UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

APLICACION DEL SOFTWARE AUTOCAD EN EL DISEÑO DIMENSIONAL DE ELEMENTOS DE MAQUINAS

POR

ING. RUBEN CHAVEZ CASTILLO

T E S I S

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA MECANICA CON ESPECIALIDAD EN DISEÑO MECANICO

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. MARZO DE 2000

TA
Z5853
.M2
FIME
2000
Ch38

APLICACION DEL SOFTWARE AUTOCAD EN EL DISEÑO DIMENSIONAL DE ELEMENTOS DE MAQUINAS

1020130073

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACU TAD DE INGENIERIA MECAN'CA Y ELECTRICA

DI IS ON DE ESTUDIOS DE POST GRADO

A PL C ION D SOF WARE AUTOCAD EN E D SENO DIMEN..IONAL DE ELEMENTOS MAQU NAS

N - RUBEN CHAVEZ CASTILLO

T E S I S

N OPC ON A GRADO DE MAES RO EN CIENC AS DE A NGENIERI MECANICA CON ESPECIALIDA EN DISENO MECANICO

49260

TM
Z5853
.M2
F1MC
2000
Ch38

FONDO
TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

APLICACIÓN DEL SOFTWARE AUTOCAD EN EL DISEÑO DIMENSIONAL DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS

POR

ING. RUBÉN CHÁVEZ CASTILLO

TESIS

EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA CON ESPECIALIDAD EN DISEÑO MECÁNICO

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN
MARZO DE 2000

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

APLICACIÓN DEL SOFTWARE AUTOCAD EN EL DISEÑO DIMENSIONAL DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS

POR

ING. RUBÉN CHÁVEZ CASTILLO

TESIS

EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA CON ESPECIALIDAD EN DISEÑO MECÁNICO

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN
MARZO DE 2000

UNIVERSIDAD AUTONAMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis **"Aplicación del Software Autocad en el Diseño Dimensional de Elementos de Máquinas"** realizada por el Ing. Rubén Chávez Castillo sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Mecánica con especialidad en Diseño Mecánico.

El Comité de Tesis

M. en C. David A. Oliva Alvarez
Asesor

M. en C. Daniel Ramírez Villarreal.
Coasesor.

M. en C. José Luis Castillo Ocañas.
Coasesor.

Vo.Bo.
M.en C. Roberto Villarreal Garza.
División de Estudios de Postgrado

San Nicolás de los Garza, Nuevo León, a Marzo de 2000

DEDICATORIA

Doy gracias a Dios por haberme permitido terminar mi carrera de maestria, por haber puesto en mi camino a mi esposa e hija que las llevo en el corazón. Sobre todo permitirme vivir.

A mi esposa Gabriela por su amor, apoyo moral, inestimable iniciativa, compresión y ayuda para la realización de esta tesis.

A mi hija Gabriela de Dios lo más hermoso.

MUCHAS GRACIAS

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor M. en C. David A. Oliva Alvarez y mis coasesores M. en C. Daniel Ramírez Villarreal y M. en C. José Luis Castillo Ocañas por su colaboración para la elaboración de esta tesis.

A mi coasesor M. en C. Rodolfo Ayala Estrada (†) por la ayuda prestada en la elaboración de esta tesis.

MUCHAS GRACIAS.

APLICACIÓN DEL SOFTWARE AUTOCAD EN EL DISEÑO DIMENSIONAL DE ELEMENTOS DE MAQUINAS

PRÓLOGO

La presente tesis pretende mostrar de manera general y desde el punto de vista del actor una guía que provee al lector de una herramienta para el diseño dimensional de algunos elementos de máquinas (ejes, impulsores de banda en V y engranes rectos), generando dichas aplicaciones mediante el software AutoCAD v13. La presente es una propuesta para el área docente, para el laboratorio de elementos de máquinas I y II.

Inicialmente se vera una introducción al software de AutoCAD en cuanto: como entrar, editor de dibujo, distribución de la pantalla, entrada de ordenes, coordenadas, ayuda y manejo del mause. En el segundo capítulo se incluye el manejo del software: menús, comandos: salto, rejilla y ortogonal, entrada de datos, comandos: línea, arco, círculo y polilineas, manejo de propiedades de objeto. También se incluye la tercera dimensión: caracteristicas de tercera dimensión, generación de regiones, operaciones booleanas, edición de sólidos, secciones 2D en sólidos 3D, cortes de sólidos por un plano, cálculo de interferencia entre sólidos y listado de propiedades fisicas.

El software puede calcular las propiedades de superficie, por lo cual se documenta en un capítulo sobre este tema.

También se incluye la aplicación a ejes, en el cual se vera el procedimiento de diseño, las fuerzas que ejercen los elementos de maquinaria sobre ejes, concentraciones de tensiones, tensiones de diseño, tensión por esfuerzo de corte, tensión normal de diseño (debido a la fatiga), factores de diseño, ejes sometidos a flexión y torsión, tamaños básicos recomendables para ejes y un problema ilustrativo.

En el tema de aplicaciones de impulsores de banda en V, se vera las caracteristicas, secciones transversales, procedimiento, datos de diseño y un problema ilustrativo.

En el capítulo sexto, se vera las aplicaciones de engranes rectos en cuanto a la geometría, nomenclatura, terminología, característica del diente envolvente y se realiza un problema ilustrativo.

En los últimos dos capítulos, se incluyen las conclusiones y recomendaciones, respectivamente.

INDICE

Página:

Prologo. 1

Indice 3

Síntesis. 8

Introducción. 11

Capitulo 1 .- Introducción al AutoCAD. 1-1

1.1.- Como se entra en AutoCAD 1-1

1.2.- El editor de dibujo 1-2

1.3.- Distribución de la pantalla 1-3

1.4.- Procedimientos para la entrada de ordenes 1-5

1.5.- Sistemas de coordenadas 1-5

1.6.- Sistema de ayuda de AutoCAD 1-7

1.7.- Manejo del mause 1-7

Capitulo 2.- **Manejo del software del AutoCAD.** 2-1

2.1.- Despliegue de menús 2-1

2.2.- Comando snap (forzcursor o salto) 2-6

2.3.- Comando grid (rejilla o cuadricula) 2-6

2.4.- Comando ortho (ortogonal) 2-7

2.5.- Introducción de datos 2-7

2.5.1.- Coordenadas 2-7

2.5.2.- Definición de los limites de dibujo 2-8

2.6.- Comando de líneas 2-8

2.7.- Comando arco 2-9

2.8.- Comandos círculos 2-10

2.9.- Comando polilínea 2-11

2.10.- Manejo de propiedades de objeto 2-12

2.10.1.- Capa 2-12
2.10.2.- Color 2-12
2.10.3.- Tipo de línea 2-12
2.10.4.- Cambio de propiedades 2-12
2.11..- Borrar 2-13
2.12.- Copiar 2-13
2.13.- Cortar 2-13
2.14.- Desplazar 2-13
2.15.- Zoom 2-13
2.16.- Tercera dimensión (3D) 2-14
2.16.1.- Características de 3D 2-14
2.16.2.- Comando elevación 2-14
2.16.3.- Como definir un SCP 2-14
2.16.4.- Gestión de un SCP 2-15
2.16.5.- Generación de regiones 2-16
2.16.5.1.- Región 2-16
2.16.5.2.- Generación de primitivas por extrusión de un perfil 2-16
2.16.5.3.- Generación de primitivas por revolución de un perfil 2-17
2.17.- Operaciones booleanas con sólidos y regiones 2-18
2.17.1.- Unión de sólidos y regiones 2-19
2.17.2.- Diferencia de sólidos y regiones 2-19
2.17.3.- Intersecciones de sólidos y regiones 2-20
2.18.- Chaflan (Empalme) en sólidos 2-20
2.19.- Filete (Empalme) en sólidos 2-21
2.20.- Secciones 2D en sólidos 3D 2-21
2.21.- Cortes de sólidos por un plano 2-22
2.22.- Obtención de superficies, caras o aristas de un sólidos o región 2-23
2.23.- Calculo de interferencias entre sólidos 2-23
2.24.- Listado de propiedades físicas 2-24

Capitulo 3.- Propiedades de superficie. 3-1

3.1.- Centros de gravedad para un sistema de partículas 3-1

3.2.- Centro de masa 3-3

3.3.- Centro de gravedad, centro de masa y centroide de un cuerpo 3-3

3.4.- Procedimiento para análisis 3-6

3.5.- Centros de gravedad de cuerpos compuestos 3-7

3.6.- Procedimiento para análisis 3-8

3.7.- Momentos de inercia 3-9

3.8.- Teorema de los ejes paralelos para de un área 3-10

3.9.- Radio de giro de un área 3-11

3.10.- Momentos de inercia para un área por integración 3-12

3.11.- Momentos de inercia para áreas compuestas 3-13

3.12.- Producto de inercia para un área 3-15

Capitulo 4.- Aplicaciones del software a ejes. 4-1

4.1.- Procedimiento de diseño de flechas o ejes 4-2

4.2.- Fuerzas que ejercen elementos de maquinaria sobre ejes 4-4

4.2.1.- Ruedas dentadas 4-4

4.2.2.- Engranes helicoidales 4-5

4.2.3.- Rueda o polea para cadena 4-6

4.2.4.- Poleas acanaladas para bandas en forma de V 4-7

4.2.5.- Poleas de banda plana 4-8

4.2.6.- Coples flexibles 4-9

4.3.- Concentraciones de tensiones en ejes 4-9

4.3.1.- Cuñeros 4-11

4.3.2.- Chaflanes de hombros 4-13

4.3.3.- Ranuras para anillos de sujeción 4-14

4.4.- Tensiones de diseño para ejes 4-14

4.5.- Tensión por esfuerzo de corte (τ_d) de diseño 4-15

4.6.- Tensión normal de diseño, carga que genera fatiga 4-15

4.7.- Factores de diseño (N) 4-18

4.8.- Flechas solo a flexión y torsión..... 4-18
4.9.- Tamaños básicos recomendables para ejes..... 4-20
4.10.- Problema ilustrativo..... 4-22

Capitulo 5.- Aplicaciones del software para el diseño de Impulsores de banda en V...... 5-1
5.1.- Características de un impulsor de bandas en V..... 5-3
5.2.- Secciones transversales de bandas en V estándar..... 5-5
5.3.- Procedimiento para el diseño de impulsores de bandas en V.. 5-7
5.4.- Datos de diseño..... 5-8
5.5.- Problema ilustrativo..... 5-14

Capitulo 6.- Aplicaciones del software a engranes rectos. 6-1
6.1.- Geometría de engranes: forma de diente envolvente..... 6-2
6.2.- Nomenclatura de engranes rectos y características de los dientes..... 6-6
6.3.- terminología de los engranes..... 6-6
6.4.- Contorno de un par de engranes rectos de involuta estandar.. 6-9
6.5.- Engranes rectos métricos..... 6-10
6.6.- Angulo de presión..... 6-12
6.7.- Interferencia..... 6-14
6.8.- Acotación de engranes..... 6-15
6.4.-problema ilustrativo..... 6-16

Capitulo 7.- Conclusiones...... 7-1

Capitulo 8.- Recomendaciones...... 8-1

Bibliografia..... 140
Listado de tablas..... 141
listado de figuras..... 142
Glosario de términos..... 145
Resumen autobiográfico..... 147

APLICACIÓN DEL SOFTWARE AUTOCAD EN EL DISEÑO DIMENSIONAL DE ELEMENTOS DE MAQUINAS.

SÍNTESIS

Capítulo 1.- Introducción al AutoCAD.

En este capítulo se hace la preparación de la documentación de la información del software AutoCAD en cuanto: como se entra al paquete, distribución de la pantalla: área gráfica, barra de menú, barra de herramientas estándar, barra de propiedades, barra de herramienta flotante, ventana de mensajes y ordenes, barra de estado y barra de desplazamiento. Esto es con el fin de conocer la ubicación de cada barra de herramientas en la pantalla. Se indica los procedimientos para la entrada de ordenes, sistema de coordenadas, ayudas y manejo de mouse.

Capítulo 2.- Manejo del software del AutoCAD.

En este capitulo se documenta la forma de trabajar el software. Iniciando con el despliegue de menús (se muestran figuras), con el comando snap se forza la posición del cursor, el comando grid es una rejilla o malla en la pantalla, el comando ortho es para el trazo de líneas ortogonales, introducción de datos: coordenadas y definición de los limites del dibujo, generar: líneas, arcos, círculos y polilineas, manejo de propiedades de objeto: capa (layer), color, tipo de línea, cambio de propiedades, borrar, copiar, desplazar y zoon. Con todo la anterior (básico) ya establecido se esta preparado para entrar a la tercera dimensión (3D): características de la 3D, comando elev (elevación), como definir un SCP (sistema de coordenadas personal), gestión de un SCP, generación de regiones: región, generación de primitivas por extrusión y revolución de un perfil, operaciones booleanas con sólidos y regiones: unión, diferencia (substracción) y intersección, edición

booleanas con sólidos y regiones: unión, diferencia (substracción) y intersección, edición de sólidos, secciones 2D en sólidos 3D, cortes de sólidos por un plano, obtención de superficies, caras o aristas de un sólido o región, calculo de interferencias entre sólidos y listado de propiedades fisicas, dimensionado, textos y librería de materiales. Para finalizar se vera la documentación para la impresión.

Capítulo 3.- Propiedades de superficie.

En este capítulo se vera las propiedades de superficie de una región: centro de gravedad y centro de masa. Para un cuerpo: centro de gravedad, centro de masa, centroide, volumen y un procedimiento para el análisis de estas propiedades. Continuamos con cuerpos compuestos: centros de gravedad y un procedimiento para su análisis. La documentación más importante es la de momentos de inercia para un área y el radio de giro (para columnas). Se indica el procedimiento por integración para el cálculo del momento de inercia para un área. Por último, el procedimiento para encontrar el momento de inercia para áreas compuestas mediante el teorema de los ejes paralelos y el producto de inercia para un área.

Capítulo 4.- Aplicaciones del software a ejes.

En este capítulo el objetivo es el diseño dimensional (trazo) de ejes mediante el software AutoCAD. Para cumplir el objetivo se sugiere un procedimiento de diseño de ejes. Se documenta la siguiente información: las fuerzas que ejercen los elementos de maquinaria sobre ejes, los cuales pueden ser: ruedas dentadas (engranes), poleas acanaladas para bandas en forma de v, poleas de banda plana y coples flexibles. Además las concentraciones de tensiones (esfuerzo) en ejes: cuñeros, chaflanes de hombros y ranuras para anillos de sujeción. También las tensiones de diseño para ejes, tensión de esfuerzo de corte de diseño, tensión normal de diseño (carga que genera fatiga), factores de diseño (N), flechas solo a flexión y torsión, tamaños básicos recomendables y por último se tiene una aplicación del software a un eje en particular.

Capítulo 5.- Aplicaciones del software para el diseño de Impulsores de banda en V.

En el presente capítulo se vera la geometría básica, características, secciones transversales estándar, diseño y datos de diseño de los impulsores de banda en V. Por último se tiene un problema ilustrativo y la impresión que se obtiene aplicando el software AutoCAD v13.

Capítulo 6.- Aplicaciones del software a engranes rectos.

Iniciamos con la geometría de engranes rectos, forma del diente envolvente, nomenclatura y características de los dientes. También la terminología, interferencia y descripción de la metodología para el diseño de un engrane. A finalizar se incluyen algunas impresiones (diagramas) en las cuales se observa: la metodología para generar una curva envolvente, envolventes que coinciden y la generación de un engrane de acuerdo al diseño dimensional.

Capítulo 7.- Conclusiones

En este capítulo se indican las conclusiones a las que se llegaron en cuanto a la utilización del software AutoCAD v13.

Capítulo 8.- Recomendaciones.

Se explica en este capítulo las recomendaciones que se dan al lector para facilitar el manejo del software AutoCAD v13 en casos similares.

INTRODUCCIÓN

El objetivo:

Diseñar elementos de máquinas, en cuanto al dimensionado, utilizando el software AutoCAD v13 y en el área docente, para proponerse al programa del laboratorio de diseño de elementos de máquinas I y II.

La justificación:

El trabajo fue realizado con la finalidad de obtener más información sobre el software AutoCAD v13 para la aplicación en del diseño dimensional de elementos de máquinas.

La metodología:

Está sustentada en conocer el software AutoCAD v13 en cuanto al manejo de la pantalla y los comandos que se utilizan de acuerdo a la aplicación a realizar. Por tal motivo se documento en los primeros dos capítulos sobre el software a usar. Con el fin de generar más fácilmente la aplicación deseada se recomienda generar varias capas (layers) y en cada uno de ellos: un tipo de línea y color de acuerdo al uso de la capa. En el capítulo tres se documenta sobre las propiedades de superficie que se deben de usar en el diseño de ejes (el software también calcula dichas propiedades). En la aplicación del software para ejes, impulsores de banda en V y engranes rectos se realizan en los capítulos cuatro, cinco y seis, respectivamente. En los últimos dos capítulos se indican las conclusiones y recomendaciones que se le da al lector.

Limites:

Debido a la gran gama de elementos de máquinas que existen solamente se vera la aplicación de los ejes o flechas, impulsores de bandas en V y engranes rectos. Además de la documentación para la realización de estos temas y lo más importante el software necesario para generar dichas aplicaciones.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN AL AUTOCAD.

1.1.- COMO SE ENTRA EN AUTOCAD.

En una instalación completa de AutoCAD para Windows 3.11 o Windows 95, el administrador de programas dispondrá de un grupo de programas como el que se muestra en la figura 1.1. Basta con efectuar un doble clic en el icono del programa AutoCAD para iniciar la sesión de trabajo.

En el proceso de instalación del programa AutoCAD se crea automáticamente un archivo de proceso por lotes llamado acadr13.bat. Indicando su nombre a nivel del sistema operativo se entra en el programa AutoCAD:

C:\>acadr13 (return)

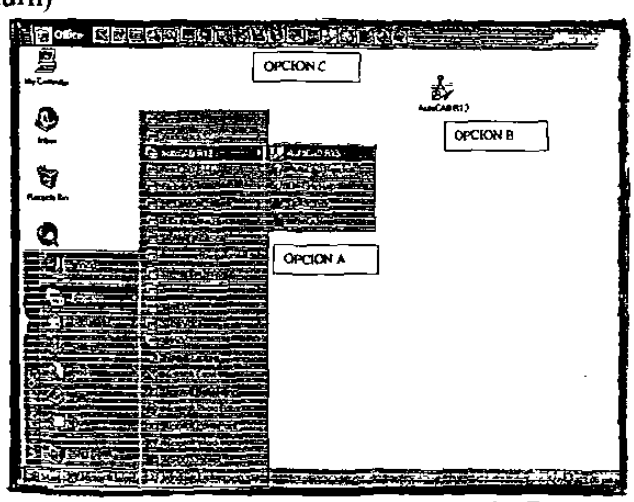


Fig 1.1 Como se entra en AutoCAD.

1.2.- EL EDITOR DE DIBUJO.

Una vez que AutoCAD ha sido correctamente configurado, se visualiza en pantalla el editor de dibujo, como se muestra en la figura 1.2. Es el formato de trabajo sobre el cual se presentan los dibujos a realizar, así como todas las ordenes y procedimientos del programa. Al inicio, el área gráfica muestra un dibujo sin nombre que asume el prototipo establecido en la configuración, por defecto, acad.dwg.

La orden New (nuevo) permite dar nombre a un dibujo que se va a empezar. La orden Open (abre) permite continuar el trabajo sobre un dibujo ya iniciado en una sesión anterior. Las ordenes quita y fin sirven para salir de AutoCAD, desechando cualquier modificación, la primera, y salvando el dibujo actual en disco, la segunda.

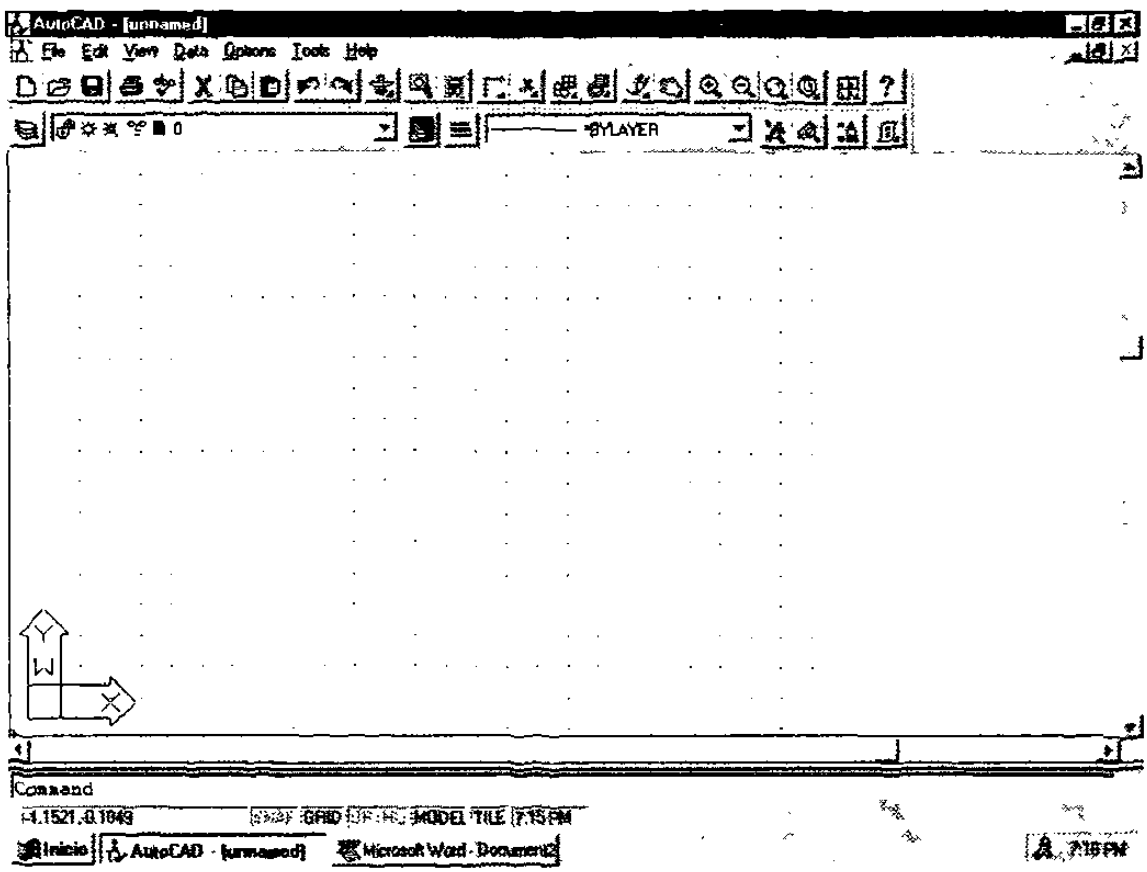


Fig. 1.2 Pantalla de editor de dibujo

1.3.- DISTRIBUCIÓN DE LA PANTALLA.

Área gráfica.-

Ocupa la mayor parte de la pantalla y es donde se muestran los dibujos.

Barra de menús.-

Contiene las ordenes y procedimientos de uso más frecuente en AutoCAD.

Barra de herramientas estándar.-

Contiene iconos que representan de forma gráfica e intuitiva las ordenes y procesos generales: gestión de archivos, uso del portapapeles, opciones de la orden zoom, ayuda...

Barra de propiedades.-

Controla y establece las propiedades por defecto de las entidades: capa, color y tipo de línea.

Barra de herramientas flotantes.-

Barras que se pueden situarse en cualquier parte de la pantalla y que incluyen, en forma de iconos, las ordenes más utilizadas, como se muestra en la figura 1.3 y estas barras se dan de alta como se muestra en la figura 1.4.

Ventana de mensajes y ordenes.-

Ventana que muestra los mensajes de la orden en ejecución. En principio aparece el mensaje **comando:**, lo que significa que el programa se encuentra a la espera de que el usuario indique alguna orden. Esta ventana, originalmente, esta situada en la parte inferior, pero puede ser modificada en tamaño y posición a cualquier parte de la pantalla. Si la información ocupa más que esta área reservada, el usuario puede conmutar una pantalla de texto (pulsando la línea de función **f2**) que sustituye a la gráfica. En la pantalla de texto la información se presenta en 24 líneas; si se vuelve a pulsar **f2**, aparece de nuevo la pantalla gráfica.

Barra de estado.-

Visualiza las coordenadas del cursor, el estado de ciertos modos de trabajo como la rejilla o el forzcursor y al final indica incluso la hora.

Barras de desplazamiento.-

Permite mostrar partes del dibujo que no estén visibles.

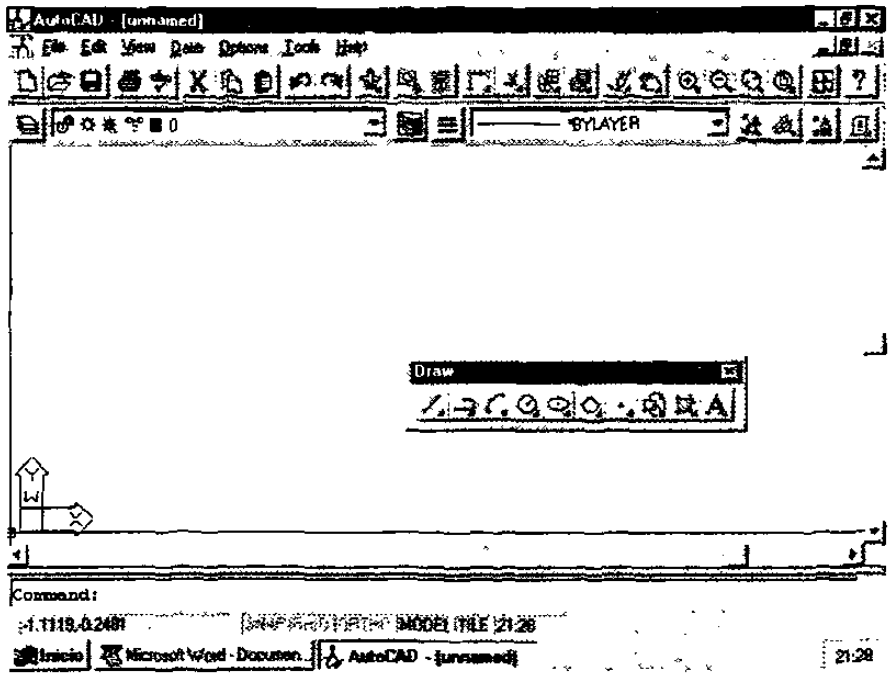


Fig. 1.3 Barra de herramienta flotante.

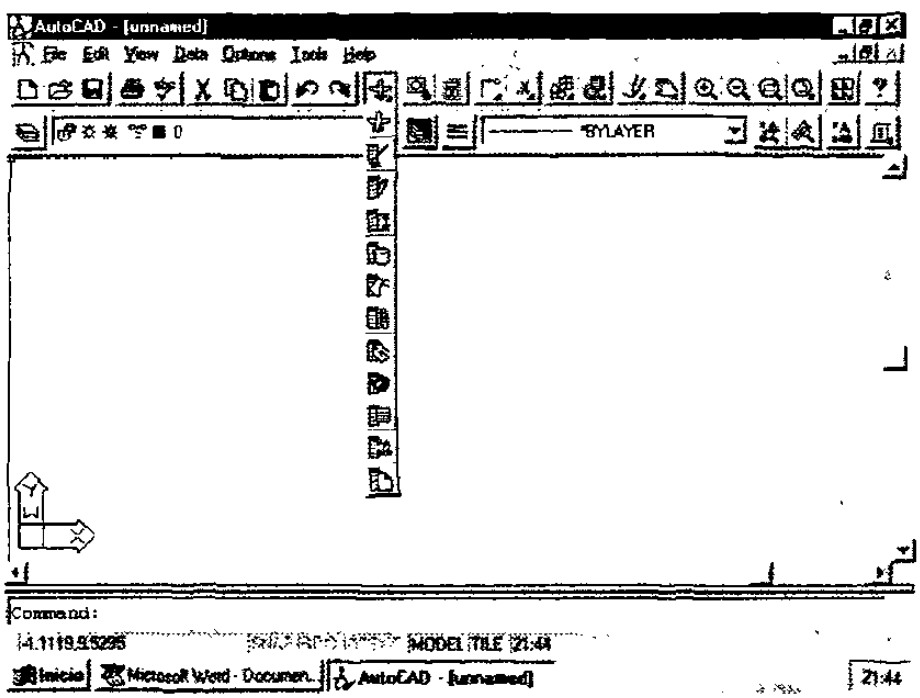


Fig. 1.4 Barra de herramienta para dar de alta las barra de heramientas flotante.

1.4.- PROCEDIMIENTOS PARA LA ENTRADA DE ORDENES.

1.- El teclado.

2.- El menú de pulsadores.

3.- El menú de pantalla.

4.- La barra de menús.

5.- Los menús desplegables.

6.- Barras de herramientas en Windows.

7.- Los menús de iconos.

8.- El menú de cursor.

9.- Los letreros de dialogo.

10.- El menú de tablero.

11.- Ordenes transparentes.

1.5.- SISTEMAS DE COORDENADAS.

AutoCAD utiliza un sistema de coordenadas cartesiano (figura 1.5) para la introducción de puntos y coordenadas en el dibujo, ya sea a través del teclado o por medio del dispositivo señalador.

En base a este sistema se dispone del sistema de coordenadas universal (SCU) y del sistema de coordenadas personal (SCP).

Los tres ejes del SCP están siempre perpendiculares entre si, con el fin de que el sistema resultante sea rectangular o cartesiano.

El usuario puede definir un sistema de coordenadas cualquiera, es decir, un SCP, donde el punto de origen, el plano x-y, y la orientación de los ejes del nuevo sistema pueden ser los que quiera o determine dentro del espacio tridimensional del SCU.
Estableciendo un SCP, las coordenadas de todos los puntos quedan referidas al nuevo sistema. Las entidades que se dibujen estarán orientadas en el nuevo plano x-y resultante.

Para saber bajo que sistema de coordenadas se esta trabajando, en la parte inferior izquierda del área gráfica se sitúa un icono que puede presentar diferentes aspectos,

como los de la figura 1.6. Solo cuando aparezca la letra U o W en el brazo del eje y, se tratara del sistema de coordenadas universal.

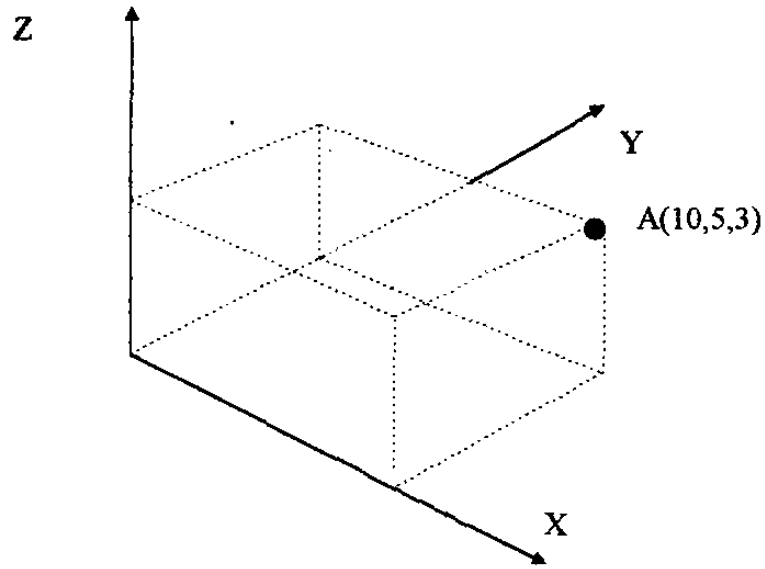


Fig. 1.5.- Sistema de coordenadas cartesiano.

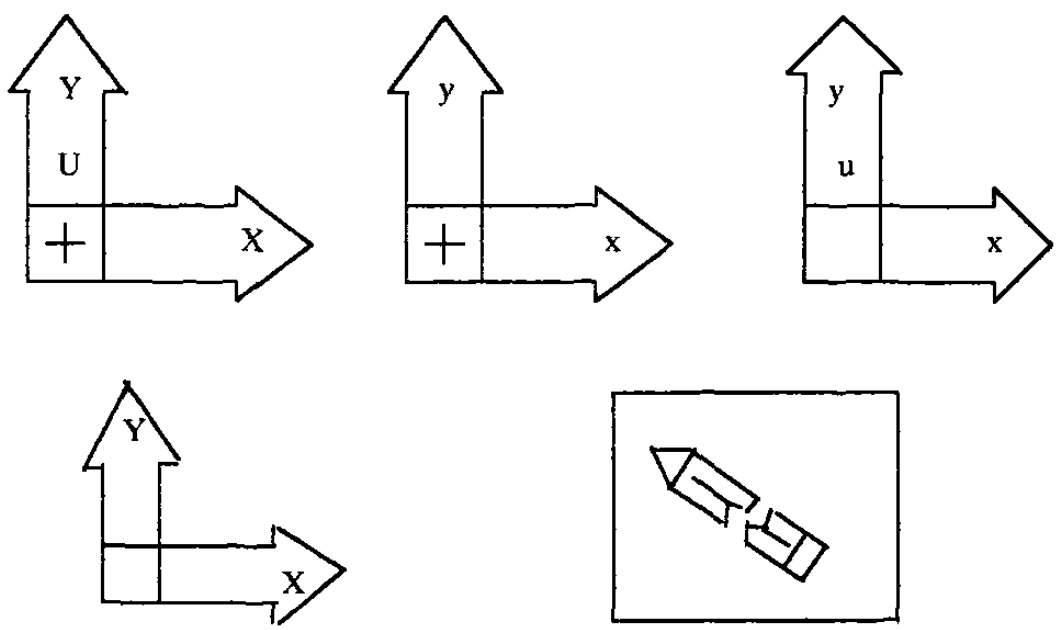


Fig. 1.6.- Distintos aspectos del icono del sistema de coordenadas.

1.6.- SISTEMA DE AYUDA DE AUTOCAD.

En cualquier momento es posible obtener información y ayuda sobre el uso de cada una de las ordenes y procedimientos del programa.

Mediante la orden **ayuda** es posible obtener información sobre todas las ordenes y parámetros de ordenes de AutoCAD, las variables de sistema y otros temas de índole general.

La ayuda para AutoCAD para Windows, con la tecla **f1**, o también con la opción **contenidos** del menú desplegable ayuda, se puede acceder a la ventana de ayuda, que presenta inicialmente una lista de contenidos generales. Para obtener ayuda acerca de una orden en ejecución, pulsar la tecla **f1**; con respecto a un menú desplegable, deberá ser seleccionado y también pulsar la tecla **f1**.

Todos los letreros de dialogo disponen de la casilla **ayuda** que muestra toda la información referente a la orden o procedimiento del letrero visualizado.

1.7.- MANEJO DEL MOUSE.

El Mouse: es uno de los dispositivos de entrada de información a la computadora, el cual al deslizarlo sobre una superficie plana, refleja sus movimientos sobre el cursor en la pantalla de la computadora, sus funciones van de acuerdo al tipo de software o paquete utilizado.

El Mouse puede contar con dos o tres botones (esto depende del tipo y la marca) los cuales nos sirven para señalar una acción o comando.

Es necesario conocer algunos términos, los cuales utilizaremos para describir acciones del ratón (Mouse):

Clic.- Presione y suelte el botón izquierdo.

Hacer clic.- Al colocar el cursor en el objeto indicado de la interfaz del usuario y haga clic en el botón de elección.

Doble clic.- Presione y suelte el botón de elección dos veces en una forma rápida.

Elija.- Colocar el cursor en el objeto apropiado o señale y haga clic en el botón de elección.

Arrastre.- Mueva el ratón y el cursor, lo que causara que líneas u objetos en la pantalla se muevan con el cursor.

CAPITULO 2

MANEJO DEL SOFTWARE DE AUTOCAD.

2.1.- DESPLIEGUE DE MENÚS.

Varios de los comandos que se utilizan en AutoCAD se encuentran en las barras de menús descendentes. Activando un menú descendente ó desplegable, este permanecerá desplegado en tanto no se ejecute una de las siguientes acciones:

A).- Activar una opción de dicho menú.

B).- Seleccionar como opción una línea en blanco.

C).- Activar una opción de otro menú (tablero / pulsador).

D).- Activar otro menú desplegable.

E).- Designar un punto en el área gráfica.

F).- Escribir cualquier carácter.

G).- Posicionar el cursor sobre el menú de pantalla.

A continuación se presenta una lista donde mencionaremos brevemente aspectos generales de los menús descendentes de AutoCAD r13:

File (archivo): el menú archivo contiene comandos para abrir, guardar, imprimir, dibujar, también para importar y exportar datos de dibujos. Además se enlistan los últimos cuatro (4) archivos de dibujo con los que se trabajo. Como se muestra en la figura 2.1.

Edit (editar): el menú editar contiene funciones de edición Windows como cortar y pegar desde la ventana de dibujo hacia el porta papeles. Los comandos de vinculación e incrustación de objetos. Como se muestra en la figura 2.2.

View (vista): el menú vista nos ofrece comandos para controlar el despliegue de la ventana de dibujo. También los comandos zoom (ampliación) y pan (panorámico). Como se muestra en la figura 2.3.

Data (datos): el menú datos nos permite el acceso a todas las configuraciones para capas, estilos de los textos, multilineas, dimensiones, entre otras. Como muestra la figura 2.4.

Options (opciones): el menú opciones nos permite controlar las configuraciones para cuadricula, sujetadores, manijas y referencias a entidades, así como volver a configurar autocad. Como se muestra en la figura 2.5.

Tool (herramientas): el menú herramientas le da acceso ha usar algunas características como: aplicaciones, ejecutar guión, barras de herramientas, vista aérea, ventana de texto, foto, imagen, ortografía, calculadora, personalizar menús, personalizar barra de herramienta, reinicializar y compilar. Como se muestra en la figura 2.6.

Help (ayuda): el menú ayuda nos da acceso a diversas formas de ayuda: ayuda..., buscar ayuda sobre..., uso de la ayuda..., novedades de la v13... y acerca de autocad... . Como se muestra en la figura 2.7.

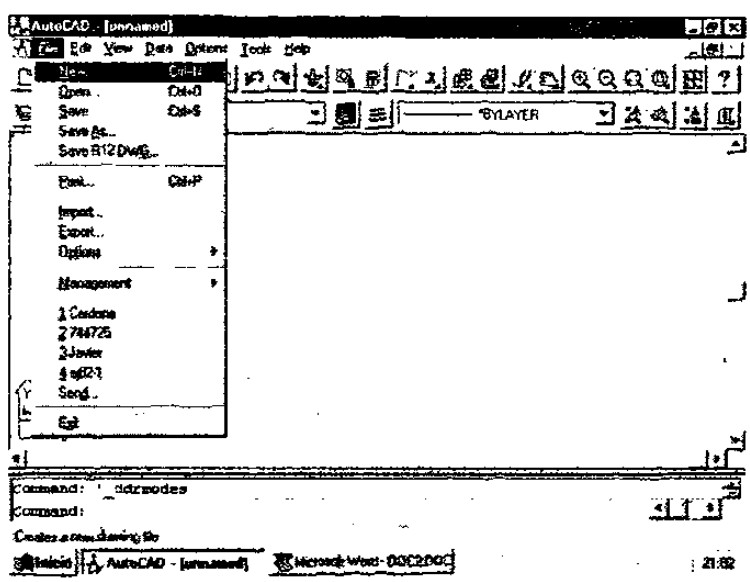


Fig. 2.1 Menú desplegable: Archivo.

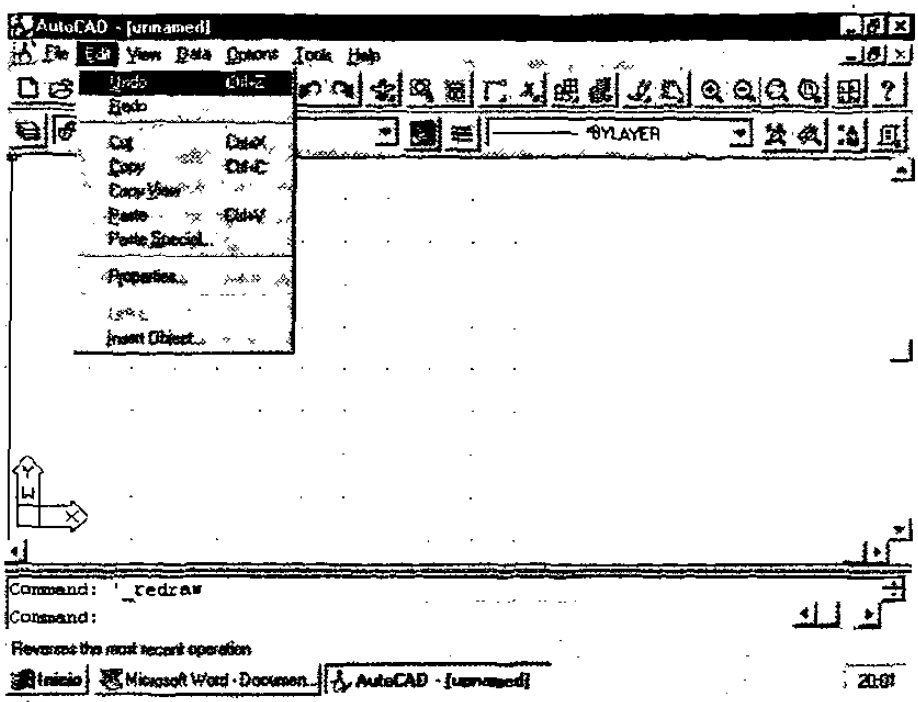


Fig. 2.2 Menú desplegable: Editar.

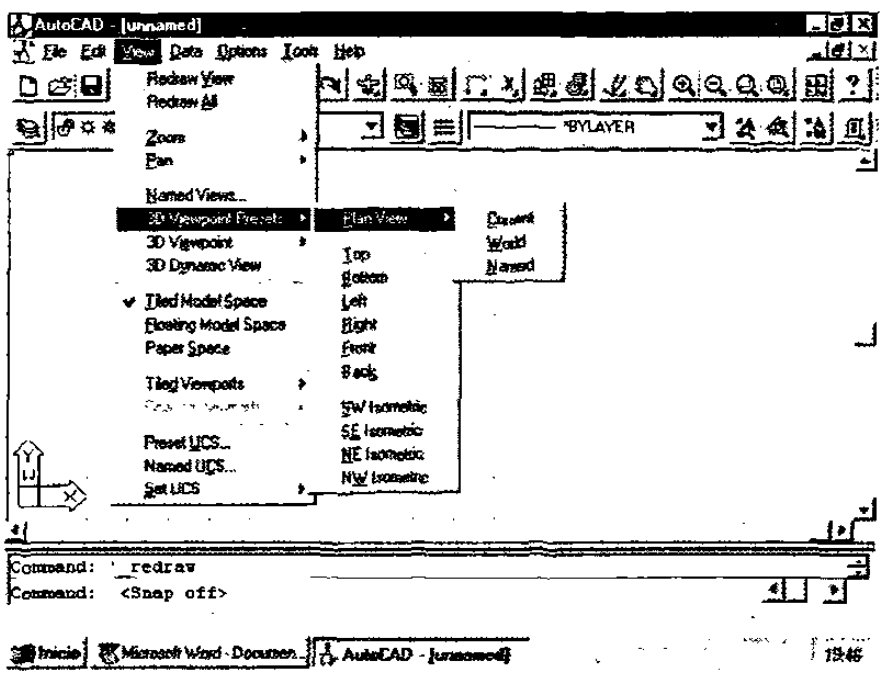


Fig. 2.3 Menú desplegable: Vista.

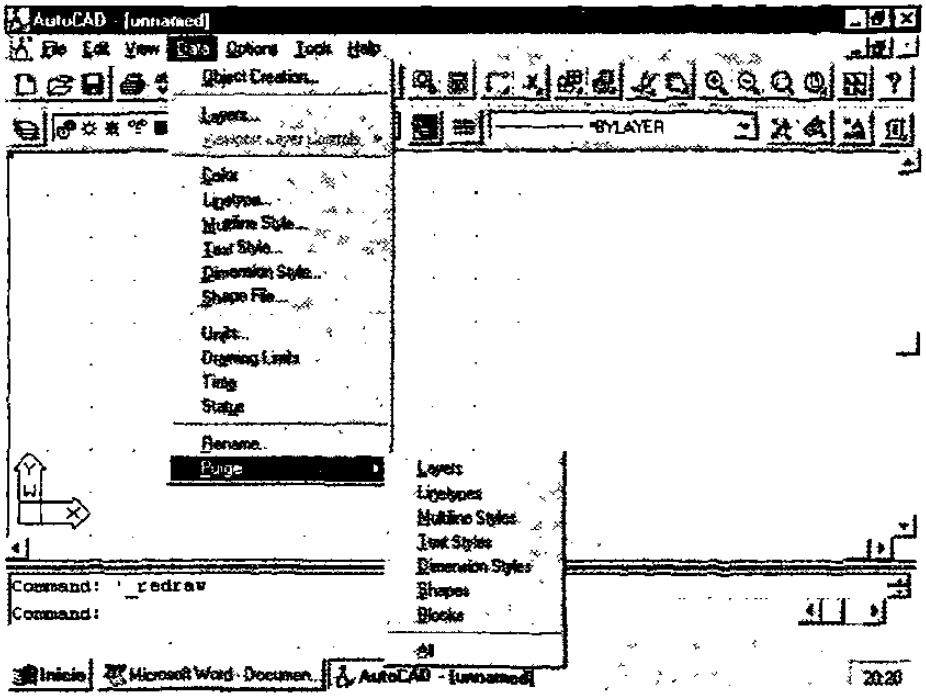


Fig. 2.4 Menú desplegable: Datos.

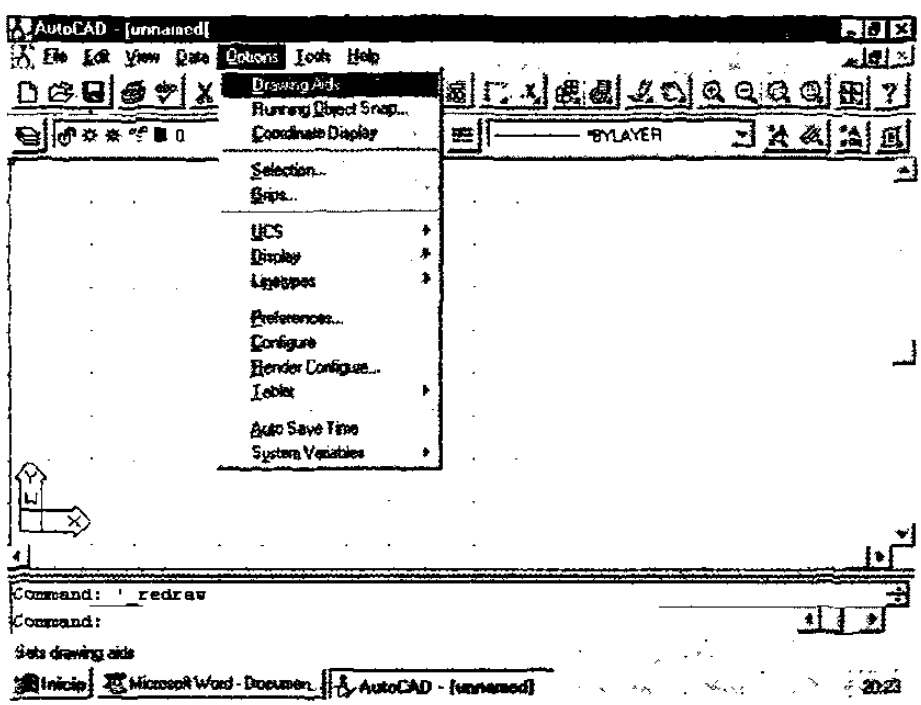


Fig. 2.5 Menú desplegable: Opciones.

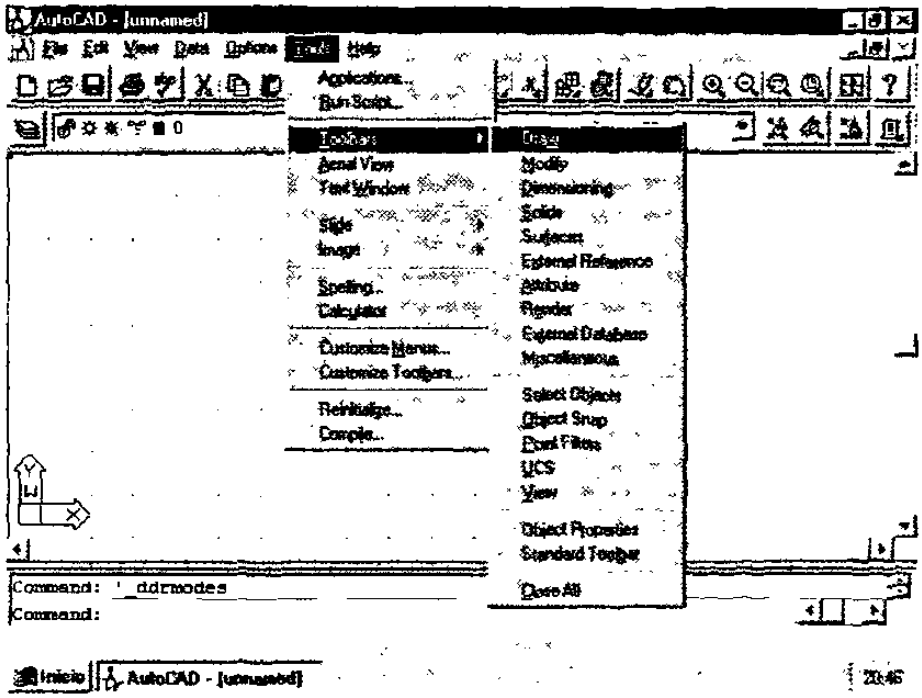


Fig. 2.6 Menú desplegable: Herramientas.

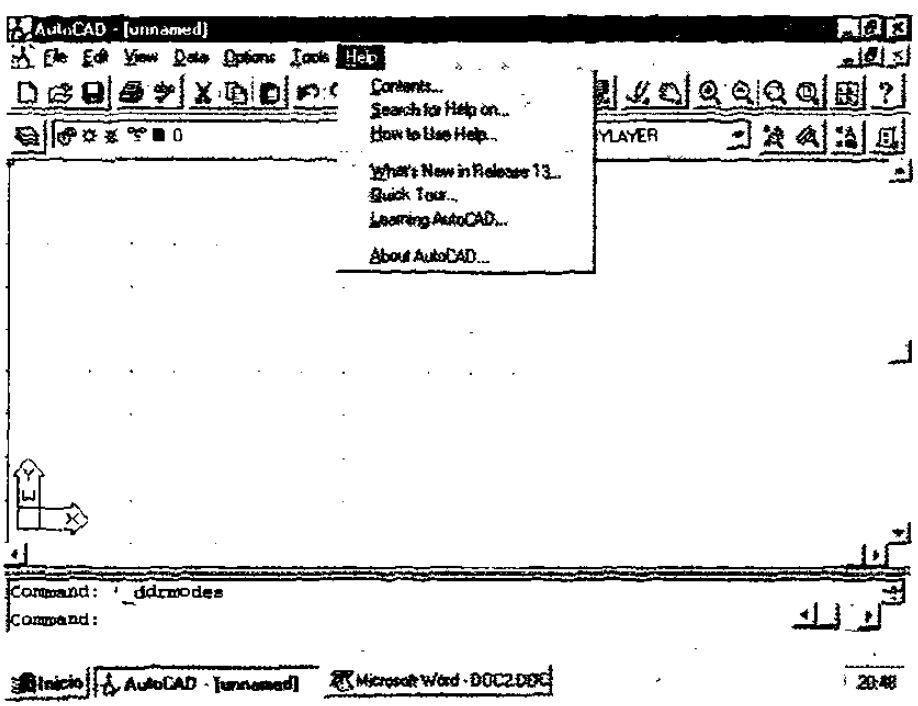


Fig. 2.7 Menú desplegable: Ayuda.

2.2.- COMANDO SNAP (FORZCURSOR O SALTO).

Esta orden permite forzar la posición del cursor, esto nos da una ayuda para localizar y seleccionar puntos.

Esto es posible ya que al indicar un punto en pantalla con el dispositivo señalador este es obligado a tomar como coordenadas para este punto las correspondientes al punto de una malla rectángular cuyo aspecto y dimensiones define la propia orden.

Esta malla es invisible e imaginaria. Puede ser enlazada gráficamente con la malla que genera la orden grid (rejilla) y así tener una referencia visual.

El cambio de las dimensiones del snap (salto) no afecta a las entidades dibujadas con la ayuda de un salto distinto.

Para activar o desactivar el salto: haga doble clic en el botón snap de la barra de estado ó presione Ctrl + B ó F9, son comandos transparentes que es posible ejecutar en medio de otro comando.

2.3.- COMANDO GRID (REJILLA O CUADRICULA).

En el menú asistir se encuentra la orden rejilla (grid) que permite activar y desactivar la rejilla, así como establecer los espacios entre los ejes *x* e *y*.

La rejilla es un arreglo rectángular de puntos en la pantalla, similar a las líneas horizontales y verticales del papel milimétrico. Es un mallado visual de distancias y coordenadas en el dibujo.

Para activar o desactivar una rejilla (grid) haga doble clic en el botón grid de la barra de estado ó también presione Ctrl + G ó F 7.

2.4.- COMANDO ORTHO (ORTOGONAL).

Cuando el comando ortho se encuentra activado todas las líneas que se dibuje serán ortogonales (perpendiculares) entre si. Esta condición de perpendicularidad será con respecto a la rejilla y al snap (salto) que se haya definido.

Para activar o desactivar el modo ortho haga doble clic en el botón de la barra de estado ó presione Ctrl + O ó F 8.

2.5.- INTRODUCCIÓN DE DATOS.

Al dar entrada a un comando en ocasiones es necesario dar mas información para poder ejecutar la orden, esto depende del tipo de comando. Estos datos adicionales podrán ser un vector de desplazamiento, un punto en la pantalla o coordenadas en el dibujo, una distancia o datos de una entidad, etc..

AutoCAD indica el tipo de dato requerido para la orden elegida en una forma interactiva. A continuación se describen los procedimientos generales para la entrada de datos.

2.5.1.- COORDENADAS.

Ante la solicitud de un punto se puede indicar sus coordenadas por dos métodos:

1).- Modo explícito: indicación del punto numéricamente, dentro de este modo existen varias posibilidades las cuales son:

A).- Coordenadas absolutas.
B).- Coordenadas relativas.
C).- Coordenadas polares.
D).- Coordenadas anteriores.
E).- Coordenadas polares absolutas.
F).- Coordenadas cilíndricas.
G).- Coordenadas esféricas.
H).- Notación científica.
I).- Notación fraccional.
J).- Ángulos.

2).- Modo implícito: por medio de cualquiera de los dispositivos señaladores. Si se dispone de un ratón como dispositivo, el movimiento del mismo está asociado con el reticulo (ejes cruzados) de la pantalla. Por tanto, posicionándolo sobre el punto deseado, bastará con pulsar el botón adecuado para la entrada de datos (normalmente el primero de la izquierda). Cuando no disponga de un dispositivo señalador (ratón), la entrada se limita exclusivamente al teclado mediante las llamadas teclas del cursor.

2.5.2.- DEFINICIÓN DE LOS LIMITES DE DIBUJO.

Este comando permite definir el área de trabajo del dibujo. Los limites de el área implican lo descrito a continuación:

A).- Dan una señal de aviso en el caso de que el trazado de alguna entidad rebase los limites indicados.

B).- Definen el área cubierta por la rejilla.

C).- Determinan la parte del dibujo visualizada mediante la orden *zoom todo*, en el caso de que los limites sobrepasen o sean iguales a la extensión del dibujo.

2.6.- COMANDO LINE (LÍNEA).

Uno de los objetos mas sencillos de dibujar son las lineas y sirven para muchos propósitos, se pueden dibujar gran cantidad de objetos de cualquier diseño mediante líneas. Las líneas se crean con el comando Line (Línea): este comando dibuja uno ó más segmentos de línea recta, cada segmento es un segmento aparte de cada línea la definimos como un punto inicial y un punto final. Esto lo realizamos mediante el dispositivo de señalización ó al especificar coordenadas mediante el teclado.

El comando line durante el proceso de dibujar líneas nos ofrece las siguientes opciones:

From point (desde el punto) : este indicador especifica el primer punto de la línea.

Continue (continuar): presione enter en el indicador from point (desde el punto) para comenzar la línea desde el punto final de la línea ó arco trazado más reciente.

To point (hacia el punto): este indicador especifica el punto hacia el cual se dibujara la línea.

Undo (deshacer): mediante esta opción podemos deshacer el ultimo segmento de la línea y regresar al punto anterior.

Close (cerrar): esta opción nos cierra una serie de dos o mas segmentos de la línea.

2.7.- COMANDO ARC (ARCO).

Mediante este comando se puede establecer las características para el dibujo de un arco circular, existen muchos métodos para dibujar arcos y estos son más elaborados que los círculos.

El comando arc (arco) tiene once métodos de hacer un arco, al seleccionar una combinación de las opciones se puede construir un arco de acuerdo a la información que se tenga de él. En seguida se presentan las opciones del comando arco:

Star (comenzar): esta opción se permite especificar el punto de inicio de un arco.

Center (centro): nos permite especificar el punto central del arco.

Second point (segundo punto): después de seleccionar el punto de inicio de un arco de tres puntos, especifica el segundo punto del arco.

End (final): señala el punto final del arco.

Angle (ángulo): le permite proporcionar un valor para el ángulo incluido del arco o utilizar el dispositivo de señalización y elegir con él un punto para el ángulo.

Direction (dirección): después de escoger el punto de inicio y el punto final del arco esta opción especifica la dirección de la línea tangente al punto de inicio del arco.

Radius (radios): especifica el radio de un arco, dando el valor mediante el teclado ó un dispositivo de señalización.

Lenght of chord (longitud de cuerda): especifica la longitud de cuerda del arco, solo después de escoger las opciones star (inicio) y center (centro).

Continue (continuar): nos dibuja un arco tangente a partir de la ultima línea ó arco que haya dibujado.

2.8.- COMANDOS CIRCLE (CÍRCULOS).

La versatilidad de AutoCAD nos permite crear objetos de diferentes maneras, por ejemplo, cinco métodos para dibujar círculos mediante el comando circle (círculo) son:

1. Center (centro) y Radius (radio), (cent y rad).

Esta es la opción predeterminada, solicita como datos para definir la entidad su centro y su radio. Se puede utilizar el dispositivo de señalización ó teclear las coordenadas.

2. Center (centro) y Diameter (diámetro), (cen y diam).

Es el método análogo a la anterior cambiando la solicitado del radio por el diámetro.

3. Circulo definido por 2P (dos puntos).

Esta opción se refiere exclusivamente a la construcción de un círculo al señalar los dos puntos extremos en el diámetro.

4. Circulo definido por 3P (tres puntos).

Esta opción construye un círculo al señalar tres puntos dentro de una circunferencia.

5. Circulo definido por TTR (dos tangenciales y un radio).

Esta ultima opción nos dibuja círculos tangentes a dos entidades con un radio determinado. El radio puede ser introducido numéricamente por dos puntos en pantalla.

2.9.- COMANDOS PLINE (POLILÍNEA).

El comando PLINE reúne las características de las ordenes línea y arco en una sola entidad. Al solicitar por primera vez el comando estará en un modo de línea, de esta manera dibujara los segmentos de línea de la polilínea. Cuando se esté listo, cámbiese al modo de arco. Utilice el modo arco para trazar los segmentos de arco de la polilínea. Puede cambiarse de modo a modo para trazar tantos segmentos de líneas y arcos como sean necesarios.

Como una polilínea es mas compleja que una línea el comando pline tiene más opciones. A continuación las opciones del comando poline son:

Endpoint of line (punto final de línea).

Especifica el punto final del segmento actual de línea. Es la opción predeterminada.

Arc (arco).

Hacer el cambio entre el dibujo de segmento de línea y segmento de arco en una polilínea.

Close (cerrar).

Dibuja una polilínea cerrada.

Halfwidth (amplitud media).

Al especificar la distancia del centro a la arista de la polilínea establece la amplitud de ésta (la mitad de la amplitud actual).

Width (amplitud).

Establece la amplitud total de la polilínea. La amplitud que pide AutoCAD es una inicial y una final, las cuales pueden ser iguales o diferentes.

Lengt (longitud).

Pide la longitud de un nuevo segmento de polilínea.

Undo (deshacer).

Elimina la última acción realizada.

2.10.- MANEJO DE PROPIEDADES DE OBJETO.

Cuando dibuje un objeto, AutoCAD le asignará tres propiedades: capa, color y tipo de línea. Las asignaciones de propiedad las determina las configuraciones actuales de capa, color y tipo de línea.

2.10.1.- LAYER (CAPA).

Esta orden permite controlar todas las operaciones relativas a las capas desde la línea de comando, sin letrero (ventana) de dialogo.

2.10.2.- COLOR.

Permite especificar el color asociado a las capas. AutoCAD tiene (según su despliegue de video) 256 colores disponibles. Los primeros siete se conocen como los colores básicos y se especifican con su número de color o nombre. Los demás colores no tienen nombre y se conocen sólo por su números.

2.10.3.- LINETYPE (TIPO DE LÍNEA).

Mediante este comando se permite cambiar el tipo de línea con el que se han dibujado las entidades, líneas, círculos ó arcos, a otro tipo que pueda estar en la biblioteca del programa o haber sido creada por el usuario.

2.10.4.- CHANGE PROPERTIES (CAMBIO DE PROPIEDADES).

Esta orden permite alterar (cambiar) las siguientes propiedades: capa, color, tipo de línea, elevación y altura del objeto de cualquiera de las entidades dibujadas.

2.11.- ERASE (BORRAR).

Se utiliza para eliminar cualquier cantidad, conjunto de entidades u objetos dibujados.

2.12.- COPY (COPIAR).

Permite reproducir las entidades designadas en cualquier parte del dibujo y opcionalmente efectuar la copia múltiples veces. Al igual que en la orden desplaza las entidades copiadas tienen el mismo tamaño y la orientación que las originales.

2.13.- CUT (CORTAR)

La subopción Cortar secciona la polilína entre las vértices seleccionados. Al introducirla memoriza el vértice actual como primer vértice de corte y aparecen una serie de posibilidades como: siguiente, precedente, ejecutar, salir y ángulo.

2.14.- MOVE (DESPLAZA).

Se puede mover el dibujo mediante la indicación de un vector de desplazamiento, las entidades que el usuario designe.

2.15.- ZOOM.

Esta orden permite seleccionar el área de dibujo que va a ser visualizada, de forma que ocupe todo el tamaño de la pantalla. Si el área seleccionada es pequeña, aumenta el tamaño aparente de las entidades contenidas en ella, con lo que se produce una sensación de acercamiento. Si el área es mayor que la abarcada por la visualización actual, disminuye el tamaño aparente de las entidades y la sensación es de alejamiento.

2.16.-TERCERA DIMENSIÓN (3D).

2.16.1.- CARACTERÍSTICAS DE 3D.

Las principales características en 3D se pueden resumir en los siguientes puntos:

a).- Ordenes especificas para construir entidades en 3D.

b).- Posibilidad para el usuario para definir un sistema de coordenadas personal seleccionando cualquier plano en el espacio como plano de trabajo x-y actual.

c).- Múltiples ventanas visualiza en una sola pantalla diferentes posiciones del dibujo.

d).- Visión dinámica que permite obtener perspectivas cónicas reales del dibujo tridimensional. La visión dinámica permite orientar el dibujo 3D en cualquier posición del espacio y fijar las posiciones del objeto y del punto de vista (cámara), controlando las distancias, encuadres y ampliaciones, etc.

e).- Entorno de espacio papel para realizar composiciones de ventanas múltiples.

2.16.2.- COMANDO ELEV (ELEVACIÓN).

Esta orden permite especificar la elevación y altura de objetos actuales, visualizando en los dos modos (2D y 3D).

2.16.3.- COMO DEFINIR UN SCP (SISTEMA DE COORDENADAS PERSONALES).

Esta orden permite controlar la visualización del icono del SCP. Se define uno nuevo introduciendo tres puntos:

1. El primer punto señala el nuevo punto de origen.
2. El segundo punto define la dirección positiva del nuevo eje x.
3. El tercer punto define la dirección positiva del nuevo eje y.

Los tres puntos no deben encontrarse alineados.

2.16.4.- GESTIÓN DE UN SCP.

La gestión de un SCP se realiza cuando es necesario ubicarlo en un punto determinado y la orientación de los ejes, con el fin, de trazar una entidad (objeto) en el plano al cual se gestiono el SCP.

Las opciones que se tienen para la gestión de un SCP son las siguientes:

Origin (origen).- el nuevo SCP creado cambia solamente el punto de origen, manteniendo las direcciones de los ejes del último sistema de coordenadas especificado.

Zaxis (eje z ó vector z).- el nuevo SCP es definido mediante un punto de origen y la introducción de otro punto, que marcará la dirección positiva del nuevo eje z. AutoCAD determina automáticamente la dirección de los ejes x e y resultantes.

3 point o 3p (tres puntos).- el nuevo SCP se logra colocar mediante tres puntos los cuales son: el primer punto señala el nuevo origen, el segundo punto define la dirección positiva del nuevo eje x y el tercer punto define la dirección positiva del nuevo eje y. Los tres puntos no deben de estar alineados.

Object (objeto).- el nuevo SCP queda definido a partir de la designación de una entidad existente del dibujo.

View (vista).- el nuevo SCP queda definido a partir del punto de vista actual del dibujo.

X/Y/Z (ejes x/y/z).- el nuevo SCP se define mediante una rotación del actual sistema de coordenadas alrededor del eje x, y o z. Para determinar el sentido positivo del giro, AutoCAD emplea la regla de la mano derecha.

Prev (previo).- esta opción permite establecer el ultimo SCP utilizado (AUTOCAD almacena 10 SCPs).

Rest (Restituye).- permite llamar a un SCP, previamente salvado.

Save (Guardar).- permite salvar o grabar el SCP actual, el nombre puede tener hasta 31 caracteres de longitud. Se permite el uso de los caracteres comodín (*, _ y -).

Del (Suprimir).- esta opción permite eliminar el SCP que se quiera de los almacenados. Se pueden poner varios nombres separados por comas, o utilizar caracteres comodín.

?.- esta opción hace aparecer un listado con el nombre de SCP actual y el de todos los almacenados, incluyendo el nombre, origen y orientación de los ejes x, y, z, siempre con las coordenadas relativas al SCP actual. Si el SCP no tiene nombre, será listado como Universal o como Sin nombre.

Univ.- esta opción establece que el SCP actual sea el universal.

2.16.5.- GENERACIÓN DE REGIONES.

2.16.5.1.- REGIÓN.

Esta orden permite generar regiones a partir de áreas cerradas en dos dimensiones:
círculos, elipses, polilíneas o splines cerradas, secuencias de líneas y curvas, etc. Las curvas que se cortan a sí mismas son rechazadas. Es posible realizar operaciones booleanas de unión, diferencia o intersección con las regiones. También se pueden utilizar en la extrusión o revolución para obtener sólidos a partir de ellas.

2.16.5.2.- GENERACIÓN DE PRIMITIVAS POR EXTRUDE (EXTRUSIÓN) DE UN PERFIL.

El sólido se construye por la extrusión o proyección de las entidades seleccionadas (círculos, polilíneas, elipses, splines cerradas y regiones) en una dirección perpendicular al plano que contiene dichas entidades a lo largo de un eje o una trayectoria compleja.

Cuando se ordena el comando extrude, AutoCAD nos presenta las siguientes opciones:

Comando: extrusión
Designar objetos

Como limitaciones de la orden no se puede efectuar extrusiones a polilíneas o splines que tengan segmentos que crucen, ni tampoco tomarlas como trayectoria. Si se pretende extrusionar una polilínea o spline abierta, AutoCAD la cierra automáticamente. Las polilíneas o splines deben estar en un plano.

Seleccionadas las entidades, AutoCAD acepta aquellas que se puedan extrusionar y pregunta:

Path/<Height of extrusión>:

Eje de extrusión/<Altura de extrusión>:

Altura de extrusión: es la opción predeterminada. Una vez indicada la altura, se solicita el ángulo de inclinación de la extrusión, que debe de estar comprendido entre -90° y 90°.
Eje de extrusión: con esta opción es posible seleccionar la forma de la extrusión a lo largo de una trayectoria cualquiera. Si la trayectoria está deslocalizada con respecto a las entidades a extrusionar, AutoCAD la sitúa automáticamente en el centro.

2.16.5.3.- GENERACION DE PRIMITIVAS POR REVOLVE (REVOLUCIÓN) DE UN PERFIL.

REVOLUCIÓN:

El sólido se construye a partir de la revolución de una curva alrededor de un eje. La curva puede ser una región, una polilínea, una elipse o un círculo, Las mismas restricciones que

para extrusión se aplican aquí: se ignora el grosor, no se permite polilíneas cuyos segmentos se cortan, y en las abiertas se genera un lado de cierre.

Command: REVOLVE
Axis of revolution-Object/X/Y/<Star point of axis>:

Comando: Revolución
Designar polilínea o círculo para revolución....
Designar objetos:
Eje de revolución - Entidad/
X/Y/<Punto inicial del eje>:

El eje de revolución se puede especificar con alguna de las opciones siguientes:

a).- Mediante dos puntos: es la opción predeterminada. Designado el primer punto, AutoCAD solicita: Punto final del eje:

b).- Opción entidad: permite designar una entidad que va a ser tomada como eje de revolución.

c).- Opciones X/Y: utilizan el eje x o y como eje de revolución.

En todos los casos, la ultima solicitud es la del ángulo de revolución. La opción predeterminada es de 360°.

Ángulo de revolución <círculo completo>:

2.17.- OPERACIONES BOOLEANAS CON SÓLIDOS Y REGIONES.

Este es el método para obtener sólidos y regiones compuestas: mediante operaciones booleanas de unión, diferencia e intersección, se obtienen objetos complejos en base a sólidos o regiones elementales.

2.17.1.- UNIÓN DE SÓLIDOS Y REGIONES.

UNIÓN:este comando une dos o más sólidos o regiones para formar uno solo, comprimiendo la parte común o superpuesta. Es posible unir sólidos o regiones que no se corten: es decir, que se encuentren separados y no tengan partes en común.

Comando: Unión
Designar Objetos:

2.17.2.- SUBSTRACTION (DIFERENCIA) DE SÓLIDOS Y REGIONES.

DIFERENCIA: mediante este comando se obtiene el sólido o región resultante de restar un conjunto de sólidos o regiones a *otro conjunto* considerado principal o de referencia.

Comando: DIFERENCIA
Designe sólidos o regiones de las que sustraer...
Designar objetos:
Designe sólidos y regiones a sustraer...
Designar objetos:

Como ya se ve en el formato de la orden, en primer lugar se designan los sólidos o las regiones principales, y después aquellos que se van a restar de los primeros. Se trata de la operación inversa al comando UNION.

Si el resultado de la diferencia de elementos da lugar a la generación de un sólido o a una región nula (es decir, sin volumen o área), AutoCAD cancela la orden visualizando el mensaje oportuno.

2.17.3.- INTERSECTION (INTERSECCIÓN) DE SÓLIDO Y REGIONES.

INTERSECCIÓN: en está orden se obtiene un nuevo sólido o región sólo con la parte común o intersección de dos o mas sólidos o regiones. Si no existe una intersección gráfica de elementos, el resultado es un sólido o región nulo, por lo que la orden se cancela separando los objetos seleccionados .

Comando: Intersección
Designar objetos.

2.18.- CHAMFER (CHAFLAN) EN SÓLIDOS Y REGIONES.

La orden CHAFLAN tradicionalmente bidimensional ha visto aumentadas sus capacidades, ya que la versión 13 de AutoCAD los sólidos son objetos nativos y no objetos sin nombre.

Al designar el sólido por una de sus aristas, AutoCAD debe saber cual es la superficie a tomar como base para le chaflán, por lo que evidencia una y, con el mecanismo: Siguiente/<Aceptar>:
se permite la selección de la superficie adecuada.

A continuación se solicitan los tamaños del chaflán mediante los mensajes:

Indique la distancia de la superficie a la base:
Indique la distancia a la otra superficie:

Por ultimo se deben indicar las aristas pertenecientes a la superficie designada que se desea chaflanar, donde la opción **Bucle** permite indicar el chaflán de todas las aristas con solo designar una de ellas.

2.19.- FILLET (EMPALME) EN SÓLIDOS.

Al igual que con la orden de CHAFLÁN, se permite el empalme de las aristas de un sólido sin tener por qué utilizar una orden específica. Designada una primera arista, AutoCAD solicita el valor del radio de empalme y después visualiza el siguiente mensaje:

```
Chain/Radius/<Select edge>:
```

```
Cadena/Radio/<Designar
aristas>:
```

Con la opción predeterminada se podrá seleccionar más aristas. La opción Cadena permite determinar una serie tangencial de aristas para que el empalme entre ellas se genere correctamente, y la opción Radio permite establecer un nuevo radio de empalme.

2.20.- SECTION (SECCIÓN) 2D EN SÓLIDOS 3D.

Obtiene una región con el corte o sección transversal de los sólidos designados con un plano definido por las opciones de la propia orden. Dicha región puede posteriormente ser sombreada con un patrón si se desea resaltar.

```
Command: Section
Select objects:
Section plane by object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/<3 points>:
```

Comando: Sección
Designar objetos:
Plano Secante por objeto/eje Z/Vista/XY/YZ/ZX/<3 puntos>:

Las opciones de esté comando son:

3 Point (3 puntos): opción predeterminada que establece el plano, designando tres puntos no alineados.

Object (Objeto): Permite la selección de una entidad línea, círculo, elipse, arco, polilínea 2D o spline 2D, para alinear con ella el plano de secante al sólido.

Zaxis (eje Z): Define el plano solicitando un punto de origen y un punto del eje Z perpendicular al plano.

View (Vista): Alinea el plano secante con el plano de la vista de la ventana actual.

XY/YZ/ZX: Alinea el plano secante con los planos x-y, y-z o z-x del SCP actual.

2.21.- SLICE (CORTE) DE SÓLIDOS POR UN PLANO.

Esta orden permite cortar un conjunto de sólidos por un plano definido por el usuario. Brinda la opción de elegir que partes de los sólidos se conservan, ubicándolos con sus propiedades de capa y colores originales.

Comando:Corte
Designar objetos:

Seleccionando los sólidos a cortar, AutoCAD permite definir el plano de corte mediante el mensaje:

Plano de corte por entidad/ Ultimo/ejeZ/Vista/XY/YZ/ZX/<3 puntos>:

Las opciones son las mismas que las ya descritas en la orden anterior SECCIÓN.

Definido el plano se deberá determinar que parte de los sólidos permanece, creando nuevos sólidos:

Ambos lados/<Punto en el lado deseado del plano>:

La opción predeterminada establece por un punto en pantalla que lado del plano sirve como referencia de los sólidos a conservar. La opción Ambos Lados permite obtener a la vez conjunto de sólidos independientes a ambos lados del plano de corte.

2.22.- OBTENCIÓN DE SUPERFICIES, CARAS O ARISTAS DE UN SÓLIDO O REGIÓN.

Para obtener una copia de las superficies, caras o aristas de un sólido o región se deberá primero copiar el sólido y, trabajando en la copia, descomponerla con la orden DESCOMP y obtener las regiones de cada superficie que definen el sólido, las cuales, a su vez, se pueden descomponer en las líneas, arcos , círculos u otras entidades formativas.

Si se trata inicialmente de una región, se obtendrán con una sola descomposición las entidades utilizadas para construirla.

Gracias a este procedimiento se puede obtener la región que corresponde al perfil original de un sólido obtenido por extrusión o revolución, y así poder cambiar su altura de extrusión, su ángulo de revolución, o incluso su geometría.

2.23.- CALCULO DE INTERFERENCIAS ENTRE SÓLIDOS.

INTERFERE O INTERF (INTERFERENCIA).- esta orden detecta si existe interferencia o solapamiento entre dos o mas sólidos. Es posible comparar dos sólidos independientes, un sólido con un conjunto de sólidos, o dos conjuntos de sólidos entre sí.

Opcionalmente, AutoCAD puede crear los sólidos que resulten de la interferencia.

Comando: INTERF
Designar el primer conjunto de sólidos...
Designar objetos:
Designar el segundo conjunto de sólidos...
Designar objetos: ¿Crear la interferencia de sólidos? <N>:

En primer lugar, se designa un conjunto de sólidos o uno solo. Luego se solicita el segundo sólido o conjunto de sólidos, y AutoCAD procede con la comparación de los sólidos para el cálculo de sus posibles interferencias.

Si se quiere crear los sólidos de interferencia, AutoCAD permite evidenciar los pares de sólidos que interfieren para clarificar las posibles soluciones.

2.24.- LISTADO DE PROPIEDADES FÍSICAS.

MASSPROP (PROPFIS).- esta orden calcula o visualiza después las propiedades físicas de los sólidos o regiones designados. Estas propiedades son: masa, volumen, extensión de la caja de abarque o contorno máximo, centro de gravedad o centroide, momentos de inercia, productos de inercia, radios de giro, momentos y direcciones principales para los sólidos. Estas propiedades están en función de la masa.

Para las regiones designadas, las propiedades a listar son: área, centro de gravedad, extensión de la caja de abarque y perímetro. Se añaden momentos de inercia, producto de inercia, radios de giro, momentos principales y direcciones principales, si las regiones designadas son coplanares con el plano x-y del SCP actual.

Comando: PROPFIS
Designar objetos:

Al designar el sólido o región se visualizan todos los datos. Un ejemplo de listado podría ser el siguiente cuadro (Fig. 2.8).

----------SOLIDOS----------	
Masa:	2339487.4094
Volumen:	2339487.4094
Caja de abarque:	x: -85.0680 -- 85.0680
	y: -85.0680 --85.0680
	z: -85.0680 --85.0680
Centro de gravedad:	x: -4.9256
	y: -3.2700
	z: 0.3453
Momentos de inercia:	x:7035642814.8986
	y:6763053906.3955
	z:6505103801.2841
Productos de inercia:	xy: -342593921.0290
	yz: 24012793.5270
	zx: 37363591.1877
Radios de giro:	x: 54.8393
	y: 53.7664
	z: 52.7311
Momentos principales y direcciones x-y-z alrededor del centro de gravedad:	I: 7270625967.9598
	a lo largo de [0.8268 0.5596 -0.0579]
	J: 6448634153.8309
	a lo largo de[-0.5582 0.8288 0.0390]
	K: 6420430331.7685
	a lo largo de [0.0698 0.0001 0.9976]

Fig. 2.8 Listado de propiedades fisicas.

El centroide se visualiza como una entidad de punto en la capa actual. Las variables PDMODE y PDSIZE controlan el tipo de visualización. El resultado se puede escribir en un archivo con la extensión .MPR.

CAPITULO 3

PROPIEDADES DE SUPERFICIE.

3.1.- CENTRO DE GRAVEDAD PARA UN SISTEMA DE PARTICULAS.

Consideremos el sistema de n partículas que se localiza en un eje x, como se muestra en la figura 3.1. Los pesos de las partículas consisten en un sistema de fuerzas paralelas coplanares que se pueden sustituir por un solo peso resultante W_T (equivalente) y un punto definido de aplicación $\bar{x}$, este punto G es llamado centro de gravedad. Esto requiere que el peso resultante sea igual al peso de todas las n partículas, esto es:

$$W_T = \sum W = W_1 + W_2 + ... + W_n$$

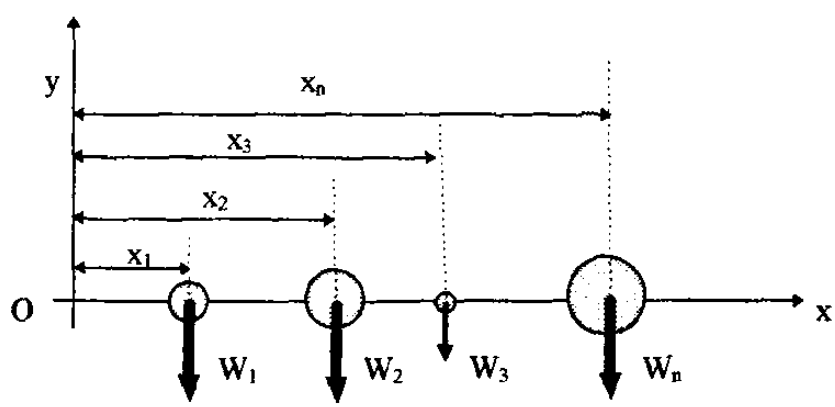


Fig. 3.1 Sistema de n particulas.

La suma de los momentos de los pesos de todas las partículas en torno al eje x es igual al momento del peso resultante alrededor de este eje. Así, para determinar la coordenada $\bar{x}$ del punto G (figura 3.2), podemos sumar momentos en torno al eje y, lo cual da:

$$\bar{x}\sum W = \sum xW = x_1W_1 + x_2W_2 + \ldots + x_nW_n$$

despejando $\bar{x}$ da por resultado:

$$\bar{x} = \frac{\sum \bar{x}W}{\sum W} \tag{3.1}$$

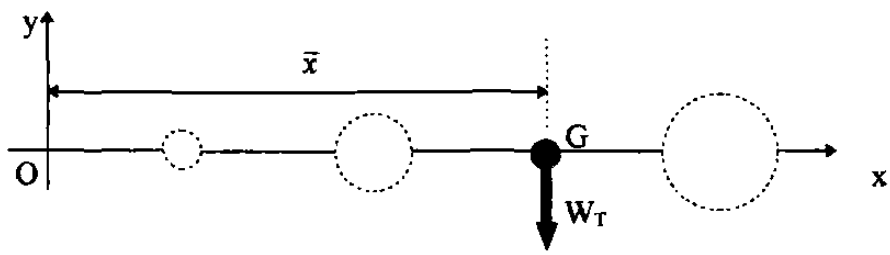


Fig. 3.2 Centro de gravedad de un sistema de partículas.

El caso más general, si el sistema de partículas esta diseminado dentro de una región del espacio. Sin embargo, si la localización (x,y,z) de cada partícula se define, entonces podemos ampliar el principio de momentos con respecto a cada uno de los tres ejes para determinar la localización del centro de gravedad G ($\bar{x},\bar{y},\bar{z}$) del sistema. Las ecuaciones necesarias son:

$$\bar{x} = \frac{\sum xW}{\sum W} \qquad \bar{y} = \frac{\sum yW}{\sum W} \qquad \bar{z} = \frac{\sum zW}{\sum W} \tag{3.2}$$

3.2.- CENTROS DE MASA.

Para estudiar problemas relacionados con el movimiento de la materia bajo la influencia de alguna fuerza, es decir, problemas dinámicos, es necesario localizar un punto llamado el centro de masa. Siempre que la aceleración de la gravedad, g, para cada partícula sea constante, se considera que W = mg. Al sustituir en las ecuaciones del centro de gravedad de una partícula y cancelar g del numerador y del denominador se tendrá:

$$\bar{x} = \frac{\sum xm}{\sum m} \qquad \bar{y} = \frac{\sum ym}{\sum m} \qquad \bar{z} = \frac{\sum zm}{\sum m} \tag{3.3}$$

Entonces, por comparación, la localización del centro de masa coincide con el centro de gravedad. Recuerde, sin embargo, que las partículas tienen "peso" solo cuando se encuentra bajo la influencia de una atracción gravitacional, en tanto que el centro de masa es independiente de la gravedad.

3.3.- CENTRO DE GRAVEDAD, CENTRO DE MASAS Y CENTROIDE DE UN CUERPO.

Centro de gravedad. Cuando los principios utilizados para determinar las ecuaciones de centro de gravedad de una partícula se aplican a un sistema de partículas que componen un cuerpo rígido, se obtiene la misma forma que estas ecuaciones, salvo que cada partícula localizada en (x,y,z) se considera de un peso diferencial dW. En consecuencia, se requiere integración en vez de suma discreta de los términos. Las ecuaciones que resultan son:

$$\bar{x} = \frac{\int x\, dW}{\int dW} \qquad \bar{y} = \frac{\int y\, dW}{\int dW} \qquad \bar{z} = \frac{\int z\, dW}{\int dW} \tag{3.4}$$

Para usar apropiadamente estas ecuaciones, el peso diferencial dW debe expresarse en términos de un volumen asociado dV. Si γ representa el peso especifico del cuerpo, medido como peso por unidad de volumen, entonces $dW = \gamma\, dV$ y, por tanto:

$$\bar{x} = \frac{\int x\gamma\, dV}{\int \gamma\, dV} \qquad \bar{y} = \frac{\int y\gamma\, dV}{\int \gamma\, dV} \qquad \bar{z} = \frac{\int z\gamma\, dV}{\int \gamma\, dV} \tag{3.5}$$

Aquí la integración debe realizarse sobre el volumen total del cuerpo. Como el campo de fuerzas gravitacionales para el cuerpo se supone que es tanto paralela como uniforme, estas ecuaciones también pueden usarse para determinar el centro de masas del cuerpo, siempre que al densidad se exprese como masa/volumen.

Centro de masa. La densidad, ρ, masa por unidad de volumen, se relaciona mediante la ecuación $\gamma = \rho\, g$. Al sustituir esta relación en las ecuaciones 3.5 y cancelar g de los numeradores y de los denominadores se obtendrá ecuaciones similares (reemplazando ρ por γ) que podrán usarse para determinar el centro de masa del cuerpo.

Centroide. Es un punto que define el centro de geométrico un objeto. Su localización puede determinarse a partir de fórmulas semejantes a las utilizadas para determinar el centro de gravedad o el centro de masa de un cuerpo. En particular, si el material de que esta compuesto un cuerpo uniforme u homogéneo, la densidad o el peso especifico serán constantes en todo el cuerpo y, consecuentemente, este termino factor se cancelara de los numeradores y de los denominadores de las ecuaciones 3.5. Las fórmulas resultantes definen el centroide de un cuerpo, ya que son independientes del peso del cuerpo y dependen solamente de la geometría del cuerpo. Se consideraran tres casos especificos :

Volumen. Si un objeto se subdivide en elementos de volumen, dV, como se muestra en la figura 3.3, la localización del centroide C $(\bar{x},\bar{y},\bar{z})$ para el volumen de objeto se puede determinar calculando los "momentos" de los elementos en torno a los ejes de coordenadas. Las fórmulas que resultan son:

$$\bar{x} = \frac{\int x\, dV}{\int dV} \qquad \bar{y} = \frac{\int y\, dV}{\int dV} \qquad \bar{z} = \frac{\int z\, dV}{\int dV} \tag{3.6}$$

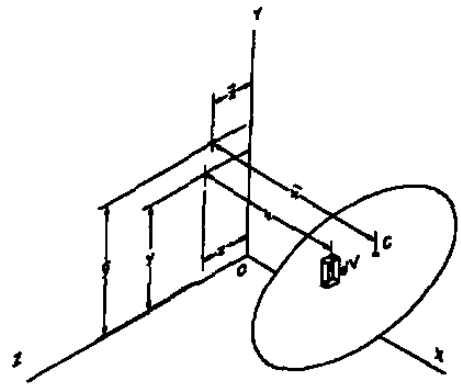


Fig. 3.3 Centroide de un cuerpo en función del volumen.

Área. De manera semejante, el centroide para el área superficial de una placa o un casco, figura 3.4, se puede encontrar subdividiendo el área en elementos diferenciales dA y calculando los momentos de estos elementos de área en torno a los ejes de coordenadas, las ecuaciones que se obtienen son:

$$\bar{x} = \frac{\int x\, dA}{\int dA} \qquad \bar{y} = \frac{\int y\, dA}{\int dA} \qquad \bar{z} = \frac{\int z\, dA}{\int dA} \tag{3.7}$$

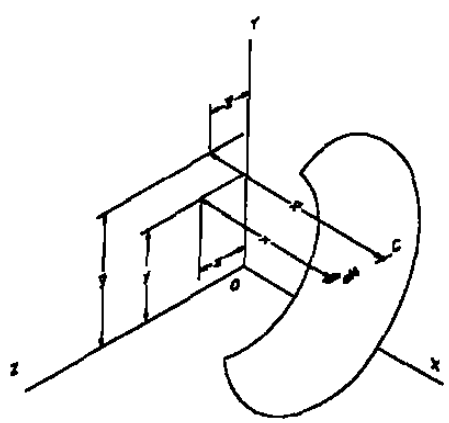


Fig. 3.4 Centroide para un área superficial de una placa.

Línea. Si la geometría del objeto, tal como una barra delgada o un alambre, se toma la forma de una línea, figura 3.5, la manera de encontrar su centroide es idéntica al procedimiento antes explicado. Los resultados son:

$$\bar{x} = \frac{\int x\, dL}{\int dL} \qquad \bar{y} = \frac{\int y\, dL}{\int dL} \qquad \bar{z} = \frac{\int z\, dL}{\int dL} \tag{3.8}$$

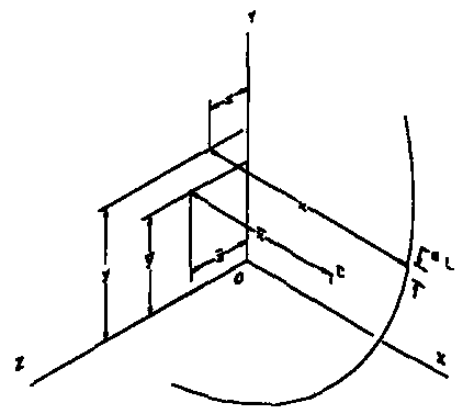


Fig. 3.5 El centroide para una línea o alambre.

Es importante recordar que todas las ecuaciones se formaron usando el principio de momentos. Por tanto, los términos **x** y **y** y **z** en estas ecuaciones se refiere a los "brazos de palanca" o distancias perpendiculares desde los planos coordenados hasta el centro de gravedad o el centroide del elemento diferencial usado en las ecuaciones. Si es posible, el elemento diferencial debería elegirse de tal manera que sea de tamaño o de espesor diferencial en una dirección solamente. Cuando esto es factible, solamente se requiere una sola integración para cubrir toda la región.

3.4.- PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS.

El siguiente procedimiento proporciona un método para determinar el centro de gravedad o el centroide de un objeto, usando una sola integración.

Elemento diferencial. Especifique los ejes coordenados y escoja un elemento diferencial adecuado para la integración. Para las líneas, este elemento dL esta representado como

un segmento de línea diferencial; para áreas el elemento dA es generalmente un rectángulo, que tiene una altura finita y un ancho diferencial; y para volúmenes el elemento dV es un disco circular, que tiene un radio finito y un espesor diferencial o un cascaron, que tiene una longitud finita y un radio y espesor diferenciales. Localice el elemento de tal manera que intercepte la frontera de la linea, área o volumen en un punto arbitrario (x,y,z).

Tamaño y brazo de palanca. Exprese la longitud dL, área dA o volumen dV del elemento en términos de las coordenadas usadas para definir la frontera del objeto. Determine las distancias perpendiculares (brazos de palanca) desde los planos coordenados hasta el centroide o el centro de gravedad del elemento. Para el sistema coordenado (x,y,z) estas dimensiones están representadas mediante las coordenadas x,y,z.

Integraciones. Sustituya los datos calculados en las ecuaciones adecuadas (ecuaciones 3.6 al 3.8) y efectúe las integraciones. La integración puede efectuarse cuando la función del integrador esta expresada en términos de la misma variable, que el espesor diferencial del elemento. Los limites de la integral se definen entonces a partir de los dos lugares extremos del espesor diferencial del elemento, de modo que cuando se "suma" los elementos o se efectúa la integración, se cubre toda la región.

3.5.- CENTROS DE GRAVEDAD DE CUERPOS COMPUESTOS

En muchas casos, un cuerpo puede seccionarse o dividirse en varias partes que tienen formas simples. Siempre que se conozca el peso y la localización del centro de gravedad de cada una de estas "partes constitutivas", uno puede eliminar la necesidad de integrar para determinar el centro de gravedad del cuerpo completo. La aplicación del principio del momento a cada una de las partes constitutivas da por resultado fórmulas análogas a las ecs. 3.2, ya que hay un numero finito de pesos que deben tomarse en cuenta. Así, las fórmulas necesarias para encontrar el centro de gravedad de un cuerpo tridimensional se convierte en:

$$\bar{x} = \frac{\sum xW}{\sum W} \qquad \bar{y} = \frac{\sum yW}{\sum W} \qquad \bar{z} = \frac{\sum zW}{\sum W} \tag{3.9}$$

donde x,y,z, representan distancias algebraicas desde el centro de gravedad de cada parte constitutiva hasta el origen de las coordenadas, ΣW representa la suma de los pesos de cada una de las partes constitutivas, o simplemente el peso total del cuerpo. Cuando el cuerpo tiene una densidad constante, el centro de gravedad coincide con el centro geométrico o centroide del cuerpo. El centroide de líneas, áreas y volúmenes compuestos puede encontrarse usando relaciones análogas a las ecs.3.9; sin embargo, los símbolos W se sustituyen por los símbolos L, A y V, respectivamente.

3.6.- PROCEDIMIENTO PARA ANÁLISIS.

El siguiente procedimiento proporciona un método para determinar el centro de gravedad de un cuerpo o el centroide de un objeto geométrico compuesto representado por una línea, área o volumen.

Partes constitutivas. Usando un croquis, divida el cuerpo u objeto en un numero finito de partes constitutivas. Si una de las partes esta representada por un agujero o región geométrica que no tiene material, el peso o el "tamaño" de un agujero se considera como una cantidad negativa.

Brazos de palanca. Establezca los ejes coordenados sobre el croquis y determine los valores de x,y,z del centro de gravedad o del centroide de cada parte.

Sumatorias. Determine $(\bar{x},\bar{y},\bar{z})$ aplicando las ecuaciones para el centro de gravedad (ecs. 3.9) o las ecuaciones análogas para el centroide. Si un objeto es simétrico con respecto a un eje, recuerde que el centroide del objeto queda situado sobre el eje.

3.7.- MOMENTOS DE INERCIA.

El momento de inercia de un área es una propiedad importante en la ingeniería, ya que se debe determinar o especificarse antes de analizar o diseñar un miembro de una estructura o una pieza mecánica.

Las integrales de segundo momento de un área, tales como $\int x^2\, dA$, se denominan como el momento de inercia de un área. Consideremos el área A, que se muestra en la figura 3.6, situada en el plano x-y. Por definición, los momentos de inercia de un área plana diferencial dA en torno al eje "x" y al eje "y" son: $dIx = y^2\, dA$ y $dIy = x^2\, dA$, respectivamente. Para el área total los momentos de inercia se determinan por integración, es decir:

$$Ix = \int y^2\, dA \qquad Iy = \int x^2\, dA \tag{3.10}$$

También podemos formular el segundo momento de un área diferencial dA en torno al polo O, o en el eje z, figura 3.6. A estos nos referimos como el momento polar de inercia, $dJo = r\, dA$. Aquí r es la distancia perpendicular del polo (eje z) al elemento dA. Para el área total, el momento polar de inercia es:

$$Jo = \int r^2 dA = Ix + Iy \tag{3.11}$$

La relación entre Jo, Ix e Iy es posible, dado que $r = x^2 + y^2$, figura 3.6.

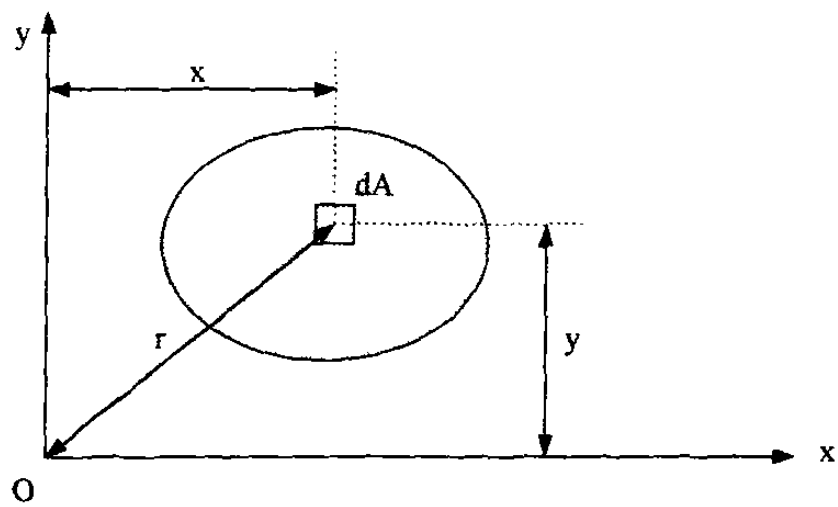


Fig. 3.6 El momento de inercia de un área.

3.8.- TEOREMA DE LOS EJES PARALELOS PARA UN ÁREA.

Si se conoce el momento de inercia de un área alrededor de un eje que pasa por su centroide, conviene determinar el momento de inercia de un área en torno de un eje correspondiente paralelo usando el teorema de los ejes paralelos.

Para deducir este teorema, consideremos la determinación del momento de inercia de la región sombreada que se muestra en la figura 3.7, alrededor del eje x. En este caso, un elemento diferencial dA del área se localiza a una distancia arbitraria y a partir del eje centroidal x', mientras las distancias fijas entre los ejes paralelos x y x', se definen como dy. Como el momento de inercia dA alrededor del eje x es $dIx = (y + dy)^2\, dA$, entonces para la totalidad del área es:

$$Ix = \int (y + dy)^2\, dA$$

$$Ix = \int y^2\, dA + 2dy \int ydA + dy^2 \int dA$$

La primera integral representa el momento de inercia del área en torno al eje centroidal, Ix'. La segunda integral es cero, ya que el centroide C del área esta localizado en dicho eje, es decir, la expresión $\int ydA$ es igual a cero puesto que $\overline{y} = 0$. Si comprendemos que la tercera integral representa la totalidad del área A. El resultado final, por lo tanto es:

$$Ix = Ix' + A\,(dy)^2 \qquad (3.12)$$

Una expresión semejante puede escribirse para Iy, es decir:

$$Iy = Iy' + A\,(dx)^2 \qquad (3.13)$$

La forma de cada una de estas ecuaciones establece que el momento de inercia de un área alrededor de un eje es igual al momento de inercia de un área en torno a un eje paralelo que pasa través del centroide mas el producto del área y el cuadrado de la distancia perpendicular entre los ejes.

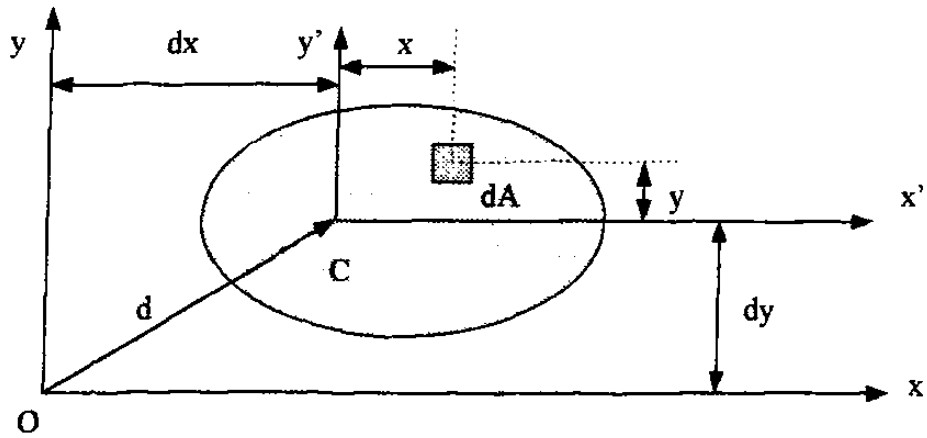


Fig 3.7. Teorema de los ejes paralelos para un área.

Finalmente, el momento polar de inercia en torno a un eje perpendicular al plano x-y y que pasa a través del polo O (eje z) , figura 3.7, tenemos:

$$Jo = Jc + Ad^2 \qquad (3.14)$$

3.9.- RADIO DE GIRO DE UN ÁREA.

El radio de giro de un área plana se usa a menudo para el diseño de columnas en mecánica estructural. Siempre que se conozca el área y los momentos de inercia, los radios de giro se determinan a partir de las siguientes fórmulas:

$$kx = \sqrt{(Ix/A)} \qquad ky = \sqrt{(Iy/A)} \qquad ko = \sqrt{(Jo/A)} \qquad (3.15)$$

3.10.- MOMENTOS DE INERCIA PARA UN ÁREA POR INTEGRACIÓN

Cuando los limites de un área plana pueden expresarse mediante funciones matemáticas, las ecuaciones 3.10 pueden integrarse para determinar los momentos de inercia para el área. Si el elemento de área escogido para la integración tiene un tamaño diferencial en dos direcciones, como se indica en la figura 3.8, debe efectuarse una doble integración para valorizar el momento de inercia. Sin embargo, muy frecuentemente, es mas fácil escoger un elemento que tenga un tamaño diferencial o espesor en una dirección solamente, debido a que entonces el calculo requiere solamente una sola integración.

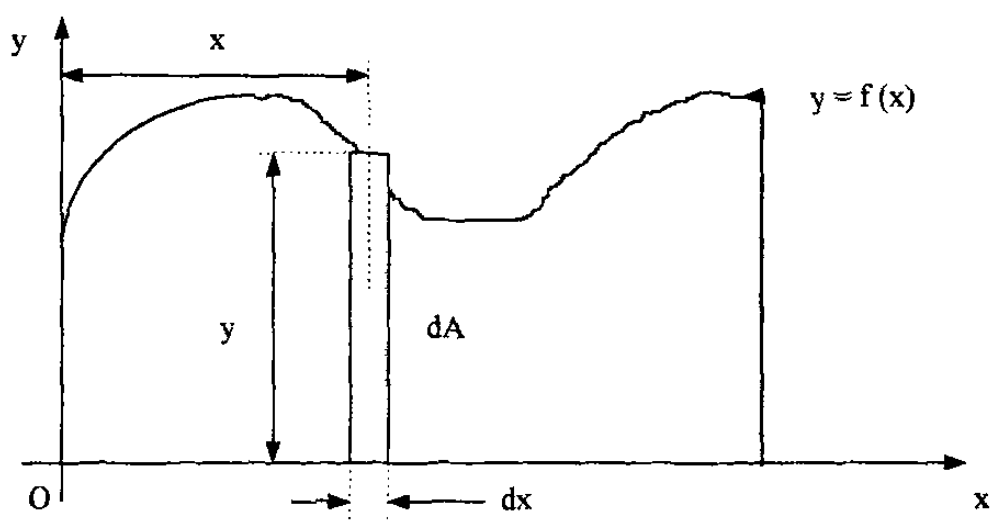


Fig. 3.8. Momentos de inercia para un área por integración.

Procedimiento para el análisis

Si se efectúa una sola integración para determinar el momento de inercia de un área con respecto a un eje, será necesario determinar primero la forma mas efectiva para orientar el elemento con respecto al eje, de modo que el proceso de integración se haga tan simple como sea posible. Con respecto a esto, existen dos posibilidades:

Caso 1.- La longitud del elemento puede ser paralela al eje. Esta situación ocurre cuando se usa un elemento rectángular indicado en la figura 3.8 para calcular el Iy del área. La aplicación directa de la ec. 3.10, $Iy = \int x^2 dA$, puede hacerse en este caso ya que todas las partes del elemento se localizan a la misma distancia x del eje y .

Caso 2.- La longitud del elemento puede ser perpendicular al eje. Aquí la ec. 3.10 no se aplica, ya que todas las partes del elemento no quedan a la misma distancia del eje. En vez de ello, puede usarse el teorema de los ejes paralelos. Por tanto, si se usa el elemento rectángular de la figura 3.8 para calcular el Ix del área, primero será necesario calcular el momento de inercia del elemento con respecto al eje horizontal que pase a través de su centroide y después determinar el momento de inercia del elemento con respecto al eje x usando el teorema de ejes paralelos. La integración de este resultado conducirá a Ix.

3.11.- MOMENTOS DE INERCIA PARA ÁREAS COMPUESTAS.

Un área compuesta consiste de una serie de áreas "mas simples" unidas, tales como semicírculos, rectángulos y triángulos. Siempre que se conozca el momento de inercia de cada una de esas áreas o que pueda calcularse respecto a un eje común, entonces el momento de inercia del área compuesta es igual a la suma algebraica de los momentos de inercia de todas sus partes componentes.

Procedimiento para análisis

Este procedimiento proporciona un método para determinar el momento de inercia de un área compuesta con respecto a un eje de referencia .

Partes constitutivas. Usando un croquis, divida el área en sus partes constitutivas e indique las distancias perpendicular a partir del centroide de cada parte al eje de referencia.

Teorema de los ejes paralelos. El momento de inercia de cada parte debería calcularse con respecto a un eje centroidal, que es paralela al eje de referencia (vea la tabla 3.1). Si el eje centroidal no coincide con el eje de referencia, deberá usarse el teorema de los ejes paralelos, $I = I' + Ad^2$, para determinar el momento de inercia de la parte con respecto al eje de referencia.

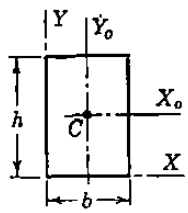
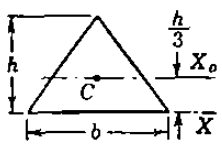
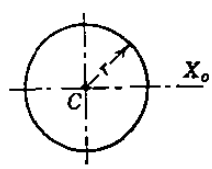
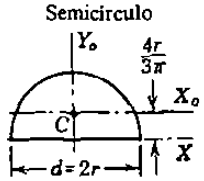
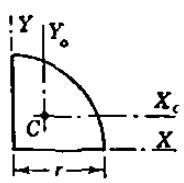
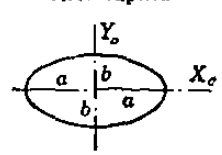
FIGURA	MOMENTO DE INERCIA	RADIO DE GIRO
Rectángulo 	$\bar{I}_x = \frac{bh^3}{12}$	$\bar{k}_x = \frac{h}{\sqrt{12}}$
	$I_x = \frac{bh^3}{3}$	$k_x = \frac{h}{\sqrt{3}}$
Triángulo cualquiera 	$\bar{I}_x = \frac{bh^3}{36}$	$\bar{k}_x = \frac{h}{\sqrt{18}}$
	$I_x = \frac{bh^3}{12}$	$k_x = \frac{h}{\sqrt{6}}$
Círculo 	$\bar{I}_x = \frac{\pi r^4}{4}$	$\bar{k}_x = \frac{r}{2}$
	$\bar{J} = \frac{\pi r^4}{2}$	$\bar{k}_z = \frac{r}{\sqrt{2}}$
Semicírculo 	$I_x = \bar{I}_y = \frac{\pi r^4}{8}$	$k_x = \bar{k}_y = \frac{r}{2}$
	$\bar{I}_x = 0.11r^4$	$\bar{k}_x = 0.264r$
Cuadrante de círculo 	$I_x = I_y = \frac{\pi r^4}{16}$	$k_x = k_y = \frac{r}{2}$
	$\bar{I}_x = \bar{I}_y = 0.055r^4$	$\bar{k}_x = \bar{k}_y = 0.264r$
Área elíptica 	$\bar{I}_x = \frac{\pi ab^3}{4}$	$\bar{k}_x = \frac{b}{2}$
	$\bar{I}_y = \frac{\pi ba^3}{4}$	$\bar{k}_y = \frac{a}{2}$

Tabla 3.1 Momentos de Inercia.

Sumatoria. El momento de inercia de toda el área con respecto al eje de referencia se determina sumando los resultados de sus partes componentes. En particular, si un área compuesta tiene un "agujero", el momento de inercia del área compuesta se encuentra "restando" el momento de inercia del agujero al momento de inercia de toda el área que incluye el agujero.

3.12.- PRODUCTO DE INERCIA PARA UN ÁREA.

En general, el momento de inercia para un área es diferente para cada eje con respecto al cual se calcula. El producto de inercia como así el momento de inercia con respecto a los ejes "x" e "y", son usados en algunas aplicaciones de diseño estructural, con el fin, de conocer la orientación de aquellos ejes que dan, respectivamente, los momentos de inercia máximos y mínimos para el área, debe calcular primero el producto de inercia para un área así como sus momentos de inercia para los ejes dados "x" y "y".

El producto de inercia para un elemento de área localizado en el punto (x,y) como se indica en la fig. 3-9, se define como $dI_{xy} = dA$. Así, para toda el área A, el producto de inercia es:

$$I_{xy} = \int xy \, dA$$

Si se escoge el elemento de área con un tamaño diferencial en dos direcciones, como se muestra en la figura 3.10, debe efectuarse una integral doble para calcular I_{xy}. Sin embargo, muy a menudo es mas fácil escoger un elemento que tenga un tamaño o espesor diferencial en una sola dirección, en cuyo caso el calculo requiere de solo una integral simple.

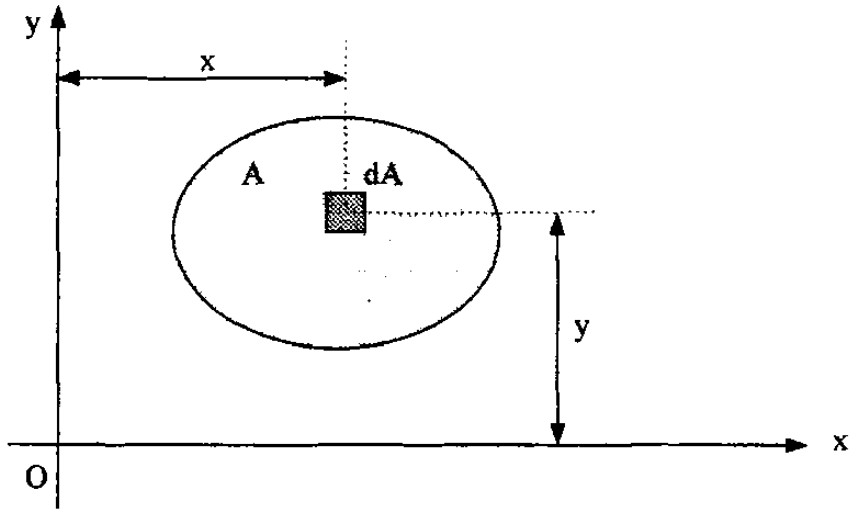


Fig. 3.9 Producto de inercia para un área.

Como el momento de inercia, el producto de inercia tiene unidades de longitud elevadas a la cuarta potencia; por ejemplo: m^4, mm^4, pie^4, $pulg^4$. Sin embargo, como x o y puede ser cantidades negativas, mientras que el elemento de área siempre es positivo, el producto de inercia puede ser positivo, negativo o cero, dependiendo de la localización y orientación de los ejes coordenadas. Por ejemplo, el producto de inercia Ixy para un área será cero si cualquiera de los ejes x o y es un eje de simetría para el área. Para demostrar esto, consideremos el área sombreada de la figura 3.10, donde para cada elemento dA localizado en el punto (x,y) hay un elemento correspondiente dA localizado en (x,-y). Como los productos de inercia para estos elementos son, respectivamente, xy dA y -xy dA, la suma algebraica o integración de los productos de inercia para todos los elementos del área que se escogen de esta manera se cancelaran unos con otros.

Consecuentemente, el producto de inercia para el área total se vuelve cero. De la definición de Ixy también se deduce que el "signo" de esta cantidad depende del cuadrante donde esta localizada el área, ver la figura 3.11.

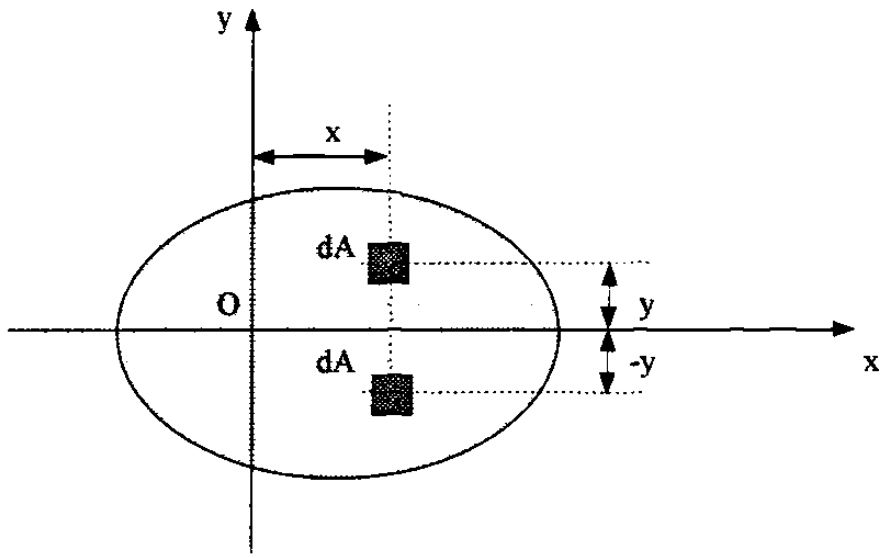


Fig. 3.10 Momento de inercia de dos diferenciales.

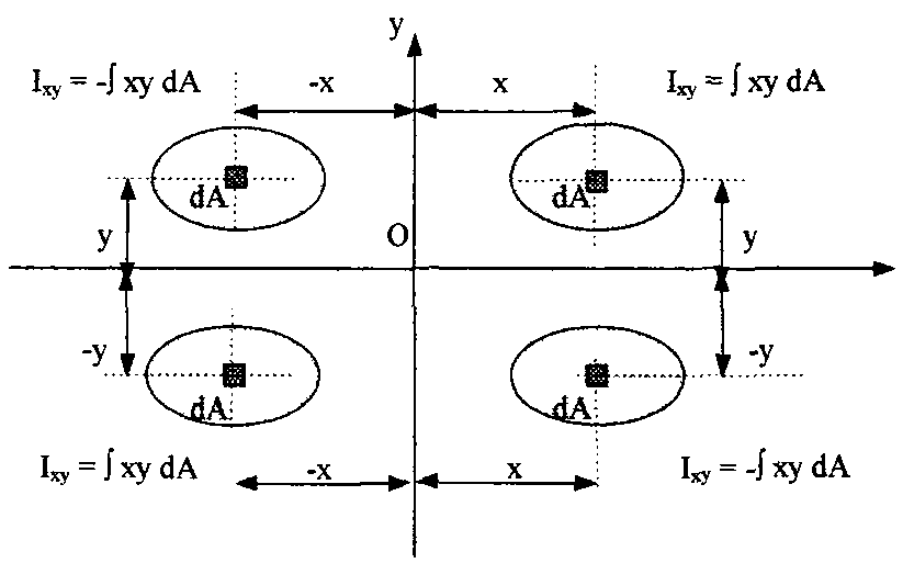


Fig 3.11 Momento de inercia en distintos cuadrantes.

1020130073

CAPITULO 4

APLICACIONES DEL SOFTWARE A EJES.

Un eje es el componente de los dispositivos mecánicos que transmite energía rotacional y potencia. Forma parte integral de dispositivos o artefactos como reductores de velocidad tipo engrane, impulsores de banda o cadena, transportadores, bombas, ventiladores, agitadores y muchos tipos de equipo para automatización. En el proceso de transmitir potencia a una velocidad de giro o velocidad rotacional especifica, el eje se sujeta, de manera inherente, a un momento de torsión o torque. Por consiguiente, en el eje se genera tensión por esfuerzo de corte por torsión. A su vez, por lo regular, un eje soporta componentes transmisores de potencia como engranes, poleas acanaladas para bandas o ruedas dentadas para cadena, que ejercen fuerzas sobre el eje en sentido transversal, es decir perpendicular a su eje. Estas fuerzas transversales provocan que se genere momentos de flexión en el eje, por esta razón, se requiere de un análisis de tensión debido a la flexión.

4.1. - PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE FLECHAS O EJES.

Para el análisis de las tensiones en ejes virtualmente implica siempre el uso de un enfoque combinado, esto es debido a la aparición simultáneas de tensiones o esfuerzo de corte por torsión y tensiones normales que se debe a la flexión. El método que comúnmente se sugiere para el diseño de ejes es el de la teoría de la falla por distorsión de la energía. En ocasiones se presentan también tensiones por tensiones de corte vertical y tensiones normales directas que se debe a cargas axiales, sin embargo, su efecto es, por lo regular, mínimo a tal grado que es valido omitirlos. En ejes muy cortos o en partes de ellas en los que se genera torsión o flexión, es probable que predominen tales tensiones. Hay que utilizar el tipo de análisis que resulta mas adecuado, ya sea, para un eje que gira y uno que no gira.

Los pasos específicos que deben utilizarse en el análisis de una flecha o eje dependen del diseño que se haya propuesto, así como de la forma en que se aplice la carga y se soporte el eje. Con lo antes mencionado se propone el procedimiento siguiente (según Mott) para el diseño de una flecha o eje:

1. - Determine la velocidad de giro del eje.
2. - Calcule la potencia o el torque que va a transmitir el eje.
3. - Determine el diseño de los componentes transmisores de potencia u otros dispositivos que se pretendan montar en la flecha y especifique la ubicación que se necesita dar a cada dispositivo.
4. - Precise la ubicación de los cojinetes en los que se apoyará el eje. Se deberá de especificar que cojinete debe diseñarse para que reaccione en contra de la carga de empuje, o sea axial. Se supone que las reacciones en los cojinetes que soportan las cargas radiales ejercen acción en el punto medio de los cojinetes. Sin embargo se permitirá que el cojinete que no ejerce resistencia contra el empuje se desplace un poco en el sentido axial para asegurar que no se ejerza carga axial indeseable e inesperada sobre ese cojinete. Por lo general, se utilizaran dos cojinetes para dar soporte a un eje. Debe colocarse de ser posible, en cualquier extremo de los dos elementos que transmiten potencia para proporcionar soporte estable a la flecha y

generar una carga razonable bien balanceada en los cojinetes; éstos se deben colocar cerca de los elementos que transmiten potencia a fin de minimizar lo momentos de flexión. Además, la longitud total del eje debe ser mínima para mantener las deflexiones en un nivel aceptable.

5. - Proponga la forma general de la geometría para el eje o flecha, considerando de qué manera se mantendrá en posición axialmente y como se llevara a cabo la transmisión de potencia a partir de cada elemento hacia el eje o flecha.
6. - Calcule la magnitud del torque que se observa en todos los puntos del eje, para esto se elabora una gráfica de torque.
7. - Calcule las fuerzas que ejercen acción sobre el eje, tanto radial como axialmente.
8. - Determine las fuerzas radiales y componentes en sentidos perpendiculares, por lo regular tanto verticales como horizontales.
9. - Calcule las reacciones en todos los cojinetes de soporte en cada plano.
10. - Elabore las gráficas completas de fuerza de corte y de momento de flexión para determinar la distribución de los momentos de frexión sobre el eje.
11. - Elija el material con que se va a fabricar el eje y especifique su condición: extruido en frío, con tratamiento térmico y demás.
12. - Calcule la tensión de diseño adecuada considerando la manera en que se aplica la carga: suave, de choque, sucesiva e inversa o de otro tipo.
13. - Analice cada punto crítico del eje para determinar el diámetro mínimo aceptable del eje para verificar la seguridad bajo aplicación de carga en cada punto. En general los puntos críticos son numerosos e incluyen aquellos donde tienen lugar un cambio de diámetro, donde se generan los valores mas altos de torques y de momentos de flexión y donde se presentan concentraciones de tensión.
14. - Especifique las dimensiones finales para cada punto en el eje. Por lo general, se utilizan los resultados del paso 13 a manera de parámetro, después se eligen los valores convenientes. Debe especificarse, a su vez, detalles como tolerancias, radio de los chaflanes, altura de los hombros y dimensiones de los cuñeros. A veces el tamaño y la tolerancia para el diámetro de un eje son dictados por el elemento que se va a

montar ahí. Por ejemplo, los catálogos de los fabricantes de cojinetes incluyen límites que se sugieren para los diámetros de los asientos de los engranes en los ejes.

4.2.- FUERZAS QUE EJERCEN ELEMENTOS DE MAQUINARIA SOBRE FLECHA O EJES.

Los elementos de maquinaria como los engranes, las poleas acanaladas para bandas y otros elementos que por lo regular están soportados por ejes o flechas, están ejerciendo fuerzas sobre los ejes que dan lugar a momentos de flexión. En general, se utiliza los principios de la estática y dinámica para determinar las fuerzas para cualquier elemento en particular. A continuación se describe el análisis de los métodos que se utilizan para calcular estas fuerzas, en algunos casos.

4.2.1.- RUEDAS DENTADAS.

La fuerza que se ejerce sobre los dientes de un engrane mientras transmite potencia actúa de manera normal, es decir perpendicular, al perfil envolvente de los dientes, como se muestra en la figura 4.1. En el análisis de ejes, conviene considerar los componentes rectangulares de esta fuerza que ejerce su acción en sentido radial así como tangencial. Primeramente se calcula la fuerza tangencial, w_t, directamente del torque que se conoce, el cual es transmitido por el engrane. Para unidades del sistema británico.

$$T = 63{,}000\ (P) / n \qquad 1)$$

$$W_t = T / (D/2) \qquad 2)$$

donde: P es la potencia que se transmite en hp, n es la velocidad de giro en rpm, T es el torque en libras por pulgada y D es el diámetro de holgura del engrane en pulgadas.