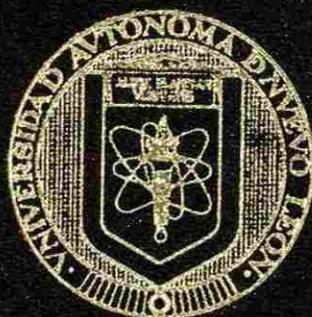


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

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

TESIS

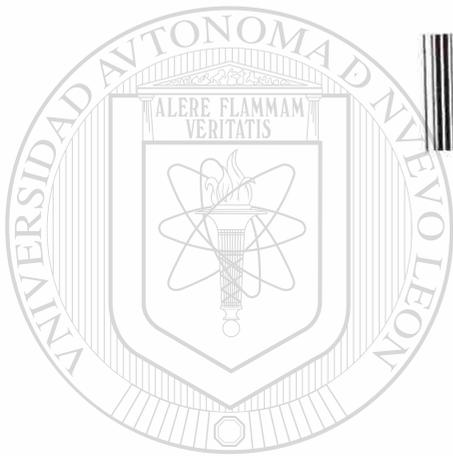
EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA  
INGENIERIA MECANICA CON ESPECIALIDAD  
EN DISEÑO MECANICO

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.

MARZO DE 2000

CH 38  
FIME 2000  
FIME 2000  
Z5853

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



1020130073

# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

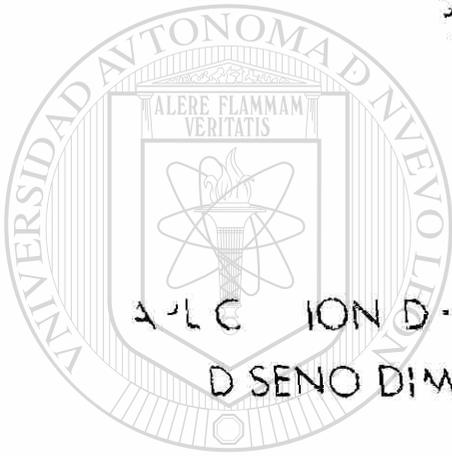
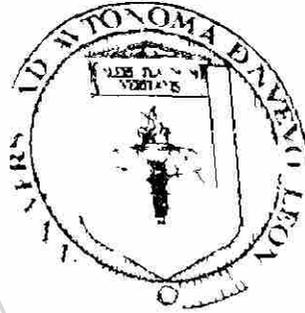


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



APLICACIÓN DE SOFTWARE AUTOCAD EN EL  
DISEÑO DIMENSIONAL DE ELEMENTOS  
MÁQUINAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

AL. - RUBEN CHAVEZ CASTILLO

## TESIS

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

1 49260

TM  
Z5853  
• H2  
FIME  
2000  
Ch37



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

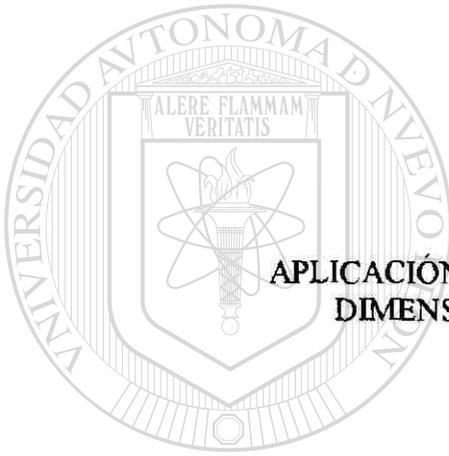
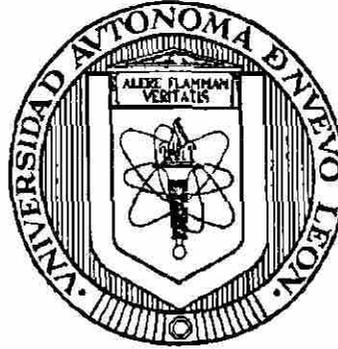


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



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

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
ING. RUBÉN CHÁVEZ CASTILLO

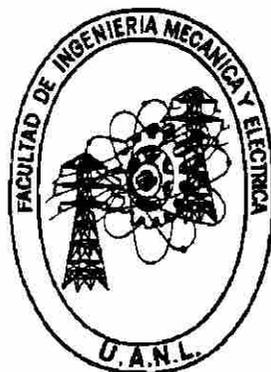
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TESIS

EN OPCION 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

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

ING. RUBÉN CHÁVEZ CASTILLO  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TESIS

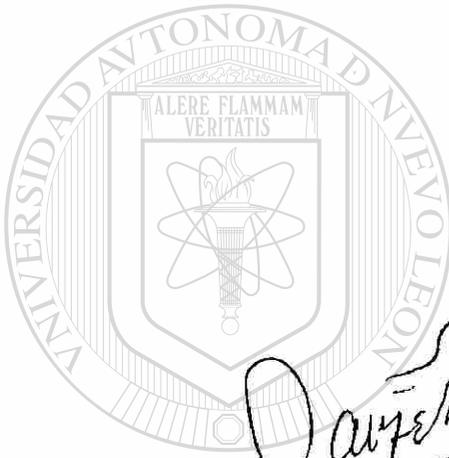
EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA MECÁNICA CON ESPECIALIDAD  
EN DISEÑO MECÁNICO

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN  
MARZO DE 2000

**UNIVERSIDAD AUTONOMA 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 Ramirez Villarreal.  
Coasesor.

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

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Vó.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 maestría, por haber puesto en mi camino a mi esposa e hija que las llevo en el corazón. Sobre todo permítirme vivir.

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

---

A mi hija Gabriela de Dios lo más hermoso.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

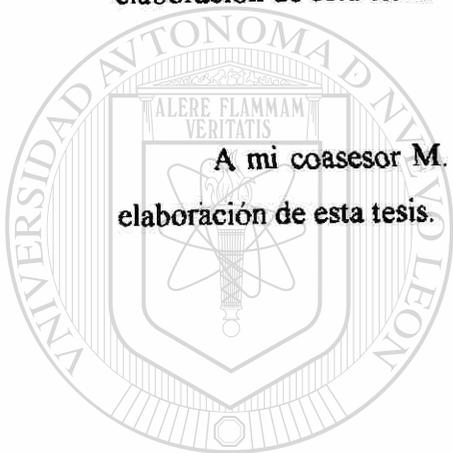
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS **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 capitulo se incluye el manejo del software: menús, comandos: salto, rejilla y ortogonal, entrada de datos, comandos: línea, arco, círculo y polilíneas, manejo de propiedades de objeto. También se incluye la tercera dimensión: características 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 físicas.

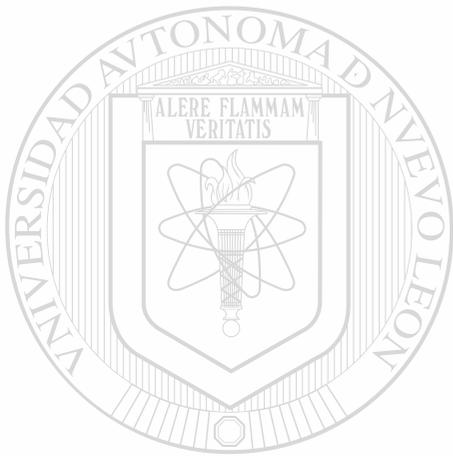
El software puede calcular las propiedades de superficie, por lo cual se documenta en un capítulo sobre este tema.

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 características, 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.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# INDICE

	Página:
<b>Prologo.</b> .....	1
<b>Indice.</b> .....	3
<b>Síntesis.</b> .....	8
<b>Introducción.</b> .....	11

<b>Capitulo 1.- Introducción al AutoCAD.</b> .....	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 mauese .....	1-7

---

<b>Capitulo 2.- Manejo del software del AutoCAD.</b> .....	2-1
2.1.- Despliegue de menús .....	2-1
2.2.- Comando snap (forzcursor o salto) .....	2-6
2.3.- Comando grid (rejilla o cuadrícula) .....	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



<b>Capítulo 3.- Propiedades de superficie.....</b>	<b>3-1</b>
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
<b>Capítulo 4.- Aplicaciones del software a ejes.....</b>	<b>4-1</b>
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.- Engranajes 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 ( $\tau_d$ ) 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

### **Capítulo 5.- Aplicaciones del software para el diseño de Impulsores**

<b>de banda en V.....</b>	<b>5-1</b>
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

### **Capítulo 6.- Aplicaciones del software a engranes rectos. ....**

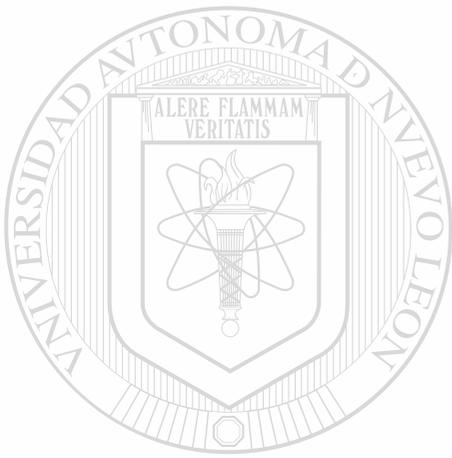
<b>6.1.- Geometría de engranes: forma de diente envolvente.....</b>	<b>6-2</b>
6.2.- Nomenclatura de engranes rectos y características de los dientes.....	6-6
6.3.- terminología de los engranes.....	6-6
6.4.- Contorno de un par de engranes rectos de involuta estándar..	6-9
6.5.- Engranes rectos métricos.....	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

### **Capítulo 7.- Conclusiones.....**

### **Capítulo 8.- Recomendaciones.....**

8-1

<b>Bibliografía.....</b>	<b>140</b>
<b>Listado de tablas.....</b>	<b>141</b>
<b>listado de figuras.....</b>	<b>142</b>
<b>Glosario de términos.....</b>	<b>145</b>
<b>Resumen autobiográfico.....</b>	<b>147</b>



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# 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 capítulo 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 límites del dibujo, generar: líneas, arcos, círculos y polilíneas, manejo de propiedades de objeto: capa (layer), color, tipo de línea, cambio de propiedades, borrar, copiar, desplazar y zoon. Con todo lo anterior (básico) ya establecido se está 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 físicas, 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.

---

## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

### **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:**

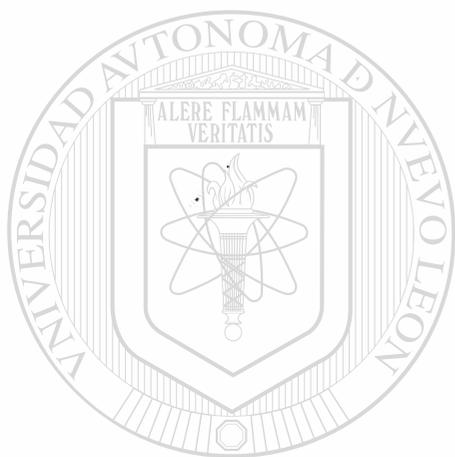
El trabajo fue realizado con la finalidad de obtener más información sobre el software AutoCAD v13 para la aplicación en del diseño dimensional de elementos de máquinas.

## **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 documentó 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.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# 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 acad13.bat. Indicando su nombre a nivel del sistema operativo se entra en el programa AutoCAD:

```
C:\>acad13 (return)
```

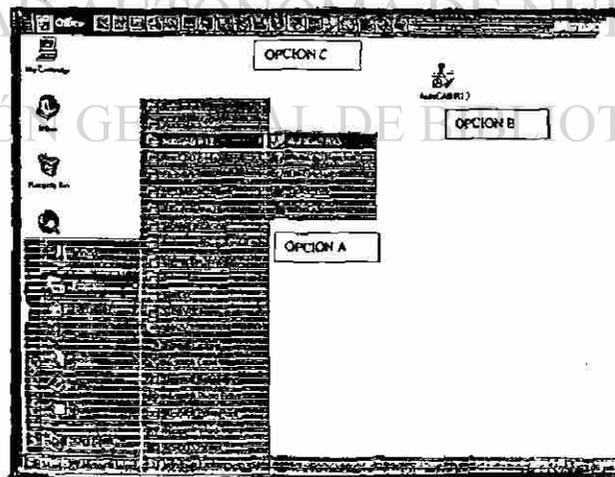


Fig 1.1 Como se entra en AutoCAD.

## 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 quitra y fin sirven para salir de AutoCAD, desechando cualquier modificación, la primera, y salvando el dibujo actual en disco, la segunda.

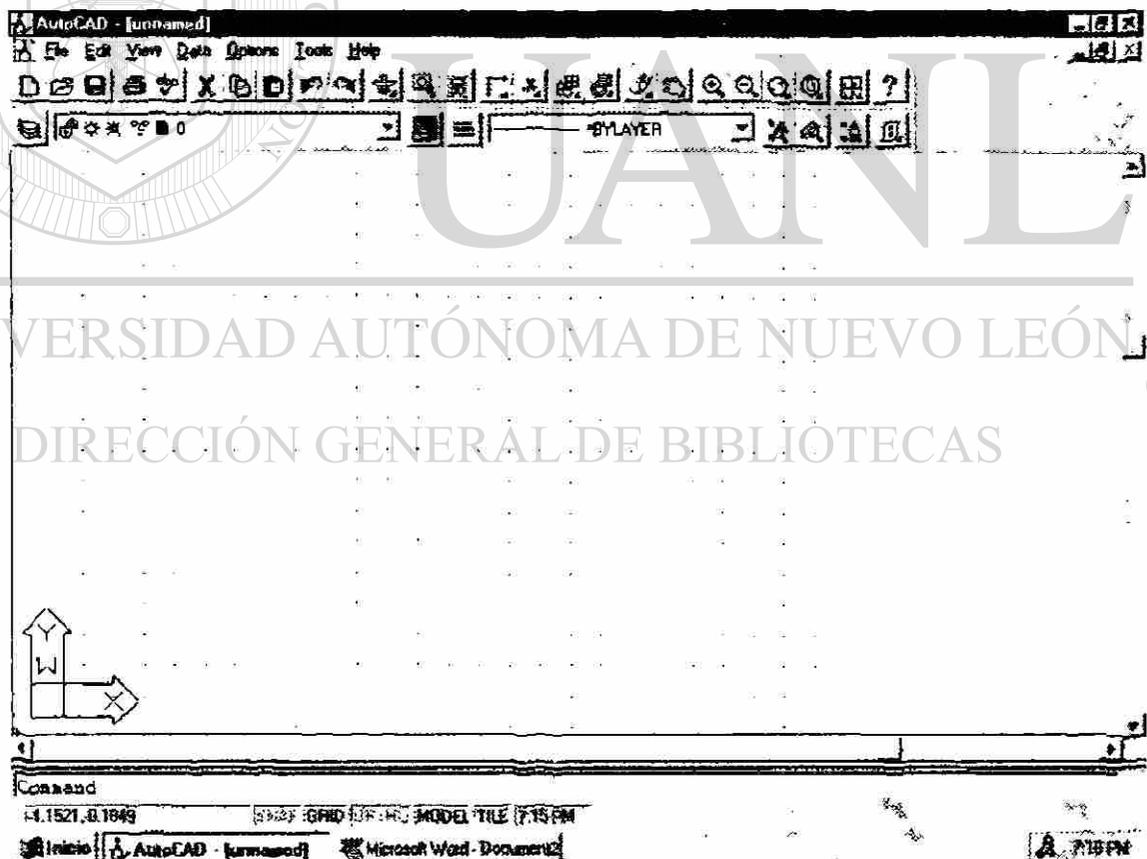


Fig. 1.2 Pantalla de editor de dibujo

### 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.

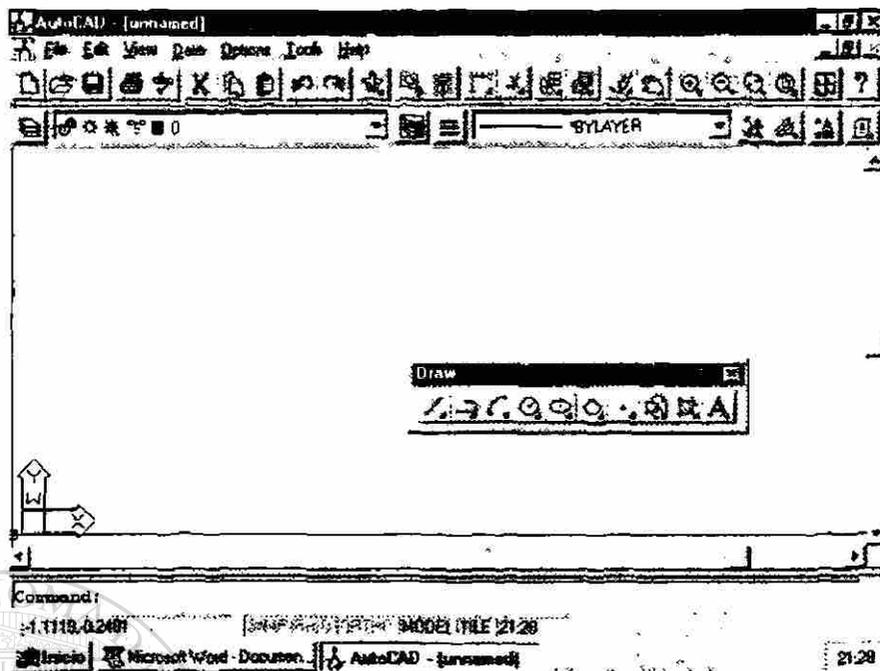


Fig. 1.3 Barra de herramienta flotante.

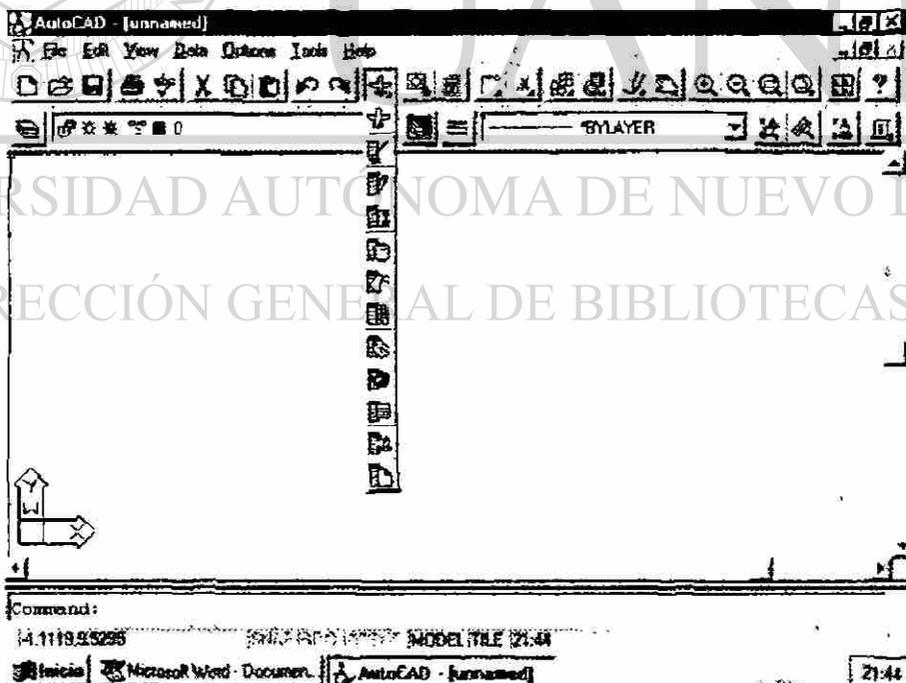


Fig. 1.4 Barra de herramienta para dar de alta las barra de heramientas flotante.

## 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.

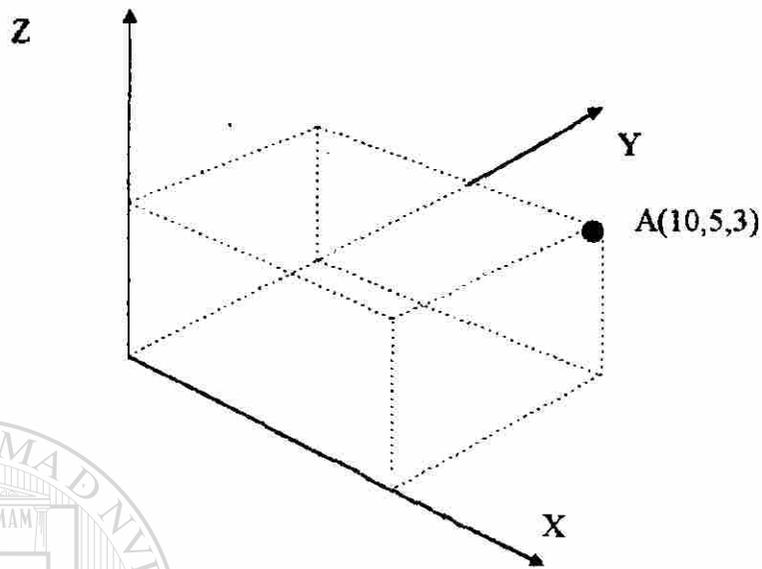


Fig. 1.5.- Sistema de coordenadas cartesiano.

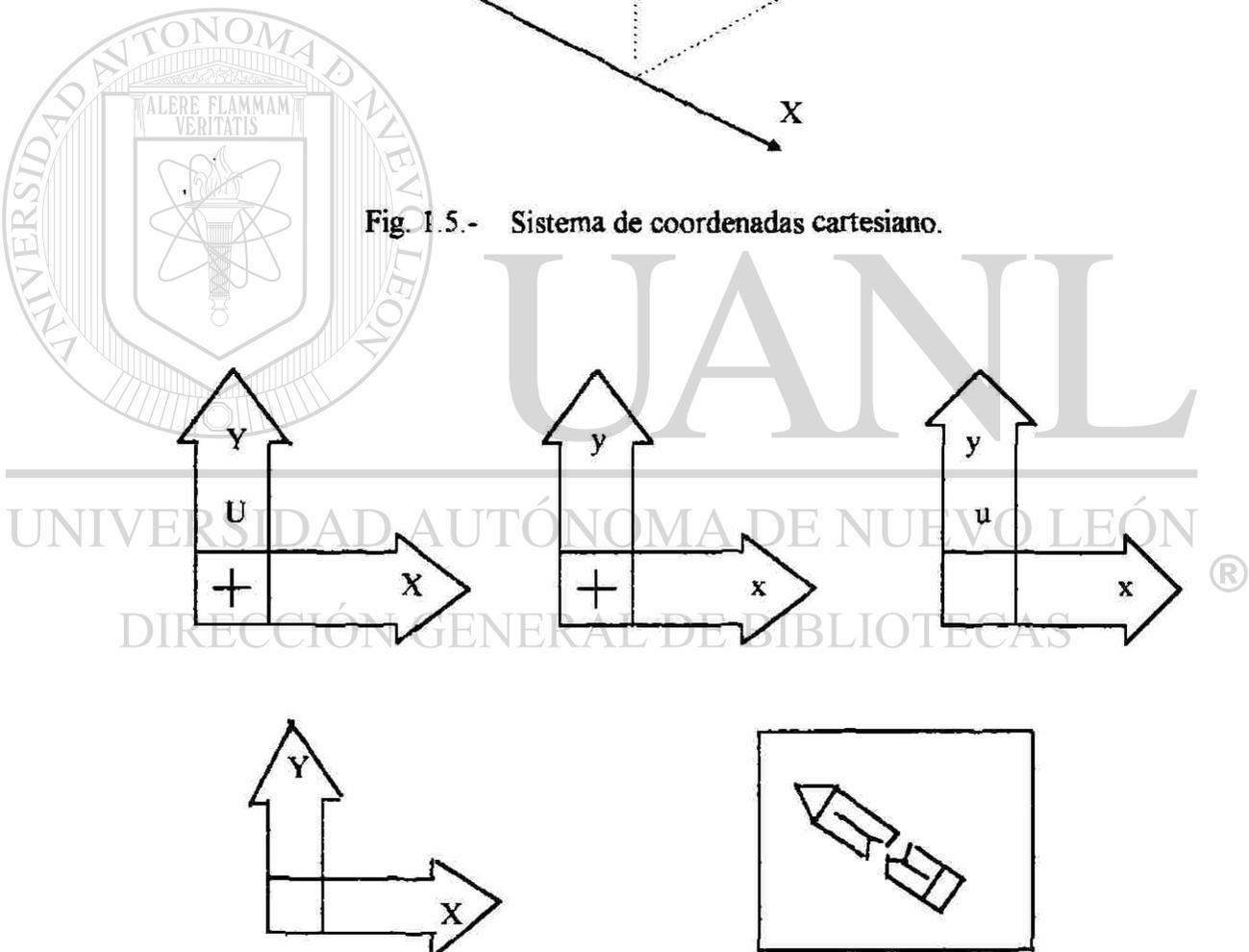


Fig. 1.6.- Distintos aspectos del icono del sistema de coordenadas.

## 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):

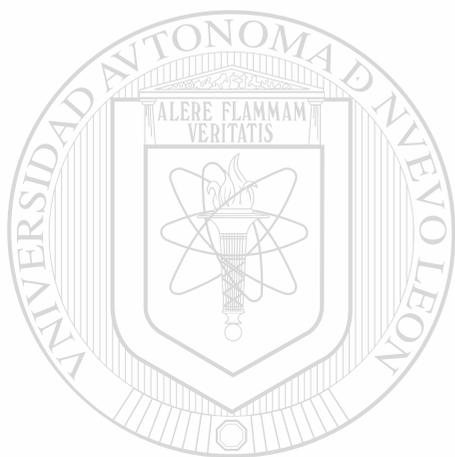
**Clic.** - Presione y suelte el botón izquierdo.

**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.

**Elíja.** - 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.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# 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 cuadrícula, 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.

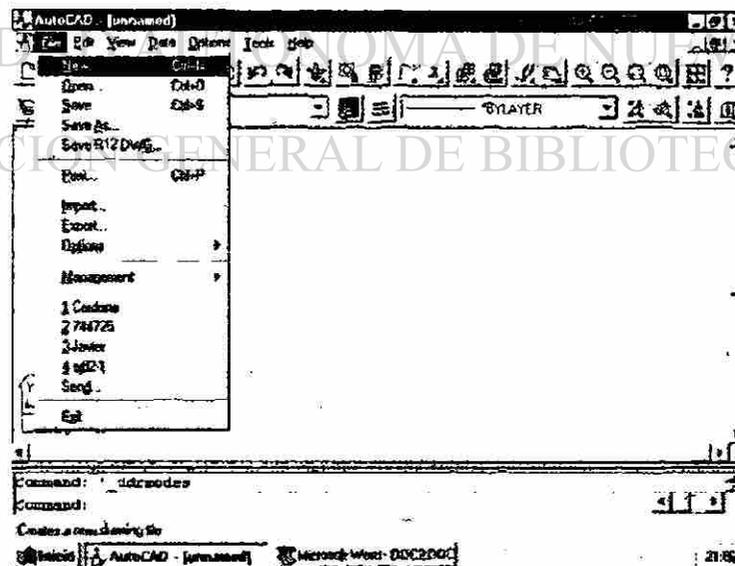


Fig. 2.1 Menú desplegable: Archivo.

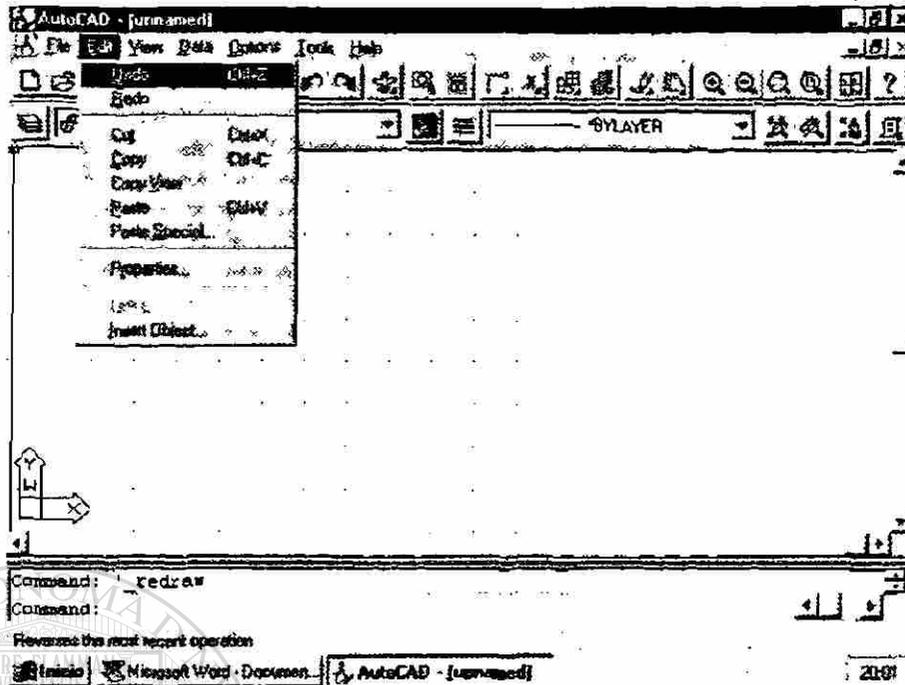


Fig. 2.2 Menú desplegable: Editar.

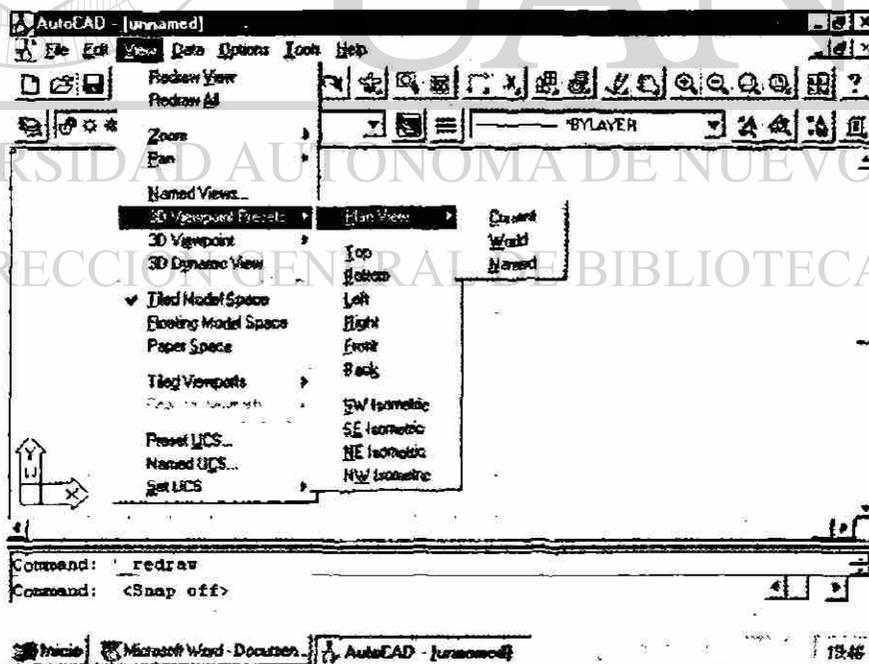


Fig. 2.3 Menú desplegable: Vista.

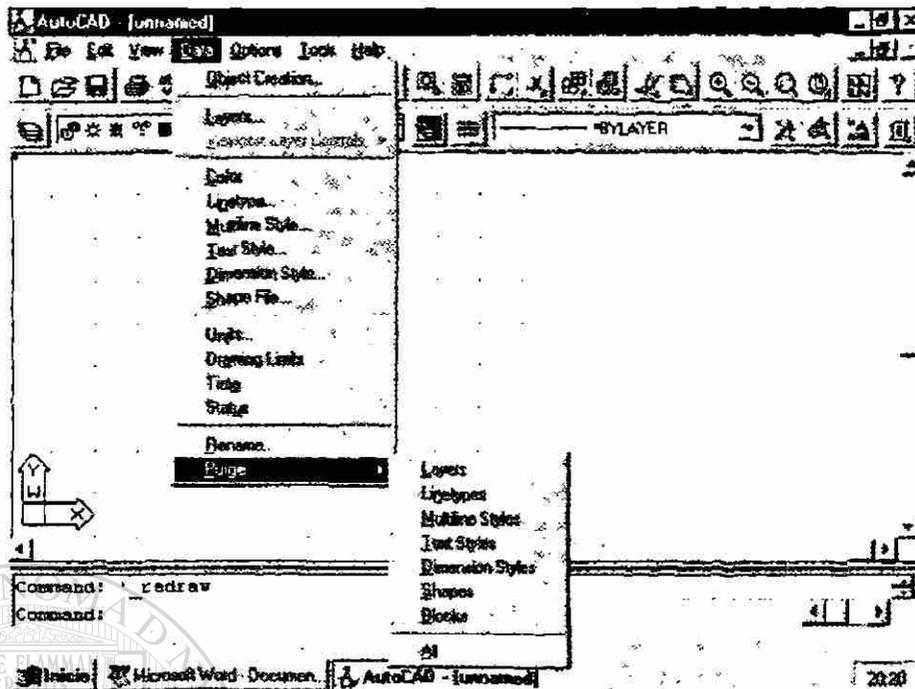


Fig. 2.4 Menú desplegable: Datos.

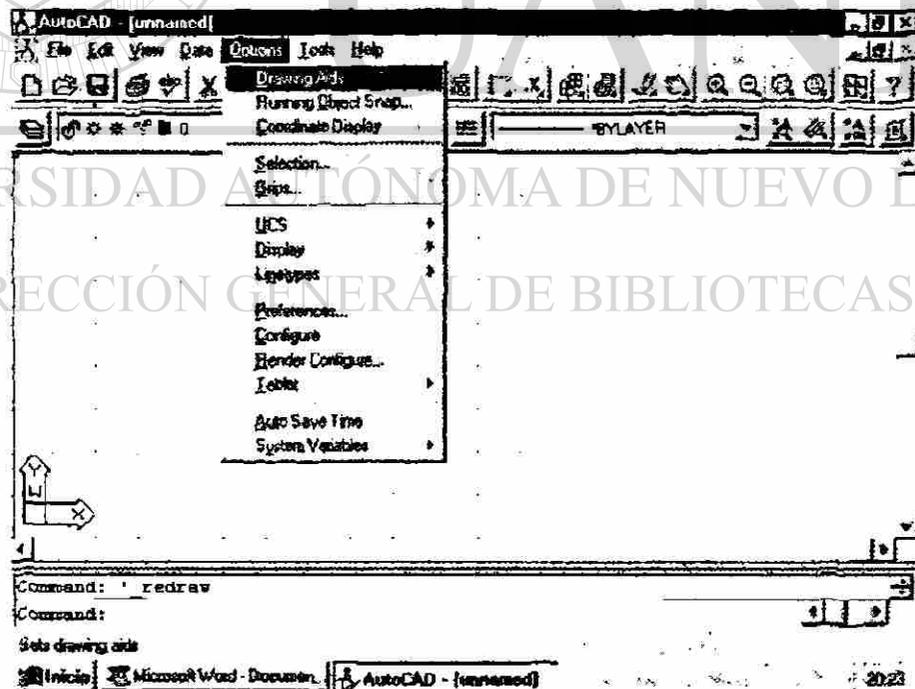


Fig. 2.5 Menú desplegable: Opciones.

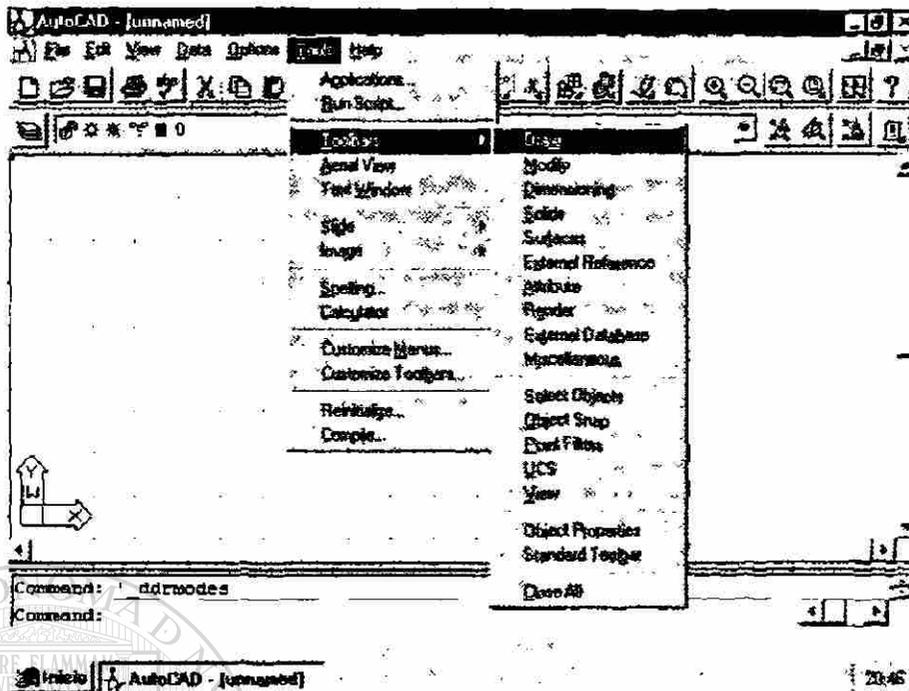


Fig. 2.6 Menú desplegable: Herramientas.

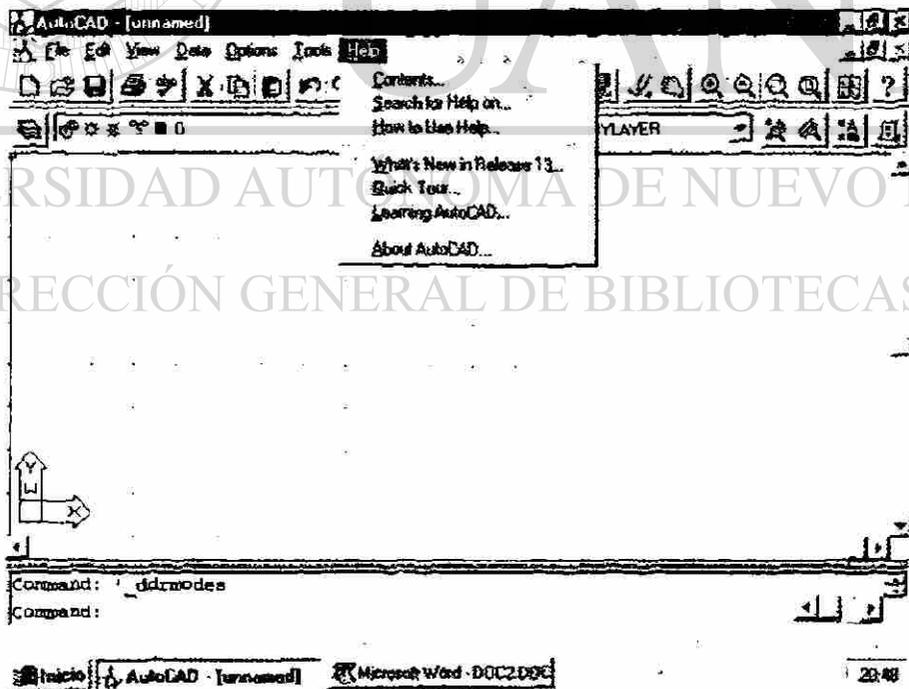


Fig. 2.7 Menú desplegable: Ayuda.

## 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 rectangular 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 rectangular 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 retículo (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 límites 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 límites 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 límites sobrepasen o sean iguales a la extensión del dibujo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 2.6.- COMANDO LINE (LÍNEA).

Uno de los objetos mas sencillos de dibujar son las líneas 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.

**Length of chord (longitud de cuerda):** especifica la longitud de cuerda del arco, solo después de escoger las opciones start (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 polilínea 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 específicas 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.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### **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:

<p>Comando: <b>extrusión</b></p> <p>Designar objetos</p>
--

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:

<p>Path/&lt;Height of extrusión&gt;:</p>
--

<p>Eje de extrusión/&lt;Altura de extrusión&gt;:</p>
--

**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  $-90^\circ$  y  $90^\circ$ .

**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 última 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.- SUBTRACTION (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 chafanar, 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.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 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 este 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

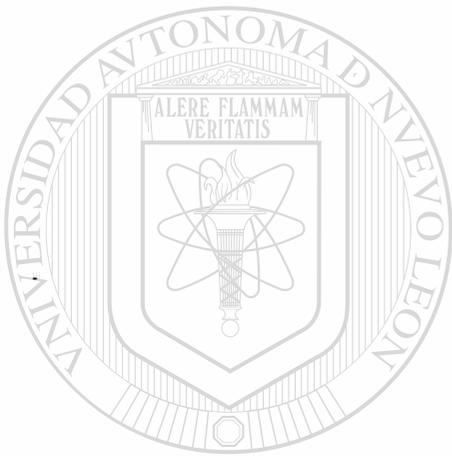
Designar objetos:

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 físicas.

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*.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## CAPÍTULO 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:

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

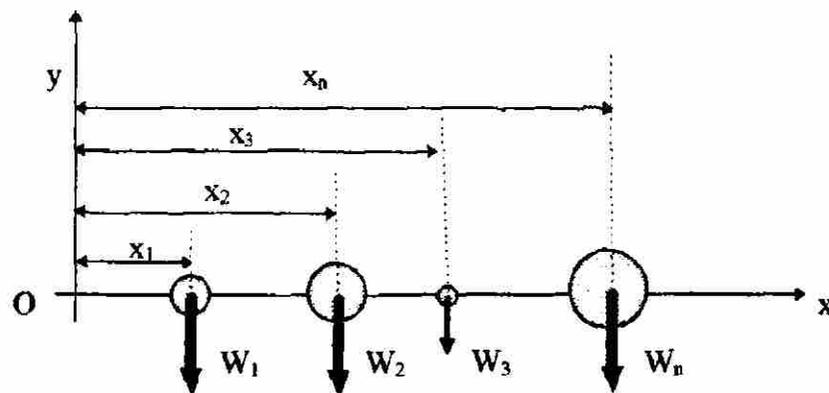


Fig. 3.1 Sistema de  $n$  partículas.

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:

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

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

$$\bar{x} = \frac{\sum xW}{\sum W} \quad (3.1)$$

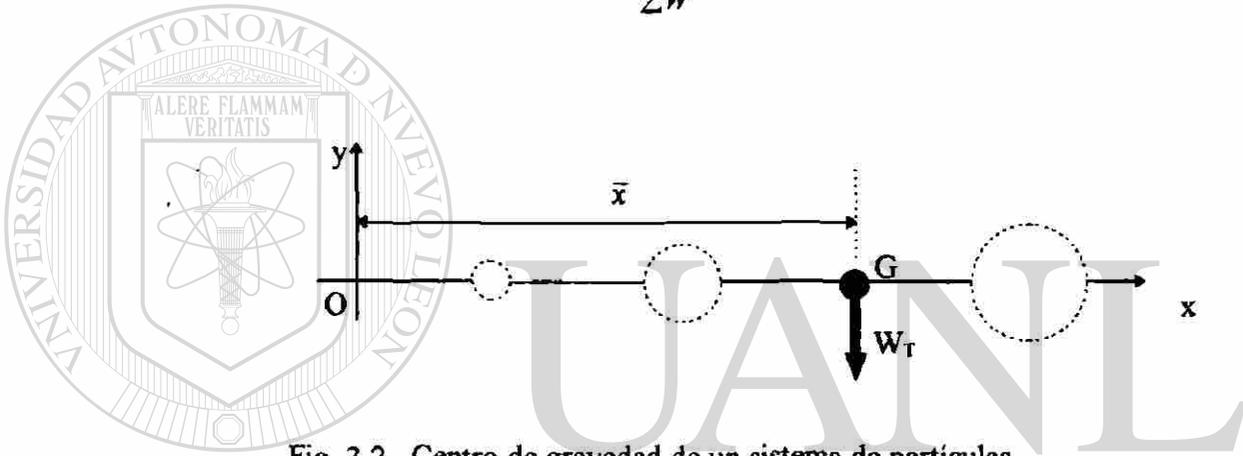


Fig. 3.2 Centro de gravedad de un sistema de partículas.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

El caso más general, si el sistema de partículas está 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:

$$\bar{x} = \frac{\sum xW}{\sum W} \quad \bar{y} = \frac{\sum yW}{\sum W} \quad \bar{z} = \frac{\sum zW}{\sum W} \quad (3.2)$$

### 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:

$$\bar{x} = \frac{\sum xm}{\sum m} \quad \bar{y} = \frac{\sum ym}{\sum m} \quad \bar{z} = \frac{\sum zm}{\sum m} \quad (3.3)$$

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:

$$\bar{x} = \frac{\int x dW}{\int dW} \quad \bar{y} = \frac{\int y dW}{\int dW} \quad \bar{z} = \frac{\int z dW}{\int dW} \quad (3.4)$$

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

$$\bar{x} = \frac{\int x\gamma dV}{\int \gamma dV} \quad \bar{y} = \frac{\int y\gamma dV}{\int \gamma dV} \quad \bar{z} = \frac{\int z\gamma dV}{\int \gamma dV} \quad (3.5)$$

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 la densidad se exprese como masa/volumen.

**Centro de masa.** La densidad,  $\rho$ , 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  $\rho$  por  $\gamma$ ) 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 específico serán constantes en todo el cuerpo y, consecuentemente, este término 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 específicos :

**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:

$$\bar{x} = \frac{\int x dV}{\int dV} \quad \bar{y} = \frac{\int y dV}{\int dV} \quad \bar{z} = \frac{\int z dV}{\int dV} \quad (3.6)$$

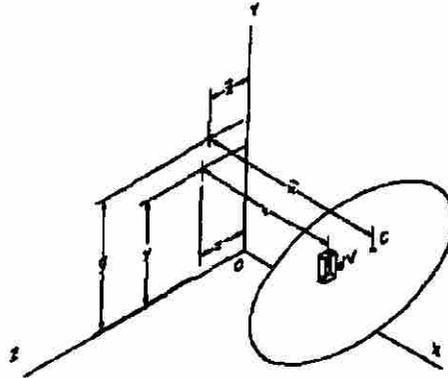


Fig. 3.3 Centroide de un cuerpo en función del volumen.

**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:

$$\bar{x} = \frac{\int x \, dA}{\int dA} \quad \bar{y} = \frac{\int y \, dA}{\int dA} \quad \bar{z} = \frac{\int z \, dA}{\int dA} \quad (3.7)$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

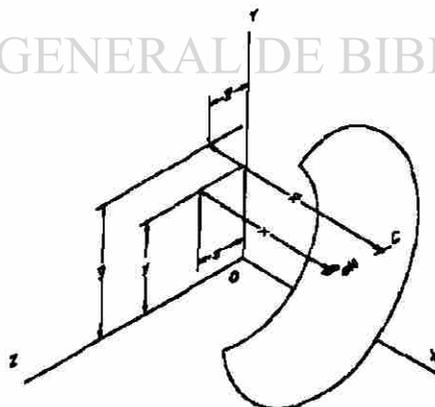


Fig. 3.4 Centroide para un área superficial de una placa.

**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:

$$\bar{x} = \frac{\int x \, dL}{\int dL} \quad \bar{y} = \frac{\int y \, dL}{\int dL} \quad \bar{z} = \frac{\int z \, dL}{\int dL} \quad (3.8)$$

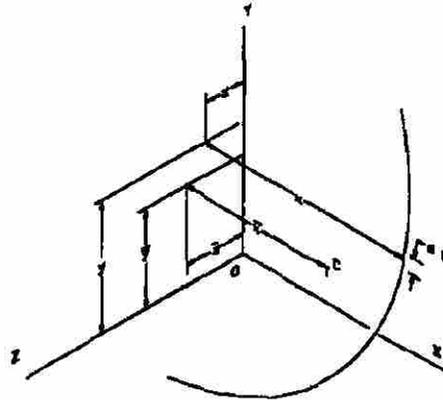


Fig. 3.5 El centroide para una línea o alambre.

Es importante recordar que todas las ecuaciones se formaron usando el principio de momentos. Por tanto, los términos  $x$  y  $z$  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 cascarón, que tiene una longitud finita y un radio y espesor diferenciales. Localice el elemento de tal manera que intercepte la frontera de la línea, 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 está expresada en términos de la misma variable, que el espesor diferencial del elemento. Los límites 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 muchos 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 número 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:

$$\bar{x} = \frac{\sum xW}{\sum W} \quad \bar{y} = \frac{\sum yW}{\sum W} \quad \bar{z} = \frac{\sum zW}{\sum W} \quad (3.9)$$

donde  $x, y, z$ , representan distancias algebraicas desde el centro de gravedad de cada parte constitutiva hasta el origen de las coordenadas,  $\sum W$  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 número finito de partes constitutivas. Si una de las partes está 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:  $dI_x = y^2 dA$  y  $dI_y = x^2 dA$ , respectivamente. Para el área total los momentos de inercia se determinan por integración, es decir:

$$I_x = \int y^2 dA \qquad I_y = \int x^2 dA \qquad (3.10)$$

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,  $dJ_o = r^2 dA$ . Aquí  $r$  es la distancia perpendicular del polo ( eje  $z$  ) al elemento  $dA$ . Para el área total, el momento polar de inercia es:

$$J_o = \int r^2 dA = I_x + I_y \qquad (3.11)$$

La relación entre  $J_o$ ,  $I_x$  e  $I_y$  es posible, dado que  $r = x^2 + y^2$ , figura 3.6.

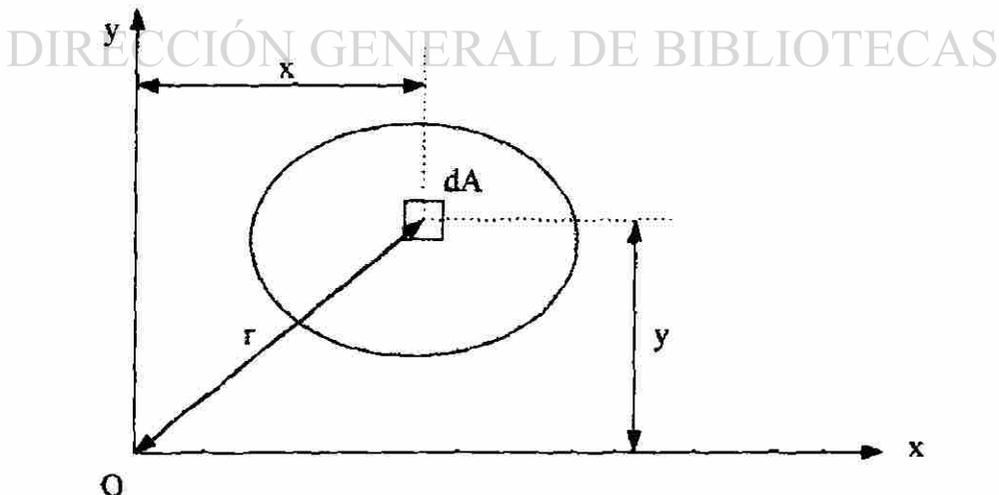


Fig. 3.6 El momento de inercia de un área.

### 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  $dI_x = (y + dy)^2 dA$ , entonces para la totalidad del área es:

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

$$I_x = \int y^2 dA + 2dy \int y dA + dy^2 \int dA$$

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

$$I_x = I_{x'} + A (dy)^2 \quad (3.12) \quad \text{®}$$

Una expresión semejante puede escribirse para  $I_y$ , es decir:

$$I_y = I_{y'} + A (dx)^2 \quad (3.13)$$

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.

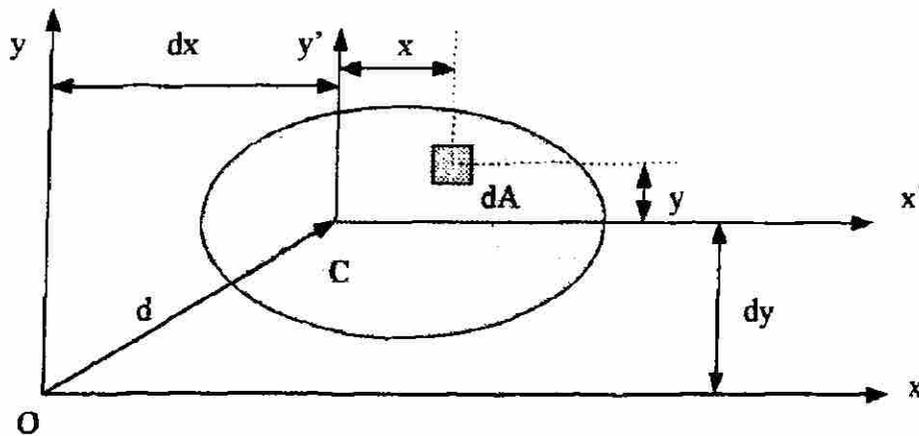


Fig 3.7. Teorema de los ejes paralelos para un área.

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:

$$J_o = J_c + Ad^2 \quad (3.14)$$

## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

### 3.9.- RADIO DE GIRO DE UN ÁREA.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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:

$$k_x = \sqrt{I_x/A} \quad k_y = \sqrt{I_y/A} \quad k_o = \sqrt{J_o/A} \quad (3.15)$$

### 3.10.- MOMENTOS DE INERCIA PARA UN ÁREA POR INTEGRACIÓN

Cuando los límites 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 más fácil escoger un elemento que tenga un tamaño diferencial o espesor en una dirección solamente, debido a que entonces el cálculo requiere solamente una sola integración.

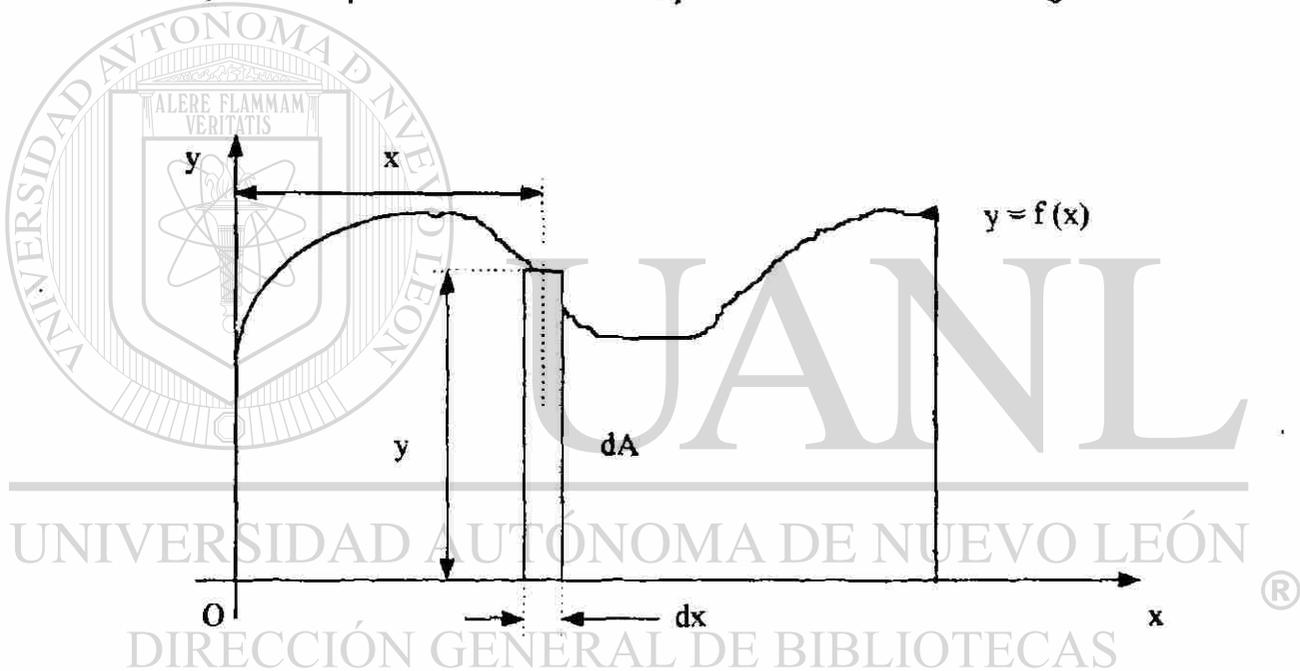


Fig. 3.8. Momentos de inercia para un área por integración.

#### 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 más 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 rectangular indicado en la figura 3.8 para calcular el  $I_y$  del área. La aplicación directa de la ec. 3.10,  $I_y = \int x^2 dA$ , 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 rectangular de la figura 3.8 para calcular el  $I_x$  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  $I_x$ .

### 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.

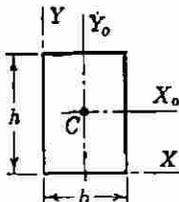
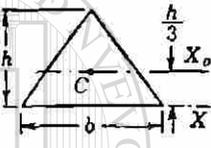
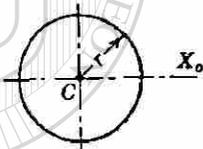
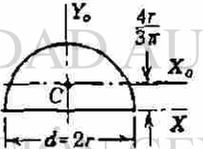
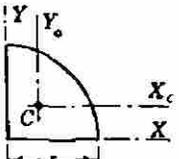
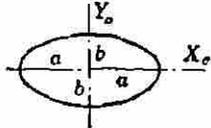
FIGURA	MOMENTO DE INERCIA	RADIO DE GIRO
<p>Rectángulo</p> 	$\bar{I}_x = \frac{bh^3}{12}$ $I_x = \frac{bh^3}{3}$	$\bar{k}_x = \frac{h}{\sqrt{12}}$ $k_x = \frac{h}{\sqrt{3}}$
<p>Triángulo cualquiera</p> 	$\bar{I}_x = \frac{bh^3}{36}$ $I_x = \frac{bh^3}{12}$	$\bar{k}_x = \frac{h}{\sqrt{18}}$ $k_x = \frac{h}{\sqrt{6}}$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

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.

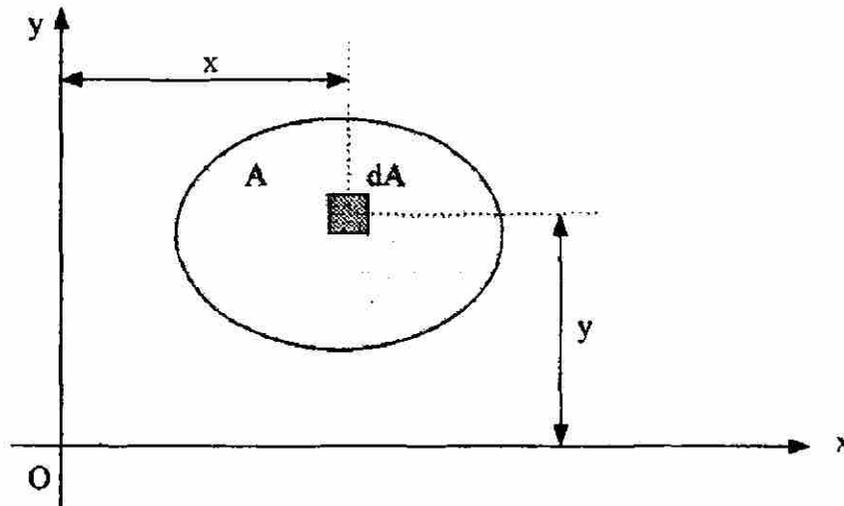


Fig. 3.9 Producto de inercia para un área.

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  $I_{xy}$  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  $I_{xy}$  también se deduce que el "signo" de esta cantidad depende del cuadrante donde esta localizada el área, ver la figura 3.11.

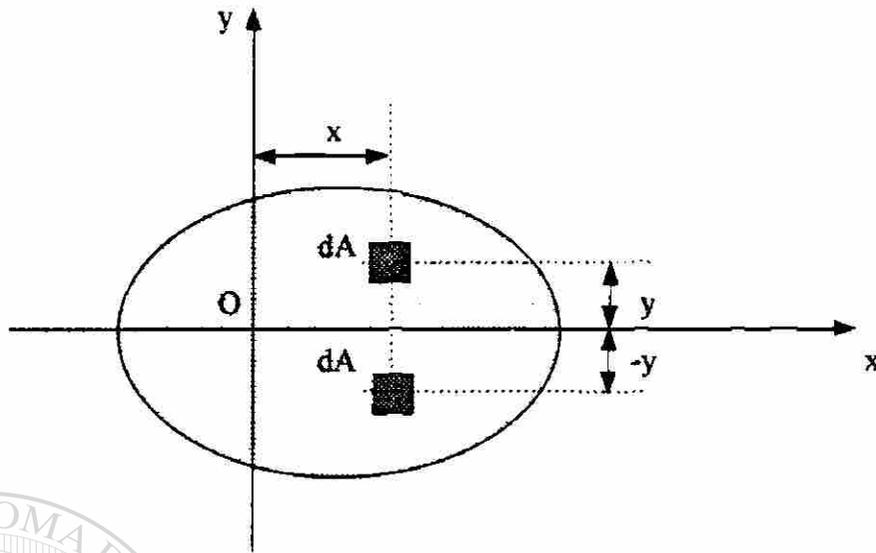
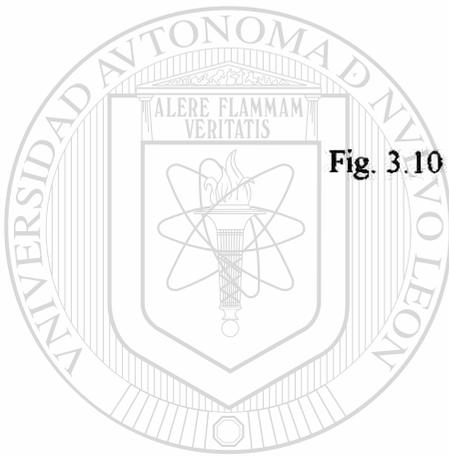


Fig. 3.10 Momento de inercia de dos diferenciales.



UANL

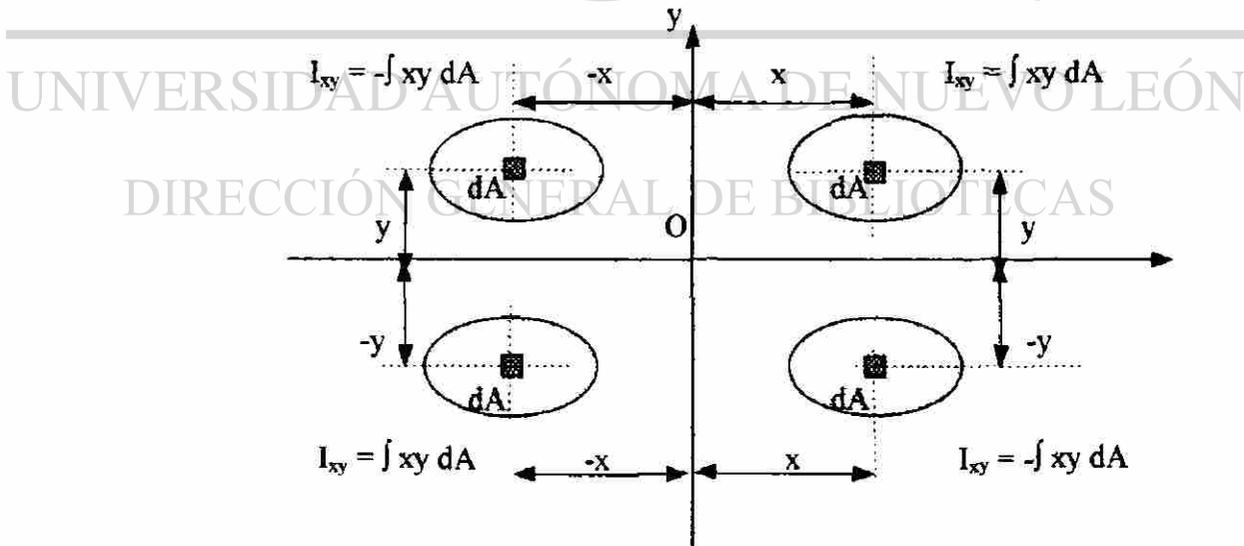
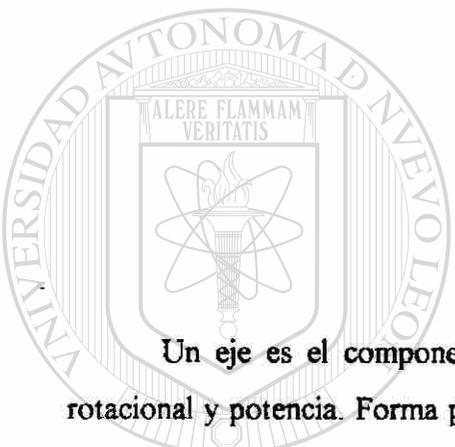


Fig 3.11 Momento de inercia en distintos cuadrantes.

## 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 específica, 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 válido 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 más 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 aplique 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 los 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 flexión 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 más 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.

$$T = 63,000 (P) / n \quad 1)$$

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

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.

El ángulo entre la fuerza total y el componente tangencial es igual al ángulo de presión,  $\phi$ , de la forma de los dientes. Por consiguiente, si se conoce la fuerza tangencial, la fuerza radial puede calcularse directamente a partir de:

$$W_r = W_t \tan \phi \quad 3)$$

y no es necesario calcular la fuerza total, para engranes, el ángulo de presión por lo regular es  $14 \frac{1}{2}^\circ$ ,  $20^\circ$  o  $25^\circ$ .

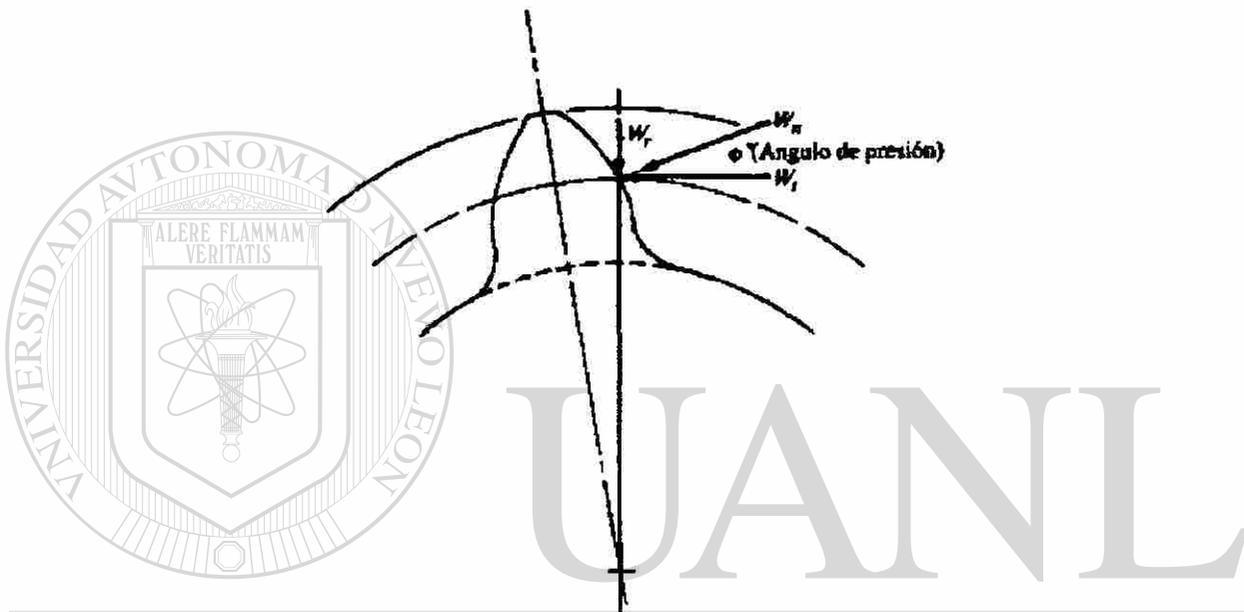


Fig. 4.1 Fuerza en los dientes de engranes

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### 4.2.2.- ENGRANES HELICOIDALES.

Las fuerzas que genera un engrane helicoidal son: tangencial, radial y axial. Primero la fuerza tangencial se calcula por las ecuaciones 1 y 2. Después, si el ángulo helicoidal del engrane es  $\Psi$ , y el ángulo de presión normal es  $\phi_m$ . Es posible calcular la carga radial, a partir de:  $W_r = W_t \tan \phi_m / \cos \psi$  y la carga axial es:  $W_a = W_t \tan \psi$ .

### 4.2.3.- RUEDA O POLEA PARA CADENA.

La figura 4.2 muestra un par de ruedas o poleas de cadena que transmiten potencia. La parte superior de la cadena se somete a una tensión y genera el torque en cualquiera de las ruedas. La parte inferior de la cadena se le dice el lado flojo, y no ejerce fuerza alguna en ninguna de las ruedas. Por tanto, la fuerza total de flexión en el eje que soporta a la rueda es igual a la tensión en el lado tenso de la cadena. Si se conoce el torque en alguna rueda y usando la siguiente ecuación se tiene:

$$F_c = T / (D/2) \quad 4)$$

donde:  $D$  es el diámetro de la holgura de esa rueda.

Observe que la fuerza,  $F_c$ , actúa en el sentido del lado tenso de la banda. Debido a la diferencia de tamaño entre las dos ruedas, ese sentido se encuentra a cierto ángulo respecto a la línea del centro entre los centros del eje. Un análisis exacto exigiría que la fuerza  $F_c$ , se disponga en componentes paralelos a la línea central y perpendiculares a ella. Esto es:

$$F_{cx} = F_c \cos \theta \quad \text{y} \quad F_{cy} = F_c \sin \theta \quad 5)$$

donde: el sentido  $x$  es paralelo a la línea central y el sentido  $y$  es perpendicular a ella. El ángulo  $\theta$  es el ángulo de inclinación del lado tenso de la cadena respecto al sentido  $x$ .

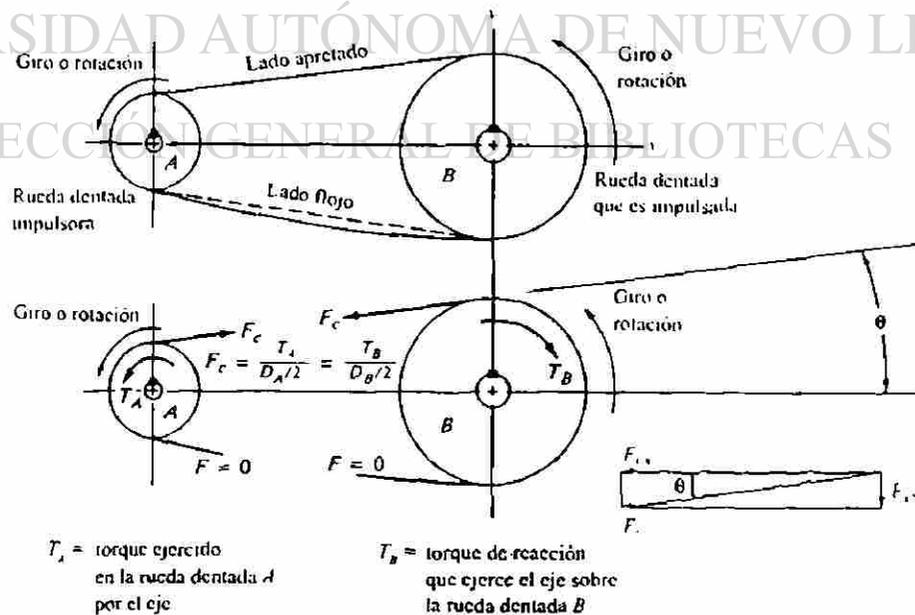


Fig 4.2 Fuerzas en ruedas dentadas de cadena.

Estos dos componentes de la fuerza generarán flexión tanto en el sentido  $x$  como en el  $y$ , como alternativa, el análisis podría llevarse a cabo en el sentido de la fuerza  $F_c$ , en el cual se presenta flexión de plano único.

Si el ángulo  $\theta$  es pequeño se generará un error mínimo como resultado de suponer que la fuerza  $F_c$  en su totalidad actúa en el sentido  $x$ .

#### 4.2.4.- POLEAS ACANALADAS PARA BANDAS EN FORMA DE V.

El sistema impulsor mediante una banda en V es similar al sistema impulsor por medio de cadena. Sin embargo, existe una diferencia importante. Que ambos lados de la banda en forma de V se encuentran en tensión, como lo indica la figura 4.3. La tensión en el lado tenso,  $F_1$ , es de mayor magnitud que la tensión en el "lado flojo",  $F_2$ , por lo tanto, existe una fuerza neta,  $F_N$ , de impulso en las poleas acanaladas que equivale a :

$$F_N = F_1 - F_2 \quad 6)$$

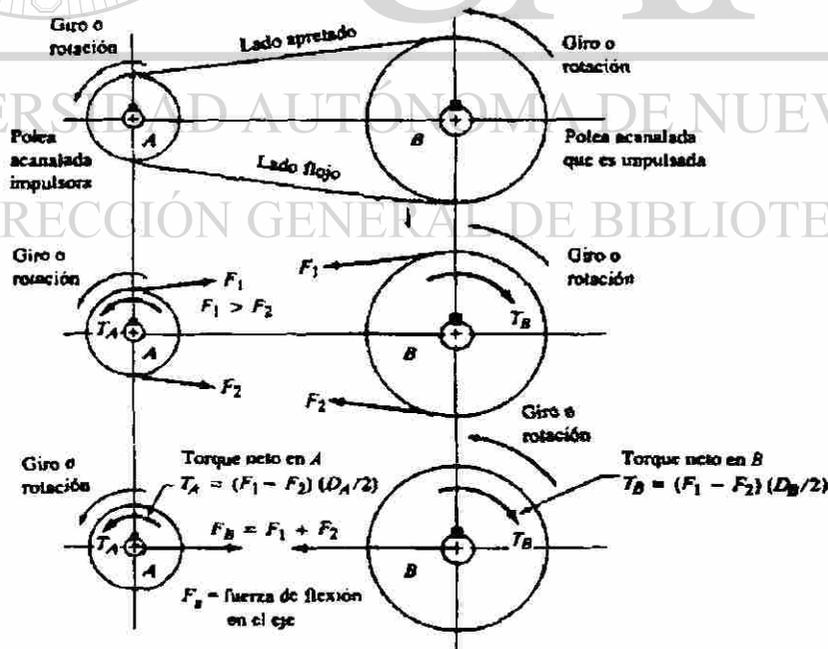


Fig. 4.3 Fuerzas en poleas acanaladas para bandas.

La magnitud de fuerza neta de impulso puede calcularse a partir del torque que se transmite.

$$F_N = T/(D/2) \quad 7)$$

La fuerza de flexión ( $F_B$ ) en el eje que soporta a la polea acanalada depende de la suma  $F_1 + F_2 = F_B$ . Para ser mas exactos, deben utilizarse los componentes de  $F_1$  y  $F_2$  paralelos a la línea de los centros de las dos ruedas dentadas. Será mínimo el error, si se utiliza la ecuación de  $F_1 + F_2$ , en ruedas dentadas que tengan muy diferentes sus diámetros.

Existe una relación entre la tensión del lado tenso ( $F_1$ ) y la tensión del lado flojo ( $F_2$ ) para impulsores de banda en forma de V, se considera, que esta relación es  $F_1/F_2 = 5$

Es necesario una relación entre  $F_N$  y  $F_B$  a partir de la forma  $F_B = C F_N$  donde C es una constante a determinar

$$C = \frac{F_B}{F_N} = \frac{F_1 + F_2}{F_1 - F_2}$$

$$\text{Si } F_1 = 5 F_2$$

$$C = \frac{F_1 + F_2}{F_1 - F_2} = \frac{5F_2 + F_2}{5F_2 - F_2} = \frac{6F_2}{4F_2} = 1.5$$

Entonces

$$F_B = C F_N = (1.5) F_N = (1.5) T / (D/2) \quad 8) \quad \text{®}$$

Se acostumbra considerar que la fuerza de flexión,  $F_B$ , actúa como una sola fuerza a lo largo de la línea de los centros de las dos poleas acanaladas, como se muestra en la figura 4.3.

#### 4.2.5.- POLEAS DE BANDA PLANA.

El análisis de la fuerza de flexión que ejercen sobre los ejes las poleas para bandas planas es idéntico al de las poleas para bandas en forma de V, Excepto que para las

poleas de banda plana se considera una relación entre la tensión del lado tenso y la tensión del lado “flojo” ( $F_1/F_2$ ) es tres (3), entonces se calcula la constante C que es igual a 2.0 por consiguiente, tenemos que la fuerza de flexión es:

$$F_B = (2.0) F_N = (2.0)T / (D/2) \quad 9)$$

#### 4.2.6.- COPLES FLEXIBLES.

Un cople flexible se emplea para transmitir potencia entre varias flechas o ejes en tanto se subsanan desalineaciones de menor importancia en los sentidos radial, angular o axial. Por tanto, los ejes subyacentes a los coples se sujetan a torsión, pero las desalineaciones no generan cargas axiales o por flexión.

#### 4.3.- CONCENTRACIONES DE TENSIÓN EN FLECHAS O EJES.

Las concentraciones de tensión o esfuerzos debido a las discontinuidades geométricas como tener varios diámetros, cuñeros, ranuras para anillos y otras. Estas discontinuidades geométricas se realizan para montar y ubicar en forma correcta los distintos tipos de elementos mecánicos de los ejes.

Los objetivos de diseño son: conocer los valores reales de diseño correspondientes a los factores de concentración de tensión, los cuales dependen de los valores de los diámetros del eje y de la geometría de los chaflanes y las ranuras de estos.

En el diseño, primeramente se debe establecer un conjunto de valores preliminares de diseño para factores de concentración de tensión, los cuales pueden utilizarse para obtener estimados iniciales para los diámetros de los ejes mínimos aceptables, así, una vez que se seleccionan las dimensiones afinadas, se puede analizar la geometría final para calcular los valores reales para los factores de concentración de tensión, comparar los valores finales con los preliminares le permitirá juzgar la aceptabilidad del diseño; las gráficas a partir de las cuales pueden calcularse los valores finales, se debe consultar las figuras 4.4 y 4.5.

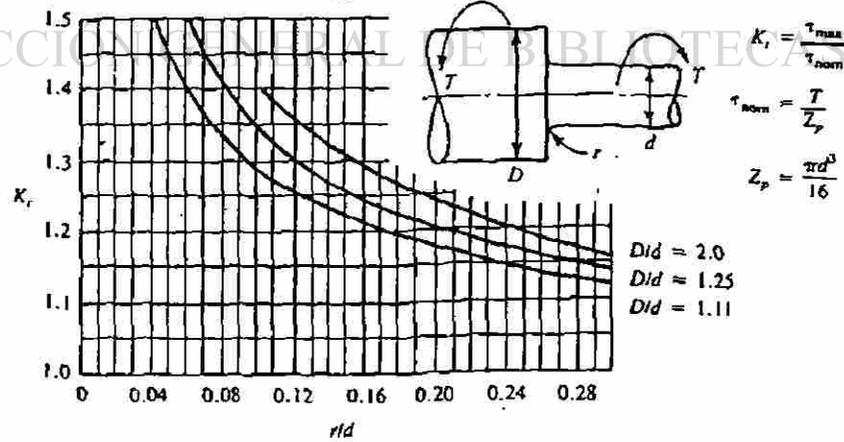
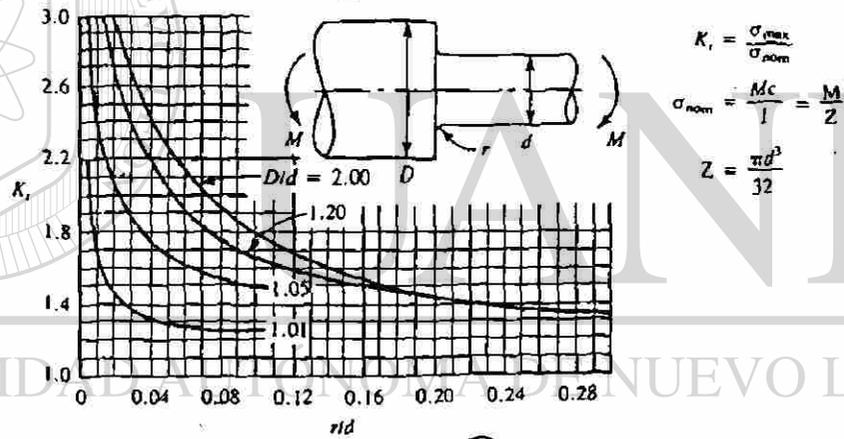
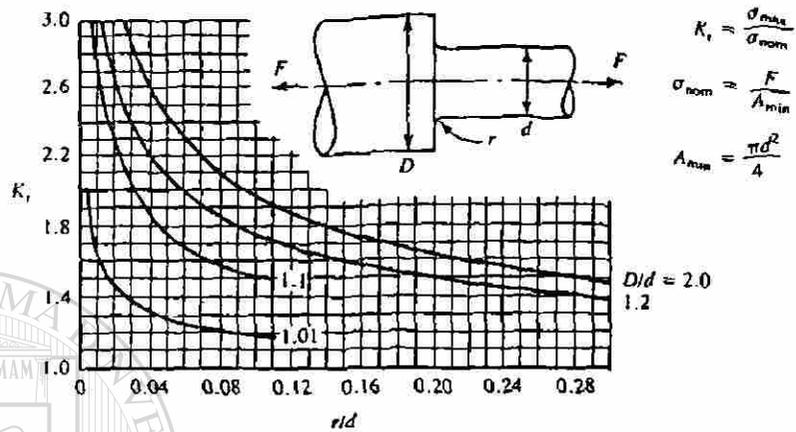


Fig. 4.4 Factores de concentración de tensión para ejes redondos de pasos.

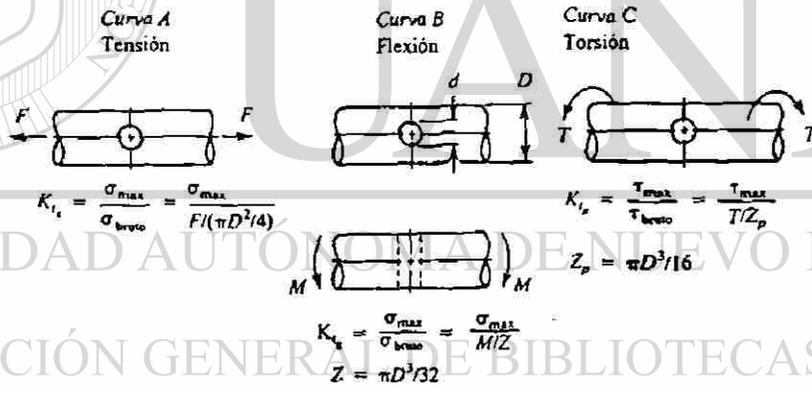
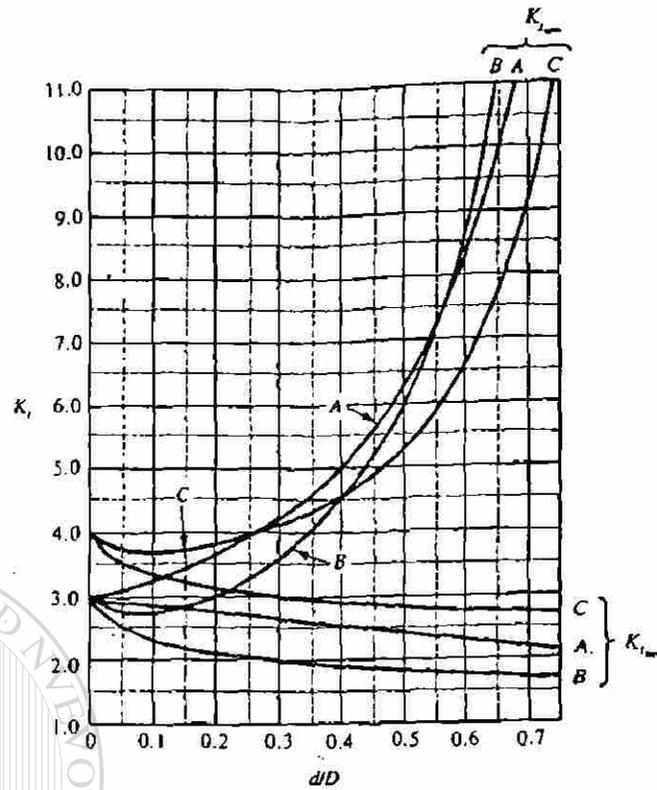


Fig. 4.5 Factores de concentración de tensión para orificios de un eje.

4.3.1.- CUÑEROS.

Un cuñero consiste en una ranura longitudinal que se corta un eje para montar una cuña, el cual permite transferir torque a partir del eje hacia un elemento que transmite potencia o viceversa.

Los cuñero que se utilizan con mayor frecuencia son: el de perfil y el de corredera o rastra (figura 4.6). Para maquinar el cuñero de perfil en el eje se fresa utilizando una punta en la fresa con diámetro igual al ancho de la cuña. La ranura resultante tiene el fondo plano y en su extremo presenta una esquina aguda a escuadra. El cuñero de corredera o rastra se fabrica con una cortadora circular para fresar con espesor igual al ancho de la cuña. A medida que la cortadura inicia o termina el cuñero, se obtiene un radio continuo. Por este motivo, el factor de concentración de tensión para el cuñero de corredera o rastra es más bajo que el del cuñero de perfil. Los valores de diseño que se utilizan frecuentemente son:

$$K_t = 2.0 \text{ (cuñero de perfil)}$$

$$K_t = 1.6 \text{ (cuñero de corredera)}$$

Cada uno de estos valores deben de utilizarse en el calculo de esfuerzo o tensión por flexión del eje. Los factores que consideran las reducciones en sección transversal y el efecto de la discontinuidad. Si la tensión por esfuerzo de corte por torsión es variable en un lugar de constante, el factor de concentración de tensión también se aplica a ello.

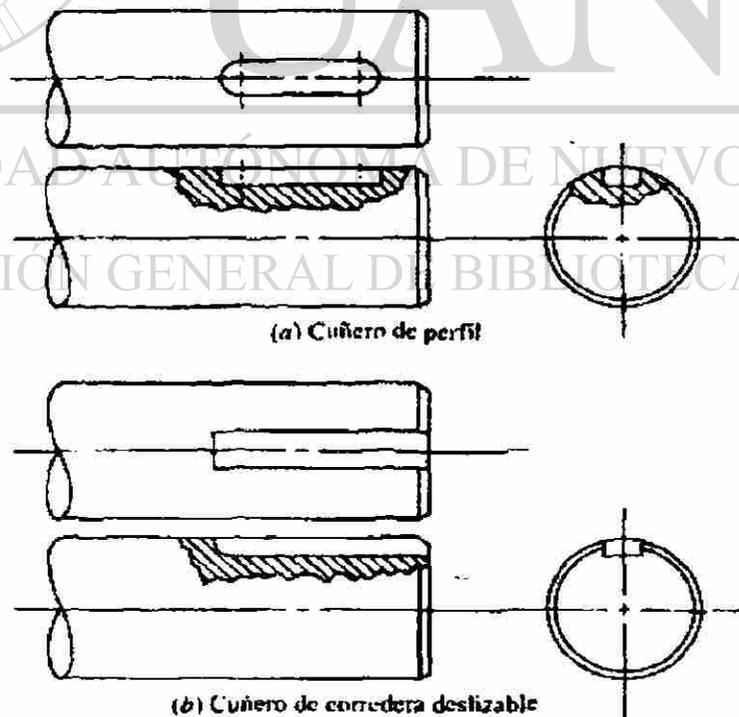


Fig. 4.6 Tipos de cuñeros.

### 4.3.2.- CHAFLANES DE HOMBROS.

Para producir un chaflán de hombro es necesario que existan cambios de diámetro en el eje, contra el cual se coloca un elemento mecánico, un chaflán genera una concentración de tensión que depende de la relación entre diámetros y los diámetros del chaflán (figura 4.7). Los chaflanes se clasifican de acuerdo a dos categorías: con bordes cortantes y con bordes redondeados. Un chaflán con bordes cortantes describe a un hombro con radio de chaflan relativamente pequeño. Un caso donde se presente probablemente esta situación es donde se va a colocar un cojinete de bola, este tipo de chaflán genera un factor de concentración alto, el chaflán con bordes redondeados genera un factor de concentración mas pequeño, para el diseño de flexión utilizaremos:  $K_t = 2.5$  (chaflanes con bordes cortantes) y  $K_t = 1.5$  (chaflanes con bordes redondeados).

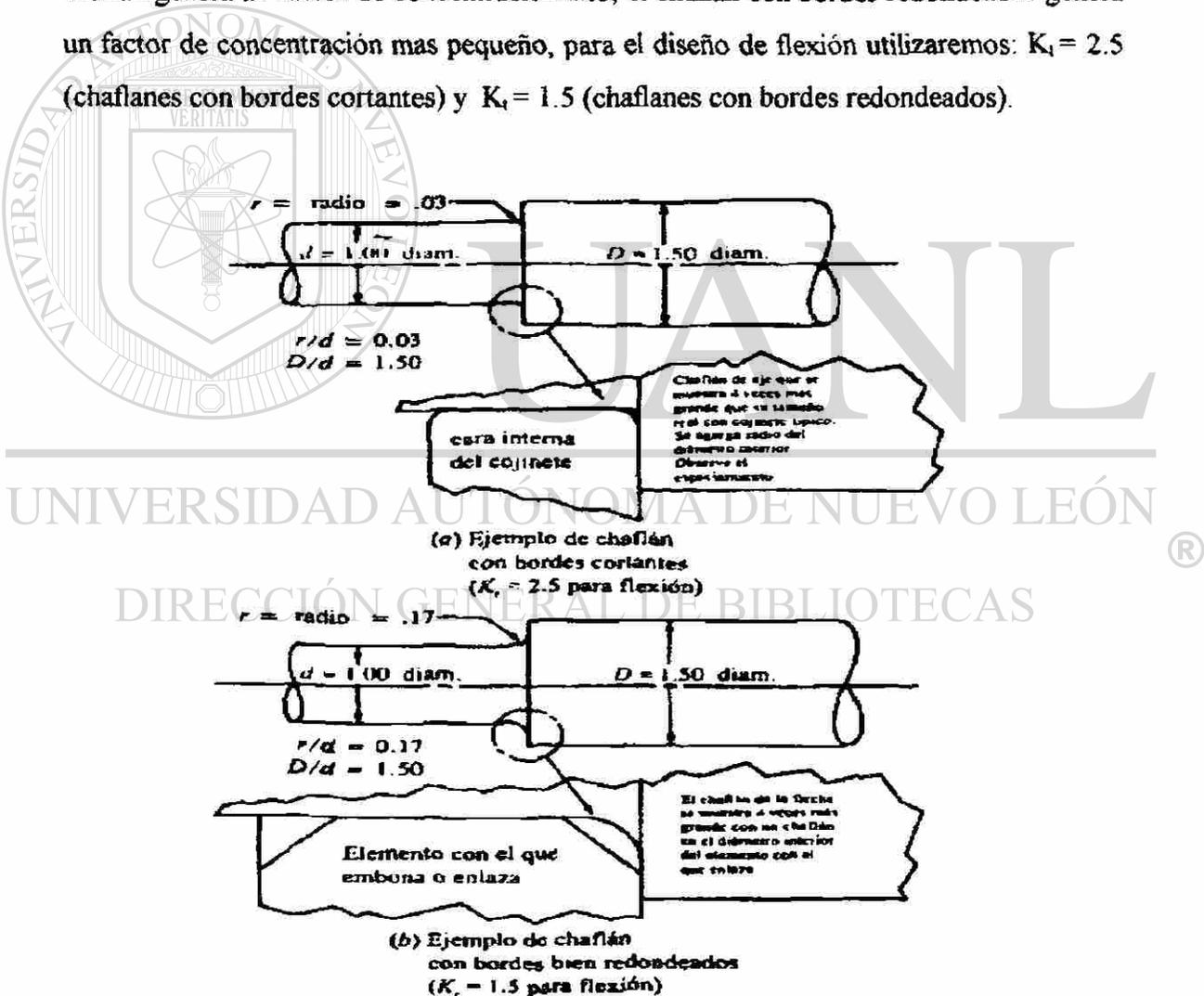


Fig 4.7 Chaflanes en ejes.

En la gráfica para factores de concentración de tensión se encuentra que estos valores corresponden a las relaciones de  $r / D$  de aproximadamente 0.03 para el caso del chaflán con bordes cortantes y de 0.17 para el chaflán con bordes bien redondeados para una relación de  $D/d$  de 1.50.

#### **4.3.3.- RANURAS PARA ANILLOS DE SUJECIÓN.**

Cuando elementos se sujetan mediante anillos se debe realizar ranuras para anillos en el eje, la geometría de la ranura la establece el fabricante de anillos, su configuración común es una ranura hueca con los bordes de las paredes rectas al igual que su fondo y un chaflán pequeño en la base de la ranura.

Cuando existe flexión, se usa una  $K_f = 3.0$  para un diseño preliminar como un factor estimado que considera los chaflanes y la reducción en diámetro para calcular el diámetro nominal del eje antes de correr la ranura cuando se presenta torsión junto con la flexión o cuando solo existe torsión en una sección que interesa, el factor de concentración de la tensión no se aplica a la tensión por esfuerzo de corte por torsión por que es constante. Sin embargo para considerar la disminución de diámetro en la ranura, aumenta el diámetro resultante que calculo en aproximadamente 6%, un valor típico para anillos de sujeción comercial. Pero después de que haya especificado el diámetro final del eje y la geometría de la ranura, deberá calcular la tensión o esfuerzo en la ranura con el factor de concentración de tensión adecuado para la geometría de la ranura.

#### **4.4.- TENSIONES DE DISEÑO PARA EJES.**

En un eje en particular se generan al mismo tiempo condiciones distintas de esfuerzo o tensión. En un eje que transmite potencia, tendrá en ciertas parte una tensión por esfuerzo de corte por torsión, mientras la tensión por esfuerzo de flexión se presenta en esas mismas partes. Quizá haya otras partes en las que solo se generen tensiones por esfuerzos de tensión, en algunos puntos tal vez no se sujeten a flexión, tampoco a torsión pero tendrán tensión por esfuerzo de corte vertical. En otras partes existen esfuerzos de

tracción o de compresión. En algunas partes no se generan tensiones o esfuerzos significativos. En consecuencia, decidir que tensión de diseño utilizar depende de la situación particular en el punto que interesa. En muchos proyectos de diseño y análisis de ejes deben realizarse cálculos en distintos puntos para considerar en su totalidad de variedad de condiciones de carga y de geometría que existen.

Se supone que las tensiones o esfuerzos de flexión son por completo inversos y sucesivos debido a que el eje gira. Por esta razón un eje debe fabricarse de material dúctil debido a que soporta mejor estas cargas. Además es necesario el cálculo de factores de diseño (N), para determinar las tensiones de diseño de los ejes. Los cuales dependen del tipo de carga.

#### 4.5.- TENSION DE ESFUERZO DE CORTE DE DISEÑO ( $\tau_d$ ).

La teoría de la distorsión de la energía es el método más confiable para prever fallas en materiales dúctiles debido a una tensión constante por esfuerzo de corte, en el cual la tensión por esfuerzo de corte de diseño se calcula de la siguiente manera:

$$\tau_d = \frac{S_y}{(N \sqrt{3})} = \frac{0.577 S_y}{N} \quad 10)$$

Esta ecuación se utiliza para calcular la tensión por esfuerzo de corte por torsión constante, tensión por esfuerzo de corte vertical o tensión de corte directo en un eje.

#### 4.6.- TENSION NORMAL DE DISEÑO, CARGA QUE GENERA FATIGA.

Si un eje soporta cargas transversales y además gira se genera una flexión inversa sucesiva, la tensión de diseño se relaciona con la resistencia por durabilidad del material con que se fabrica el eje. Las condiciones reales bajo las cuales se fabrica y opera el eje deberán tenerse en cuenta cuando se especifique la tensión de diseño. Para esto se recurre al siguiente procedimiento:

1.- Se calcula la resistencia máxima a la tracción del material,  $S_u$ , a partir de los resultados de pruebas que se realizan, de las especificaciones del fabricante o de la información publicada. Se debe de utilizar la información mas exacta y confiable. Cuando surgen dudas de la exactitud de la información se deben utilizar factores de diseño mayores que el promedio.

2.- Se calcula la resistencia estimada por durabilidad,  $S_e$ , del material. La figura 4.8 considera el material del cual se fabrica el eje, la relación entre la resistencia por durabilidad básica y la resistencia máxima.

3.- Se aplica un factor de tamaño  $C_s$ , para considerar el gradiente de tensión dentro del material y la probabilidad de que una sección particular presente una oclusión específica que puede ser en lugar que se induce una fractura por fatiga. Se sugiere lo siguiente:

a).- Para diámetros de menos de 2.0" (dos pulgadas):

$$C_s = (D/0.3)^{-0.68}$$

b).- Para diámetros menores de 50 milímetros:

$$C_s = (D/7.6)^{-0.68}$$

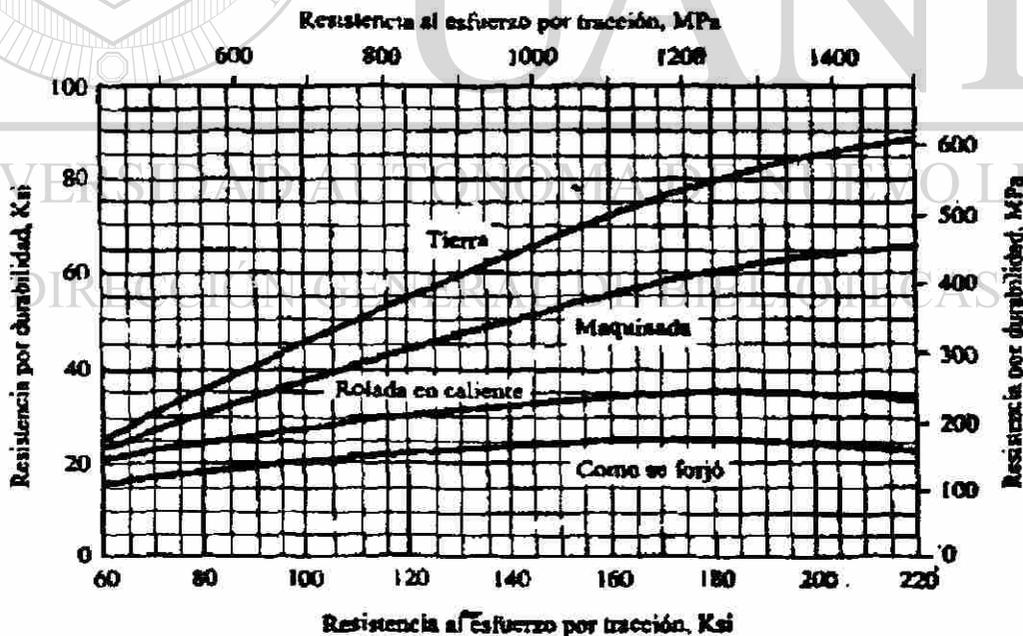


fig.4.8 Tensión por durabilidad contra resistencia al esfuerzo por tracción para acero forjado para varias condiciones superficiales.

c).- Para diámetros de más de dos pulgadas hasta diez pulgadas:

$$C_s = (D)^{-0.19}$$

d).- Para diámetros de más de 50 milímetros hasta 250 milímetros:

$$C_s = (1.85 \cdot D)^{-0.19}$$

4.- Se aplica un factor de confiabilidad ( $C_R$ ). La información de la resistencia por durabilidad que se reporta, consta de valores promedio que se obtienen con base a varias pruebas, lo cual implica, una confiabilidad de 0.50 (50 %). Suponiendo que la información real de las fallas sigue una distribución normal, se puede utilizar los factores siguientes de ajustes para un alto grado de confiabilidad:

Confiabilidad que se desea:	Factor de confiabilidad, $C_R$
0.50	1.00
0.90	0.90
0.99	0.81
0.999	0.75

Existen condiciones de factores que se deben tomar en cuenta, por lo cual se sugiere realizar pruebas con componentes reales, los cuales son: las temperaturas por arriba de aproximadamente 200°C (400° F), variación en los niveles pico de tensión por arriba de la resistencia nominal por durabilidad durante algunos lapsos, vibración, tensiones residuales, endurecimiento, ajustes por interferencia, corrosión, ciclaje térmico, chapas o recubrimientos superficiales y tensiones que no se consideran en el análisis básico de tensiones.

5.- Se calcula  $S'_n = S_n C_s C_R$  11)

donde:  $S'_n$  = Resistencia máxima del material bajo condiciones reales.

$S_n$  = Resistencia por durabilidad.

6.- Para piezas del eje que solo se ven sujetas a flexión inversa, la tensión de diseño es

igual a:  $\sigma_d = S'_n / N$ . 12)

#### 4.7.- FACTORES DE DISEÑO (N).

Bajo condiciones industriales típicas se sugiere el factor de diseño de  $N=3$ . Si la aplicación es en extremo suave, tal que se justifique un valor tan bajo como  $N=2$ . Bajo condiciones de choque o impacto debe emplearse  $N=4$  o más alto y se recomienda llevar a cabo pruebas exhaustivas.

#### 4.8.- FLECHAS SOLO A FLEXIÓN Y TORSIÓN.

Los ejes que solo se ven sujetos a flexión o torsión, son aquellos que soportan engranajes retos o cilíndricos, poleas acanaladas en forma de V o ruedas dentadas de cadena. La potencia que es transmitida genera torsión y las fuerzas transversales en los elementos originan flexión. En el caso general, no todas las fuerzas transversales actúan en el mismo plano. En tales casos, primero se elabora las gráficas de momento de flexión para dos planos perpendiculares. después, se calcula el momento de flexión resultante en cada punto que interesa.

Se debe desarrollar una ecuación de diseño con base en el supuesto de que el esfuerzo o tensión por flexión en el eje es sucesivo e inverso conforme gira el eje, pero que la tensión por esfuerzo de corte por torsión es casi uniforme. Dicha ecuación de diseño se basa en el principio que se muestra en la figura 4.9.

Los puntos que tienen valor de 1 (uno) en estos ejes indican falla inminente ante flexión simple o tensión simple respectivamente. La información basada en experimentos muestra que la falla ante combinaciones de flexión y torsión sigue la trayectoria de la curva que conecta estos dos puntos, ello obedece a la ecuación:

$$(\sigma/S'_n)^2 + (\tau/S_{ys})^2 = 1 \quad 13)$$

donde  $S_{ys} = S_y/\sqrt{3}$  de acuerdo a la teoría de la distorsión de la energía. Se introduce un factor de diseño (N) para cada termino en el lado izquierdo de la ecuación para obtener

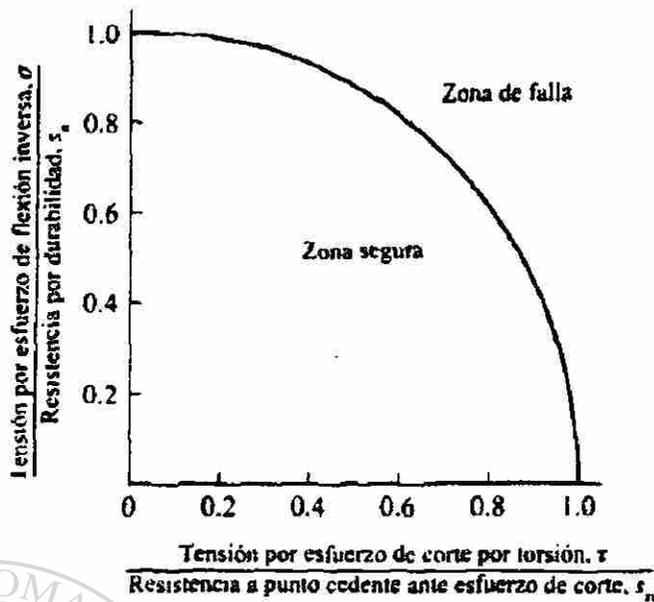


Figura 4.9 Base para la ecuación de diseño de ejes para tensión por esfuerzo de flexión inversa sucesiva y tensión por esfuerzo de corte por torsión.

una expresión basada en tensiones de diseño:

$$(N\sigma / S'_n)^2 + (N\tau (3^{1/2}) / S_y)^2 = 1 \quad (14)$$

Ahora se puede introducir un factor de concentración correspondiente a flexión

solo en el primer termino, porque este esfuerzo es sucesivo. No se requiere factor alguno para el termino de la tensión por esfuerzo de corte por torsión por que se supone que es constante y las concentraciones de tensión surten un efecto minimo, o ninguno en absoluto, en el potencial de falla. Así tenemos:

$$(K_t N\sigma / S'_n)^2 + (N\tau * 3^{1/2} / S_y)^2 = 1 \quad (15)$$

Para ejes circulares sólidos, giratorios, la tensión por flexión debida a un momento de flexión,  $M$ , es:  $\sigma = M/Z$ . Donde  $Z = \pi D^3/32$  es el coeficiente de la sección rectangular. La tensión por esfuerzo de corte por torsión es:  $\tau = T/Z_p$ . Donde  $Z_p = \pi D^3/16$  es el coeficiente de la sección polar. Se puede ver que  $Z_p = 2Z$  y que, por la tanto  $\tau = T/(2Z)$ . Al sustituir estas relaciones en la ecuación ( 1 ) se obtiene:

$$\left[ \frac{K_r NM}{Z^* S_n} \right]^2 + \left[ \frac{NT\sqrt{3}}{2ZS_y} \right]^2 = 1 \quad 16)$$

Se factoriza N y Z. También se puede sacar de los corchetes los términos (3)<sup>1/2</sup> y el número 2 y nos da:

$$\left( \frac{N}{Z} \right)^2 \left\{ \left[ \frac{K_r M}{S_n} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[ \frac{T}{S_y} \right]^2 \right\} = 1 \quad 17)$$

Ahora, se saca la raíz cuadrada en ambos lados de la ecuación y como  $z = \pi D^3/32$  se obtiene:

$$\left( \frac{32N}{\pi D^3} \right) \sqrt{\left\{ \left[ \frac{K_r M}{S_n} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[ \frac{T}{S_y} \right]^2 \right\}} = 1 \quad 18)$$

Estamos en condiciones de despejar el diámetro, D. Obteniendo:

$$D = \left[ \left( \frac{32N}{\pi} \right) \sqrt{\left\{ \left[ \frac{K_r M}{S_n} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[ \frac{T}{S_y} \right]^2 \right\}} \right]^{1/3} \quad 19)$$

Esta ecuación se utiliza para el diseño de ejes. Es compatible con la norma ANSI B106.1 M-1985.

#### 4.9.- TAMAÑOS BÁSICOS RECOMENDABLES PARA EJES.

Cuando seleccione un eje disponible en el mercado se debe de seguir las recomendaciones que hace el fabricante sobre el tamaño básico del eje y de la tolerancia.

En el sistema de unidades británico, por lo general los diámetros se especifican como fracciones comunes o sus decimales equivalentes. Las tablas 4-1 y 4-2 muestran los

tamaños básicos que se prefieren en decimos de pulgada que se pueden utilizar para dimensiones susceptibles de ser controladas.

<i>Aplicación</i>	<i>Grados de tolerancia</i>									
Herramientas de medición	01	0	1	2	3	4	5	6	7	
Ajustes de partes maquinadas	4	5	6	7	8	9	10	11		
Material, como lo entrega el proveedor	8	9	10	11	12	13	14			
Formas en bruto (fundidas, aserradas o cortadas, forjadas, etcétera.)	12	13	14	15	16					

Tabla 4-1 Grado de tolerancia.

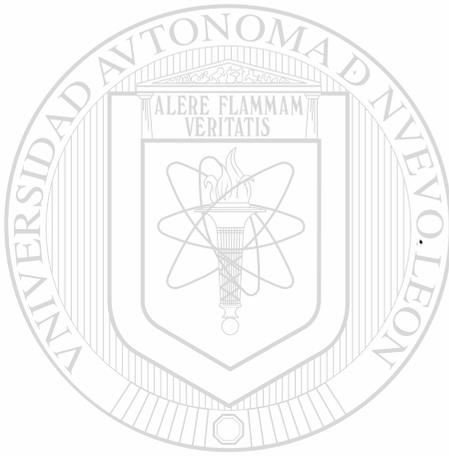
<i>Tamaño nominal (")</i>	<i>Grado de tolerancia</i>							
	4	5	6	7	8	9	10	11
	<i>Tolerancias en milésimas de pulgada</i>							
0.24-0.40	0.15	0.25	0.4	0.6	0.9	1.4	2.2	3.5
0.40-0.71	0.20	0.3	0.4	0.7	1.0	1.6	2.8	4.0
0.71-1.19	0.25	0.4	0.5	0.8	1.2	2.0	3.5	5.0
1.19-1.97	0.3	0.4	0.6	1.0	1.6	2.5	4.0	6.0
1.97-3.15	0.3	0.5	0.7	1.2	1.8	3.0	4.5	7.0
3.15-4.73	0.4	0.6	0.9	1.4	2.2	3.5	5.0	9.0
4.73-7.09	0.5	0.7	1.0	1.6	2.5	4.0	6.0	10.0

Tabla 4.2 Tolerancias para algunos grados de tolerancia.

#### 4.10.- PROBLEMA ILUSTRATIVO.

Aplicación del software para un eje que es parte de un impulsor para un sistema de ventilación de gran tamaño que abastece de aire a un horno, el cual debe de maquinarse en acero. El engrane A recibe 200 hp y el engrane C transmite la potencia. El eje gira a 600 rpm.

En la siguiente figura se muestra la geometría propuesta para el eje:



# UANL

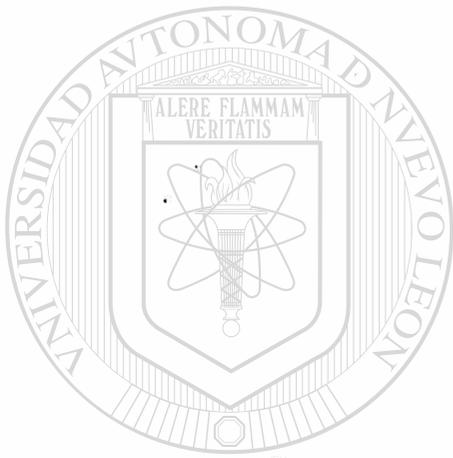
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

En el diseño del eje, se calcularon los mínimos diámetros requeridos para las diversas partes del eje y se recomienda los tamaños los cuales son:

Parte que embona	Número de diámetro	Diámetro mínimo	Diámetro especificado
Engrane	$D_1$	1.89	2.000
Nada	$D_2$	3.37	3.400
Cojinete	$D_3$	3.98	4.133 9 (105 mm)
Nada	$D_4$	$>D_3$ o $D_5$	4.600
Engrane	$D_5$	4.12	4.200
Cojinete	$D_6$	0.47	3.149 6 (80 mm)

Las especificaciones detalladas para radios de los chaflanes, longitudes de cuñeros y ranuras para anillos de sujeción. Esto se obtiene en figuras o tablas (Ref. Robert L. Mott) que dependen de las dimensiones de los elementos que enbonan en el eje.

A continuación se explica cada paso para la realización del eje, mediante el software AutoCAD v13. La explicación detallada de cada comando se describe en los capítulos 1 y 2.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Aplicación del Software para un eje



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
 LAB. DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS  
 INSTRUCTOR:  
 AUXILIAR:

NOMBRE:  
 MATRICULA:  
 BRIGADA:  
 PRACTICA: GENERACION UN EJE PARA TRANSMISION  
 NUMERO:

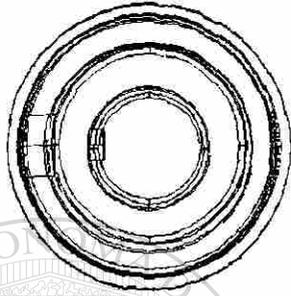
ESCALA:  
 ADOPTACIONES: PULGADAS  
 FECHA:  
 CALIFICACION:



Aplicación del Software para un eje



Vista de planta del eje: se observa el cuñero, el filetes, chaflanes y anillos de sujeción.



Vista derecha: se observa los cuñeros y los círculos de las porciones del eje.



Vista frontal: se observa las cavidades de los cuñeros y anillos de sujeción.

Vista Isométrica SE de todo el eje.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
 LAB. DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS  
 INSTRUCTOR:  
 AUXILIAR:

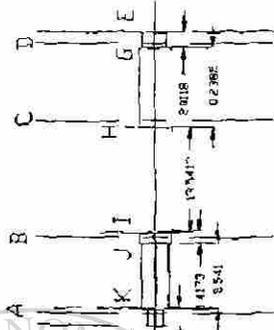
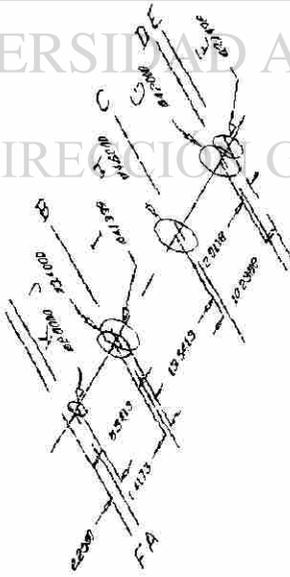
NOMBRE:  
 MATRICULA:  
 BRIGADA:  
 PRACTICA: GENERACION DE UN EJE.  
 NUMERO:

ESCALA:  
 ACOTACIONES: PULGADAS  
 FECHA:  
 CALIFICACION:

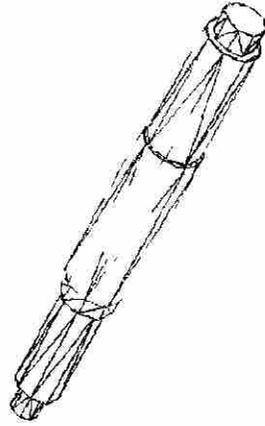
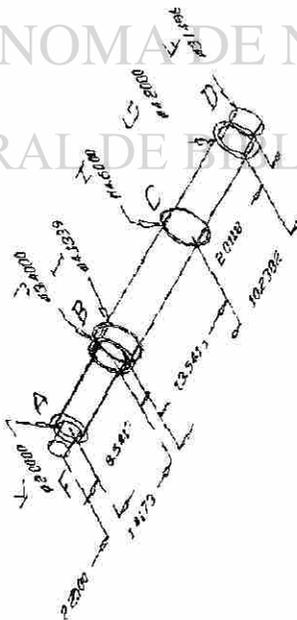
<p>Comandos: Línea, Textos, Acotar, Círculo, Estrusión, UCS, Vpart, Ddvie y Vpoint rotate.</p>	<p>Vista de planta Copas: Líneas de centros, textos acotar, círculos ayuda y eje.</p>	<p>Vista isométrica.</p>	<p>Estrusión, acotación y vista frontal del isocírculo.</p>	<p>ESCALA: ACOTACIONES: PULGADAS FECHA: CALIFICACION:</p>
<p>Líneas de centros, textos y acotaciones.</p>		<p>Isocírculo de extremo de eje</p>	<p>Isocírculo en el extremo derecho (punto E del eje) y su acotación.</p>	<p>NOMBRE: MATRICULA: BRIGADA: PRACTICA: GENERACION DE UN EJE O FLECHA. NUMERO:</p>
<p>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECA</p>	<p>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA LAB. DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS</p>	<p>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA LAB. DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS</p>	<p>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA LAB. DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS</p>	<p>INSTRUCTOR: AUXILIAR:</p>



Comandos: Textos, Acotar, Círculo, Zoom, Estrusión, Oculto (Hide), UCS Vport, Ddview y Vpoint rotate.



Círculos en los puntos donde se inicia una porción del eje, Estrusión de las porciones del eje, vista en un plano, los cuales se van a estrusiar. Acotaciones de cada uno



Vista isométrica del eje.

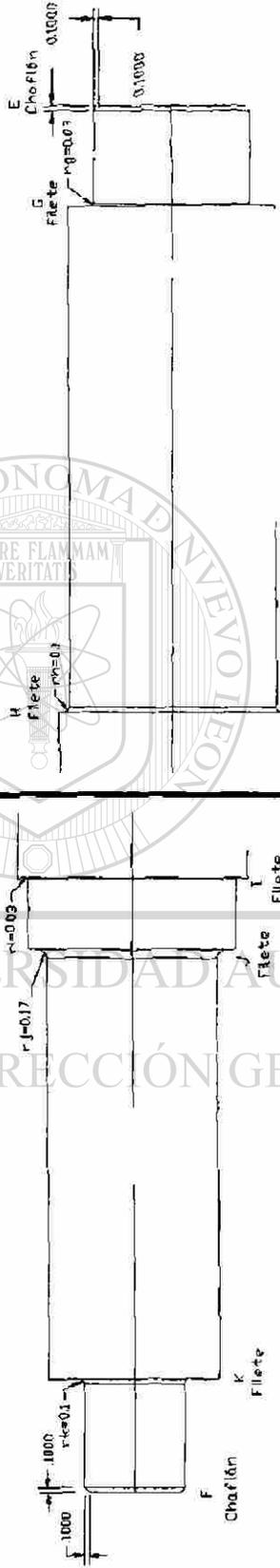
Vista isométrica del eje con líneas ocultas (Hide).

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
 LAB. DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS  
 INSTRUCTOR:  
 AUXILIAR:

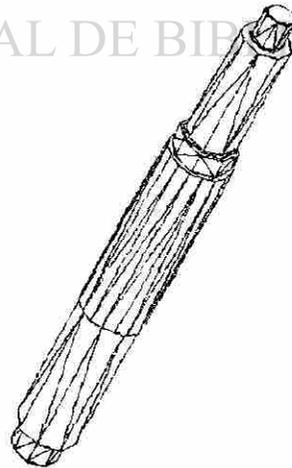
NOMBRE:  
 MATRICULA:  
 BRIGADA:  
 PRACTICA: GENERACION DE UN EJE O FLECHA.  
 NUMERO:

ESCALA:  
 ACOTACIONES: PULGADAS  
 FECHA:  
 CALIFICACION:

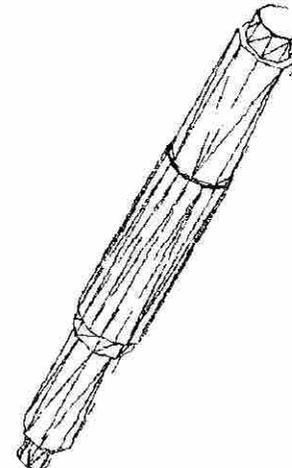
Comandos: Textos, Chaflán (Chamfer), Empalme (Fillet) Acotar, Zoom, Oculta (Hide), UCS, Vport, Ddview y Vpoint rotate.



Extremo izquierdo, crear el chaflán (punto F del eje) y el empalme (filete) (puntos: K, J y I). Acotaciones de cada uno. Extremo derecho, crear el chaflán (punto E del eje) y el empalme (filete) (puntos: G y H) Acotaciones de cada uno.



Vista isométrica (NW) y con líneas ocultas del eje.



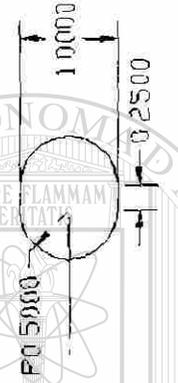
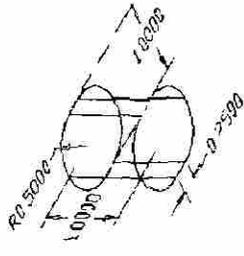
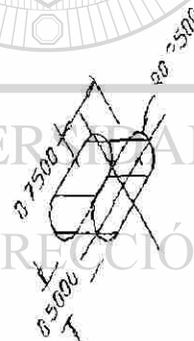
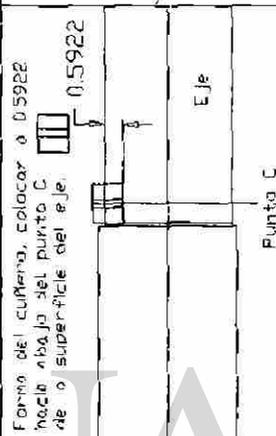
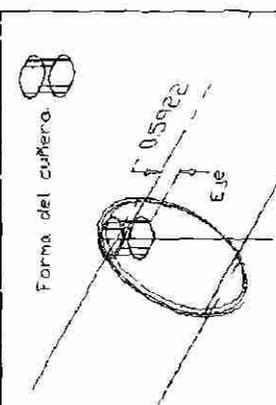
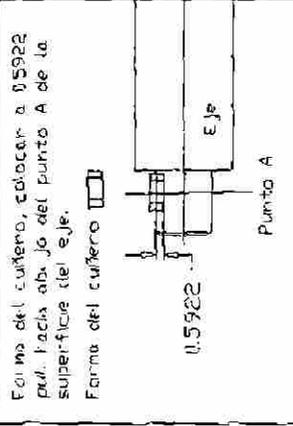
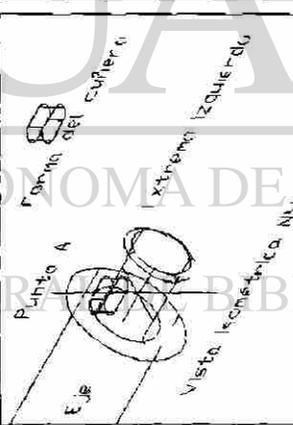
Vista isométrica (SE) y con líneas ocultas del eje.

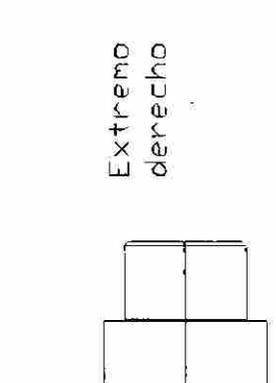
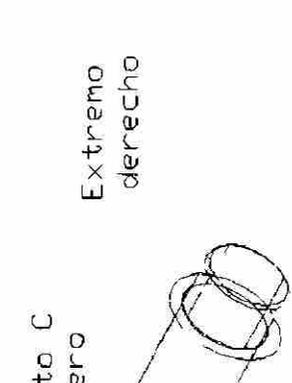
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
 LAB. DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS  
 INSTRUCTOR:  
 AUXILIAR:

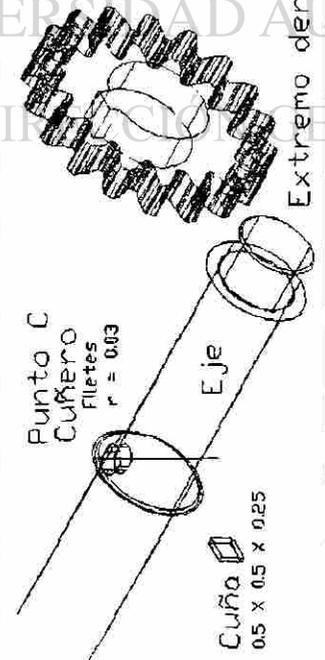
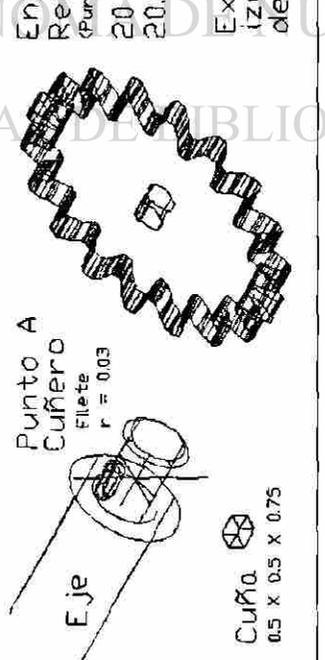
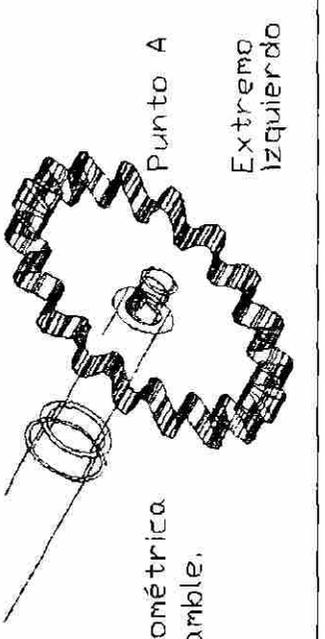
NOMBRE:  
 MATRÍCULA:  
 BRIGADA:  
 PRACTICA: GENERACION CHAFLANES Y EMPALMES.  
 NUMERO:

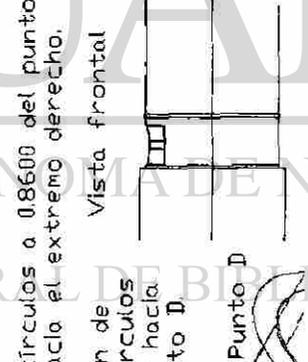
ESCALA:  
 ACOTACIONES: PULGADAS  
 FECHA:  
 CALIFICACION:

<p>Comandos: Textas, Círculos, Acotar, Zoom, Estrusión, Mover, Diferencia, Oculto (Hide), UCS, Vpoint, Ddview y Vpoint rotate</p>	<p>Estrusión de 1.0236 pul. hacia el punto C del eje de los isocírculos del punto G del eje.</p>	<p>El punto G está a 2.0118 pul. del punto E.</p>	<p>Estrusión de 1.4177 pul. hacia el punto E del eje de los isocírculos del punto J del eje.</p>	<p>Estrusión de cada isocírculo Diferencia del sólido mayor y menor, puntos B y D del eje.</p>			<p>Conjunto eje y cojinetes. Vista isométrica (SE) y líneas ocultas del eje.</p>	<p>Conjunto eje y cojinetes. Vista isométrica (NW) y líneas ocultas del eje.</p>	<p>ESCALA: ACOTACIONES: PULGADAS FECHA: CALIFICACION:</p>	<p>NOMBRE: MATRICULA: BRIGADA: PRACTICA: GENERACION COJINETES EN UN EJE. NUMERO:</p>	<p>UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA LAB. DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS INSTRUCTOR: AUXILIAR:</p>
---	--	---	--	--	--	--	--	--	---	--	---

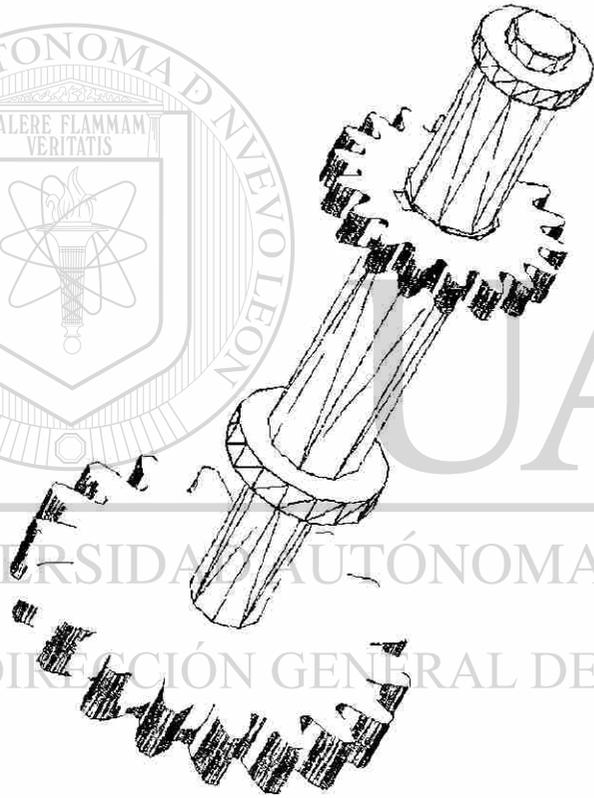
<p>Comandos: Línea, Texto, Círculo, Acorar, Propiedades, Zoom, Estrucción, Mover, Copiar, UCS, Vpart, Ddview y Vpoint rotate.</p>  <p>Forma del cuñero en un plano.</p>	 <p>Sólido, forma del cuñero.</p>
 <p>Sólido, forma del cuñero.</p>	<p>Crear la forma del cuñero que va en el punto C del eje, según las acotaciones en esta porción.</p>
<p>Forma del cuñero, colocar a 0.5922 hacia abajo del punto C de o superficie del eje.</p>  <p>Punto C</p>	 <p>Forma del cuñero.</p>
<p>Forma del cuñero, colocar a 0.5922 hacia abajo del punto A de la superficie del eje.</p>  <p>Punto A</p>	 <p>Forma del cuñero.</p> <p>Extremo izquierdo</p>
<p>Colocar la forma del cuñero en el punto C, lugar en el cual va el cuñero en el eje, vista frontal e isométrica.</p>	<p>Colocar la forma del cuñero en el punto A, lugar en el cual va el cuñero en el eje, vista frontal e isométrica.</p>
<p>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA LAB DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS INSTRUCTOR: AUXILIAR:</p>	<p>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA LAB DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS INSTRUCTOR: AUXILIAR:</p>
<p>ESCALA: ACOTACIONES: PULGADAS FECHA: CALIFICACION:</p>	<p>NOMBRE: MATRICULA: BRIGADA: PRACTICA: GENERACION CUÑEROS EN UN EJE NUMERO:</p>

Comandos: Texto, Propiedades, Zoom, Diferencia, Mover, Copiar, UCS, Vport, Isview y Vpoint rotate.	
<p>Punto A Cuñero</p>  <p>Extremo izquierdo</p>	<p>Punto C Cuñero</p>  <p>Extremo derecho</p>
<p>Punto A, crear la cavidad del cuñero mediante la diferencia del eje y la forma del cuñero. Vista frontal.</p>  <p>Eje</p> <p>Extremo izquierdo</p>	<p>Punto C, crear la cavidad del cuñero mediante la diferencia del eje y la forma del cuñero. Vista frontal.</p>  <p>Punto C Cuñero</p> <p>Extremo derecho</p>
<p>Vista isométrica del eje y cavidad del cuñero.</p>	<p>Vista isométrica del eje y cavidad del cuñero.</p>
<p>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA LAB. DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS INSTRUCTOR: AUXILIAR:</p>	<p>NOMBRE: MATRICULA: BRIGADA: PRACTICA: GENERACION CUÑEROS EN UN EJE. NUMERO:</p>
<p>ESCALA: ACOTACIONES: PULGADAS FECHA: CALIFICACION:</p>	

<p>Comandos: Línea, Enlazar (Ref. ext.), Texto, Propiedades, Zoom, Move, Copiar, UCS, Vport, Ddview y Vpant rotate.</p>	
 <p>Punto C Cuiño Filetes <math>r = 0.03</math> Eje Cuiña <math>0.5 \times 0.5 \times 0.25</math></p>	<p>Engrane Recto (Punto C) 20 FID 10.00 PD Extremo derecho eje.</p>
<p>Mediante referencias externas (enlazar) de otros archivos el eje, cuiña y engrane recto (aplicación del cap. # 6).</p>	
 <p>Punto A Cuiño Filetes <math>r = 0.03</math> Eje Cuiña <math>0.5 \times 0.5 \times 0.75</math></p>	<p>Engrane Recto (Punto A) 20 FID 20.00 PD Extremo izquierdo del eje.</p>
<p>Mediante referencias externas (enlazar) de otros archivos el eje, cuiña y engrane recto.</p>	
 <p>Punto A Extremo izquierdo</p>	<p>Vista isométrica del ensamble.</p>
<p>Conjunto ensamblado con una vista isométrica NW.</p>	
<p>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA LAB. DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS</p>	<p>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA LAB. DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS</p>
<p>INSTRUCTOR: AUXILIAR:</p>	<p>NUMERO: MATRICULA: BRIGADA: PRACTICA: ENSAMBLE DE CURA, ENGRANE Y EJE. NUMERO:</p>
<p>ESCALA: ACOTACIONES: FULGAS FECHA: CALIFICACION:</p>	<p>ESCALA: ACOTACIONES: FULGAS FECHA: CALIFICACION:</p>

<p>Comandos: Enlazar, Texto, Círculo, Acotar, Propiedades, Zoom, Mover, Diferencia, UCS, Vpart, Ddview y Vpoint rotate.</p>	 <p>Extremo izquierdo</p> <p>Vista isométrica</p> <p>Vista frontal</p>	<p>Mediante operaciones booleanas de diferencia entre los dos sólidos se obtiene un arco. Después la diferencia entre eje y el arco se obtiene la cavidad del anillo de sujeción.</p>
<p>Extremo izquierdo</p> <p>Vista isométrica</p>	<p>Mediante referencias externas (enlazar) el eje. Trazar los isocírculos y extrusionarlos.</p>	<p>Generación de la cavidad del anillo de sujeción, para el engrane que está en el punto A.</p>
 <p>Punto C</p> <p>Isométrico SE</p> <p>Eje</p> <p>Punto D</p> <p>Vista frontal</p>	<p>Cavidad del anillo de sujeción se aplica el mismo procedimiento que el anterior, mediante el uso de operaciones booleanas de diferencia.</p>	<p>Generación de la cavidad del anillo de sujeción, para el engrane que está en el punto C.</p>
<p>Mediante referencias externas (enlazar) el eje. Trazar los isocírculos y extrusionarlos.</p>	<p>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA LAB. DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS</p>	<p>ESCALA: ACOTACIONES: PULGADAS FECHA: CALIFICACION:</p>
<p>Nombre: Matrícula: Brigada: Práctica: GENERACION CAVIDAD ANILLO SUJECION. Número:</p>	<p>INSTRUCTOR: AUXILIAR:</p>	<p>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA LAB. DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS</p>

Aplicación del Software para un eje con elementos



ESCALA:  
ACOTACIONES: PULGADAS  
FECHA:  
CALIFICACION:

NOMBRE:  
MATRICULA:  
BRIGADA:  
PRACTICA: GENERACION UN EJE PARA TRANSMISION  
NUMERO:

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
LAB. DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS  
INSTRUCTOR:  
AUXILIAR:



## CAPÍTULO 5

# APLICACIONES DEL SOFTWARE PARA EL DISEÑO DE IMPULSORES DE BANDA EN V.

Una banda es un elemento flexible capaz de transmitir potencia que asienta en forma ajustada sobre un conjunto de poleas o poleas acanaladas. La figura 5.1 muestra su disposición básica.

La banda se instala entre las dos poleas reduciendo la distancia central entre ellas, después se separan las dos poleas acanaladas generando en la banda una tensión inicial relativamente alta. Si transmite potencia, la fricción provoca que la banda se adhiera a la polea impulsora, generando, al mismo tiempo, un incremento de la tensión en un lado al cual se le llama el “lado tensionado del impulsor”. Esta fuerza de tracción que se presenta en la banda genera una fuerza tangencial sobre la polea acanalada que es impulsada. El lado opuesto de la banda tiene un valor menor de tensión, el cual se le llama “lado flojo”

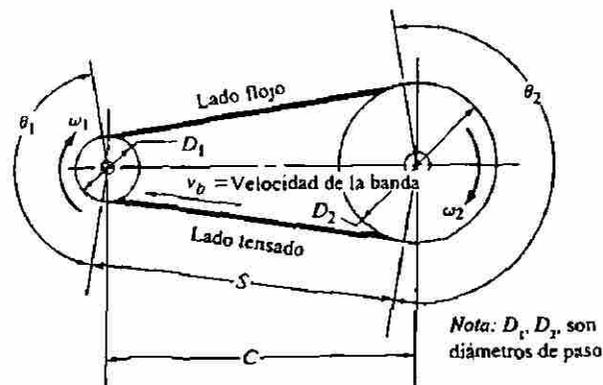


Fig. 5.1 Geometría básica de un impulsor de banda.

Las bandas en V son las que más se utilizan, sobre todo en impulsores industriales y aplicaciones en vehículos. En la figura 5.2 se muestran ejemplos de construcción de bandas en V.

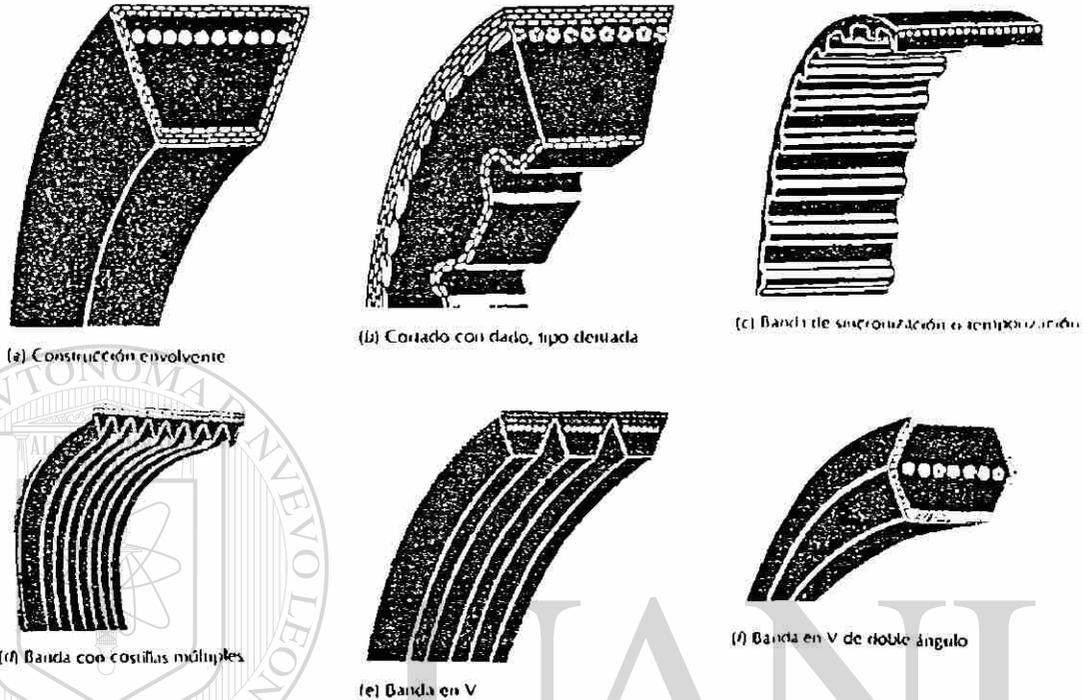


Fig. 5.2 Ejemplos de formas de bandas en V.

Generalmente todas las bandas tienen cuerdas de alta resistencia colocadas en el diámetro de paso de la sección transversal de la banda, esto aumenta la resistencia a esfuerzo de tracción de dicha banda. Las cuerdas que se fabrican de fibras naturales, hebras sintéticas y acero, con el fin, de proporcionar la flexibilidad que se requiere para permitir que la banda pase alrededor de la polea, se impregnan con un compuesto de hule duro.

Generalmente se agrega una cubierta exterior de tela para darle una durabilidad satisfactoria a la banda. En la figura 5.3 se muestra la sección transversal de una banda en V y una ranura de polea acanalada.

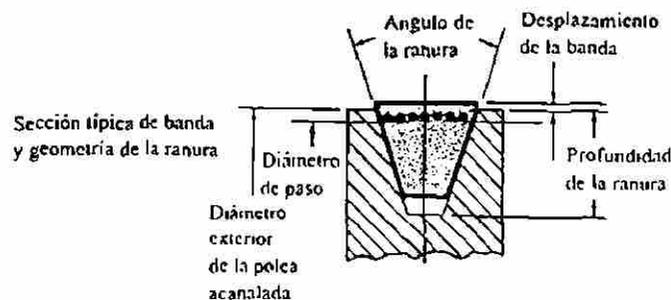


Fig. 5.3 Sección transversal de una banda en V y una ranura de polea acanalada.

### 5.1.-CARACTERÍSTICAS DE UN IMPULSOR DE BANDAS EN V.

Según la figura 5.1 se obtiene las siguientes observaciones:

- 1.- La polea, con una ranura circunferencial sobre la que se apoya la banda, se denomina polea acanalada.
- 2.- El tamaño de una polea acanalada se indica mediante su diámetro de paso, poco más pequeño que el diámetro exterior de la polea.
- 3.- La relación de velocidad entre la polea acanalada impulsora y la que es impulsada es inversamente proporcional a la relación entre los diámetros de paso de las poleas. Esto se debe a que no existe deslizamiento, bajo cargas normales.

Por lo tanto, la velocidad lineal de la línea de paso de ambas poleas acanaladas es la misma e igual a la velocidad de la banda,  $v_b$ . Por consiguiente:

$$v_b = \frac{D_1 \omega_1}{2} = \frac{D_2 \omega_2}{2}$$

La relación de velocidad angular es:

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

- 4.- Las relaciones entre longitud de paso,  $L$ , distancia central,  $C$ , y los diámetros de las poleas son:

$$L = 2C + 1.57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C}$$

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32(D_2 - D_1)^2}}{16}$$

donde  $B = 4L - 6.28(D_2 + D_1)$ .

5.- El ángulo de contacto de la banda en cada polea acanalada es:

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 \operatorname{sen}^{-1} [(D_2 - D_1) / (2C)]$$

$$\theta_2 = 180^\circ + 2 \operatorname{sen}^{-1} [(D_2 - D_1) / (2C)]$$

6.- La longitud del espacio libre entre las dos poleas acanaladas, a lo largo del cual la banda no tiene apoyo alguno, es:

$$S = \sqrt{C^2 - \left[ \frac{D_2 - D_1}{2} \right]^2}$$

Esta separación entre poleas es necesaria, por dos razones: la primera, puede verificarse la tensión adecuada en la banda midiendo la cantidad de fuerza que se requiere para deflexionar la banda a la mitad del espacio libre en una cantidad específica. La segunda, la tendencia de la banda a vibrar o chicotear.

7.- Los factores que contribuyen a que se genere tensión en la banda son:

a).- La fuerza de tracción en la banda, que alcanza su máxima magnitud en el lado tensionado de la banda.

b).- La flexión de la banda alrededor de las poleas acanaladas, alcanza su magnitud máxima conforme el lado tensionado de la banda se flexiona alrededor de la polea más pequeña.

c).- Fuerzas centrífugas que se generan a medida que la banda se desplaza alrededor de las poleas.

Existen diámetros mínimos de poleas acanaladas que se recomiendan para bandas estándar. Al utilizar poleas acanaladas más pequeñas se reduce en forma radical la vida útil de la banda.

8.- El valor de diseño de la relación de la tensión del lado tensionado con la tensión del lado flojo es de 5.0 para impulsores de banda en V. El valor real puede ser tan alto como 10.0.

## 5.2.- SECCIONES TRANSVERSALES DE BANDAS EN V ESTANDAR

En el mercado existen bandas en V que se fabrican de acuerdo con uno de los estándares que se muestran en las figuras de la 5.4 a la 5.7. La alineación entre los tamaños en pulgadas y los que se indican en unidades métricas indican que los tamaños apareados son en realidad, la misma sección transversal. El valor nominal del ángulo incluido entre los lados de una ranura en V varía entre 30° y 42°. El ángulo de la banda puede ser un poco diferente para obtener un ajuste tensionado en la ranura. Algunas ranuras se diseñan para que, en alguna medida “se muevan fuera” de la ranura.

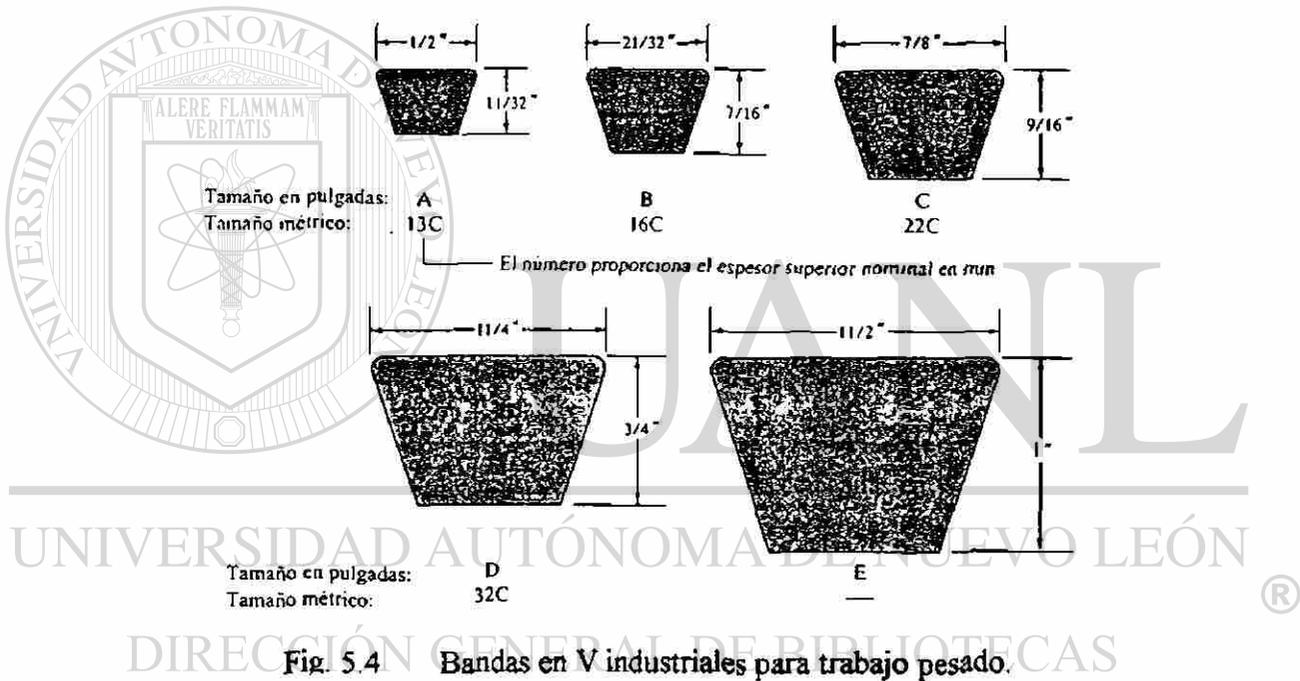


Fig. 5.4 Bandas en V industriales para trabajo pesado.

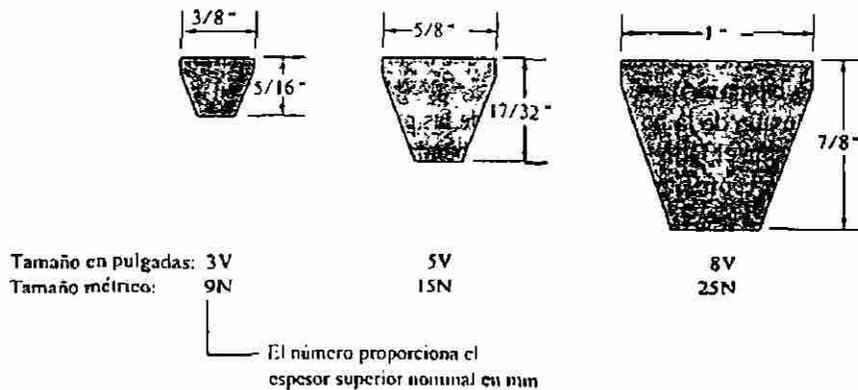


Fig. 5.5 Bandas en V industriales de sección estrecha

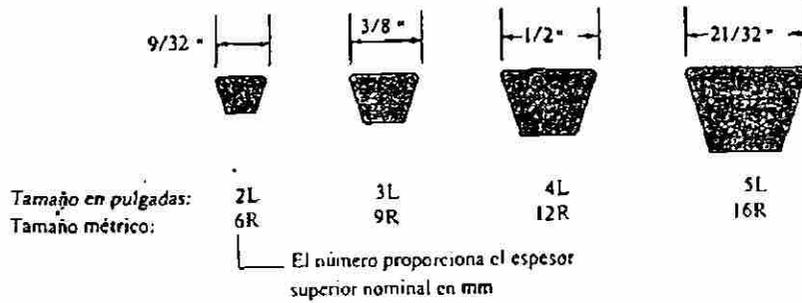


Fig. 5.6 Bandas en V para trabajo ligero a potencia fraccionaria (FHF).

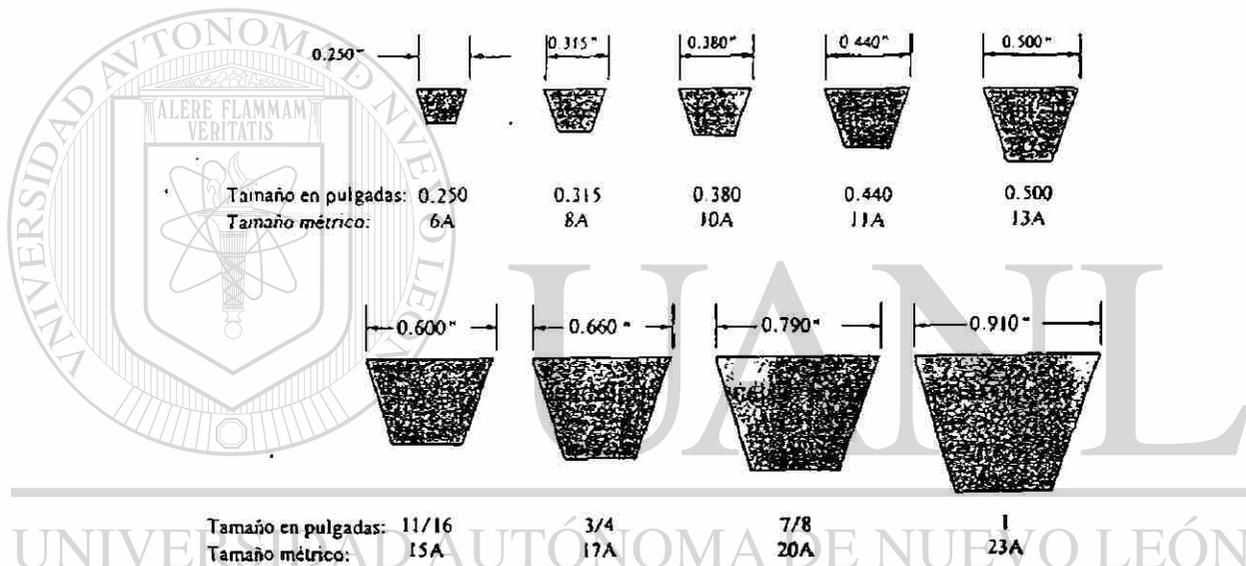


Fig. 5.7 Bandas en V automotrices.

La sociedad de ingenieros automotrices (SAE), contienen normas que proporcionan dimensiones y estándares de rendimiento para bandas automotrices, las cuales son: Estándar SAE J636 c: Bandas en V y poleas.

Estándar SAE J637 b: Bandas automotrices en V.

Estándar SAE J1278: Bandas y poleas sincrónicas SI.

Estándar SAE J1459: Bandas en V con costillas y poleas.

### 5.3.- PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE IMPULSORES DE BANDA EN V.

Los datos fundamentales que se requieren para la selección de impulsores se proporciona a continuación:

- 1.- La potencia especificada del motor impulsor o de otra planta motriz importante.
- 2.- El factor de servicio con base en el tipo de impulsor y carga que es impulsada.
- 3.- La distancia central.
- 4.- La especificación de potencia para una banda como función del tamaño y de la velocidad de la polea acanalada más pequeña.
- 5.- La longitud de la banda.
- 6.- El tamaño de la polea impulsora y de la que es impulsada.
- 7.- El factor de corrección para longitud de la banda.
- 8.- El factor de corrección para el ángulo envolvente en la polea acanalada más pequeña.

A continuación se explican algunos parámetros que están ligados a muchas decisiones de diseño, esto depende del uso y restricciones de espacio.

a).- el ajuste relativo a la distancia central debe darse en ambos sentidos a partir de un valor nominal. Esto tiene que ver con la instalación de la banda. Los catálogos de los fabricantes proporcionan la información pertinente sobre esto. Un método conveniente para obtener el ajuste consiste en utilizar una unidad de compensación.

b).- si se requiere centros fijos, será necesario utilizar poleas tensoras o muertas. Estas poleas tensoras deben colocarse en la parte interna de la banda, cerca de la polea grande, para un mejor funcionamiento.

c).- la distancia central,  $C$ , debe estar entre un rango nominal de acuerdo con lo siguiente:

$$D_2 < C < 3 (D_2 + D_1)$$

d).- el ángulo de la envolvente en la polea más pequeña debe de ser mayor que  $120^\circ$ .

e).- generalmente en el mercado están disponibles poleas acanaladas de hierro fundido, las cuales deben de limitarse a una velocidad de banda de 6,500 pies/minuto.

- f).- si la velocidad es menor que 1,000 pies/minuto. Considere un tipo alternativo de impulsor.
- g).- evite temperaturas altas alrededor de las bandas.
- h).- asegúrese de que los ejes que soportan poleas acanaladas que se enlazan sean paralelos y que las poleas acanaladas estén alineadas de manera que las bandas se inserten con suavidad en las ranuras.
- i).- en instalaciones en que se utilizan bandas múltiples es necesario que las bandas sea idéntica, es decir: que coincidan los números de la banda.
- j).- las bandas deben instalarse con la tensión inicial que recomienda el fabricante. Debe de verificarse la tensión una vez que haya transcurrido las primeras horas de operación debido a que se presentan asentamientos y contracción inicial.

#### 5.4.- DATOS DE DISEÑO.

La figura 5.8 se utiliza para elegir el tamaño básico para la sección transversal de la banda, que puede ser: 3V, 5V y 8V. En el eje horizontal esta la potencia de diseño, la cual se encuentra por la potencia especificada de la planta motriz principal multiplicada por el factor de servicio de la tabla 5.1. Las figuras 5.9, 5.10 y 5.11 se muestra la especificación de la potencia por banda de las tres secciones transversales como una función de diámetro de paso de la polea acanalada más pequeña y de su velocidad de giro.

La curva sólida de las gráficas de las figuras 5.9, 5.10 y 5.11 es para una relación de velocidad de 1.00. La figura 5.12 se usa para encontrar la potencia agregada a la potencia especificada cuando la relación de velocidad es mayor a 1.00 y hasta 3.38.

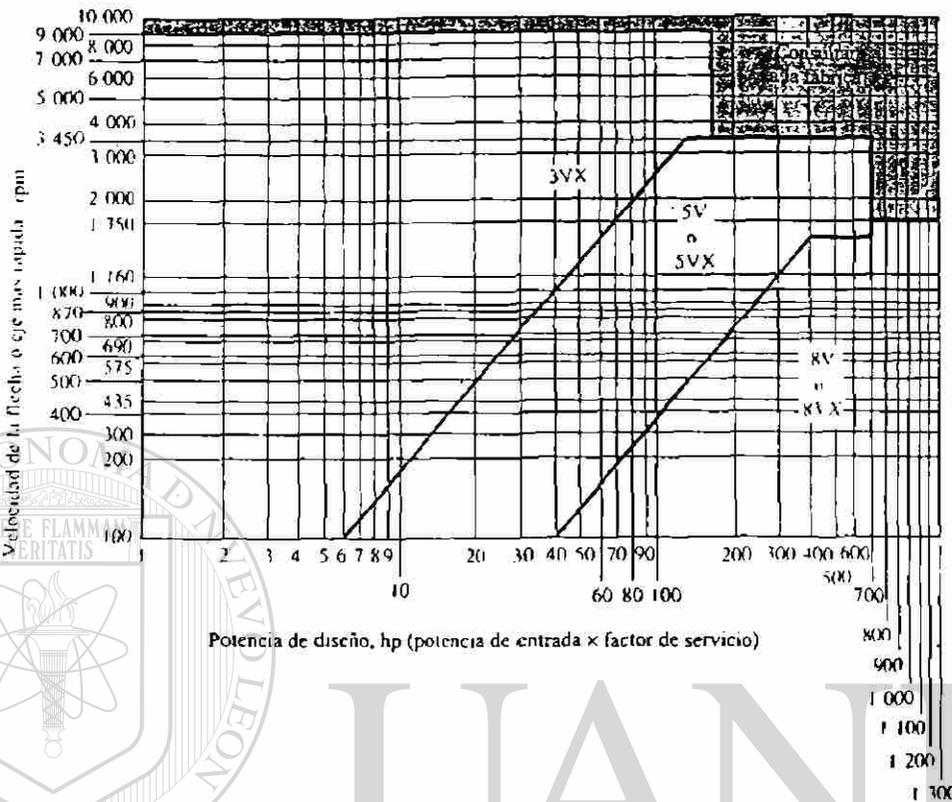


Fig. 5.8 Gráfica de selección para bandas en V industriales de sección estrecha.

La figura 5.13 proporciona el valor de un factor de corrección  $C_0$ , como una función del ángulo de la envolvente de la banda en la polea acanalada más pequeña.

La figura 5.14 proporciona el valor del factor de corrección,  $C_L$ , para longitud de la banda. Debe de seleccionarse una banda más larga, con el fin, de reducir la frecuencia con que una parte específica de la banda encuentra pico de tensión conforme entra la polea acanalada más pequeña.

En la tabla 5-2 se dispone de ciertas longitudes estándar de banda.

Tipo de máquina que es impulsada	Tipo de impulsor					
	Motores de CA: torque normal <sup>a</sup> Motores de CD: bobinado en derivación Motores: de cilindro múltiple			Motores de CA: torque alto <sup>b</sup> Motores de CD: bobinado en serie, bobinado compuesto Motores: de 4 o menos cilindros		
	<6 h por día	6-15 h por día	>15 h por día	<6 h por día	6-15 h por día	>15 h por día
Agitadores, ventiladores, ventiladores con tolva, bombas centrífugas, transportadores, ligeras	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Generadores, herramientas para máquinas, mezcladores, transportadores, grava	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Elevadores de baldes o recipientes, máquinas textiles, molinos de martillo, transportadores, pesadas	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Inturadoras, molinos de bola, maiscates, extrudoras de hule	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8
Cualquier máquina que pueda ahogarse	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

<sup>a</sup>Sincrónicos, de fase dividida, de tres fases con torque (par) de arranque o torque (par) al paro menor que 250% del torque con carga total.

<sup>b</sup>De fase única, trifásico con torque (par) de arranque o torque (par) al paro mayor que 250% del torque con carga total.

Tabla 5.1 Factores de servicio para bandas en V.

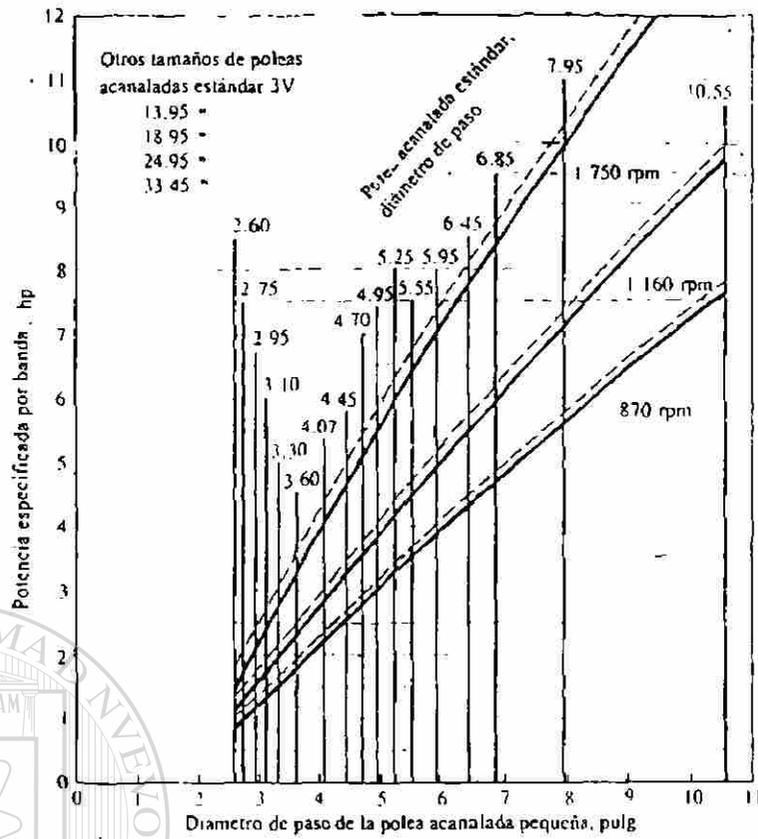


Fig. 5.9 Especificación de potencia: Bandas 3V.

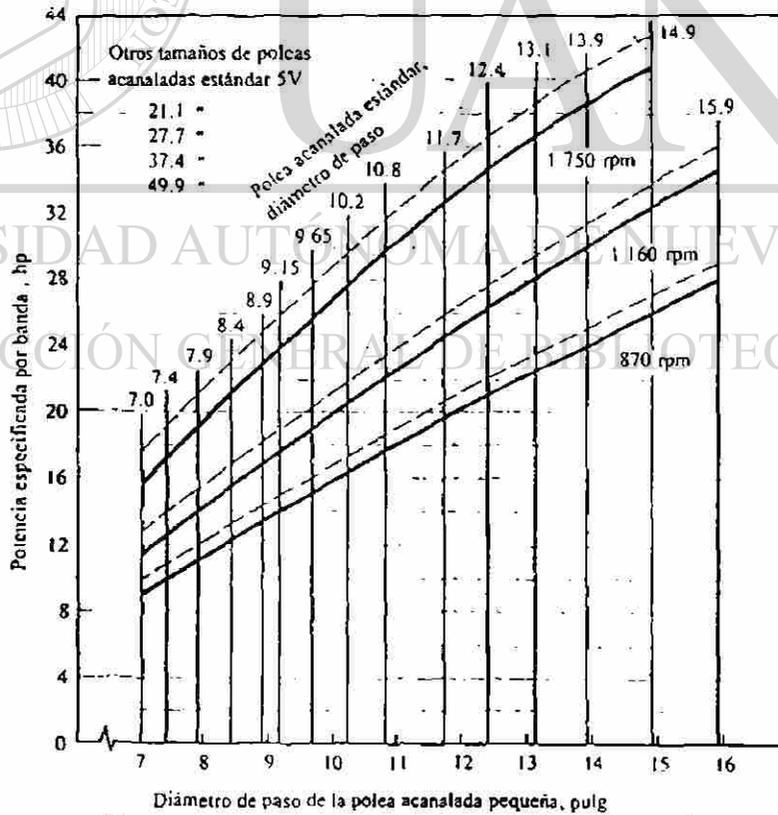


Fig. 5.10 Especificación de potencia: Bandas 5V.

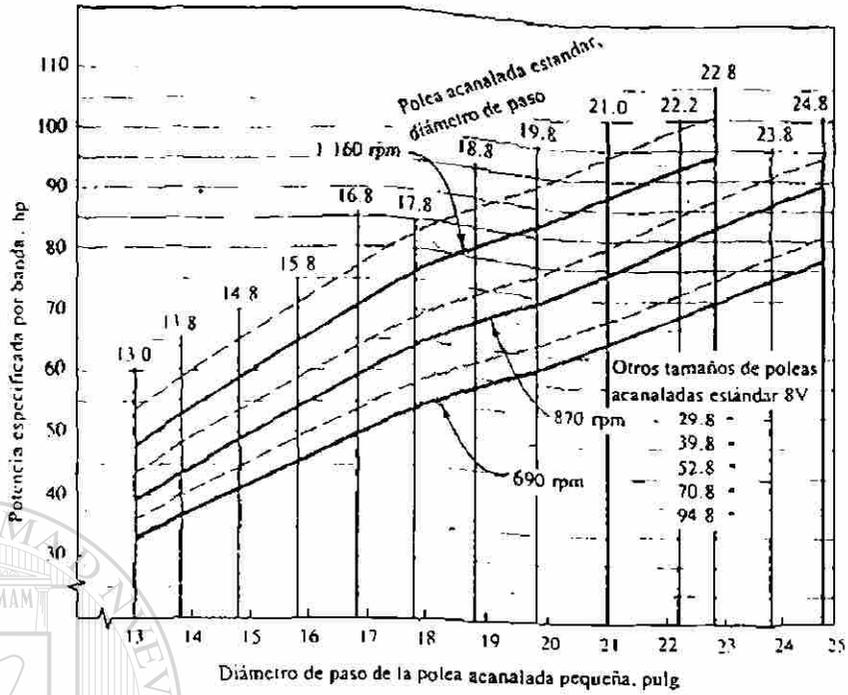


Fig. 5.11 Especificación de potencia; Bandas 8V.

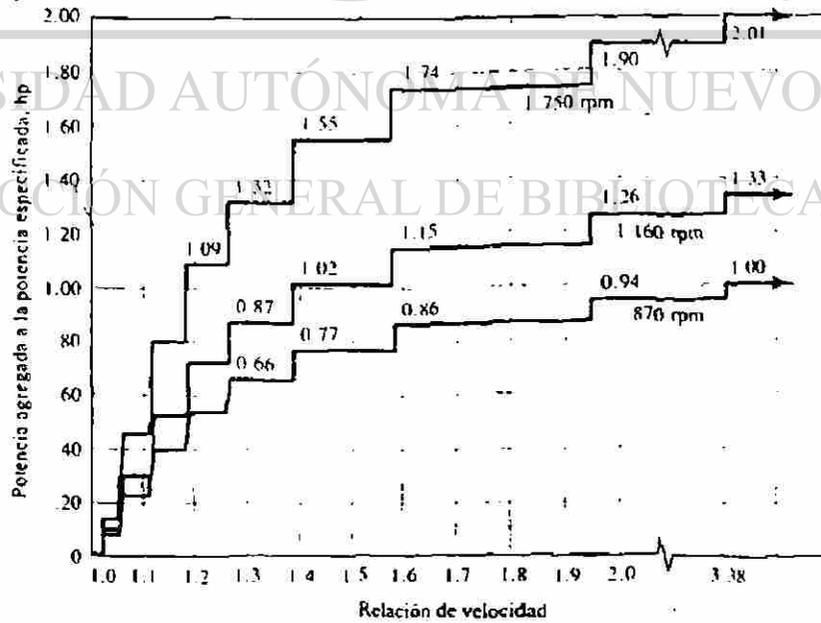


Fig. 5.12 Potencia agregada contra relación de velocidades: Bandas 5V.

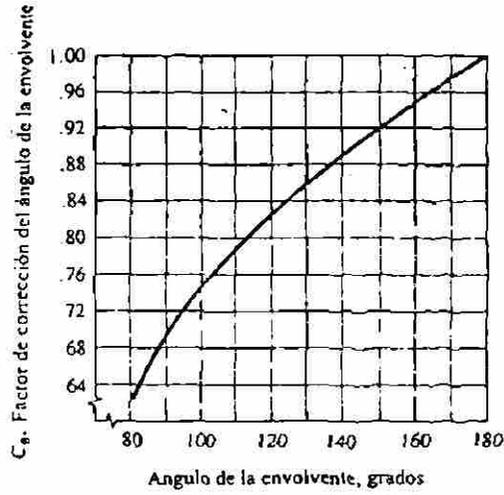


Fig. 5.13 Factor de corrección del ángulo de la envolvente,  $C_a$ .

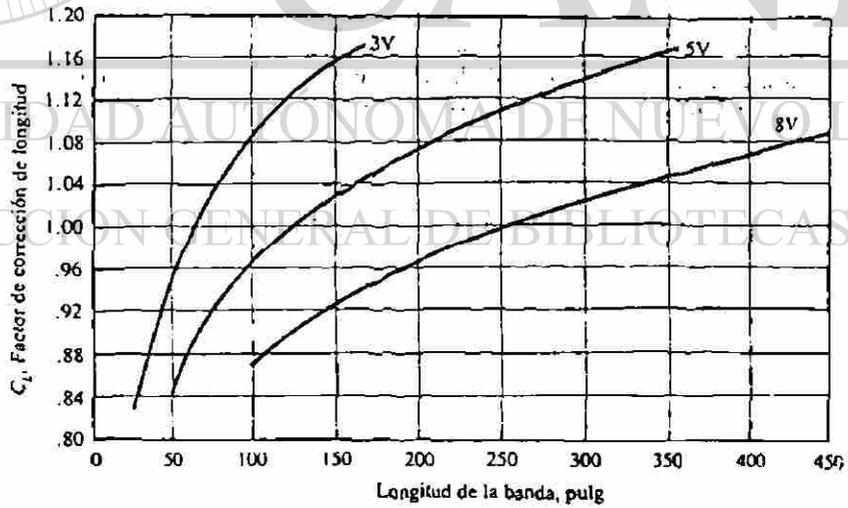


Fig. 5.14 Factor de corrección de longitud de la banda,  $C_L$ .

Sólo 3V	3V y 5V	3V, 5V y 8V	5V y 8V	Sólo 8V
25	50	100	150	375
26.5	53	106	160	400
28	56	112	170	425
30	60	118	180	450
31.5	63	125	190	475
33.5	67	132	200	500
35.5	71	140	212	
37.5	75		224	
40	80		236	
42.5	85		250	
45	90		265	
47.5	95		280	
			300	
			315	
			335	
			355	

Tabla 5.2 Longitudes de banda estándar para bandas 3V, 5V y 8V (pulg.).

#### 6.4.- PROBLEMA ILUSTRATIVO.

Se va a diseñar un impulsor de banda en V que tiene una polea acanalada de entrada en la flecha de un motor de 6 cilindros con una potencia de entrada de 40 hp a una velocidad de entrada de 1,500 rpm con una carga total. La máquina impulsada es un transportador, pesado. El servicio que va a dar son 16 horas diarias a 550 rpm aproximadamente.

#### Solución :

- 1.- Calcular la potencia de diseño utilizando la tabla 5-1, para un motor de 6 cilindros que funciona 16 horas al día impulsando un transportador, el factor de servicio para estas condiciones es 1.4. Así la potencia de diseño es:  $(1.4)(40 \text{ hp}) = 56 \text{ hp}$ .
- 2.- Seleccionar la sección de la banda. Utilizando la figura 5.8, se sugiere utilizar una banda 5V para 56.0 hp a una velocidad de entrada de 1,500 rpm.

3.- Calcular la relación nominal de velocidad:

$$\text{Relación de velocidad} = \frac{1500}{550} = 2.72$$

4.- Calcular el tamaño de la polea acanalada impulsora que generara una velocidad de banda de 4000 pies/minuto, como parámetro para seleccionar una polea acanalada estándar. Si la velocidad de banda =  $\frac{\pi D_1 n_1}{12} = v_b$  (pies/minuto). Así el diámetro

de la polea ( $D_1$ ), que se requiere es:

$$D_1 = \frac{12v_b}{\pi n_1} = \frac{12(4000)}{\pi(1500)} = 10.186''$$

5.- Seleccionar tamaños para realizar pruebas para la polea acanalada de entrada, calcular el tamaño que se desea y tenga la polea acanalada de salida. Seleccione un tamaño estándar para la polea acanalada de salida y calcule la relación real al igual que la velocidad de salida.

Las pruebas se indican en la siguiente tabla, los diámetros se indican en pulgadas:

Número de prueba	$D_1$	$2.72D_1$	$D_2$	Velocidad de salida real (rpm)
1	9.65	26.24	27.7	522.56
2	9.15	24.88	27.7	495.48
3	8.9	24.20	27.7	481.94
4	8.4	22.84	21.1	597.15
5	7.9	21.48	21.1	561.61
6	7.4	20.12	21.1	526.06
7	7.0	19.04	21.1	497.63

$$n_2 = \frac{D_1 n_1}{D_2}$$

$$n_1 = 1500 \text{ rpm}$$

La prueba numero 5 (cinco) presenta 2.1% de variación respecto a la velocidad de salida, 550 rpm, que se desea. Por esta razón es la selección de dicha polea.

6.- Determine la potencia especificada a partir de la figura 5.10. Para una polea de 7.9" a 1,500 rpm, la potencia básica que se especifica es 17.6 hp se requieren bandas múltiples. La relación es alta, lo cual indica que puede utilizarse una especificación de cierta potencia agregada. Esto se hace a partir de la figura 5.12, con la relación de velocidad de 2.72 y la velocidad de 1,500 rpm. La potencia que se agrega es 1.65 hp. Por tanto, la potencia real que se especifica es  $17.6 + 1.65 = 19.25$  hp.

7.- Especifique una distancia central, C, para realizar pruebas.

La siguiente ecuación puede utilizarse para calcular un rango nominal aceptable para C:

$$D_2 < C < 3(D_2 + D_1)$$

$$21.1 < C < 3(21.1 + 7.9)$$

$$21.1 < C < 87$$

con la intención de conservar espacio se hará la prueba con  $C = 24"$

8.- Con la ecuación siguiente calcule la longitud de banda que necesita:

$$L = 2C + 1.57(D_2 + D_1) + (D_2 - D_1)^2 / (4C)$$

$$L = 2(24.0) + 1.57(21.1 + 7.9) + (21.1 - 7.9)^2 / (4 * 24.0)$$

$$L = 95.345"$$

9.- De la tabla 5.2 seleccione una longitud de banda estándar y calcule la distancia central real resultante a partir de la siguiente ecuación:

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32(D_2 - D_1)^2}}{16}$$

de la tabla 5.2, la longitud de banda estándar que más se aproxima es 95" con esta longitud de banda estándar se calcula la distancia central real, C:

$$B = 4L - 6.28 (D_2 + D_1) = 4 (95.0) - 6.28 (21.1+7.9)$$

$$\underline{B = 197.88''}$$

por lo tanto, se tiene:

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32(D_2 - D_1)^2}}{16}$$

$$C = \frac{197.88 + \sqrt{(197.88)^2 - 32(21.1 - 7.9)^2}}{16}$$

$$\underline{C = 23.82''}$$

10.- Calcule el ángulo de la envolvente de la banda en la polea acanalada más pequeña a partir de la ecuación siguiente:

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 \operatorname{sen}^{-1} [(D_2 - D_1)/(2C)]$$

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 \operatorname{sen}^{-1} [(21.1 - 7.9) / (2 * 23.82)]$$

$$\theta_1 = \underline{147.82^\circ}$$

11.- Calcule los factores de corrección a partir de las figuras 5.13 y 5.14. Para:

$\theta_1 = 147.82^\circ$  se encuentran en la figura 5.13,  $C_0 = 0.91$ . Para:  $L = 95.0''$  se encuentra en la figura 5.14,  $C_L = 0.952$ .

12.- Calcule la potencia especificada corregida por banda y el número de bandas que se necesitan para transmitir la potencia de diseño.

$$\text{Potencia corregida} = C_0 C_L P = (0.91) (0.952) (19.25) \text{ hp.}$$

$$\text{Potencia corregida} = 16.67 \text{ hp.}$$

$$\text{Numero de bandas} = (56 \text{ hp}) / 16.67 \text{ hp} = 3.36 \text{ bandas.}$$

**Nota:** debe de utilizarse **4 (cuatro) bandas**.

## RESUMEN DE DISEÑO:

Entrada: Motor de 6 cilindros: 40 hp a 1,500 rpm.

Factor de Servicio: 1.4

Potencia de diseño: 56 hp.

Banda: Sección transversal 5V, longitud 95", 4 bandas.

Poleas Acanaladas:

Impulsora: 7.9" de diámetro de paso, 4 ranuras, 5V

Impulsada: 21.1" de diámetro de paso, 4 ranuras, 5V.

Velocidad de salida real: 561.61 rpm.

Distancia central: 23.82"

La figura mostrada en la pagina 5.19, representa la geometría básica del impulsor de banda en V del problema anterior, utilizando el software Autocad r13. Los comandos que se utilizaron para hacer esta aplicación son:

DDUNITS.- opción de seleccionar las unidades según el sistema deseado.

LIMITS.- colocar las limites de acuerdo al área deseada o de impresión.

DDLMODES.- generar las capas (layers) a utilizar. Dar un tipo de línea y color a cada capa.

GRIND.- hace una malla en el área seleccionada de acuerdo a los límites.

SNAP.- saltos del cursor de acuerdo a la malla o viceversa.

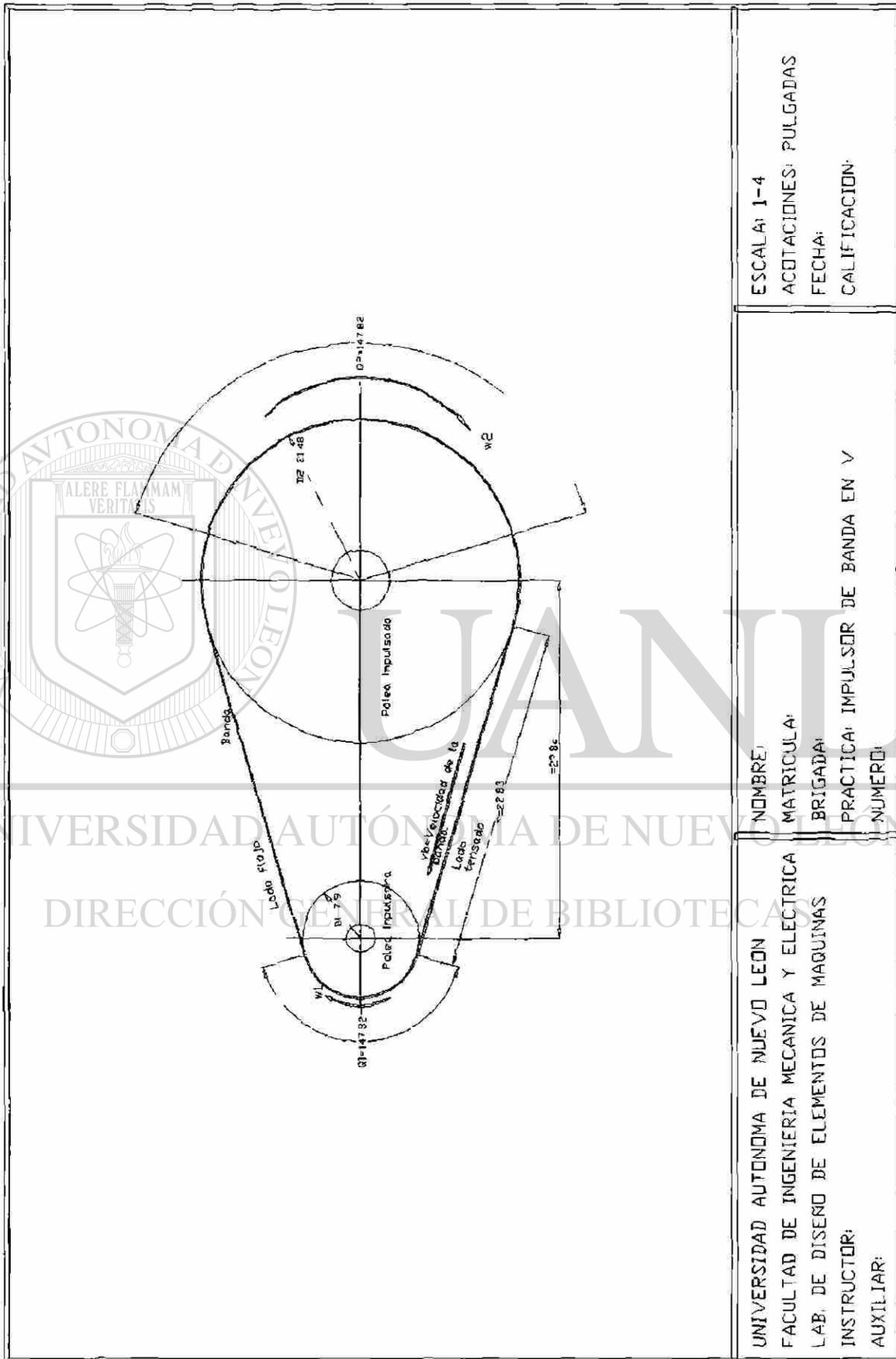
LINE.- traza líneas de centros o de referencia.

CIRCLE RADIUS.- realiza un círculo mediante el radio dado.

ZOOM.- permite seleccionar el área de dibujo que va a ser visualizada, de manera que ocupe toda la pantalla.

SCP (Sistema de Coordenadas Personal actual).- es el icono que lo forman dos pequeñas flechas que marcan las direcciones positivas de los ejes X y Y.

ACOTAR.- acotamiento de todas las longitudes, círculos y arcos de la aplicación.



ESCALA: 1-4  
 ACOTACIONES: PULGADAS  
 FECHA:  
 CALIFICACION:

NOMBRE:  
 MATRICULA:  
 BRIGADA:  
 PRACTICA: IMPULSOR DE BANDA EN V  
 NUMERO:

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
 LAB. DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS  
 INSTRUCTOR:  
 AUXILIAR:



## CAPITULO 6

# APLICACIONES DEL SOFTWARE A ENGRANES RECTO.

Los engranes de talla recta son ruedas cilíndricas dentadas que se utilizan para transmitir potencia y movimiento angular entre ejes paralelos. A estos engranes se conocen como cilíndricos o rectos. Los dientes de un engrane impulsor (el más pequeño de los engranes, generalmente es el elemento motriz) se insertan, enlazándose con precisión, en los espacios entre los dientes del engrane que es impulsado. Los dientes impulsores empujan a los dientes que son impulsados, ejerciendo una fuerza perpendicular al radio del eje. Por esta razón se transmite un torque y, debido a que el engrane está girando, también se transmite potencia.

Los engranes rectos sus dientes son rectos y paralelos al eje de la flecha que soporta al engrane. La figura 6.1 muestra fotografías de formas de engranes rectos disponibles en el mercado, los engranes con un diseño: de rayos, con maza sólida, de cremallera y de llanta (engrane de dientes internos), dibujos de las secciones transversales de tres estilos de discos para engranajes, y la forma de la sección transversal de los propios dientes, que se denomina diente envolvente (proviene del hecho de que los lados de los dientes son parte de una curva envolvente).

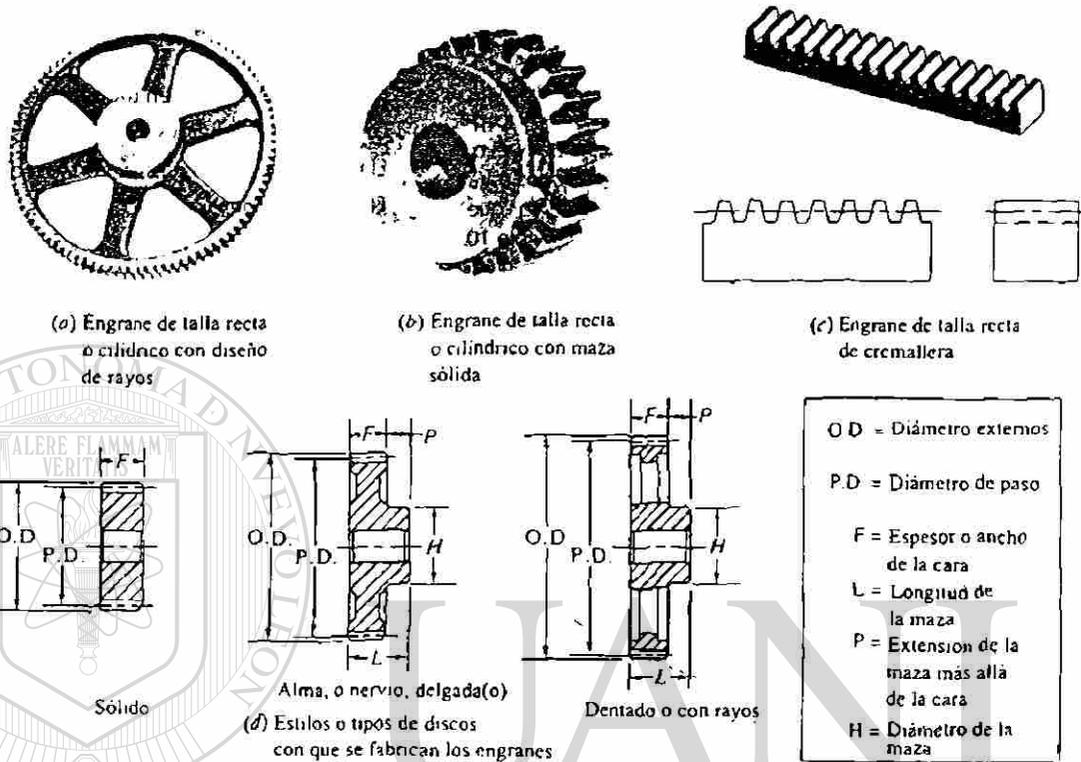


Fig. 6.1 Engranés de talla recta o cilíndrica.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 6.1 GEOMETRÍA DE ENGRANES: FORMA DE DIENTES ENVOLVENTE.

La curva más empleada comúnmente en los perfiles (formas) del diente de los engranajes rectos es la envolvente a profundidad máxima, también conocido como el sistema de involuta.

La envolvente es un tipo de curva geométrica que pertenece al grupo de las que se denominan curvas conjugadas. Cuando dos de estos engranes se enlazan y giran se

establece una relación de velocidad angular constante entre ellos: desde el momento en que entran en contacto entre sí hasta aquel en que se separan, la velocidad del engranaje impulsor se encuentra en proporción constante respecto a la velocidad del engrane que es impulsado. La acción resultante del enlace de los dos engranes es muy suave. Si no fuera así, habría incremento y disminución de velocidad a lo largo de su acción conjunta y la aceleración resultante generaría vibración, ruido y oscilaciones de torsión peligrosas en el sistema.

La curva envolvente se define mediante cualquiera de las siguientes opciones:

- a) Curva generada por un punto de una regla o cinta a medida que la regla o cinta se enrolla sobre un cilindro.
- b) Curva generada por un punto de un resorte tirante conforme el resorte se desenrolla de su cilindro.

Tomando un cilindro y enredando una cuerda alrededor de su circunferencia. Ate un lápiz al extremo de la cuerda. Luego dibuje con el lápiz apretándolo contra el cilindro y mantenga la cuerda apretada. Retire el lápiz del cilindro en tanto mantiene la cuerda apretada. La curva que se traza es una envolvente. La figura 6.2 es un boceto de este proceso.

El círculo a partir del cual se desarrolla la envolvente (involuta) se denomina círculo de base.

En la figura 6.3 se ilustra un método para construir una curva envolvente. Iniciando en el punto O sobre el círculo de base, divídase al propio círculo en un número conveniente de arcos iguales de longitudes 0-1, 2-3, y, así sucesivamente. Cuando las divisiones del círculo de base no son muy largas, se puede tomar la cuerda como la longitud de arco. Dibújese una tangente al círculo de base por el punto O y divídase la parte de esta recta a la izquierda de O, en partes iguales de las mismas longitudes de los arcos. A continuación, se dibujan tangentes al círculo por los puntos 1, 2, 3 y así sucesivamente hasta que se intersecten las rectas tangentes trazadas por 1, 2, 3, etc. La intersección de los arcos y las tangentes son puntos de la curva envolvente requerida, representados por 1", 2", 3" y, así sucesivamente.

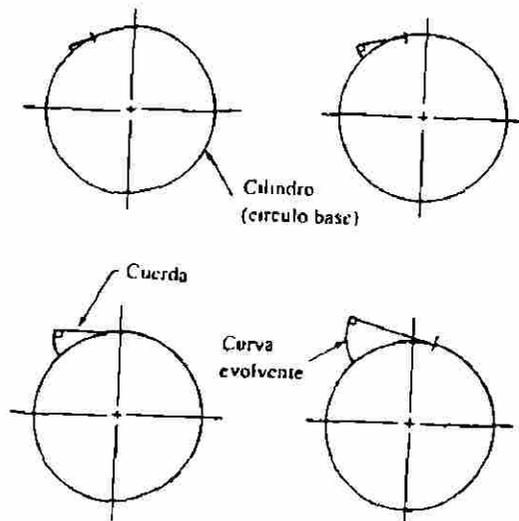
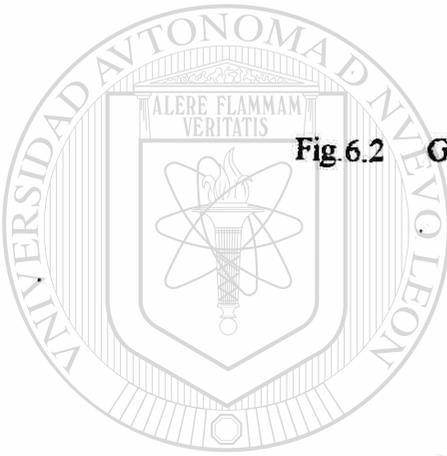


Fig. 6.2 Generación gráfica de una curva envolvente.



UANL

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

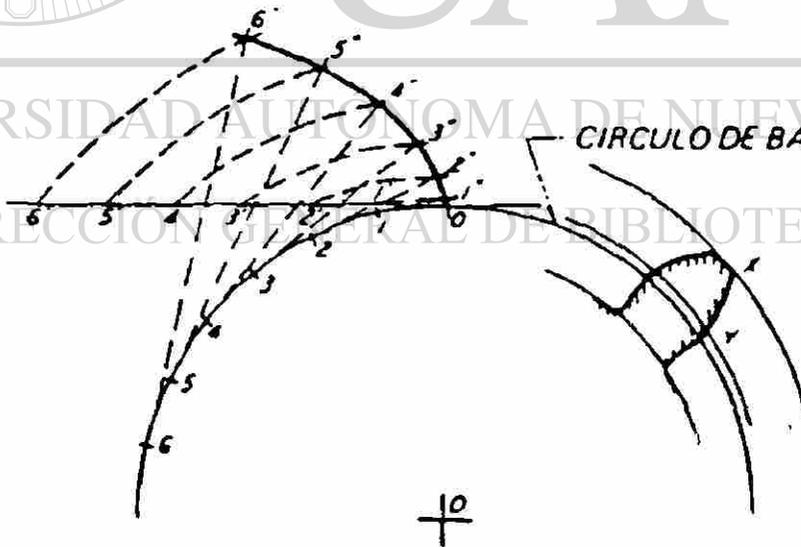


Fig. 6.3 Método para construir una curva envolvente.

En la figura 6.4 se muestra dos envolventes que coinciden, esto es lo que sucede cuando los dientes de los engranes están entrelazados. Observe que en cualquier punto de la curva, la cuerda representa una línea tangente al círculo base y al mismo tiempo, perpendicular a la envolvente. Al dibujar otro círculo base a lo largo de la misma línea central en tal posición que la envolvente que resulta es tangente a la primera se demuestra que en el punto de contacto las dos líneas tangentes a los círculos base.

Esto es un enunciado de la ley de los engranes, de acuerdo con el movimiento, que si superficies de dos cuerpos que giran en el punto en que entran en contacto, siempre cruzan la línea central entre los dos cuerpos en el mismo lugar, la relación de velocidad angular de los cuerpos será constante. Como se explico antes, los dientes de engranes que se fabrican en forma envolvente obedecen a esta ley.

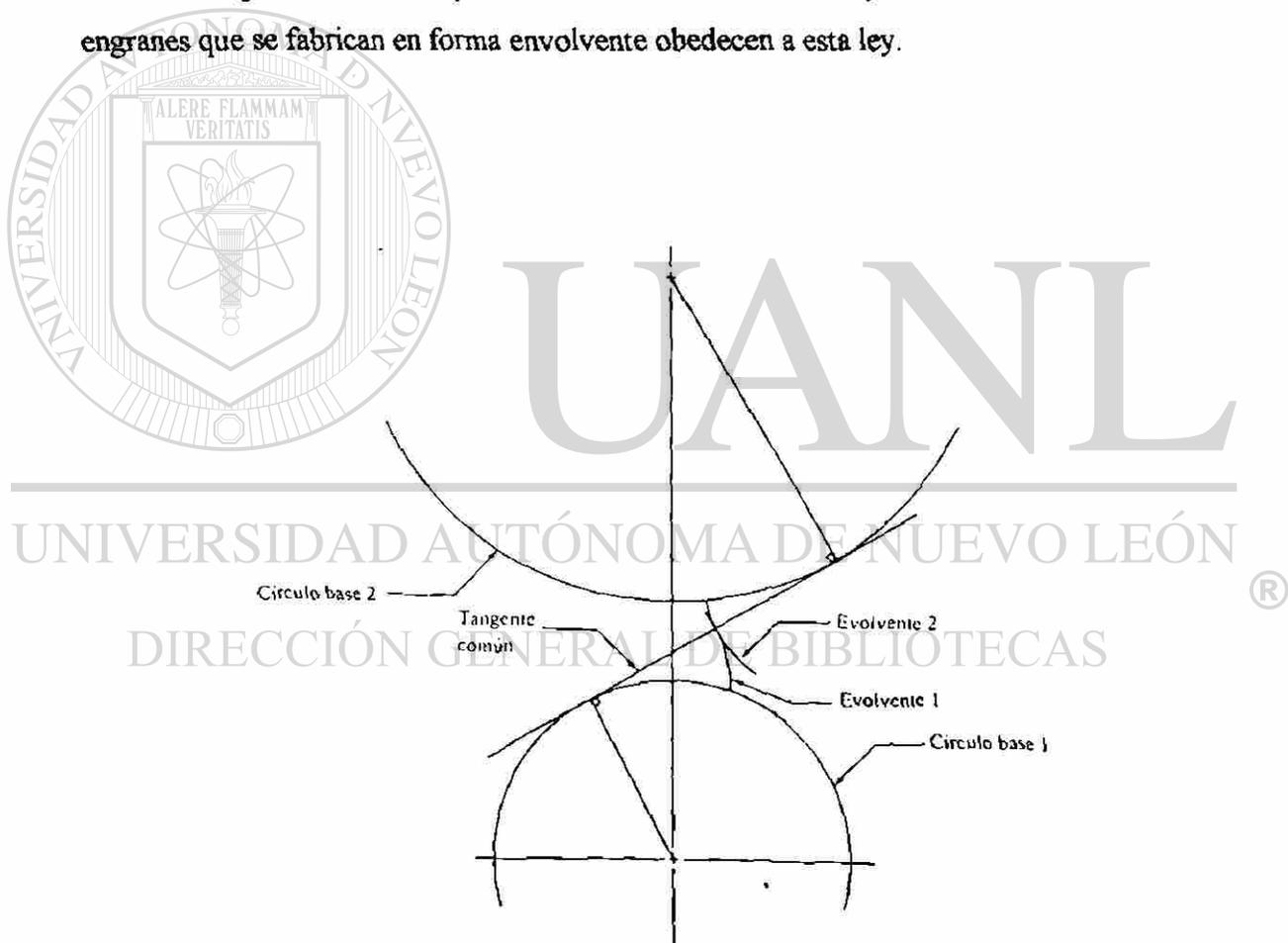


Fig. 6.4 Envolventes que coinciden.

## 6.2 NOMENCLATURA DE ENGRANES RECTOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS DIENTES.

Los términos (terminología) y símbolos que se utilizan van de acuerdo a las normas y estándares de la American Gear Manufacturers Association (AGMA). La figura 6.5 se muestra la nomenclatura de engranes rectos.

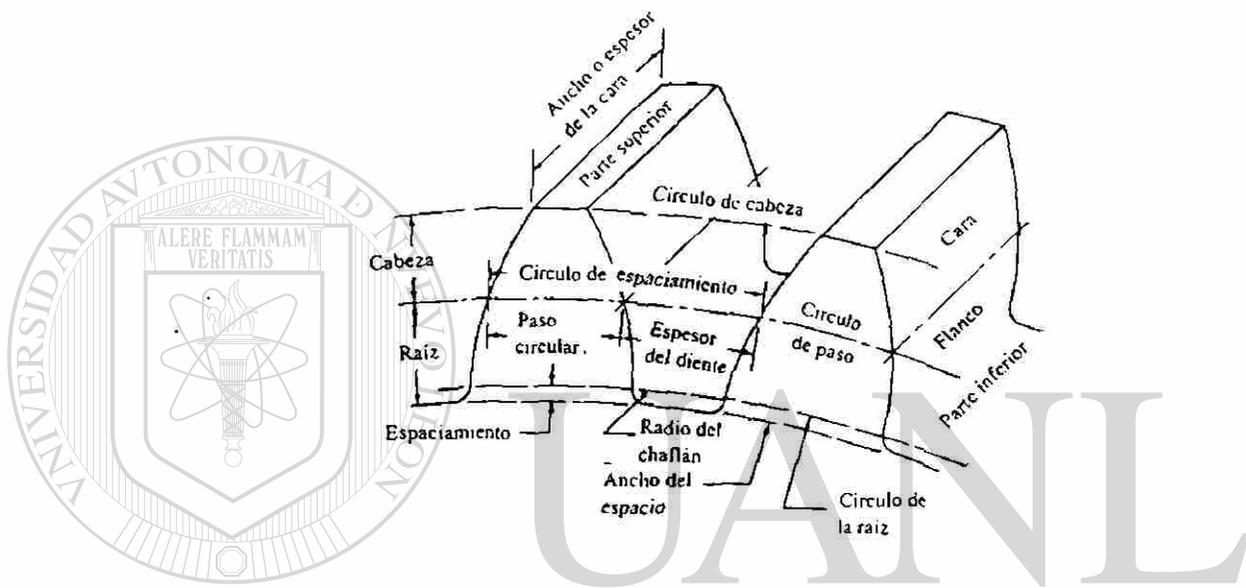


Fig. 6.5 Nomenclatura de engranes rectos.

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 6.3 TERMINOLOGÍA DE LOS ENGRANES.

- 1.- El círculo de addendum o círculo exterior se dibuja con centro en el centro del engrane y marca el límite exterior de los dientes.
- 2.- El círculo de dedendum o círculo de raíz se dibuja con centro en el centro del engrane y marca el límite en el fondo de los dientes.
- 3.- El círculo de paso es una sección transversal del cilindro equivalente el cual puede considerarse reemplazado por el engrane dentado.

- 4.- El diámetro de paso es el diámetro del círculo de paso.
- 5.- El addendum es la distancia radial entre el círculo de paso y el extremo exterior del diente.
- 6.- El dedendum es la distancia radial del círculo de paso al fondo del diente.
- 7.- El claro es la diferencia entre el dedendum de un diente y el addendum del diente con el que embona.
- 8.- La cara de un diente es la porción de la superficie de éste que se encuentra hacia afuera del círculo de paso.
- 9.- El flanco de un diente es la porción de la superficie del diente que se encuentra hacia adentro del círculo de paso.
- 10.- El espesor de un diente se mide sobre el arco del círculo de paso. Es la longitud de un arco y no la longitud de una recta.
- 11.- El espacio del diente es el espacio entre diente medido sobre el círculo de paso.
- 12.- El juego es la diferencia entre el espesor del diente de un engrane y el espacio del diente del engrane con el que embona, medido sobre el círculo de paso.
- 13.- El paso circular de un engrane es la distancia entre un punto de un diente y el punto correspondiente del diente adyacente, medido sobre el arco del círculo de paso, los pasos circulares de dos engranes embragados son iguales.
- 14.- El paso diametral es el número de dientes por pulgada de diámetro de paso. Se obtiene dividiendo el número de dientes entre el diámetro de paso.
- 15.- La cara de un engrane es el ancho de su rueda, medido paralelo al eje. No debe confundirse con la cara de su diente, porque las dos son diferentes por completo.
- 16.- El punto de paso está sobre la línea que une los centros de dos engranes, donde los círculos de paso se tocan.
- 17.- La tangente común es la recta tangente a los círculos de paso en el punto de paso.
- 18.- El ángulo de presión es el ángulo entre la línea de acción y la tangente común.
- 19.- La línea de acción es una recta dibujada a través del punto de paso formando ángulo (igual al ángulo de presión) con la tangente común.

20. El círculo de base se usa en engranajes de involución para generar las involutas que forman los contornos de los dientes. Se dibuja desde el centro de cada par de engranes embonados, tangente a la línea de acción.

21. Cuando dos engranes se embragan el uno con el otro, al mayor se le llama **engrane** y al más pequeño, **piñón**.

Debe notarse que el *paso circular* es una dimensión lineal expresada en unidades de longitud, pero se calcula mediante una relación. Debe haber un número entero de dientes en la circunferencia de un engrane. Así que es necesario que la circunferencia del círculo de paso, dividida entre el paso circular, sea un número entero.

El paso circular  $P'$ , en pulgadas,  $D$  el diámetro de paso y  $T$  el número de dientes.

Entonces:

$$TP' = \pi D, \quad T = (\pi D)/P', \quad P' = (\pi D)/T \quad \text{y} \quad D = TP'/\pi$$

Para el paso diametral,  $P$ .

$$T = PD, \quad D = T/P' \quad \text{y} \quad P = T/D$$

El sistema Brown and Sharpe de involuta de  $14 \frac{1}{2}^\circ$  se ha adoptado como norma en Estados Unidos; se conoce como **sistema compuesto de  $14 \frac{1}{2}^\circ$** . En este sistema las proporciones de los dientes se dan en términos del paso diametral  $P$  y del paso circular  $P'$ .

➤ Angulo de presión =  $14 \frac{1}{2}^\circ$

➤ Adendum (pulgadas) =  $1/(\text{paso diametral}) = 1/P$

➤ Dedendum (pulgadas) = adendum más claro =  $(1/P) + 0.05 P'$

➤ Claro =  $(0.05)$  paso circular =  $0.05 P'$

➤ Profundidad total del diente =  $2$  (adendum) + claro =  $2(1/P) + 0.05 P'$

➤ Profundidad de trabajo del diente =  $2$  (adendum) =  $2(1/P)$

➤ Espesor del diente = paso circular/ $2$  =  $P'/2$

➤ Ancho del espacio del diente = paso circular/ $2$  =  $P'/2$

➤ Radio mínimo de filete = claro =  $0.05 P'$

En los cálculos anteriores el juego es cero. Sin embargo, en la práctica es algo común dejar un juego, y esto se lleva a cabo usando cortadores estándar y cortando los dientes un poco más profundo que los dientes estándar.

## 6.4 CONTORNO DE UN PAR DE ENGRANES RECTOS DE INVOLUTA ESTANDAR.

El contorno de un par de engranes rectos, los datos son: número de dientes en cada engrane ( $T = 24$  en el mayor y  $16$  en el menor), paso diametral ( $P = 2$ ) y ángulo de presión ( $\phi = 14 \frac{1}{2}^\circ$ ).

Para dibujar un par de engranes rectos se calcula los diámetros de paso de la siguiente manera:

$$D = T/P = 24 \text{ in}/2 = 12 \text{ in. (para el engrane mayor).}$$

$$D = T/P = 16 \text{ in}/2 = 8 \text{ in. (para el engrane menor).}$$

Se describe el procedimiento para dibujar un par de engranes rectos, utilizando la figura 6.6, con los radios  $O_1P$  y  $O_2P$  iguales a  $6 \text{ in}$  y  $4 \text{ in}$ , respectivamente se trazan los círculos de paso y mediante el punto  $P$  se dibuja la tangente común. Dibújese la línea de acción  $XY$  formando un ángulo de  $14 \frac{1}{2}^\circ$  con la tangente común. Se tiran perpendiculares desde los centros  $O_1$  y  $O_2$  que corten la línea de acción de  $A$  y  $B$ , respectivamente.  $O_1A$  y  $O_2B$  son los radios de los círculos de base que ahora ya pueden dibujarse.

Se determina el adendum y el dedendum de los dientes y trace los círculos de adendum y dedendum.

Se divide el círculo de paso del engrane más pequeño en  $16$  partes iguales y el círculo de paso del engrane mayor en  $24$  partes iguales, lo que dará el paso circular. Suponiendo que no se dispone de juego, se bisecta el paso circular en cada uno de los engranes, lo que dará  $32$  divisiones iguales en el engrane pequeño y  $48$  divisiones iguales en el engrane mayor.

En cualquier punto del círculo de base de cada engrane, se desarrolla una involuta (fig. 6.3) y allí se dibujan las curvas entre los círculos de base y el adendum a través de puntos alternos de los círculos de paso. De esta manera se produce un lado de todos y cada uno de los dientes de cada engrane. La curva del otro lado del diente es la imagen del lado justo recién dibujado. La parte del diente entre los círculos de base y de dedendum es parte de una línea radial dibujada desde los círculos de base hasta los centros de los engranes. El diente se termina poniendo un filete pequeño entre la

profundidad de trabajo y los círculos de dedendum. Puesto que el detalle de los dientes de engrane se hacen por lo común sólo con propósitos ilustrativos, la mayoría de los dibujantes y diseñadores encuentran que para mostrar el perfil de un diente de engrane resulta satisfactorio el empleo de una plantilla de engranes.

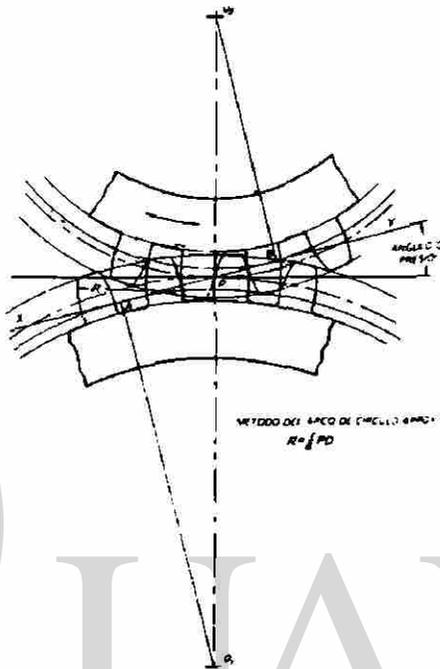
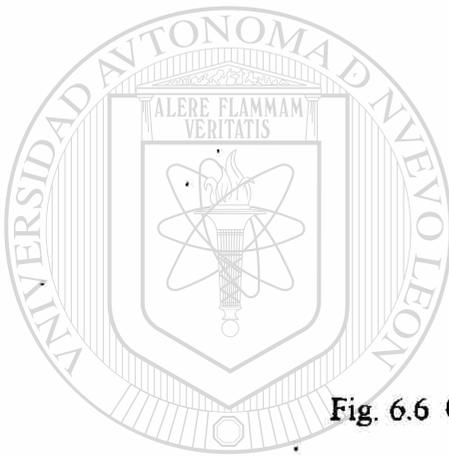


Fig. 6.6 Contorno de un par de engranes rectos.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

## 6.5 ENGRANES RECTOS MÉTRICOS

Existe una similitud en los criterios de diseño de los engranes métricos y los manufacturados con dimensiones en pulgadas, pero hay cierto número de definiciones y términos que son diferentes.

En las especificaciones de los engranes métricos, el paso diametral se reemplaza por el término **módulo**, el cual es el recíproco del paso diametral. El módulo de un engrane métrico es una distancia real en milímetros. La forma del diente de los engranes

métricos es de profundidad total. La curva generatriz es la involuta y el ángulo de presión es de  $20^\circ$ .

Se usan las siguientes definiciones en diseño de engranes métricos:

- Módulo = (diámetro del círculo de paso) / (número de dientes).
- Adendum = módulo.
- Dedendum = 1.25 (módulo).
- Paso circular =  $\pi(\text{módulo})$ .
- Distancia de centros entre engranes embragados = módulo (total de dientes de los dos engranes / 2).
- Diámetro global del engrane = (diámetro del círculo de paso) + (2 módulo).
- también :
  - Diámetro global del engrane = (número de dientes + 2) módulo.

Comercialmente se dispone de engranes rectos métricos de los siguientes módulos: 0.5 a 4.0 mediante incrementos de 0.25, 4.0 a 7.0 en incrementos de 0.5 y 7.0 a 10.0 en incrementos de 1.0.

Los engranes rectos hechos en pulgadas deben tener idéntico paso para engranes con propiedades, así como los engranes métricos deben tener módulos idénticos para ese fin.

En la figura 6.7 muestra los tamaños de dientes de engranes como función del paso diametral.

En la tabla 6.1 muestra módulos estándar seleccionados con sus pasos diametrales equivalentes.

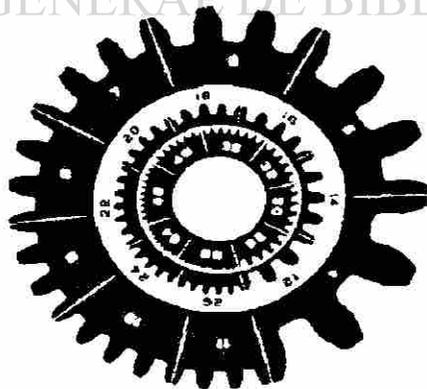


Fig. 6.7 Tamaños de dientes de engranes como función del paso diametral

Tabla. 6.1 Módulos estándar seleccionados con sus pasos diametrales equivalentes.

Módulo (mm)	Equivalente $P_d$	$P_d$ estándar más cercano (dientes/pulgada)
0.3	84.667	80
0.4	63.500	64
0.5	50.800	48
0.8	31.750	32
1	25.400	24
1.25	20.320	20
1.5	16.933	16
2	12.700	12
2.5	10.160	10
3	8.466	8
4	6.350	6
5	5.080	5
6	4.233	4
8	3.175	3
10	2.540	2.5
12	2.117	2
16	1.587	1.5
20	1.270	1.25
25	1.016	1

## 6.6 ANGULO DE PRESION

En la figura 6.8 se muestra el ángulo de presión; el cual es el ángulo entre la tangente a los círculos de paso y la línea que se traza en forma normal (línea de acción),

es decir perpendicular, a la superficie del diente del engrane. Cuando dos engranes están enlazados y transmitiendo potencia, la fuerza que se transfiere de los dientes del engrane impulsor a los dientes del engrane que es impulsado actúa en el sentido a lo largo de la línea de acción. También depende del ángulo de presión la forma real de los dientes, como se muestra en la figura 6.9. Estos dientes se dibujaron de acuerdo con las proporciones para un engrane de 20 dientes, paso de 5 y un diámetro de paso de 4.000 pulgadas. Los tres dientes tienen el mismo espesor de diente porque el espesor en la línea de paso depende sólo del paso. La diferencia entre los dientes que se ilustran se debe a los distintos ángulos de presión porque este determina el tamaño del círculo base, ya que a partir de este se genera la curva envolvente. La línea de acción es siempre tangente al círculo base. Por consiguiente, el tamaño del círculo base se encuentra mediante el producto del diámetro de paso y el coseno del ángulo de presión, ( $D_b = D \cos \phi$ ).

Los ángulos de presión que se fabrican actualmente son:  $14\frac{1}{2}^\circ$ ,  $20^\circ$  y  $25^\circ$ , como en la figura 6.9. Pero el más común en el mercado es de  $20^\circ$ , el de  $14\frac{1}{2}^\circ$  se considera ya obsoleto. Las ventajas y desventajas de los distintos valores de ángulo de presión se relacionan con la resistencia de los dientes, la presencia de interferencia y la magnitud de las fuerzas que se ejercen en los dientes.

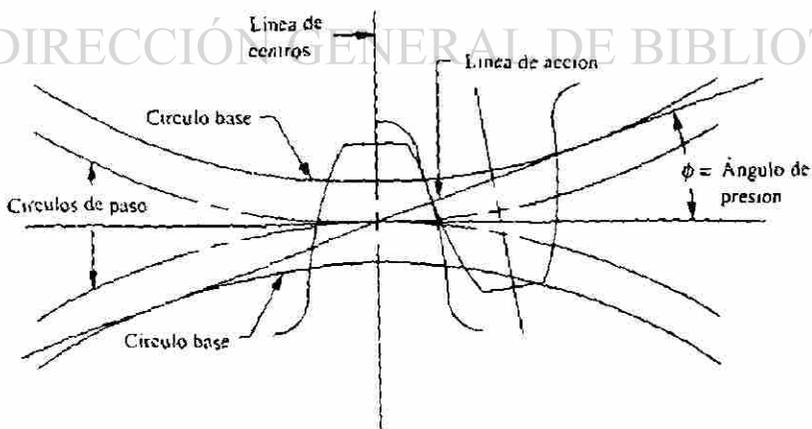


Fig. 6.8 Ángulo de presión.

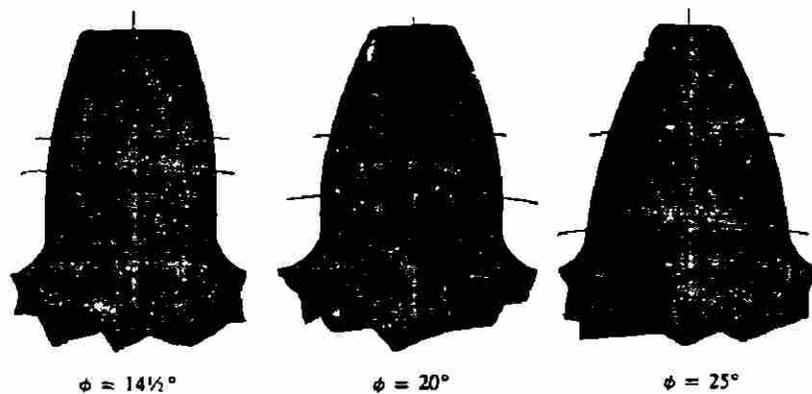


Fig. 6.9 Forma de diente evolvente para distintos ángulos de presión.

## 6.7 INTERFERENCIA.

Para algunas combinaciones de número de dientes en un engrane se presenta interferencia entre la punta del diente en el piñón y el chaflán o raíz del diente en el engrane. Esto no debe de suceder ya que los engranes no coinciden. Cuando un engrane pequeño (piñón) impulsa a un engrane grande se tiene una gran probabilidad de que se presente interferencia.

Es responsabilidad del diseñador asegurar que no se presente interferencia en una aplicación en particular. La forma más segura de hacer esto es controlar el número mínimo de dientes en el piñón conforme a los valores límites que se muestran en la tabla 6.2. Con este número de dientes, o uno mayor no habrá interferencia con cualquier otro engrane.

Tabla 6.2 Número de dientes en el piñón para asegurar que no exista interferencia.

<i>Para un piñón que se enlaza con una cremallera</i>		<i>Para un piñón de profundidad total a 20° que se enlaza con un engrane</i>	
<i>Forma de diente</i>	<i>Número mínimo de dientes</i>	<i>No. de dientes del piñón</i>	<i>No. máx. de dientes en los engranes</i>
<i>Evolvente, profundidad total, 14 1/2°</i>	32	17	1309
<i>Evolvente, profundidad total, 20°</i>	18	16	101
<i>Evolvente, profundidad total, 25°</i>	12	15	45
		14	26
		13	16

## 6.8 ACOTACION DE ENGRANES.

Para acotar se recomienda que las dimensiones se den en la vista o vistas, una segunda vista para el cuñero indicando la forma y dimensiones. Los datos de corte se incorporan en una tabla del lado derecho (superior o inferior).

En los dibujos de trabajos de engranes se dan las dimensiones precisas, tolerancias, desviaciones de las formas, disposición de las superficies, así como el grado de aspereza. Para los requerimientos técnicos se dan los datos referidos al tratamiento térmico, a las dimensiones informativas y desviaciones límites. La mayoría de estas indicaciones se muestran en la figura 6.10.

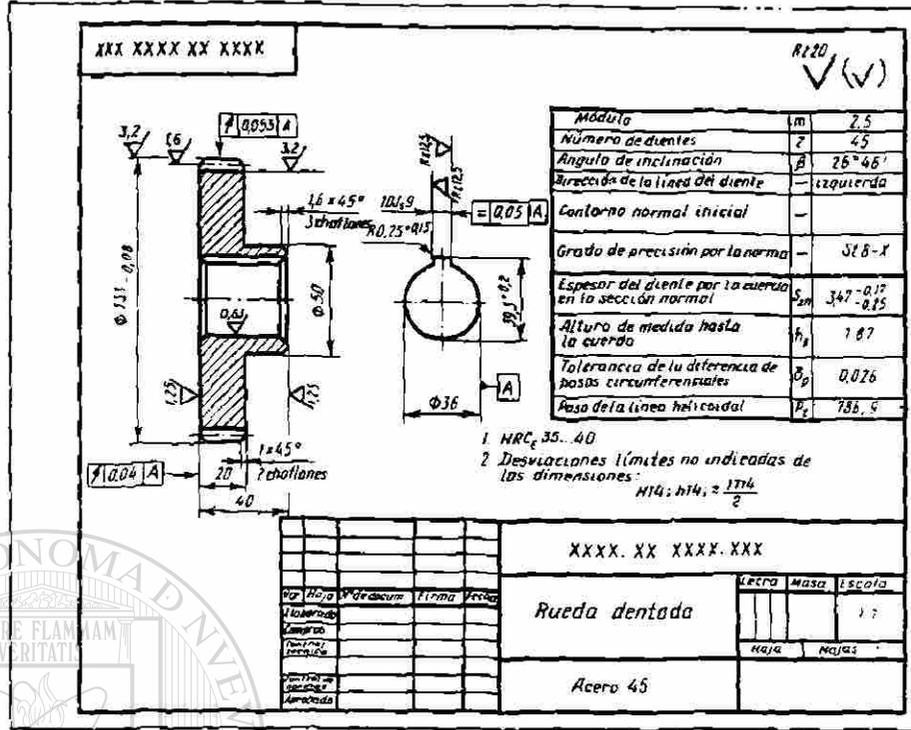


Fig.6.10 Representación del acotamiento de un engrane.

### 6.9 PROBLEMA ILUSTRATIVO.

Aplicación del software para un engrane recto con las características siguientes: número de dientes =18, paso = 2, ángulo de presión = 20°, diámetro de paso = 9 in. , paso diametral = 1.57 in. , radio de base = 0.625 in. , addendum (a) = 0.5 in. , dedendum (b) = 0.625 in. , holgura (c) = 0.125 in. , radio del filete = 0.15 in. , grueso del diente medido sobre la circunferencia de paso (t) = 0.318 in. . Este engrane se embono en el punto C del eje, en la aplicación del capítulo 4.

Los comandos que se utilizan en esta aplicación son:

DDUNITS.- opción de seleccionar las unidades según el sistema deseado.

LIMITS.- colocar las límites de acuerdo al área deseada o de impresión.

**DDLMODES.**- generar las capas (layers) a utilizar en el diseño del engrane recto. Dar un tipo de línea y color a cada capa.

**GRIND.**- hace una malla en el área seleccionada de acuerdo a los límites.

**SNAP.**- saltos del cursor de acuerdo a la malla o viceversa.

**LINE.**- traza líneas en la capa líneas de centros de acuerdo al diseño de engrane recto.

**CIRCLE.**- genera los círculos del base, adendo, dedendo, paso, y de la holgura de acuerdo a los cálculos que se obtuvieron. Esto se hace en cada capa, respectivamente.

Nota: realizar los pasos que se indican en el punto 6.1 (fig. 6.3) para la generación de una curva envolvente. Con esto se esta en condición de realizar la holgura.

**MIRROR (espejo).**- la curva envolvente se espejea, se tiene dos elementos (original y copia).

**ARRAY (arreglo).**- para cada elemento se hace un arreglo de acuerdo al número de dientes que tiene el engrane.

**TRIM (cortar).**- borrar en el arreglo lo que sobra teniendo cuidado con los dientes que quedan.

**ACOTAR.**- colocar las cotas o dimensiones en el engrane.

**ZOOM.**- permite seleccionar el área de dibujo que va ser visualizada.

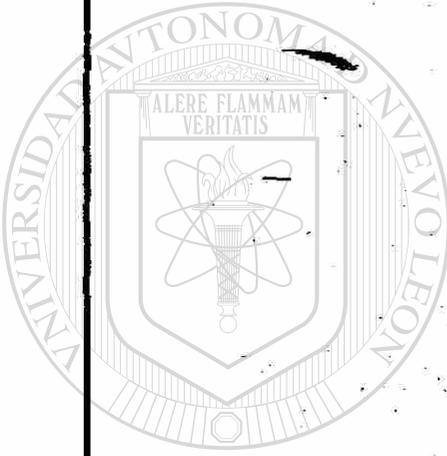
**SCP (Sistema de Coordenadas Personal actual).**- es el icono que lo forman dos pequeñas flechas que marcan las direcciones positivas de los ejes X y Y

---

Nota: se utilizan operaciones booleanas en la capa de orificio y cuñero.

Nota.- este procedimiento del diseño geométrico de un engrane recto es el mismo que se tomaría para los demás engranes de la transmisión.

En las siguientes paginas se muestra el procedimiento general de la aplicación de un engrane recto.

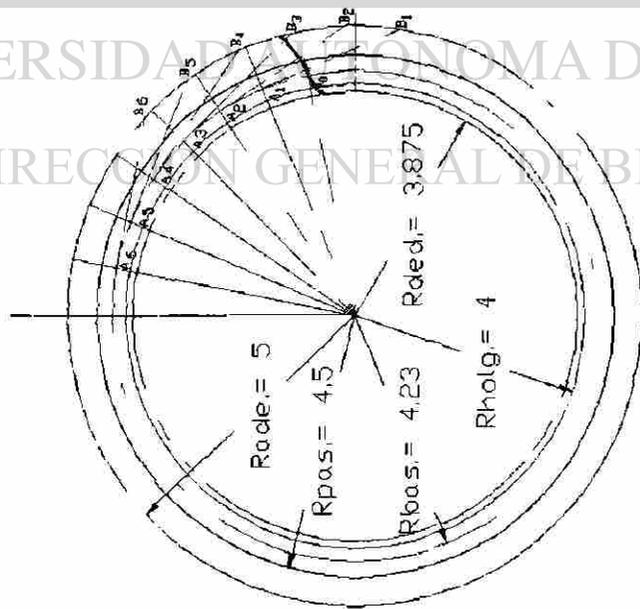


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

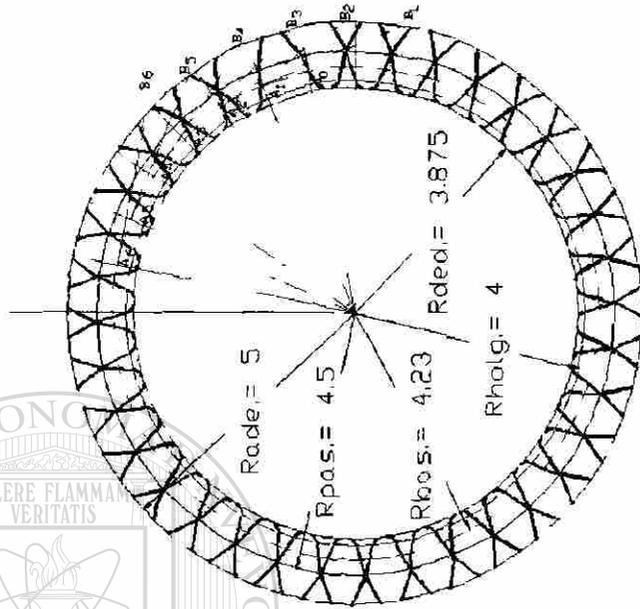
DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECA

	ESCALA: 1-4 ACEPTACIONES: PULGADAS FECHA: CALIFICACION:
<p>A hand-drawn diagram of a gear, showing its teeth and circular profile. The drawing is somewhat sketchy and appears to be a student exercise.</p>	NOMBRE: MATRICULA: BRIGADA: PRACTICA: GENERACION DE UN ENGRANE RECTO NUMERO:
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA LAB. DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS INSTRUCTOR: AUXILIAR:	





GENERACION DE UNA ENVOLUTA

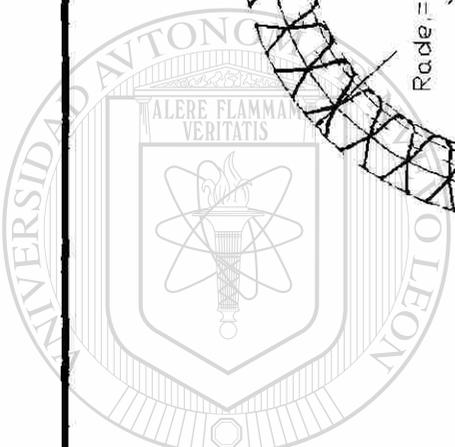


GENERACION DE LOS DIENTES

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
 LAB. DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS  
 INSTRUCTOR:  
 AUXILIAR:

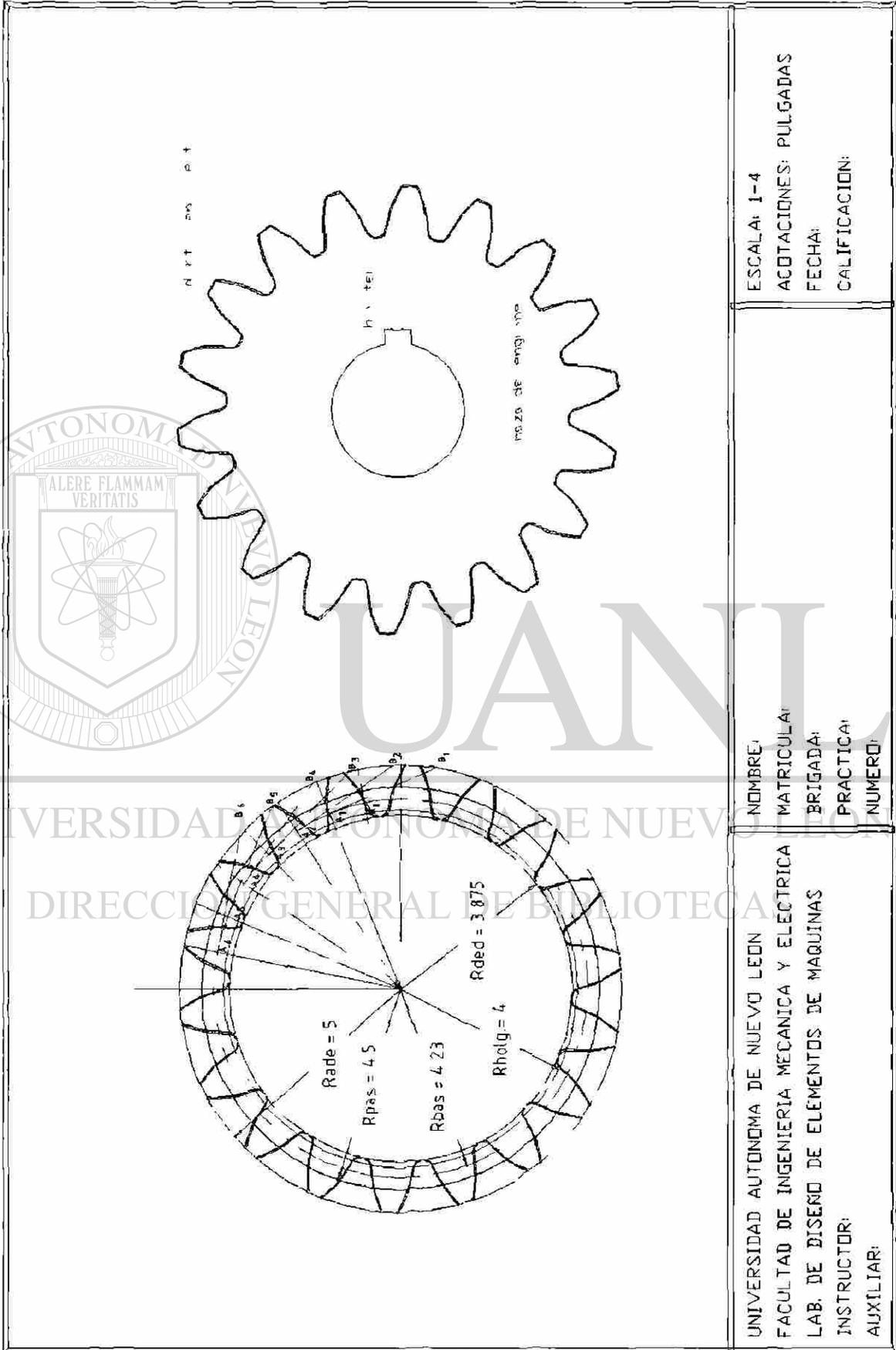
NOMBRE:  
 MATRICULA:  
 BRIGADA:  
 PRACTICA: GENERACION DE UN ENGRANE RECTO  
 NUMERO:

ESCALA: 1-4  
 ACOTACIONES: PULGADAS  
 FECHA:  
 CALIFICACION:



UANL  
 UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
 DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECA

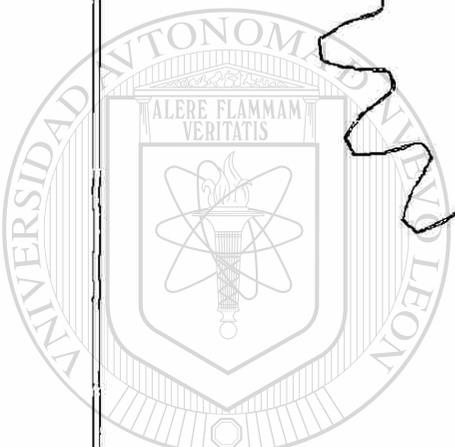




UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
 LAB. DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS  
 INSTRUCTOR:  
 AUXILIAR:

NOMBRE:  
 MATRICULA:  
 BRIGADA:  
 PRACTICA:  
 NUMERO:

ESCALA: 1-4  
 ACOTACIONES: PULGADAS  
 FECHA:  
 CALIFICACION:

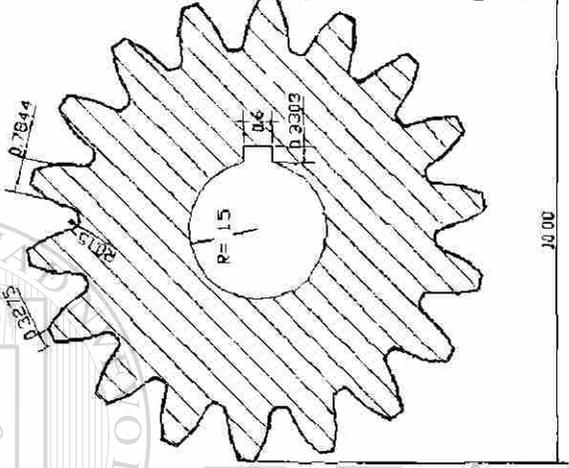
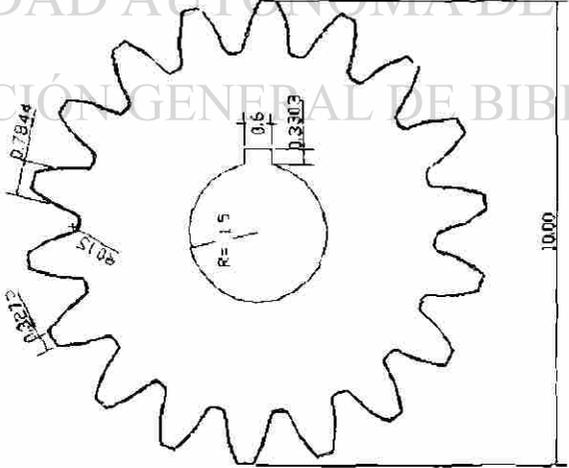


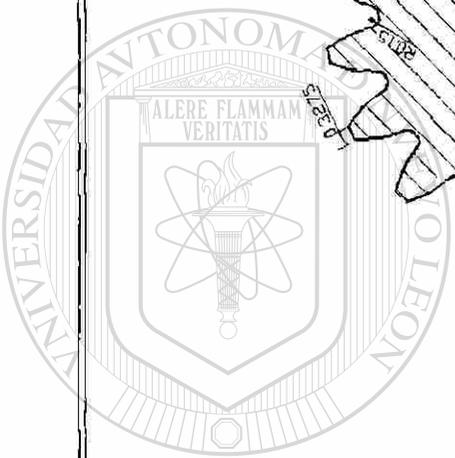
UANL

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECA



	<p>ESCALA: 1-4  ACOTACIONES: PULGADAS  FECHA:  CALIFICACION:</p>
	<p>NOMBRE:  MATRICULA:  BRIGADA:  PRACTICA: GENERACION DE UN ENGRANE RECTO  NUMERO:</p>
<p>UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  LAB. DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS  INSTRUCTOR:  AUXILIAR:</p>	



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



# CAPITULO 7

## CONCLUSIONES

En las aplicaciones que se realizaron en eje, geometría de impulsor de banda en V y engrane recto, se ve que el paquete AutoCAD v13 es de gran utilidad, para la realización de cualquier necesidad del usuario o de la empresa.

Se vio la necesidad de incluir algunos temas teóricos para el diseño (dimensional) de elementos de máquinas, es con el fin, de trazar los elementos de acuerdo con el cálculo que se obtuvo según la aplicación.

Es necesario contar con una computadora adecuada, es decir: con la capacidad de memoria RAM y disco duro, velocidad y un plotter. Esto es para no tener problemas durante la utilización del paquete al estar realizando una aplicación.

El dibujo realizado en AutoCAD puede ser utilizado en otro software para diferentes aplicaciones.

Con la presente información, se tiene la certeza, de que será de gran utilidad para cualquier persona, ya sea profesional o en el campo académico, he aquí la razón de este trabajo.

# CAPITULO 8

## RECOMENDACIONES

El usuario debe leer la información del paquete en cuanto a los comandos (órdenes) y conocer cada uno de ellos. Esto es de gran utilidad para facilitar el entendimiento del paquete en la aplicación a realizar. Ya sea en el campo de diseño mecánico, civil, arquitectura, electrónica, etc..

Para trabajar en tercera dimensión (3D), es necesario manejar muy bien el sistema de coordenadas del usuario (SCU), con el fin, de trazar en el lugar deseado. Ya que si no es así el trazo se realiza en otra posición y ubicación.

---

El paquete da un listado de propiedades físicas en función de la masa esto puede ser de gran utilidad para la empresa en los departamentos de diseño, embarque y ventas.

Además se puede obtener un listado de todos los comandos que se utilizaron en la aplicación.

# BIBLIOGRAFÍA

Autor	Texto	Editorial	Fecha de edición
Aaron D. Deutschman, Walter J. Michels y Charles E. Wilson.	Diseño de Máquinas.	CECSA.	1996
Alan R. Miller.	El ABC de AutoCAD v 12.	Ventura.	1992
Frederick E. Giesecke y Alva Mitchell.	Dibujo técnico.	Limusa.	1990
Michael Beall y Dennis Balagtas.	AutoCAD v13 para principiantes.	Prentice Hall.	1996
R. C. Hibbeler.	Mecánica para Ingenieros.	CECSA.	1992
Robert L. Mott.	Diseño de Elementos de Máquinas	Prentice Hall.	1995
Singer.	Resistencia de Materiales.	Harla.	1994

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# LISTADO DE TABLAS

## Capítulo 3.

Tabla	Descripción	Página
3.1	Momentos de Inercia.	3-14

## Capítulo 4.

Tabla	Descripción	Página
4.1	Grados de tolerancia.	4-21
4.2	Tolerancias para algunos grados de tolerancia.	4-21

## Capítulo 5.

Tabla	Descripción	Página
5.1	Factores de servicio para bandas en V.	5-10
5.2	Longitudes de banda estándar para bandas 3V, 5V y 8V.	5-14

## Capítulo 6.

Tabla	Descripción	Página
6.1	Módulos estándar seleccionados con sus pasos diametrales equivalentes	6-12
6.2	Número de dientes en el piñón para asegurar que no exista interferencia	6-15

# LISTADO DE FIGURAS

## Capítulo 1.

Figura	Descripción	Página
1.1	Como se entra en AutoCAD.	1-1
1.2	Pantalla de editor de dibujo.	1-2
1.3	Barra de herramienta flotante.	1-4
1.4	Barra de herramienta para dar de alta a la barra flotante.	1-4
1.5	Sistema de coordenadas cartesiano.	1-6
1.6	Distintos aspectos del icono del sistema de coordenadas.	1-6

## Capítulo 2.

Figura	Descripción	Página
2.1	Menú desplegable: Archivo.	2-2
2.2	Menú desplegable: Editar.	2-3
2.3	Menú desplegable: Vista.	2-3
2.4	Menú desplegable: Datos.	2-4
2.5	Menú desplegable: Opciones.	2-4
2.6	Menú desplegable: Herramientas.	2-5
2.7	Menú desplegable: Ayuda.	2-5
2.8	Listado de propiedades físicas.	2-25

**Capítulo 3.**

Figura	Descripción	Página
3.1	Sistema de $n$ partículas.	3-1
3.2	Centro de gravedad de un sistema de partículas.	3-2
3.3	Centroide de un cuerpo en función del volumen.	3-5
3.4	Centroide para un área superficial de una placa.	3-5
3.5	El centroide para una línea o alambre.	3-6
3.6	El momento de inercia de un área.	3-9
3.7	Teorema de los ejes paralelos para un área.	3-11
3.8	Momentos de inercia para un área por integración.	3-12
3.9	Producto de inercia para un área.	3-16
3.10	Momento de inercia de dos diferenciales.	3-17
3.11	Momento de inercia en distintos cuadrantes.	3-17

**Capítulo 4.**

Figura	Descripción	Página
4.1	Fuerza en los dientes de engranes.	4-5
4.2	Fuerzas en ruedas dentadas en cadena.	4-6
4.3	Fuerzas en poleas acanaladas para bandas.	4-7
4.4	Factores de concentración de tensión para ejes redondos de pasos.	4-10
4.5	Factores de concentración de tensión para orificios de un eje.	4-11
4.6	Tipos de cuñeros.	4-12
4.7	Chaflanes en ejes.	4-13
4.8	Tensión por durabilidad contra resistencia al esfuerzo por tracción para acero forjado para varias condiciones superficiales.	4-16
4.9	Base para la ecuación de diseño de ejes para tensión por esfuerzo de flexión inversa sucesiva y tensión por esfuerzo de corte por torsión.	4-19

**Capítulo 5.**

Figura	Descripción	Página
5.1	Geometría básica de un impulsor de banda.	5-1
5.2	Ejemplos de formas de bandas en V.	5-2
5.3	Sección transversal de una banda en V y una ranura de polea acanalada.	5-3
5.4	Bandas en V industriales para trabajo pesado.	5-5
5-5	Bandas en V industriales de sección estrecha.	5-5
5.6	Bandas en V para trabajo ligero a potencia fraccionaria (FHP).	5-6
5.7	Bandas en V automotrices.	5-6
5.8	Gráfica de selección para bandas en V industriales de sección estrecha.	5-9
5.9	Especificación de potencia: Bandas 3V.	5-11
5.10	Especificación de potencia: Bandas 5V.	5-11
5.11	Especificación de potencia: Bandas 8V.	5-12
5.12	Potencia agregada contra relación de velocidades: Bandas 5V.	5-12
5.13	Factor de corrección del ángulo de la envolvente, $C_\theta$ .	5-13
5.14	Factor de corrección de longitud de la banda, $C_L$ .	5-13

**Capítulo 6.**

Figura	Descripción	Página
6.1	Engranés de talla recta o cilíndrica.	6-2
6.2	Generación de gráfica de una curva envolvente.	6-4
6.3	Método para construir una curva envolvente.	6-4
6.4	Envolventes que coinciden.	6-5
6.5	Nomenclatura de engranes rectos.	6-6
6.6	Contorno de un par de engranes rectos.	6-10
6.7	Tamaños de diente de engranes como función del paso diametral.	6-11
6.8	Ángulo de presión.	6-13
6.9	Forma de diente envolvente para distintos ángulos de presión.	6-14
6.10	Representación del acotamiento de un engrane.	6-16

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**AutoCAD:** es un paquete de dibujo (diseño dimensional) muy abierto, es un programa de propósito general, que por medio de procedimientos se puede obtener el programa específico para satisfacer cualquier necesidad.

**Conmutar:** cambiar.

**Explicito:** respuesta clara y formal.

**Forzcursor (snap):** es un comando que permite forzar la posición del cursor mediante saltos.

---

**Icono:** botón que tiene impresa una imagen que depende de la función a realizar.

**Implicito:** dice de lo que va incluido en algo sin necesidad de expresarlo.

**Interactiva:** comunicación en ambos sentidos (usuario y computadora).

**Prototipo:** es el primer dibujo o diseño que se realiza, es decir un modelo.

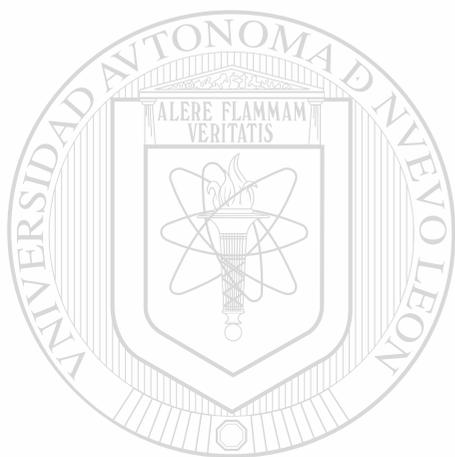
**Ordenes transparentes:** ordenes o comandos que se pueden ejecutar en medio de otro comando

**Ortogonal (ortho):** cuando se encuentra activado este comando se puede dibujar líneas perpendiculares (horizontales y verticales).

**Rejilla o malla (grid):** es un comando que permite colocar un mallado para tener una referencia.

**Versatilidad:** es la gran variedad de formas de hacer algo.

**Zoom:** comando que establece un tamaño relativo a la pantalla.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



# RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

**Ing. Rubén Chávez Castillo**

**Candidato para el grado de:** Maestro en Ciencias de la Ingeniería Mecánica con especialidad en Diseño Mecánico.

**Tesis:** Aplicación del Software AutoCAD en el Diseño Dimensional de Elementos de Máquina.

**Campo Profesional:** Mecánica de Materiales y Ensayos Mecánicos Destructivos.

---

**Datos Personales:** Nacido en la Ciudad de Monterrey, Nuevo León. El 19 de Abril de 1958. Hijo del Sr. Rubén Chávez Sillas y la Sra. Juanita Castillo de Chávez.

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Educación:** Preparatoria No. 7 de la U. A. N. L. egresado de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la U. A. N. L. en la carrera de Ingeniero Mecánico y Electricista. Además de la Escuela Electrónica Monterrey en la carrera de Técnico Automotriz y Diesel.

**Experiencia Profesional:** Catedrático de tiempo completo y Jefe de la Academia de Pruebas Mecánicas de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la U. A. N. L..

**Organizaciones Profesionales:** Ninguna.

