



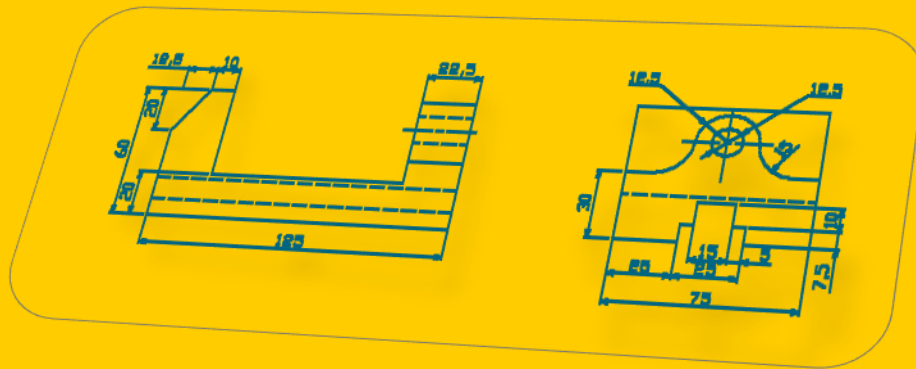
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES

NORMAS BÁSICAS PARA DIBUJO TÉCNICO



RECOPILO:

Mtro. FELIPE DÍAZ DEL CASTILLO RODRIGUEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO

2017-2.

1.- INTRODUCCIÓN.-

Desde los tiempos más remotos el hombre ha empleado el dibujo para comunicar ideas a sus semejantes y para registrar estas ideas a fin de no olvidarlas. Las formas más primitivas de escritura, tales como los jeroglíficos egipcios, fueron formas pictóricas.

La palabra gráfico significa “comunicación de ideas por medio de líneas o signos impresos sobre una superficie”. Un dibujo es una representación grafica de una cosa real. Por consiguiente el dibujo es un lenguaje gráfico, ya que emplea imágenes para comunicar pensamientos e ideas. Debido a que estas imágenes las entienden personas de diferentes nacionalidades, se dice que el dibujo es un “lenguaje universal”.

El dibujo técnico se emplea para expresar ideas técnicas o ideas de carácter práctico y es el método utilizado en todas las ramas de la industria técnica.

Aunque altamente desarrollados, los lenguajes hablados son inadecuados para describir el tamaño, la forma y las proporciones de los objetos físicos. Para cada objeto fabricado existen dibujos que describen, completa y exactamente, su conformación física, comunicando las ideas del dibujante al operario. Por esta razón se dice que el dibujo es el lenguaje de la industria.

Si el dibujo tiene como finalidad servir como medio seguro para comunicar las teorías e ideas técnicas, es esencial que los diferentes dibujantes empleen los mismos métodos, de ese modo, nació la necesidad de uniformar el trabajo realizado, así, que representantes del gobierno y de la industria relacionados con el dibujo técnico han establecido una Norma Nacional, cuya principal función es la de facilitar la realización e interpretación del dibujo técnico y cuyo uso es obligatorio dentro de la industria, escuelas técnicas y universidades dentro de nuestro país.

Por su importancia, se presenta a continuación, un resumen de dicha Norma, en donde se cubren temas como: tamaños de papel, acotaciones, vistas ortogonales, rayados, representación de roscas, tolerancias geométricas, etc; esperándose por lo tanto que sea de gran utilidad tanto para los estudiantes y profesores de Ingeniería de ésta Facultad, como para personas interesadas en el tema.

2.- NORMAS NACIONALES NOM.

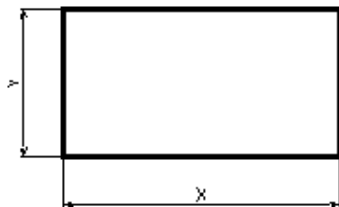
Clasificación de los diseños según normas correspondientes.- Entre otros existen los siguientes tipos de dibujos técnicos:

- 1.-Esbozo ó croquis.- Es un dibujo que se traza normalmente a mano libre, a lápiz y que se utiliza en anteproyectos y en el taller, no se ajusta totalmente a normas y formatos.
- 2.- Dibujo de conjunto.- Muestra reunidos los diversos componentes que se asocian para formar un todo, no se acota y se incluye la lista de materiales.
- 3.-Dibujo de detalle.- Es la representación de una pieza en un todo completo, dimensiones, acabados superficiales, tolerancias, etc.
- 4.- Dibujo de fabricación ó taller.- Se realiza especialmente para uso de oficina o taller

3.-DIMENSIONES NORMALIZADAS PARA PAPELES

El sistema adoptado para obtener los diferentes tamaños de papel se basa en el sistema métrico decimal y parte de los principios siguientes: cada serie normal de mediadas consiste de una sucesión formada de tal manera que cada nueva medida se obtiene dividiendo la inmediata anterior en 2 partes iguales donde la división debe ser paralela al lado más corto, en consecuencia las áreas de mediadas sucesivas están en relación 2:1, existiendo 3 series básicas para papeles de dibujo que son A, B y C.

Para obtener los diferentes tamaños de la serie A (que es la más usada) se utilizan las relaciones entre las dimensiones x e y (figura 1) siguientes para obtener el tamaño básico A0.



$$x \cdot y = 1 \text{ m}^2 \dots\dots(1)$$

$$x = \sqrt{2} \cdot y \dots\dots(2)$$

Sustituyendo (2) en (1)

$$\sqrt{2}y \cdot y = 1$$

$$\sqrt{2}y^2 = 1$$

$$y = (1/\sqrt{2})^{1/2} = 1/(2)^{1/4} = 0.841 \text{ m} = 841 \text{ mm}$$

$$x = \sqrt{2} \cdot 841 = 1189 \text{ mm}$$

Figura 1.- Dimensiones básicas x e y

Y los tamaños sucesivos se enlistan en la tabla 1.

Tabla 1.- Tamaños de papel de la serie A

Tamaño	x (mm)	y (mm)
A0	1189	841
A1	841	594.5
A2	594.5	420.5
A3	420.5	297
A4	297	210
A5	210	148

4.- MÁRGENES Y CUADRO DE REFERENCIA

Los dibujos de conjunto se realizan por lo general en hojas tamaño A2 ó A3, para los dibujos de detalle generalmente se emplea el tamaño A4

En la figura 2a) se muestran las dimensiones para los márgenes y la ubicación del cuadro de referencia en tamaños de papel A4 y en la figura 2b) la ubicación del cuadro de referencia y de la lista de materiales para tamaños superiores

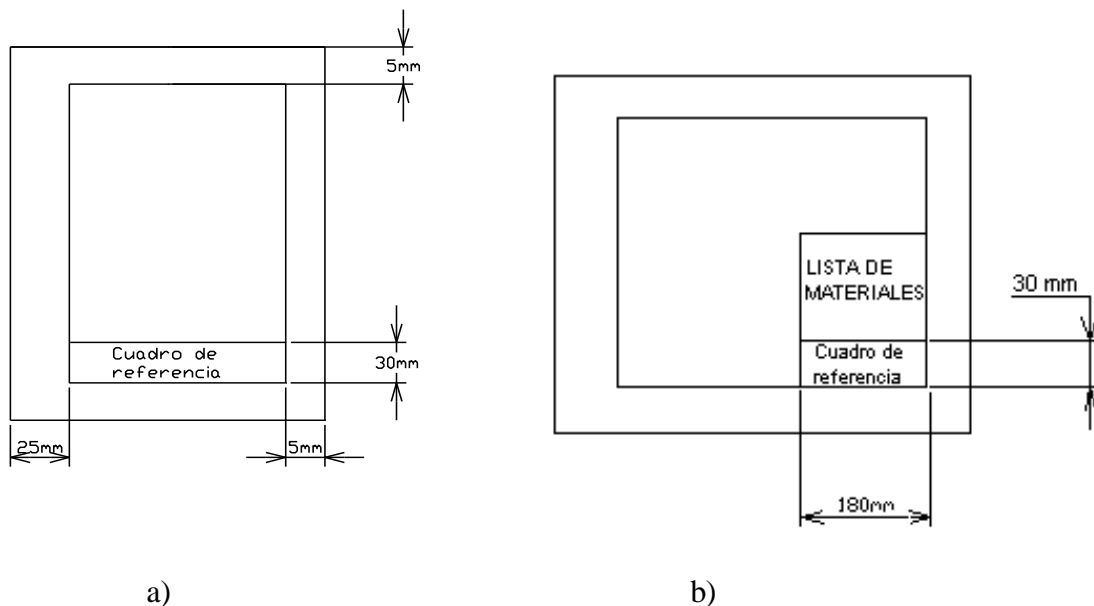


Figura 2.- Márgenes para hoja A4 y mayores

Las dimensiones e información que debe contener el cuadro de referencia, así como sus dimensiones, se muestra en la figura 3.

	ESC:	F.E.S. CUAUTILAN	11 OCT. 2001	DIBUJO
	Acot	PRENSA		REVISO
				No. 4
	30	75	35	40

Figura 3.- Medidas e información contenida en el cuadro de referencia

Si se trata del dibujo de conjunto también se debe incluir la lista de materiales, la cual se dibuja directamente por encima del cuadro de referencia, como se ilustra en la figura 4.

	2	2	RODAMIENTO	ACERO	
	1	1	EJE PRINCIPAL	ACERO 1045	Lista de Materiales
	No:	CANT.	DESIGNACION	MATERIAL	OBSERV.
	ESC:		F.E.S. CUAUTILAN	11 OCT. 2001	DIBUJO

Figura 4.- Lista de materiales

5.- ESCALAS.-

No siempre se puede dibujar una pieza a su tamaño real, por ejemplo las piezas de un reloj, los circuitos de un microchip, etc. Por el contrario hay piezas también demasiado grandes para poder ser dibujadas a tamaño real, por ejemplo, la estructura de un avión, las partes de una locomotora o simplemente el plano de una ciudad. Surge entonces la necesidad de utilizar una escala adecuada para su representación y pueden ser de ampliación o de reducción, recomendándose las siguientes:

A Tamaño real Esc. 1:1

De Ampliación Esc. 2:1, 5:1, 10:1, 50:1.


De Reducción Esc. 1:2, 1:5, 1:10, 1:50, 1:100.


6.- TIPOS DE LÍNEA

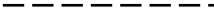
Los rasgos distintivos de las líneas que forman una parte permanente del dibujo son las diferencias en grueso y en construcción. Las líneas deben ser claramente visibles y forman un contraste bien definido con las demás líneas. Este contraste es necesario cuando el dibujo deba de ser claro y fácil de comprender.


Todas las líneas deben ser nítidas y oscuras a fin de tener una buena reproducción. Cuando se hacen revisiones o se añade algo nuevo a un dibujo ya existente, los gruesos y las densidades de las líneas deben de coincidir con el trabajo original.

Las líneas gruesas se utilizan para representar las aristas visibles de un objeto, las interrupciones cortas, líneas espectrales y las líneas de repetición. Las líneas delgadas se utilizan para líneas de extensión, cotas, ejes, interrupciones largas, y rayados de sección. Las líneas extra gruesas se utilizan para las líneas de planos cortantes. A continuación se muestran los tipos de líneas más utilizados en el dibujo técnico:

Línea continua gruesa  se utiliza en contorno de piezas y cuadro de referencia con un grosor de 0.4 a 0.5 mm (0.016" - 0.020")

Línea continua fina  se utiliza en márgenes, líneas de cota, líneas de extensión, puntas de flecha con un grosor de 0.25 mm (0.010").

Línea de trazos cortos  se utiliza para representar aristas no visibles y tienen un grosor de 0.25 mm (0.010")

Línea de centros (trazo largo, trazo corto)  se utiliza para representar líneas de centros, ejes de simetría, etc; teniendo un grosor de 0.2 mm (0.008").

7.- REPRESENTACIÓN DE UNA PIEZA

La mayor parte de las piezas que deben dibujarse son complicadas y requieren más de una vista para mostrar todas las características de la construcción del dibujo.

Algunas veces se emplea el dibujo pictórico (tridimensional), pero en la gran mayoría de los dibujos técnicos se requieren vistas múltiples para obtener una descripción completa del

objeto. El dibujante debe representar las piezas tridimensionales (con anchura, altura y profundidad) en el plano del papel. Para comunicar sistemáticamente varias vistas del objeto, tales como la vista frontal, la vista lateral, y la vista superior. Los detalles se proyectan de una vista a otra. Este tipo de dibujo se denomina proyección ortogonal.

Proyección.- Este término se refiere a la representación de objetos tridimensionales en un solo plano, tal como una hoja de papel. La proyección puede ser:

- Ortogonal.- En la cual las líneas de proyección son paralelas
- Perspectiva.- En la cual las líneas de proyección convergen hacia un punto.

Proyección ortogonal.- En la proyección ortogonal simple, el observador está mirando perpendicularmente las caras principales, de modo que en la mayor parte de los casos no se representa sino una faceta del objeto en cada vista. Generalmente se necesitan muchas vistas, usualmente formando ángulos rectos unas con otras, para describir completamente el objeto que se dibuja.

Este sistema de proyección se utiliza casi exclusivamente en la ingeniería mecánica y en los dibujos de productos, debido a que exige mucho menos tiempo de trabajo que otros métodos y permite dibujar cada faceta del objeto sin distorsión de la forma y a una escala exacta todas sus dimensiones.

Proyecciones pictóricas.- Son útiles para ilustrar productos y se emplean frecuentemente para dibujos de armado, mantenimiento y bosquejos a mano alzada. Las más importantes son: la proyección axonométrica, la oblicua y la perspectiva las cuales se describen a continuación:

Proyección Axonométrica.- Se pueden incluir las proyecciones isométricas (figura 5) las dimétricas y las trimétricas y también son ortogonales ya que las líneas de proyección son paralelas, pero el ángulo de un objeto rectangular debe mostrarse en una sola vista.

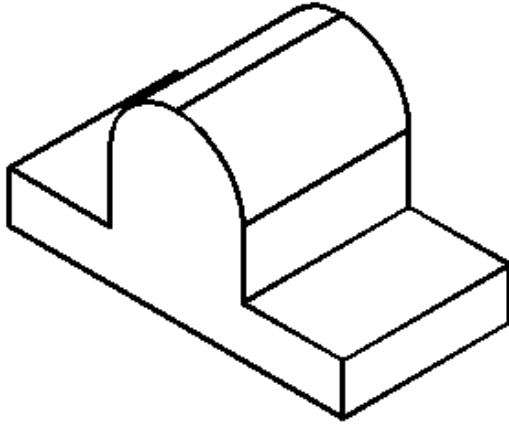


Figura 5.- Proyección isométrica

Proyección oblicua (caballera).- En este método de dibujo pictórico, el objeto se coloca de modo que una de sus caras es paralela al plano frontal (figura 6), quedando las otras dos caras sobre planos oblicuos hacia la izquierda o hacia la derecha, hacia arriba o hacia abajo, formando un ángulo conveniente. Esta forma de proyección tiene la ventaja que muestra una cara del objeto sin deformación. Por esta razón, se debe escoger como cara frontal la que da mayor cantidad de información de la pieza a representar.

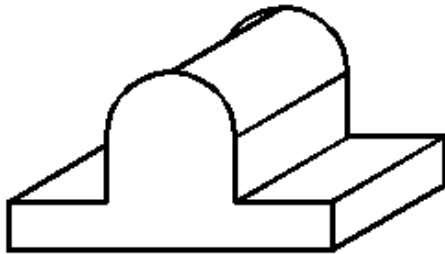


Figura 6.- Proyección oblicua ó caballera

Proyección perspectiva.- Es un dibujo pictórico formado por la intersección del plano de la imagen con las líneas visuales que convergen de los puntos del objeto hacia el punto de vista, el cual está localizado a una distancia finita del plano de la imagen, figura 7 .

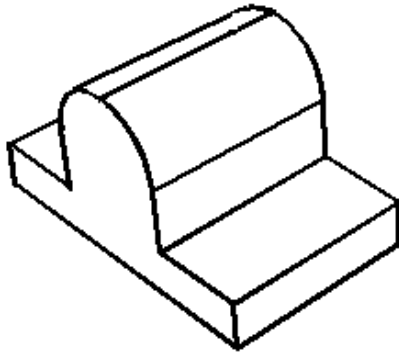


Figura 7.- Proyección perspectiva

8.- DENOMINACIÓN DE LAS VISTAS

De acuerdo a la proyección ortogonal, las vistas son los elementos básicos para la representación de un objeto según una dirección y un sentido. Del número infinito de direcciones según las cuales puede observarse un objeto se han seleccionado tres direcciones perpendiculares entre sí y sobre cada una de ellas se han considerado los dos sentidos posibles tal y como se muestra en la figura 8:

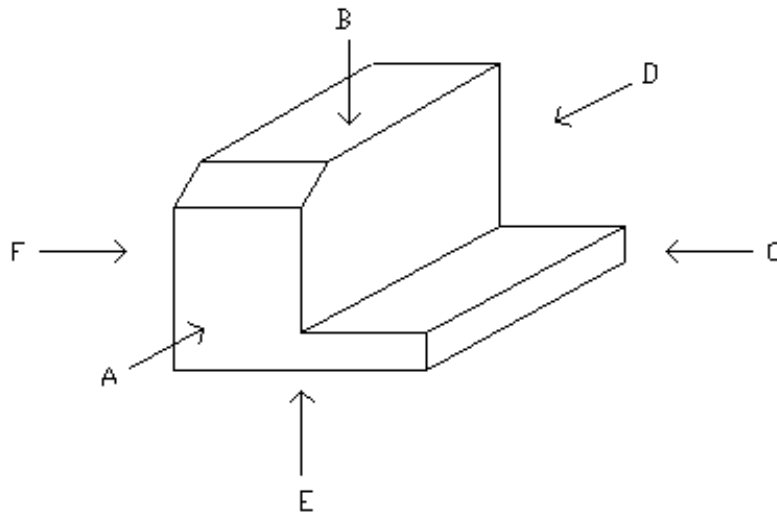


Figura 8.-Las 6 vistas principales

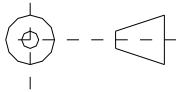
Las 6 vistas principales se designan de la forma siguiente:

- Según A -----> vista frontal
- Según B -----> vista superior
- Según C -----> vista lateral derecha

- Según D -----> vista posterior
- Según E -----> vista inferior
- Según F -----> vista lateral izquierda

9.- DISPOSICIÓN DE LAS VISTAS

Sistema Americano



La proyección ortogonal desde el tercer cuadrante se denomina también proyección Americana.

En este sistema se puede suponer que el objeto está encerrado dentro de una caja de cristal y cada vista representa lo que se mira perpendicularmente a la respectiva cara de la caja. Si cada una de las vistas se proyectara perpendicularmente a la cara de la caja correspondiente y luego la caja se desdoblara. Las vistas frontal, posterior y lateral se denominan a veces elevaciones, por ejemplo, elevación frontal, y la vista superior se llama también planta. La vista inferior es que se obtiene mirando el objeto desde abajo.

Si se necesita la vista posterior se puede colocar en el extremo derecho, figura 9.

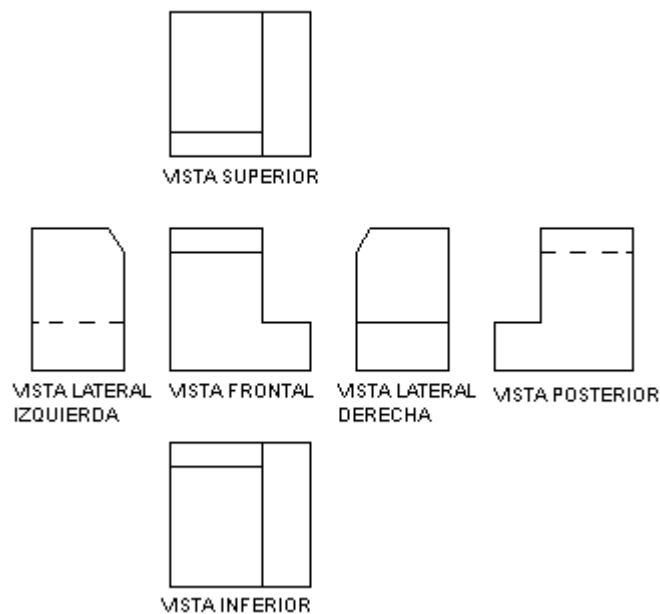
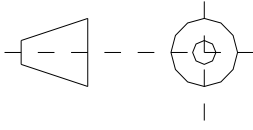


Figura 9.- Disposición de las vistas ortogonales de acuerdo al sistema americano

Sistema Europeo

En el sistema europeo la vista inferior se desplaza hacia arriba y la vista superior hacia abajo, la vista lateral izquierda hacia la derecha y viceversa, figura 10.

En esta proyección también llamada proyección desde el tercer cuadrante, se considera que el objeto ha sido volteado sobre uno de sus lados.

Cuando se desea indicar el método de proyección, se debe colocar el símbolo de proyección ISO, en la esquina inferior derecha del cuadro de referencia, adyacente al bloque de título.

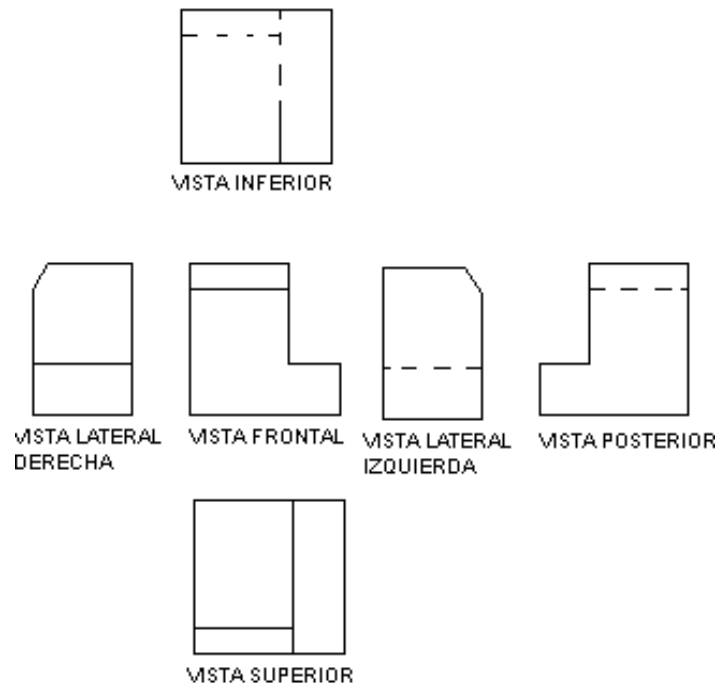


Figura 10.- Disposición de las vistas según el sistema europeo

10.- SELECCIÓN DE LAS VISTAS PARA REPRESENTAR UNA PIEZA.

Deben seleccionarse las vistas de manera muy cuidadosa siguiendo las recomendaciones que a continuación se mencionan:

- a) Elegir la vista frontal de modo tal que muestra la pieza en su posición normal de uso.
- b) Elegir la vista frontal de tal manera que muestre el menor número de aristas no visibles, esto es que de la mayor cantidad de información de la geometría de la pieza.
- c) Cuando la pieza no tiene una posición definida en su uso dibujar la vista frontal de acuerdo a la posición que guarda durante su fabricación, tal es el caso de ejes, pasadores, pernos, tornillos, etc.
- d) Elegir las vistas de forma que la pieza quede definida sin ambigüedad y que el número de ellas incluyendo los cortes sean mínimo.

Ejemplo.- Dibujar las 6 vistas principales de la pieza que se muestra en la figura 11 .

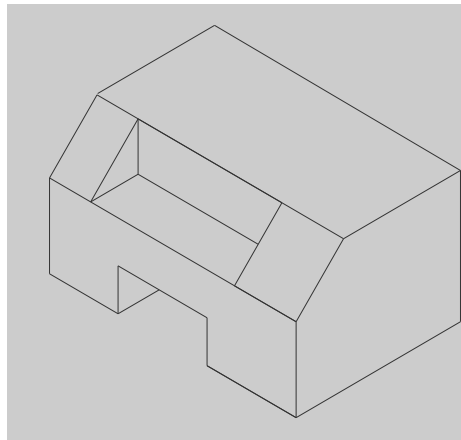


Figura 11.- Ejemplo

11.- ACOTACIONES

Si un dibujo ha de ser completo de tal manera que a partir del mismo se pueda hacer el objeto representado exactamente como lo proyectó el dibujante o el diseñador, debe decir dos historias completas. Las debe decir mediante las vistas, que describen la forma del objeto y las dimensiones y notas, dando tamaños y otra información. El dibujo muestra al objeto en su estado completo y, tanto si las vistas se dibujan a tamaño natural o a escala, las dimensiones deben ser las reales del objeto acabado. El trabajo del taller es producir el objeto exactamente como se muestra el dibujo. Si el dibujo está equivocado, el objeto se hará equivocado.

Recuérdese que las dimensiones son por lo menos tan importantes como las vistas del objeto y la exactitud es absolutamente necesaria. No debe cometerse el error de dar simplemente las dimensiones que se utilizan para hacer el dibujo, se deben proporcionar las dimensiones que el operario va a utilizar al hacer la pieza.

Acotación: es el sistema mediante el cual se indica en un dibujo las dimensiones geométricas (de longitud y ángulos) de un elemento, pieza, o ensamble, la cota es el valor de la dimensión.
 Acotación de definición: es el conjunto de cotas necesarias y suficientes para definir las dimensiones de una pieza.

El sistema de acotación está formado fundamentalmente por los siguientes elementos (figura 12):

- ❖ Línea de cota
- ❖ Línea de extensión
- ❖ Punta de flecha
- ❖ La cota (dimensión)

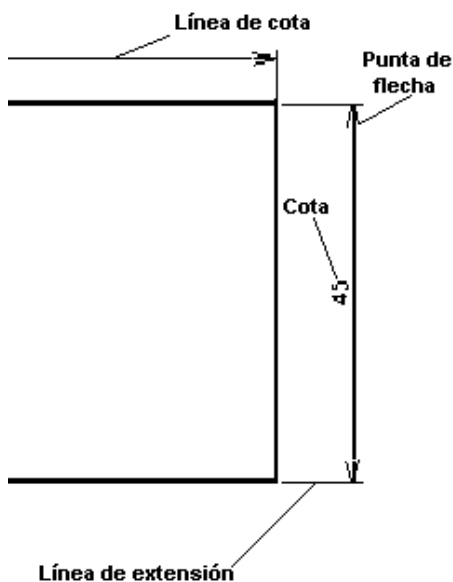
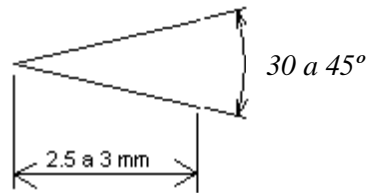


Figura 12.- Elementos básicos de un sistema de acotación

Líneas de cota.- Se dibujan con línea continua fina, a una distancia de 6 a 10 mm con respecto a las aristas de la pieza, siendo esta separación lo más uniforme posible en todo el dibujo.

Líneas de extensión.- Deben exceder en aproximadamente 2 mm a las líneas de cota y deben tocar a las aristas de la pieza, aunque normalmente se deja una separación de 1 a 2 mm con respecto a las mismas.

Puntas de flecha.- Se trazan en los extremos de las líneas de cota a un ángulo entre 30 y 45° y con una longitud de 2.5 a 3 mm en formato A4.



Las cotas.- en los dibujos a escala 1:1, en formato A4 tienen aproximadamente 4 mm de altura, dibujándose siempre sobre la línea de cota, de izquierda a derecha en las cotas horizontales y de abajo hacia arriba como se muestra en la figura .

12.- RECOMENDACIONES GENERALES

- En general se procura escribir las cotas fuera de las líneas del contorno del dibujo (figura 13), que las líneas de extensión y de cota no corten las líneas del dibujo, también se debe evitar repetir una cota a menos que sea necesario.
- No debe acotarse sobre aristas no visibles y finalmente debe evitarse a la persona que este interpretando el dibujo toda operación matemática o lo que es peor, realizar mediciones directas sobre el dibujo. Todas las cotas de un dibujo deben expresarse en las mismas unidades, debiéndose indicar las tolerancias donde sea necesario.

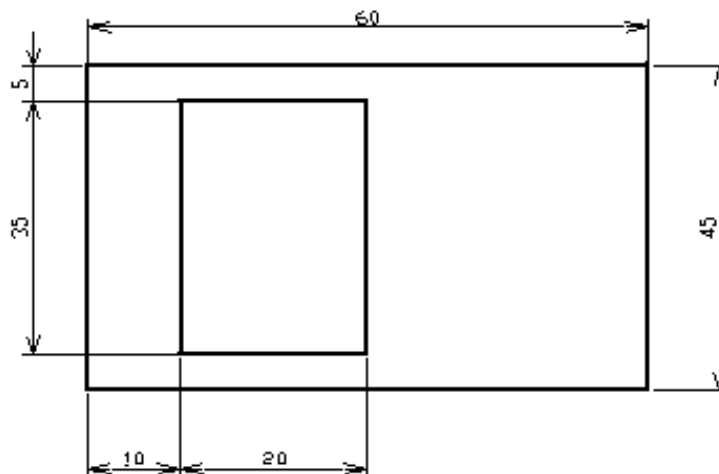


Figura 13.- Acotación adecuada de una pieza

13.- ACOTACIÓN DE ÁNGULOS

- Las medidas de los ángulos se darán en grados y cuando sea necesario en minutos y segundos.
- Las líneas de cota en este caso son arcos cuyo centro se localiza en el vértice del ángulo, figura 14.
- En piezas planas se deben indicar el ángulo que existe entre aristas.
- Si los ángulos tienen una línea de centros se indicará la distancia a partir de la arista de la pieza.
- Los ángulos centrados se acotan una sola vez por ejemplo 120° y no dos veces 60° .

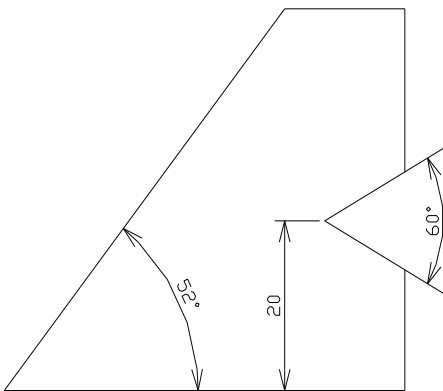


Figura 14.- Acotación de ángulos

14.- ACOTACIÓN DE CÍRCULOS

Los círculos se deben acotar de acuerdo a su tamaño tal y como se describe a continuación:

Círculos grandes.- Se puede hacer de 2 formas, a saber:

- Con una línea de cota, cuyos extremos tocan por dentro la circunferencia del círculo
- Con ayuda de líneas de extensión (figura 15)

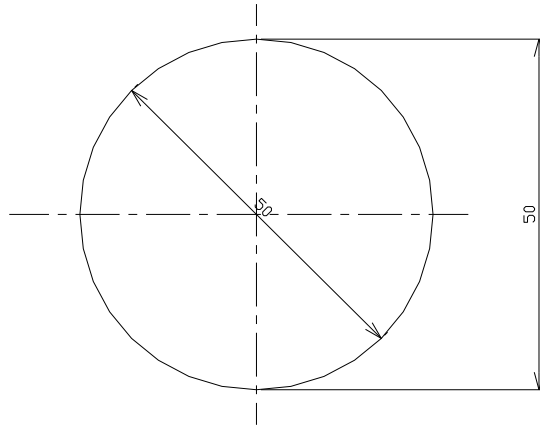


Figura 15.- Acotación de círculos grandes

Círculos medianos.- Se utiliza una línea de cota que atraviesa por completo al círculo, y con las puntas de flecha tocándolo desde afuera como se muestra en la figura 16 .

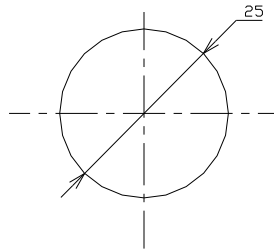


Figura 16.- Acotación de círculos medianos

Círculos pequeños.- La línea de cota no atraviesa al círculo, y se antepone la letra D a la cota correspondiente, figura 17.

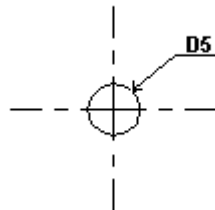


Figura 17.- Acotación de círculos pequeños

15.-ACOTACIONES DE RADIOS DE ARCO

- En principio, los radios reciben sólo una flecha, colocada de preferencia en el lado interno del arco, figura 18.
- Si el centro del arco se marcará mediante el cruce de líneas de centro, la línea de acotación comienza sin flecha en el centro y termina con flecha en el arco.
- Se puede determinar el centro por medio de un círculo que tiene un diámetro de 1 mm, con un espesor de línea de 0.2 mm o por medio de un punto
- Si se dispone de espacio suficiente la flecha se apoyará en el arco por dentro y a falta de espacio la flecha se podrá anotar por fuera del arco, entonces, la línea de cota se trazará directamente hasta el centro.
- Para radios pequeños, de hasta 2.5 mm inclusive y radios grandes cuyo centros queden en otra vista o fuera del papel, no se determina el centro y se para evitar confusiones con la acotación del diámetro se escribe una R mayúscula al final de la acotación, por ejemplo, 2R ó 2.5R

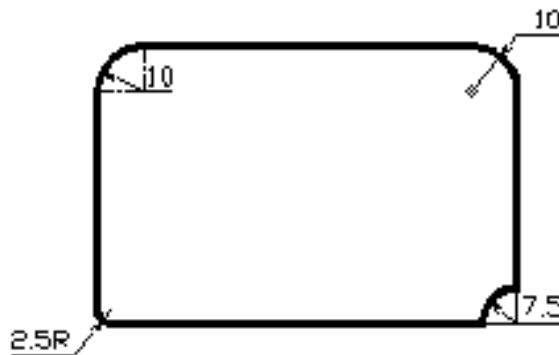


Figura 18.- Acotación de radios de arco.

16.- ACOTACIÓN DE UN BARRENO OVALADO

Los barrenos ovalados tienen siempre tres líneas de centro, acotándose la longitud del barreno y la distancia entre las líneas de centro paralelas. La posición del barreno ovalado en la pieza se determina por sus líneas de centro como se puede ver en la figura 19.

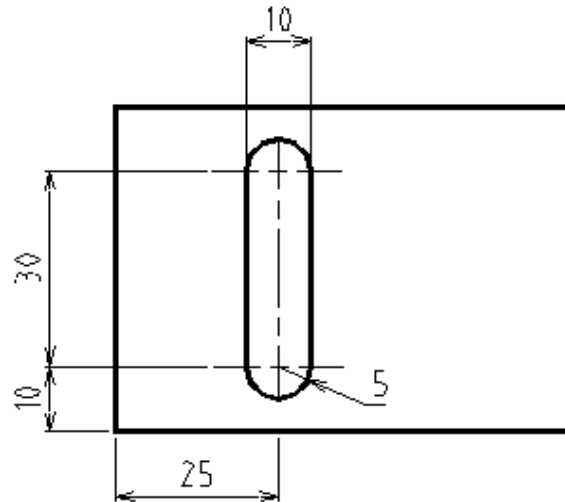


Figura 19.- Acotación de barrenos ovalados

17.- ACOTACIÓN DE BARRENOS IGUALES Y SU PROFUNDIDAD.

Cuando se trata de acotar agujeros de igual diámetro se hace de la forma que se muestra en la figura 20, basta con indicar la ubicación de uno de los agujeros y el diámetro del mismo (asumiendo que todos son simétricos y de igual diámetro); en lo referente a la profundidad se hace uso de vistas en corte o de cortes parciales y se acotan en forma normal, ya que de otra manera las líneas que indican la profundidad del agujero son ocultas y como ya sabemos, no está permitido acotar sobre líneas de ese tipo.

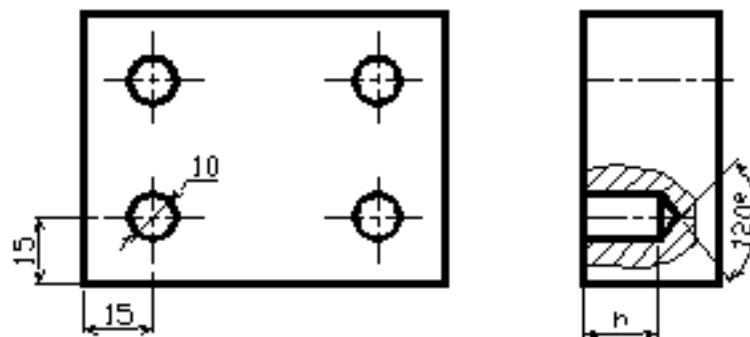


Figura 20.- Acotación de agujeros iguales

18.- RAYADO O ACHURADO.

Elementos básicos para la identificación de superficies.- Los rayados se utilizan para identificar las superficies de corte o secciones de una pieza. Los rayados se hacen con línea

continua fina separada a intervalos uniformes que se eligen en función del tamaño y la complejidad de las superficies de corte o sección.

Inclinación de los rayados.- Los rayados se trazan a una cierta inclinación en relación a los ejes o líneas principales del contorno de corte o sección preferentemente a 45° o bien a 30° ó 60° , figura 21.

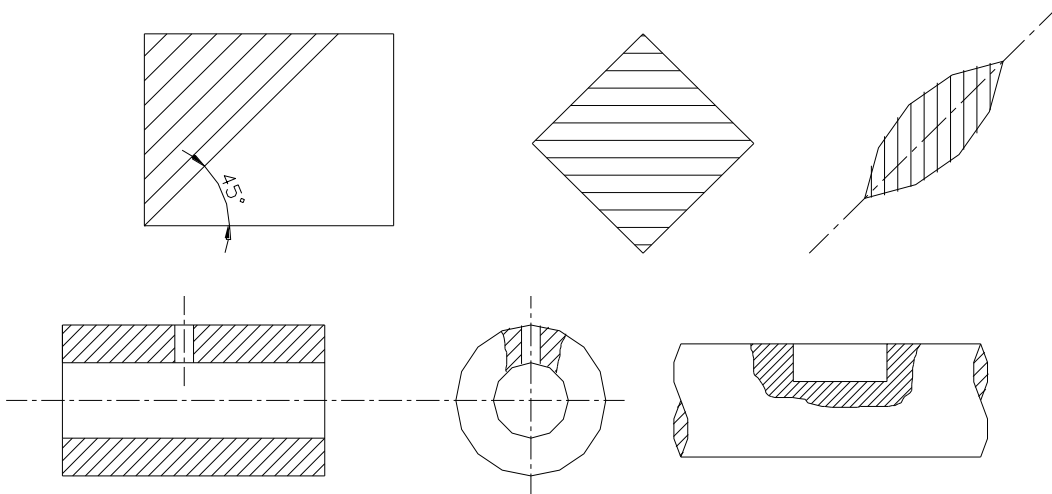


Figura 21.- Inclinación de los rayados

Las secciones de poco espesor se deben ennegrecer completamente y en el caso de secciones contiguas se deja una pequeña separación en blanco, figura 22.

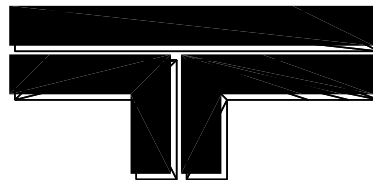


Figura 22.- Rayado de secciones de poco espesor

Superficies amplias.- Cuando se trata de superficies grandes el rayado puede reducirse a una franja trazada en el interior del contorno de la superficie cortada, figura 23.

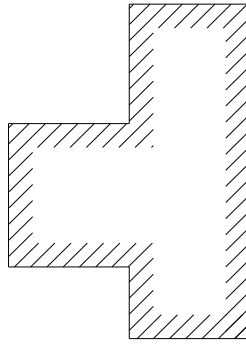


Figura 23.- Rayado de superficies amplias

Piezas y conjuntos.- Todas las superficies cortadas de una misma pieza en una o varias vistas se rayan de la misma manera. Las superficies cortadas contiguas de piezas distintas se rayan cambiando la orientación, el intervalo o ambos, figura 24.

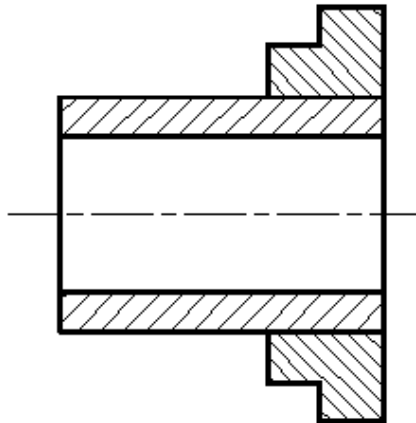


Figura 24.- Rayado de conjuntos

Naturaleza de los materiales.- El rayado en principio no tiene ningún significado convencional en cuanto a la naturaleza de los materiales la cual debe especificarse preferentemente en la nomenclatura del dibujo.

Rayados particulares.- Con el fin de facilitar la comprensión del dibujo de conjunto y siempre que el costo de la operación lo permita además de que no se prevean futuros cambios en el

dibujo para diferenciar los distintos grupos de materiales se pueden utilizar los rayados que se muestran en la figura 25.

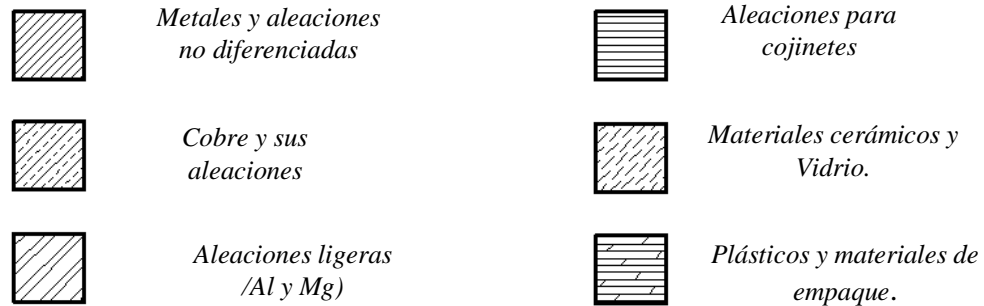
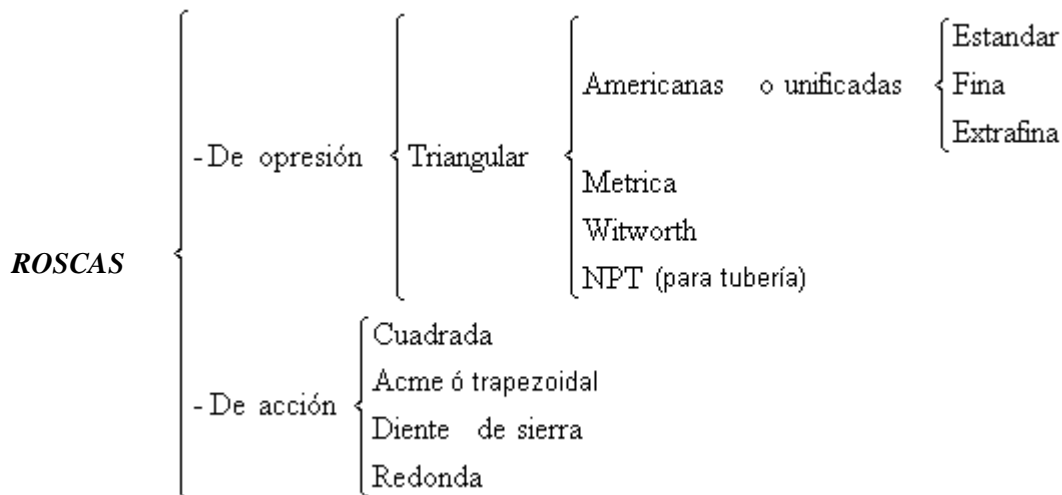


Figura 25.- Rayados particulares

19.- TIPOS DE ROSCAS

Según la forma del corte transversal del perfil del diente se distinguen los siguientes tipos de roscas :



Representación de las roscas.-

Antiguamente las roscas se representaban dibujando todos los hilos de la misma lo cual era muy difícil y tardado, hoy en día solo se utilizan símbolos para su representación.

Roscas externas.- Se dibuja el diámetro externo o nominal con línea continua gruesa, mientras que la rosca se representa con línea continua fina. Para las roscas métricas, el tamaño nominal se acota

como si fuera un diámetro, anteponiendo la letra M; mientras que para las roscas americanas se traza una línea a partir de la rosca y sobre una línea horizontal se indica el tamaño nominal de la rosca, figura 26.

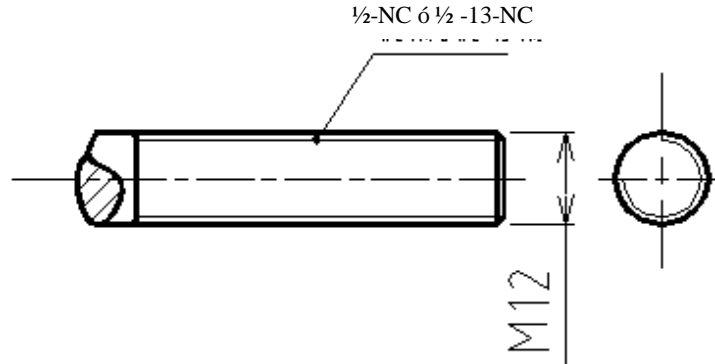


Figura 26.- Representación de roscas externas.

Roscas internas.- Normalmente las roscas internas se cortan a partir de barrenos realizados previamente. Se dibuja el diámetro del núcleo con líneas de trazos cortos en vistas no cortadas y con línea continua gruesa cuando se representa en corte, figura 27.

El diámetro exterior de la rosca se dibuja con línea continua fina cuando se representa en corte debiéndose mencionar que el rayado solo llega hasta la línea del diámetro exterior. En los barrenos que no atraviesan (agujero ciego) se dibuja también la punta del barreno (120°), figura 28.

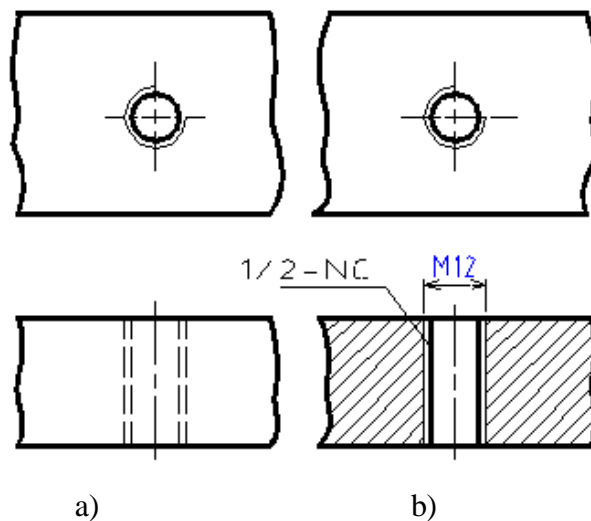


Figura 27.- a) Representación de roscas internas sin corte b) Representación de roscas internas en corte

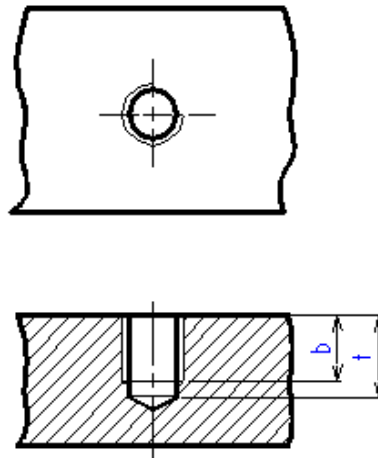


Figura 28.- Representación de agujeros ciegos.

Para que haya lugar para las virutas del roscado la profundidad del barreno t siempre debe ser mayor que la longitud útil de la rosca b variando según el diámetro de la rosca y el tipo del material dicha magnitud se puede calcular con ayuda de la tabla 2.

Tabla 2.- Calculo de la longitud de la rosca , en función del diámetro nominal

$b = 1xd$	Acero o bronce
$b = 1.25xd$	Acero fundido
$b = 2xd$	Aluminio
$b = 2.5xd$	Metales blandos

Donde:

d = Diámetro nominal de la rosca

b = Profundidad de la rosca

t = Profundidad del agujero

Representación de un perno en un agujero roscado.- Se tiene que representar el perno, la rosca interna y el barreno previo como se muestra en la figura 29.

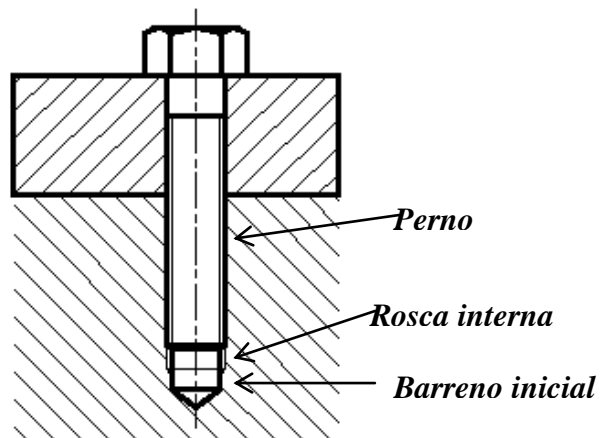


Figura 29.- Representación de un perno en un agujero roscado

20. CORTES Y SECCIONES

Para facilitar la comprensión de las formas de un objeto, este se corta y se representa la superficie cortada. Si el objeto tiene ejes principales se puede cortar longitudinalmente, en el sentido de los ejes, o transversalmente, en el sentido perpendicular a los ejes.

20.1. CORTE

Un corte representa la superficie cortada con la parte del objeto situada detrás del plano de corte.

20.2. SECCIÓN

Una sección representa únicamente la superficie situada en el plano de corte

La figura 30 ilustra estas representaciones.

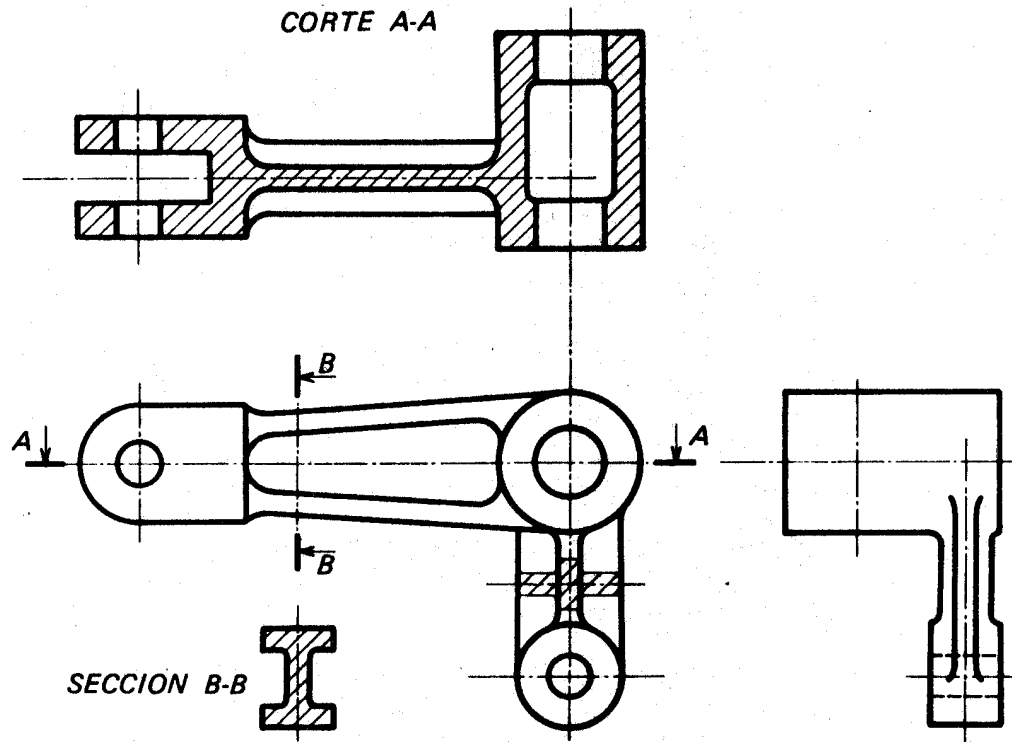


Figura 30. Representación de secciones

21. CORTES

21.1.- DISPOSICIÓN DE LOS CORTES

La disposición de los cortes se hace aplicando las reglas generales utilizadas para las vistas

21.2.-ELEMENTOS RELATIVOS A LOS CORTES

21.2.1.-Representaciones de los planos del corte

Los planos de corte se representan por su traza dibujada con línea fina mixta y reforzada con línea gruesa en sus extremos.

21.2.2.- Identificación de los planos de corte

El sentido de observación se indica mediante flechas que apuntan al centro de los refuerzos de las trazas de los planos de corte. Estos se identifican con letras mayúsculas de las primeras del alfabeto, que repiten en cada extremo de las trazas, dibujándolas al exterior de las flechas y siempre en posición vertical.

21.2.3.- Designación de los cortes

Los cortes se designan por las mismas letras que el plano de cortes correspondientes. Esta designación se coloca en lo posible arriba del corte. La figura 30 muestra los elementos relativos al corte.

22.- POSICIÓN DE LOS PLANOS DE CORTE

En función de las formas del objeto se eligen los planos de corte según la posición indicada, figura 31.

22.1.- CORTE POR UN PLANO

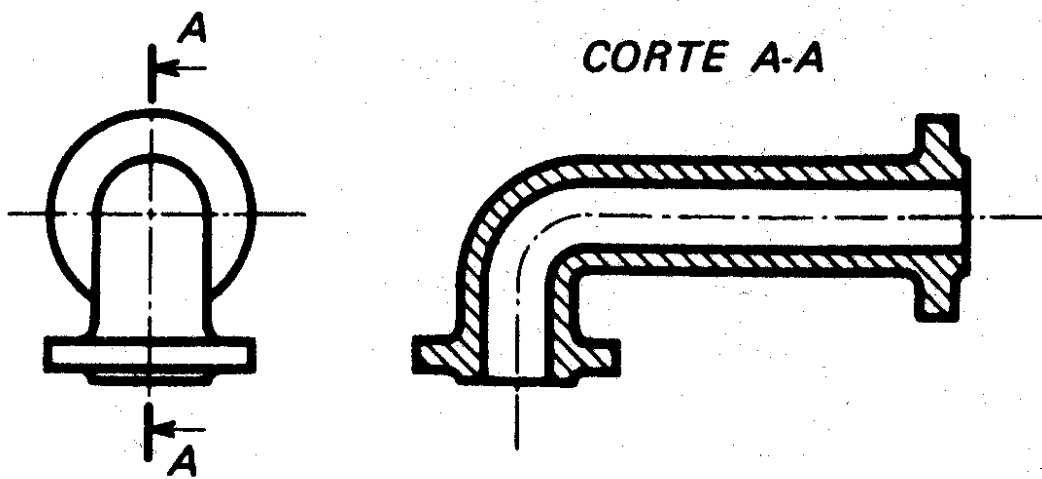


Figura 31. Elección de los planos de corte

22.2.- CORTE POR PLANOS PARALELOS

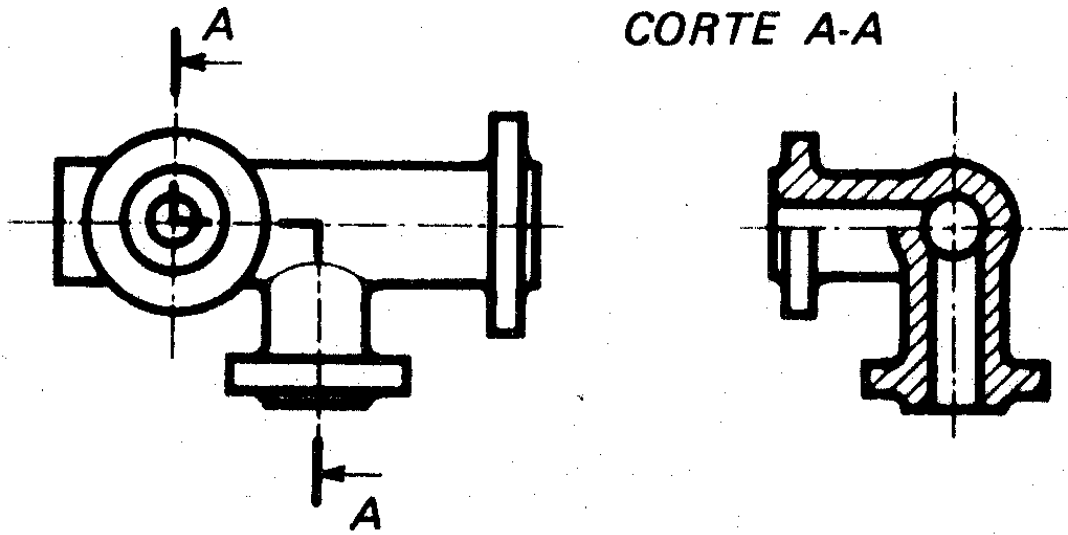


Figura 32.

22.3. CORTE POR PLANOS CONCURRENTES

Se eligen uno de los ellos en plan de proyección y se abate el [o los] otros [s] sobre el primero [Fig. 4]

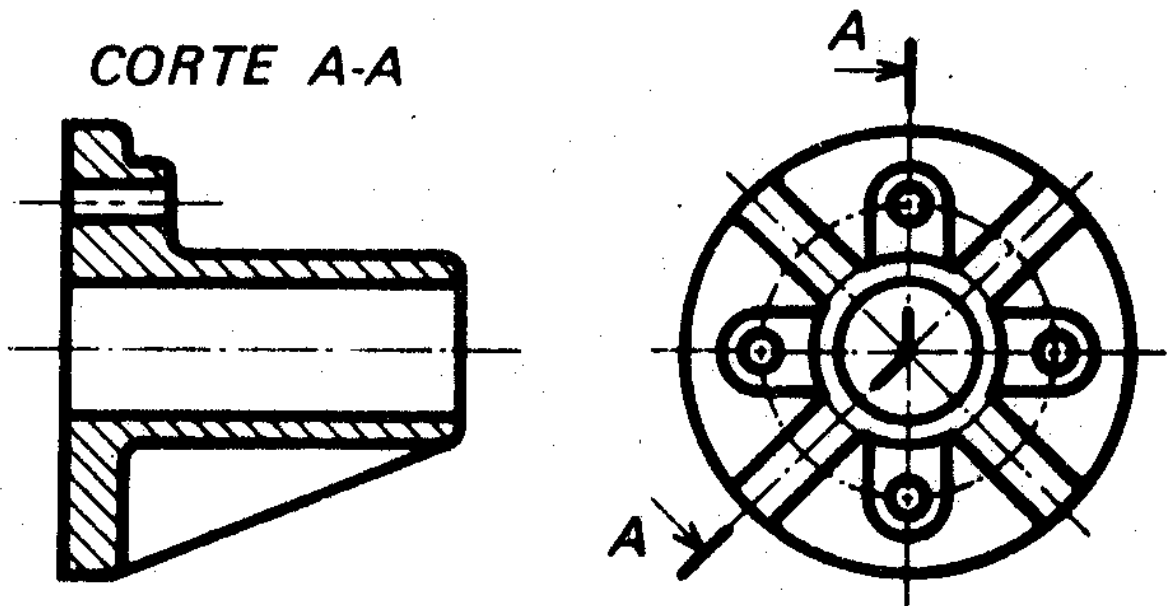


Figura 33.

22.4. CORTE POR PLANOS SUCESIVOS

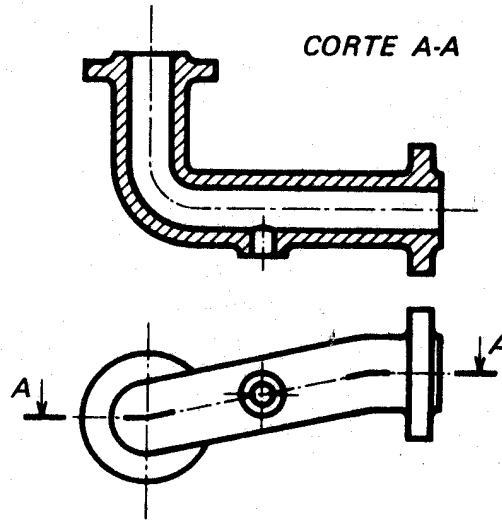


Figura 34,

23. DISPOSICIÓN DE VARIOS CORTES

Por razones de disponibilidad de espacio se puede adoptar el ordenamiento indicado en la figura 35.

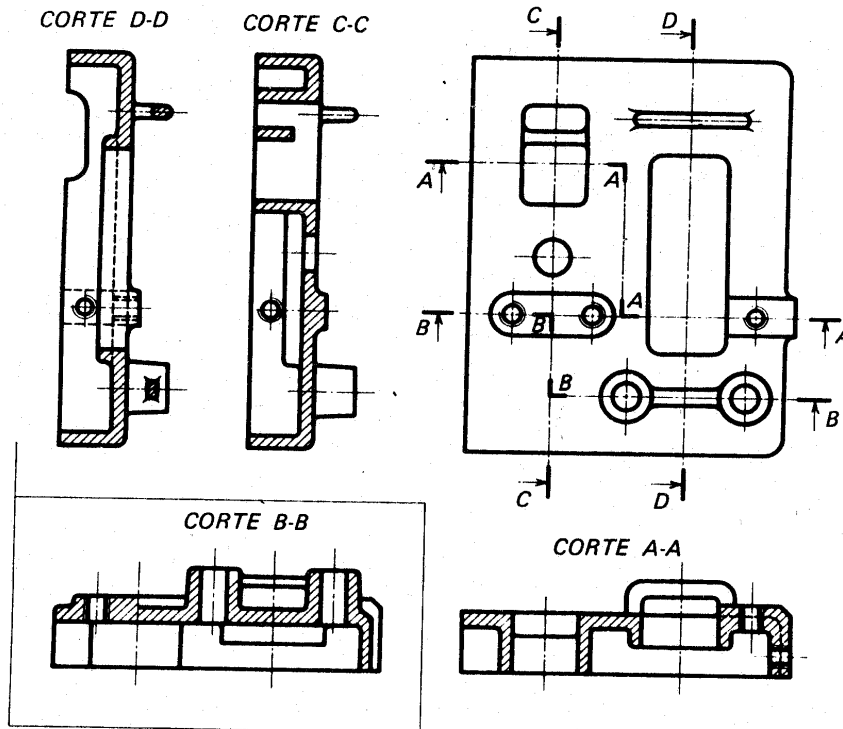


Figura 35.

Para facilitar la comprensión del dibujo se puede realizar varios cortes sucesivos sin necesidad de representar todas las partes de este objeto situadas detrás de los planos de corte desplazarlos, como se indica en la figura 36

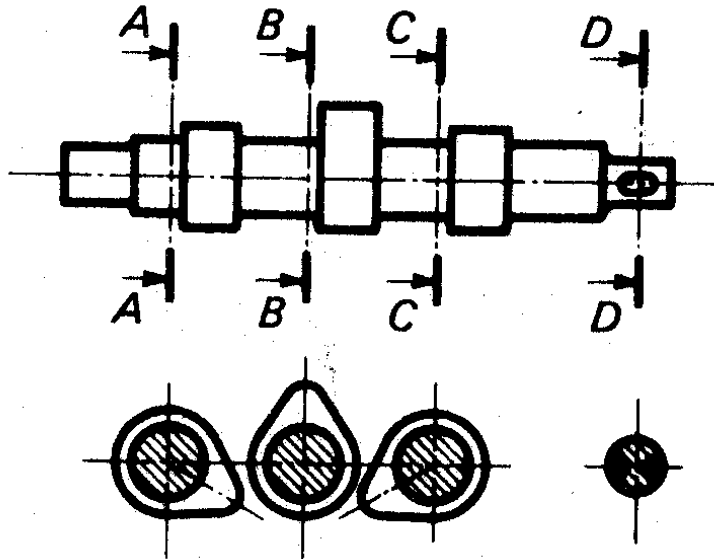


Figura 36.

24.- CORTES PARCIALES

Independiente de los cortes, que se puede observar en las figuras de la 1 a la 7, puede ser conveniente cortar solo una parte de la pieza.

24.1.- MEDIOS CORTES

La representación de las piezas con simetría puede comprender una media vista y un medio corte (Figuras 37 y 38). Se recomienda disponer los medios cortes abajo del eje horizontal o a la derecha del eje vertical del dibujo.

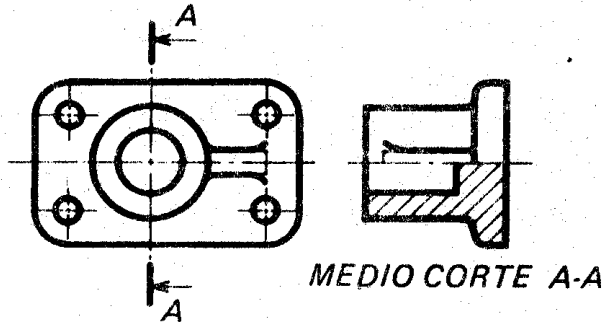


Figura 37.

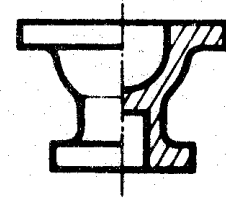


Figura 38.

24.2.-CORTES LOCALES

Si no conviene hacer un corte total o medio corte, puede ser suficiente un corte local. Este se limita mediante una línea continua fina irregular, trazada a mano libre, como indica la figura 39

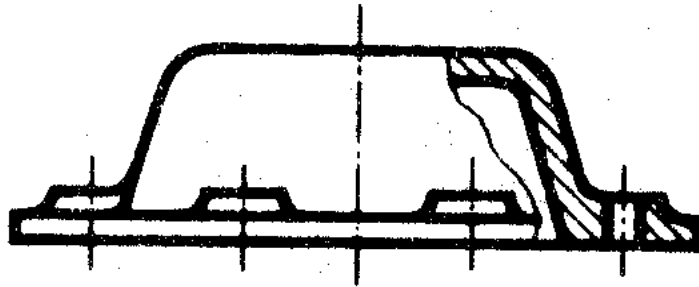


Figura 39.

24.3.- PARTES NO CORTADAS

-Elementos mecánicos representados longitudinalmente, tales como: árboles, cuñas, tornillos, pernos, brazos de ruedas, etc. Según se indica en las Figura 40

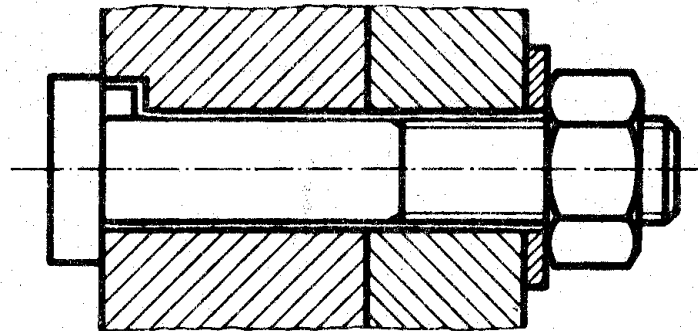


Figura 40.

- Elementos macizos cuyo corte no mejora la comprensión del dibujo, tales como: dientes, bolsas, etc. Según se indica en la Figura 41.

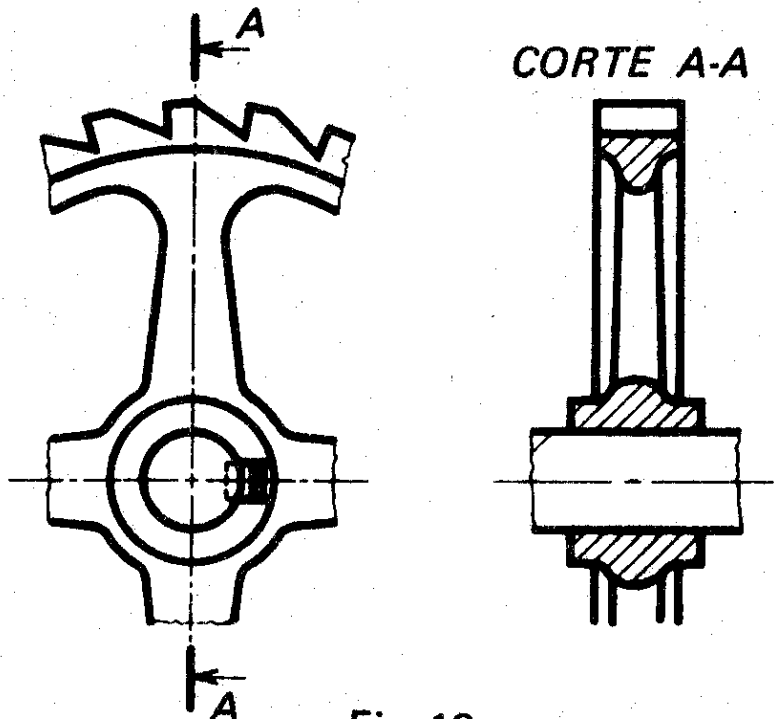


Figura 41.

- Nervaduras representadas longitudinalmente, según se indica en la figura 42

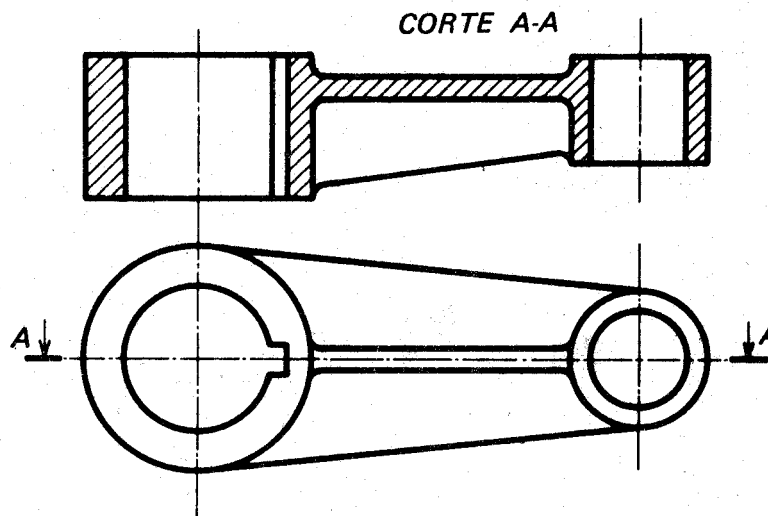


Figura 42.

25.- SECCIONES

25.1.- DISPOSICIÓN DE LAS SECCIÓN

La disposición de las secciones normalmente se indica las reglas generales utilizadas para la vistas, como se indica en la figura 43.

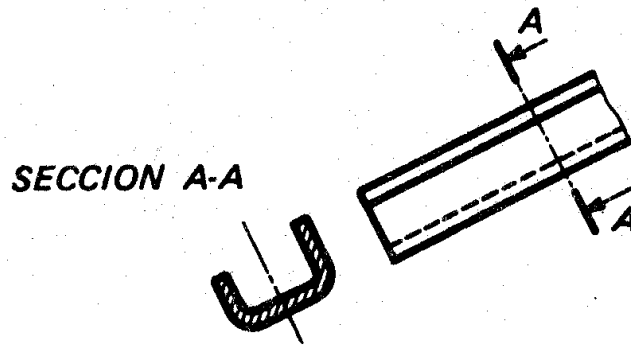


Figura 43.

25.2.- SECCIONES DESPLAZADAS

Por razones de disponibilidad de espacio o de facilidad para la interpretación del dibujo, se puede desplazar las secciones y ubicarlas como se indica en la figura 44 excepcionalmente, se puede disponer como se indica en la figura 45.

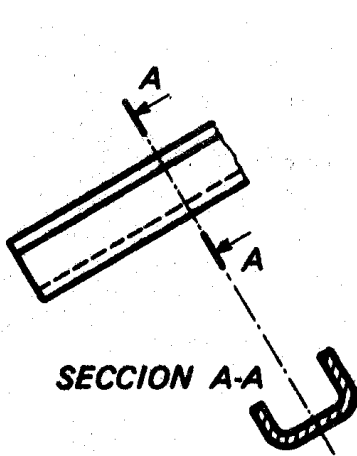


Figura 44.-

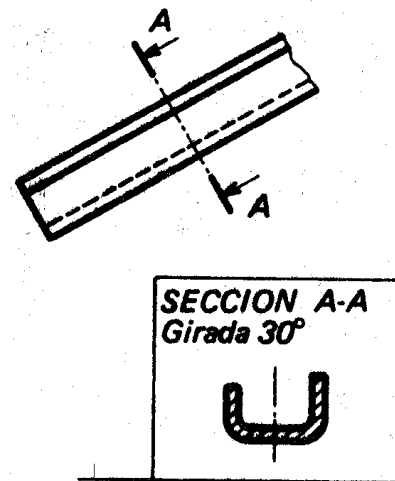


Figura 45.-

25.3.-SECCIONES ABATIDAS

Se utilizan secciones abatidas para simplificar los dibujos, especialmente en los casos de piezas simples que tengan secciones transversales uniformes.

Para estas secciones se suprimen la identificación y la designación del plano de corte, figura 46.

En el caso de las secciones asimétricas se conservan los refuerzos de los extremos de la traza del plano de corte y las flechas del sentido de observación, según se indica en la figura 46a)

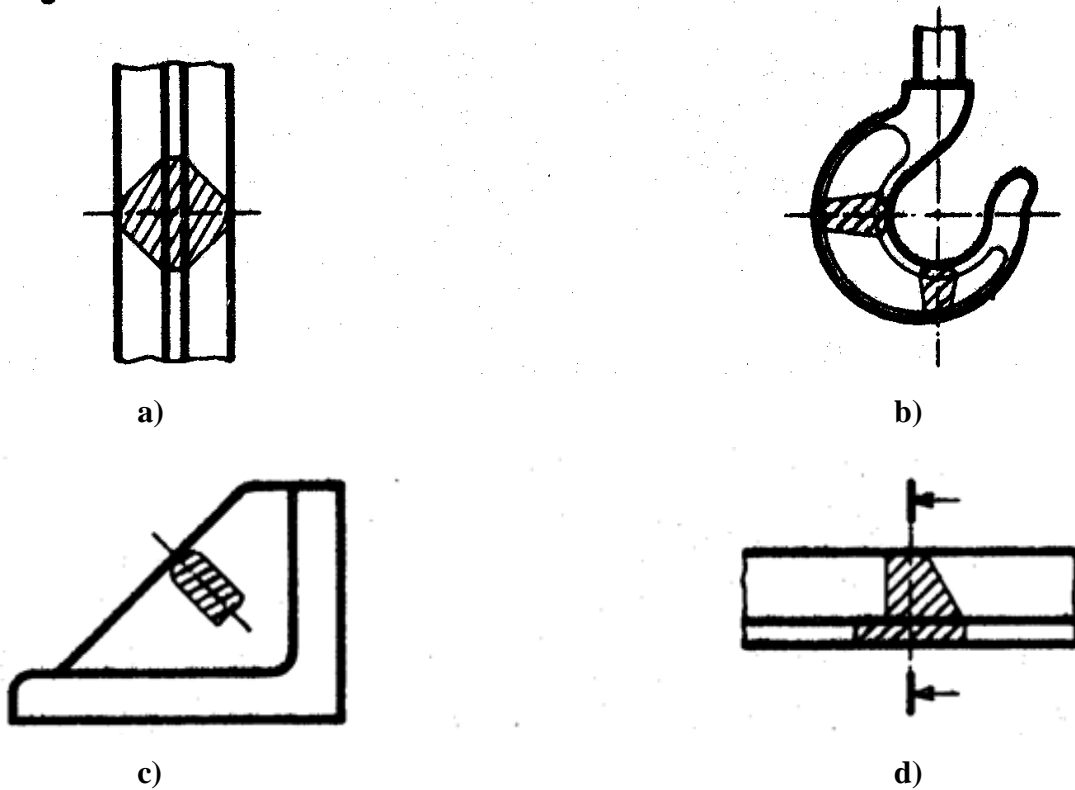


Figura 46.-

26.- DISPOSICIÓN DE VARIAS SECCIONES SUCESIVAS

Estas secciones se ubican, según se indica en las figuras 47, posiciones normales, y 48, secciones desplazadas. En el caso de la segunda disposición se facilita la comprensión del dibujo.-

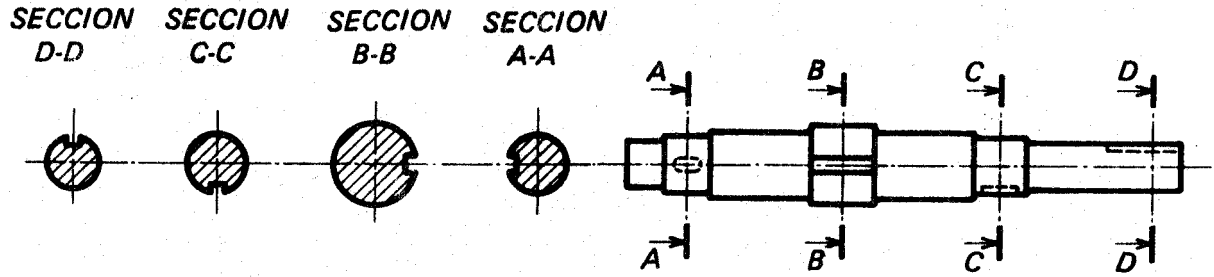


Figura 47.-

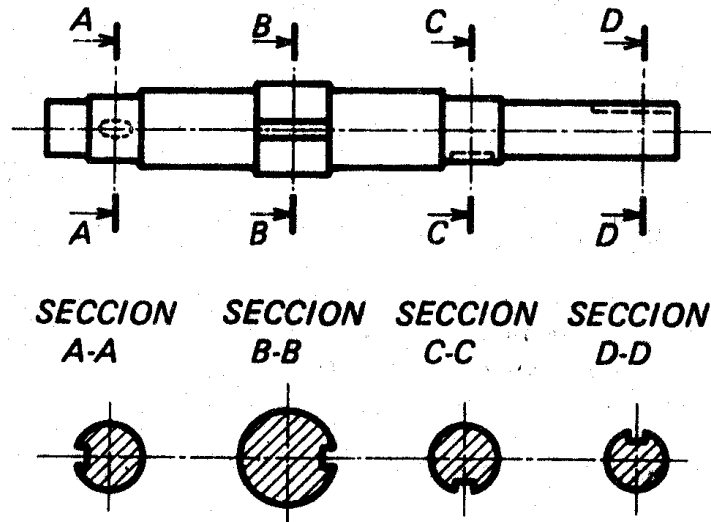


Figura 48.-

27.- VISTAS INTERRUMPIDAS

En ciertos casos se pueden representar solo las partes esenciales de una pieza que sean suficientes por sí mismas para definirla. Las partes que se conservan se limitan como se indica en la figura 49.

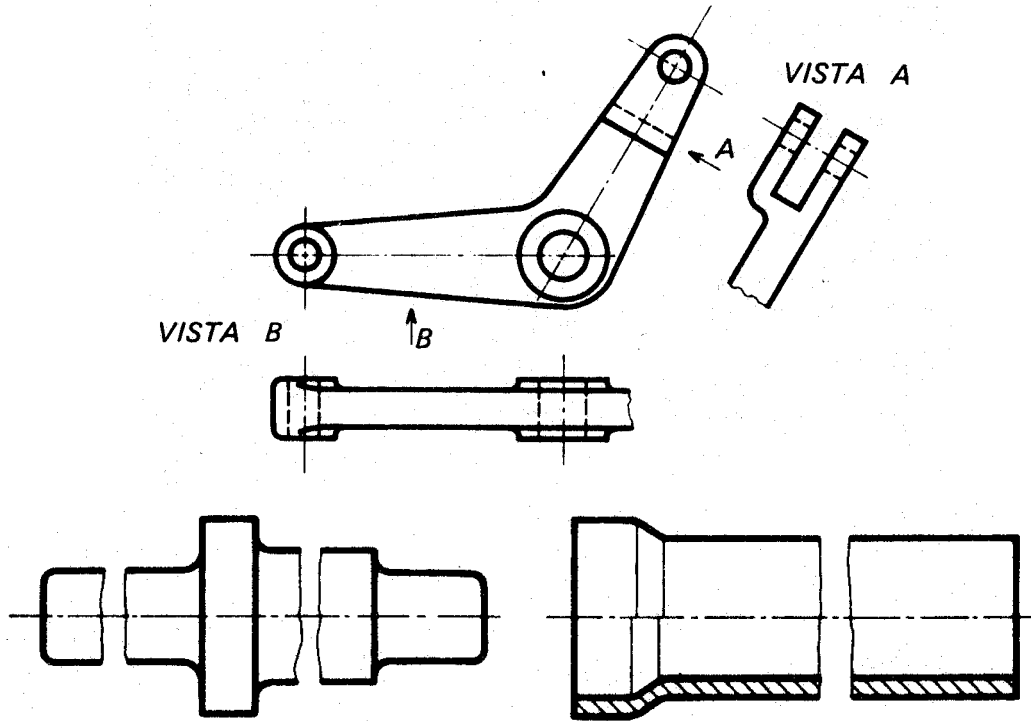


Figura 49.

Para hacer el dibujo mas claro, cada pieza de un conjunto puede interrumpirse por su propia línea de corte, como se indica en la figura 50

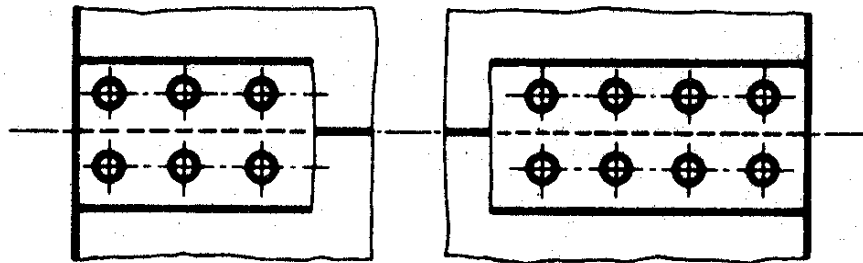


Figura 50.-

Cuando la representación de una pieza se interrumpe, se puede dibujar una sección intercalada en el espacio intermedio, como se indica en la figura 51.

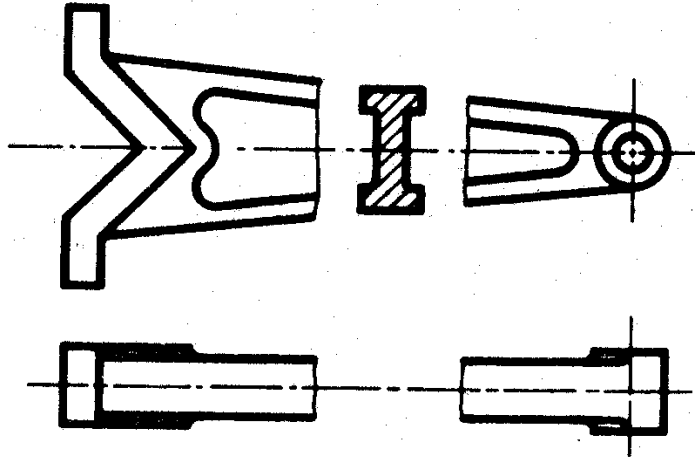


Figura 51.-

28.- PIEZAS CON SIMETRÍA

Estas piezas se pueden representar por una fracción de su vista completa, como se indica en las figuras 52 y 53.

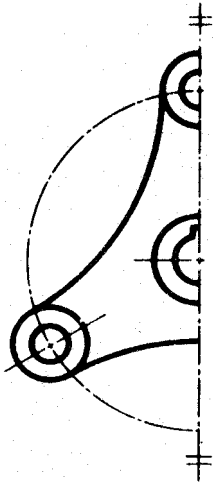


Figura 52.-

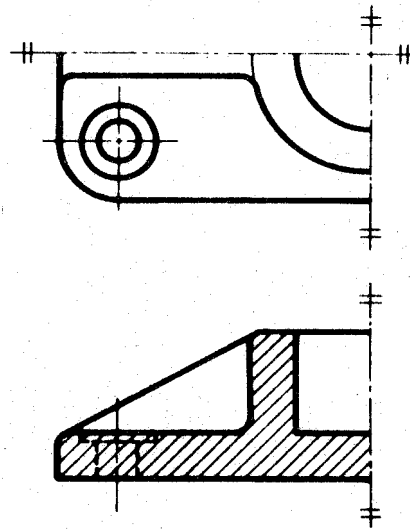


Figura 53.-

Los ejes de simetría se marcan en cada uno de sus extremos por dos pequeños trazos paralelos entre si y perpendiculares a aquellos.

29.- PIEZAS SIMÉTRICAS

Para representar piezas simétricas y simplificar el trabajo, es suficiente un solo dibujo para ambas. En estos casos es necesario hacer una aclaración, ya sea en la proximidad de la vista o en la lista de piezas, como se indica en la figura 54.

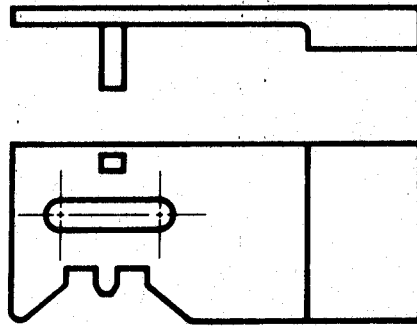


Figura 54.- El pestillo de la cerradura de la puerta que abre en sentido contrario es simétrico del que se representa.

30.- PROXIMIDAD DE INTERSECCIONES Y CONTORNOS ORIGINALES DE LAS PIEZAS

Para simplificar la representación de intersecciones muy próximas de los contornos originales de las piezas, se reemplazan las curvas correspondientes por dichos contornos, como se indica en la figura 55

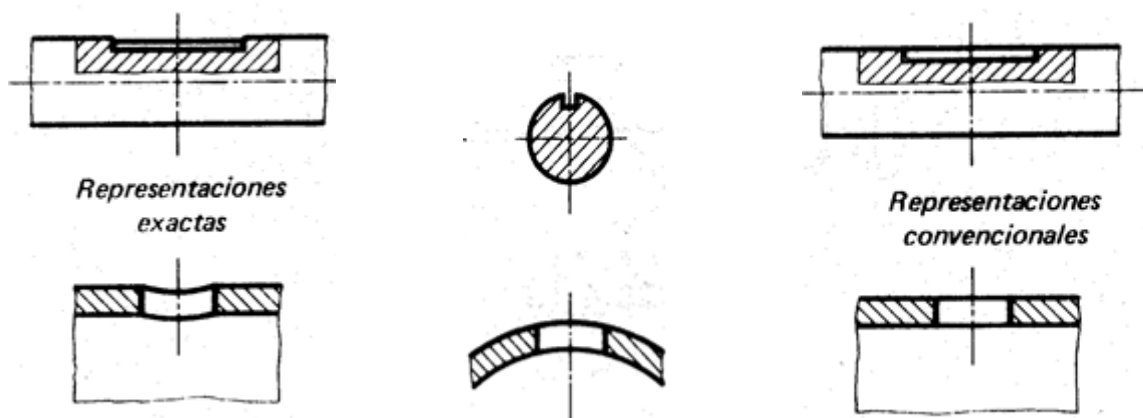


Figura 55.-

31.- ABATIMIENTOS DE DETALLES

Los abatimientos de detalles permiten evitar una segunda vista en los casos siguientes:

31.1.- ELEMENTOS PARTICULARES

En este caso, los abatimientos se representan con línea continua fina, desplazados de la vista de la pieza. Las extremidades del elemento abatido se unen a la vista con líneas de referencia como se indica en la figura 56.

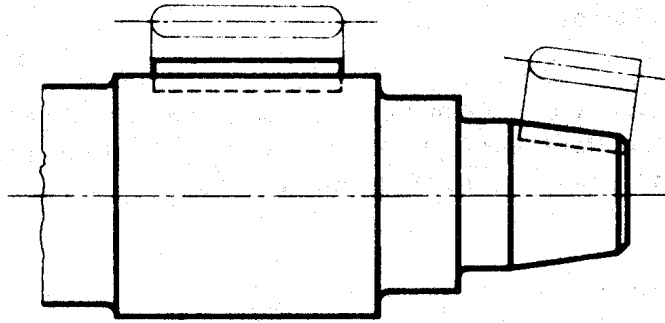


Figura 56.

33.2.- DETALLES UBICADOS SOBRE CIRCUNFERENCIAS

Estas circunstancias y los detalles correspondientes pueden también abatirse como se indica en la figura 57.

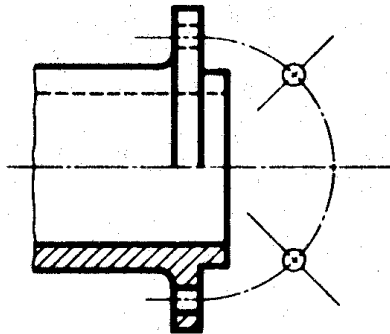


Figura 57.-

34.- ARISTAS Y CONTORNOS FICTICIOS

La intersección ficticia de superficies enlazadas por un redovexo o un redocavo, se representa por una línea llena fina como se indica en la figura 58.

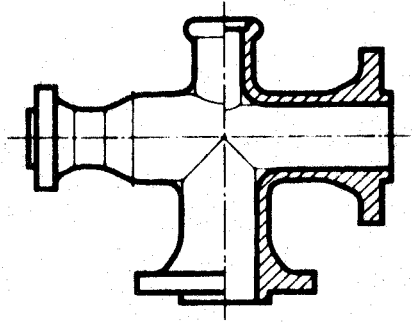


Figura 58.

En la misma forma, las líneas de curvatura de piezas de materiales laminados se representan con línea continua fina, como se indica en la figura 59.

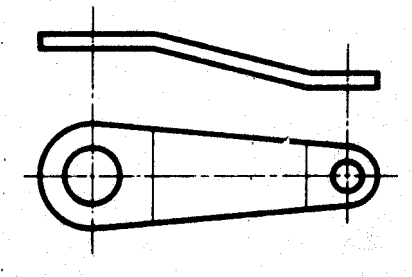


Figura 59.-

35.- PARTES CONTINUAS

Las partes continuas de un elemento vecino se trazan con línea continua fina. El elemento vecino no debe ocultar al elemento principal y aquel se puede rayar, generalmente, en forma de una franja en el interior de su contorno, figura 60

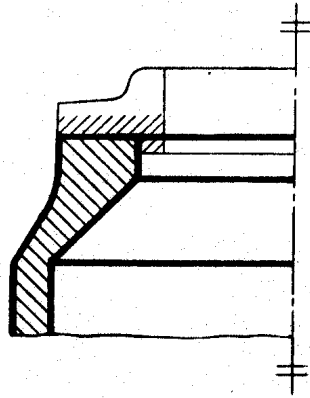


Figura 60.-

El elemento principal puede ocultar al elemento vecino. En este caso las aristas y contornos no visibles se trazan en línea *interrumpida corta fina*, como se indica en la figura 61.

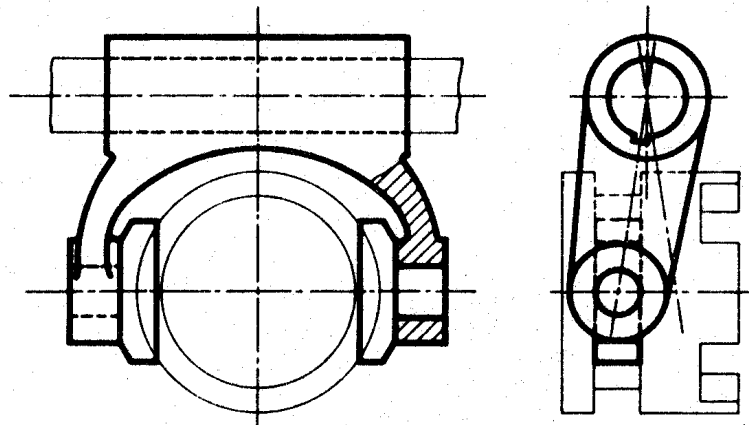


Figura 61.-

En el caso de dispositivos utilizados en el proceso de fabricación, la pieza se representa como parte continua, como se indica en la figura 62

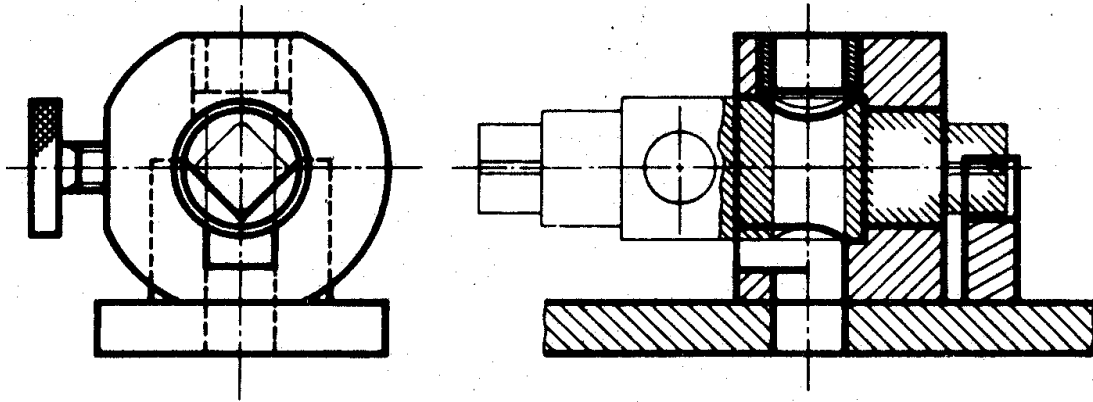


Figura 62.-

36.- DETALLES A MAYOR ESCALA

Cuando no sea posible representar y actuar claramente detalles a la escala elegida para las vistas, se desplazan aquellos aumentando la escala.

Alrededor de la zona que se va a desplazar se traza una circunferencia con línea mixta fina que se designa por una letra mayúscula, de las últimas del alfabeto.

La representación amplificada se dispone, en lo posible, en la proximidad de la circunferencia de línea mixta fina y se designa por la misma letra. Es necesario indicar siempre la escala aumentada del detalle. Lo anterior se ilustra en la figura 63.

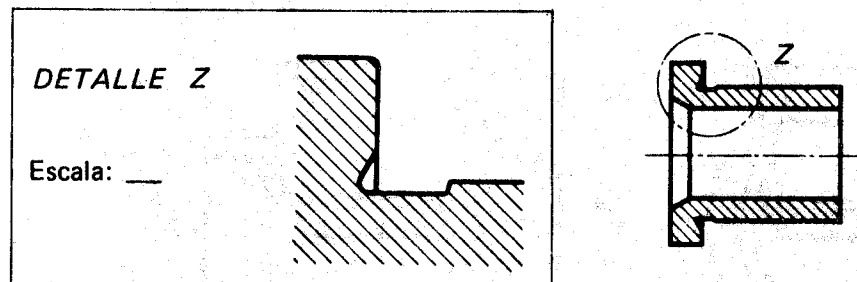


Figura 63.-

Se puede suprimir el señalamiento del detalle si el dibujo muestra sin lugar a duda el detalle que ha sido amplificado, como se indica en la figura 64.

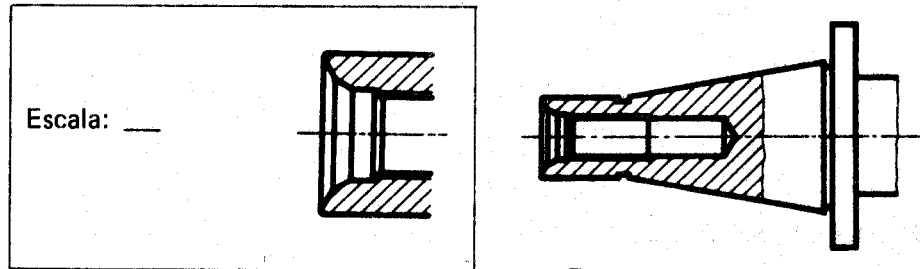

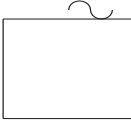
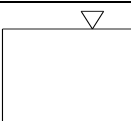
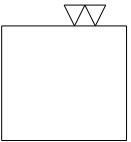
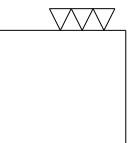
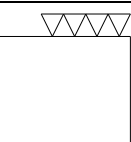


Figura 64.-

37.- SÍMBOLOS DE ACABADO

En el dibujo o esbozo de una pieza se debe conocer el tipo de superficie, esto es, si esta en bruto, maquinada o tratada, así como su calidad, o sea, uniformidad y rugosidad. Los símbolos de acabado y las observaciones escritas no determinan el uso de cierto proceso, solo se refieren al estado de la superficie. En la tabla 3 se muestran los símbolos usados de acuerdo al estado de la superficie.

Tabla 3.- Símbolos de acabado de acuerdo al estado de la superficie.

SÍMBOLO	ESTADO DE LA SUPERFICIE	PROCESO
	Conformado sin Arranque de viruta	Laminado, forjado, extrusión, estirado, fundición.
	En bruto, pero sin rebaba Pieza extraída de fundición	Los defectos no permisibles se eliminan por medio de lima o esmeril
	Desbaste	Corte de material, las huellas dejadas por la herramienta se aprecian a simple vista. Velocidad de corte- Pequeña, Profundidad de corte- Grande, Avance- Grande
	Afine o alisado	Las huellas dejadas por la herramienta se siguen apreciando a simple vista. Velocidad de corte-Grande, Profundidad de corte- Pequeña, Avance- Pequeño.
	Rectificado o maquinado en maquinas CNC.	Las huellas dejadas por la herramienta ya no se perciben a simple vista
	Súper acabados	Pulido Bruñido Lapeado.

Notas: En principio, toda superficie al ser trabajada recibe los símbolos correspondientes que son un poco más pequeños que las cotas; los vértices de los triángulos indican la línea que representa la superficie al ser trabajada y en el caso que no haya espacio suficiente, se prolonga la arista con una línea de extensión fina y en ella se anotan las señales de fabricación ó acabado. Cuando se ha previsto la misma calidad de superficie para todas las caras de la pieza se dibuja sólo un símbolo de trabajo junto a la designación de la pieza, esto, en el cuadro de referencia. El símbolo principal de trabajo es mayor que los símbolos de superficie, esta forma de indicar el símbolo de superficie se puede utilizar, no obstante que para algunas superficies se indique otra calidad. Estos símbolos se anotan:

- a) *Entre paréntesis después de la señal principal de trabajo*
- b) *Y en la línea de superficie después que se va a trabajar, en tamaño normal.*

38.- SUPERFICIES FUNCIONALES Y SUPERFICIES NO FUNCIONALES.-

Sea un conjunto mecánico compuesto por un bastidor o chasis, una chumacera y un árbol o eje que gira a una velocidad n , como el que se muestra en la figura 65. De acuerdo a la función del conjunto se pueden distinguir dos tipos de superficie, a saber:

- a) Superficies funcionales
- b) Superficies no funcionales

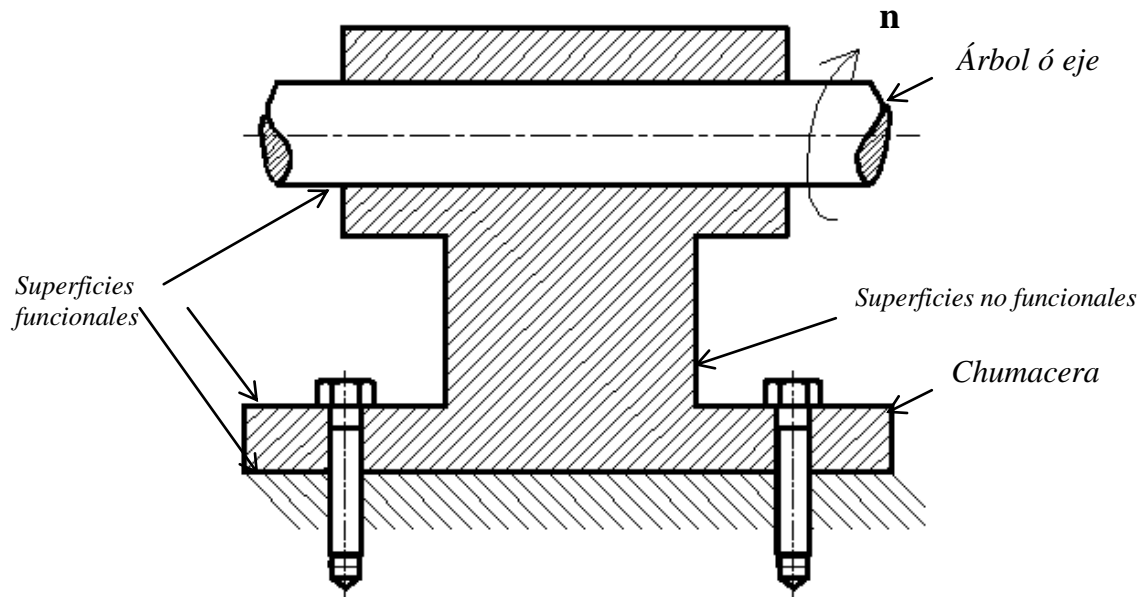


Figura 65.- Superficies funcionales y superficies no funcionales

Las superficies funcionales deben de tener un mejor acabado ya que emplearán como superficies de deslizamiento, superficies de apoyo, asentamientos, etc. En las superficies no funcionales se puede permitir una menor calidad ya que no van a realizar alguna tarea específica.

39.- AJUSTES Y TOLERANCIAS.-

Como se puede apreciar en la figura 65, la función del soporte es la de guiar y soportar al árbol, por lo que ambos elementos tendrán superficies de contacto comunes, las cuales serán D y d para el árbol o eje (lógicamente $D > d$). Sin embargo no se puede utilizar el mismo criterio si el conjunto pertenece a una carretilla de mano o si pertenece a un motor de avión.

Existen muchos procesos de fabricación, unos más precisos que otros, pero ninguno logra una dimensión exacta, esto es, cualquier proceso de fabricación lleva implícito un grado de error debido a las causas siguientes:

- 1) La misma máquina esta de componentes imprecisos.
- 2) La herramienta, la cual sufre un desgaste.
- 3) Las deformaciones que sufre la pieza al ser maquinada, debido a esfuerzos y calentamientos

Por otro lado, para que una pieza cumpla de manera adecuada con la función para la cual fue creada no es necesario que tenga una dimensión exacta, es suficiente que la dimensión real o efectiva se encuentre dentro de ciertos límites bien definidos.

39.1.- Conceptos de dimensión real, dimensión nominal, dimensión máxima y dimensión mínima.

Imaginemos que se solicita a un tornero un eje con un diámetro de 35 mm, por lo que se acaba de mencionar difícilmente nos va a entregar el eje con una dimensión igual a 35.000 mm. Se tiene entonces que especificar una dimensión máxima y una mínima, pero debe hacerse de tal modo que el eje aún cumpla con su función de manera adecuada.

- Dimensión nominal.- Es la dimensión que sirve para designar de un eje o un agujero.
- Dimensión real o efectiva.- Es el tamaño real que va a tener el eje o el agujero ya maquinados.
- Dimensión máxima.- Es dimensión más grande que puede tener el eje o el agujero.
- Dimensión mínima.- Es la dimensión más pequeña que va a tener el eje o el agujero.
- Intervalo de tolerancia.- Es la diferencia que existe entre la dimensión máxima y mínima.

Nota.- La dimensión nominal no debe tener un valor arbitrario, conviniendo que pertenezca a la serie de Renard, con la finalidad de encontrar en el comercio especializado componentes normalizados.

39.2.- Sistema ISO de tolerancias y ajustes.

Las siguientes notas se han elaborado tomando como base las normas ISO P286-1963 y la norma DGNZ23P-1973, que en general se refiere a las tolerancias dimensionales de piezas lisas y a los ajustes correspondientes a su ensamble.

En lo sucesivo, los términos árbol y agujero definen respectivamente el espacio contenido y el espacio continente entre dos caras o planos tangentes. Debe mencionarse que las piezas pueden ser de sección cilíndrica, pero pueden ser de cualquier otra forma, por ejemplo, el ancho de una ranura,

el espesor de una cuña, etc. Por sencillez y dada su importancia el sistema se explicará a través de piezas cilíndricas.

Los valores de dimensión nominal se han agrupado en trece escalones que van desde menor o igual a 3 mm hasta 500 mm. Al grado de precisión necesario se le llama calidad y el sistema ISO habla de calidad 1 hasta 17, 1 mejor calidad – 17 peor calidad.

En la tabla 4 se proporcionan los valores de las calidades que se pueden obtener en máquinas **en buen estado**.

Tabla 4.- Calidades que se pueden obtener en distintas máquinas en buen estado

Maquinado	Calidad
Torno paralelo	7
Torno revólver	8-9
Torno semiautomático	7-8
Fresadora	7
Brochadora	7
Taladro con broca	11
Taladro con rima o escarifa	7
Rectificadora	5-6
Maquinas CNC	4-6

En el sistema ISO la tolerancia de cada escalón de dimensiones puede tener 28 distintas posiciones representada cada una de ellas por medio de letras, mayúsculas para agujeros y minúsculas para árboles o ejes.

En el caso de los agujeros, las primeras letras del alfabeto representan la posición de la tolerancia, siempre por encima de la dimensión nominal (agujero más grande). El agujero H representa la posición de la tolerancia con desviación inferior nula y las últimas letras del alfabeto proporcionan siempre agujeros más pequeños con respecto a la dimensión nominal, figura 66.

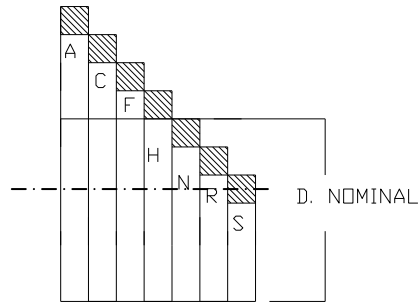


Figura 66.- Tolerancias para agujeros.

Para los árboles, las primeras letras del alfabeto representan la posición de la tolerancia siempre por debajo de la línea 0 (árboles más pequeños), el árbol h tiene una desviación inferior nula y las últimas letras del alfabeto proporcionan siempre árboles más grandes. En la figura 67 se muestran las zonas de tolerancia por letra para árboles.

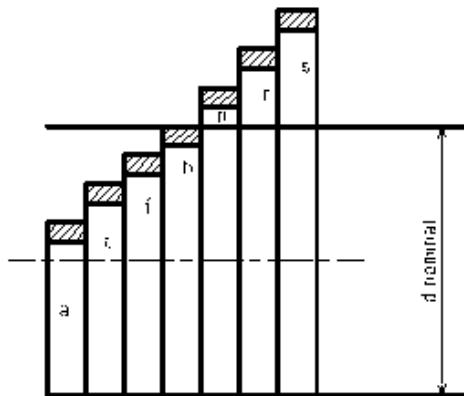


Figura 67.- Tolerancias para árboles

39.3.- Designación de la tolerancia

Al designar la tolerancia, primero se indica el valor de la dimensión nominal, después, la letra que representa la posición de la tolerancia y finalmente el número que indica la calidad o grado de precisión necesario. A continuación se muestran dos ejemplos de designación de tolerancia:

35 H8 Tolerancia para un agujero de 35 milímetros de diámetro

20 e8 Tolerancia para un árbol de 20 mm de diámetro

39.4.- Ajustes.

El ensamble de 2 piezas con la misma dimensión nominal constituye un ajuste. Dependiendo de la posición de la tolerancia en cada elemento, el ajuste puede ser:

- Ajuste con juego
- Ajuste incierto
- Ajuste con apriete

Ajuste con juego.- Asegura siempre el juego entre las dos piezas, la zona de tolerancia del agujero esta enteramente por encima de la zona del árbol, figura 68.

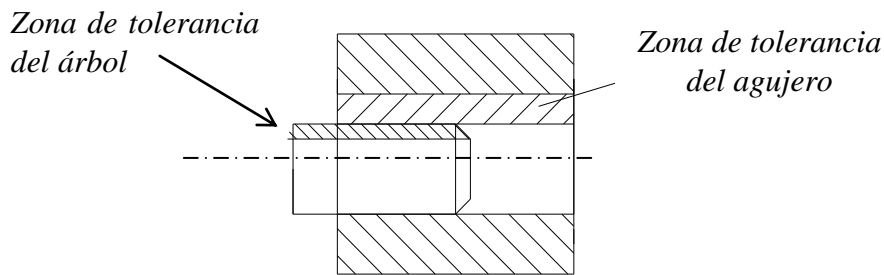


Figura 68.- Ajuste con juego

Ajuste incierto.- En este tipo de ajuste, a veces se puede obtener juego, a veces apriete, ya que existe un traslape en las zonas de tolerancia, figura 69.

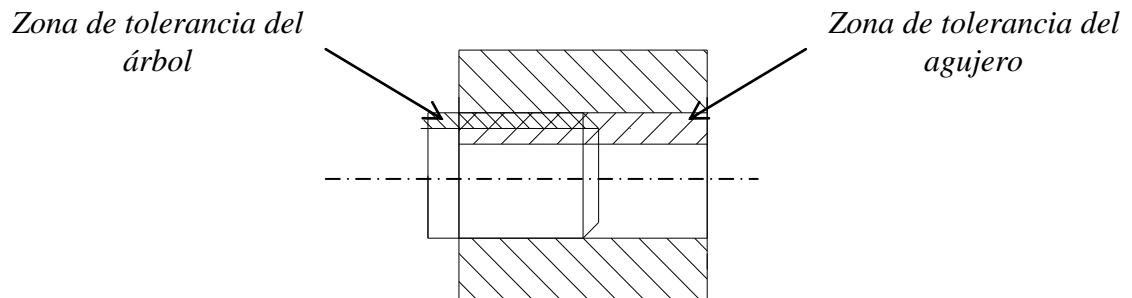


Figura 69.- Ajuste incierto

Ajuste con apriete.- Se asegura un apriete entre los dos elementos, la zona de tolerancia del agujero esta completamente por debajo de la zona de tolerancia del árbol, figura 70.

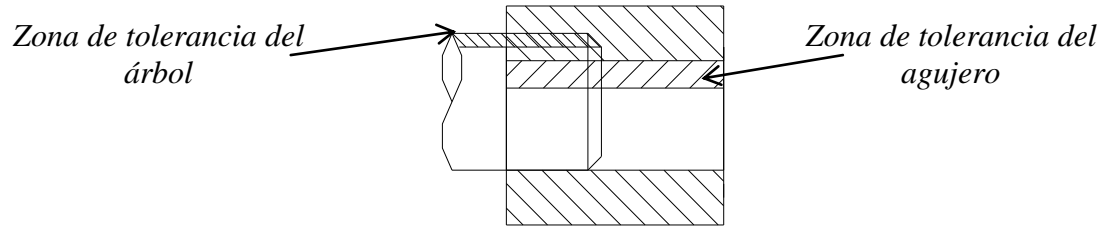


Figura 70.- Ajuste con apriete

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Norma Oficial Mexicana Para el Dibujo Técnico
Dirección General de Normas.
Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial. México, 1976.

- 2.- Dibujo Industrial
A. Chevalier.
Montaner y Simón. Barcelona, 1979

- 3.-Diseño Mecánico 1, Normas Básicas
M. Dehmlov y E. Kiel.
Ed. Trillas. México, 1980

- 4.- Tecnología de Diseño y Fabricación de Piezas Mecánicas.
A. Chevalier y J. Bohan.
Limusa. México, 1998.

- 5.- Dibujo Técnico Básico
Armando Alfonzo Alfonzo
Compañía General de Ediciones. S.A. México, 1980.

- 6.- Dibujo y Diseño de Ingeniería
Cecil H. Jensen
Mc. Graw Hill. México, 1973

APENDICE A

Tabla A1.- Ajustes recomendados para ensambles árbol- agujero

			AJUSTES DE USO CORRIENTE					
			Ejes	H6	H7	H8	H9	H11
Piezas móviles una en relación a la otra	Piezas cuyo funcionamiento requiere de mucho juego (dilatación, mala alineación, apoyos muy largos ,etc)		c				9	11
			d				9	11
	Caso corriente de piezas que giran o deslizan sobre un casquillo o cojinete (Engrase correcto asegurado)		e		7	8	9	
			f	6	6-7	7		
Piezas con guiado preciso para movimientos de poca amplitud		g	5	6				
Piezas fijas Una en relación a la otra	Posibilidad de montaje y desmontaje sin deteriorar las piezas	El acoplamiento no puede transmitir esfuerzos	Es posible el montaje a mano	h	5	6	7	8
				js	5	6		
		Montaje con mazo de madera	k	5				
			m		6			
	Imposibilidad de desmontar sin deteriorar las piezas	El acoplamiento puede transmitir esfuerzos	Montaje con prensa	p		6		
			Montaje con prensa o por dilatación (comprobar que las dilataciones a que se somete el metal no rebasan el límite elástico)	s			7	
				u			7	
				x			7	

Tabla A2.- Tolerancias para agujeros en μm (micrómetros)

AGUJERO	Hasta 3 incluido	3 a 6 incluido	6 a 10	10 a 18	18 a 30	30 a 50	50 a 80	80 a 120	120 a 180	180 a 250	250 a 315	315 a 400	400 a 500
D 10	+ 60 + 20	+ 78 + 30	+ 98 + 40	+120 + 50	+ 149 + 65	+ 180 + 80	+ 220 + 20	+ 260 + 120	+ 305 + 145	+ 355 + 170	+ 400 + 190	+ 440 + 210	+ 480 + 230
F 7	+ 16 + 6	+ 22 + 10	+ 28 + 13	+ 34 + 16	+ 41 + 20	+ 50 + 25	+ 60 + 30	+ 71 + 36	+ 83 + 43	+ 96 + 50	+ 108 + 56	+ 119 + 62	+ 131 + 68
G 6	+ 8 + 2	+ 12 + 4	+ 14 + 5	+17 + 6	+ 20 + 7	+ 25 + 9	+ 29 + 10	+ 34 + 12	+ 39 + 14	+ 44 + 15	+ 49 + 17	+ 54 + 18	+ 60 + 20
H 6	+ 6 + 0	+ 8 0	+ 9 0	+ 11 0	+ 13 0	+ 16 0	+ 19 0	+ 22 0	+ 25 0	+ 29 0	+ 32 0	+ 36 0	+ 40 0
H 7	+ 40 + 0	+ 12 0	+ 15 0	+ 18 0	+ 21 0	+ 25 0	+ 30 0	+ 35 0	+ 40 0	+ 46 0	+ 52 0	+ 57 0	+ 97 0
H 8	+ 14 + 0	+ 18 0	+ 22 0	+ 27 0	+ 33 0	+ 39 0	+ 46 0	+ 54 0	+ 63 0	+ 72 0	+ 81 0	+ 89 0	+ 97 0
H 9	+ 25 0	+ 30 0	+ 36 0	+ 43 0	+ 52 0	+ 62 0	+ 74 0	+ 87 0	+ 100 0	+ 115 0	+ 130 0	+ 140 0	+ 155 0
H 10	+ 40 0	+ 48 0	+ 58 0	+ 70 0	+ 84 0	+ 100 0	+ 120 0	+ 140 0	+ 160 0	+ 185 0	+ 210 0	+ 230 0	+ 250 0
H 11	+ 60 0	+ 75 0	+ 90 0	+ 110 0	+ 130 0	+ 160 0	+ 190 0	+ 210 0	+ 250 0	+ 290 0	+ 320 0	+ 360 0	+ 400 0
H 12	+ 100 0	+ 120 0	+ 150 0	+ 180 0	+ 210 0	+ 250 0	+ 300 0	+ 350 0	+ 400 0	+ 460 0	+ 520 0	+ 570 0	+ 630 0
H 13	+ 140 0	+ 180 0	+ 220 0	+ 270 0	+ 330 0	+ 390 0	+ 460 0	+ 540 0	+ 630 0	+ 720 0	+ 810 0	+ 890 0	+ 970 0
J 7	+ 4 - 6	+ 6 - 6	+ 8 - 7	+ 10 - 8	+ 12 - 9	+ 14 - 11	+ 18 - 12	+ 22 - 13	+ 26 - 14	+ 30 - 16	+ 36 - 16	+ 39 - 18	+ 43 - 20
K 6	0 - 6	+ 2 - 6	+ 2 - 7	+ 2 - 9	+ 2 - 11	+ 3 - 13	+ 4 - 15	+ 4 - 18	+ 4 - 21	+ 5 - 24	+ 5 - 27	+ 7 - 29	+ 8 - 32
K 7	0 - 10	+ 3 - 9	+ 5 - 10	+ 6 - 12	+ 6 - 15	+ 7 - 18	+ 9 - 21	+ 10 - 25	+ 12 - 28	+ 13 - 33	+ 16 - 36	+ 17 - 40	+ 18 - 45
M 7	- 2 - 12	0 - 12	0 - 15	0 - 18	0 - 21	0 - 25	0 - 30	0 - 35	0 - 40	0 - 46	0 - 52	0 - 57	0 - 63
N 7	- 4 - 14	- 4 - 16	- 4 - 19	- 5 - 23	- 7 - 28	- 8 - 33	- 9 - 39	- 10 - 45	- 12 - 52	- 14 - 60	- 14 - 66	- 16 - 73	- 17 - 80
N 9	- 4 - 29	- 0 - 30	- 0 - 36	0 - 43	0 - 52	0 - 62	0 - 74	0 - 87	0 - 100	0 - 115	0 - 130	0 - 140	0 - 155
P 6	- 6 - 12	- 9 - 17	- 12 - 21	- 15 - 26	- 18 - 31	- 21 - 37	- 26 - 45	- 30 - 52	- 36 - 61	- 41 - 70	- 47 - 79	- 51 - 87	- 55 - 95
P 7	- 6 - 18	- 8 - 20	- 9 - 24	- 11 - 29	- 14 - 31	- 17 - 42	- 21 - 51	- 24 - 59	- 28 - 68	- 33 - 79	- 36 - 88	- 41 - 98	- 45 - 108
P 9	- 9 - 31	- 12 - 42	- 15 - 51	- 18 - 61	- 22 - 74	- 26 - 88	- 32 - 106	- 37 - 124	- 43 - 143	- 50 - 165	- 56 - 186	- 62 - 202	- 68 - 223

Tabla A3.- Tolerancias para árboles o ejes en μm (micrómetros)

EJE	Hasta 3 incluido	3 a 6 incluido	6 a 10	10 a 18	18 a 30	30 a 50	50 a 80	80 a 120	120 a 180	180 a 250	250 a 315	315 a 400	400 a 500
a 10	- 270 - 330	- 270 - 345	- 280 - 370	- 290 - 400	- 300 - 430	- 320 - 470	- 360 - 530	- 410 - 600	- 580 - 710	- 820 - 950	- 1050 - 1240	- 1350 - 1560	- 1650 - 1900
c 11	- 60 - 120	- 70 - 145	- 80 - 170	- 95 - 205	- 110 - 240	- 130 - 280	- 150 - 330	- 180 + 390	- 230 - 450	- 280 - 530	- 330 - 620	- 400 - 720	- 480 - 840
d 9	- 20 - 45	- 30 - 60	- 40 - 75	- 50 - 93	- 65 - 117	- 80 - 142	- 100 - 174	- 120 - 207	- 145 - 245	- 170 - 285	- 190 - 320	- 210 - 350	- 230 - 385
d 10	- 20 - 60	- 30 - 78	- 40 - 98	- 50 - 120	- 65 - 149	- 80 - 180	- 100 - 200	- 120 - 250	- 145 - 305	- 170 - 355	- 190 - 400	- 210 - 440	- 230 - 480
d 11	- 20 - 80	- 30 - 105	- 40 - 130	- 50 - 160	- 65 - 195	- 80 - 240	- 100 - 290	- 120 - 340	- 145 - 395	- 170 - 460	- 190 - 510	- 210 - 570	- 230 - 630
e 7	- 14 - 24	- 20 - 32	- 25 - 40	- 32 - 50	- 40 - 61	- 50 - 75	- 60 - 90	- 72 - 107	- 85 - 125	- 100 - 146	- 110 - 162	- 125 - 182	- 135 - 198
e 8	- 14 - 28	- 20 - 38	- 25 - 47	- 32 - 59	- 40 - 73	- 50 - 89	- 60 - 106	- 72 - 126	- 85 - 148	- 100 - 172	- 110 - 191	- 125 - 214	- 135 - 232
e 9	- 14 - 39	- 20 - 50	- 25 - 61	- 32 - 75	- 40 - 92	- 50 - 112	- 60 - 134	- 72 - 159	- 85 - 185	- 100 - 215	- 110 - 240	- 125 - 265	- 135 - 290
f 6	- 6 - 12	- 10 - 18	- 13 - 22	- 16 - 27	- 20 - 33	- 25 - 41	- 30 - 49	- 36 - 58	- 43 - 68	- 50 - 79	- 56 - 88	- 62 - 98	- 68 - 108
f 7	- 6 - 16	- 10 - 22	- 13 - 28	- 16 - 34	- 20 - 41	- 25 - 50	- 30 - 60	- 36 - 71	- 43 - 83	- 50 - 96	- 56 - 106	- 62 - 119	- 68 - 131
f 8	- 6 - 20	- 10 - 28	- 13 - 35	- 16 - 43	- 20 - 53	- 25 - 64	- 30 - 76	- 36 - 90	- 43 - 106	- 50 - 122	- 56 - 137	- 62 - 151	- 68 - 165
g 5	- 2 - 6	- 4 - 9	- 5 - 11	- 6 - 14	- 7 - 16	- 9 - 20	- 10 - 23	- 12 - 27	- 14 - 32	- 15 - 35	- 17 - 40	- 18 - 43	- 20 - 47
g 6	- 2 - 8	- 4 - 12	- 5 - 14	- 6 - 17	- 7 - 20	- 9 - 25	- 10 - 29	- 12 - 34	- 14 - 39	- 15 - 44	- 17 - 49	- 18 - 54	- 20 - 60
h 5	0 - 4	0 - 5	0 - 6	0 - 8	0 - 9	0 - 11	0 - 13	0 - 15	0 - 18	0 - 20	0 - 23	0 - 25	0 - 27
h 6	0 - 6	0 - 8	0 - 9	0 - 11	0 - 13	0 - 16	0 - 19	0 - 22	0 - 25	0 - 29	0 - 32	0 - 36	0 - 40
h 7	0 - 10	0 - 12	0 - 15	0 - 18	0 - 21	0 - 25	0 - 30	0 - 35	0 - 40	0 - 46	0 - 52	0 - 57	0 - 63
h 8	0 - 14	0 - 18	0 - 22	0 - 27	0 - 33	0 - 39	0 - 46	0 - 54	0 - 63	0 - 72	0 - 81	0 - 89	0 - 97
h 9	0 - 25	0 - 30	0 - 36	0 - 43	0 - 52	0 - 62	0 - 74	0 - 87	0 - 100	0 - 115	0 - 130	0 - 140	0 - 155
h 10	0 - 40	0 - 48	0 - 58	0 - 70	0 - 84	0 - 100	0 - 120	0 - 140	0 - 160	0 - 185	0 - 210	0 - 230	0 - 250
h 11	0 - 60	0 - 75	0 - 90	0 - 110	0 - 130	0 - 160	0 - 190	0 - 220	0 - 250	0 - 290	0 - 320	0 - 360	0 - 440
h 13	0 - 140	0 - 180	0 - 220	0 - 270	0 - 330	0 - 390	0 - 460	0 - 540	0 - 630	0 - 720	0 - 810	0 - 890	0 - 970
j 6	+ 4 - 2	+ 6 - 2	+ 7 - 2	+ 8 - 3	+ 9 - 4	- 11 - 5	+ 12 - 7	+ 13 - 9	+ 14 - 11	+ 16 - 13	+ 16 - 16	+ 18 - 18	+ 20 - 20
js 5	+ 2 - 2	+ 2.5 - 2.5	+ 3 - 3	+ 4 - 4	+ 4.5 - 4.5	+ 5.5 - 5.5	+ 6.5 - 6.5	+ 7.5 - 7.5	+ 9 - 9	+ 10 - 10	+ 11.5 - 11.5	+ 12.5 - 12.5	+ 13.5 - 13.5
js 6	+ 3 - 3	+ 4 - 4	+ 4.5 - 4.5	+ 5.5 - 5.5	+ 6.5 - 6.5	+ 8 - 8	+ 9.5 - 9.5	+ 11 - 11	+ 12.5 - 12.5	+ 14.5 - 14.5	+ 16 - 16	+ 18 - 18	+ 20 - 20
js 9	+ 12 - 12	+ 15 - 15	+ 18 - 18	+ 21 - 21	+ 26 - 26	+ 31 - 31	+ 37 - 37	+ 43 - 43	+ 50 - 50	+ 57 - 57	+ 65 - 65	+ 70 - 70	+ 77 - 77
js 11	+ 30 - 30	+ 37 - 37	+ 45 - 45	+ 55 - 55	+ 65 - 65	+ 80 - 80	+ 95 - 95	+ 110 - 110	+ 125 - 125	+ 145 - 145	+ 160 - 160	+ 180 - 180	+ 200 - 200
k 5	+ 4 0	+ 6 + 1	+ 7 + 1	+ 9 + 1	+ 11 + 2	+ 13 + 2	+ 15 + 2	+ 18 + 3	+ 21 + 3	+ 24 + 4	+ 27 + 4	+ 29 + 4	+ 32 + 5
k 6	+ 6 0	+ 9 + 1	+ 10 + 1	+ 12 + 1	+ 15 + 2	+ 18 + 2	+ 21 + 2	+ 25 + 3	+ 28 + 3	+ 33 + 4	+ 36 + 4	+ 40 + 4	+ 45 + 5

m 5	+ 6 + 2	+ 9 + 4	+ 12 + 6	+ 15 + 7	+ 17 + 8	+ 20 + 9	+ 24 + 11	+ 28 + 13	+ 33 + 15	+ 37 + 17	+ 43 + 20	+ 46 + 21	+ 50 + 23
m 6	+ 8 + 2	+ 12 + 4	+ 15 + 6	+ 18 + 7	+ 21 + 8	+ 25 + 9	+ 30 + 11	+ 35 + 13	+ 40 + 15	+ 46 + 17	+ 52 + 20	+ 57 + 21	+ 63 + 23
n 6	+ 10 + 4	+ 16 + 8	+ 19 + 10	+ 23 + 12	+ 28 + 15	+ 33 + 17	+ 39 + 20	+ 45 + 23	+ 52 + 27	+ 60 + 31	+ 66 + 34	+ 73 + 37	+ 80 + 40
p 6	+ 12 + 6	+ 20 + 12	+ 24 + 15	+ 29 + 18	+ 35 + 22	+ 42 + 26	+ 51 + 32	+ 59 + 37	+ 68 + 43	+ 79 + 50	+ 88 + 56	+ 98 + 62	+ 108 + 68