Ferias o exposiciones y proveedores	3	5
14. Cursos o seminarios y relación con otros usuarios	4	7
15. Revistas y/o periódicos especializados y relación con otros usuarios	4	7
16. Revistas y/o periódicos especializados y ferias o exposiciones	5	9
17. Cursos o seminarios y proveedores	6	10
Subtotal	34	61

A través de 3 medios		
18. Cursos o seminarios, Revistas y/o periódicos especializados y congresos	1	2
19. Revistas y/o periódicos especializados, ferias o exposiciones y proveedores	1	2
Subtotal	2	4
A través de 4 medios		
20. Cursos o seminarios, revistas y/o periódicos especializados, ferias o exposiciones y relación con otros usuarios	1	2
21. Cursos o seminarios, revistas y/o periódicos especializados, congresos y ferias o exposiciones	3	5
Subtotal	4	7
A través de 5 medios		
22. Cursos o seminarios, revistas y/o periódicos especializados, ferias o exposiciones, proveedores y relación con otros usuarios	1	2
23. Revistas y/o periódicos especializados, congresos, ferias o exposiciones, proveedores y relación con otros usuarios	1	2
Subtotal	2	4
A través de 6 medios		
24. Cursos o seminarios, revistas y/o periódicos especializados, congresos, ferias o exposiciones, proveedores y relación con otros usuarios	3	5
No Contesto	1	2
TOTAL	55	100

Como se puede ver de la tabla la gran mayoría de usuarios 61 por ciento se mantienen actualizados a través de

dos medios principalmente, dentro de los cuales destacan cursos o seminarios y proveedores con el 10 por ciento del total de encuestados, seguidos de aquellos que su actualización proviene de revistas y/o periódicos especializados y ferias o exposiciones (9 por ciento).

También se puede ver que uno de los medios por los cuales el usuario conoce los adelantos y disponibilidad de la tecnología CAD es el de revistas y/o periódicos especializados como aparecen listados en los seis rubros y como de los de mayor peso.

Pregunta 31. Manera en la cual se considera podrían mejorarse los mecanismos de actualización.

La tecnología computarizada a avanzado a pasos agigantados, sobre todo en los últimos 5 años y es muy difícil mantenerse al paso en que nuevos equipos y nuevo software van siendo liberados, de tal forma que es muy fácil quedarse rezagado y no conocer cuales son las nuevas herramientas con las que se puede contar.

Para mantenerse informado adecuadamente hace falta que existan buenos mecanismos de actualización para los cuales el 18 por ciento de los usuarios coincidieron que debe haber seminarios periódicos a los cuales asistan usuarios de la tecnología (y de preferencia aquellos que aún no los son) y expongan sus experiencias de tal forma que se de un intercambio de conocimientos.

Otro mecanismo por el cual votaron el 18 por ciento de usuarios es que se propicie la venta de publicaciones especializadas. En México se pueden adquirir hoy en día un sin número de revistas extranjeras y nacionales sobre el área de computación, pero hay muy pocas y quizá ninguna nacional que sea específica sobre la tecnología CAD.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. Organización de seminarios y eventos que propicien el intercambio de experiencias entre usuarios de esta tecnología.	10	18
2. Publicaciones especializadas.	10	18
3. Integrar la tecnología a los planes de estudio de las universidades.	2	4
4. Con mayor difusión en seminarios y exposiciones	7	13
5. Dando a conocer experiencias de empresas que usen CAD y otras que podrían hacerlo.	6	11
6. Cursos en los cuales no sólo se expliquen comandos, sino que estén orientados a aplicaciones sobre una área específica.	5	9
7. Los actuales están muy bien.	3	5
8. Creación de una empresa especializada.	1	2
9. Intercambio de información a través de correo electrónico.	1	2
10. No Contesto.	10	18
TOTAL	55	100

PREGUNTA 32. Equipos y capacidades que usan.

Del total de 55 empresas entrevistadas 45 cuentan solamente con microcomputadoras para el ejercicio de esta tecnología, 7 tienen minicomputadoras y 3 tienen computadoras grandes.

#	MARCA Y MODELO	CAPACIDAD		PERIFERICOS	OTROS
		MEMORIA	DISCO		
1	UNISYS	640 KB	60 MB		FLOPPIES 740 KB
2	IBM PS-2/50	1 MB	20 MB	PLOTTER, IMPRESORA	HOUSE
3	BPM 386	1 MB	40 MB	2 IMPRESORAS DE MATRIZ	RATON, SCANNER
4	HP VECTRA PC	640 KB	30 MB	IMPRESORA ENTEIA GRAFICADOR DRAFI- PRO-DXL	
5	SPERRY SVT-1120				
6	PRINTAFORM PC	640 KB	20 MB		
7	SIM RESPUESTA				
8	HP SISTEMA 2000	10 MB	64 MB	GRAFICADOR IMPRES. TABLETA GRAFICA	
9	HP VECTRA ES/12	640 KB	40 MB		
10	IBM-4341			GRAFICADOR	
	COMPAQ 386		60 MB	GRAFICADOR HP	
11	MICRO VAX	337 MB	560 MB	ESTACIONES DE TRABAJO GRAFICADOR DE PLUMILLA Y ELECTROSTATICO	
12	COMPUTER VISION	512 KB	300 MB	ESTACIONES DE TRABAJO GRAFICADOR, DIGITALIZADOR MANEJADOR DE CINTAS MAG.	
13	OLIVETTI M280 M290	1.2 MB	40 MB	TABLETA 11" X 18" IMPRESORA Y GRAFICADOR	
14	IBM PS/2 HP 150	1 MB	30 MB	IMPRESORA	
15	IBM PS/80 MICROS	2 MB	70 MB	PLOTTER, MOUSE E IMPRESORA	
16	APPLE II+	256 KB	----	IMPRESORA CENTRONICS	2 FLOPPIES 360 KB
17	IBM XT	640 KB	10 MB	IMPRESORA	
18	BPM AT	640 KB	30 MB	PLOTTER, MOUSE E IMPRESORA	
21	PRINTAFORM (6)	640 KB	30 MB		
22	INTERGRAPH VAX 200	2 MB	670 MB	PLOTTER E IMPRESORA	
23	IBM AT	1 MB	20 MB		
24	PRINTAFORM	1 MB	40 MB	IMPRESORA TOSHIBA COLOR	CO-PROCESADOR MATH.
25	PRINTAFORM XT	640 KB	30 MB	PLOTTER, MOUSE, IMPRESORA DIGITALIZADORES	
26	IBM XT/AT	1 MB	30 MB	PLOTTER E IMPRESORA ATI	
27	LIMITED PC PRINTAFORM 5710	1 MB	30 MB	PLOTTER HOUSTON INSTRUMENT	
28	PC'S AT	1 MB	30 MB	PLOTTER HP	
29	BPM AT'S	1 MB	40 MB	PLOTTER CALCOM 1044 GT IMPRESORAS, DIGITALIZADORES	

#	MARCA Y MODELO	C A P A C I D A D		PERIFERICOS	OTROS
		MEMORIA	DISCO		
31	IBM PS2/MOD.50	1 MB	30 MB	MOUSE, IMPRESORA	
32	IBM PS2/MOD.50	1 MB	30 MB	VARIOS	
33	PRIME 2550	4 MB	300 MB	IMPRESORA, 6 TERMINALES	
34	MACINTOSH	6 MB	40 MB	PLOTTER, MOUSE, SCANNER, TABLETA DIGITALIZADORA	
35	PC AT	640 KB	30 MB	PLOTTER, IMPRESORA Y TARJETA DIGITALIZADORA	
36	COMPAQ 386	2 MB	60 MB	GRAFICADOR DE RODILLO 2 MONITORES Y 1 DIGITALIZADOR	
37	IBM PS2/MOD.50	1 MB	30 MB	PLOTTER, MOUSE, IMPRESORA SCANNER Y MONITOR A COLOR	
38	PRIME 2550	2 MB	315 MB	PLOTTER, 3 WORK STATION	
39	HP VECTRA AT	640 KB	20 MB	PLOTTER, MOUSE, SCANNER	
40	MCR-10 PC	2 MB	80 MB	PLOTTER, CINTA, 3 TERM.	
41	OLIVETTI H280	1.2 MB	30 MB	PLOTTER	
42	IBM PC'S VECTRAS	VARIAS	VARIAS	PLOTTER, SCANNER	
43	VAX 785 DEC	64 MB	1.6 GB	SOLO ES UN SERVER	
	PDM 11/45	1 M	-----	REQUERIMIENTOS DE CAM	
	IBM AT 386 (8)	8 MB	64 MB		
44	INTERGRAPH DPS034 (VAX 11-751)	8 MB	320 MB	2 ESTACIONES, 5 TERM. 2 PLOTTERS	
45	HP VECTRA RS/20	2 MB	100 MB	PLOTTER	
46	MEGA 500 <286>	1 MB	20 MB	PLOTTER, MOUSE, SCANNER	
47	IBM PS2/MOD.50	1 MB	20 MB	PLOTTER, PLOTSTATION	
48	DIGITEL PC	640 KB	20 MB	IMPRESORA	
49	HP VECTRA 28	512 KB	40 MB	PLOTTER, MONITOR COLOR	
50	IBM 4381/5080	8 MB	56 MB		
	IBM RT/6150	12 MB	140 MB	PLOTTER, MOUSE, SCANNER	
	PS-2 PC'S	60 KB	20, 40 MB	PLOTTER, MOUSE, SCANNER	
51	HP VECTRA ES/12				
	HP VECTRA RS/12	640 KB	20, 300 MB	PLOTTER, IMPRESORA COLOR	
52	IBM PS2/MOD.70	2 MB	60 MB	MOUSE, IMPRESORA	
53	SUPERSET, GOULD SUN	2 MB	160 KB	PLOTTER, WORK STATION	
	(SUPERSET)	(SUPERSET)	(SUPERSET)	IMPRESORA	
54	IBM PS2/MOD.60	-----	-----	IMPRESORA	
55	OLIVETTI 240	-----	20 MB	IMPRESORA	
56	PRINTAFORM	640 KB	20 MB	PLOTTER, MOUSE, SCANNER	
	ELEKTRA	640 KB	20 MB	PLOTTER, MOUSE, SCANNER	
57	FIVESTAR	640 KB	20 MB	PLOTTER HP	
58	HP 9000/350 (2)	12 MB	640 MB	WORK STATION (METEORD TEKTRONIX) PLOTTERS	

PREGUNTA 33. Integración con otros sistemas.

Se ha visto que la tecnología CAE - CAD/CAM ha propiciado que el manejo de los diseños sea interdisciplinario de tal forma que personal con distintas especialidades trabaje sobre el mismo diseño pero cada quien sobre su área específica, como el ingeniero civil sobre la estructura del edificio que contendrá las instalaciones, el ingeniero eléctrico sobre el diseño del cableado, el especialista del aire acondicionado sobre su parte del diseño, etc.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI		
1. Mainframe	3	5
2. Redes	3	5
3. Control numérico	2	4
4. Otro software	11	20
5. Redes y control numérico	1	2
6. Redes y otro software	3	5
7. Mainframe, redes y control numérico	1	2
8. Mainframe, Control numérico y otro software	1	2
9. Redes, control numérico y otro software	1	2
10. Mainframe, redes, control numérico y otro software	3	5
11. No explica	5	9
NO	10	18
No contesto	11	20
TOTAL	55	100

Así los datos del diseño deben estar disponibles para cada uno de los especialistas sin que tengan que trasladarse de su área de trabajo, esto es posible a través de la conexión de diferentes computadoras que tengan acceso a una base de datos común la cual se puede encontrar en una tercer computadora o en cualquiera de las computadoras que se encuentren en alguna de las áreas. Es muy importante la conectividad entre las diferentes computadoras para hacer posible este enlace. En nuestro país esta facilidad aún no se usa extensamente como se puede ver que sólo el 10 por ciento de encuestados contesto que se pueda conectar su equipo a una computadora con mayor capacidad o a una red de computadoras.

En lo que se refiere al software se puede apreciar que si se está usando más la facilidad de tomar los datos generados por un paquete o programa y usarlos con otro (20 por ciento). Como en el caso de los paquetes CAD que hacen disponibles datos, como lista de materiales, para ser usados por un manejador de base de datos para su adquisición y manejo de inventarios.

PREGUNTA 34. Necesidad de ampliar su equipo.

Con respecto a las necesidades de adquisición de nuevo equipo o software la gran mayoría de usuarios (16 por ciento) declaró que necesitan un graficador (equipo periférico), pero debido al alto costo de éstos y al poco volumen de trabajo no se justifica su compra. También la falta de disponibilidad de equipo CAD a un costo accesible a forzado a que lo usuarios compren directamente en el extranjero. Declarando que aún agregando el costo del viaje al precio del equipo, se obtiene un gran ahorro con respecto a los precios en el mercado mexicano.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI		
1. Equipo central	7	13
2. Software	8	14
3. Periféricos	9	16
4. Otros	5	9
5. Equipo central y software	2	4
6. Equipo central y periféricos	2	4
7. Periféricos y otros	1	2
8. Software, periféricos y otros	1	2
9. Equipo central, software, periféricos y otros	2	4
10. No explica	2	4
Subtotal	39	71
NO	13	23
No contesto	3	5
TOTAL	55	100

Se ve también que existe una gran necesidad de adquirir más equipo (13 por ciento), lo cual se puede constatar también en la respuesta de la pregunta 16 donde el 18 por ciento de los entrevistados declararon que seguían haciendo uso del método tradicional (manual) por falta de equipo.

El (14 por ciento) declaró que necesita adquirir software debido a que han visto la posibilidad de usar la computadora más allá de obtener el dibujo de un diseño o un plano de la distribución de una casa. Así se puede citar el hecho de ampliar las posibilidades adquiriendo software para el análisis, la simulación, control de inventarios, etc.

PREGUNTA 35. Consideración del uso de una compañía de servicios.

Actualmente en México se encuentran varios distribuidores de sistemas CAD, pero hasta el momento no han surgido compañías que se dediquen a dar asesorías y orientar al usuario sobre el sistema ideal para las necesidades de su empresa.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI		
1. Demasiado caro, poco beneficio	1	2
2. Se considera no existe un servicio adecuado	2	4
3. Renta de equipo (horas-máquina)	4	7
4. No explica	2	4
Subtotal	9	16
NO		
1. Considera no existe un empresa adecuada	1	2
2. Autosuficiente	1	2
3. Desconocimiento por falta de actualización	1	2
4. Por políticas de confidencialidad	2	4
5. No explica	39	70
Subtotal	44	80
No contesto	2	4
TOTAL	55	100

Como se puede ver en la tabla sólo el 16 por ciento de entrevistados han considerado el uso de una compañía de servicios, la gran mayoría desea rentar equipo (7 por ciento) sobre todo graficadores para el dibujo de los planos. Otros aunque lo han considerado creen que no existe un servicio adecuado (4 por ciento) siendo apoyados por el 2 por ciento de usuarios que no han considerado el uso de una compañía de servicios por el mismo motivo.

El costo es otra de las causas declaradas (2 por ciento) por lo cual no se usa una compañía de servicios aunque se pensó hacerlo.

La gran mayoría de entrevistados (70 por ciento) contestó que no han considerado el uso de servicios externos sin dar una explicación y en todos ellos se notó la duda de la existencia de tales servicios. La falta de una buena divulgación sobre la tecnología y de los lugares a donde se puede recurrir para obtener información sobre ella ocasiona esta duda en el usuario.

Esperamos que esta tesis contribuya a solventar un poco la escasez de información, divulgando los lugares donde se está haciendo uso de la tecnología CAD para que las personas interesadas tengan un punto de referencia al inicio de su búsqueda.

PREGUNTA 36. Satisfacen los proveedores las necesidades de mantenimiento del equipo.

Esta pregunta se hizo con el afán de conocer un poco como están los servicios de mantenimiento que son proporcionados por los proveedores. En muchas ocasiones el fracaso de los usuarios al intentar usar una nueva tecnología es debido a que el proveedor no fue capaz de dar un buen servicio.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	33	60
NO	18	33
No contestó	4	7
TOTAL	55	100

Se ha visto como se ha quedado equipo y paquetería obsoletos debido a que el proveedor que vendió el sistema ya no está en el mercado y no ha habido otro que lo sustituya. También se recibieron comentarios sobre proveedores que venden software en un precio y cuando el usuario desea cambios debido a necesidades que no satisface el paquete, sale mucho más caro la reprogramación de éste que el precio pagado originalmente.

Se puede ver que apenas el 60 por ciento de usuarios consideran que el proveedor da un buen servicio. Se considera que este porcentaje debería estar mucho más alto.

PREGUNTA 37. Tiempo que le toma al proveedor para proporcionar nuevas versiones.

Con lo que respecta a la oportunidad con que el proveedor entrega las nuevas versiones de los paquetes se puede ver en la tabla que es muy variado y esto también depende mucho de que tan rápido el proveedor recibe el software cuando éste es liberado en el extranjero.

Los que reciben sus nuevas versiones en un corto plazo desde inmediatamente hasta máximo seis meses suman un 38 por ciento y otro 5 por ciento lo reciben a un plazo más largo (un año). Esta diferencia en tiempos puede traer varias consecuencias, entre ellas el no tener la herramienta adecuada para ser más competitivo y lograr mejores resultados con menos esfuerzos.

Es importante notar que el 13 por ciento no cuenta con el servicio de actualización, estos son usuarios que utilizan la tecnología pero no cuentan con un proveedor que les ofrezca las nuevas versiones y en algunos casos, como se menciona en la pregunta anterior, es debido a que el proveedor desapareció del mercado. Otros consiguieron sus sistemas en el extranjero y aquí en México no existe un representante de la compañía que vendió el equipo y/o paquetería.

Aquellos que contestaron que no han requerido actualización se debe principalmente a que están conformes con los resultados que han obtenido hasta el momento con el sistema que tienen actualmente. Lo que a continuación se escribe es una recomendación para los usuarios, "es conveniente evaluar los nuevos sistemas y de ser posible mantenerse siempre actualizado ya que los nuevos sistemas cada día son más rápidos y con mayores capacidades". Esto redundará en la obtención de resultados en menor tiempo y se

tiene la posibilidad de trabajar sobre diseños más complejos con un mayor número de variables.

El usuario que contesto que es autosuficiente se debe a que en la compañía existe gente capacitada para el mantenimiento del equipo y además el software fue desarrollado dentro de la misma compañía.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. Adecuado	2	4
2. Autosuficiente	1	2
3. Inmediatamente	8	14
4. De 3 días a 1 mes	6	11
5. De 3 a 6 meses	7	13
6. Un año	3	5
7. No cuenta con el servicio	7	13
8. No han actualizado por falta de recursos económicos	2	4
9. No han requerido de actualización	6	11
10. No saben	2	4
11. Por requisición	2	4
12. No Contesto	9	16
TOTAL	55	100

PREGUNTA 38. Perspectivas que tiene esta tecnología dentro de la empresa visitada.

Con respecto a las perspectivas que tiene la tecnología CAD dentro de las empresas entrevistadas se puede ver que en todas, excepto el 7 por ciento que aún no tienen una definición concreta sobre su uso, consideran que las aplicaciones de ésta va en aumento, como se puede ver en los ejemplos que se dan en la tabla. Se citan los casos de aquellos que piensan integrar el diseño con la manufactura (14 por ciento), de los que tienen planes ambiciosos de integrar los datos del diseño con los sistemas administrativos para el control de inventarios (16 por ciento).

En otros casos se comento la posibilidad de sustituir los planos por medio de almacenamiento magnético, como lo es un minidisco, además, ya unos usuarios usan la transmisión de información vía satélite recibiendo especificaciones para los requerimientos de un nuevo diseño y regresando diseños completos sin hacer uso de una hoja de papel.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. Amplias. La tendencia es expandir la tecnología a diversas áreas de la empresa (Manufactura, diseño de plantas, etc.)	8	14
2. Tendencia a trabajar en todas las áreas con esta tecnología. Integración con sistemas administrativos y técnicos.	9	16
3. Aplicación futura a procesos productivos. Intercambio de información con los clientes.	5	9
4. Se considera la base para preparar el futuro económico de la empresa.	6	11
5. Continuar con las últimas tecnologías CAD/CAM/CAE y a la par seguir desarrollando el talento creativo del personal con el uso de estas herramientas.	3	5
6. Muy altas. Especialmente porque aún no se hace un uso completo del paquete.	9	16
7. Desarrollo técnico de la misma, implantación de nuevos servicios y capacitación.	2	4
8. Desarrollo a mediano plazo.	3	5
9. Amplias porque acorta tiempo de diseño y análisis, sustituye viejos métodos.	5	9
10. Indefinida.	4	7
11. Se ha incorporado tanto a la empresa que ésta no podría continuar sin ella	1	2
TOTAL	55	100

El 16 por ciento reconocen que aún no hacen uso total de la tecnología que tienen a su disposición y les falta aprender todavía más. Es importante que el usuario tenga en mente que al hacer uso de estos sistemas deberá reservar tiempo para prepararse en el conocimiento profundo de los equipos y paquetes que utilizan. Además, hacer conciencia de que es una tecnología que es mejorada día a día y por lo tanto debe contar con los medios para poder seguir los

cambios y detectar cuando es el momento de un cambio para no caer en lo obsoleto. También mientras más familiar sea el usuario con la tecnología y su equipo, más beneficios podrá obtener en un corto plazo.

Un usuario comento que se había incorporado tanto la tecnología a su empresa que ésta ya no podría vivir sin ella. Esto se debería de tomar muy en serio sobre todo por aquellos usuarios que no hacen uso de ella. Las empresas que han incorporado la tecnología a su trabajo habitual son más competitivas debido a que pueden entregar mejores resultados y en menos tiempo que aquellas que continúan trabajando con los métodos tradicionales.

PREGUNTA 39. Comentarios adicionales.

Aunque menos de la mitad de los entrevistados (46 por ciento) contesto a esta pregunta, se pueden revisar unos comentarios interesantes.

El 7 por ciento desea que se difunda el uso de esta tecnología, ya que por experiencia propia de los usuarios consideran que es importante que se incorpore la tecnología CAD en la industria mexicana y así hacerla más competitiva en el extranjero y en México a donde están llegando maquiladoras que traen equipos modernos y muy mecanizados.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1. Desean se difunda esta tecnología ya que han obtenido buenos resultados	4	7
2. Desean se mejore la calidad en la educación profesional	2	4
3. Desean información sobre la tecnología	4	7
4. Desean obtener datos de la información recabada	4	7
5. Ha aumentado la productividad	3	5
6. No hay mucha oferta y se necesita programación específica	1	2
7. No lo consideran buena inversión	2	4
8. Se considera una alta inversión	2	4
9. Se espera que se difunda la información recabada	2	4
10. No Contesto	31	56
TOTAL	55	100

El 14 por ciento desean conocer más información sobre esta tecnología, estando la mitad de estos, interesados en conocer los resultados de esta tesis. Lo que nos dice que existe falta de una buena información y confiable para propiciar más el uso de el Diseño Asistido por Computadora. Apoyando a lo anterior esta el 4 por ciento de entrevistados que desean se difunda la información obtenida durante la elaboración de este trabajo.

Unos pocos (4 por ciento) consideran que no ha sido una buena inversión la implantación de la tecnología en sus empresas. Esto se debe a que no han podido explotar la tecnología por limitaciones de diversas índoles, entre las que esta el poco conocimiento de la computadora como una buena herramienta y el idioma inglés como se han visto con anterioridad. Otro 4 por ciento dijeron que es una inversión costosa pero no ha retrocedido y esto redituará en un futuro en muchos más beneficios como los que se ha citado anteriormente.

2.2 Aplicaciones en los Centros de Investigación

El mundo fascinante de la computación en nuestra era representa el esfuerzo del hombre, en su búsqueda para desarrollar mejores métodos que ayuden a la ciencia y al progreso.

El descubrimiento de nuevas técnicas, el uso de nuevos elementos, su aplicación en los negocios, laboratorios, investigaciones espaciales, han liberado al hombre para hacerlo mas productivo y más consiente de su función ante la sociedad moderna. (*)

La creciente necesidad de abatir costos; de mejorar los niveles de calidad; de reducir los tiempos de entrega, para reducir inventarios y cubrir necesidades inmediatas; la escasez de personal calificado, que invitan a aprovechar con más eficiencia su tiempo y; la alta competitividad en el mercado internacional, obligan a la automatización de los procesos de diseño mecánico y de manufactura.

El trabajo que se realiza en los centros de investigación del país tiene que lograr resultados para que en México se pueda generar tecnologías propias y de alguna manera ayudar al crecimiento industrial que el país esta exigiendo día a día. Así encontramos que tanto en la

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en sus diferentes institutos y escuelas, Instituto Politécnico Nacional (IPN), el Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), diversas escuelas de educación superior y junto con instituciones oficiales de investigación como el Centro de Investigación y Asistencia Técnica del Estado de Querétaro (CIATEQ), el Instituto Mexicano de Investigaciones de Manufacturas Metalmeccánicas (IMEC), el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), el Centro de Diseño Mecánico (CDM) de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, FAMA empresa manufacturera regiomontana, que se dedican a crear las bases y programas que tratan de resolver de alguna manera las exigencias que el desarrollo industrial de nuestro país está requiriendo.

De esta manera se pueden mencionar algunos ejemplos de trabajos de desarrollo que se están haciendo en lo concerniente a la tecnología del Diseño y Dibujo Asistido por Computadora (CADD).

2.2.1 Aplicaciones en el CIATEQ.

En esta sección se describen dos trabajos realizados por el CIATEQ, presentados en la conferencia titulada "Transferencia de Tecnología CAD/CAM a Latinoamérica", presentada en la ciudad de México en agosto de 1988, que fue coordinada por el I.I.E. y el IFIP TCS (5º Comité Técnico en Computadoras Aplicadas a la Tecnología, de la Federación Nacional para los Procesos de Información) además de la participación de los expertos en CAD/CAM en México y de países de Latinoamérica.

El CIATEQ tiene como objetivos principales: el desarrollo tecnológico, con base en la investigación aplicada en el área metal mecánica, a través de la realización de proyectos de bienes de capital y la asistencia técnica a la industria nacional.

Los proyectos de desarrollo tecnológico pueden enmarcarse en cinco tipos: desarrollo de paquetes tecnológicos, desarrollo de proveedores industriales, mejora a procesos de manufactura, desarrollo tecnológico propio y transferencia tecnológica.

El diseño mecánico y el empleo de máquinas herramientas convencionales y de Computadores de Control Numérico (CNC) constituyen los procesos fundamentales para el logro de este tipo de proyectos.

El primer trabajo presentado consiste en la implantación de software de CAD para el diseño y generación de piezas cilíndricas y helicoidales externas ⁽⁴⁶⁾.

Para simplificar el aprendizaje en el campo de tecnología de engranes un software llamado DISENG fue presentado. Este software es aplicado para diseño externo de engranes rectos y helicoidales.

El poder principal de rendimiento de DISENG es:

1. El algoritmo interactivo para desarrollar un "buen diseño" y poder así lograr lo que se llama "diseño óptimo".
2. Un nuevo método automático para calcular el factor J para dureza de flexión definido por AGMA (American Gear Manufacturers Association).
3. Un módulo de subrutinas de corrección para aproximar el balance de dureza de flexión mediante engranes y piñones

El programa principal y las subrutinas fueron elaboradas en lenguaje "C", el proceso para calcular el factor J fue hecho en FORTRAN. La versión existente de DISENG trabaja en una computadora Micro-Vax conectada con un sistema CAD de Intergraph el cual tiene facilidades gráficas.

Los datos de entrada de DISENG son dados en forma interactiva los cuales son: definición de condiciones de operación, niveles de calidad y datos de entrada para los engranes. Sin embargo, no es necesario proporcionar datos precisos para el diseño de engranes; esto es, para los parámetros importantes, el diseñador puede proporcionar un rango de valores en vez de un valor preciso.

Salida de resultados. Cuando la solución de un diseño es terminada, DISENG genera una tabla de resultados, la cual incluye: resistencia de fatiga en términos de vida útil por flexión y desgaste de la superficie, marcador de índices de riesgo y conectores de rotación. Por supuesto, una lista completa de todas las características de definición para la manufactura de los engranes está disponible, una lista de las condiciones de trabajo y niveles de calidad impuestas en el diseño, salidas en pantalla o plotter de los dibujos y resultados numéricos.

DISENG se considera una herramienta eficiente en diseño de engranes, sin embargo, este tiene sus limitaciones las cuales serán analizadas y superadas en futuros desarrollos.

Otro de los trabajos realizados en este instituto y también presentado en la conferencia mencionada anteriormente

es uno llamado SIDYMAC - SISTEMA INTERACTIVO DE DISEÑO Y MANUFACTURA AUXILIADO POR COMPUTADORA⁽⁴⁶⁾, el cual liga el CAD con el CAM esto orientado a controladores numéricos.

En la parte de CAD se utiliza una minicomputadora APPLE y PC compatibles, junto con un paquete de dibujo y diseño, CAD-2D de ROBO SYSTEM con salida al graficador X-Y HOUSTON INSTRUMENTS DMP-42 DE UNA PLUMA. Este paquete permite:

- Agilizar el proceso de dibujo.
- Generar planos automáticamente.
- Generar celdas (engranes, tornillos, pernos, por ejemplo).

Otros paquetes desarrollados en el CIATEQ o en otras instituciones permiten realizar cálculos de ingeniería y análisis como:

- Diseño de estrías.
- Diseño de engranes.
- Análisis con el Método del Elemento Finito en dos dimensiones (Desarrollado en el Instituto Tecnológico de Querétaro).

Paralelamente se desarrolló un paquete editor de programas de control numérico que permite cómodamente modificarlos, codificarlos y perforar la cinta de papel para posteriormente llevarla a una máquina herramienta de CNC. Posteriormente se estableció comunicación directa vía la interfase RS-232C de la microcomputadora a la máquina herramienta CNC.

Igualmente, se desarrollaron varias rutinas para generar, a su vez, rutinas de control numérico bajo patrones geométricos específicos.

Con esta experiencia que resultó muy útil e interesante y con la idea de ir más lejos en la automatización del proceso de diseño mecánico, se adquirió el sistema interactivo de graficación INTERGRAPH basado en la microcomputadora de 32 bits MICRO-VAX-II, con terminal gráfica INTERPRO 32 y con salida al graficador X-Y HEWLETT PACKARD 7580 B de ocho plumas. El sistema consiste en:

- Sistema de núcleo gráfico (IGDS) que cuenta con menú gráfico de primitivas geométricas y comandos de manipulación de las primitivas geométricas.
- Menú de manipulación de vistas, pantallas y tutoriales.
- Sistema de diseño y dibujo mecánicos (NDDS).

- Sistema de modelado de superficies esculpidas (SSM).
- Sistema manejador de base de datos (DMRS).

Los sistemas MDDS y SSM gestionan el sistema IGDS a través del sistema DMRS abriendo otras posibilidades de diseño como son: obtención de puntos de construcción geométrica, propiedades físicas, definición de agujeros y de flechas, generación de espacios de dos y tres dimensiones.

Este sistema INTERGRAPH permitió el arranque de tres proyectos:

- Implantación de un paquete de elemento finito para darle al sistema gráfico la posibilidad de constituirse en un sistema CAD.
- Desarrollo de un algoritmo de optimización del diseño mecánico que defina criterios de paro del proceso de diseño mecánico.
- Desarrollo de un lenguaje de alto nivel para el Control Numérico Computarizado (CNC) que enlace al proceso de diseño mecánico con el de manufactura.

En el área de CAM se tiene un centro de medición y de maquinado, trabajando con un sistema de control numérico.

El paquete de CAD permite que el usuario cree sus archivos los cuales tienen toda la información de la herramienta o parte mecánica diseñada y que la identifica en orden cronológico de acuerdo a como debe de ser hecha o ensamblada, para que después sea pasada a un proceso de conversión numérica.

Este proceso consiste de una interfaz de programas escritos en lenguajes "C", pascal y comandos usados por el paquete comercial.

En la parte final de la definición numérica se manejan dos formas de conversión.

La primera es llamada vía directa de transformación e involucra todas las trayectorias que el controlador numérico maneja, usando solamente trazos de líneas y semicírculos. El postprocesador lee la información del elemento actual y genera el código para el control numérico. Esta pequeña selección es porque el maquinado se hace de acuerdo a estos dos patrones.

La segunda forma es llamada vía de transformación indirecta, ya que permite tomar todas las curvas no definidas por el método de transformación directa. Este bloque se basa en un algoritmo, el cual aproxima un diseño de curvas

tridimensional a una trayectoria de control numérico. Este algoritmo segmenta las curvas discretizadas en una serie de elementos que son reconocidas por la máquina de control numérico. Para la discretización son usadas la transformada de Fourier y el teorema de Shannon.

En la parte final del esquema de este sistema se tiene un bloque de comunicación entre la terminal de trabajo y los centros de medición y maquinado, esto por medio de la Interfase RS-232C mencionada anteriormente.

Diremos finalmente que la tecnología CAM, en este contexto esta representada por equipo de control numérico computarizado y por la mayoría de los bloques ubicados en el segundo nivel de la figura 2.1.

De momento, no es fácil contar con sistemas completos de CAD/CAM. Generalmente las dos partes se presentan aisladas una de la otra. Esto ha requerido que se desarrollen internamente estructuras que permitan aproximar el diseño mecánico a la manufactura por computadora, requerimientos indispensables en las actividades del CIATEQ.

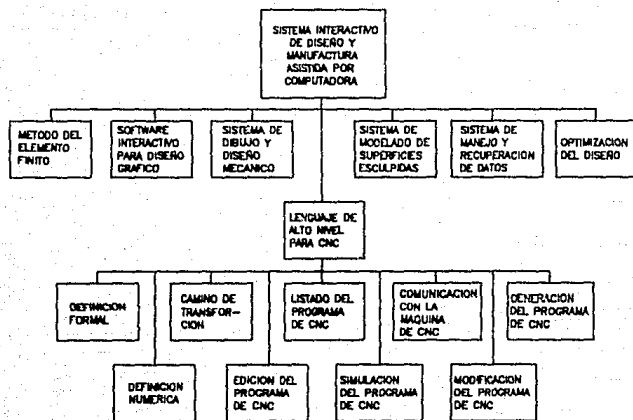


Figura 2.1. Vista Global del Sistema SIDYMAC.

2.2.2. Aplicaciones en el IMEC.

En el diseño y dibujo por computadora, la experiencia del IMEC se ha enfocado principalmente al dominio del AUTOCAD, no obstante, el instituto es imparcial y conoce las opciones del mercado, por lo cual se dispone de una amplia gama de información de productos comerciales de CAD para microcomputadoras principalmente, así como de minicomputadoras y mainframes. De hecho el IMEC adquirió en 1985 un sistema "Intergraph" que se utiliza en alguna medida, pero que no satisface las expectativas de los proyectos y cuya relación beneficio/costo es muy baja.

Con AUTOCAD y herramientas desarrolladas internamente o adquiridas de terceros, se ha alcanzado una gran eficiencia en dibujo y diseño en 2 y 3 dimensiones, además de que se ha incursionado con AutoLisp en Diseño Paramétrico, que es una especialidad que se dominará en un plazo muy corto.

El IMEC ha ofrecido capacitación en CAD al personal, pero se ha hecho extensivo a la industria. La experiencia en capacitación, los materiales que se ha desarrollado para instrucciones y los resultados obtenidos internamente, son una garantía para los clientes del éxito en la capacitación del personal de sus propias empresas.

Adicionalmente se ha trabajado en el desarrollo de herramientas para agilizar y acelerar el diseño por computadora, relacionar archivos de diversos programas (interfaces CAD-elemento finito, etc.), Utilerías de graficación, de recuperación de información gráfica, etc.

Con apoyo del área de modelos matemáticos, se tiene el modelado de sólidos, superficies esculpidas, análisis cinemático, etc.

En el análisis por computadora también la experiencia en el análisis por elemento finito hace del IMEC uno de los pocos institutos del país que puede competir con el extranjero en esta rama técnica. La capacidad actual que se tiene con apoyo de los programas:

- * mTAB (versión para microcomputadora de TAB) que es un programa para pre y post proceso de elemento finito (mallado y presentación gráfica de resultados).
- * NISA, uno de los programas más importantes desarrollados para análisis por el método de elemento finito, comparable a NASTRAN, ANSYS y MARC. La elección se hizo por la relación beneficio/costo, dado que este programa ofrece módulos de análisis no disponibles en otros programas. En el IMEC se tienen disponibles los módulos de: análisis estático y dinámico, transferencia de calor, mecánica de

fluidos, comportamiento a la fatiga, optimización, con todas sus opciones, versión completa para máquina 386. Este programa incluye también análisis residual de esfuerzos, solución de problemas de forja, laminación, etc.

- * COSMOS, programa de análisis de elemento finito para PC's, con módulo de análisis estático y dinámico básico. Se utiliza en aplicaciones básicas y cálculos generales que luego son depurados en NISA.
- * MAGGI, programa de análisis electromecánico, orientado a motores eléctricos principalmente. Este programa permite cálculo en 2 dimensiones.
- * BOUNDARY, conjunto de programas para PC de análisis por elemento frontera de problemas en dos dimensiones. Su campo de aplicación es para el análisis estático, problemas de campo y frontera.

Otros programas de uso general se emplean en problemas diversos de ingeniería, como por ejemplo los programas de diseño de engranes, análisis de resistencia de materiales, cálculo de propiedades geométricas de secciones estructurales, análisis de armadura, etc.

Aprovechando la infraestructura del laboratorio de análisis dinámico y los conocimientos acumulados por el personal responsable del área de CAE, para resolver problemas de análisis modal, análisis de vibraciones, comportamiento dinámico para mantenimiento predictivo, etc. El laboratorio de análisis modal incluye en su infraestructura un analizador de Transformada Rápida de Fourier (FFT), generador de señales de amplia variedad (cuadrada, diente de sierra, aleatoria, senoidal, etc.), un excitador para estructuras masivas (vehículos por ejemplo) y un martillo de impacto para estructuras pequeñas, acelerómetros, transductores de fuerza, etc. Este laboratorio cuenta con software para adquisición de datos, análisis modal experimental, balanceo de maquinaria rotatoria, entre otras funciones.

Disponen de software diverso para análisis de problemas de resistencia de materiales, análisis cinemático y otros. Pretenden adquirir software para diseño de moldes de inyección y software especializado de manufactura, diseño de herramientas, etc.

En el desarrollo de sistemas de cómputo para aplicaciones técnicas, el IMEC no tiene vocación en el diseño de programas o sistemas de aplicación administrativas, considerando además que hay un gran número de oferentes en el mercado. En esta área se incluyen los aspectos de:

- * **SIMULACION.** Con adquisición de programas orientados a objetos, programas conteniendo rutinas de optimización, lenguajes para sistemas expertos y otras herramientas, el INEC está incursionando ahora en las áreas de simulación. Como aplicaciones concretas se tiene la simulación de procesos de manufactura (análisis de tiempos y movimientos, teoría de colas, etc.), simulación de fenómenos de transporte y problemas de tráfico, incluyendo en todas estas opciones la presentación animada de los resultados. A futuro desean adquirir el programa ROBCAD para hacer simulaciones animadas de gran realismo que hacen intervenir manipuladores, sistemas de transportación, robots, para aplicaciones de sistemas de manufactura, estaciones de ensamble, etc.
- * **SISTEMAS EXPERTOS,** para propiciar la toma de decisiones inteligentes en casos reales de problemas industriales: Actualmente se trabaja en un sistema para generar y administrar órdenes de trabajo para mantenimiento.
- * **MODELADO MATEMATICO.** Diseño de modelos de investigación de operaciones, matemáticas, comportamiento de materiales, análisis de superficies esculpidas, etc.
- * **CAM.** Como ya se menciona, se adquirió un centro de maquinado MAZAK, muy poderoso, que está permitiendo la prestación de servicios a la industria en maquinados de precisión. El personal del INEC conoce las técnicas de CAM de una generación anterior por haber trabajado con programación en lenguaje APT (Fanuc Fapt) y estar ahora generando programas en el lenguaje MAZATROL. Hay experiencia adicionalmente en programación directa de CNC y, por las necesidades del equipo actual, se ha desarrollado la comunicación entre microcomputadoras PC y el centro MAZAK. Estas labores de programación y comunicación se especializarán en el futuro, debido al apoyo que se tiene del CONACYT en proyectos de investigación particularmente en el diseño de un sistema de metrología auxiliada por computadora, desarrollo de un sistema experimental de manufactura flexible, etc.

2.2.3 Aplicaciones en el IIE^(*).

Una de las instituciones que más han hecho por la difusión de este tipo de tecnología es el Instituto de

(*) Datos obtenidos en la entrevista a los Jefes de departamento del IIE en Palmira Cuernavaca, Morelos.

Investigaciones Eléctricas, que se ha encargado de hacer varias reuniones a nivel nacional e internacional sobre los avances que se están generando en lo que respecta al Diseño Asistido por Computadora. Dichas reuniones han sido: La Primera y Segunda reuniones Nacionales de CAD/CAM, "Transferencia de Tecnología CAD/CAM a Latinoamérica" en las cuales expertos en la materia dan una muestra de los trabajos más sobresalientes en esta área, y en las cuales se ha visto como, desde estos trabajos algunas instituciones del sector educativo han introducido temas sobre computadoras aplicadas al diseño, la manufactura y la ingeniería (CAD/CAM/CAE). Se puede decir que a través de estas reuniones se ha incrementado la utilización, la investigación y el desarrollo de sistemas CAD/CAM/CAE tanto en instituciones de investigación como en la industria.

Sin embargo, no sólo a este nivel termina el trabajo del instituto, sino que también participa ampliamente para lograr avances, desarrollando sus propios trabajos que ayuden a la industria a mejorar su producción por medio de estos sistemas de automatización en el diseño y manufactura. Para ilustrar el trabajo que se desarrolla en el instituto se describe la experiencia vivida durante la visita a diferentes departamentos de éste.

UNIDAD DE COMPUTO DEL IIE.

Inicialmente un ingeniero naval dio una explicación sobre la tesis que realizó la cual trata del diseño de superficies de un barco. La presentación del proyecto consistió en desplegar en pantalla cuatro vistas del casco de un barco: frente, planta, perfil e isométrico, dicho proyecto fue elaborado en una computadora microVAX con terminal gráfica y con un sistema de dibujo desarrollado en lenguaje FORTRAN dentro de la misma unidad.

Otro de los entrevistados fue el Ing. León Lastra quien tiene experiencia en el desarrollo de paquetes CAD desde hace 6 años y es un apoyo importante para los investigadores del área en el instituto. En 1982 se diseñaron editores gráficos del tipo AUTOCAD y actualmente está trabajando en el desarrollo de un sistema de CAD abierto.

Se ha tratado de interaccionar el CAD con sistemas gráficos con resultados óptimos. Además, actualmente se está realizando un proyecto conjuntamente con Alemania llamado FIX en el cual, se pretende generar imágenes en forma sintética y se piensa que tendrá muy buena proyección, el problema que se les ha presentado en la elaboración del proyecto es la forma de integrar un paquete gráfico al manejo de ventanas. Hasta el momento se contaba con quinientas mil líneas de código y faltaban otras cien mil, piensan estandarizar el paquete con

un sólo código disponible. Se pretende construir una interfaz reducida y otra para manufactura dentro del mismo sistema.

Por otra parte se está llevando a cabo un sistema de CAD ABIERTO como ya se dijo anteriormente, con sistema de análisis finito y se está estandarizando con el objeto de crear una herramienta de desarrollo y aplicación para atacar problemas diversos. Este sistema es: Un conjunto de instrumentos o módulos de software, de funcionalidad específica y bien definida, que pueden combinarse e interactuar adecuadamente para la realización de tareas específicas más complejas. También cuenta con software cuyo código fuente está disponible y adecuadamente documentado para ser modificado por un programador de sistemas (No necesariamente el programador que lo desarrolló originalmente), además permitirá que la información sea susceptible de ser transferida o recibida por otro sistema distinto, sin menoscabo de la semántica conferida a los datos de intercambio

También se tiene planeado trabajar en el diseño de superficies y "Diseño Geométrico Asistido por Computadora" como son: Torres de Transmisión para micro-computadoras tipo PC's compatibles, entre otros.

El área de desarrollo de este departamento es de servicio y soporte a usuarios, además de impartir cursos de capacitación. Se mantienen actualizados en el avance de la tecnología periódicamente por medio de revistas tales como Graphic Computer entre otras, además de las conferencias que el mismo instituto promueve.

Cuentan con paquetes gráficos para el diseño civil, circuitos integrados, trazos de ejes, etc.

Con respecto a los costos es más caro que ellos elaboren los sistemas pero si se ve desde el punto de vista académico es una gran oportunidad para que investigadores mexicanos desarrollen sistemas CAD e inclusive promuevan nuevas tecnologías para el desarrollo de dichos sistemas.

En lo educativo se puso énfasis en que sería recomendable mejorar el nivel académico de las carreras de cómputo e ingeniería mecánica, ya que el personal que se selecciona en ese instituto debe tener un grado de maestría o posgrado para asegurar un buen desempeño. Otras de las características deseables es tener una rápida asimilación y conocimientos de programación.

El equipo con que cuentan es una VAX 311/730, dos graficadores, dos impresoras, terminales gráficas, PC's y otros, como soporte para la investigación y trabajos.

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL.

El principal desarrollo de CAD en este departamento es el diseño de Estructuras de Postes y Torres de Transmisión.

La idea de desarrollar el sistema de diseño de torres de transmisión surgió de la interacción de un grupo de diseñadores del departamento de ingeniería civil de la Gerencia de Proyectos de Transmisión y Transformación de la CFE con investigadores del IIE ⁽⁴⁾.

El ingeniero Vicente Guerrero jefe del departamento, considera que es una gran ventaja contar con equipo de computación para sus diseños, ya que en 1970 un diseño de una torre de transmisión llegaba a tardar hasta tres meses y actualmente sólo toma dos semanas. Además de tener la opción de analizar un número mayor de alternativas para la construcción y de esta manera minimizar la cantidad de material requerido. Una reciente aplicación de este tipo de tecnología fue la instalación de una línea de transmisión de Guatemala a El Salvador.

Algunos de los problemas existentes es la poca confianza que le tiene el ingeniero a la computadora, por lo cual se debe de integrar en los planes de estudio para que este temor desaparezca y se pueda generar este tipo de herramientas inclusive desde la misma escuela.

También usan un paquete llamado SAP para el análisis estructural en el diseño de chimeneas de hasta 120 metros de altura, éste paquete fue desarrollado en este departamento y se han vendido métodos de diseño de estructuras por computadora a la Comisión Federal de Electricidad, por ahora no les interesa expandir su equipo sino obtener el mayor provecho del existente. Cabe señalar que la mayoría del personal que labora en este departamento tiene estudios de: maestrías en computación y maestrías en estructuras.

El equipo que usan cuenta con terminales gráficas de video VT241 VAX pero se piensa usar más tarde computadoras personales (PC's). Los clientes son CFE y TOMEX.

Se hizo una demostración de un paquete de análisis y distribución realizado en lenguaje FORTRAN con ayuda de rutinas del paquete GKS. Algunas de sus características son interfaz con el usuario a base de menús, acercamientos de la figura y rotación en diferentes ángulos.

DEPARTAMENTO DE DISEÑO MECANICO.

En este departamento usan el CAD como herramienta de trabajo para correcciones de diseños y trabajo constructivo. Considera que es una gran ayuda porque les permite ver

detalles en el desarrollo de diseños mecánicos, girar mecanismos, así como dibujar con precisión y exactitud; lo usan para visualizar dibujos como ensambladores y flechas. Ven el futuro del CAD como interfaz, sólo tienen un año utilizando AUTOCAD y estiman que se convertirá en una herramienta común en el diseño de piezas mecánicas. Como datos de entrada al paquete se dan formulaciones y relaciones entre longitud y altura.

Los proyectos a futuro son: un simulador de helicóptero, estudios de las deformaciones de moldes y ajustes necesarios en el diseño para contrarrestar estas deformaciones y el uso del CAD para desarrollo de piezas usando control numérico.

La principal actividad que se realiza es la de dar soporte a manufactura. Se diseña un modelo de prueba y después de ser aprobado se manda a construirlo a la industria para que se fabrique en serie. Consideran que la tendencia a futuro es capacitación de dibujantes para que lleguen a ser técnicos creativos y peritos mecánicos. Considera conveniente que en las universidades existan cursos de CAD para el desarrollo de mecanismos en el caso de ingenieros mecánicos, peritos mecánicos y operadores de máquinas.

El equipo con que cuenta es una microcomputadora Olivetti, una micro-Vax y una impresora laser LA210. Su proveedor les ofrece cursos para que puedan aprovechar el equipo en el uso y desarrollo de estos sistemas.

DEPARTAMENTO DE EQUIPO MECANICO

En este departamento cuentan con equipo Tektronix conectado a una minicomputadora VAX, el área de este departamento es el diseño de turbinas Térmicas y Geotérmicas, movimiento de rotores con esfuerzos, vibraciones y distribución de calor.

Analizan las causas de las fallas en estructuras por medio de la computadora y paquetes de análisis que usan el Método de Análisis de Elemento Finito.

Algunos problemas que se les presentan son: la discretización, visualización de rotores y la digitalización.

Cuentan con los paquetes: PATRAN - Modelador de sólidos, que es el que más usan por ser muy completo, cuenta con ayuda en línea y puede ser transportado a otros paquetes de elemento finito como SAP6 y SAP7. Anteriormente el trabajo se realizaba a mano por lo que era más tardado. Además, de que no se podía visualizar el comportamiento de la pieza. Como entrada de datos a éste paquete se dan los puntos y características deseadas, para posteriormente obtener un

modelo de archivo de datos. El costo aproximado del sistema completo es de 8,000 dólares.

Además de los paquetes mencionados anteriormente cuentan con:

MODULEF - No se usa porque requiere mayor capacidad.

NISADISPLAY - Es un paquete muy completo y sirve para el análisis de esfuerzos y transferencia de calor.

AUTOCAD - Lo usan para dar apoyo al dibujo de ingeniería mecánica.

También, desarrollaron un paquete llamado POST-SETRER para procesos de deformación, permite salidas a SAP, permite visualizar resultados de transferencia de calor y análisis de esfuerzos. Su limitante es que sólo tiene piezas cilíndricas. Se piensa que para poder usarlo es necesaria una capacitación de un mes con cuatro horas diarias.

Para la elección del equipo se hizo un estudio de las necesidades y precios.

Su proveedor no logra cubrir totalmente sus necesidades. Pero consideran que la inversión vale la pena siempre y cuando después de la capacitación se trabaje con la nueva tecnología.

El costo aproximado por terminal HP es de 40 mil dólares y cuentan con 15 terminales 7/30, una HP y una MicroVAX en red.

La actualización de PATRAN es cada año o cada vez que se rente. Tienen un paquete llamado GKS (Graphical Kernel System) y aquí tienen problemas con la normalización por lo que están esperando una nueva versión.

El personal es en un 50 por ciento becarios y la contratación se hace en base a características como: conocimiento de cómputo, matemáticas y álgebra lineal.

No se cuenta con Interfaz a CAM y piensan expandir el sistema para lograr mayores resultados.

2.2.4 Aplicaciones en el CDM.

En la Facultad de Ingeniería de la UNAM se encuentra el Centro de Diseño Mecánico el cual funciona desde 1976 y que fue creado para satisfacer dos necesidades:

- 1) Formar estudiantes dentro del área del diseño y fabricación mecánica.

- 2) Resolver problemas industriales dentro de esa misma área. El centro ha desarrollado más de veinte proyectos para la industria y actualmente trabajan más de cuarenta personas, entre profesores, alumnos, estudiantes de servicio social y estudiantes realizando su tesis.

El centro cuenta con un sistema CAD de Gould, con dos estaciones de trabajo gráficas y mouse. El software es para dibujos en 2 y 3 dimensiones así como modelado de sólidos. Cuenta también con un graficador HP, dos tornos y una fresadora de control numérico marca EMCO, que están comunicados con una microcomputadora PC compatible, Haciendo de este modo la interacción CAD/CAM.

Uno de los proyectos que ha realizado este centro es el desarrollo de un control termostático para calentadores de agua. Este diseño se realizó para una empresa nacional y en él se utilizaron los equipos de CAD/CAM ⁽¹¹⁾.

El proyecto consistió en el diseño y fabricación de un control termostático. Dicho control abre y cierra la entrada de gas al quemador que calienta el agua del depósito.

El diseño del control satisface los siguientes requerimientos.

- Excelente apariencia.
- Bajo costo de producción.
- Gran seguridad de operación y funcionamiento.

El diseño y la fabricación del control deberá realizarse en un tiempo mínimo.

Cabe señalar que los controles originales son de diseño extranjero. Uno de los principales problemas, para desarrollar este tipo de productos, es la precisión dimensional que se requiere manejar en los dibujos y durante la fabricación de los componentes. Son muchas las variables y la información que intervienen en el diseño. Como se apuntará, estos obstáculos serán los principales justificantes para el uso de la tecnología CAD/CAM.

En este proyecto en particular se puede distinguir dos fases de la ingeniería de diseño:

1. Diseño Conceptual.
2. Diseño de Detalle.

En la primera fase el diseñador responde a una primera pregunta fundamental, ¿Cómo resuelvo el problema "x"?, y por lo regular existen numerosas respuestas, siendo el verdadero problema analizar, evaluar y seleccionar la mejor de éstas

Una gran ventaja que presentan los sistemas CAD es el poder duplicar imágenes con el objeto de efectuar modificaciones en el diseño, sin alterar la idea original y así analizar las otras alternativas.

En el diseño a detalle, una vez que se tiene el concepto de control (el cómo va a funcionar) se procede al diseño de detalle, que consiste en el dimensionamiento y selección de materiales para cada uno de los elementos que integran el termostato. Debido a que el producto que se está diseñando maneja gas y es operado por cualquier persona en una casa habitación, es muy importante que elementos como el resorte sean confiables y estén diseñados para evitar fallas. El diseño de un resorte, o sea el obtener sus dimensiones y material, requiere de cálculos repetitivos y tediosos que se pueden programar fácilmente en una computadora. Los resultados de esa programación comúnmente se presentan como tabla y permite al diseñador obtener en pocos segundos, una gran variedad de alternativas para el diseño del resorte. Una vez que la computadora entrega sus resultados, el diseñador emplea su criterio para hacer la selección de acuerdo también a las especificaciones previas.

Como parte del diseño de detalle se puede considerar el diseño de la presentación en este caso del termostato: ubicación de las perillas, botones, indicaciones, color y forma exterior. Es importante visualizar la operación y la imagen del producto antes de fabricarlo, para esto es posible obtener gran número de alternativas utilizando software para modelado de sólidos en tres dimensiones.

El dibujo de planos es importante debido a que es el medio de transferencia de información del diseñador hacia el taller de fabricación y hacia el cliente. Como ya se puntualizó es importante que la información sea clara y precisa.

Como ya se ha explicado, una de las ventajas del dibujo en computadora es la creación de una base de datos que es útil, después de un posprocesamiento, para alimentar una máquina herramienta computarizada (CNC), que se encargue del maquinado de la pieza dibujada. El paso del dibujo en pantalla hacia la máquina CNC puede ser directo, si se cuenta con la interfase adecuada (cable de conexión). En el caso que abordamos se utilizó un graficador para obtener los planos donde se muestran las dimensiones del control (termostato) para la realización de la programación manual de la máquina CNC. En total son cuarenta instrucciones. Al finalizar la programación es posible simular la fabricación (corte) que la herramienta va a realizar en la barra de aluminio. De esta forma es posible verificar si hay algún error de programación o de dimensiones antes de cortar la barra. La simulación se puede obtener en la pantalla o en impresora.

Las conclusiones a las que se llegó tanto del personal de diseño como de la empresa que lo solicitó fueron:

- Los paquetes DOGS y BOXER de dibujo en dos dimensiones y de modelado de sólidos, respectivamente, fueron muy útiles para el diseño de la apariencia del control. Resultó muy rápido el obtener distintas configuraciones y coloreado del producto. El haber realizado este mismo trabajo y el de diseño de sus partes hubiera tomado, cuando menos, tres veces más del tiempo.
- La capacidad de almacenamiento de información del sistema y la velocidad de respuesta de software resultaron insuficientes. Hubo también problemas con la operación del equipo, debido a que el sistema fallaba constantemente. Otro de los inconvenientes fue que el sistema tenía límites bajos para el manejo de primitivos que generan el dibujo en pantalla. Desafortunadamente el paquete de dibujo resultó insuficiente para la realización de la mayoría de los planos de detalle del control.
- Resultó muy rápido el aprendizaje del manejo de la estación de trabajo. En dos semanas aproximadamente, trabajando seis horas diarias un estudiante de séptimo semestre de ingeniería puede manejar totalmente uno de los paquetes de CAD.

2.2.5 Aplicaciones en otras instituciones e industrias.

Otra de las instituciones que también han creado desarrollos propios en este campo es el Instituto de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) en coordinación con la empresa de manufactura FAMA, los cuales desarrollaron entre otros proyectos un sistema de modelado tridimensional de sólidos llamado ADROS (Advance Design Result Oriented System) con características que satisfacen los requerimientos industriales y que sirve para propósitos académicos en el área de CAD/CAM.

El elemento catalizador en la evolución del desarrollo tecnológico nacional será la aplicación de alta tecnología en el proceso de fabricación, tales como CAD/CAM, CNC, CAE y CIM.

Con el ingreso de México al GATT, la planta productiva del país ha adquirido un fuerte compromiso que consiste en mercadear nuestros productos a nivel internacional, trayendo como consecuencia la necesidad de mejorar lo que hasta el momento se ha hecho en cuanto a diseño y manufactura del

producto, así como optimizar los recursos en el proceso de producción y elevar la calidad final.

El sistema ADROS tiene como base la filosofía más reciente en la evolución de sistemas gráficos. El objeto del desarrollo de este paquete es optimizar el tiempo de diseño de una pieza industrial, así como disponer de una manera rápida de la información necesaria para su maquinado; significando en conjunto una herramienta avanzada para el diseño y manufactura ⁽⁴⁶⁾.

Las ventajas sobre los sistemas tradicionales consiste en que no se necesita dibujar las vistas del objeto para generar el sólido, sino que al generar la pieza se obtienen las vistas automáticamente, adicionalmente se cuenta con varios modeladores que contemplan la interacción entre generatrices (una o más) con uno o dos rieles, logrando con ello un total de 16 modeladores distintos.

El proceso de introducción de información se realiza interactivamente a través de la tableta gráfica y se cuenta con un menú para elegir las opciones de creación del sólido; carga y almacenamiento de información del sólido; visualización, amplificación, identificación de sólido y edición de sus características.

El enfoque del sistema ADROS en cuanto a concepción, desarrollo e Implantación es netamente mexicano e involucra un concepto innovador en el proceso de interacción con el sistema, siendo una aportación técnica de relevancia.

El sistema tiene las siguientes características:

- 16 Modeladores de Sólidos:

La técnica utilizada se denomina Superficies Esculpidas. Bajo esta filosofía, se puede generar objetos de formas irregulares con sólo proporcionar información referente a las secciones transversales que definen el objeto, logrando con esto las siguientes ventajas:

- a) Una generación más rápida de sólidos irregulares con un solo paso.
- b) Generación de la información necesaria para el maquinado.

- Operaciones Booleanas entre Sólidos:

Con esto se pretende crear objetos compuestos para un conjunto de sólidos generados con la metodología anterior.

Las operaciones básicas entre sólidos son: Unión, Intersección y Resta.

- Remoción de Líneas Ocultas:

Este proceso consiste en representar con el mínimo de líneas los objetos modelados.

- Estructura de Datos Consistente:

Un sistema CAD tiene como pilar una base de datos para representar la información gráfica y poder llevar a cabo la interrelación con los demás módulos del sistema.

- Interfaz Gráfica con el Usuario para la Introducción de Información:

Con esta interfaz se pretende que el usuario con un mínimo de entrenamiento domine el sistema, además permite que la introducción de la información sea en forma lógica y sencilla, sin necesidad de manejar conceptos muy complejos. Para ello se cuenta con un menú de opciones de fácil comprensión y uso.

- Planos de Corte:

Con esto se pretende ver al sólido desde su interior.

El equipo base para el desarrollo del Sistema ADROS y las características del mismo son:

Supermicro UNIVERSE 68: Basada en el microprocesador 68000.
 Procesador de punto flotante.
 4 MB de memoria principal.
 120 MB en disco duro.
 Unidad de cinta (45 MB).

Terminal Gráfica SEIKO 2414:
 256 KB de memoria.
 Primitivos de 2D (línea, arcos, etc)
 Manejo de segmentos.
 Color.

Plotter HP-7585B: 8 Plumas.
 Ancho de hoja: Tipo E.
 Puede ser usada como digitalizador.

Medio Ambiente de Trabajo:

Se utiliza el sistema operativo UNIX como medio ambiente de desarrollo y las razones para hacerlo son:

Ideal para ambientes de desarrollo.
 Facilidades para documentación.
 Control de Versiones.
 Multiusuario.
 Correo Electrónico.
 Organización Eficiente de la Información.
 Gran Aceptación en la Industria.

El lenguaje de programación FORTRAN 77, en el cual está escrito el sistema ADROS, presenta las siguientes características:

Facilidad para aplicaciones ingenieriles.
 Presenta cierto grado de estructuración.

Aspectos más Importantes del Desarrollo:

- a) Desarrollo de una herramienta fácil de usar.
- b) Énfasis en el aspecto gráfico de la interfaz con el usuario.
- c) Una manera más eficiente de manejar la información y una mayor versatilidad para generar sólidos que los sistemas comerciales actuales.

La expectativa por parte del ITESM y de FAMA es consolidar el sistema ADROS como el pilar de un sistema integrado de manufactura que contempla además de la modelado tridimensional, el análisis de sólidos mediante el Método del Elemento Finito STRUKTO y su maquinado automático MAKAM.

De acuerdo a lo anterior y como conclusión diremos que como los sistemas comerciales de CAD/CAM tienen un costo elevado por su adquisición y/o su renta por la industria nacional, además de que sus características no se adecúan a los requerimientos del país, el sistema ADROS vienen a satisfacer en parte las necesidades de CAD/CAM de la industria nacional, teniendo virtudes más que suficientes para competir a nivel internacional.

Diremos como parte final que la industria FAMA, S.A., es un ejemplo importante de desarrollo integral en la industria nacional, ya que ha logrado una alta competitividad a nivel internacional con desarrollos nacionales y equipos de vanguardia tanto en materia de diseño y manufactura automatizada, como en la creación de recursos humanos capaces de estar al nivel que el mercado del ramo impone.

En los siguientes capítulos se abordarán temas que describirán más características de estas industrias que van a la vanguardia de la tecnología CAD y van marcando el camino a seguir por todo el mercado industrial en México, ya que como se ha visto la industria que no utilice las nuevas

tecnologías tendrá problemas para estar en un mercado muy competitivo en el cual se usará la tecnología CAD/CAM para obtener una mejor calidad en un menor tiempo.

2.3 POSIBLE DEMANDA DE ESPECIALISTAS DE CAD

De acuerdo con los resultados de nuestra investigación, el 58 por ciento de los entrevistados capacita al personal con que ya cuenta. Por otro lado, un buen porcentaje (31%), dada la situación actual en México, contrata nuevo personal. Un indicativo aunque en un universo muy pequeño consiste en las cifras que proporcionan los eventos como: el congreso de CAD/CAM efectuado en noviembre de 1988 que agrupó a un poco más de 300 asistentes de los cuales más del 80 por ciento (aproximadamente 240) representaban firmas de ingeniería o áreas afines como el Diseño Industrial, y el porcentaje restante lo componen instituciones de educación superior. Así se tiene que de esta reunión por lo menos existen 72 (31% de 240) nuevas oportunidades de trabajo⁽⁴⁰⁾.

Se detectaron tres parámetros que son muy importantes:

- La persona ideal es aquel profesionista con sólidos conocimientos en su área, además de conocimientos en computación.
- Una de las razones por la que no hay un alto índice de contratación de personal especializado en CAD es debido a una oferta muy escasa y cara.
- De acuerdo con una encuesta del ITESM⁽³¹⁾ realizada en febrero de 1988 cerca del 90% de los usuarios entrevistados que no poseían sistemas CAD/CAE tenían contemplado comprarlo en la forma siguiente: 27 por ciento en menos de 6 meses, 42 por ciento a un año y 31 por ciento a más de un año.

De acuerdo con el primer parámetro se puede afirmar que, la mayoría de las personas que cumplan con tales características obtendrán las nuevas oportunidades de trabajo, que la tecnología CAD/CAE está generando.

El segundo parámetro indica que se necesita la introducción de esta tecnología en las carreras de ingeniería y áreas afines para incrementar la oferta de personal y repercuta en el beneficio de las empresas.

El tercer parámetro es un buen indicativo del aumento de la demanda de personal con conocimientos de la tecnología CAD. Esa encuesta⁽³¹⁾ tuvo un total de 63 compañías entrevistadas, donde el 52 por ciento de ellos, esto es 32 compañías, no contaban aún con tecnología CAD. El 69 por ciento de estos usuarios la implantarán en alrededor de un

año, lo cual nos da un total de 22 nuevas oportunidades de trabajo (el 69% de 32) para personal especializado en CAD/CAE durante el periodo 1989-90.

La muestra estuvo compuesta por empresas de los principales centros industriales del país, con lo cual se puede notar la demanda a nivel nacional que habrá para este tipo de especialistas, por ello es importante hacer notar la labor que realizan centros de desarrollo tecnológico regionales como el CIATEQ y el IMEC, que pueden proporcionar asesorías en el sitio donde se encuentra la zona industrial.

Se piensa que formar un especialista en esta área se lleva un año y medio ⁽⁴⁰⁾.

POSIBILIDADES DE TRABAJO:

Como se vio anteriormente, un especialista de este tipo tiene un mercado potencial que asciende a cerca de 240 compañías. Existe también la posibilidad de desarrollo profesional independiente.

También deben observarse el monto de las inversiones en este campo. En el mercado CAD/CAM/CAE anualmente se invierte a nivel mundial una cifra superior a la deuda nacional, generando necesidades que deberán ser cubiertas por este nuevo tipo de especialista.

Según nuestra investigación, la mayoría de los usuarios se está inclinando por el uso de microcomputadoras tipo PC equipadas como estaciones de trabajo. Usando en el área de ingeniería mecánica, principalmente, software importado de tipo cerrado, por lo que respecta al área de ingeniería civil se tiene tanto software nacional como extranjero (ver sección 2.1.3).

De acuerdo al artículo "Posibles Campos de Acción de la Mecánica Aplicada" del año de 1989 publicado por el IIE, la política mexicana en el mercado mundial de generación de software consiste en tener el 2 por ciento de participación en este mercado.

Según el mismo documento en 1989, en los Estados Unidos el mercado CAD/CAM para diseño mecánico y dibujo (haciendo a un lado el diseño en ingeniería civil) ascendía a 3300 millones de dólares. Considerando que el mercado norteamericano representa el 50 por ciento del mercado mundial de software, se puede decir que el mercado al cual se tendría acceso es de 6600 millones de dólares. Como se dijo, el objetivo de México es de tener el 2 por ciento de este mercado (tal cifra no es un límite) entonces se está hablando de 132 millones de dólares.

El desarrollo de tecnología CAD/CAM se está enfocando como ya se vio hacia las PC's (aunque en los 90's se espera una fuerte competencia por parte de las estaciones de trabajo propiamente dichas (Ver capítulo 4). Según un estudio publicado por High-Technology, se indica que la aplicación de la PC en este campo aumentara 9.1 veces para 1990 respecto a 1986 y para los mainframes bajara a un 43 por ciento respecto a 1986.

Actualmente, el software desarrollado en México para el área de ingeniería civil compite cerradamente con el software importado. Siguiendo con el análisis que se está realizando, se considera que el software mencionado tiene captado alrededor del 40 por ciento del mercado nacional; por lo cual creemos que se puede alcanzar más del 2 por ciento de la participación mencionada anteriormente (no poseemos datos suficientes para dar una cifra aproximada).

CAPITULO III

IDENTIFICACION DE LAS AREAS EN LAS QUE SE PUEDE LOGRAR LOS MAYORES BENEFICIOS EN MEXICO DE LAS APLICACIONES DE ESTA TECNOLOGIA Y LAS CONDICIONES PARA QUE SE APROVECHEN ESTAS OPORTUNIDADES.

CAPITULO III

IDENTIFICACION DE LAS AREAS EN LAS QUE SE PUEDE LOGRAR LOS MAYORES BENEFICIOS EN MEXICO DE LAS APLICACIONES DE ESTA TECNOLOGIA Y LAS CONDICIONES PARA QUE SE APROVECHEN ESTAS OPORTUNIDADES.

Uno de los aspectos más importantes de los sistemas CAD es su tendencia a ser de uso sencillo y cubrir con los elementos indispensables para su aplicación en diseños arquitectónicos, mecánicos, estructurales, electrónicos, químicos, etc. Por lo cual hoy en día su uso esta creciendo sobre todo en el ámbito del dibujo y diseño.

En el mercado existen variedad de paquetes de software que ayudan a la tarea de diseño y dibujo y que van desde paquetes sencillos hasta los complejos, esto en lo que a aplicación se refiere ya que en su uso sólo se requiere de 3 a 6 meses en promedio para aprenderlo aunque esto depende del usuario.

El diseño en la industria es de suma importancia ya que es la base para crear nuevos productos teniendo que ser estos de mayor calidad y utilidad. El uso de los sistemas CADD (Dibujo y Diseño Asistido por Computadora), en la industria se está considerando imprescindible ya que si una empresa desea ser competitiva debe de modernizar, desde el área del diseño hasta la de manufactura.

La pauta de la evolución del software para esta tecnología ha sido marcada por los países desarrollados (Estados Unidos, Alemania, Japón, Inglaterra, etc.) estando por consiguiente a la vanguardia en este campo. En países en vías de desarrollo como México esta evolución ha sido lenta dado que no existe mucho apoyo a instituciones de investigación, aún así, en el desarrollo de este trabajo se pudo observar que existe una pequeña difusión en su uso a nivel industrial. También, aunque el apoyo no es mucho se encontraron programas que permiten la transferencia de técnicas y conocimientos.

Un factor muy importante para el desarrollo del CAD/CAM es la iniciativa del propio usuario, sin menospreciar la infraestructura como son los equipos físicos, métodos y procedimientos y personal altamente calificado, entre otros. El número de empresas que se suma a su uso como ya se menciono anteriormente va en creciente aumento y es de esperar que en la década de los 90's, este uso se haya

extendido de manera notable, cubriendo prácticamente todo tipo de diseño y buena parte del control de manufactura.

Ahora bien señalaremos que las áreas en las que se puede lograr los mayores beneficios de la aplicación de estos sistemas en México son primordialmente la construcción de edificios, la exploración del subsuelo (Ingeniería Civil), la industria automotriz, la industria pesada, los equipos electrónicos y eléctricos (Ingeniería Mecánica), la aeronáutica, el diseño arquitectónico (Arquitectura).

3.1 Area de Ingeniería Civil.

La área de Ingeniería civil es una de las áreas de estudio donde se observó que más pobremente se hace uso de la tecnología CAE - CAD. Aún más, todavía se hace mucho cálculo solamente con la ayuda de una calculadora.

A esta área se le debe dar un gran impulso invitando a los ingenieros civiles a aprovechar al máximo las oportunidades que se le presentan al hacer uso de la herramienta (computadora).

El uso puede empezar desde la aplicación de una hoja de cálculo para obtener un presupuesto, hasta el análisis de fuerzas en cada nodo de la estructura de un edificio de varios pisos.

Actualmente en México se conoce muy poco de paquetería o de programas, para la ingeniería civil, que estén disponibles en el mercado. Al aplicar la encuesta descrita en el capítulo II se pudo percatar que la mayoría de las compañías que hacen uso de esta tecnología es a través de programas y sistemas desarrollados por ellos mismos.

Los mayores beneficios que se pueden lograr al hacer uso de la tecnología CAE - CAD es el poder hacer un análisis más exhaustivo de un problema de diseño, con esto se quiere decir que con el uso de la computadora se pueden obtener un mayor número de alternativas (número mayor de posibles soluciones) de solución. De aquí conjuntamente con la experiencia del ingeniero se puede obtener la solución óptima, con todo y sus márgenes de seguridad aunado a un ahorro en tiempo lo cual reditua en un ahorro en costo y un mejor control del material requerido, ya que la mayoría de estos sistemas proporcionan además de los cálculos una lista de materiales junto con sus especificaciones.

Con esta tecnología también se puede obtener una solución muy cercana al óptimo al estar diseñando una

carretera y ver de que manera se moverá material para la apertura del camino y para el relleno necesario dando las distancias más cortas, este análisis sin la ayuda de la computadora sería muy tardado y quizás no se podría llevar a cabo antes de empezar el proyecto.

Otra oportunidad que se presenta al hacer uso de esta tecnología es de ser más competitivos y esto se puede lograr en todas las áreas. El tener un anteproyecto en un tiempo menor y con más detalle y calidad que el entregado por una compañía que no usa esta tecnología podría significar el ganar un concurso, inclusive se da el caso de compañías que exigen que la compañía a entrar a un concurso debe usar la tecnología CAD.

Las condiciones que se tienen que dar para el mejor aprovechamiento de esta tecnología es en primer lugar que el ingeniero civil quede convencido de que la computadora es una herramienta que le permitirá obtener soluciones en una forma más práctica, evitando el tener que hacer cálculos repetitivos por horas y horas, ésta es una tarea que la computadora hace muy bien y no se enfada. Al ingeniero se le debe liberar de estas tareas para que sea más creativo.

Se debe también fomentar la creación de software que satisfaga las necesidades específicas de nuestro país y éste deberá estar lo suficientemente probado para ser confiable al uso del ingeniero. Uno de los mayores rechazos, por parte de la gente que ya tiene muchos años en el medio del área en cuestión, es el no tener la suficiente credibilidad a los resultados de una computadora. Siendo esto a tal grado que algunos efectúan cálculos manuales para comprobar los resultados obtenidos.

Mucho del software que existe en el mercado es importado y demasiado general de tal forma que no satisface las necesidades de análisis y es complejo por la generalidad de su empleo. Se debe fomentar la creación de paquetes específicos que reflejen las necesidades y restricciones que existen en nuestro país y que sean fáciles de usar obteniéndose resultados rápidamente sin necesidad de navegar por un sin número de alternativas.

3.2.- Área de Arquitectura.

Con respecto a esta área se puede señalar que la aplicación de los sistemas de diseño auxiliado por computadora (CAD) son muy prácticos como herramienta para diseño arquitectónico, planeación urbana y regional entre algunos otros campos.

Estos sistemas le permiten al arquitecto o dibujante realizar planos al detalle en tiempos muy cortos. Teniéndose por ejemplo que durante la fase de dibujo se cuenta con gran ayuda, ya que los paquetes cuentan con muchas librerías de dibujos de mobiliario y equipo, ahorrando tiempo al arquitecto o dibujante, teniendo únicamente que copiar el dibujo a la parte del plano donde se desee. Además, a la hora de hacer correcciones ya no es necesario elaborar el plano nuevamente tan sólo hacer las correcciones necesarias en la terminal del equipo de cómputo. Cuando se tiene el plano totalmente corregido y si así se desea se puede mandar a un dispositivo de salida (graficador o impresora) a que se dibuje en papel tomando tan sólo un tiempo muy corto y con una insuperable precisión.

En esta área se pueden usar paquetes como IGDS (Interactive Graphics Design Software) que requiere sistemas basados en minicomputadoras VAX de alta capacidad, al igual que en ingeniería Civil y Mecánica se puede usar el autocAD que es un paquete que puede ser usado en computadoras personales PC's. Aunque, estos no son los únicos sistemas para este propósito, se ha visto que son algunos de los más usados en esta área.

Es de hacerse notar que en esta área, en nuestro país, el diseño es muy escaso predominando mucho el uso de este tipo de sistemas en el campo de dibujo (maquilación de planos).

Con el uso adecuado de esta tecnología, se puede hacer que el arquitecto cuente con estos métodos para que tenga la posibilidad de dar una vuelta con su cliente por un edificio que todavía no es construido y determinar de antemano la distribución del mobiliario y el posible decorar del mismo. Esto es posible gracias a los diferentes sistemas que pueden interactuar con el CAD y son los módulos de simulación gráfica.

En esta área, dado que se aplica el arte de proyectar, construir y adornar, bien es posible como ya se mencionó que el uso de los sistemas de diseño asistido por computadora, usados como una herramienta que permite que estas tareas sean de una manera automatizada y además permite el análisis de diferentes alternativas en tiempos cortos, se generalice siempre y cuando se orienten y se difundan desde las escuelas y universidades.

Se puede mencionar que en México el uso de estas herramientas en la actualidad a propiciado ciertos problemas, ya que los usuarios declaran que necesitan invertir tiempo en el manejo adecuado de estos sistemas, provocando con ello una demora en proyectos, pero que a corto plazo esta inversión de tiempo es redituable ya que después se tendrá un ahorro en este aspecto.

De acuerdo a nuestra encuesta se observó que el uso primordial que se le da la CAD en esta área es el dibujo. Incluso hoy en día se ha adicionado otra "D" a las siglas CAD para denotar Dibujo y Diseño. Diremos que la ventaja más notable de estos sistemas entre otras, es la representación precisa del detalle gráfico y la exactitud de los cálculos que involucran los análisis.

Como ya se mencionó, una de las condiciones para el aprovechamiento adecuado de estos sistemas en esta área es que desde la preparación académica se impartan cursos en los cuales se introduzca al alumno en este tipo de sistemas como una herramienta más de diseño y darle una orientación adecuada para que el futuro profesionista pueda seleccionar la mejor alternativa en equipos y programas de cómputo para cada necesidad, a partir de la oferta del mercado nacional del ramo.

3.3 Area de Ingeniería Mecánica.

En el área de ingeniería mecánica se contactaron 30 empresas usuarias de esta tecnología, cuyos productos son esencialmente la fabricación de diversos tipos de maquinaria y/o sus partes.

La primera observación importante es que en todos los casos, la empresa entrevistada estaba dispuesta a colaborar con nuestro trabajo en un 100%, esto es, el acceso a la forma de manejo, características y en general a toda la información relacionada con su sistema CAD fue inmediato y total, lo cual contrasta con el área de ingeniería civil, donde en algunos casos, la empresa mostró cierta reticencia a proporcionar la información pedida.

Esto puede deberse a que en la área de ingeniería civil, la competencia es más cerrada, ya que la supervivencia de una empresa se basa en ganar concursos para realizar algún proyecto y el dar a conocer las herramientas de diseño con que cuenta la empresa podría disminuir su nivel de competitividad.

En el caso de la área de ingeniería mecánica, debido a la variedad de productos que elaboran y al estado tecnológico de sus competidores extranjeros, los usuarios están más abiertos a estrechar o crear vínculos de colaboración a nivel industria, en lo que respecta a la tecnología CAD. De la información recabada se detectó que 3 usuarios manifestaron que no les interesaba el intercambio de experiencias con otras empresas.

Muchas de estas compañías tienen conocimiento de aquellas otras con experiencia en CAD con las cuales desearían establecer contacto. Además, se encontró un grupo de usuarios de CAD formado por siete empresas que organizan reuniones bimestrales con el objeto de compartir experiencias al hacer uso de esta tecnología.

Respecto a las instituciones educativas con las cuales las empresas entrevistadas tienen contacto son: El ITESM (4 empresas), el IIE (3 empresas), el CINVESTAV (2 empresas), el IMP (2 empresas) y la DEPFI (1 empresa).

El resto de las empresas manifestaron sus deseos de establecer contacto con otras empresas del área que usen esta tecnología, relegando a las instituciones educativas o de investigación a segundo termino.

La relación se basa principalmente en cursos y asesorías, haciendo mención de una empresa, con gran experiencia en la aplicación del CAD, que solicitó la asesoría del CINVESTAV para desarrollar una aplicación en el área de robótica. Actualmente, están a nivel de pláticas sobre las ventajas y desventajas de su implantación. La información anterior indica que los usuarios que ya tienen experiencia aplicando esta tecnología han generado de una u otra forma cierta fama y las empresas que empiezan el uso del CAD saben que se podrían beneficiar con estas experiencias y sus desarrollos.

Se puede ver que si bien las instituciones educativas y de investigación no se han desligado de las necesidades de la industria, tampoco han logrado una gran influencia en la industria para el fomento y uso de esta tecnología. Además, se puede decir que aunque estas instituciones están capacitadas para dar asesoría en alta tecnología, y así lo reconocen en la industria, falta un mecanismo para darse a conocer y para lograr exportar los beneficios del CAD de los centros de investigación hacia la industria.

También, en relación con esto, es importante mencionar el comentario del gerente de diseño de una empresa, que nos dijo: - "Actualmente tenemos programas de análisis de ingeniería con salida numérica y algunos con salida gráfica, hemos rentado los servicios de CAD de una empresa grande algunas veces, pero el costo es demasiado elevado, por ello hemos buscado algún despacho especializado de CAD en ingeniería mecánica pero no lo hemos hallado. Nuestra siguiente opción fue el acercarnos a diversas instituciones de investigación pero en una sólo tenían paquetes CAD orientados al dibujo, sin ningún tipo de análisis, y con orientaciones específicas que no se ajustaban a nuestras necesidades; en otra institución el principal problema fueron los inconvenientes de huelgas y periodos de vacaciones frecuentes, que implicaban la posibilidad de tiempos muertos

y la imposibilidad de realizar algún trabajo vigente o imprevisto" -.

El anterior comentario ejemplifica claramente tres cosas: La posible inexistencia de una compañía dedicada a asesorar, difundir y aplicar la tecnología CAD y en un momento dado rentar servicios de este tipo y si existe le falta realizar una mayor difusión de ella misma. Por otro lado, algunas instituciones se ven impedidas a proporcionar un buen servicio en esta área por circunstancias que no son precisamente deficiencias de tipo tecnológico.

La tercera observación es muy importante y es que el CAD con orientación únicamente al dibujo es en muchas ocasiones una ayuda insuficiente; esto, como se verá más adelante es una de las principales fuentes de quejas de usuarios de sistemas CAD: que sus paquetes no tienen interfaces de análisis para problemas de ingeniería.

La siguiente tabla muestra el estado del CAD en lo que respecta a la ingeniería mecánica:

Aplicación principal	Número de Empresas
I) Dibujo	7
II) Dibujo y diseño en 2D	4
III) Dibujo y diseño en 3D	9
IV) Dibujo, diseño, análisis y manufactura	8

Se puede observar que en esta área existe un buen grado de conocimiento sobre tecnología CAD, aunque el número de usuarios es todavía relativamente bajo, la proporción era aproximadamente de 10 a 2, esto es, de 10 empresas a las que se habló sólo 2 usan CAD.

Tomando como referencia la tabla mostrada anteriormente se encontró que las empresas grandes usan la tecnología CAD en cualquiera de las cuatro fases mencionadas. Dentro de las empresas pequeñas se encontró sólo una que está al nivel de la fase IV, cuyo director tiene un extenso conocimiento sobre las ventajas de la tecnología CAD/CAM y teniendo conciencia de esto ha tratado de implantar esta tecnología en su empresa lo más pronto posible.

Otro punto que se debe resaltar es el referente a la transferencia remota de información CAD, ya que sólo 2 empresas emplean modems para transferencia de información de este tipo, ambas empresas son grandes y una de ellas es orillada a hacer un uso extenso de esta tecnología por parte de su licenciataria, la otra es una empresa mexicana cuyo uso

de CAD, junto con otras empresas merece una mención aparte (como es el caso de FAMA).

Todas las empresas que se entrevistaron tienen el siguiente punto en común: La tecnología CAD, es una tecnología de lenta asimilación. Guiándonos por el resultado de nuestra encuesta, podemos decir, entre otras cosas, lo siguiente:

- 1.- El sistema CAD, excepto en dos empresas es un sistema de paquete cerrado (turn-key) que generalmente se adecúa aceptablemente a las necesidades del usuario en lo que respecta al dibujo, pero para otras aplicaciones como el análisis y simulación, no se adapta a los requerimientos de la empresa.
- 2.- El usuario que se inicia en esta tecnología se atiene mucho a los cursos que imparte el proveedor para conocer el paquete y hace notar que la comprensión de los manuales es fácil para quien sabe inglés y tiene cierta experiencia en el uso de manuales técnicos del área de computación.
- 3.- Los usuarios con cierta experiencia se quejan de que los cursos son muestras de como usar los comandos y excluyen aplicaciones practicas o la muestra de casos reales y no existe el personal capacitado para darles esa orientación.
- 4.- Usuarios con experiencia hacen notar que las interfases de comunicación entre sistemas CAD no es tan buena como deberían ser. Esto es, no existe una estandarización total para la transferencia de información entre este tipo de sistemas.
- 5.- El costo de los módulos de análisis (si es que existen) es elevado, por ello el análisis se hace todavía en forma manual o con programación propia.
- 6.- El alto costo de un sistema CAD, ocasiona una limitación de equipo. Esto junto con el punto 1 exigen una clara justificación de necesidad de usar un sistema CAD.
- 7.- La falta de personal que conozca la forma de operar los datos de estos sistemas impide el desarrollo de módulos de análisis acoplados a estos.

Por todo lo anterior se encontró que existe una convivencia entre el sistema CAD y el sistema anterior o manual bastante grande; un entrevistado, cuya empresa tiene ya tiempo de usar el CAD comento que, de acuerdo a su

experiencia en esa empresa, el proceso de convivencia puede demorar hasta 5 años o más.

Un punto en que todos los usuarios estuvieron de acuerdo es que una vez que se ha experimentado el trabajar con CAD es difícil regresar al anterior procedimiento (sólo se encontró a un usuario que no tenía una buena asesoría por parte de su proveedor y por ello y por la falta de personal capacitado, dejó de usar el CAD).

3.3.1 CASOS INTERESANTES

Durante el desarrollo de la investigación se encontraron algunos casos que vale la pena ver por separado, ya que la aplicación que realizan de esta tecnología es interesante.

Fabricación de Máquinas S.A. (FAMA) es una empresa mexicana que está incursionando en el extranjero basada en gran parte en su alta tecnología, la cual le permite tener un excelente control de calidad, una gran adaptabilidad a diversos mercados y contar con la capacidad de fabricar diversas gamas de sus productos.

Esta empresa neolonesa surgió en los años cuarentas orientada principalmente a la industria del vidrio, para los años cincuentas ya tenía calidad de exportación en cuanto a maquinarias.

Con el advenimiento del control numérico FAMA instala en los 60's la primera generación de máquinas herramienta de control numérico. En la siguiente década inicia sus primeras exportaciones a países altamente industrializados y además se diversifica a la industria del plástico. En los años ochentas se implanta el uso de la computadora para el diseño, manufactura y comunicación con sus clientes.

FAMA está integrada por negocios independientes, bajo los conceptos de autonomía y subsidiaridad. Cada uno de ellos decide el desarrollo de sus sistemas de manufactura.

FAMA Maquinaria: Elabora maquinaria, componentes y mecanismos para la industria del vidrio y del plástico, ajustándose a las necesidades del cliente. Sus procesos computarizados de CAD/CAM/CAE aseguran su calidad y productividad.

FAMA Equipos de moldeo: Su infraestructura moderna le permite ajustarse a las necesidades del cliente. Tiene un sistema de comunicación vía satélite capaz de ofrecer una respuesta en muy poco tiempo.

FAMA Metalúrgica: Diseña, comercializa y manufactura piezas fundidas de hierro gris nodular y aleado.

FAMA Equipos industriales: proporciona ingeniería de diseño y maquinaria para la industria en general.

Como se ha visto, la tecnología CAD/CAM juega un papel importante en el desarrollo de esta empresa.

Esta empresa ha mantenido el paso tecnológico de los países industrializados, y el aplicar la tecnología CAD/CAM/CAE le permite tener alta productividad, calidad y puntualidad en sus entregas. Este es un caso que nos ejemplifica la importancia de la tecnología CAD/CAM/CAE y la potencia que puede generar el hacer un alto aprovechamiento de ella.

FAMA tiene oficinas de ventas e instalaciones en Estados Unidos, Uruguay, Singapur, Londres, Hamburgo y Praga. Su sistema de comunicación y el desarrollo propio de tecnología CAE han sido piezas importantes en el proceso de internacionalización de FAMA, ya que por una parte, le permite en una primera instancia diseñar en 2D moldes cilíndricos, y en 3D formas irregulares y contenedores asimétricos, con las ventajas que ofrece el diseñar sobre un sistema propio, esto es, capacidad de adaptación, conocimiento de las capacidades del paquete y por lo mismo el poder expandir estas capacidades y el tener un completo control sobre el diseño en todas sus fases.

Así, en cada oficina se ofrecen los servicios de diseño para un desarrollo acorde con lo que se quiere. Los diseñadores pueden mostrar al cliente los detalles del modelo, en comunicación directa con oficinas en México o en otro país. Las modificaciones pueden ser hechas en la "vista" que se está usando y el sistema automáticamente realizará los cambios en todas las "vistas". Es posible usar el acercamiento (ZOOM) y rotar el diseño para permitir la vista de cualquier perspectiva. Las vistas isométricas pueden ser producidas automáticamente y los objetos pueden ser rotados, trasladados y duplicados, además de poder asignarles escalas. Las dimensiones pueden ser declaradas en diferentes unidades de medida y el sistema permite también el manejo de colores y el borrado selectivo.

Una vez que el diseño ha sido aprobado, el sistema CAM es usado para generar un control numérico directo, teniendo la capacidad de desplegar y editar funciones que permiten al usuario ver la herramienta en el monitor, teniendo completo control sobre el modelo, al grado de poder ver en pantalla los movimientos de la herramienta sobre el prototipo, incluso antes de cortarlo físicamente y así poder corregir posibles errores y hacer los cambios necesarios antes del corte.

Con ello proveen al cliente de un acceso fácil y seguro con el departamento de diseño y manufactura, ya que con esta tecnología se puede permitir el acceso directo vía satélite a

las computadoras de FAMA por parte de sus clientes y asociados y así poder diseñar, corregir volúmenes, obtener presupuestos y tiempos de entrega, también realizar sus pedidos, reprogramar su producción y solicitar entregas de emergencia.

Por ejemplo, en 1986 FAMA y una empresa norteamericana fabricante de envases de vidrio realizaron un convenio que permite a esta última conectar una estación de trabajo a las computadoras de FAMA y así poder realizar nuevos diseños de moldes y hacer revisiones a los ya existentes usando el software de FAMA.

Como vemos, en el proceso de internacionalización de empresas como FAMA, la tecnología CAD/CAM juega ya un papel primordial, y es una base de la capacidad competitiva en mercados internacionales.

Por otro lado, además de FAMA, se encontraron otros casos interesantes por el uso que hacen de la tecnología CAD/CAM. Uno de ellos es una empresa de San Luis Potosí cuyo principal producto son las refacciones para motores diesel. En esta empresa, desde el mismo año de su fundación, se decidió a aplicar el concepto de CAD/CAM. Estaban concientes de que su implantación es difícil de lograr y actualmente su objetivo es cerrar el círculo de proceso de CIM, consistente en diseñar el producto electrónicamente, en un modelador de sólidos que se almacenara como patrón principal en una base de datos de objetos orientados y extrayendo de ahí la información necesaria para:

- Etapa de CAE
- Planeación de procesos
- Programación de control numérico (CAM)
- Planeación de requerimientos de materiales
- Control y monitoreo de procesos
- Inspección ayudada por computadora

Ellos actualmente usan los paquetes AUTOCAD Versión 10 y AUTOSHADE Versión 1.0 para realizar sus catálogos, hojas de herramientas y ajuste de máquinas herramienta, cuentan además con un manejador de bases de datos ORACLE, y para diseñar la pieza patrón utilizan un modelador de sólidos llamado EUCLID. Usan PC's como estaciones de trabajo, habiendo adaptado parcialmente los paquetes AUTOCAD y AUTOSHADE a sus necesidades por medio de la programación LISP, el diseño de la pieza patrón se realiza en Alemania Occidental. Para coordinar las PC's se usa una VAX 785 como servidor, cuentan también con una PDP 11/45 trabajando en tiempo real para

establecer niveles de prioridad en cuanto a sus requerimientos de CAM.

Finalmente existen otros dos casos interesantes, uno es el de una empresa del ramo automotriz que es subsidiaria de una compañía extranjera, la cual ha orillado a esta a trabajar con esta tecnología, ya que existe la tendencia a que toda la información concerniente a un diseño se transfiera en archivos de CAD vía modem. El software de esta compañía fue desarrollado por su proveedor de acuerdo a necesidades específicas de la matriz norteamericana.

El último caso es el de una compañía pequeña, cuyo fundador, conocedor de las ventajas de esta tecnología la implanto desde el principio, es interesante notar que la implantación consistió no sólo de un paquete de dibujo (usa AUTOCAD versión 10), sino que además hace uso de programas de análisis de elemento finito para analizar esfuerzos y transferencia de calor. Según esta persona, "La tecnología CAD/CAM, por las ventajas que ofrece es la base del futuro de la empresa". Este es un ejemplo de los llamados "spin-off", esto es, personas que trabajan y adquieren experiencia en empresas o instituciones grandes y posteriormente forman pequeñas empresas especializadas de alta tecnología favoreciendo la difusión de esta última.

3.3.2 CONCLUSIONES

De acuerdo a lo visto en estos casos se puede concluir lo siguiente:

- El hacer uso de la tecnología CAD/CAM es ya un requisito para competir en los mercados internacionales.
- El uso de un paquete propio de CAD (o abierto) desarrollado en la propia empresa significa una garantía en los servicios de diseño, ya que implica un buen nivel de soporte técnico y un equipo humano altamente capacitado para buscar las mejores soluciones. Con ello la empresa puede penetrar en mercados internacionales con mayor capacidad y confianza que si usara un paquete de tipo cerrado.
- Si por otro lado, no cuenta con los recursos suficientes para realizar estos desarrollos, puede adaptar algún paquete comercial a sus necesidades (obviamente con sus limitaciones) siempre que cuente con el personal capacitado para ello.

A este respecto vale la pena comentar que, comercialmente, es posible que las empresas que realizan los paquetes cerrados no empiezan a abrirlos hasta que el sistema sea peligrosamente obsoleto o haya gran

competencia, esto con el fin de sobrevivir en el mercado. Por ello es posible que AUTOCAD ante la amenaza de perder mercado frente a competidores con productos más económicos, abre su sistema mediante el AUTOLISP.

- Una gran tendencia es que, en empresas transnacionales, la matriz orille a sus subsidiarias a implantar el uso de esta tecnología. Si esta transnacional tiene los recursos económicos suficientes, puede contratar a un proveedor importante para que le realice el software, con ello garantiza una evolución del software acorde al mercado. Ello hace pensar que muchas de estas empresas otorgan concesiones a empresas mexicanas y si estas no están preparadas para hacer uso de este tipo de tecnología, tenderán a perder dichas concesiones.

Un ejemplo de ello es cierta empresa que se dedicaba a realizar los dispositivos de almacenamiento de agua para automóviles compactos. Los contratantes de esta empresa le pidieron un prototipo de dichos dispositivos en 3 meses, lo cual no le era posible realizar, puesto que normalmente se hacían de 9 a 12 meses. Con el objeto de cumplir con las nuevas condiciones se planteó la posibilidad de usar la tecnología CAD/CAM, para lo cual se asesoró por una institución educativa. Sin embargo no hubo un acuerdo en las condiciones de pago por lo que no se realizó el proyecto. Finalmente y hasta donde se sabe, un cliente definitivamente no contrato a esta empresa ya que no pudo cumplir con las nuevas condiciones de trabajo. Esta es una situación poco común, pero, si como se ha visto, en las empresas grandes la tendencia es la de implantar sistemas CAD/CAM, esto se reflejará en sus maquiladores y proveedores, los cuales se enfrentaran a un proceso de selección.

- Tanto en el caso de empresas que desarrollan su software de CAD, como en aquellas que lo modifican de acuerdo a sus necesidades es notorio el requerimiento de recursos humanos especializados en computación.
- Esta tecnología junto con el abaratamiento de los costos de equipo de cómputo pone al alcance de pequeñas empresas, técnicas de análisis y diseño de alta tecnología, favoreciendo su difusión y la creación de los llamados "spin-offs".

3.4 Ejemplo de una aplicación multidisciplinaria.

Durante la visita a la Gerencia de Proyectos Termoelectrónicos de la CFE el Ing. Mario Alberto García

Galicia mostró un documental que muestra las imágenes de una termoeléctrica, describiendo a grandes rasgos cuales son sus principales partes: área de combustión y producción de vapor, área de máquinas y área de enfriamiento y recuperación de agua. Se mostraron fases del diseño de cada una de estas partes haciendo uso de una estación de trabajo de diseño gráfico CAD. Se muestra en el documental como por medio del dibujo se van diseñando en una pantalla de la terminal cada uno de los componentes que integran cada una de las partes de la central termoeléctrica. Se mostró como se podía llegar al detalle de presentar la carátula de medidores de diversa índole para el control de la termoeléctrica.

Uno de los puntos importantes que se recalco en este documental es el hecho que la tecnología CAD sirve para integrar el conocimiento de todo el personal que labora en el diseño de la termoeléctrica. Toda la información de los diseños se guarda en una base de datos a la cual tienen acceso todos los diseñadores, teniendo sus limitaciones de seguridad sobre todo al cambio de especificaciones, de tal forma que se puede obtener un modelo muy completo con todas las partes que los integran, o aislando sólo el diseño que interese en ese momento. Para aclarar un poco, un ingeniero que este encargado del diseño de una tubería podrá ver ésta con todas sus interconexiones, soportes y conexiones con el resto del equipo de tal forma de poder checar distancias, claros, obstrucciones, etc.; o tener una imagen de únicamente la tubería para concentrarse en el diseño de ésta. Cualquier modificación queda registrada en la base de datos de tal forma que si por ejemplo un ingeniero civil necesita colocar una columna en un lugar específico, podrá checar por medio del sistema CAD si ésta no interfiere con otro equipo o tubería, de tal forma que todos los diseñadores estén al tanto de las modificaciones en los diseños. Esta tecnología permite un trabajo multidisciplinario.

Además del diseño se mostró como esta tecnología sirve también para la planeación. Por medio de un paquete CAD en tercera dimensión y con animación se mostró la secuencia de maniobras que se necesitan para dar mantenimiento a un equipo el cual necesita ser removido de su lugar de operación. Muchas veces en la fase de diseño no se preve que va a ocurrir cuando una situación como la descrita se presente. Con la tecnología CAD y a base de simulación se puede prever el mantenimiento de equipo, checando el espacio necesario para la maniobra durante el traslado del equipo hasta donde sea necesario para su reparación o retiro definitivo.

En resumen esta tecnología además de permitir un diseño más rápido, con mayor precisión y donde se pueden contemplar un mayor número de alternativas de diseño, se tiene que también propicia el trabajo multidisciplinario con sus consecuentes ventajas y permite la planeación por medio de la

simulación, viendo la planta y todo su equipo en operación sin haber puesto ni siquiera la primera piedra.

CAPITULO IV

ANALISIS DE LAS TENDENCIAS MUNDIALES EN EL DESARROLLO Y APLICACION DE LOS SISTEMAS CAD/CAM.

CAPITULO IV

ANALISIS DE LAS TENDENCIAS MUNDIALES EN EL DESARROLLO Y APLICACION DE LOS SISTEMAS CAD/CAM.

La difusión de la tecnología CAD, esta en función directa del software y hardware disponible en el mercado y sus respectivos costos. Por ello es fundamental hacer una revisión de lo que se tiene y de lo que está por venir.

Revisaremos primero la situación en los países desarrollados:

Es indudable que la microinformática, con su poderío en ascendencia, sus bajos costos ha puesto al alcance de la mayoría todos los recursos de la computación. Con la tercera parte del mercado mundial de la informática ya en el bolsillo, disputa a sus hermanas mayores nuevos sectores de aplicación. "Hace 10 años, una modesta microcomputadora ejecutaba menos de 100,00 instrucciones por segundo, poseía una memoria RAM (Memoria de Acceso Aleatorio) de 64 KBytes y tenía, en el mejor de los casos, un disco duro de 5 MBytes. Actualmente el Deskpro 386/25 de compaq por ejemplo, ejecuta 4 millones de instrucciones por segundo (Mips), ofrece hasta 16 Mbytes de memoria RAM y un disco duro de 300 MBytes" (36).

En 10 años, estos tres parámetros: Velocidad de cálculo, Capacidad de memoria central y Capacidad de almacenamiento, ha ganado un factor que puede situarse entre 20 y 50.

En los años 70's, el mayor éxito fue para la Apple II, luego en 1981 IBM presenta la PC (Personal Computer), interviniendo un fenómeno que acelera el proceso de masificación. IBM, deja abierta, desde el punto de vista legal, la puerta para que los industriales empiecen a copiar las PC's, entonces nacen las "PC's compatibles". Frente a esta gran tendencia, Apple es la única empresa que ha sabido resistir proponiendo el computador Macintosh, único computador personal realmente diferente.

Actualmente la potencia en Mips que se maneja son de alrededor de 100 Mips "(Microprocesador presentado por TI en febrero de 1989), además Fujitsu presentó también en febrero de este año un Microprocesador que trabaja a 770 Mhz., aunque sólo trabaja a 4 bits a la vez"(36).

En cuanto a los discos duros (Hard disk), ya existen disponibles hasta de 760 Mbytes o los discos ópticos con capacidad de 1Gbyte (el tahiti I de Maxtor).

Respecto al futuro de las PC's, se le asegura todavía un futuro largo, con la aparición del microprocesador 80486, aunque con el lanzamiento en abril de 1987 de los sistemas PS/2 de IBM, se crea un nuevo standard ya que la arquitectura de esta última es diferente a las de sus antecesoras.

4.1 Tendencias en el ámbito de esta tecnología a futuro.

En las siguientes secciones se hace un pequeño estudio de las estaciones de trabajo y nuevos conceptos que se están integrando a la creación de nuevos sistemas CAD, haciéndolos más accesibles y poderosos.

4.1.1 Sistemas operativos, Arquitecturas y Estaciones de trabajo.

SISTEMAS OPERATIVOS

El MS-DOS empieza a ser superado por los acontecimientos tecnológicos (la limitante de no explotar más de 640K de RAM, particiones de no más de 30 MBytes en disco duro, aunque en la versión 4.01 se logra superar esta limitante), y muchos piensan que el OS/2 será un digno sucesor, ya que es compatible con PC's anteriores y trabaja bien en las microcomputadoras diseñadas con el microprocesador 80386.

El OS/2 además de ser multitarea, incorpora el nuevo "Presentation Manager", este es un entorno gráfico similar al que Macintosh debe su éxito. Esta interfaz gráfica con el usuario sustituye al diálogo hombre-máquina tradicional (la de dar ordenes crípticas a través del teclado). El usuario da la mayor parte de sus ordenes valiéndose del "mouse" para controlar el desplazamiento del cursor a través de ventanas con iconos para indicar la operación a realizar. Con ello evita la obligación de aprender cúmulos de instrucciones del sistema operativo, dando acceso a usuarios menos experimentados en el uso de la computadora.

Así, la microinformática de uso profesional tenía un standard el PC MS-DOS, a cuyo lado está la macintosh, ahora convive el PS/2 OS/2. Además, eso no es todo, está el sistema operativo UNIX.

El UNIX, surgió en los 60's en los laboratorios Bell, fue muy pronto apreciado, cultivado y empujado por los medios científicos y universitarios, usado fundamentalmente en minicomputadoras y estaciones de trabajo, es suficientemente completo para funcionar en máquinas muy diversas, desde las

PC's hasta computadores de gran tamaño (mainframes, ejemplo la CRAY-2 de Cray research)⁽³⁶⁾.

Debido a su diseño, el UNIX es muy portátil, ya que es relativamente cómodo adaptarlo a una nueva máquina. Existen versiones UNIX para muchísimos tipos y marcas de minicomputadoras y se ha convertido en el sistema operativo de las estaciones de trabajo (encabezadas por SUN y Apolo), además se encuentra en las PC/AT (286, 386 y 486) y el macintosh II y es soportado por equipos PS/2.

Sin embargo, se ha ido multiplicando en una forma no homogénea, ya que pocos fueron los fabricantes de computadoras que evitaran añadirle accesorios y rebautizarlo con nombres que terminen en "X" - de AIX a XENIX -. Actualmente los fabricantes se agrupan en torno a dos polos, SPARC y OSF. SPARC es el nombre de una arquitectura de computadora para funciones con UNIX. Fue creada por SUN y ATT, concretada primero a un microprocesador y en una gama de estaciones de trabajo a la cual se han incorporado UNISYS, XEROX y la británica ICL.

En mayo de 1989, siete fabricantes (IBM, DEC, HP, APOLLO, BULL-SIEMENS y NIXDORF) se agruparon en la "Open Software Foundation (OSF)". De esta unión nace un UNIX adaptado de AIX (la versión de IBM).

En resumen IBM proclama su estandar de UNIX cuando el OS/2 empieza a instalarse. Los observadores están de acuerdo en que la implantación de UNIX continuará, el gabinete de estudios del mercado norteamericano preve que en 1991 UNIX ocupara el 22 % del mercado mundial contra 6 % en 1986 ⁽³⁶⁾.

ARQUITECTURAS.

Cada decenio tiene sus necesidades en materia de cálculo. Así en los años 50's la expansión de la informática estuvo muy relacionada con las necesidades militares en el campo del cálculo balístico. Más adelante, en la época de los sesentas, fue la informática administrativa la que toma el relevo. Pero no por ello desaparecieron las necesidades de cálculo numérico. Cada vez existen nuevas disciplinas que tienen que consumir grandes tiempos de cálculo. Tal es el caso de la física y la ingeniería: Dinámica de fluidos, física nuclear, metereología, geofísica, cálculo de estructuras, etc.

Y es también el caso de las disciplinas surgidas directamente de la informática: El Diseño Asistido por Computadora (CAD), la inteligencia artificial, sistemas expertos, reconocimiento de patrones, etc.

La carrera por la potencia del cálculo ha sido un factor importante en el desarrollo de la computación, Seymour Cray, por ejemplo, se lanzó a la realización de máquinas que permitiesen satisfacer ese nuevo tipo de necesidades y es, desde hace años el líder de un sector industrial restringido pero que es rentable: el de las supercomputadoras numéricas.

En 1972, se produce un gran acontecimiento en la industria informática: La compañía norteamericana Intel Co. produce el primer procesador completo contenido en un chip de silicio (o VLSI por Very Large Scale Integration) el 8008.

Con ese acontecimiento se inició un acelerado proceso de evolución en los microprocesadores que influye en la arquitectura de las computadoras. Actualmente, los microprocesadores se pueden agrupar en dos grupos: La tecnología CISC (Complex Instruction Set Computer) y los RISC (Reduced Instruction Set Computer)⁽³⁶⁾.

Los principales microprocesadores como el que tiene la VAX de Digital o el 68000 de motorola disponen de un lenguaje de máquina con varios centenares de instrucciones por lo que se llaman CISC.

En cambio en una máquina RISC, la idea de partida es que la sencillez del procesador tiene que engendrar una sencillez del hardware. A su vez esta simplicidad tiene dos consecuencias. En primer lugar, permite construir procesadores de gran rendimiento. Y luego facilita la administración del hardware por el software lo que hace que este último sea más sencillo más fiable y tenga mayor rendimiento⁽³⁶⁾.

Hoy en día a la vista de los resultados obtenidos con los primeros microprocesadores del tipo RISC, se tiene que reconocer que esta estrategia es rentable. Ofrece una potencia de cálculo enorme: el Sun 4, primera versión de las estaciones de trabajo de la generación RISC, proporciona una potencia de cálculo de 7 Mips. Esto representa varias veces la potencia de una Macintosh II que tiene un microprocesador motorola 68020. El microprocesador RISC de Sun (llamado SPARC) solo contiene 50,000 transistores contra los 250,000 del Motorola 68020.

La arquitectura RISC seguramente tendrá un éxito comercial en los próximos años, en particular en las estaciones de trabajo, esperando potencias de 10 a 100 Mips.

En resumen actualmente las cualidades de simplicidad y rendimiento de los procesadores RISC son tales que es difícil llegar sensiblemente más lejos en la explotación del modelo secuencial de Von Neumann (Ver figura 4.1)⁽³⁶⁾.

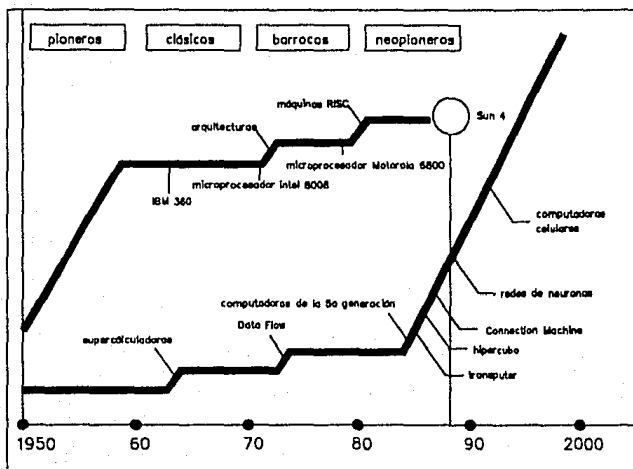


Figura 4.1. La arquitectura de las computadoras ha estado marcada por cuatro grandes periodos (arriba) que corresponden, salvo en algunos detalles, a los cuatro últimos decenios, como se ve aquí en las abscisas. Esta gráfica muestra los procesos significativos, simbolizados por los pedaños de la curvas, que han marcado la evolución de las máquinas secuenciales (curva superior) y de las máquinas paralelas (curva inferior). La posición relativa de las dos curvas indica los medios de investigación utilizados en cada campo.

Esto lejos de significar un estancamiento, y dadas la necesidades de cálculo de la época actual, orienta la tendencia hacia las computadoras llamadas paralelas (Ver figura 4.2⁽³⁶⁾), ya que esta arquitectura está en condiciones de proporcionar esas altas velocidades de cálculo, haciéndolas más accesibles a la mayoría (actualmente sólo computadoras del tipo de la línea Cray la poseen).

Al principio de los años sesenta los estudios destinados a obtener una gran potencia de cálculo produjeron una primera generación de supercomputadoras, las máquinas "pipe-line" como la IBM 360/91 o la Control Data 6600.

Una máquina pipe-line se comporta como una computadora secuencial clásica, pero en realidad su procesador se compone de varios niveles, encargado cada uno de ellos de ejecutar un bloque concreto de instrucciones procedentes de la memoria RAM.

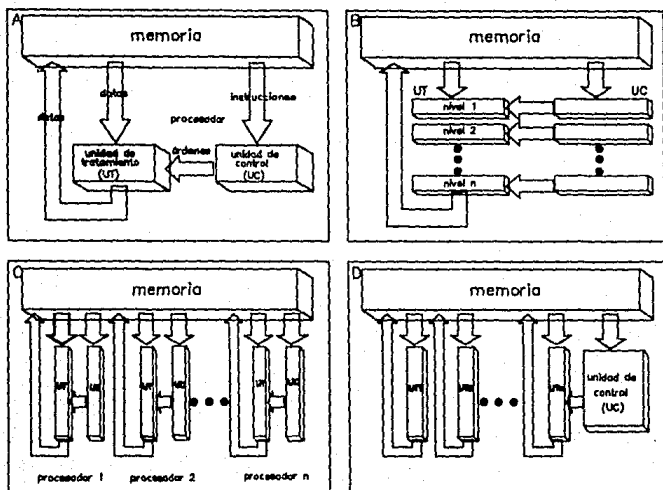


Figura 4.2. Las computadoras que se comercializan en la actualidad están construidas generalmente alrededor de cuatro modelos de arquitectura presentados aquí. El modelo básico de computador secuencial (A) está constituido por una memoria y un procesador, formado a su vez por una unidad de control y por una unidad de tratamiento. La unidad de control lee en la memoria las instrucciones del programa a ejecutar (flecha de la derecha) y da órdenes (flecha del centro) a la unidad de tratamiento. Esta efectúa entonces las operaciones necesarias con los datos, almacenados también en la memoria (flechas de la izquierda). La mayoría de las computadoras que se utilizan hoy en día son de este tipo de arquitectura. El modelo "pipeline" (B) mantiene la misma estructura, pero las unidades de tratamiento y de control, están divididas en niveles, encargados cada uno de ellos de una parte de las operaciones a efectuar. Por tanto la circulación de datos es continua y la velocidad de cálculo aumenta con el número de niveles. A parte de estas arquitecturas llamadas monoprocesadoras, existen arquitecturas multiprocesadoras aún más rápidas. En el modelo llamado MIMD (Multiple Instructions Multiple Data), se replican, en efecto, procesadores enteros (C), y cada uno es capaz de ejecutar programas independientes. Finalmente, en el modelo SIMD (Single Instruction Multiple Data), sólo están replicadas las unidades de tratamiento y todas efectúan la misma operación en el mismo momento con datos diferentes. Sin embargo, en todas las máquinas multiprocesadoras, la ganancia en velocidad está limitada por problemas de acceso a la memoria común. Por esta razón, en las nuevas arquitecturas de computadores, llamadas masivamente paralelas, es toda la computadora la que es replicada un gran número de veces.

Sin embargo, en un programa, una instrucción puede necesitar el resultado del cálculo que la precede. La administración de este tipo de irregularidades aumenta la complejidad del procesador. En resumen las máquinas pipe-line son caras y su programación es difícil de dominar.

La segunda generación de máquinas paralelas recurren a arquitecturas no secuenciales, sino multiprocesadoras, esto es, incluyen varios procesadores que funcionan en paralelo y que aplican el principio del pipe-line a nivel de cada procesador. La primera de estas máquinas fue la Cray-1 en 1978.

La investigación en este sentido se ha desarrollado en forma continua, pero al margen de la industria de las máquinas clásicas, para la solución de problemas que tienen partes que pueden ser procesadas al mismo tiempo.

En 1969 se propuso una clasificación de las arquitecturas paralelas en dos grandes familias que sigue siendo válida⁽³⁶⁾.

La primera es la MIMD (MÚltiple Instruction MÚltiple Data):

Para tratar las tareas en paralelo, a cada procesador se le asigna una de estas. Todo pasa como si se tuvieran varios procesadores que ejecutan programas diferentes (Instrucciones múltiples) con datos diferentes (Datos Múltiples), a condición de que todos los programas estén ubicados en una memoria común.

Sin embargo, las diversas tareas no son independientes unas de otras. Así, una tarea está efectuando operaciones en el procesador, después va a buscar o sustituir sus datos en la memoria y finalmente envía o recibe información de otra tarea. Dado que la memoria es común, ésta se convierte en un cuello de botella, que se puede resolver asociando a cada procesador un poco de memoria local.

La comunicación entre procesos plantea otro gran problema. Un proceso puede tener necesidad de enviar un mensaje a otro proceso en cualquier momento, y a medida que los procesos son más numerosos y pequeños, el número de mensajes aumenta en forma exponencial.

Este es el punto más débil de la arquitectura MIMD y limita el número de procesadores que puede contener una máquina (actualmente es de 4 a 16). Esto se ha tratado de solucionar parcialmente con redes de interconexiones llamadas hipercubo por parte de INTEL y FPS.

Otro inconveniente es que el paralelismo debe ser declarado en el software lo que requiere lenguajes especiales. En 1982 los japoneses anunciaron un gran programa de investigación de 10 años llamado máquinas de quinta generación con objeto de disponer de la utilización automática del paralelismo usando Prolog.

El segundo gran grupo son las máquinas SIMD (Single Instruction Múltiple Data):

Aquí sólo se multiplican los órganos de tratamiento en vez de los procesadores completos. La ejecución de un programa consiste en enviar cada una de sus instrucciones (Single Instruction) a los dispositivos de tratamiento que la ejecutan simultáneamente con sus propios datos (Múltiple Data). La potencia de cálculo de las máquinas SIMD se debe a que cada instrucción es ejecutada simultáneamente con un gran número de datos.

Aquí aunque las tareas deben comunicarse entre si, lo hacen de forma sincrónica y la unidad de control, administra el flujo de datos.

Las aplicaciones de las máquinas SIMD son especiales y dentro del campo del CAD principalmente se usan para el tratamiento de imágenes.

De hecho una de las características de la anterior aplicación es la organización de los datos a tratar. Para poder transformar una imagen, se reemplaza la imagen por una tabla de números, estableciendo así, una correspondencia espacial entre los números de la tabla y los puntos de la imagen.

El creador de algoritmos paralelos SIMD tiene por lo tanto que "Espacializar" su aplicación y al hacerlo declara el paralelismo. Los datos se representan principalmente en forma de vectores y matrices.

En la actualidad el ejemplo más difundido de arquitectura SIMD es el de "Transputer", un microprocesador creado por I. Barron de Inmos LTD.

Desde hace tiempo se desea encontrar un componente que sería para las máquinas paralelas lo que el transistor es para los componentes electrónicos. En 1985 aparece el primer transputer, que actualmente se ha convertido en un nombre genérico que abarca una familia de componentes utilizables como procesadores independientes que ofrecen la posibilidad de interconectarse en número importante, lo que permite una realización eficaz y a bajo costo de sistemas paralelos.

Cada transputer puede reunir en un mismo chip una o más unidades de cálculo, una memoria y varios enlaces de interconexión rápidos que le permiten intercambiar datos con otros transputers.

El transputer T-800⁽³⁶⁾ tiene una potencia de cálculo equivalente a la de una Vax 8600 en un sólo chip. Actualmente casi un centenar de constructores, la mayoría europeos no se limitan a desarrollar sistemas con este circuito sino que ya

los comercializan. Algunos de ellos son: La británica Meiko, Parsytec de Alemania Federal, Computer Systems Architects de Estados Unidos, que producen aceleradores de cuatro transputers para la PC, Leuco & Mechanical Intelligence los produce para la Mac SE y la Mac II, Gemini en Gran Bretaña produce tarjetas gráficas y controladores para estaciones Apollo y SUN.

He aquí otra confirmación de la importancia de la arquitectura RISC. Dada la extrema sencillez de su arquitectura interna, que es de tipo RISC, el transputer contiene en un solo chip todos los componentes de una computadora (entre ellos una memoria de 2 Kbytes y un procesador de 32 bits). Así el RISC no sólo se impone por su velocidad en el terreno secuencial, sino que su sencillez facilita la repetición de las tareas en las máquinas paralelas.

La comercialización del transputer a democratizado el acceso a la computación paralela, hasta entonces reservada, dado su alto precio a grandes aplicaciones industriales y militares.

El enfoque del paralelismo es todavía joven, como lo demuestra la gran variedad de vías de investigación que ha engendrado. Aunque, existe la opinión común de que ocupara un importante lugar en la informática futura, especialmente en aplicaciones que requieran una gran potencia de cálculo, como lo es el área de CAE, CAD y CAM.

ESTACIONES DE TRABAJO (WorkStations, WS)

Respecto a las estaciones de trabajo, propiamente dichas, el mercado futuro para ellas es muy amplio, ya que además de ser aplicables en la tecnología CAD/CAM, se preve su utilización en otras aplicaciones (hojas de cálculo, paquetes de linotipos, etc.) aprovechando sus capacidades de proceso y gráficos.

Una de las principales limitaciones para la difusión de sistemas CAD/CAM era el alto costo del equipo, esto se soluciono parcialmente con el advenimiento del mercado de las PC's y el software de CAD/CAM que se desarrollo para ellas. Sin embargo (y se puede observar en los resultados presentados en el capítulo 2), los usuarios preferirían contar con una estación de trabajo ya que la resolución gráfica es mejor (aunque actualmente el standard VGA en PC'S es una buena opción) y es más rápido el trabajo.

En cuanto al software, el especializado en CAD era mucho mayor en estaciones de trabajo. Aunque, actualmente existe software en PC que es compatible e incluso hay casos de

migración (Estación de Trabajo-PC, como microstation de Intergraph)⁽³²⁾⁽³⁾.

A pesar de ello, las estaciones de trabajo son más apropiadas para el desarrollo de aplicaciones de ingeniería como se verá más adelante, pero no son muy populares debido a su costo (por ejemplo SUN-3/400 a 33 Mhz con microprocesador 68030 tiene un costo de alrededor de \$35,000 US dólares)⁽²⁶⁾. Otro ejemplo, son las WS serie 10000 personal supercomputers que Apollo lanzó en marzo de 1988, con un precio abajo de £60,000 ⁽²⁶⁾, usando una arquitectura de 64 bits llamada PRISM (Parallel, Reduced, Instruction Set) del tipo RISC, con un bus interno de 150 Mbytes por segundo. Ofreciendo en cuanto a sistemas operativos el "Domaidos Environment" y UNIX system V de ATT o de Apollo Aegis. Sin embargo, la tendencia es la de bajar costos, haciendo uso de nuevas tecnologías y propiciando software de aplicaciones más generales (hojas de cálculo, gráficas de negocios, manejadores de proyectos) permitiendo su acceso a nuevos usuarios abaratando de esta manera los costos.

A continuación se describen como ejemplo los nuevos sistemas de SUN y la reciente NEXT.

Los primeros son máquinas basadas en UNIX: uno es la Sparcstation 1⁽³⁾, basada en el procesador SPARC (Scalable Procesor Architecture), el cual es una versión de arquitectura RISC. Ejecuta 12 Mips y vale alrededor de \$10,000 US Dólares. El siguiente producto es la SUN-3/80, trabaja a 3 Mips usando el procesador motorola 68030 y su precio base es de alrededor de \$5,000 USD. Tienen como accesorio opcional un acelerador de gráficas llamado el GX.

Ambas máquinas tienen un precio base comparable a computadoras tales como, la MAC II, PS/2 y la NEXT. Una deficiencia importante es la ausencia de interfaz gráfica (como la de la MAC o la de NEXTSTEP), aunque, SUN dice que se creará. Otra deficiencia es que no se puede ir a cualquier tienda de artículos de computo y comprar una. Se necesita conseguir un catalogo autorizado de SUN y hacer el pedido directamente.

Una estación de trabajo de este tipo tiene la siguiente configuración básica:

Fuente de poder de 85 Watts
 4 MBytes de memoria RAM expandible hasta 16 MBytes
 FLOPPY de 3.5" de 1.44 MBytes
 2 discos duros de 100 MBytes cada uno
 1 puerto Ethernet
 Dispositivo apuntador (MOUSE).

Existen varios tipos de monitores: de 17" y 19" monocromáticos o con escalas en gris o 16" y 19" en colores de 8 bits con 1152 x 900 pixeles de resolución. La máquina viene con un CPU SPARC y una unidad de punto flotante que ofrece 1.5 millones de operaciones de punto flotante por segundo, lo cual es cerca de 10 veces la velocidad del motorola FPU usado en la MAC II y en la NEXT. El bus interno que tiene (llamado S-Bus) es de 32 bits y opera a la velocidad del microprocesador y accesa directamente a la memoria lo cual le permite descargar rápidamente las operaciones de Entrada/Salida. Opera a 60 Mbytes/seg.

El nuevo GX (acelerador gráfico) provee arreglos de coordenadas a 2D y 3D que coordinan la transformación en traslaciones, rotaciones, escalas y acercamientos por medio de operaciones matriciales.

Así pues la configuración básica de estas estaciones de trabajo tienen un precio similar a sistemas completos de Mac II ó Pc's 386 pero ninguna de ellas ofrece el nivel de procesamiento y capacidades gráficas que las WS ofrecen.

Veamos ahora el caso de NEXT:

En su compañía publicitaria se pregona que se está estableciendo una 3ª computadora de múltiples usos que irá mas allá de la PC o de la MAC. Dicen: "La gente que nunca ha oído hablar de estaciones de trabajo muy pronto empezará a utilizarlas. Si las computadoras personales fuesen motocicletas, las estaciones de trabajo serían Mercedes Benz". IBM había invertido decenas de millones de dólares en su nueva división de estaciones de trabajo, pero al irrumpir "NEXT" en el escenario, junto con su interfaz llamada NEXTSTEP que es una capa de software que se encuentra entre el sistema operativo y los programas de aplicación, la cual facilita y agiliza mucho el trabajo de los programadores. IBM decidió seguir la línea de NEXT⁽²²⁾.

Next puede usar el UNIX system V de ATT o el OS/2 de Microsoft.

Un mes antes de cerrar el trato con NEXT, IBM se unió a la OSF. Así para los clientes tradicionales de estaciones de trabajo (en UNIX, con orientación a aplicaciones de ingeniería), IBM enfatizaría el software de OSF; para los clientes que además buscaban introducir WS en el mundo de los negocios IBM ofrecería NEXTSTEP.

También se anunció la concesión a uno de los principales distribuidores de PC's en U.S.A., "Bussinesland", para la venta de la NEXT, comprometiéndose a vender 100 millones de dólares en computadoras NEXT en el primer año de disponibilidad al público (1990)⁽²²⁾.

Respecto al software, hasta ahora NEXT ha logrado la participación de más de 70 empresas productoras de software (incluyendo Lotus development), el único que ha decidido no desarrollar programas para NEXT es Microsoft, en gran parte por razones políticas.

NEXT se cotiza en \$9,995 US Dólares⁽²²⁾ precio equiparable a los sistemas SUN descritos anteriormente.

4.1.2 Manufactura Integrada por Computadora, Inteligencia Artificial, Sistemas Expertos y Programación Orientada a Objetos.

En los siguientes párrafos se definen los conceptos mencionados en el título de esta sección, estos conceptos corresponden a terminología usada últimamente dentro de la tecnología CAD y es conveniente saber a que se refieren para entenderla mejor.

MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADORA (CIM)

CIM (Computer Integrated Manufacturing) tiene una gran tendencia de ser aplicada en el área de Ingeniería Mecánica y en esencia es simple:

Imagine engranes en una máquina de alta precisión. Cada uno con una función individual y un valor individual. Empiece con una pieza, luego ponga todas ellas juntas y tendrá un sistema entero; con cada una de las piezas contribuyendo más cuando están trabajando juntas que cuando lo hacen por separado. El mismo concepto se aplica a un sistema de manufactura. Así se tiene, Dibujo y Diseño en un lugar, datos en otro y con la producción todavía en otra pieza separada. Esto es como actualmente los procesos de manufactura trabajan. Ahora para llegar a un sistema CIM primero es la automatización de cada una de las áreas y posteriormente es la integración armoniosa de todos estos procesos. El concepto de CIM se esquematiza en la figura 4.3⁽⁴⁶⁾.

La integración de todos estos procesos no se puede hacer de la noche a la mañana. Primero, se necesita desarrollar un plan para lo que es la manufactura integrada por computadora ("a strategy for CIM by design").

Es importante mencionar que no hay un único sistema CIM o solución CIM. CIM es más que la automatización de la producción, es además el manejo de la información, dando un nuevo y poderoso camino para producir estrategias y optimizar los recursos de la compañía.

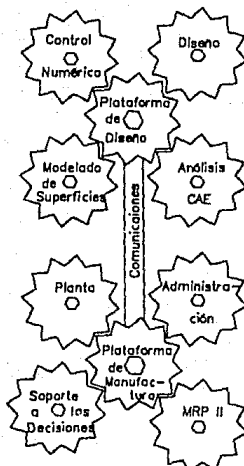


Figura 4.3. Procesos y Medio Ambiente de CIM.

Generalmente el desarrollo de un sistema CIM es modular y ajustado a las necesidades particulares de la compañía, estableciendo prioridades. Por ejemplo, bajar los costos de diseño, generar una respuesta más rápida a las necesidades del mercado o incrementar la productividad de las operaciones.

Todo ello se debe hacer tratando de integrar el hardware ya disponible con el que se requiera para proteger las inversiones originales.

Se debe contar con paquetes de CAD, CAM, CAE, software de planeación de recursos de manufactura MRP (Manufacturing Resource planning), planeación de producción, control de departamentos y sistemas administrativos y financieros.

Antes de tomar el primer paso para crear un ambiente de CIM se tiene que hacer la siguiente pregunta "¿y por donde se empieza?".

Para ello, primero, dentro de una empresa se tienen que identificar las áreas funcionales donde la implantación del CIM debe ser prioritario, e ir decrementando prioridades. Luego, dentro de esas áreas funcionales, se deben considerar las tareas específicas que serán beneficiadas por el CIM.

Un esquema posible puede ser el siguiente:

- INGENIERIA DE DISEÑO
 - DIBUJO
 - DOCUMENTACION
 - CONTROL DE PROYECTOS
 - ANALISIS
- INGENIERIA DE MANUFACTURA
 - REVISION DE DISEÑOS
 - PLANEACION DE PROCESOS
 - CONTROL NUMERICO
 - DISEÑO DE HERRAMIENTAS
- PLANEACION DE PRODUCCION
 - CONTROL DE LA PLANTA
 - CONTROL DE COSTOS DE MANUFACTURA
 - CONTROL DE MAQUINAS HERRAMIENTA
- MANEJO DE MATERIALES
 - CONTROL DE INVENTARIOS
 - CONTROL DE PARTES
 - MANEJO DE HERRAMIENTAS
- PRODUCCION
 - TRABAJOS EN PROCESO
 - INVENTARIOS ACTUALES
 - CONFIGURACION DEL SISTEMA DE CONTROL
- COMPRAS
 - CONTROL DE ORDENES DE COMPRA
 - ANALISIS DE RESPUESTA DE PROVEEDORES
 - CONTROL ADMINISTRATIVO
- FINANZAS/SISTEMAS CONTABLES
- CONTROL CONTABLE
- INFORMACION ESTADISTICA
- PROCESAMIENTO DE DATOS
 - INTEGRACION DE LAS BASES DE DATOS
 - COMUNICACIONES
 - DESARROLLO DE NUEVAS HERRAMIENTAS
 - ADMINISTRACION DE HARDWARE.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA)⁽²¹⁾.

Hasta hace poco, mucha gente veía el campo de la inteligencia artificial, o IA, como la cara más oscura de la informática: se creía que, al igual que el doctor

Frankenstein de Shelley intentaba crear vida, los programadores de IA trabajaban para crear pensamiento.

En menos de cinco años, la IA a pasado de ser un pequeño apéndice de la informática a ser lo más excitante que le va a ocurrir quizá desde el transistor. Este rápido cambio está basado en tres factores principales: el principal éxito de los sistemas expertos que fueron los primeros productos de IA con verdadero éxito financieramente; el bien publicitado acercamiento de los japoneses a la IA; la creación de un buen lenguaje de IA.

Desde hace mucho, los lenguajes característicos de IA son provechosos sólo en grandes computadoras. El lenguaje Turbo Prolog hizo posible escribir aplicaciones reales de IA en microcomputadora.

Es difícil establecer una fecha de comienzo exacta para lo que es comúnmente llamado IA. Quizá el crédito por el nacimiento debería darse a A.M. Turing por su invención de la computadora de programa almacenado.

El hallazgo de Turing de que un programa podría ser almacenado como dato en la memoria de la computadora y ejecutado más tarde, fue la base para todas las computadoras modernas. Esta capacidad implica que una computadora podría ser capaz de cambiar su propia función - esto es aprender a pensar.

Sin embargo, lo que se conoce comúnmente como IA comenzó alrededor de 1960 cuando, en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), John Mc Carthy creó un lenguaje llamado Lisp el primer lenguaje de IA.

El término IA se imputa generalmente a Marvin Minsky, también del MIT, que en 1961 escribió un artículo titulado "Pasos hacia la Inteligencia Artificial (enero de 1961)". Los años 60's fueron un período de intenso optimismo sobre la posibilidad de hacer pensar a las computadoras. Después de todo fue la década que vio la primera computadora que jugó ajedrez, las primeras demostraciones matemáticas por computadora y el famoso programa ELIZA, escrito en 1964 por Joseph Weiznbaum del MIT. ELIZA era un programa que actuaba como un psicoanalista Rogeriano. En aquella época el programa causo bastante conmoción; incluso Weiznbaum creador de ELIZA escribió el libro "Poder de Computadora y Razón Humana" esencialmente para desacreditar su propio programa (recuerde: los años 60's fueron también un período de intenso temor a la automatización).

Uno de los sucesos más importantes de la IA que ocurrieron en los años 70's pasó prácticamente desapercibido en los Estados Unidos hasta los años 80's. Este suceso fue la creación del Prolog en 1972 por Alain Colmerauer en Marcella,

Francia. Como el Lisp, el Prolog era un lenguaje que fue diseñado para resolver problemas relacionados con la IA.

Determinar qué es un programa inteligente implica que se conoce lo que significa inteligencia. Un diccionario define la inteligencia como "la capacidad para percibir hechos proposiciones y sus relaciones y razonar sobre ellos". Esencialmente, en este contexto significa pensar - que es donde está el problema -. Se sugirió hace mucho que nadie puede explicar cómo piensa una persona, pero todo el mundo puede decir lo que piensa.

Si se sigue con una interpretación estricta la definición de inteligencia, entonces podría defenderse que todos los programas son inteligentes. Considere esto: La primera parte de la definición de inteligencia es la habilidad de percibir hechos, proposiciones y relaciones. Sin embargo, ¿Puede una base de datos razonar sobre estos hechos, lo cual es el segundo requisito de la inteligencia? quizá. La respuesta depende de lo que se acepte como definición de razonar.

Que un programa sea inteligente requiere que actúe inteligentemente; es decir, como un humano. Su proceso de pensamiento no tiene que ser exactamente o siempre el de un humano.

Así, he aquí la definición de un programa inteligente:

"Un programa inteligente exhibe un comportamiento similar al de un humano cuando se enfrenta a un problema similar. No es necesario que el programa resuelva concretamente, o intente resolver, el problema de la misma forma que un humano".

Observese que el programa no necesita pensar como un humano, pero debe actuar como tal. (Después de todo, incluso la gente no piensa siempre de la misma forma).

Por consiguiente los programas inteligentes, de alguna manera, exhiben un comportamiento inteligente análogo al humano, mientras que los programas no inteligentes no lo hacen.

El campo de la IA se compone de varias áreas de estudio. He aquí las más comunes e importantes:

- * Búsqueda (de soluciones)
- * Sistemas Expertos.
- * Procesamiento de Lenguaje Natural.
- * Identificación y Reconocimiento de Patrones.
- * Robótica
- * Aprendizaje.

- * Lógica
- * Incertidumbre y "Lógica Borrosa"

Alguna de las áreas representan aplicaciones finales tales como Sistemas Expertos, otros como procesamiento de lenguaje natural y búsqueda de soluciones, son bloques de construcción de la IA que se añaden a otros programas para mejorar su rendimiento.

El término búsqueda aplicado a la IA se refiere a la búsqueda de soluciones de un problema (no significa encontrar una pieza específica de información en una base de datos).

Un sistema experto tiene dos atributos primarios. Primero, le permite introducir información acerca de una materia dentro de la computadora. Esta información es llamada algunas veces base de conocimientos y ésta actúa como si fuera un experto en la materia lo que motiva su nombre.

Para muchos investigadores de IA, el procesamiento del lenguaje natural (algunas veces llamado PLN) es el más crucial de alcanzar de todos los objetivos de la IA porque permite a la computadora comprender el lenguaje humano directamente; el peor obstáculo para alcanzar este objetivo es el tamaño y complejidad de los lenguajes humanos. Otro obstáculo es el problema de intentar que la computadora considere la información contextual que está presente en todas las situaciones, menos en las más simples.

La identificación y reconocimiento de patrones es importante para varias aplicaciones, incluyendo la robótica y procesamientos de imagen digitalizada de televisión ¿Cómo puede la computadora saber dónde acaba un objeto y dónde empieza otro, o que un objeto puede estar sobre la parte superior de otro? Como el procesamiento de lenguaje natural, la identificación y reconocimiento de patrones se necesitan para permitir a la computadora interactuar con el mundo humano.

Como aplicación a la robótica, la IA es el estudio de cómo controlar movimientos, lo cual es llamado razonamiento espacial. Para los robots industriales tales como los que ensamblan automóviles los problemas de la IA conciernen mayormente a proporcionar movimientos suaves y naturales, a partir de un conjunto de posiciones discretas. Para los robots autónomos, está el problema de más dificultad de interactuar con el mundo humano, con sus obstáculos, sucesos inesperados y su entorno cambiante.

Una de las áreas más interesantes de la IA es el aprendizaje. Esta área trata de la realización de programas que aprendan de sus errores, de observaciones o por encargo. Aprender simplemente significa hacer a una computadora capaz de beneficiarse de la experiencia.

SISTEMAS EXPERTOS⁽¹⁸⁾.

Un sistema experto puede ser definido como un programa de computadora que se basa en el conocimiento y el razonamiento para ejecutar una tarea difícil que usualmente es llevada a cabo por un humano experto. Así como un humano experto razona y llega a conclusiones basado en el conocimiento personal, un sistema experto razona y llega a conclusiones basado en el conocimiento que posee.

Los sistemas expertos generalmente tratan con una tarea específica con un rango muy estrecho de aplicaciones y usan un conocimiento muy específico para razonar. Haciendo esto, son capaces de explicar sus acciones y líneas de razonamiento.

Los sistemas expertos se han hecho importantes comercialmente debido a que proveen un medio para guardar experiencia y hacerla disponible cuando se necesita. Hay muy buenas razones para guardar la experiencia de un humano a través de la experiencia artificial en la forma de un sistema experto. A un humano le toma años para adquirir la destreza necesaria, mientras que un sistema experto puede ser copiado a un medio magnético en segundos o minutos. Además, un humano experto cobra muy cara su labor, mientras que un sistema experto puede ser usado una y otra vez con un costo mínimo. Finalmente, los sistemas expertos están más a la disponibilidad que un humano experto.

La estructura de un sistema experto.

Un humano experto usa su conocimiento y razonamiento para llegar a conclusiones. Similarmente un sistema experto se basa en el conocimiento y ejecuta un razonamiento. El razonamiento llevado a cabo por un sistema experto trata de imitar a un humano experto en la manera de combinar las piezas del conocimiento. Entonces, la estructura o arquitectura de un sistema experto parcialmente se asemeja a la manera de proceder de un humano experto, dándose la analogía que se presenta en la figura 4.4.

La primera parte de la experiencia de un humano experto se debe a la memorización de hechos durante la ejecución de su labor, estructuras y reglas que representan el conocimiento acerca del dominio de la experiencia. La estructura análoga en un sistema experto es llamada la base de conocimientos. La segunda parte de la experiencia humana es un método de razonamiento para poder usar el conocimiento del experto para resolver problemas. La parte del sistema experto que ejecuta la función del razonamiento es llamada la máquina de inferencia.

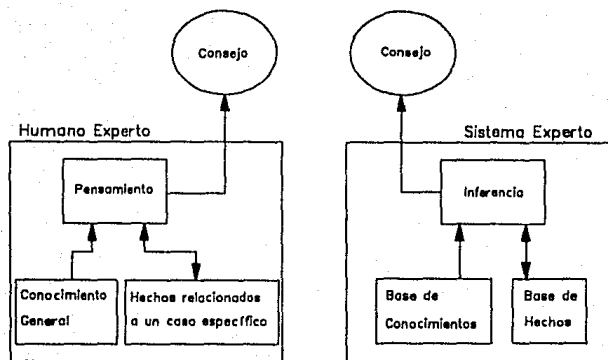


Figura 4.4 Analogía entre humanos expertos y sistemas expertos

En esta analogía el proceso de inferencia simula el pensamiento mientras el conocimiento es guardado en la base de conocimientos. El conocimiento que tiene un sistema experto incluirá el conocimiento general de solución de problemas así como un conocimiento específico sobre una área.

Generalmente el conocimiento específico sobre una área está guardado en la base de conocimientos, mientras que el conocimiento general para la solución de problemas es interconstruido dentro de la manera como opera la máquina de inferencias. De esta manera la misma máquina de inferencias puede ser usada para razonar con diferentes bases de conocimiento.

En adición a la base de conocimientos y la máquina de inferencias, el ambiente del sistema experto incluye un número de herramientas para ayudar a la gente que construye o usa el sistema experto.

Los humanos expertos necesitan una manera para comunicarse con las fuentes de información y con sus clientes. Esto les permite explorar los detalles particulares de un problema y compartir sus conclusiones con los clientes. Similarmente, un sistema experto tiene una interfaz que

permite al usuario hacer preguntas, proporcionar información, recibir conclusiones, etc.

La interfaz con el usuario trata de proveer las mismas facilidades de comunicación que el humano experto pero regularmente tiene mucho menos capacidad para entender el lenguaje natural y el conocimiento general del mundo. Sin embargo, algunas veces las interfaces gráficas con el usuario proveen una forma de comunicación hombre-máquina que no tiene un análogo directo con la comunicación hombre-hombre.

La interfaz con el usuario es una parte esencial de un sistema experto. La tarea de la interfaz es el manejo de todas las comunicaciones entre el usuario y el sistema experto. La impresión que cause el sistema experto sobre el usuario regularmente depende de la naturaleza de la interfaz. La idea básica consiste en que lo que el usuario vea sean conceptos que le son familiares y que la información sea presentada en una manera clara y entendible.

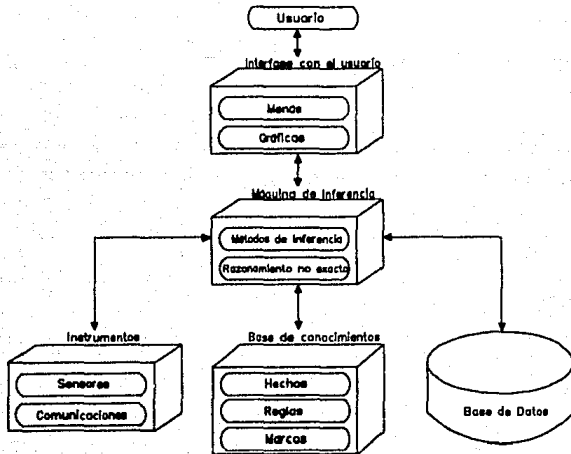


Figura 4.5 La estructura de un sistema experto.

Así como los humanos expertos explican sus recomendaciones y decisiones, los sistemas expertos necesitan justificar y explicar sus acciones. La parte de un sistema experto que da las explicaciones es llamada una **facilidad de explicación**. La facilidad de explicación no sólo satisface

una necesidad social para ayudar al usuario final a que se sienta más seguro acerca de las acciones de un sistema experto, sino también sirve como un propósito técnico para ayudar al desarrollador a seguir la operación del sistema experto.

La figura 4.5 muestra una estructura básica de un sistema experto, que incluye la interfaz con el usuario, una base de conocimientos, una máquina de inferencia, y métodos para construir y actualizar la base de conocimientos.

Programación Orientada a Objetos (OOPS) ⁽²⁴⁾

La idea básica es muy simple. Nosotros percibimos el mundo que nos rodea como una variedad de objetos. Vemos una planta, no una masa individual de átomos. Podemos dividir la planta en hojas, flores, tallo y raíz, pero todavía vemos esas partes como unidades, como objetos.

Si subdividimos las partes en moléculas, siempre serán grupos de átomos diferentes que percibiremos como unidades individuales. Haciendo una analogía, la programación tradicional trata los átomos, mientras OOPS (Object Oriented Programming Software) trata a la planta.

OOPS permite crear software que pueda ser fácilmente comprendido y compartido por otros usuarios. A diferencia de los tradicionales métodos de programación que están basados en conceptos tales como flujo de datos. OOPS directamente modela la aplicación. Los programas ejecutan procesos pasando mensajes entre objetos activos, los cuales son analogías informáticas del mundo real.

Una aplicación financiera en OOPS puede ver objetos cliente enviando débitos y mensajes de crédito a objetos-contabilidad.

Los objetos-contabilidad pueden luego cooperar para mantener el estatus de los objetos-caja, objetos-cuentas por pagar, etc.

De la misma manera en la tecnología CAD, un sistema mecánico puede estar modelado en componentes objeto, cada uno conectado por una serie de características que también pueden ser una serie de objetos.

Esto significa que podamos reusar objetos en aplicaciones similares en la misma área. Reusar en vez de reinventar, así se acelera el desarrollo de software y el mantenimiento de aplicaciones extensas.

En esta técnica el diseño e implantación de un sistema orientado a objetos es como una simulación que asigna estados

y comportamientos a cada uno de los objetos naturales en la aplicación.

Por ejemplo un lenguaje orientado a objetos como el Smalltalk formaliza la noción de un objeto y lo convierte en una unidad natural perteneciente a un módulo.

La implantación del estado de un objeto consiste en asignarle una memoria asociada constante y privada. Su comportamiento es implantado como un conjunto de procedimientos u operaciones (llamados métodos en Smalltalk), que tienen acceso a la memoria privada. En OOPS un objeto no es visto como datos pasivos, sino como la combinación de su estado privado y los métodos para manipularlo. Sólo los métodos de un objeto tienen acceso a su estado, y un método puede ser invocado por el envío de mensajes.

La diferencia entre un mensaje y un método es importante. El método es parte de un objeto y no una entidad global. No hay problema con un objeto-línea y un objeto-círculo, ambos teniendo un método nombrado "dibujar".

Enviando el mensaje "dibujar" a línea, invoca su método "dibujar", enviando el mismo mensaje a un círculo invoca un diferente método. Así, se obtiene el comportamiento apropiado para la operación "dibujar".

Es muy común en OOPS codificar múltiples clases de un objeto que responde a los mismos mensajes, como en el ejemplo anterior. La habilidad de que diferentes objetos respondan de múltiples formas al mismo mensaje es llamada "polimorfismo".

Otra característica de OOPS es la "herencia".

Esta es la habilidad de definir un nuevo objeto como uno ya existente, diferenciándolo con algunas características declaradas.

Estas características son responsables de que esto ocasione un estilo de programación diferente, algunas veces referida como programación diferencial o programación por modificación.

Es fácil insertar nuevos objetos dentro del sistema si estos responden a los mismos mensajes de los ya existentes.

Si OOPS es tan buena, ¿por qué no todos la usan?, porque el lenguaje orientado a objetos era inaccesible hasta los 80's (Smalltalk 80 y Simula 64) y hace cinco años lenguajes como C-object, C++ y Eiffel no existían.

Además, anteriormente la flexibilidad de sistemas abiertos como el Smalltalk podía ser aprovechada sólo con

hardware poderoso. Procesadores como el Intel-386 y el motorola 68020 cambiaron esto.

Aprovechando la Programación Orientada a Objetos (OOP) Next se concentró en la creación de un medio ambiente de desarrollo de OOPS que simplificará el diseño y creación de interfaces para el fácil acceso a los recursos de la máquina (como Nextstep).

4.2 Estado actual de la tecnología en los países que más hacen uso de ella.

Para desarrollar este punto se incluye un artículo que da una visión general del estado de la tecnología CAD/CAM en los países industrializados. Donde los conceptos vistos anteriormente tienen una fuerte aplicación en el campo de esta tecnología.

4.2.1 Aplicación práctica de los conceptos vistos anteriormente⁽⁴²⁾.

Hace una década la Fábrica del futuro parecía estar sólo a la vuelta de la esquina. Se creía en la producción electrónicamente controlada desde las terminales de computadora hasta las máquinas de la fábrica, con los robots ejecutando el trabajo manual repetitivo, todo ello conduciría a bajar costos y aumentar la producción.

Ahora una nueva visión de la fábrica del mañana está emergiendo. Esta vez, la automatización no será un alargamiento de la vieja estructura, sino que formará parte de una reorganización desde abajo de la empresa, el acierto no es sólo trabajar más rápido, sino también hacerlo con mayor inteligencia, con la ayuda de la **Inteligencia Artificial IA**.

En estos momentos la industria aeroespacial es el líder en la manufactura de la IA, parte como resultado de los largos programas de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos y de los subsidios que permitieron a los contratistas modernizar los métodos de producción. Pero un conjunto de otras compañías están presionando hacia una nueva corriente llamada "Empresa Integrada por Computadora (Computer-integrated Enterprise)".

Esto podría ser el arma para que los Estados Unidos compitiera contra las ultra avanzadas plantas industriales japonesas. Algunos ejemplos de esta nueva corriente tecnológica son muy demostrativos:

El bombardero B-2 es de los aparatos más complejos que se han hecho y fue concebido y realizado sin el uso de una hoja de papel. El 97 por ciento de las piezas fueron acoplables a la primera vez, lo mejor que había hecho el fabricante había sido un 50 por ciento, además hubo una reducción de cambios en el diseño de 6 a 1 y un aumento en la rapidez de escritura de las instrucciones de computadora para hacer el herramental para construir el B-2 del 40 por ciento.

Esto trajo también un cambio organizacional. Se determinó que era absolutamente necesario (especialmente en la parte de manufactura) tener acceso a la información de ingeniería, antes de que ésta fuera liberada. Esto ayudó a que las personas de manufactura pudiesen opinar sobre los diseños y con ello se evitaron muchos cambios durante la producción.

Otro ejemplo es el grupo de sistemas aeronáuticos de la compañía Lockheed Corp. quienes han desarrollado un sistema integrado de laminación y moldeo llamado Calfab (Computer Aided Layout and Fabrication). Este sistema a permitido bajar el tiempo del diseño y manufactura de partes laminadas en un 96 por ciento, de 52 días a sólo 2. Pero lo que realmente ha ayudado a una operación tranquila y sostenida es la Inteligencia Artificial con sus **Sistemas Expertos**, los cuales son programas de computadora que arremedan el razonamiento de un humano experto en su materia y que vigilan y dirigen desde el diseño hasta la inspección.

Similarmente la compañía Bell Textron diseño un helicóptero V-22 con un sistema "inteligente" de Ingeniería Asistida por Computadora (CAE) el cual contribuyo a un ahorro en costo y tiempo en la construcción de moldes y herramental para la fabricación de todos los componentes del fuselaje y el rotor, ya que durante la fase del diseño se capturaron los datos necesarios para la construcción de éstos. Este proceso se conoce como ingeniería concurrente.

Para los efectos de calidad que las técnicas de IA pueden producir, se puede mencionar que incluyendo la experiencia de un maquinista experto en un sistema de manufactura que supervisa las máquinas-herramientas y robots nunca se ha obtenido menos de un 100 por ciento en la calidad.

Como un grupo, la gente de la industria aeroespacial puede estar al frente de la manufactura de sistemas de Inteligencia Artificial, pero todo mundo parece estar de acuerdo que el número uno es la compañía Digital.

Actualmente DEC tiene grandes ahorros con el uso de esta tecnología, los cuales son debidos a inventarios reducidos, mayor productividad y menores tiempos en facturación y entrega. Adicionalmente DEC tiene ganancias por la venta de

su software de IA a otras compañías correspondiendo la mitad al sector de manufactura.

La aplicación de sistemas expertos provoca ganancias de al menos 10 veces más y aceleramientos de 20, 30 o 40 veces, pero en el diseño e ingeniería de un producto fácilmente se puede hablar de arriba de 100 veces. Esto explica el porque del crecimiento de sistemas expertos dentro de la industria manufacturera.

La mayoría de los sistemas expertos se usan para vigilar la inspección de los productos y las operaciones de prueba. Debido a que las reglas para las tomas de decisión en las pruebas de calidad generalmente son simples y bien conocidas, un sistema experto se puede crear por personal encargado de la maquinaria con relativa facilidad usando un programa de desarrollo que trabaja en una computadora personal.

Pero ahora la atención se esta dirigiendo rápidamente hacia el otro extremo del espectro del diseño en la manufactura. Históricamente, los diseñadores creaban los productos sin saber que tan fácil sería manufacturarlos, pero las compañías están tratando de cambiar, dado que del 70 al 90 por ciento del costo del producto se invierte durante el diseño.

Uno de los esfuerzos más ambiciosos para solucionar lo anteriormente dicho, se está haciendo en la compañía Northrop que tiene un proyecto para el desarrollo de métodos de software para integrar las bases de datos actualmente dispersas dentro de la mayoría de las compañías, como son: para el diseño, la manufactura y otras para compras, stocks, distribución y ventas.

La falta de una manera para compartir los datos de computo ha sido el mayor problema para la implantación de CIM. Para resolver este problema Northrop está combinando Inteligencia Artificial con Sistemas de Programación Orientada a Objetos (OOPS). De manera diferente a como los lenguajes comunes de cómputo, los cuales fueron diseñados esencialmente para tratar con números y procedimientos matemáticos, el software de programación orientado a objetos trata con conceptos y cosas procesando conocimientos en vez de devorar números. Entonces la última generación de sistemas orientados a objetos permiten al diseñador construir su modelo de computadora con características que tienen sentido para la manufactura. Poner la manufactura dentro de los sistemas CAD quiere decir que se puede diseñar para la manufactura, estrechando el contacto entre el diseño y la producción y acortando drásticamente el tiempo que se necesita para tener los productos en el mercado.

4.3 Tendencias Generales⁽¹⁵⁾.

Anteriormente se mencionaron las tendencias que se están dando en aspectos de Arquitectura de Computadoras, Sistemas Operativos, Programación Orientada a Objetos, Inteligencia Artificial, Sistemas Expertos y CIM. En esta sección mencionaremos algunas aplicaciones futuras y algunas actuales de alto grado de avance en los países que más desarrollo tienen en relación a nuestro tema, el del Diseño Asistido por Computadora.

Para empezar diremos que nuestro análisis se ha centrado en tres áreas (Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica y Arquitectura), esto obviamente no implica que tengan que ser las más importantes, sino que en nuestro país son a las que más se les puede dar un apoyo, orientado a fomentar la aplicación de las técnicas de Diseño Auxiliado por Computadora. Sin embargo, en otros países y aisladamente en México también se puede hablar de aplicaciones médicas, biológicas, químicas, en fin en todas las áreas en las que se tengan que hacer una gran cantidad de cálculos sistemáticos y que a través de los resultados de esos cálculos se pueda generar una simulación del comportamiento o bien hacer un esquema o dibujo que permita tener una idea lo más exacta y apegada posible a la realidad del problema.

Como se puede apreciar al parecer no hay área de la actividad humana que no pueda mejorarse mediante la aplicación de los recursos gráficos de la computadora. Sin embargo, podemos encontrarnos con puntos de vistas un tanto escépticos los cuales citen una lista de aquellas áreas de la actividad humana en las que es bastante poco probable, sino del todo imposible, que puedan llegarse a aplicar las nuevas técnicas. Se podrían mencionar como ejemplos de esta lista la Política, la Arqueología o la Jardinería. En realidad, dos de estas áreas han empezado a utilizar los recursos que el CAD proporciona como herramienta y en cuanto a la tercera es cuestión de tiempo.

Las técnicas gráficas informáticas ya tiene un papel Político y en las más altas esferas del poder. En Estados Unidos raramente se presenta un informe al presidente de dicho país, sin el apoyo de gráficos analíticos generados por la computadora. El software orientado a este fin es el de ISSCO*. No se tiene por el momento información de como se utilizan estos gráficos, pero se supone que las fuerzas relativas de los cometidos militares en otros continentes se evalúan con mayor precisión cuando están expuestas de una forma gráfica. Al mismo tiempo que los argumentos empleados son mucho más convincentes. Así pues, incluso el equilibrio del poder en el mundo puede expresarse, y de echo, se supone que se expresa, en una forma gráfica.

* Integrated Software System Corporation.

Los Arqueólogos que intentan unir fragmentos de las antiguas civilizaciones han empezado a descubrir que las técnicas de generación de imágenes en la computadora pueden ayudarles a clasificar ciertos símbolos alfabéticos y pictóricos. En la universidad de Manchester, por ejemplo, se han descifrado de este modo unos manuscritos etíopes del siglo XII. La técnica empleada es similar a la de cariotipificación de cromosomas, (en la cual se toma una fotografía microscópica de los cromosomas como un objeto individual. La confusa imagen previa se convierte así en una clara imagen gráfica. Una vez terminada esta fase, se van comparando con una base de datos de formas cromosómicas estandar, realizándose automáticamente la clasificación de las muestras. Esta técnica no sólo ahorra tiempo de diagnóstico, sino que además sus resultados son mucho más precisos que los que se obtienen utilizando simplemente el juicio humano sin ninguna ayuda por parte de la computadora.), pero en este caso las rutinas de reconocimiento de configuración se aplican a la identificación de las letras de un lenguaje determinado. La letra "A" puede aparecer escrita cientos de maneras diferentes, pero la computadora decidirá en seguida si la marca en cuestión representa una "A" o cualquier otra letra.

La jardinería plantea varios problemas, pero no es difícil inventar una posible aplicación de las técnicas de computación gráfica para un futuro muy próximo. Las aplicaciones gráficas son a menudo más útiles cuando la computadora realiza otras tareas además de las gráficas. Este sería el caso si creáramos un modelo de jardín en la computadora. Los índices de crecimiento de las plantas, las condiciones climáticas locales, las distribuciones de luz y sombra, las estaciones del año y el tipo de suelo constituirían las variables del modelo. La pantalla mostraría el jardín a todo color, teniendo en cuenta no sólo las plantas, sino también las otras variables que puedan influir en el aspecto de las plantas. Tal sistema permitiría no sólo escoger las flores y arbustos que podrían plantarse, sino también visualizar los efectos de su combinación y proveer el resultado de cada opción para todos los meses del año. Esta es una aplicación hipotética, pero no hay nada que impida que algún día se pueda llegar a disponer de un servicio tal.

Una tendencia muy marcada, como ya se ha mencionado anteriormente, es el uso de estos sistemas en equipos pequeños tipo PC's dado que tienen un costo bajo, sobre todo por industrias medianas y especialmente las pequeñas.

Sin embargo, los requerimientos de cada una de las industrias varía según su ramo y muchas veces no se pueden cubrir en su totalidad con alguno de los sistemas comerciales, por lo cual es deseable que estos sistemas fuesen modificables.

En este sentido se puede citar como ejemplo la versión 10 de AutoCAD, que ya permite de alguna manera este tipo de innovaciones. Por medio de AutoLisp es posible modificar las rutinas primitivas para así particularizar este paquete a las necesidades del usuario. Otro ejemplo de esto, es el software de Intergraph que también cuenta con un sistema de tipo abierto, para que el usuario lo adecúe a sus necesidades particulares.

Ahora bien un obstáculo para el aprovechamiento de este tipo de facilidades es la falta de conocimientos de programación. Dado que es una nueva alternativa se requiere de una considerable inversión en tiempo y recursos para lograr un conocimiento preciso de ésta.

Otro aspecto a considerar es la estandarización, este es un factor importante porque hoy en día la transferencia de información con este nuevo herramental de sistemas automatizados se hace por medio de computadoras. Por lo cual, se requiere de que los sistemas orientados al diseño sigan una línea de estandarización para que esta transferencia de información se haga de una manera fácil y transparente para el usuario. En este sentido se han dado algunos pasos para llegar a dicha estandarización, como la propuesta hecha por el grupo GSPC (Graphics Standards Planning Commite) del SIGGRAPH-ACM llamado CORE que no logro trascender a organizaciones de estándares pero formo en Estados Unidos las bases para cursos introductorios de computación gráfica y para las empresas significo un estándar de práctica establecida, también tubo influencia en lo que hoy es el GKS propuesto por Alemania a la ISO que junto con ANSI la aceptaron haciendo algunas modificaciones.

Dada la diversidad de sistemas de hardware y software y la comunicación entre estos se contemplan los siguientes objetivos para la estandarización:

1. La definición formal de GKS como paquete de subrutinas independiente de las computadoras, sistemas operativos, lenguajes de programación y periféricos graficadores en donde sea usado.
2. Definición de la sintaxis con la que las funciones permitidas por GKS son invocadas por cada uno de los lenguajes de programación; estas definiciones son conocidas como **bindings** de lenguaje.
3. La manera de como una implantación de GKS se comunica con los periféricos gráficos. Esta idea motivo otro estándar a nivel hardware conocido como CGI (Computer Graphic Interface) anteriormente conocida como VDI (Virtual Device Interface) [ISO85].

4. El almacenamiento de información en memoria secundaria.

Se encuentran en revisión y estudio varias propuestas de estándares como GKS-3D [ISO85], PHIGS [ANSI84] (Programmer's Hierarchical Interactive Graphic System), PHI-GKS promovido por grupos europeos(*).

Como se ve la estandarización tiene un camino poco promisorio. Sin embargo, se está haciendo el esfuerzo para orientar más los sistemas a un patrón común. Así, se puede ver que los sistemas han adoptado seguir no de una manera general las normas IGES y DXF de archivos gráficos. Actualmente, a diferencia de otros tipos de archivos de gráficas, los archivos CAD se transfieren con menos dificultad entre diferentes paquetes de software y sistemas de computación. La mayoría de los editores de CAD han adoptado el formato de transferencia de archivos DXF de AutoCAD, que de hecho se ha convertido en un estándar para computadoras personales; y el formato de archivos IGES de IBM, para realizar la transferencia entre minicomputadoras y mainframes.

Otra tendencia observada entre los usuarios que ya están haciendo uso de este tipo de herramientas es la de crear grupos (Clubs) de usuarios en los cuales se hace un intercambio de experiencias en la solución de problemas por medio de estos sistemas. Ayudando con esto, en gran medida, a encontrar una o varias alternativas que no habían sido tomadas en cuenta por falta, ya sea de experiencia en el manejo del sistema o bien por el desconocimiento del mismo.

Como ejemplo se tiene la firma Intergraph que ha elaborado un directorio en el cual se listan a los usuarios de sus sistemas que han desarrollado sus propias aplicaciones, para que por mediación de esta firma puedan ponerse en contacto y entablar una comunicación de intercambio de experiencias. Esto se puede hacer a nivel internacional dada la cobertura de esta firma.

En este sentido ya se mencionó en capítulos anteriores, que en México también existen este tipo de grupos entusiastas que se reúnen periódicamente para desarrollar este tipo de actividades.

Una tendencia, en la mayoría de los países que tienen un alto grado de avance en su modernización industrial, es la de crear una organización orientada al apoyo institucional referente al uso y aplicación de las técnicas de diseño y manufactura automatizadas, como es el caso de la República Federal Alemana, la cual cuenta ya con un laboratorio de

(*) La estandarización. Gerardo León Lastra, Julio Sergio Santana Sepúlveda.

CAD/CAM⁽²⁹⁾, el cual provee la ayuda y programas necesarios para respaldar a las industrias de información técnica y profesional en este sentido.

El compromiso fundamental del laboratorio comprende programas de tecnologías de manufactura, funciones específicas del laboratorio CAD/CAM y organización de eventos, entre otros servicios.

El programa de técnicas de manufactura comprende tres compromisos fundamentales: Aplicación indirecta en plantas de sistemas CAD/CAM y la difusión de nuevos sistemas y robots de apoyo industrial; promover futuros proyectos conjuntos de fabricación flexible; calidad en la seguridad de tecnologías de imposición; dar el soporte necesario de transferencia de tecnologías entre desarrolladores y usuarios.

Otra función del laboratorio de CAD/CAM es la de informar a las partes interesadas de la industria sobre recursos, desarrollos y escuelas del estado actual del arte en CAD, CAM, PPC (Producción, Planeación y Control) y CIM.

En la organización de eventos esta el organizar y difundir los seminarios orientados a CAD y PPC, así como proporcionar información de software y hardware de CAD/CAM. Así mismo, establecer medidas especializadas, ofrecer demostraciones y presentaciones orales para que los interesados tengan elementos suficientes para decidir sobre la adquisición de software o hardware.

Como otros servicios están los ensayos de operación de equipos y sistemas CAD/CAM, el uso del laboratorio para las demostraciones de los temas de seminarios, discusiones y mesas redondas con expertos en la materia de automatización industrial entre algunas otras actividades.

CAPITULO V

IDENTIFICACION DE LOS CONOCIMIENTOS Y ELEMENTOS DE APOYO QUE REQUIEREN LOS INGENIEROS PARA UTILIZAR ADECUADAMENTE EL CAD EN LAS APLICACIONES QUE PRESENTEN LAS MEJORES OPORTUNIDADES.

CAPITULO V

IDENTIFICACION DE LOS CONOCIMIENTOS Y ELEMENTOS DE APOYO QUE REQUIEREN LOS INGENIEROS PARA UTILIZAR ADECUADAMENTE EL CAD EN LAS APLICACIONES QUE PRESENTEN LAS MEJORES OPORTUNIDADES.

En este capítulo se tratará de describir los principales aspectos que se requiere para entender y aplicar más adecuadamente las técnicas del Diseño Asistido por Computadora. También se mostrarán algunos ejemplos comparativos entre las universidades extranjeras y las nacionales, en aquellas áreas de esta técnica en las cuales se pueden desarrollar programas del mismo nivel y calidad.

Para esto, se han analizado algunos datos relacionados con las actividades educativas sobre estas tecnologías de algunas universidades, como la de Cranfield en Inglaterra algunas de Estados Unidos y especialmente el caso de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, ya que es una institución educativa que tiene una gran influencia en nuestro país.

Como ya se habrá notado el procesamiento automatizado de la información en diversas áreas del quehacer humano está modificando sustancialmente la forma de vida en nuestra sociedad. Sin embargo, en la actualidad la mayoría de los centros de educación no se han actualizado, ni han contemplado la urgente necesidad de prepararse para afrontar esta revolución tecnológica. Lo que ocasiona que egresen de nuestros centros de estudio generaciones de profesionistas que enfrentan la problemática actual con herramientas de la década anterior.

Los problemas que la revolución tecnológica acarrea son: ¿Quiénes impartirán las cátedras con el nivel adecuado para abarcar las tecnologías actuales? y ¿Cómo crear un medio ambiente que permita la actualización continua de este personal?⁽⁴⁷⁾.

Estos y algunos otros aspectos relacionados con la educación serán el tema de este capítulo.

5.1 DESCRIPCION DE EXPERIENCIAS EN UNIVERSIDADES EXTRANJERAS.

Se obtuvo información de artículos sobre ponencias que fueron presentadas en 1983, 1986 y 1987 y que fueron publicadas por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) y Sociedad Americana para la Educación de Ingeniería (American Society for Engineering Education, ASEE) en; Frontiers in Education Conference Proceedings and ASEE Annual Conference Proceedings.

Se consideró importante dividir el análisis en base a tiempo dentro de cada inciso, o sea cuál era el pensamiento hace 6 años y cual, el de hace 3 y 2 años. Esta división dará pauta para ver cuales han sido los cambios y cuál la tendencia.

5.1.1 ¿Cuándo deben los estudiantes de ingeniería ser iniciados en esta tecnología?.

Veamos lo que estaba ocurriendo hace seis años. De los artículos leídos, todos los ponentes estuvieron de acuerdo en que un curso de CAD debe ser incorporado desde el primer año de la carrera y algunos opinan que de ser posible desde el primer semestre.

En 1987 se sigue apoyando el hecho de que el CAD sea enseñado durante el primer año y que de existir reemplace el curso de dibujo, se cita el siguiente comentario al respecto:

- "Los estudiantes a punto de completar un curso introductorio de "Dibujo Asistido por Computadora" están tan familiarizados con los mismos elementos gráficos, puntos, líneas, círculos y superficies cónicas, como lo están los estudiantes de dibujo que han hecho uso de una regla T y compás, antes del advenimiento de la computadora"⁽²⁾.

Se pone especial énfasis en el hecho de que el CAD debe ser enseñado no como un fin, sino como una más de las herramientas con que puede contar el ingeniero.

- "No se pretende que la tecnología sea un FIN pero sí una parte esencial de la infraestructura universitaria para dar soporte en la instrucción"⁽⁹⁾.

5.1.2 ¿Qué se debe ver en un curso de CAD?

La gran mayoría, en 1983, consideraba que era forzoso que el estudiante de ingeniería aprendiera a programar este tipo de sistemas no importando cual fuese su carrera, de tal forma que un curso de programación previo sería de gran utilidad.

También, la gran mayoría estaba de acuerdo en que el software debería ser desarrollado por los propios estudiantes con ayuda del profesorado. Los sistemas así generados podrían ser mejorados por nuevos estudiantes, además de ir enriqueciendo las utilerías que se fueran necesitando.

En este punto cabe resaltar que el profesor Ted G. Eschenbach de la universidad de Alaska⁽¹⁰⁾ advierte sobre un posible rechazo por parte de los estudiantes que usen estos sistemas, si éstos no son fáciles de usar y no están bien documentados.

En 1987 se deshace el concepto de que era necesario que cualquier ingeniero supiera programar este tipo de sistemas. Ahora se ve que es más conveniente que el ingeniero sepa evaluar el herramental que por medio de paquetería se le ofrece al ingeniero.

- "La tendencia es que los ingenieros sean capaces de evaluar herramientas disponibles ya sea manuales, mecánicas o electrónicas"⁽⁹⁾.

5.1.3 ¿Cuál es el papel del CAD en la ingeniería?.

En 1983 todos están de acuerdo en que una parte integral de todo estudiante de ingeniería es el DISEÑO y que el CAD es la herramienta ideal, debido a las razones que se listan a continuación:

- "Incrementa el entendimiento de la teoría y de los métodos de análisis"⁽¹⁰⁾.
- "Al poder el estudiante de ingeniería considerar más alternativas provoca también un mejor entendimiento"⁽¹⁰⁾.
- "Un proceso de diseño basado en el CAD es más realista y más interesante"⁽¹⁰⁾.
- "El cálculo en el diseño en ingeniería es un proceso reiterativo y tedioso que requiere de mucho tiempo, por esta razón es una aplicación ideal para la automatización computarizada"⁽⁵⁾.

- "Liberando a los estudiantes de tediosos cálculos de análisis estructural y diseño permite que tengan más tiempo y libertad para probar otras alternativas"⁽⁵⁾.

5.1.4 Cambios en la manera de enseñar

Con respecto a los cambios que tuvo que hacer el profesorado podemos citar los siguientes comentarios:

- "El CAD es un apoyo y no un reemplazo a los métodos tradicionales de enseñanza. El alumno debe estudiar el problema del diseño usando métodos tradicionales antes de experimentar con la computadora"⁽⁵⁾.
- "Al principio el profesorado enseñaba basado en programas existentes de diseño y análisis modificados para entradas y salidas gráficas"⁽⁴⁾.

5.1.5 ¿De que otra manera puede ayudar el CAD en la educación?

Uno de los puntos que más llamo la atención es el uso de CAD en la visualización de la teoría. Como ejemplos se pueden citar los siguientes programas diseñados en el Instituto Politécnico de RENNELAER⁽⁴⁾.

- CONVOL interpretación gráfica de la integral de convolución usando una función especificada por el usuario.
- PZTR gráfica de respuesta en el tiempo de un patrón de polos-cero especificados.
- BODE construye diagramas de BODE de las asíntotas de magnitud y fase.

Y para terminar se menciona mucho el hecho de que los sistemas CAD son propios para crear sistemas de autoaprendizaje, o sea un estudiante puede recibir una clase por medio de la computadora, permitiéndole repasar cuantas veces sea necesario los temas en los cuales tiene mayor dificultad para comprender.

5.1.6 Requerimiento de recursos de cómputo

La implantación de tecnologías CAD/CAM requiere importantes inversiones tanto en software como en hardware, además del factor humano que es el más importante.

En muchas universidades no se cuenta con los recursos monetarios suficientes para adquirir equipo de cómputo. En todas las ponencias se mencionó el hecho de que el CAD puede ser enseñado en una microcomputadora y que se podrían tener laboratorios equipados con 25 microcomputadoras y 2 graficadores. Además en uno de los artículos se describe la experiencia de haber formado equipos de trabajo cuando el hardware no es suficiente, se listan algunas ventajas y desventaja que se mencionan en ese artículo⁽¹⁰⁾:

Ventajas

- "Los sentimientos de ansiedad y aislamiento que experimenta el usuario cuando se enfrenta por primera vez a una computadora, se ve reducido".
- "Los estudiantes se benefician con la necesidad de compartir experiencias al resolver un ejercicio en el laboratorio".

Desventaja

- "Es más fácil que los trabajos sean copiados de disco a disco, pero se puede prevenir esto, advirtiendo al estudiante que también es más fácil comparar dos trabajos con la ayuda de la computadora".

Como se verá posteriormente, la universidad de Michigan invirtió una gran cantidad de dinero en este tipo de proyectos. Afortunadamente, ello no es la generalidad ya que dada la tendencia a la baja en los costos de las estaciones de trabajo para CAD (desde PC's hasta las llamadas Workstations) se puede armar un centro de trabajo de CAD con menos inversión monetaria que la requerida hace 10 años.

Aún en Estados Unidos y Canadá, la gran mayoría de las universidades no han invertido mucho dinero en el CAD, como lo muestra la figura 5.1 ⁽⁷⁾.

Es deseable que la universidad cuente con un centro de CAD/CAM, el cual proporcione servicios a la investigación y a la docencia. Tales centros requieren de una alta inversión monetaria, por lo cual se construyen en base a donaciones provenientes de la industria. En Estados Unidos, según un estudio hecho por la Universidad de Wisconsin, la realización de tales centros se está extendiendo y aunque la mayoría no cuenta todavía con uno, la suma de los porcentajes de centros ya construidos y los que están proyectados es cada día mayor (véase figura 5.2).

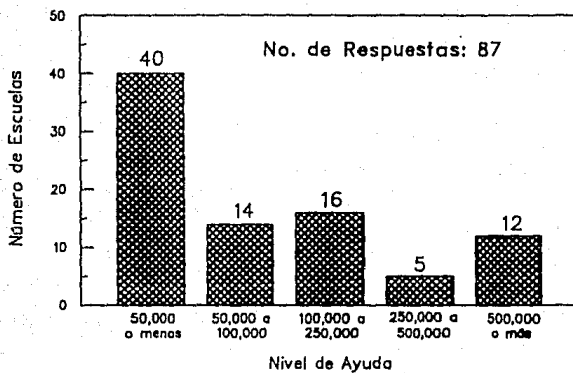


Figura 5.1. Soporte Financiero (Sin Investigación y Equipo)

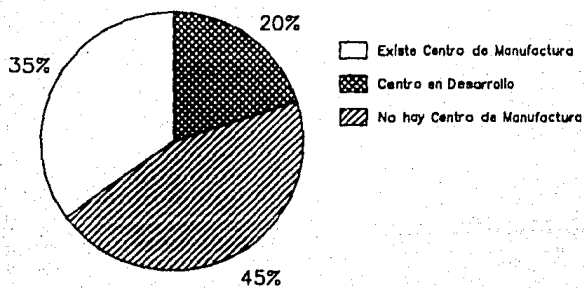


Figura 5.2. Centro de Manufactura en la Escuela.

Además del factor material, es de primera importancia el recurso humano. Profesores con experiencia y motivación en la aplicación de las nuevas herramientas son indispensables para que además de las actividades docentes, se pueda crear un fuerte soporte técnico dentro de la universidad, esto para aprovechar al máximo las nuevas herramientas y fomentar su uso respaldando adecuadamente a los nuevos usuarios.

El desarrollo de estos centros no sólo depende de donaciones, depende además de un gran apoyo de la parte directiva de la escuela. En Estados Unidos las principales acciones que se han tomado es la de proporcionar al profesor mayor salario y la asignación de PC's equipadas como estaciones de trabajo (workstations).

El soporte técnico lo dan principalmente alumnos de los últimos semestres o recién graduados, supervisados por un equipo de tiempo completo.

5.1.7 Casos particulares.

A continuación se hará una descripción de como se ha implantado la tecnología CAD en las escuelas de ingeniería de algunas universidades.

5.1.7.1 La Universidad de Michigan⁽¹²⁾.

Este es un caso interesante ya que en la información disponible se pueden observar las materias en las cuales los sistemas CAD se consideran una herramienta cotidiana.

La universidad de Michigan fundó en 1978 un centro de CAD con el propósito de estimular y facilitar el desarrollo y el uso de CAD en la enseñanza e investigación. Esto requirió cambios en el contenido y evaluación de muchos cursos.

Un punto crítico fue el preparar y/o reclutar al personal docente en CAD, CAM y CAE. En esa época, en el sector industrial no existía abundancia de personal con estas características, entonces el reclutamiento no era la mejor opción. Por ello, se decidió retroalimentar a los profesores ya existentes, proveyéndolos de herramientas e incentivos para aprender a usar la tecnología CAD.

Este esfuerzo tuvo como resultado una difusión en el uso de la tecnología aplicándose a los estudios en la escuela de ingeniería, con cerca de 80 cursos haciendo uso del centro de CAD.

Los fondos iniciales se dedicaron exclusivamente a la compra de equipo y al pago de salarios, esto último fue dedicado a un pequeño grupo de profesores que desarrollaron

software de CAD y prepararon la aplicación de esta tecnología a diversos cursos.

El centro ha crecido a 7 profesores de tiempo completo y 37 de medio tiempo y un presupuesto de 2.3 millones de dólares. Además, opera una red que enlaza a la mayoría de las máquinas de la escuela.

Equipo:

El centro se basa principalmente en minicomputadoras PRIME, VAX y sistemas VALID-LOGIC, así como 110 estaciones de trabajo (Tektronix, DEC, SUN y PC's) para los alumnos.

Un laboratorio de CAM provee control numérico, además cuenta con 10 pequeños robots.

Cuentan con software comercial en las siguientes áreas: Modelado de Sólidos, Programación de Control Numérico, Dibujo, Diseño Mecánico, Análisis de Elemento Finito, Medición de Intensidades Acústicas, Diseño de Circuitos Integrados (chips VLSI), Circuitos Impresos, Diseño de Sistemas de Control, muchos tipos de simulación y numerosas aplicaciones gráficas.

El centro ha desarrollado también aplicaciones propias como análisis de superficies, sombreado de alta precisión y verificación gráfica de control numérico, análisis de sistemas lineales y no lineales, modelado de sólidos y simulación.

La reacción inicial del personal docente, al empezar a utilizar las técnicas CAD en la enseñanza, ha sido el enriquecer y proveer el material actual y problemas modelo de los cursos existentes con la nueva tecnología. No sólo en el área mecánica, sino en todas las áreas de ingeniería.

En el área de ingeniería mecánica los estudiantes pueden escoger un módulo orientado a CAD. Dichos estudiantes deben tomar cursos adicionales en computación, álgebra lineal y un mínimo de tres cursos específicamente de CAD/CAM. En esta opción de CAD/CAM, los estudiantes escriben su propio software para algunas de sus tareas, incluyendo algoritmos gráficos, de optimización, etc. Aprenden a usar paquetes comerciales de dibujo, modelado de sólidos y elemento finito, también usan paquetes tales como Harvard Project.

Es importante describir el lugar que tiene la computadora aplicada en técnicas de CAD en las asignaturas de una escuela de ingeniería. Las siguientes tablas muestran las asignaturas que hacen uso de técnicas CAD en la universidad de Michigan.

Ingeniería Mecánica :

Curso	Computadora
Cinemática en Maquinaria I	Prime
Mecánica de Fluidos II	Prime
Análisis de Ingeniería Mecánica	PC
Introducción a los Sistemas y Control	Prime
Transferencia de Calor I y II	Prime, PC, Vax
Conversión de Energía Solar	Prime
Proyectos de Diseño Mecánico	Prime, Vax, Computer-Vision
Ingeniería Aeroespacial I, II	Prime
Teoría de Control	Prime
CAD I, II	Prime

Otras materias de esta ingeniería que usan CAD son: Teoría de Vibraciones, Cinemática de Máquinas II, Diseño de Máquinas IV, Modelado de Sistemas de Ingeniería, Sistemas Dinámicos y problemas de Ingeniería Mecánica.

Ingeniería Civil:

Curso	Computadora
Introducción a la Ingeniería Civil	PC
Análisis Estructural I	PC
Transporte	PC
Estimación de Costos en Construcción	PC
Análisis de Ingeniería Civil	PC
Diseño Estructural en Concreto	VAX, Prime
Mecánica Estructural II	VAX, PC
Flujo en Canal Abierto	PC
Hidráulica	PC
Programación de Actividades en Construcción	PC
Tratamiento de Aguas	PC
Proyectos de Ingeniería Civil	PC
Mecánica de Fluidos I	Prime
Diseño Avanzado de Estructuras de Acero	VAX

Ingeniería Eléctrica:

Curso	Computadora
Uso y Organización de Computadoras	PC
Sistemas Determinísticos de Comunicación	PC
Sistemas de Control Digital	PC
Introducción al Diseño de Circuitos con CAD	PC, CV
Análisis de Sistemas de Potencia	VAX
Laboratorio de Comunicaciones	PC
Dispositivos Electrónicos	VAX, PC
Amplificadores Operacionales	VAX, PC
Ingeniería de Circuitos Integrados	CV
Sistemas Discretos	PC
Análisis de Sistemas de Control	PC, Prime
Introducción a la Teoría de Sistemas Lineales	PC
Metodología de Sistemas y Simulación	PC
Sistemas Modernos de Control	VAX
Sistemas Dinámicos	VAX, Prime

Otras universidades como la de Ohio y Virginia han incorporado CAD en las curriculas de ingeniería mecánica y civil desde 1978 y 1981 respectivamente. Creando también un centro dedicado exclusivamente a proporcionar este tipo de servicios, haciendo investigación y desarrollo en este campo y difundiendo su uso en materias similares a las ya mencionadas.

En los Estados Unidos, de acuerdo con un estudio realizado⁽⁷⁾, el 50% de las universidades encuestadas opinan que la educación de las nuevas tecnologías en diseño, ofrecida a un nivel de posgrado, debe ser una opción especializada dentro de cursos ya existentes. El 15% opina que debe ser un nivel de posgrado completamente nuevo. El 30% indica que no existe un programa de esas características en ningún nivel en sus escuelas y no existen planes para ello. El 5% restante ofrece diversas opciones como la selección de cursos especializados (véase figura 5.3.).

Según la figura 5.4, a nivel licenciatura las escuelas de ingeniería en Estados Unidos tienen estas tecnologías como un módulo opcional dentro de las carreras ofrecidas y sólo el 5% indica que tiene una carrera orientada a estas tecnologías. Esto contrasta visiblemente con las respuestas obtenidas a nivel posgrado (que es de 15%). Aunque la tendencia generalizada en las escuelas de ingeniería de Estados Unidos es la de incluir CAD/CAM como herramienta para estudios ya establecidos.

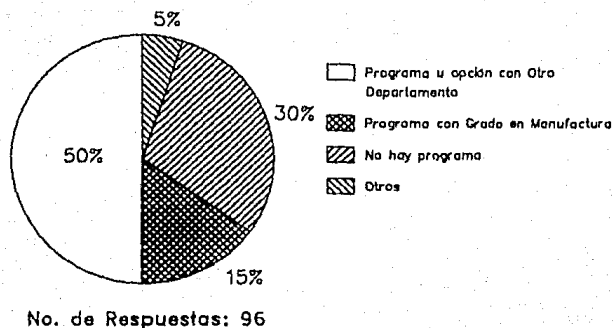


Figura 5.3. Educación en Manufactura a Nivel de Posgrado.

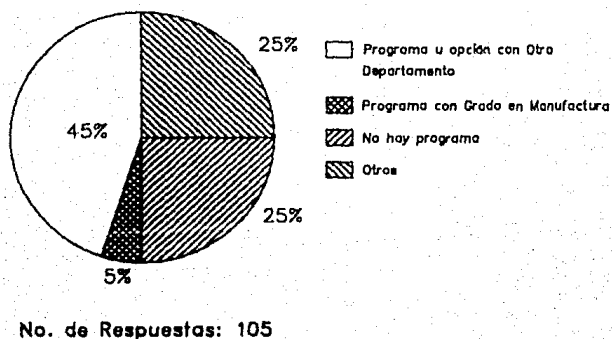


Figura 5.4. Educación en Manufactura a Nivel Licenciatura.

El mismo estudio proporciona otro parámetro importante, que indica la penetración de las tecnología CAD/CAM en las universidades. En la figura 5.5 se observa en forma global el grado de implantación de esta tecnología en las universidades de Estados Unidos, en donde de diversas formas, aproximadamente el 60% de las escuelas encuestadas (95), tienen incluido el CAD/CAM tanto en programas de licenciatura como de posgrado.

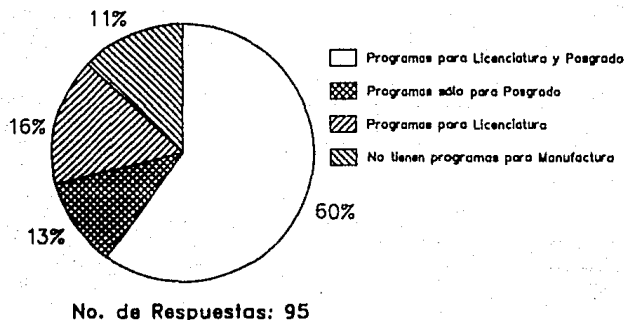


Figura 5.5. Características de los Programas de Manufactura en las Escuelas de Ingeniería

5.1.7.2 Instituto de Tecnología de Cranfield, Colegio de Manufactura: Maestría en Diseño y CAD/CAM de Máquinas de Producción y Sistemas⁽³⁹⁾.

Este Instituto se considera como único entre las universidades británicas y se especializa en la enseñanza avanzada e investigación aplicada en ingeniería. Además, es líder en la colaboración entre la universidad y la industria y desarrolla actividades de consultoría.

El Instituto actualmente opera en tres sitios: Cranfield, Silsoe y Shrivvenham. En Cranfield los asistentes estudian una gran variedad de programas para obtener grados de posgrado, entre los cuales está el que se describe a continuación.

La maestría está dirigida a aquellas personas que han obtenido una licenciatura en Ingeniería Mecánica o Electrónica, Física o posiblemente en Diseño Industrial. Los cursos están estructurados para desarrollar rápidamente las habilidades de los estudiantes, de tal forma, que puedan hacer contribuciones inmediatas en el Diseño y Manufactura Asistida por Computadora de máquinas avanzadas y sistemas para la industria manufacturera.

SOBRE LOS CURSOS:

Los cursos han sido diseñados para aumentar el nivel de los profesionistas y motivarlos para hacer un uso más intenso de los sistemas de ingeniería de manufactura modernos además de darles un conocimiento de:

- Tecnologías de manufactura moderna
- Reforzar los conceptos de manufactura y automatización
- Diseño de sistemas modernos de manufactura para la producción económica
- Diseño de ingeniería de producción y diseño para la producción económica
- Procesadores y sistemas de ayuda por computadora

También les da la facilidad de capacitarse para poder enfrentar mejor los problemas de los proyectos y tomar de una manera adecuada la responsabilidad de las técnicas de manufactura.

DISEÑO INDIVIDUAL E INVESTIGACION:

Los estudiantes al concluir el programa de un proyecto están obligados a presentar un trabajo de tesis sobre algún tema que les sea de interés y este dentro de los planes de la maestría y que aporte un beneficio real a la industria. Serán asesorados por los especialistas de la empresa que aporte el proyecto o bien por los profesores del instituto que en ese momento estén a cargo del proyecto.

Estos proyectos contarán con:

- Creatividad y originalidad.
- Iniciativa en la definición y ejecución del mismo.
- Habilidad para organizar y elaborar técnicas avanzadas.
- Habilidad para documentar los resultados del proyecto adecuadamente.

LOS CURSOS DE CAD/CAM INVOLUCRAN:

- Requerimientos de Ingeniería, Planeación y Sistemas de Manufactura.
- Ingeniería de Producción Auxiliada por Computadora.
- Tópicos de Técnicas de Ayuda por Computadora.
- Control Computarizado.

Cursos del Departamento de Producción y Sistemas de Manufactura.

- Principios de Diseño.
- Diseño para Economía de Manufactura.
- Diseño Industrial.
- Mecánica Dinámica.
- Electrónica y Control.

Aplicaciones de microcomputadoras al igual que un módulo de especialización ;

- Ingeniería de Precisión.
- Electrónica y Control (nivel avanzado).
- Aplicación de Microprocesadores (nivel avanzado).
- Diseño de Sistemas de Manufactura.

El Instituto Tecnológico de Cranfield logra la explotación de sus recursos en base a programas conjuntos con la industria del país, ya que la industria puede financiar los proyectos que al finalizarlos a la empresa le reeditarán en una mejor producción y al Instituto en la preparación y actualización de los alumnos en el desarrollo o innovación tecnológica.

5.1.7.3 Educación de Ingeniería de Sistemas de Manufactura en Estados Unidos. Cooperación Universidad - Industria⁽³³⁾

Un artículo publicado por IBM plantea diversos puntos de vista sobre las tendencias en educación de ingeniería en las universidades de Estados Unidos y el impacto que siguen las

ciencias básicas en los estudiantes, así como en los programas de ingeniería de manufactura y la rápida implantación de sistemas de manufactura integrada por computadora en paralelo con las exigencias de la industria norteamericana.

Presenta las características generales de la ingeniería de sistemas de manufactura en la educación y los programas de los cursos que llevan a asimilar las nuevas herramientas en esta área.

Un reporte de la revista *Time*, menciona que la industria americana gasta alrededor de \$40 billones de dólares en la preparación y apoyo de 8 millones de personas en las universidades y colegios.

En Estados Unidos existe un grado aceptable de retroalimentación entre la industria y las universidades tal como lo muestra un estudio, realizado por la Universidad de Wisconsin⁽⁸⁾. Este indica que la mayoría de las universidades tomadas como muestra (80 a 100 por ciento) obtienen los ingresos destinados al campo de las nuevas tecnologías en manufactura para la enseñanza o investigación del sector industrial (27 por ciento):

% DE MUESTRA	FUENTE DE FINANCIAMIENTO.		
	FEDERAL	ESTATAL	INDUSTRIAL
80-100	15 %	24 %	27 %
69-79	18 %	10 %	8 %
40-59	20 %	10 %	15 %
20-39	15 %	24 %	27 %
0-19	32 %	32 %	23 %

La gran corporación de industrias en Estados Unidos mantiene un extenso programa de educación. Tales programas abarcan desde la capacitación de personas ya trabajando hasta estudiantes de universidades para lograr con ello cubrir sus exigencias.

Un caso típico es lo que hace la International Business Machines Corporation (IBM), la cual gasta aproximadamente \$700 millones de dólares anuales en educación, abarcando 50 grandes plantas manufactureras y/o laboratorios de desarrollo de productos.

Tal vez lo más significativo que ha hecho esta compañía es la creación del "Manufacturing Technology Institute" en 1981, y que es parte de IBM Corp. Technical Institute, el primero de los cuales fue el "Systems Research Institute"

fundado en 1960. Esta corporación brinda un apoyo substancial tanto en cursos como conferencias permanentes a todos sus miembros e invitados.

Los cursos que este ofrece son de una duración aproximada de 10 clases. Los estudiantes son seleccionados para varias operaciones de manufactura y desarrollos de la misma IBM: Ingeniería de Manufactura, Ingeniería de Control de Calidad, Control de Producción, Ingeniería Industrial, Desarrollo de Productos y Sistemas de Información.

Los títulos de los cursos ofrecidos son:

- Perspectivas en el medio ambiente de manufactura.
- Tendencias de productos y tecnología de manufactura.
- Dirección de negocios I y II.
- Lógica y manejo de materiales I y II
- Sistemas integrados de manufactura.
- Computación Gráfica Interactiva.
- Simulación de alta tecnología de manufactura en línea.
- Microcomputadoras.
- Aplicaciones avanzadas en Computadoras personales.
- Sistemas de información y computadoras I.
- Diseño y Manufactura auxiliada por computadora.
- Diseño para automatización de manufactura.
- Modelado de sistemas de manufactura.
- Sistemas de información de manufactura.
- Optimización de procesos, modelado y simulación.
- Personal en manufactura.

Los objetivos de los programas interdisciplinarios en ingeniería de sistemas de manufactura son:

- Dar un nivel de ingeniería a los estudiantes para trabajar o desarrollar planes en la industria de manufactura con responsabilidad para diseño, desarrollo, implantación y operación de sistemas de manufactura.
- Dar una educación interdisciplinaria y programas de recursos que lleven al estudiante a abordar perspectivas de sistemas de las técnicas complejas y aspectos que afectan a la productividad de manufactura en la industria moderna.

El futuro de este nuevo programa es muy promisorio. El rápido cambio en técnicas de manufactura y aspectos económicos demandan una gran productividad. El uso de computadoras y robots que manejan procesos de manufactura pueden ser vistos como un sistema completo. El programa académico es diseñado para producir profesionistas quienes puedan crear lo que sería la fábrica del futuro.

La universidad de hoy tiene un papel muy importante ya que es en donde se deben generar los recursos que ayuden a la industria a cumplir con sus necesidades.

Por lo que respecta a los programas de cooperación universidad-industria son bien venidos ya que son un apoyo sustancial para el logro adecuado de las necesidades industriales.

5.1.7.4 Un caso latinoamericano⁽⁴⁶⁾.

Esta parte se incluye debido a que da una idea de lo que se está haciendo en el resto del continente y permite ver que otros países latinoamericanos están tomando conciencia de lo que significan las nuevas tecnologías para el mercado industrial.

Dada la situación que hemos visto en la planta industrial de nuestro país, la implantación de la Manufactura Integrada por Computadora (CIM, véase capítulo IV inciso 4.1.2) no está contemplada en un futuro inmediato (próximos 5 años). Se cree necesario primero familiarizar a los nuevos ingenieros para trabajar en un medio ambiente CAE-CAD-CAM, vistos prácticamente como módulos separados. Sin embargo, dadas las tendencias a futuro, se debe prever la necesidad de implantación de sistemas de aplicación CIM.

Dado que CIM envuelve una vasta área de conocimiento se deberán tomar medidas para adaptar esta corriente tecnológica en la curricula de nuestros ingenieros.

CIM comprende una extensa área de conocimiento, tratando por ejemplo, Control de Producción a través de programas de Planeación de Producción, Planeación Económica, Planeación Ayudada por Computadora (de la siglas en inglés Computer Aided Planning, CAP), desarrollo y diseño de producto (CAD), Control numérico y sistemas flexibles de fabricación (CAM) y control de calidad (Computer Aided Quality, CAQ).

CIM es un campo multidisciplinario de trabajo que requiere ingenieros con un sólido entrenamiento técnico, abarcando desde una adecuada administración de los materiales en bruto y proporcionar adecuadas ordenes de manufactura, hasta el diseño del producto y sistemas flexibles de programación, demandando una integración global de los procesos de información. En CIM, la palabra clave es integración.

Un estudio brasileño-argentino propone el siguiente currículo orientado a CIM :

I. Entrenamiento básico en:

- Matemáticas
- Física (incluyendo semiconductores)
- Química
- Lógica
- Computación (Sistemas y lenguajes)
- Aspectos sociales
- Aspectos económicos

En todo lo anterior la computadora debe ser usada extensamente como una herramienta de trabajo.

II. Entrenamiento técnico en ingeniería y CIM:

- Aspectos básicos de ingeniería (Mecánica, termodinámica, electrónica, etc.)
- Control
- Inteligencia artificial (Técnicas y conceptos)
- Manejo de información
- Redes de computadoras
- Sistemas flexibles de producción

III. Entrenamiento especializado en :

- Técnicas y herramientas de CAD
- Hardware
- Técnicas de programación.
- Control de calidad
- etc.

Este último módulo sería lo que en la Facultad son los módulos optativos en la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista o las materias obligatorias en la carrera de Computación.

5.1.8 Tendencias

Con respecto a las tendencias que se consideraban en 1987, están:

- "Destreza en el dibujo manual para hacer bosquejos, como prerequisite para el diseño en ingeniería"^(*).
- "El ingeniero debe ser capaz de leer dibujos y esquematizar diseños e instrucciones apropiadas"^(*).
- "La industria en general opina que los ingenieros en el futuro serán usuarios casuales de las herramientas CADD^(*) y deberán entender conceptos de dos y tres dimensiones, y conocer en una forma

(*) Dibujo y Diseño Asistido por Computadora.

superficial como los sistemas CADD manipulan la geometría"⁽⁹⁾.

- "Como usuarios ocasionales de CADD, los ingenieros deberán estar más familiarizados de las técnicas de diseño y análisis (¿Qué le está diciendo la gráfica?), en vez de el hecho de hacer los dibujos"⁽⁹⁾.

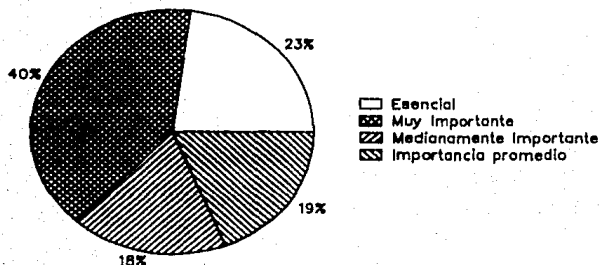
Cabe destacar que dadas las condiciones tecnológicas en los países industrializados, la gran tendencia es la de implantar la tecnología del CAD en la curricula de las licenciaturas y posgrados ya existentes, como lo muestra la figura 5.5 del estudio hecho por la Universidad de Wisconsin⁽⁷⁾. La siguiente tabla, obtenida de la misma fuente, muestra los tópicos más significativos en lo que se refiere a las nuevas tecnologías en las universidades (referente a investigación):

AREAS	FRECUENCIA DE APARICION
Robótica	30
Sistemas Flexibles de Manufactura	19
Procesamiento de Materiales	18
CAD-CAE-CIM	17
Sistemas de Control de Manufactura	10
Integración de Sistemas	10
Simulación	10
Ensamblado Automático	9
Planeado de Procesos	8
Sensores	8
Sistemas Expertos e Inteligencia Artificial	7
Control de Calidad y Rentabilidad	7
Manufactura de Componentes Electrónicos	6
Automatización	6
Diseño de Productos	6
Interacción Hombre-Máquina	3
Otros	1-2

La siguiente tabla muestra la naturaleza de los cursos orientados a las nuevas tecnologías en manufactura que se imparten en las universidades de Estados Unidos.

Curso	Número de escuelas		
	Lic.	Posgrado	Ambos
Diseño Asistido por Computadora (CAD)	64	36	34
Manufactura Asistida por Computadora (CAM)	33	27	28
Manufactura Integrada por Computadora (CIM)	15	16	13
Procesos de Manufactura	77	22	25
Sistemas de Manufactura	32	25	14
Robótica	38	30	28
Automatización	15	16	19
Planeación de Procesos	19	9	15
Planeación y Control de la Producción	44	28	22
Sistemas de Control	47	34	26
Ingeniería Económica	57	19	19
Diseño de Herramientas	12	1	9
Control de Calidad	41	20	21
Simulación	33	32	24
Ingeniería de Materiales	80	37	23
Probabilidad y Estadística	59	28	20
Sistemas de Información para Manufactura	18	16	15

Todo lo anterior indica la importancia que se le está dando en E. U. a las nuevas tecnologías, como herramientas y como campo de estudio por si mismas.



No. de Respuestas 95

Figura 5.6. Opinión de los Decanos de la importancia de la Educación en Manufactura en las Carreras de Ingeniería.

Referente a esto se finalizará con la exposición, mediante una gráfica, de la opinión que se tiene respecto a la inclusión la tecnología CAD/CAM en la curricula de los ingenieros, véase figura 5.6.

5.2 Situación de la tecnología CAD en algunos programas de estudio actuales

Lo documentado en las secciones siguientes es el resultado de la consulta de los programas de estudio en instituciones donde se debería implantar o se está implantando la tecnología CAD.

5.2.1 Facultad de Ingeniería⁽³⁸⁾

Desde el punto de vista académico, la Facultad de Ingeniería está integrada por siete Divisiones que son las que se encargan de las labores de docencia e investigación, dentro de la misma (Ver figura 5.7).

FACULTAD DE INGENIERIA ORGANIZACION ACADEMICA

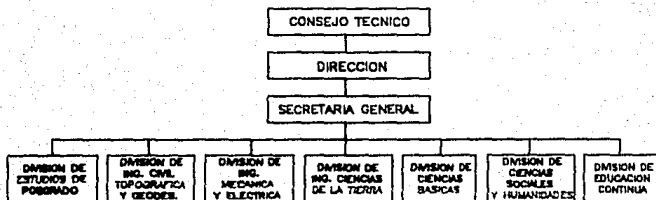


FIGURA 5.7

De acuerdo a las áreas estudiadas en esta tesis se hará el análisis de las carreras de la División de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y las carreras de Ingeniero en Computación e Ingeniero Civil.

La tecnología CAD se debe enseñar desde dos puntos de vista: el primero, en el cual se use como una herramienta y el segundo, en el cual se estudien las técnicas de desarrollo de este tipo de sistemas.

5.2.1.1 Laboratorios de computación de la Facultad de Ingeniería

La facultad cuenta con diez laboratorios de computación (ver Anexo III) incluyendo la División de Estudios de Posgrado y el Centro de Diseño Mecánico. De estos laboratorios cinco cuentan con al menos un paquete de CAD.

5.2.1.2 Carrera de Ingeniero en Computación

Según el programa de estudios: "El Ingeniero en Computación es el profesionista encargado de planear, diseñar, organizar, producir, operar y mantener los sistemas electrónicos para el procesamiento de datos y el control de procesos"

Debido al ámbito tan extenso de trabajo el Ingeniero en Computación puede hacer uso de la tecnología CAD como una herramienta más o puede dedicarse a la construcción de sistemas de este tipo. El Ingeniero en Computación tiene la necesidad de diseñar circuitos electrónicos, topología de redes, sitios donde serán colocados equipos de cómputo y para esto el CAD es una gran herramienta. Ya que se cuenta con programas que ayudan al ingeniero en el diseño de circuitos, encargándose estos programas de buscar la localización ideal de cada circuito y la ruta mínima para la conexión de estos.

Por otro lado el Ingeniero en Computación es capaz de desarrollar sistemas de cómputo de diseño gráfico como los usados por los sistemas CAD. Pero ya sea que se use como herramienta o que se creen se necesita preparación adecuada.

A continuación se hace un análisis de las materias que podrían ser reestructuradas para dar cabida a temas orientados a sistemas CAD.

"Programación Aplicada" que tiene como antecedente "Computadoras y Programación. Se utiliza todo un semestre

para conocer las instrucciones de FORTRAN y técnicas de Análisis y Diseño Estructurado. No se aplica a problemas de ingeniería. Dado que varios sistemas de CAD hacen uso de este lenguaje para particularizar y adecuar los sistemas sería conveniente incluir un tema en el cual se viera un ejemplo de esto.

"Sistemas de Cómputo" que tiene como antecedente "Computadoras y Programación". Se ocupa todo un semestre para entender el concepto de procesamiento de datos, conocimiento de microcomputadoras y el lenguaje Basic. Al final se ve uso de programas de control de costos, de contabilidad y de nómina. En esta materia se podría incluir el manejo de imágenes a través de manipulación de matrices.

TEMAS SELECTOS DE COMPUTO "Diseño Asistido por Computadora" esta es una materia optativa la cual debería estar dentro del programa de materias obligatorias.

A continuación se dan más sugerencias de incorporación de esta tecnología a la carrera.

- a) Que las materias de Dibujo por Computadora e Inteligencia Artificial sean obligatorias lo más pronto posible.
- b) Que dentro de una de las clases de programación se enseñen los temas de Programación Orientada a Objetos y Programación por reglas.
- c) Dentro de la clase de base de datos se vea un capítulo de bases de datos gráficas.
- d) Se abra una clase de Diseño de Sistemas Gráficos en la cual se vean estándares de graficación y conexión con sistemas de análisis.
- e) En la clase de memorias y periféricos se vean periféricos como el ratón, plumilla, tableta, etc. Viendo como están construidos y que señales electrónicas manejan.
- f) Los ingenieros en computación deben ser inducidos a trabajar con diferentes sistemas (además de las PC's bajo MS-DOS, que como se vio en el capítulo IV tienden a cambiar mucho en potencia), ya que durante la encuesta nos encontramos algunos casos en que había equipos subutilizados debido al desconocimiento del sistema operativo (UNIX) por parte de los encargados del equipo. Los ingenieros en computación deben estar en condiciones de eliminar una dependencia excesiva del proveedor.

5.2.1.3 Carrera de Ingeniero Mecánico Electricista

Según el plan de estudios: "EL Ingeniero Mecánico Electricista es el profesional que utiliza los conocimientos de las ciencias físicas y matemáticas y las técnicas de ingeniería, de economía y de administración, para transformar la naturaleza por medio de dispositivos mecánicos y eléctricos en beneficio de la sociedad y para optimizar la integración y el funcionamiento de sistemas productivos formados por hombres y máquinas".

El plan de estudios de esta carrera tiene un tronco común que incluye el 64 por ciento de las asignaturas y después puede optarse por una de las siguientes tres áreas:

- Area de Ingeniería Mecánica
- Area de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
- Area de Ingeniería Industrial

El estudio sobre esta carrera se hizo en base a los departamentos que se muestran en la figura 5.8.

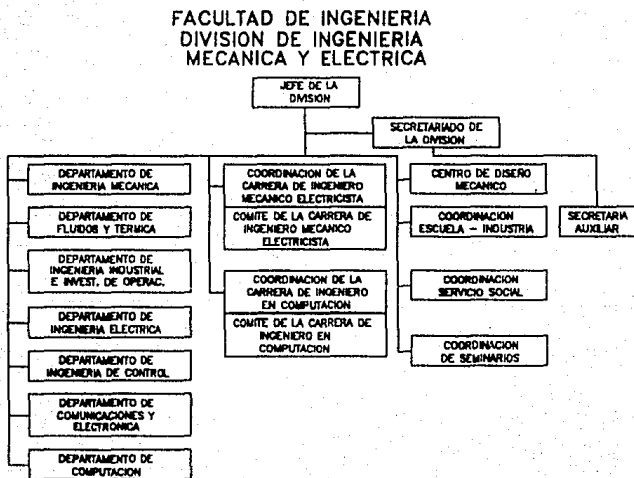


FIGURA 5.8

Departamento de Ingeniería Mecánica.

En este departamento la materia de "Introducción al Estudio de los Mecanismos" tiene como antecedente las materias de "Computadoras y Programación" y "Métodos Numéricos", esto debido a que en el estudio de la síntesis de mecanismos para generación de funciones se aplican los métodos numéricos. En esta materia se sugiere el uso de la computadora para hacer programas que efectúen las iteraciones necesarias para la obtención del mecanismo.

En la materia de "Máquinas de Control Numérico" el objetivo que se persigue es el impartir los conocimientos teórico prácticos fundamentales necesarios para el empleo de máquinas de corte equipadas con control numérico inclusive el tema 6 se llama "Aplicación de las Computadoras en el Control Numérico".

"Procesos de Manufactura" en el tema 9 de esta materia "Automatización, Máquinas Transfer y Control Numérico" se describe un poco el uso de las computadoras en la manufactura.

"Vibraciones Mecánicas" el tema 5 "Métodos Aproximados de Análisis de Sistemas Vibratorios Continuos" el objetivo es comprender la teoría existente detrás de los métodos aproximados basados en el análisis mediante métodos por computadora.

Existe en esta carrera el caso de la materia "Diseño y Manufactura Auxiliados por Computadora, la cual se imparte a los alumnos de ingeniería mecánica y eléctrica como materia optativa del módulo de ingeniería mecánica. Esta materia se ha impartido durante los semestres de 87-I, 87-II, 88-I, 88-II, con un promedio de 14 alumnos.

Los temas que se cubren en esta materia son:

- 1.- Introducción (Micros, minis y mainframes, su descripción)
- 2.- Software y hardware (Recursos con los que debe contar un sistema CAD/CAM)
- 3.- Graficación por computadora (Transformación de coordenadas, concatenación, elementos básicos de dibujo, gráficas en 3D).
- 4.- Funciones de CAD (despliegue de modelos en 2D y 3D, desarrollo de bases de datos mecánicas, generación de mallas)
- 5.- Funciones de CAM (Dimensionamiento y tolerancias, cálculo de trayectorias de herramientas de corte,

biblioteca de herramientas, software para máquinas herramienta)

- 6.- Introducción al análisis (cálculo de propiedades dinámicas, análisis estructural de elementos de máquinas, introducción al elemento finito.

Durante los semestres 89-I y 89-II dicha materia no se ha dado por falta de profesores, porque los que podrían dar estas clases se dedican también a actividades de investigación y esto les absorbe su tiempo. Además el equipo en el cual se basa el curso (Gould de CDM) presenta constantemente fallas de software y de hardware. Actualmente (semestre 90-I) esta materia se imparte teniendo diez alumnos trabajando en dos PC's. El profesor considera que a los alumnos les falta un contacto más continuo con la computadora, además de que se les convezna del beneficio que obtendrán cuando apliquen sus conocimientos teóricos aplicados a la herramienta que es la computadora.

Con respecto a los planes a futuro dentro de este departamento es el de crear una materia llamada "Dibujo por Computadora" y hacer obligatoria la materia descrita anteriormente. Sin embargo, platicando con el jefe del departamento se supo que no hay planes concretos.

Departamento de Ingeniería Eléctrica.

Se observó que a pesar de que el plan de estudios se presta a que la enseñanza se auxilie de las técnicas del CAD, especialmente en lo que a simulación se refiere, el uso de la computadora es mínimo.

Sólo en una materia está programado el uso de la computadora como auxiliar en la toma de decisiones. Esta materia es la de "Operación de Sistemas Eléctricos de Potencia". Su objetivo es describir las características de operación del sistema eléctrico en conjunto (incluyendo plantas generadoras) y se utiliza la computadora como herramienta en la toma de decisiones cuando se estudia el tema 6: "Técnicas Modernas de Control de Sistemas de Potencia". El contenido de este tema es el conocer las técnicas modernas para el control de la operación de sistemas eléctricos de potencia. El uso de la computadora digital en los centros de control de energía. Conceptos básicos de telemedición y telecontrol. Análisis topológico de la red en tiempo real.

Departamento de Fluidos y Térmica.

En las materias que coordina este departamento se encontró que la materia "Aprovechamiento de la Energía Solar" se hace uso de la computadora en su respectivo plan de estudios.

En esta materia se aplica la computadora en el método de diferencias finitas para resolver modelos matemáticos que permiten el estudio de los fenómenos térmicos transitorios. El tema en el cual se usa la computadora es el sexto "Transferencia de Calor", cuyo contenido es:

- Aproximación a el estudio por diferencias finitas
- Simulaciones por computadora
- Elementos de diseño, construcción, operación y control
- Análisis de viabilidad
- Aplicaciones industriales

Departamento de ingeniería industrial e investigación de operaciones.

En las materias que coordina este departamento, se encontraron las siguientes materias que hacen uso de la computadora como una herramienta.

"Administración Computarizada de la Producción" aquí la computadora es usada para programar diferentes modelos para pronosticar la demanda, programar las operaciones de producción, control de trabajo en proceso, control de existencias para determinar la cantidad óptima de materiales que se debe pedir y el momento de hacerlo, creación de una base de datos para planear en forma eficiente las actividades de producción.

"Gestión de Empresas" en esta materia se ve en los últimos capítulos la importancia que tiene la computadora en la Gestión de Empresas. Simulación de la gestión de una empresa comercial (Programas de Juegos Industriales).

"Investigación de Operaciones" aquí se aplican los conceptos básicos de simulación de problemas económicos, mecánicos y de control que se presentan en la industria, basándose en los modelos de cadenas de Markov, programación dinámica, líneas de espera, etc., usando la computadora como herramienta de trabajo.

"Planeación y Control de la Producción" en esta materia se llevan al cabo pequeños sistemas de inventarios y control

de los mismos, aplicando los modelos que se estudian en esta asignatura.

"Técnicas de Optimización" se emplea la computadora para la elaboración de programas que ayuden a resolver los algoritmos de Programación Lineal y los de Teoría de Redes.

Después de revisar el programa de estudios de este departamento se puede decir que si bien se están llevando los elementos para el uso de la computadora en las materias señaladas, es necesario remarcar que los problemas son más de tipo administrativo que de diseño y que podría implantarse más claramente el uso de sistemas de diseño sobre todo en lo que a producción se refiere como es el caso de la evaluación y diseño de sistemas de producción. También se pueden incluir como en Gestión de Empresas algunos programas de simulación a todo lo largo de la carrera.

5.2.1.4 Carrera de Ingeniero Civil.

Después de revisar el plan de estudios de esta carrera se encontró que formalmente sólo en una materia del departamento de estructuras se hace referencia al uso de la computadora como herramienta. Dicha materia es "Aplicación de las Computadoras al Análisis Estructural". El objetivo principal de esta materia es presentar a los alumnos los métodos y programas de análisis estructural resueltos mediante equipo de computación.

Sin embargo, en una entrevista con el Jefe del Departamento de estructuras se comento que la materia antes mencionada es en realidad la continuación de "Análisis Estructural I" y en realidad lo que se estudia en esta materia es el planteamiento con matrices de como resolver estructuras, siendo opcional el uso de la computadora. En la materia de "Temas Especiales de Ingeniería Civil II" se estudia el tema de "Introducción al Método del Elemento Finito" en el cual se hace uso del programa SAP y el alumno debe buscar un laboratorio o equipo que lo tenga.

Durante la entrevista también se indico la existencia del "Laboratorio de Cómputo Estructural" el cual tiene como objetivo usar la computadora para el análisis y diseño estructural. El laboratorio cuenta con el siguiente equipo:

- 5 terminales y una impresora conectadas al sistema Burroughs B7800 de la UNAM.
- Una terminal y un "deck-writer" conectados al sistema VAX de la facultad.

- Una computadora personal con 640 Kbytes en RAM, disco duro de 10 Mbytes, monitor de color e impresora.

Además, en este laboratorio se han adecuado los siguientes programas:

- SUPER-ETABS (Análisis tridimensional de edificios).
- CAL (Computer Analysis Language).
- SAP (Structural Analysis Program).

y se han desarrollado los siguientes:

- Subrutinas gráficas (Trazo de Diagramas de Elementos Mecánicos) para el programa CAL.
- MARPLAIN, MARET (Análisis de Marcos Planos)
- SIMSIS (Simulador Sísmico para Estructuras de un grado de libertad).

los cuales están a disposición de los alumnos que los deseen.

Además, se observó que, excepto el paquete SIMSIS, todos los demás no cuentan con salida gráfica. Esto es una gran limitante ya que se genera un volumen de resultados numéricos bastante alto, por lo cual la interpretación de resultados es complicada y tardada.

Este laboratorio se enfrenta a serios problemas ya que la asistencia de alumnos es baja, aproximadamente el 10 por ciento de los alumnos que cursan alguna materia del departamento de estructuras los cuales son alrededor de 300 por semestre. Esto debido a que el laboratorio cuenta con muy poco equipo, su uso hasta ahora no es obligatorio, se comentó que el próximo semestre habrá una práctica que obligará el uso de este laboratorio y algunos profesores no promueven el desarrollo de este laboratorio ya que consideran que en algunos conceptos se perdería la habilidad manual si se hace uso de la computadora.

Para subsanar un poco la escasez del equipo el departamento de estructuras realiza proyectos en los cuales si es necesario el uso de la computadora, el contratante la proporciona y al final del proyecto pasa a formar parte del departamento.

El jefe de este laboratorio considera que no hay una continuidad en el plan de estudios, para el uso de la computadora como una herramienta. Ya que los alumnos que van al laboratorio no han tenido una preparación suficiente en el uso de la computadora y si la tuvieron ya la perdieron. Por

lo que hay cierto rechazo a usarlo. Se considera que este laboratorio se vería favorecido con la introducción de más equipo de tipo PC ya que su uso es más sencillo, tiene mayor capacidad de despliegue gráfico y por ello existe menos rechazo por parte de los alumnos.

Otra limitante que tiene este laboratorio es la escasez de personal, ya que actualmente sólo cuenta con dos personas para el desarrollo de nuevos programas, cursos semestrales e intersemestrales del uso de los paquetes, asesorías y adaptación de programas de las computadoras Burroughs y Vax a PC's.

Se comentó también que hace dos años el director de la facultad pidió a los departamentos de ingeniería civil que presentaran proyectos de software para ser usado por los alumnos de esta carrera y debido a que sólo los departamentos de estructuras e hidráulica presentaron trabajos, no se justificó un apoyo para fomentar el uso de la computadora.

5.2.1.5 Sugerencias de incorporación de la tecnología CAD en las carreras que no son de computación.

- a) Incluir el tema de Dibujo Asistido por Computadora en la clase de dibujo. Con esto no se quiere decir que se sustituya la enseñanza de dibujo por medios manuales, ya que el estado de la industria mexicana en lo que se refiere a CAD/CAM no está preparado para ello y el alumno en muchas ocasiones deberá recurrir al restirador y a las escuadras. Se considera recomendable crear un ambiente compartido entre los métodos manuales y los métodos computarizados. (véase Capítulo. 3)
- b) Impartir una materia en la cual se vea Diseño Asistido por Computadora llevando un laboratorio en el cual se utilicen paquetes de tres dimensiones. Además en las carreras como ingeniería civil se debería impulsar más el uso de paquetes de análisis estructural como el SAP, CAD/SE, etc.
- c) Que todas las materias de análisis y diseño se vean auxiliadas por laboratorios en donde se use la tecnología CAD/CAE. Además que sea obligatorio el uso de ellos y estimular al profesorado para que se capacite y use los sistemas CAD.
- d) Las materias de Ingeniería de Sistemas se pueden ver enriquecidas si se usan paquetes como Super Project, Harvard Total Project para el control de proyectos.
- e) Se considera que el mayor potencial de equipo de computo se debe destinar para los semestres de la mitad de la carrera en adelante.

5.2.1.6 Sugerencias de incorporación de la tecnología CAD en todas las carreras.

- a) Creación de un laboratorio de simulación por computadora que sea común para todas las carreras. El software para la creación de este laboratorio puede ser desarrollado como tema de tesis o como un trabajo de servicio social, por estudiantes de ingeniería en computación conjuntamente con estudiantes de otras carreras. Este laboratorio permitiría implantar prácticas en aquellas materias en las cuales aún no se ha abierto un laboratorio debido al alto costo del equipo. Además, este laboratorio en un futuro podría usarse como apoyo para sensibilizar al estudiante antes de enfrentarse a prácticas con modelos físicos.

"... En un laboratorio de CAD, el modelado y el trabajo analítico puede ser acelerado al punto de que los estudiantes pueden crear múltiples modelos y analizar los efectos de pequeños cambios. Esto da a los estudiantes el efecto de algunos años de experiencia."⁽¹⁷⁾

La tecnología CAD, es la herramienta para hacer más productivo el trabajo de los ingenieros y permite analizar y estudiar en menos tiempo sistemas reales de ingeniería, esto puede modificar la enseñanza clásica de la ingeniería, que algunas veces hace uso de sistemas o ejemplos idealizados, lejos de la realidad y no relevantes para la industria. Sin embargo, se deben estudiar porque son matemáticamente tratables en el tiempo que dura la clase. Respecto a esto, un doctor del IIE, comentó que un laboratorio de CAD sería muy provechoso para la Facultad de Ingeniería, pero se deberá tener cuidado en seleccionar los procesos que se estudiaran ahí en vez de hacerlo en un laboratorio normal, ya que un contacto directo con el fenómeno a estudiar es más conveniente para entenderlo.

Con la ayuda de este laboratorio, se podría llevar a cabo la simulación de procesos reales, basados en modelos matemáticos.

"La simulación llega a ser una nueva herramienta de la investigación, paralela a la teoría y la experimentación"⁽¹⁷⁾.

Se considera que con este laboratorio también se obtendrían las siguientes ventajas:

- i) El estudiante de ingeniería en computación se familiarizaría con terminología que le podría ser muy útil al empezar a trabajar.

- ii) Los estudiantes de las otras carreras tendrían la misma ventaja, además de un compañero que le ayude a familiarizarse con el uso del equipo.
 - iii) Desarrollo conjunto de tareas de tal forma que se pudiera generar inquietud en el desarrollo de nuevo software aplicable en la industria.
- b) Hacer obligatorio el conocimiento del idioma Inglés por lo menos a nivel de lectura de comprensión. Esto con el fin de tener mayor habilidad en la consulta de textos especializados y de que no sea un impedimento al aprender a usar nuevas tecnologías.

Esto también se basa en los resultados de la encuesta, en la cual se menciona que una deficiencia en los egresados es su falta de dominio del idioma inglés.

- c) Unificar en un sólo organismo los esfuerzos que se ha visto hacen algunos departamentos de diferentes carreras, para fomentar el uso de la computadora como una herramienta de diseño y análisis. Logrando así una mejor captación de recursos y acelerando el proceso de aceptación por parte de alumnos y profesores fuera del área de computación.

5.2.2 División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería (DEPFI)⁽⁴⁰⁾

En consulta con personal directivo de la división nos informaron de la propuesta de la especialización en Ingeniería Asistida por Computadora (CAE), la cual se describe a continuación:

La especialización en CAE se propone como un programa académico de nueva creación, impartido en la DEPFI en la cual se extenderá el grado de especialista en CAE. Esta especialización cuenta con el apoyo del Instituto de Física, el IIMAS, el posgrado de diseño industrial, el Centro de Diseño Mecánico (CDM) y el departamento de matemáticas de la Facultad de Ciencias.

Su objetivo es crear una nueva generación de recursos humanos que aprovechen más eficientemente su formación profesional en las áreas fisicomatemáticas e ingenierías mediante la inclusión de conocimientos y prácticas especializadas basadas en la tecnología CAE con el fin de incidir positivamente en los sectores productivo y académico de nuestro país.

PROBLEMAS QUE SE PRETENDEN RESOLVER:

- Escasez de recursos humanos especializados en el análisis, desarrollo y modificación de sistemas CAE.
- Falta de motivación para aplicar y combinar intensamente diversas ramas de la computación con las diversas ramas de la ingeniería.
- Retraso tecnológico a nivel mundial en el área de CAE que sufre nuestro país.

PERFIL DEL EGRESADO DE LA ESPECIALIZACION:

Debe ser un profesionalista de las áreas fisicomatemáticas, ingenierías o diseño industrial al cual se le han proporcionado los elementos teóricos y prácticos suficientes para desarrollar, modificar o utilizar eficientemente sistemas CAE. De igual forma en el transcurso de su formación se pretende se sensibilice en cuanto al camino que debe seguir para la instalación de sistemas de esta naturaleza. También deberá ser capaz de tomar decisiones de carácter técnico y debido a su formación podrá participar como profesor en instituciones de educación superior.

METODOLOGIA DEL DISEÑO DEL PROGRAMA DE ESPECIALIZACION

La base fundamental para el diseño del programa de estudio es la experiencia adquirida por un grupo de académicos de la UNAM relacionados directamente con problemas de ingeniería que emplean conocimientos en computación para su solución.

Asimismo, se ha consultado bibliografía referente a programas similares en otros países. También se ha recopilado información de reuniones nacionales e internacionales donde se estudia la forma más adecuada de incluir CAD/CAM/CAE en las curriculas de ingeniería.

Reuniendo los elementos anteriores y considerando la realidad nacional, un programa de esta índole debe abarcar los siguientes puntos:

- a) Dada la naturaleza heterogénea de los candidatos que entraran al programa, se requiere de una etapa de homogeneización de los conocimientos. Se considera importante que los candidatos manejen adecuadamente los conocimientos básicos de computación y matemáticas que utilizarán durante toda su etapa de formación.

- b) Los ambientes CAE cubren actualmente un entorno que va desde la conceptualización de un problema, hasta la revisión de un producto terminado, pasando por la fase de diseño, análisis y documentación. Con la finalidad de que un especialista en esta área posea una cultura sobre los tópicos de esta naturaleza, se ha considerado una etapa de conocimientos generales donde se expongan con el detalle suficiente materias de este entorno.
- c) Los conocimientos que se van adquiriendo se refuerzan considerablemente cuando se incluyen elementos adecuados de práctica. En este caso no existe mejor forma de estudiar, criticar y proponer soluciones a sistemas CAE, que trabajando directamente con ellos. Por tanto, se considera necesaria una etapa práctica, intensiva, con sistemas orientados a la formación final que cada estudiante desee.
- d) Una vez presentado un panorama general y haber despertado la imaginación y el interés por el CAE, será posible profundizar en tópicos bien específicos que se presenten en este tipo de ambientes. Se ha considerado una etapa final de esta naturaleza, que puede crecer en opciones y donde el alumno tiene la posibilidad de definir su área de interés.

Es evidente que ciertos sectores de la facultad se han dado cuenta de la importancia de implantar el CAD en los estudios de ingeniería. Sin embargo, creemos que no es suficiente que se de a nivel de posgrado, ya que el porcentaje de alumnos que continúan estudios posteriores a la licenciatura es bajo. Por lo tanto sugerimos su inclusión a nivel licenciatura. Aunque, consideramos necesaria la implantación de la especialidad de CAD en la DEFFI ya que con ello se formarían a los profesores que puedan aplicar la tecnología a los cursos a nivel licenciatura.

5.2.3 División de educación continua

En esta división se ha hecho un esfuerzo para actualizar a los ingenieros en el uso de esta tecnología y a continuación se presenta una tabla de las materias relacionadas con el CAD que se imparten.

- | | | |
|----|--|-----------------------------------|
| 1. | Introducción al Diseño Asistido por Computadora (CAD) para ingenieros. | 2 semanas
4 horas diarias |
| 2. | Graficación en computadoras personales | 3 semanas
12 horas a la semana |

3.	Diseño de circuitos impresos usando técnicas CAD en PC y Mainframe	2 semanas 4 horas diarias
4.	Uso del paquete de dibujo AUTOCAD	3 semanas 12 horas a la semana
5.	Técnicas avanzadas de programación para Inteligencia Artificial	3 semanas 12 horas a la semana
6.	Representación del conocimiento para Inteligencia Artificial	3 semanas 12 horas a la semana
7.	CADAM (Computer-Graphics Aided Design and Manufacturing)	2 semanas 4 horas diarias
8.	CAEDS I. Modelado de sólidos y ensamble de sistemas	9 días 4 horas diarias
9.	CAEDS II. FEM (Método del Elemento Finito)	9 días 4 horas diarias
10.	Inteligencia Artificial	10 días 4 horas diarias
11.	Microcomputación en calidad e Introducción al CAD/CAM	10 días 4 horas diarias

5.2.4 Colegio de Ingenieros Civiles

En una visita al Colegio de Ingenieros Civiles se obtuvo información correspondiente a los cursos que fueron ofrecidos durante la exposición EXPOIN'88.

1. Las hojas de cálculo electrónico en la práctica profesional del ingeniero.
2. La computadora en el Análisis Estructural.
3. Redes de computadoras.
4. La computadora en el Diseño de Cimentaciones.
5. La computadora en la Programación y Control de Obras.
6. La computadora en el Diseño de Estructuras de Concreto.

Todos con duración de 21 horas excepto Redes de Computadoras que tuvo una duración de 18 horas.

Capítulo VI
Conclusiones y recomendaciones.

Capítulo VI Conclusiones y recomendaciones.

Conclusiones

1. Para mantener un buen nivel de competitividad con otras empresas se hace necesario el uso de la tecnología CAD. Hoy en día con la facilidad y rapidez que proporciona el uso de la computadora las empresas requieren tiempos de entrega más cortos y mayores controles en la calidad de los productos. El no hacer uso de la tecnología que permita estar al nivel de competitividad de empresas transnacionales pone en peligro la existencia de la misma empresa.

Un punto muy importante y en que todos los usuarios coinciden y además apoya lo dicho en el párrafo anterior, es que el uso de la computadora permite realizar un mayor número de análisis, de tal forma que se puede escoger la mejor alternativa. Esto a mano es prácticamente imposible, a menos que se tenga mucho tiempo lo cual es poco usual.

Desde luego no se puede dar un cambio repentino de la noche a la mañana, por lo tanto la introducción de la tecnología se debe dar en base a fases. Así se encontró que el uso primordial que se le ha dado a esta tecnología se encuentra todavía en la fase de dibujo como se puede corroborar en las respuestas a la pregunta 2 (véase capítulo II).

Sobre esto es importante hacer mención sobre una encuesta realizada por el centro de manufactura del ITESM, que se realizó en febrero de 1988 y en la cual se encontró también que el principal uso era el de dibujo con un 18% (y en el área mecánica era seguido por el diseño con un 14.5%), los usuarios mencionaron también que deseaban profundizar sus conocimientos en el área del diseño (20%).

La siguiente fase es el diseño y análisis ayudada por el modelado y la simulación, sobre este punto se encontró que en el área de ingeniería civil se hace un uso extensivo de la tecnología en esta fase pero aún a nivel numérico. Aunque, existen ya programas que en manera gráfica representan por ejemplo las deformaciones que puede sufrir una estructura cuando se somete a esfuerzos.

Existen empresas que usan ya la tecnología en todas sus fases como se puede ver en el capítulo III dentro de la sección de casos interesantes. En estas empresas se usa la computadora desde el bosquejo, dibujo y diseño hasta el control de los robots que hacen las piezas.

2. Con respecto a que si es redituable en México el incorporar esta tecnología dentro de una empresa se puede ver en el capítulo II pregunta 14 que el 80 por ciento de los entrevistados contestaron afirmativamente considerando que se aumenta la productividad y la calidad, además se reduce el tiempo sobre todo en la fase del diseño y análisis.

Casi todos los usuarios entrevistados están de acuerdo que el Diseño Asistido por Computadora (CAD) es una tecnología de lento aprendizaje, pero a la larga reditua mucho en su favor en calidad y rapidez. A este respecto, nuestro trabajo encontró que los anteriores rubros era donde una empresa encontraba una mayor ventaja de su sistema CAD, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en una encuesta aplicada por el ITESM⁽³¹⁾ (ellos encontraron que el aumentar la eficiencia era con un 37% lo más importante al profundizar en las aplicaciones de CAD). Sin embargo, en aquella ocasión pocas indicaron explícitamente que eran inducidas por las necesidades del mercado (6.9%), lo cual indica que la aplicación de esta tecnología se esta incrementando rápidamente aunque en la mayoría de los casos se limita todavía sólo al dibujo, relacionado con esto, el mismo estudio, nos dice que de sus encuestados aquellos que no tienen un sistema CAD, el 90 por ciento tiene contemplada su adquisición, 27 en menos de 6 meses, 42 a un año y 31 a más de un año.

Una recomendación que surge en este momento es que se incorpore en los planes de estudio de todas las carreras de ingeniería el uso de esta tecnología dando a los futuros ingenieros mejores bases para facilitar la asimilación de esta tecnología cuando se incorpore a una empresa. Además permitiría su difusión y facilitaría su generalización ya que los egresados conocerían las ventajas del uso del CAD.

3. No se está contratando personal, se adiestra al que ya se tiene (véase pregunta 19 capítulo II). De aquí se desprende un comentario muy importante de parte de los usuarios: es necesario que los estudiantes de carreras profesionales tengan conocimientos de computación y diseño. Es mucho más fácil entrenar un ingeniero civil para usar equipos de cómputo, que dar una carrera de ingeniería civil a un ingeniero en computación.

Además, no se contrata gente debido a que no hay en el mercado muchos que dominen esta tecnología y aquí también se puede decir que es más fácil capacitar al personal que ya está trabajando dentro de la empresa y que ya conoce las fases del proceso, a que se contrate un especialista en CAD y se le entrene para que conozca los procesos dentro de la empresa.

Se vio que esta tecnología favorece el trabajo interdisciplinario dándose en algunas empresas el concepto de grupo de trabajo en donde existen especialistas de diferentes áreas que son auxiliados por un experto en computación para el uso y el desarrollo de sistemas específicos.

4. Con respecto a las características que debe tener la persona que hace uso de la tecnología CAD/CAM se detecto que el personal que labora en la fase de dibujo tiene únicamente estudios técnicos, inclusive los dibujantes que ya estaban laborando en la empresa son los mismos que se tienen actualmente trabajando con sistemas CAD. En la fase de Diseño y Análisis se requiere de profesionistas especialistas en el área, ya que solamente ellos son capaces de alimentar adecuadamente el sistema y evaluar los resultados esperados y obtenidos (Véase capítulo II, preguntas 21 y 22).

Un proveedor comentó que: "su sistema CAD no se hizo para sustituir al ingeniero, sino que es una herramienta para el ingeniero". Los sistemas CAD fueron hechos para auxiliar al ingeniero en los procesos repetitivos y tediosos, permitiéndole dedicar más tiempo a la creatividad.

Otro de los factores que se vio favorece la introducción de los sistemas CAD a una empresa, es que en ella labore gente joven, ya que ellos aceptan con más facilidad los cambios. Existe un poco de rechazo a las computadoras por parte de la gente madura que tiene mucho tiempo trabajando en la manera tradicional (manual y con el uso de una calculadora).

5. El medio por el cual se difunde más la tecnología CAD (capítulo II pregunta 3) y por el cual también se mantienen actualizados los usuarios de ésta (pregunta 30), es el de las revistas; pero estas son muy generales y no existen en México revistas especializadas que difundan las experiencias que se han tenido con esta tecnología en nuestro país. Otro medio que es favorecido es el de las ferias y exposiciones, el cual consideramos no muy adecuado ya que puede falsear el grado de complejidad que puede tener un sistema CAD. Por lo regular en estos eventos se exhiben programas de demostración que hacen ver muy fácil el uso de los

paquetes de Diseño Asistido por Computadora y el usuario puede caer en el error de comprar tal o cual paquete porque en la demostración se vio que era fácil usarlo, pero la realidad es que el sistema es un poco más difícil de manejar de lo que parecía. Esto puede crear un rechazo y frenar la difusión del CAD.

En este punto se pueden hacer dos recomendaciones: la primera es que en las revistas especializadas en cada una de las áreas (mecánica, civil, etc.) se cree una sección que se dedique a difundir las experiencias que han tenido las empresas que ya usan la tecnología CAD y las innovaciones que han salido recientemente al mercado, lo cual puede ayudar al usuario en su decisión de uso y adquisición de sistemas CAD. La segunda, y volvemos a repetir, es que se incluya dentro de los programas de estudio de ingeniería el uso extenso de la computadora. De tal forma que el egresado tenga los conocimientos suficientes para evaluar un equipo y paquetería que más convenga a las necesidades de la empresa para la cual trabaja.

6. Se observó que aunque la tecnología CAD permite la transferencia de información ya sea vía un minidisco, cinta o bien vía telefónica o satélite, esta facilidad no está siendo usada extensamente. Consideramos que falta información adecuada sobre medios de comunicación actual y la posibilidad para hacer uso de ellos. Aquí se recomendaría que en las revistas de computación o especializadas en la tecnología se explique cuales son las posibilidades que existen para compartir información a través de medios computarizados que auxilian a los sistemas CAD. Como una opción disponible en México para la transferencia de datos (proveedor <---> cliente, Matriz <---> Subsidiaria, Cliente <---> Fabricante), de este tipo de información, tanto en forma de archivos como en comunicación en línea, podemos mencionar el estudio que hace el Centro de Investigaciones de Ensenada B. J. (CICESE)⁽⁴⁶⁾.

En este estudio se propone la utilización del sistema de satélites Morelos para suministrar eficientes sistemas de telecomunicación con capacidad para transferir altos volúmenes de información a altas velocidades. En un ambiente de CAD/CAM la capacidad para desplegar salidas gráficas es muy importante. Para incrementar la resolución, el número de pixels o líneas por pantalla, el monto de los datos debe ser incrementado. Por ejemplo, la pantalla de una estación de trabajo de una buena resolución (1024 x 1024 líneas con 8 bits por pixel) tiene alrededor de 1 Mbyte de información.

El tener una eficiente infraestructura en telecomunicaciones representa un reto para la operación

de redes de sistemas CAD/CAM (principalmente interactivas).

"En México existen algunos planes para cambiar de los sistemas tradicionales de comunicación a redes digitales de comunicación). Actualmente existe comunicación de voz utilizando fibras ópticas y existe amplia capacidad de uso de los satélites Morelos. El Morelos I está en función desde 1986, este satélite representa el más efectivo, atractivo y económicamente posible medio de transmisión interactiva entre sistemas CAD/CAM."⁽⁴⁶⁾

Ya hoy en día existen compañías que exigen que para poder entrar a un concurso para un proyecto de ingeniería se tengan sistemas CAD, esto es porque la transferencia de información de los requerimientos del proyecto y la presentación de este se hace todo a través de computadoras, quedándose atrás el uso de planos y maquetas.

7. El tiempo para hacer un nuevo dibujo es menor con ayuda de la computadora, cuando ésta ya se domina, en vez del método tradicional. Pero la mayor ventaja se tiene al hacer modificaciones, ya que en la computadora ya no hay que redibujar en la totalidad. Además, se tiene un mayor poder de análisis, ya que se pueden estudiar diferentes alternativas en poco tiempo, minimizando los costos.
8. Con respecto a la disponibilidad de sistemas CAD y el servicio que estos requieren se encontró que no existe el número adecuado de proveedores y con el nivel suficiente de conocimientos para promover adecuadamente el uso de la tecnología en el país. Esto provoca desconfianza entre los usuarios actuales y los potenciales.

La necesidad de servicio crece continuamente y va desde imprimir un plano porque no se cuenta con un graficador, un estudio de viabilidad para la compra del equipo que más se adecúe a la compañía que lo requiere hasta la asesoría y diseños completos.

La deficiencia en los proveedores consideramos se debe también a la falta de contacto con este tipo de equipos desde los estudios de licenciatura.

Otro de los problemas que se detecto con los proveedores, es que no hay contacto directo con las personas que desarrollan el software, que en su mayoría es importado, por lo tanto, el usuario no tiene la manera de expresar sus necesidades directamente con el fabricante para un mejor entendimiento de éstas. En México es necesario adecuar el software a las

necesidades específicas de la problemática de nuestro país.

El AutoCAD es el paquete más usado, pero en la mayoría de las veces, sólo como un paquete de dibujo, lo cual origina que el ingeniero tenga que hacer el análisis de ingeniería a mano o en el mejor de los casos (y poco frecuente) con la ayuda de un programa independiente que le da los resultados numéricamente. Como se puede observar más que "Diseño Auxiliado por Computadora" se hace "Dibujo Auxiliado por Computadora", sólo empresas grandes tienen el poder económico para comprar los módulos de análisis con salidas gráficas.

Los paquetes 3D (tres dimensiones) tienen una difusión muy baja, lo cual consideramos es debido principalmente a que tienen un alto costo, y por otro lado, a que las personas que pueden adquirirlo no lo hacen porque no le ven gran aplicación. Con ello se puede decir que aplicaciones más completas del CAD, como el diseño de naves industriales y su mantenimiento son mínimas.

En México el desarrollo de sistemas CAD se realiza principalmente en instituciones de investigación, pero no se ha logrado dar una difusión adecuada a sus productos, por lo que los usuarios se inclinan por la adquisición de paquetes comerciales limitándose a verlos como una caja negra, donde lo más que se hace es un programa con salida numérica y ésta a su vez sea la entrada a un sistema CAD para obtener la salida gráfica. Así pues, siendo esta una caja negra es muy difícil de adaptarse a necesidades nacionales.

9. Se observó también que es en las empresas grandes donde el CAD tiene mayor difusión y en su gran mayoría son licenciatarias de empresas extranjeras, por ello son inducidas a mantenerse actualizadas. Pero en las empresas medianas y pequeñas esta tecnología no ha logrado tener una amplia difusión, observándose que si en una empresa de este tipo se tienen conocimientos del CAD y de su potencial en el diseño, se crea un esquema de implantación de éste en corto plazo.
10. Se observa también que la situación actual en el área mecánica, es de mayor disponibilidad para el intercambio de experiencias y se piensa que es debido a la diversidad de productos existentes. Por el contrario, en el área civil y arquitectura, el intercambio de experiencias es menor ya que el producto es el mismo y poderse mantener en el mercado es a base de concursos; lo cual origina un aislamiento tecnológico ya que cada empresa desarrolla sus propios paquetes.

Sin embargo, es en el área de ingeniería civil donde las empresas hacen más desarrollos propios, 21 casos, 7 casos en el área mecánica y un caso de desarrollo en dibujo. Resultados mostrados en el capítulo II.

11. Se pudo observar que un gran porcentaje de empresas entrevistadas utilizan equipos de cómputo no muy caros como es el caso de las microcomputadoras (véase pregunta 32, capítulo II), resultados que coincide con los obtenidos por la encuesta realizada por el ITESM⁽³¹⁾, en febrero de 1988. En donde se observó que la mayoría de los usuarios desean recibir capacitación a nivel microcomputadora (52%), seguido de la combinación micro-mainframe (16%). Esto muestra que para hacer uso de esta tecnología no es necesario incurrir en gastos muy fuertes sobre todo al inicio.

Recomendaciones

1. A corto plazo se podría dar a conocer más profundamente la tecnología CAE CAD/CAM a los alumnos de ingeniería a través de:
 - a) Conferencias y vídeos sobre experiencias vividas por empresas que usan esta tecnología.
 - b) Visitas a institutos de investigación donde se estén desarrollando aplicaciones de CAD para la solución de problemas de ingeniería.
 - c) Visitas a distribuidores de Software y Hardware de la tecnología CAD/CAM.
 - d) Cursos intersemestrales sobre paquetes de dibujo y diseño. Invitando a expositores de la División de Estudios de Posgrado, de la División de Educación Continua y del Colegio de Ingenieros Civiles.
 - e) Invitar a proveedores para que se integren en un programa común para la difusión de esta tecnología dentro de las escuelas vendiendo sus sistemas a un costo significativo o regalándolos. Esta acción reeditará, a un mediano plazo, beneficios para ambas partes ya que el proveedor está asegurando futuros clientes y el alumno tendrá acceso a esta tecnología desde sus estudios de licenciatura como lo están haciendo diversas universidades en el extranjero.
 - f) Fomentar el uso cotidiano de estas herramientas, no solamente hacer que los departamentos desarrollen

nuevos cursos especializados. A esto se le puede agregar lo siguiente: "... se pone énfasis en aprender lo antiguo mientras le agregamos algo de lo nuevo."⁽¹⁰⁾

- g) Aumentar la relación escuela-industria a través de proyectos que se necesite sean desarrollados con la tecnología CAD/CAM. Esto permitiría a los estudiantes conocer las necesidades reales de la industria mientras aplican los conocimientos adquiridos sobre la tecnología.

Además se deben adoptar políticas para garantizar la entrega de los trabajos sin que se vean afectados por vacaciones o huelgas en las universidades.

- h) La parte docente tiene que liberar sus cursos de las partes obsoletas o incluir la tecnología en aquellas donde la computadora pueda ayudarle en la exposición de algún ejemplo o tema. La tendencia es agregar nuevo material sin eliminar parte del antiguo.

Se necesita identificar la información y habilidades que se requieran del estudiante y luego la información en la cual el profesor se ayudará de la computadora para su exposición.

Se deben sobre todo desarrollar las habilidades creativas del estudiante y cimentar estas sobre la base de un sólido conocimiento científico y técnico. Para lograr eso es recomendable que el profesor disponga de estaciones de trabajo a su servicio, puesto que es él quien primero debe darse cuenta de las ventajas del uso de la computadora en la enseñanza.

2. Se requiere que en los estudios profesionales se ponga énfasis en una buena preparación en el diseño.

Es indispensable que el ingeniero recién egresado, haya tenido la oportunidad de usar el CAD como una herramienta de diseño a lo largo de su carrera y así estar familiarizado con esta tecnología.

Como se ha dicho, el CAD es una tecnología de lenta asimilación, pero esto se debe en gran parte a que es algo nuevo para los recién egresados y a que los que están al frente de las industrias prefieren los antiguos métodos. Por ello es importante que los recién egresados estén en contacto directo con esta tecnología, sus ventajas, sus desventajas, sus potencialidades. Así

como, de ser capaces de manejar este tipo de paquetes sólo con el manual técnico.

Mientras no haya una buena preparación académica de los recursos humanos, sera difícil salir de la etapa de limitar al CAD a ser "Dibujo Auxiliado por Computadora".

En cuanto a el ingeniero en computación, debería estar familiarizado con los estándares de CAD y con las técnicas para el intercambio de información de estos paquetes y sus interfaces gráficas. Además, como se vio en el capítulo IV, la tecnología computacional está incrementando la velocidad y el poder de proceso mediante arquitecturas de tipo paralelo, lo cual crea una nueva necesidad en la formación de estos ingenieros tanto para desarrollo de hardware como software.

3. Debe haber en nuestro país una reconsideración acerca de las curriculas que ofrecen las escuelas de ingeniería en relación al potencial ofrecido por la tecnología CAD (ver capítulo V).

La nueva tecnología computacional permitirá atacar sistemas de ingeniería de complejidad creciente, pero el futuro ingeniero tendrá que dominar su área tanto como los fundamentos científicos que la gobiernan, respecto a esto conviene mencionar la siguiente nota:

"Se ha observado un incremento de importantes innovaciones tecnológicas proviniendo de investigaciones puramente científicas".

La pregunta es: ¿Cómo los ingenieros apreciaran y adoptaran los nuevos descubrimientos a las aplicaciones que ellos desarrollan, sin el suficiente conocimiento de las áreas científicas relacionadas?.

Uno de los más recientes estudios de la ONU, recomendó que: "Para que los ingenieros estén adecuadamente preparados para el futuro tecnológico y los subsecuentes desafíos, la educación de estos deberá poner énfasis en los fundamentos científicos de su formación".

El dominio de estos fundamentos hace adaptable al ingeniero a las nuevas tecnologías.

"Las máquinas liberan al hombre del penoso trabajo manual, las computadoras liberan al ingeniero del penoso trabajo de buscar datos para analizar y presentar resultados. En el futuro usaran complicados paquetes computacionales, y aquellos que desarrollen estos programas deberán entender los principios físicos en los cuales el paquete

está basado para hacer una aplicación óptima, así como el usuario, para hacer un uso eficiente de éste"⁽³⁰⁾.

La educación con computadoras deberá ser una parte más en los cursos de las licenciaturas en ingeniería. En los últimos 25 años la enseñanza de las matemáticas no ha cambiado mucho y es concebible que las computadoras puedan cambiar esta situación.

4. Esta recomendación está basada en las repuestas a las preguntas 8, 9 y 10, y consiste en que los proveedores y asesores que ofrezcan cursos sobre el uso y aplicación de la tecnología CAD creen dos tipos de cursos uno básico y el otro avanzado. En el curso básico consideramos se debe ver el manejo esencial del equipo y familiarizar al usuario con los comandos y menús que tenga el paquete. En el curso avanzado se deben desarrollar aplicaciones prácticas sobre el área de especialización del estudiante. De esta forma no se da un curso tan árido como es el de sólo explicar los comandos, cosa que es muy criticada por las personas que han tomado estos cursos, y con los cursos avanzados el estudiante se daría realmente cuenta de la potencialidad que tiene esta tecnología.

Además, consideramos que debe existir un tercer curso en el cual solamente se involucren gentes que tengan conocimiento en computación. Este curso se debe dar en el caso de que el software se haya abierto y permita ser modificado por el propio usuario, de tal forma que realmente se pueda explotar la facilidad que se ha dado. Este curso permitiría conocer la estructura y el lenguaje que se deberá usar para realizar dichos cambios.

Durante el 1er Congreso Nacional de Informática para la Ingeniería se expuso el tema "Desarrollo de la Modalidad en Español para AutoCAD" y en el se explicó como modificar los menús y las ayudas de pantalla, así como, completar el alfabeto con los caracteres específicos del español. Sin una orientación previa se necesita mucho tiempo para conocer un paquete abierto y dominar las instrucciones que se requieren para hacer cambios como los mencionados anteriormente.

5. Se necesita una mayor difusión de eventos en los que haya participación de usuarios de esta tecnología, ya que no hay contacto entre ellos y no se discuten experiencias.
6. Se necesita mayor especialización de los paquetes que existen en el mercado ya que son muy generales.

Se requiere de despachos que proporcionen servicio de cómputo cuando el usuario de la tecnología CAD no esté en posibilidades de comprarlo.

7. Es importante el dominio del idioma inglés al menos a nivel de lectura de comprensión, ya que, como se ha visto los paquetes más usados están en este idioma.
8. Hacer conciencia de que el uso de esta tecnología incrementa la creatividad ya sea en la escuela o en la industria y que esta es una gran oportunidad para lograr una revolución industrial en México.
9. Se debe elegir el equipo y software que: tenga un representante en México para no incurrir en gastos más fuertes cuando se necesite una reparación o una asesoría. Que haya compatibilidad con otros equipos y software para no quedarse aislado y poder hacer uso de la facilidad de transferencia de información, se debe considerar también el futuro y pensar en la posibilidad de emigrar a un equipo más grande, para un buen software esto debe ser transparente.
10. No sólo en las carreras técnicas debe implantarse el uso de las computadoras durante los estudios, también en las carreras, como por ejemplo, economía se debe implantar la enseñanza de paquetes como SPSS ó TSP de los cuales ya hay versiones para microcomputadora de tal forma que el economista pueda dedicarse más al análisis de modelos y no ha perder el tiempo efectuando cálculos rutinarios.

A N E X O I

CUESTIONARIO PARA LA ENCUESTA DE PROVEEDORES

ENCUESTA A PROVEEDORES DE TECNOLOGIA CAD

Nombre de la empresa _____
Dirección: _____
Calle y número _____
Colonia _____ C.P. _____
Persona a contactar _____
Puesto _____ Profesión _____
Teléfono(s) _____

Objetivo

Conocer cuál es la opinión de los proveedores de sistemas CAD (Diseño Asistido por Computadora) acerca de: el uso de esta tecnología en México, los beneficios de su aplicación, las limitaciones actuales de los sistemas y su sugerencia para promover su uso. Además, se desea conocer cuáles son los requerimientos de recursos humanos.

Al final se pregunta acerca de los productos que comercializan para tener una idea de la disponibilidad de estos sistemas en nuestro país.

Nota:

La información recabada con este cuestionario es confidencial y únicamente con fines estadísticos.

1.- ¿Considera usted que el uso de esta tecnología está totalmente difundida en México?

Sí _____ (pase a la pregunta 3)

No _____ (continúe con la siguiente pregunta)

2.- Desde su punto de vista ¿cuáles son los principales problemas que limitan el uso de CAD en México?

3.- ¿Considera usted que la información está llegando adecuadamente al usuario?

Sí _____ (continúe con la pregunta 5)

No _____ (continúe con la siguiente pregunta)

4.- ¿Cuál es su sugerencia para poder tener mayor interacción con los usuarios?.

5.- ¿Tiene su compañía contacto con instituciones de estudio o investigación las cuales están haciendo desarrollo o uso del CAD?.

Sí ___ Cuáles _____

No ___

Le gustaría establecer este tipo de contacto?.

Sí ___ Con cuáles _____

No ___

6.- ¿Recomendaría usted se integrara a los planes de estudios el conocimiento de esta tecnología?.

Sí ___ En qué áreas _____

Por qué _____

No ___ Por qué _____

7.- ¿Tiene su compañía información de experiencias vividas con esta tecnología en otros países?.

Sí ___ Cuáles _____

En que países _____

No ___ Por qué _____

8.- ¿Ha participado su compañía en algún evento de promoción de esta tecnología (congreso, exposición, feria, etc.)?.

Sí ___ Cuál(es) _____

No ___ Por qué _____

9.- ¿Qué medios usa para la difusión de sus productos?.

- a) Revistas y periódicos especializados
- b) Visitas directas a clientes potenciales
- c) Correspondencia
- d) Otros (especifique)

Respuesta ___ y ___ y ___

10.- ¿Qué medidas propone usted para la difusión del CAD en México?.

Nota:

Si usted considera prudente, nos gustaría tener una breve descripción de los productos que desarrollan o venden, con el fin de tener una lista de sistemas CAD disponibles en México.

- 11.- ¿A qué está dedicada principalmente su empresa?.
- a) Desarrollo de software y/o hardware.
 - b) Distribución y venta de productos.
 - c) Comercialización de productos extranjeros.
 - d) Otro (especifique)
-

Respuesta ___ y ___ y ___

12.- ¿Qué productos desarrollan o venden y cuál es su área de aplicación?.

Producto	Area de aplicación
1. _____	_____
2. _____	_____
3. _____	_____
4. _____	_____
5. _____	_____
6. _____	_____

13.- ¿Cuál considera tiene mayor demanda y por qué?.

14.- El producto cuenta con:
(marque con una cruz, refiérase a la lista de la pregunta 12)

Ayuda en línea	___	___	___	___	___	___
Tutorial	___	___	___	___	___	___
Ninguno	___	___	___	___	___	___
	1	2	3	4	5	6

15.- ¿Permite su sistema integración con otros?.

Si _____ No _____

Cuáles (en caso afirmativo):

- a) Mainframe
- b) Redes
- c) Control numérico
- d) Otro software

Cuál _____

(Hoja electrónica, procesador de palabra,
seguidor de proyectos, paquete de
tipografía, inclusive)

Respuesta _____

16.- ¿Qué tipo de equipo requiere su software?.

- a) Mainframe
- b) Minicomputadora
- c) Microcomputadora

Respuesta _____

Marca y modelo _____

(Si existe una preferencia)

17.- ¿Qué tipo de soporte ofrece su compañía?.

- a) Entrenamiento sin costo
- b) Cursos con costo
- c) Asesorías
- d) Mantenimiento bajo contrato
- e) Renta de software
- f) Otro (especifique)

Respuesta(s) _____ Y _____ Y _____ Y _____

18.- La preparación de sus técnicos especializados es de origen:

- a) Nacional
- b) Extranjero
- c) Ambos

Respuesta _____

19.- ¿Qué estudios requieren sus técnicos?.

20.- ¿Sugiere algún elemento adicional en la orientación del estudio de sus técnicos?.

21.- Si su compañía se dedica sólo a distribuir ¿quiénes son sus principales proveedores?.

22.- ¿En que caso se ubica su empresa?.

- a) Empresa mexicana 100%, con desarrollos propios.
- b) Casi 100% mexicana asociada con compañías del extranjero.
- c) Coinversión 50% mexicana y 50% extranjera aprox.
- d) Empresa extranjera 100%.

Respuesta _____

23.- ¿Desea agregar un comentario?.

¿Podría facilitarnos los datos de personas que pudiesen contestar esta encuesta?.

Persona a contactar _____
Nombre de la empresa o institución _____

Dirección: _____
Calle y número _____
Colonia _____ C.P. _____
Puesto _____ Profesión _____
Teléfono(s) _____

Persona a contactar _____
Nombre de la empresa o institución _____

Dirección: _____
Calle y número _____
Colonia _____ C.P. _____
Puesto _____ Profesión _____
Teléfono(s) _____

Persona a contactar _____
Nombre de la empresa o institución _____
Dirección: _____
Calle y número _____
Colonia _____ C.P. _____
Puesto _____ Profesión _____
Teléfono(s) _____

GRACIAS POR SU COLABORACION

Observaciones

A N E X O I I

CUESTIONARIO PARA LA ENCUESTA DE USUARIOS

ENCUESTA A USUARIOS DE TECNOLOGIA CAD.

Nombre de la empresa o institución _____
Dirección: _____
Calle y número _____
Colonia _____ C.P. _____
Persona a contactar _____
Puesto _____ Profesión _____
Teléfono(s) _____

Objetivo

Conocer cuales son las necesidades y limitaciones que se han dado en México sobre el uso y desarrollo de sistemas CAD (Diseño Asistido por Computadora) y cual es su disponibilidad; además, se recopilarán experiencias para promover un uso más extenso de esta tecnología en México. Existe un especial interés en el desarrollo de recursos humanos, por lo tanto se preguntarán las necesidades de preparación de los egresados de las escuelas de educación superior, para hacer un uso más adecuado de la tecnología CAD.

Nota:

La información recabada en este cuestionario es confidencial y únicamente para fines estadísticos.

Software

- 1.- ¿Cuáles son los paquetes que usan y a que áreas están dirigidos primordialmente (mecánica, arquitectura, civil, etc.)?.

Paquete	Area de aplicación
1. _____	_____
2. _____	_____
3. _____	_____
4. _____	_____
5. _____	_____
6. _____	_____

2.- ¿Cuál es el uso primordial para estos paquetes?

- a) Dibujo
- b) Diseño
- c) Diseño y Análisis
- d) Diseño, Análisis y Manufactura

Respuesta ____

3.- ¿A través de que medios se enteró de la disponibilidad de la tecnología CAD/CAM?.

4.- De estos paquetes ¿cuáles fueron desarrollados en México y cuáles en el extranjero? (Refiérase a los números de la respuesta 1).

México	___	___	___	___	___	___
Extranjero	___	___	___	___	___	___
	1	2	3	4	5	6

5.- ¿Ha sido desarrollado en su empresa algún software para la tecnología CAD?.

Sí ___ Alguno de los mencionados

1 2 3 4 5 6

Otro (explique) _____

No ___

6.- Los paquetes cuentan con:

Ayuda en línea	___	___	___	___	___	___
Tutorial	___	___	___	___	___	___
Ninguno	___	___	___	___	___	___
	1	2	3	4	5	6

7.- La comprensión de los manuales es:

Fácil	___	___	___	___	___	___
Adecuada	___	___	___	___	___	___
Difícil	___	___	___	___	___	___
	1	2	3	4	5	6

8.- ¿Les ofrecen cursos de actualización los distribuidores de su software?.

Sí ___ (Continúe con la siguiente pregunta)

No ___ (Continúe con la pregunta 10)

9.- ¿Considera que son adecuados?.

Sí _____ No _____

Por qué _____

(Continúe con la pregunta 11)

10.- ¿Le han sido necesarios?.

Sí _____ No _____

Explique _____

11.- ¿Estos paquetes satisfacen totalmente sus necesidades?.

Sí _____ Qué paquetes _____

No _____ Qué paquetes _____

1 2 3 4 5 6

Por qué _____

12.- ¿Los paquetes que actualmente están usando son fáciles de emplear?.

Sí _____ No _____

13.- ¿Cuánto tiempo le tomó a su personal aprender a usar los paquetes y el sistema?.

1. _____ 2. _____

3. _____ 4. _____

5. _____ 6. _____

Sistema _____

14.- ¿Ha sido redituable la inversión tanto en costo, como en el tiempo invertido por su personal?.

Sí _____ No _____

Explique _____

15.- ¿Qué les motivó a hacer uso de esta tecnología?.

16.- Actualmente además del CAD ¿usan el anterior procedimiento?.

Sí _____ Por qué _____

No _____

17.- ¿Sobre que área hacen sus dibujos, diseños y/o análisis?.

Recursos Humanos

18.- ¿Qué tanto ha aumentado la productividad de su personal desde que fue instalado su equipo?.

- a) 76 a 100%
- b) 51 a 75%
- c) 26 a 50%
- d) 1 a 25%
- e) nada

Respuesta _____
Explique (rapidez, calidad, etc.) _____

19.- ¿Es el personal que usa el CAD el mismo que tenía antes de introducir el equipo?.

Sí _____ No _____ (Si su respuesta fue negativa
continúe con la pregunta 21)

20.- ¿Tuvo algún problema su personal para adaptarse a la nueva forma de trabajo?.

Sí _____ Cuáles _____

No _____ Por qué _____

21.- Desde su punto de vista ¿qué persona es ideal para el uso de este equipo?.

22.- ¿Qué estudios tiene el personal que actualmente hace los dibujos, diseños y/o análisis y en qué institución o universidad los hicieron?.

23.- ¿Qué deficiencias ha observado en la preparación académica de su personal?.

24.- ¿En qué aspectos considera que su personal está debidamente preparado?.

25.- ¿Qué elementos, sugiere, deben formar parte de su preparación?.

26.- ¿Ha intercambiado experiencias con otras compañías o instituciones?.

Sí _____ Cuáles _____

No _____

¿Le interesaría hacerlo?

Sí _____ Con cuáles _____

No _____

27.- ¿Ha recibido alguna asesoría externa apoyándose en un despacho y/o en una institución educativa o de investigación?.

Sí _____ De qué tipo _____

(continúe con la siguiente pregunta)

No _____ (continúe con la pregunta 29)

28.- ¿Quién proporcionó la asesoría?.

- a) Despacho
- b) Institución educativa
- c) Institución de investigación
- d) Otro (especifique)

Respuesta _____

29.- ¿Usa el CAD para intercambiar información con otros usuarios?.

Sí _____ No _____

30.- ¿Por qué medio se mantienen actualizados sobre esta tecnología?

- a) Cursos o seminarios
- b) Revistas y/o periódicos especializados
- Cuáles _____
- c) Congresos
- d) Ferias o exposiciones
- e) Proveedores
- f) Interacción con otros usuarios

Respuesta ___ y ___

31.- ¿De qué manera, considera usted, se podrían mejorar estos mecanismos de actualización?

Hardware

32.- ¿Con qué equipo cuentan y cuáles son sus capacidades?

- Marca y modelo _____
- Capacidad en memoria _____
- Capacidad en disco _____
- Periféricos _____
- Otros _____

33.- ¿Permite su sistema integración con otros?

Si _____ No _____

Cuáles (en caso afirmativo):

- a) Mainframe
- b) Redes
- c) Control numérico
- d) Otro software

Cuál _____

(Hoja electrónica, procesador de palabra, seguidor de proyectos, paquete de tipografía, inclusive)

Respuesta _____

34.- ¿Tienen la necesidad de expandir su equipo?.

Sí _____ No _____

Cuál:

- a) Equipo central
- b) Software
- c) Periféricos (cuáles)

d) Otros (especifique)

Respuesta _____

35.- ¿Se consideró la opción de usar una compañía de servicio, en vez de comprar o rentar el sistema?.

Sí _____ Por qué no se uso _____

No _____

Servicio de Proveedores

36.- ¿Satisface sus necesidades de mantenimiento (tanto en software como en hardware) el servicio que les da su proveedor?.

Sí _____ No _____

37.- ¿Cuánto tiempo le toma al proveedor proporcionar las nuevas versiones, tanto en software como en hardware, que van siendo liberadas por el fabricante?.

Conclusión

38.- ¿Qué perspectivas tiene esta tecnología dentro de su empresa?.

39.- ¿Desea agregar un comentario?.

¿Podría facilitarnos los datos de personas que pudiesen contestar esta encuesta?.

Persona a contactar _____
Nombre de la empresa o institución _____

Dirección: _____
Calle y número _____
Colonia _____ C.P. _____
Puesto _____ Profesión _____
Teléfono(s) _____

Persona a contactar _____
Nombre de la empresa o institución _____

Dirección: _____
Calle y número _____
Colonia _____ C.P. _____
Puesto _____ Profesión _____
Teléfono(s) _____

Persona a contactar _____
Nombre de la empresa o institución _____

Dirección: _____
Calle y número _____
Colonia _____ C.P. _____
Puesto _____ Profesión _____
Teléfono(s) _____

GRACIAS POR SU COLABORACION

Observaciones:

A N E X O I I I

**LABORATORIOS DE COMPUTACION
DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA**

**REPORTE DE LA VISITA A LOS LABORATORIOS DE COMPUTACION CON
QUE CUENTA LA FACULTAD DE INGENIERIA**

LABORATORIOS QUE CUENTAN CON EQUIPO CAD:

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE
INGENIERIA.**

4 Microcomputadoras IBM RT20
con 12 Megabytes en RAM, 2 Discos duros de 70 Megabytes
pantalla con resolucion de 1K x 1K
Sistema operativo UNIX.

CENTRO DE DISENO MECANICO:

1 minicomputadora marca Gould, con 2 estaciones de trabajo, 3
microcomputadoras PC tipo AT equipadas para trabajar como
estaciones de trabajo utilizando el paquete Autocad.

**LABORATORIOS DE LA DIVISION DE INGENIERIA MECANICA Y
ELECTRICA.**

LABORATORIO DONDE SE ENCUENTRA LA PDP/1140

6 microcomputadoras printaform con 512 K en RAM
2 microcomputadoras portatiles IBM con 256 K en RAM
1 microcomputadora BPM con 640 K en RAM
1 microcomputadora DENKI-CORONA con 256 K de RAM

No cuentan con paquetes de CAD.

LABORATORIO DONDE SE ENCUENTRAN LAS TERMINALES B-7800

9 microcomputadoras PRINTAFORM con 512 K de RAM.

No cuentan con paquetes de CAD

LABORATORIO DEL 4o. PISO DE LA D.I.M.E.

- 1 microcomputadora BPM con 640 K de RAM.
- 14 microcomputadoras PRINTAFORM con 640 K de RAM.
- 11 terminales conectadas a la Burroughs.

No cuentan con paquetes de CAD.

LABORATORIO DE LA PLANTA BAJA DE LA D.I.M.E.

- 10 microcomputadoras PRINTAFORM
- 2 microcomputadoras BPM
- todas con 640 K de RAM

No cuentan con paquetes de CAD.

**LABORATORIO DEL 2o. PISO DE LA D.I.M.E.
(Ingeniero Antonio de Buen Lozano)**

- 17 microcomputadoras PRINTAFORM.
- 7 microcomputadoras BPM
- todas con 640K de RAM.

No cuentan con paquetes de CAD.

**Centro de cálculo de la Facultad de Ingeniería (CECAFI).
(Edificio Principal)**

16 terminales de la VAX.

Cuentan con paquetes gráficos como el GRAFICA.COM,
SISTGRAF.COM, Autocad.

**Centro de cálculo de la Facultad de Ingeniería (CECAFI).
(Edificio Anexo)**

- 15 microcomputadoras tipo PC, con 2 unidades de floppy y disco duro.
- 10 microcomputadoras tipo PC que son usadas como terminales de la Burroughs.
- 2 microcomputadoras PS/2 modelo 60, que también son usadas como terminales de la Burroughs.
- 4 microcomputadoras tipo PC que son usadas como terminales de la VAX.
- 14 microcomputadoras tipo PC que son usadas como terminales de una Altos-586, con sistema operativo Xenix.
- 1 microcomputadora tipo PC para impresión.

Tienen el paquete Autocad, el cual pueden usar los alumnos que lo deseen.

LABORATORIO DE COMPUTADORAS Y PROGRAMACION.

- 7 microcomputadoras PC-PRINTAFORM, con 640 K de RAM y 2 unidades de floppy.
- 6 HP-150 con 256 K de RAM y 2 unidades de floppy de 3.5"
- 2 microcomputadoras IBM-PC-XT con 256 K de RAM y 2 unidades de floppy.
- 6 IBM LAPTOP con 256 K de RAM y 2 Unidades de floppy.
- 20 microcomputadoras PC PRINTAFORM con 512 K de RAM y 1 unidad de floppy.
- 35 microcomputadoras PC-PRINTAFORM con 512 K de RAM, con 2 unidades de floppy.

Dan servicio exclusivamente a los alumnos de la materia de ingeniería en computación, por ello el número de usuarios depende del semestre. En semestre non el promedio es de 20,000 visitas y en semestre par es aproximadamente la mitad. Cuentan con el paquete de Autocad, pero su uso es opcional.

A P E N D I C E

EL METODO KJ

EL METODO KJ DIAGRAMA DE SEMEJANZA

El método KJ clarifica importantes pero irresolubles problemas por colección de datos verbales de una desorganizada y confusa situación y analiza los datos por mutua SEMEJANZA.

El método KJ y las 7 nuevas herramientas de OC.

El método KJ fue desarrollado y popularizado por Kawakita Jiro. La principal Herramienta en el método KJ es el diagrama de SEMEJANZA, las 7 nuevas herramientas ayudan a resolver problemas no sólo a través de la repetida aplicación de diagramas de SEMEJANZA, sino también a través de la combinación del uso de otros diagramas.

Descripción del Diagrama de Semejanzas del Método KJ.

Los diagramas de SEMEJANZA del método KJ fueron diseñados para reunir factores, opiniones e ideas acerca de algunas desconocidas e inexplorables áreas en las cuales hay además un completo estado de desorganización. Como la primera de dos estrellas en el cielo a la puesta del sol; Los datos son colocados por ellos mismos conforme a su mutua SEMEJANZA. Entonces las áreas de datos son reducidas a pequeños narrativos de cuantitativa forma.

Uso de los Diagramas de SEMEJANZA.

Reconociendo Factores.

La información acerca de campos desconocidos e inexplorables es difícil de obtener. Es importante reunir factores acerca de un campo, uno por uno, para comprender "como esta organizado" cuando nosotros reunimos datos en una situación semejante, es importante hacerlo con un criterio abierto. Otro caso, nosotros podemos hacer milagros por interpretación de los datos en términos de previas opiniones e hipótesis. Esto sucede cuando se tiene información desconocida.

Dibujando el Diagrama de SEMEJANZA.

Un diagrama de SEMEJANZA es creado a través de los siguientes pasos:

1. Selección del Tema.
2. Colección de Datos Narrativos.
3. Transferencia de Datos Narrativos a las Cartas.
4. Sorteo de Cartas.
5. Etiquetado de Cartas.
6. Dibujo del Diagrama.
7. Presentación Oral o Escrita.

Mucha gente Incluyéndose Kawakita Jiro tuvieron que escribir en detalle los pasos involucrados en la preparación de los diagramas de SEMEJANZA para el método KJ.

Selección del Método.

Las 7 nuevas herramientas QC incluyen otras 6 técnicas en complemento al método KJ.

El diagrama de semejanzas es usado donde los datos están arreglados y el problema esta definido, puede ser usado en 6 diferentes formas.

Seleccionando un Tema.

Los diagramas de semejanzas son apropiados para usarse con las siguientes restricciones:

- Los factores son inciertos y difíciles de entender necesitan ser agarrados sistemáticamente.
- Son inciertos y desorganizados; necesitan ser arreglados.
- Noción Preexistente hace esto difícil de archivar con un fin; las ideas presentes pueden ser eliminadas y nuevas formas de pensar deben ser adoptadas.
- La existencia de sistemas e ideologías desguarnecidas; necesita ser establecido un nuevo sistema.
- No existe unidad en un grupo heterogéneo de gente; el equipo de trabajo debe comprometerse para un entendimiento mutuo.

Necesidad de un coordinador para listar los trabajos y dar claridad a las ideas y políticas.

En conformidad, el uso de un diagrama de semejanzas es apropiado, (1) cuando hay una fuerte necesidad de una solución de cualquier forma, (2) cuando una solución no es válida, (3) cuando se toma mucho tiempo para la solución de un problema fundamental. Los diagramas de SEMEJANZA no deben ser usados para los problemas que requieren una solución instantánea.

Colección Verbal de Datos.

Existen varios métodos para la colección verbal de datos.

Observación Directa.

Se puede trabajar en el campo, haciendo observaciones directas ya sea visual, escuchando o bien por experiencias. El método KJ usa el término de exploración externa para poner énfasis en la importancia de factores encontrados en el campo.

Transfiriendo los datos verbales a cartas.

La colección de datos verbales son divididos en ideas en forma de oraciones independientes, con una clave y sencillo significado, y la oración es registrada en la carta. Los términos abstractos y expresiones complicadas deben ser evitadas; usar oraciones ordinarias. El uso de oraciones abstractas hace a los datos un poco inútiles.

Agrupando Tarjetas.

Las cartas deben ser mezcladas bien para eliminar el orden preexistente y entonces se extienden alrededor para que cada carta pueda ser vista. Cada carta debe ser leída lentamente 2 ó más veces, las cartas que contengan similitud son agrupadas juntas en base a su SEMEJANZA, este sorteo es echo no en base a la razón, sino en base al sentimiento. Las cartas no deben ser agrupadas en base a un sorteo de ideas y preconcepciones o categorías existentes acordadas. El término "sentimiento" se refiere al estado que precede a la conciencia lógica. Las cartas deben ser agrupadas con la parte derecha del cerebro.

Después de que 2 ó 3 cartas son agrupadas, deben ser etiquetadas. Algunas veces 5 ó 6 cartas son coleccionadas, pero este tipo de colección a veces indica que no se hizo grupo homogéneo, pero fueron clasificadas dentro de cierta

categoría establecida, esto es similar para agrupaciones de cartas o tarjetas postales dentro de cajas. Cuando 2 cartas son agrupadas, un proceso similar hace nameplates comienza.

Etiquetando las Cartas.

El grupo de cartas debe ser leída una vez más y verificar para ver si han sido agrupadas apropiadamente, si se tiene sospecha de que las cartas son extrañas o de campos inapropiados se sacan del grupo y se regresan a la pila preordenada. Las cartas que parezcan ser propias del grupo, se les da una etiqueta que representan brevemente las características del grupo, la etiqueta se escribe en una carta en blanco. La esencia de la etiqueta recae en la retención de matices de las cartas con expresión viva y ordinaria. Se supone que la etiqueta debe llevar por completo el significado de las cartas, pero no decir más de lo que debe. Es inapropiado expresar el significado en términos abstractos. Una vez que la etiqueta de la carta ha sido completada se acomoda encima de todas las cartas y se amarran con una liga. El grupo de cartas etiquetadas se tratan como únicas, y el procedimiento con el resto de las cartas continúa.

Dibujando el Diagrama.

Algunas cartas se van desechando del procedimiento de sorteo y no caen dentro de un grupo específico. Estas son llamadas cartas "Lobo Solitario" o cartas "aisladas". Estas deben quedarse solas y no intentar forzarlas para que queden dentro de un esquema de sorteo. El proceso de sorteo continúa con las cartas "Lobo Solitario" con grupos individuales hasta que el número de grupos sea más o menos 10.

Después de que los grupos son arreglados, se dibuja el diagrama de grupos. Para este propósito el grupo de cartas que fueron coleccionadas al último son posicionadas de tal forma a su mutua relación. Estas cartas son empastadas en una hoja y se usan símbolos para indicar su mutua relación.

Presentación Oral.

El contenido del diagrama es explicado oralmente, el significado de cada carta es explicado sólo con ideas que se vengan a la mente a la hora de la presentación

Presentación Escrita.

Un reporte escrito sólo con un diagrama de SEMEJANZA. En la explicación de los datos se incluyen nuevas ideas que

vengan a la mente. Igualmente expresiones como "Esto es", "Yo pienso" y "esto parece" pueden ser usadas.

REFERENCIAS

- (1) Allen, Pugh G. y Njock Libii Josue
Computer Graphics in Fluid Mechanics Education
Frontiers in Education Conference Proceedings
IEEE, ASEE 1986
- (2) Baldwin, Wesley L.
Surface Modeling. A Prerequisite for CAD/CAM Instruction
1987 Frontiers In Education Conference Proceedings
- (3) Baran, Nick
Two Powerful Systems from Sun
Byte Mayo, 1989
- (4) Carlson, Bruce A. y Frederick, Dean K.
Tutorial Computer Graphics in Electrical Engineering
1983 ASEE Annual Conference Proceedings
- (5) Charles, Bernard S. y Gould, Phillip L.
Microcomputer-Based CAD Systems in
Engineering Education -- An Update
1983 ASEE Annual Conference Proceedings
- (6) Cochran, William G.
Sampling Techniques, Second edition
John Wiley & Sons, INC.
- (7) DeVries, Marvin F.
Manufacturing Education in Engineering Curricula.
Present and Future
Society of Manufacturing Engineers
Autofact '86 Education Forum, noviembre 1986
- (8) DeVries, M.F.
University-Industry cooperation in the USA for
Manufacturing Systems Engineering Education, University
of Wiscounsin-Madison, G. Koves, IBM Corporation.
- (9) Duff, Jon M.
Trends In Engineering Graphics Education
Frontiers in Education Conference Proceedings
IEEE, ASEE 1987
- (10) Eschenbach, Ted G.
Computer Aided Truss Design for Freshman
1983 ASEE Annual Conference Proceedings

- (11) Gallo Montes de Oca, Ana Lilia
Tesis "El Diseño y la Fabricación Auxiliados por Computadora"
Universidad Anahuac del Sur, Escuela de Informática
México, D.F., 1989
- (12) Goodman, Erik D.
How Michigan State University Integrated Computer-Aided Engineering, Design and Manufacturing into its Engineering Curricula
A. H. Case Center for Computer-Aided Design
Michigan State University, 1988
- (13) Hernández Gómez, Luis Héctor
La Utilización de la Computadora en el Diseño de Tuberías para Plantas de Potencia y Proceso.
Boletín IIE, enero-febrero 1987
- (14) Holtz, Brad y Udell, Jon
The Third Dimension
Byte Mayo, 1989
- (15) Lewell, John
Aplicaciones Gráficas del Ordenador
Panorama de las Técnicas y Aplicaciones Actuales
Germann Blum, Madrid - Barcelona, 1986
- (16) Mendizabal Oryza, Flavio
Diseño Auxiliado por Computadora
Tesis profesional, Facultad de Ingeniería, UNAM, 1986.
- (17) Miller, Michael J. y Demel, John T.
The Class of 2001: The Role Of Engineering Graphics in 1997
Frontiers in Education Conference Proceedings
IEEE, ASEE 1987
- (18) Parsaye, Kamran y Chignell, Mark
Expert Systems For Experts
John Wiley & Sons, Inc., 1988
- (19) Penny Cook, T. J.
Pera Report 394
ESTADOS UNIDOS. 1985, IMEC
- (20) Rhodes, Curtis A.
Teaching Computer-Aided Drafting in Freshman Engineering Graphics.
Frontiers in Education Conference Proceedings
IEEE, ASEE 1987
- (21) Schildt, Herbert
Turbo Prolog. Programación Avanzada
Osborne, Mc Graw Hill. Primera edición, España 1988.

- (22) Schlender, Brenton R.
Se inicia una nueva guerra de computadoras
El Economista
Jueves 19 de octubre de 1989
- (23) Smith, Paul R. y Van Laan, Thomas J.
Piping and Pipe Support Systems
Mc. Graw Hill, 1980
- (24) Thomas, Dave
Object Oriented Programming
What's in an Object?
Byte, marzo 1989
- (25) Watson, Judith A.
CAD Instruction: The Team Approach
Frontiers in Education Conference Proceedings
IEEE, ASEE 1987
- (26) Advanced Graphics
Marzo, 1988, U.S.A.
- (27) AUTOCAD release 10 on UNIX/XENIX
Discover, The Newsletter and Technical Bulletin of the
Santa Cruz Operation Inc., marzo-abril 1989.
- (28) CAD/CAM y su Relación con las Ingenierías
Instituto de Investigaciones Eléctricas, 1988
- (29) CAD/CAM Laboratory. Manufacturing Technologies Program
of BMFT.
Karlsruhe Nuclear Research Center
Enero 1986 IIE
- (30) Education 2000
Technion Report. Samuel Neaman Institute
Israel, 1988.
- (31) Encuesta de CAD
Centro de Sistemas de Manufactura
Febrero 1988. ITESM, Monterrey Nuevo León
- (32) High-end CADD
PC-magazine, agosto 1988.
- (33) IBM Grantee School Consortium
Technical Reports
Volume 1 - 1988

- (34) Impacto Industrial de Nuevas Tecnologías en Diseño y Manufactura. Diagnostico, Políticas, Acciones Aportaciones al Programa Sexenal de Gobierno Instituto de Investigaciones Eléctricas, 1989.
- (35) Management For Quality Improvement, The Seven New QC Tools. Shigeri, Mizuno, Editor Productivity Press. Cambridge, MA 02140, 1988.
- (36) Mundo Científico No. 87, Enero de 1989.
- (37) Oferta de Servicios de la División de Análisis y Sistemas IMEC, 1989
- (38) Planes de Estudio de las Carreras de Ingeniero Mecánico Electricista e Ingeniero en Computación. Facultad de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México, Octubre de 1982
- (39) Programas de los Grados de Maestría En Diseño y CAD/CAM Cranfield Institute of Technology, 1989.
- (40) Propuesta para la Especialización en Ingeniería Asistida por Computadora División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México, 1989.
- (41) Sistema Integral para el Diseño Asistido por Computadora de Torres de Transmisión Boletín IIE, mayo-junio, 1986.
- (42) Smart Factories: America's Turn? A Few Advanced Plants now-A Competitive Arsenal Soon Bussines Week, mayo 8, 198

DIRECTORIOS:

- (43) Cámara Nacional De la Industria de la Construcción, 1989
- (44) Asociación Nacional de Industrias de Transformación
- (45) Cámara Nacional de Empresas de Consultoria

MEMORIAS:

- (46) Application of Computers to Engineering Design,
Manufacturing and Management in Latin America Countries
Proceedings of the IFIP TC5 Conference
Gerardo León Lastra, Editor
Instituto de Investigaciones Eléctricas, agosto 1988

- (47) 1er. Congreso Nacional de Informática para la
Ingeniería, "Un modelo para el aprendizaje y la
enseñanza de la informática". Cuernavaca, Morelos 26 y
27 de octubre 1989.