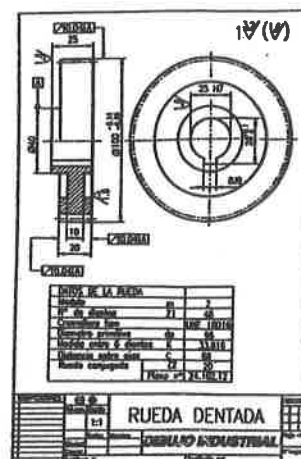


EL DIBUJO INDUSTRIAL



El ingeniero es una persona a la que cada vez se le exigen mayores dotes de creatividad. Una vez que se ha planteado el problema técnico, el ingeniero busca una solución basándose en su imaginación, inteligencia, conocimientos profesionales y dotes deductivas. Esta solución deberá ser planteada y comunicada, primero al ingeniero mismo, durante los procesos de abstracción mental que tienen lugar a lo largo de la realización del proyecto, y después a los demás.

La comunicación presenta diversas formas de expresión: oral, quizá la más habitual; escrita y, por último, un lenguaje universalmente admitido que es el dibujo. Existen distintos tipos de dibujo, pero el que el ingeniero va a utilizar fundamentalmente es el dibujo técnico.

El dibujo técnico es el lenguaje a través del cual el técnico, por un lado registra sus ideas y la información exterior y, por otro las comunica a otras personas para su materialización práctica.

Por otra parte, mientras el ingeniero no sea capaz de pensar gráficamente, sus limitaciones creativas son enormes y tendrá grandes problemas para resolver correctamente un determinado problema técnico.

Para que el dibujo técnico sea verdaderamente útil y cumpla los requisitos de medio de expresión y comunicación debe tener varias características: gráfico, universal y preciso.

El dibujo técnico es un lenguaje gráfico en el que las palabras se sustituyen por representaciones formadas por líneas, cifras y símbolos. Es el modo más directo y simple de comunicación entre técnicos, con el taller, con la obra, con el montaje, etc.

La característica de universalidad es también básica. De igual forma que el lenguaje oral y escrito es diferente para cada idioma, la universalidad de la expresión gráfica hace que una representación gráfica pueda ser comprendida por técnicos con independencia del idioma.

Es de gran importancia que todos los diseñadores sigan unas normas claras y precisas en la representación para no interpretar erróneamente el diseño o el producto. Estas reglas se establecen en cada país por medio de los organismos de normalización como es el caso de AENOR (Asociación Española para la Normalización) en España, AFNOR en Francia, DIN en Alemania, ANSI, ASA y ASTM en Estados Unidos, ISO a nivel internacional, o más recientemente las Normas Europeas (EN). Estos organismos, a su vez, están relacionados entre sí para que no existan discrepancias entre las normas de unos países y las de otros. De hecho, la tendencia actual es la de adoptar las mismas normas para todos ellos.

Las normas de aplicación para el dibujo se refieren a los sistemas de representación, normas de presentación (tamaño del papel, cuadro de rotulación, etc.), representación de elementos (vistas, cortes, símbolos, etc), series de valores normalizados para elementos, etc.

Por último, la precisión del dibujo es también necesaria, ya que en un plano o en un conjunto de planos debe quedar perfectamente plasmado todo lo necesario para llevar a cabo la ejecución material del proyecto (dimensiones, materiales, montajes, etc.).

Actualmente existe la tendencia a unificar todas las normas equivalentes en una única norma. Sin embargo todavía en la industria se sigue utilizando la norma DIN en designaciones de elementos normalizados, como se verá en este libro, especialmente en los ejercicios, debido a que es lo que está más extendido en el mundo industrial.

1.1. Tipos de dibujos técnicos

Según su finalidad, existen distintos tipos de dibujos, reflejados y clasificados por la norma DIN 199. Aunque hay muchos tipos de planos, los principales son:

1.1.1. Según el tipo de representación

- **Croquis:** es una representación realizada en la mayoría de los casos a mano alzada que no utiliza necesariamente formas, medidas y normas. Sirve de base para la realización de un dibujo o de un plano (figura 1.1).
- **Dibujo o plano:** representación realizada a escala, en la medida de lo posible, con las vistas, cortes, cotas y demás datos necesarios en cada caso (figura 1.1).

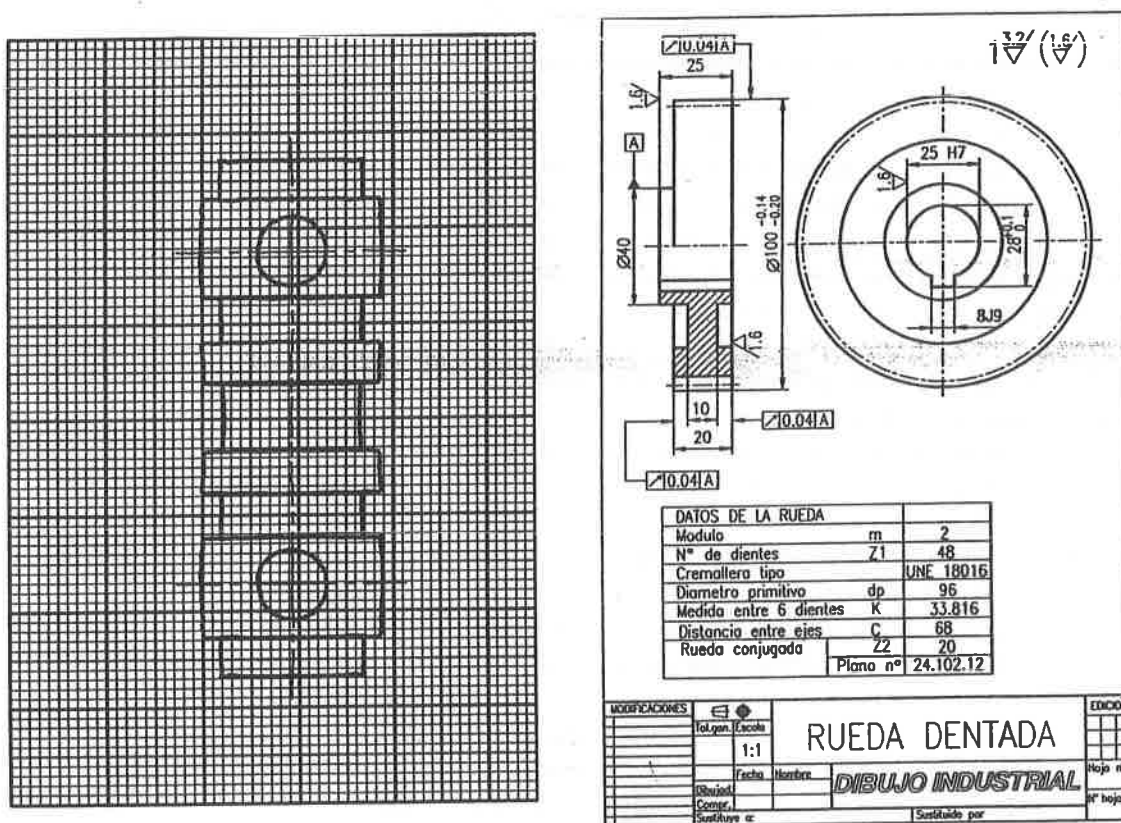


FIGURA 1.1. Croquis (Izq.). Dibujo o plano (Dcha.).

1.1.2. Según el contenido

- **Dibujo de conjunto o general:** representación que muestra una instalación, una construcción, una máquina, un aparato, etc., en condiciones de funcionamiento y, por consiguiente, montada con todos sus componentes.

La forma más habitual de plano de conjunto es la que aparece en la figura 1.2. El plano debe contener toda la información necesaria en forma de las vistas adecuadas para poder identificar todas las piezas que lo componen, poder ubicarlas y situarlas en el conjunto e incluso poder interpretar el funcionamiento del conjunto. No es neces-

rio que se vea en perfecto detalle cómo son todas las piezas elementales (para ello están los dibujos de despiece).

Si no es suficiente un solo plano de conjunto para la definición del contenido necesario, se pueden utilizar varios dibujos de grupo parciales (o subconjuntos) y un dibujo general donde se defina el montaje de estos grupos.

En el plano de conjunto, cada pieza está identificada por un número correlativo, empezando por el 1, denominado *marca*.

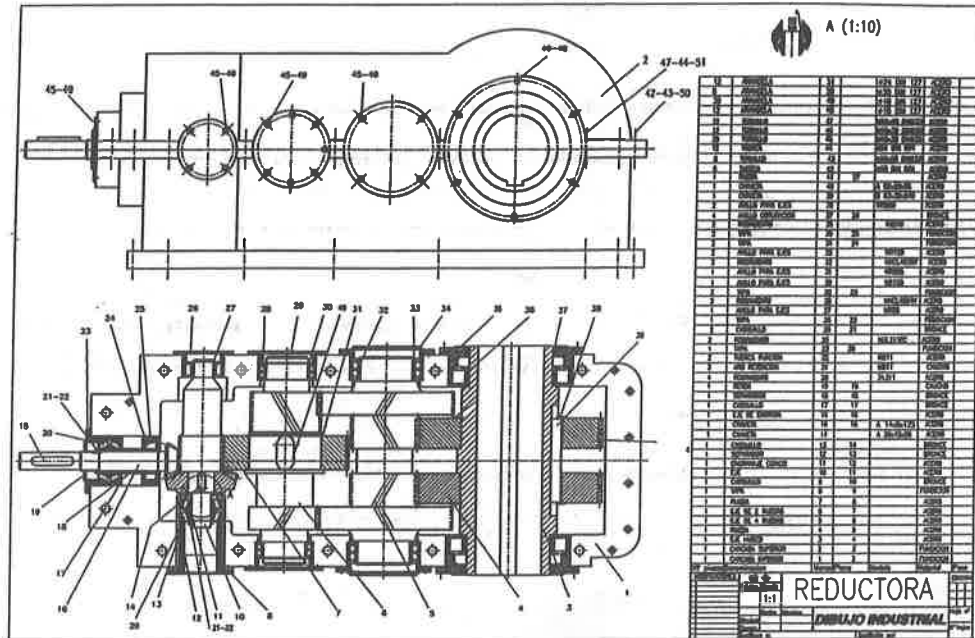


FIGURA 1.2. Dibujo de conjunto o general.

En casos particulares, y según la aplicación que se quiera dar al dibujo de conjunto, éste puede recibir denominaciones particulares, tales como:

- *Dibujo de montaje*: representación que reúne las partes, grupos, etc., con todas las indicaciones y cotas necesarias para su montaje.

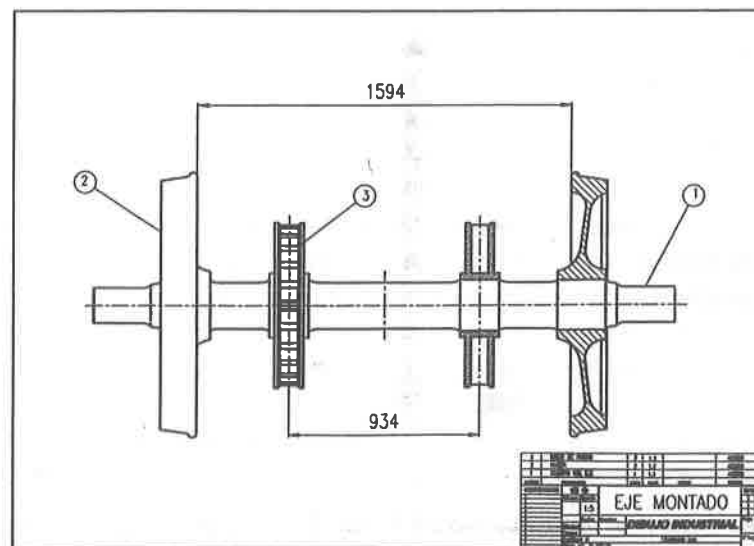


FIGURA 1.3. Dibujo de montaje.

- **Dibujo explosionado:** plano en el que aparece una perspectiva explosionada del conjunto con indicación de todas las referencias del conjunto (o en su caso, las marcas de cada pieza) y la forma en que están unidas entre sí (figura 1.4). Se utiliza fundamentalmente en catálogos de repuestos.

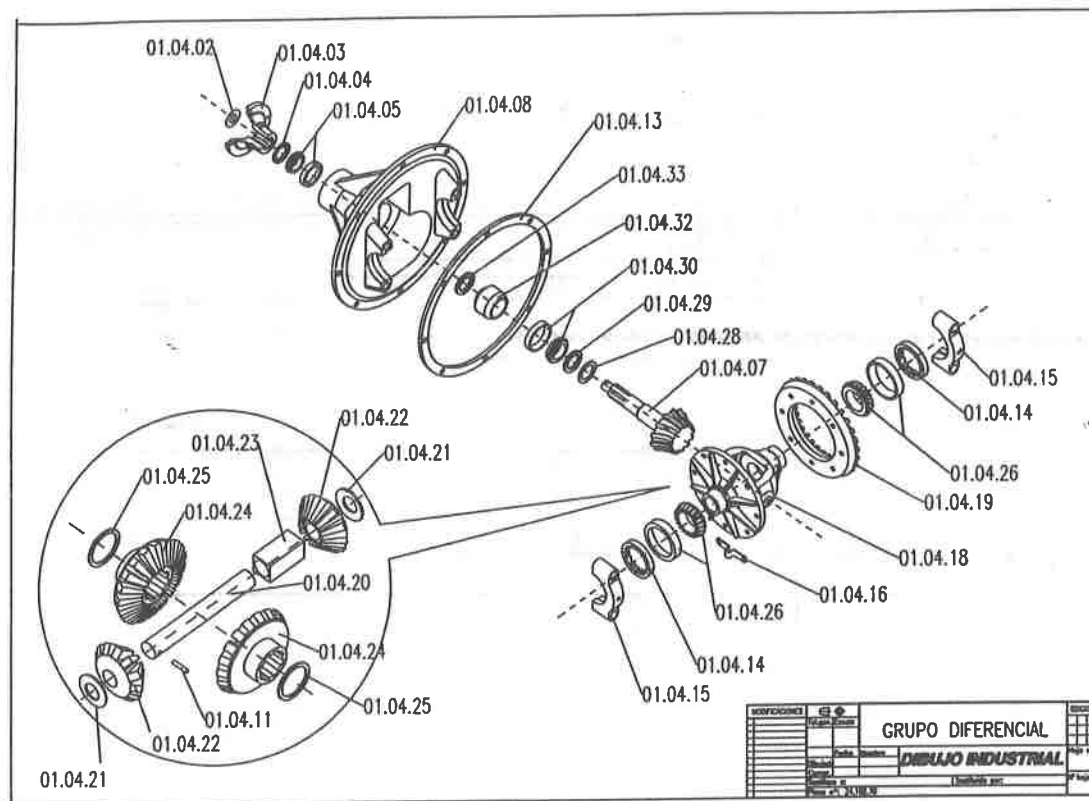


FIGURA 1.4. Conjunto explosionado.

- **Dibujo de grupo:** representación de un grupo del conjunto, que consta de una o varias partes unidas entre sí (por ejemplo, planos de soldadura).
- **Dibujo de despiece:** dibujo de una pieza aislada que contiene toda la información necesaria para la definición de la pieza, de modo que sea posible su fabricación (ejecución) por lo que debe incluir todas las indicaciones necesarias para la misma.

Los planos de piezas en bruto indican la forma, dimensiones y materiales de las piezas fundidas, prensadas o forjadas sin mecanizar (figura 1.5a). Son los planos que sirven para la definición posterior de los moldes, estampas, etc.

Los planos de pieza terminada (llamados también *planos de despiece*) se utilizan para definir las piezas individuales en el plano de conjunto (figura 1.5b).

Para un plano de despiece debe elegirse el conjunto de vistas que lo definan mejor. Debe procurarse elegir el menor número de vistas posibles. Siempre que se pueda, las piezas deben disponerse de la misma posición que el plano de conjunto, es decir, en su posición de funcionamiento.

Este tipo de planos debe contener toda la información necesaria para la posterior construcción y ejecución de la pieza (representación adecuada, cotas, signos de mecanizado, tolerancias, etc.).

El plano de pieza en bruto lleva normalmente el mismo número que el plano de la pieza terminada y, además de la designación de la pieza, la indicación de "pieza en bruto".



- En la figura 1.6 aparece un plano que es a la vez dibujo de medidas (aparecen las medidas principales) y dibujo colectivo (aparecen cotas paramétricas).



- **Esquema:** dibujo que representa de forma simbólica el diagrama funcional y de componentes de una instalación o un montaje determinado. Pueden ser de varios tipos: eléctricos, electrónicos, hidráulicos, neumáticos, cinemáticos, etc. Las figuras 1.7a y 1.7b muestran varios ejemplos.

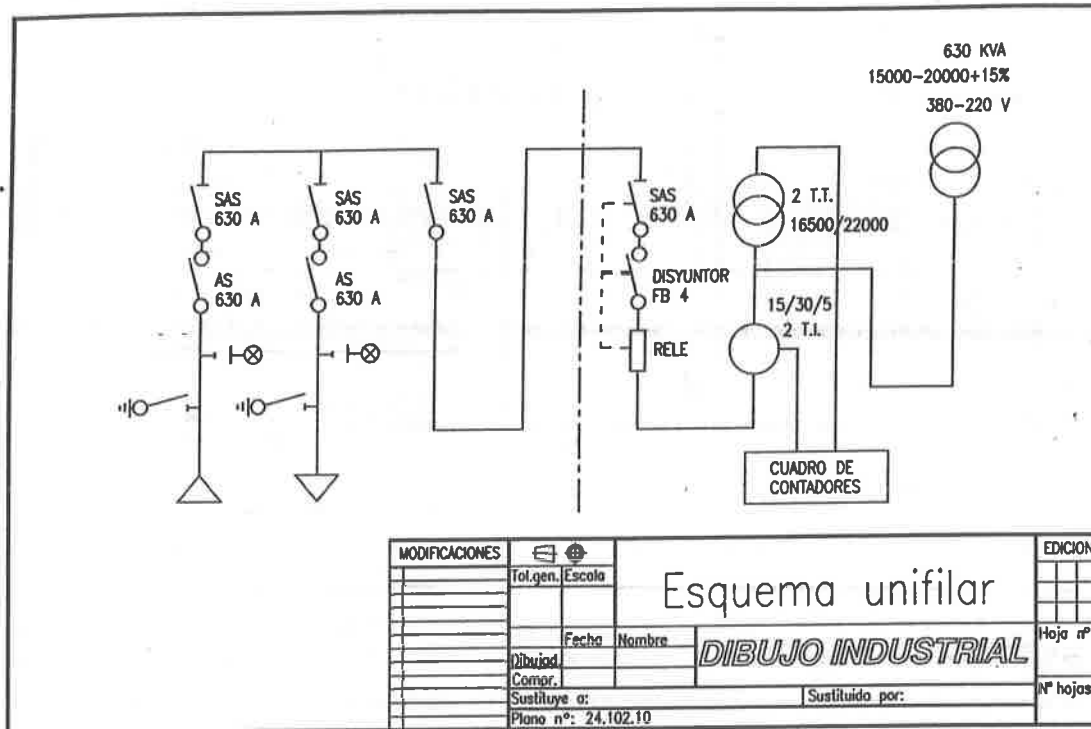


FIGURA 1.7a. Esquema unifilar.

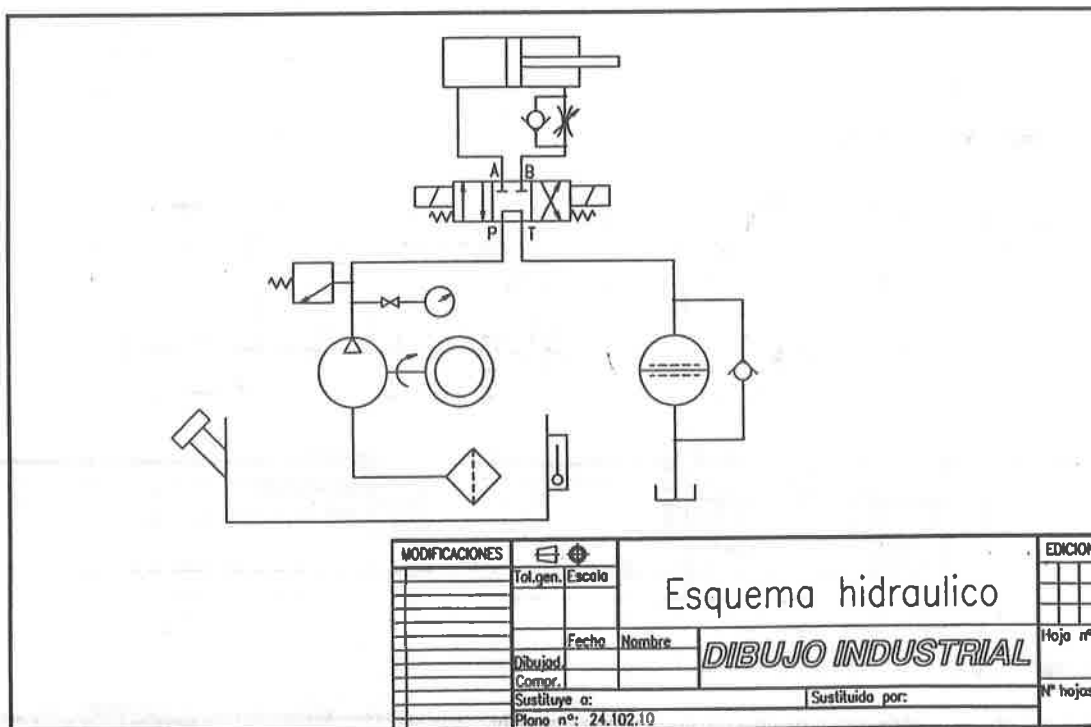


FIGURA 1.7b. Esquema hidráulico.

1.1.3. Según la clase de confección

- *Original*: dibujo resultante de su ejecución por primera vez (también llamado *dibujo primitivo*). Un original se confecciona a mano o con un sistema CAD, y en la mayoría de los casos se ejecuta sobre papel transparente.
- *Reproducción*: copia heliográfica, por procedimiento fotográfico, por impresión o por cualquier otro método, hecha a partir de un original.

1.2. Contenido de un dibujo técnico

Todo dibujo técnico debe estar compuesto por el dibujo propiamente dicho, situado dentro de un recuadro o marco, y por el cuadro de rotulación o cajetín. El dibujo contiene y representa la información necesaria para definir la pieza, el conjunto, o aquello que se pretenda representar en él. El cuadro de rotulación contiene toda la información necesaria para identificar el plano.

1.3. Cuadro de rotulación

El contenido del cuadro de rotulación aparece especificado en la norma UNE 1-035-95. Debe incluir la siguiente información:

ZONA DE IDENTIFICACIÓN

- Número de registro o de identificación del dibujo.
- Título del dibujo.
- Propietario legal del dibujo (razón social, etc.).

ZONAS DE INFORMACIONES SUPLEMENTARIAS

- *Datos indicativos* (todos ellos facultativos; únicamente son obligatorios en el caso de que la representación no pueda comprenderse sin la información suplementaria):
 - Símbolo que indica el método de proyección (primer o tercer diedro).
 - Escala principal del dibujo.
 - Unidad dimensional lineal, si es diferente del milímetro.
- *Datos técnicos*, relativos a los métodos y convenios particulares para los dibujos:
 - El método de indicación de los estados superficiales.
 - El método de indicación de las tolerancias geométricas.
 - Los valores de las tolerancias generales que van a aplicarse si no se indican las tolerancias específicas para la acotación.
 - Otras normas de aplicación.
- *Datos de utilización*, que dependen de los métodos utilizados para el uso del dibujo:
 - Los dibujos de hojas múltiples identificadas por un mismo número de dibujo deben marcarse con números correlativos de hoja, seguidos preferentemente por el número total de hojas que tenga la serie, por ejemplo: hoja nº 5/6.
 - El formato de la hoja de dibujo.
 - La fecha de la realización del dibujo.
 - El índice de revisión del dibujo (Sustituido por: Sustituye a:).
 - La fecha y una descripción abreviada de la revisión.
 - Otras informaciones administrativas (por ejemplo las firmas de los responsables del dibujo).

La figura 1.8 muestra un ejemplo de un cuadro de rotulación:


MODIFICACIONES			(IDENTIFICACION)		EDICION			
	Tol.gen.	Escala						
	ISO 2768-mH	1:1						
		Fecha	Nombre	(RAZON SOCIAL)		Hoja nº		
	Dibujad.							
	Compr.							
	Sustituye a:				Sustituido por:			
	Plano nº:				Nº hojas			

FIGURA 1.8. Cuadro de rotulación.

1.4. Formatos de papel y presentación de los elementos gráficos en las hojas de dibujo

La norma UNE 1-026-83 parte 2ª establece las especificaciones necesarias que deben satisfacer los dibujos técnicos respecto a los formatos de papel y la presentación de los elementos gráficos, fijando reglas relativas a la posición y dimensiones del cuadro de rotulación, los márgenes y el recuadro, las señales de centrado, las señales de orientación, la graduación métrica de referencia, el sistema de coordenadas y las señales de corte.

1.4.1. Formatos

El dibujo original debe ejecutarse sobre la hoja de menor formato normalizado que permita la claridad y resolución deseadas.

El formato del dibujo original y de sus reproducciones debe elegirse entre los de las series que figuran en la norma UNE 1-026-83 y que se describen a continuación.

Los formatos preferentes de las hojas ya recortadas, elegidas en la serie principal A de ISO, son:

Tipo	Ancho (mm)	Largo (mm)
A0	841	1.189
A1	594	841
A2	420	594
A3	297	420
A4	210	297

En caso de necesidad de un formato más alargado, se deben utilizar los formatos siguientes (estos formatos se obtienen por alargamiento del lado corto de un formato de la serie A ISO y tienen una longitud igual a un múltiplo de lado corto del formato básico elegido):

Tipo	Ancho (mm)	Largo (mm)
A3 × 3	420	891
A3 × 4	420	1.189
A4 × 3	297	630
A4 × 4	297	841
A4 × 5	297	1.051

En caso de necesidad de un formato muy grande o más alargado, debe utilizarse uno de los formatos siguientes:

Tipo	Ancho (mm)	Largo (mm)
A0×2	1.189	1.682
A0×3	1.189	2.523
A1×3	841	1.783
A1×4	841	2.378
A2×3	594	1.261
A2×4	594	1.682
A2×5	594	2.102
A3×5	420	1.486
A3×6	420	1.783
A3×7	420	2.080
A4×6	297	1.261
A4×7	297	1.471
A4×8	297	1.682
A4×9	297	1.892

Las normas ANSI también ofrecen unos tamaños normalizados de papel. En este caso las unidades de medida son pulgadas (1 pulgada = 25,4 mm) y los tipos de papel así definidos son los que aparecen a continuación:

Tipo	Ancho (")	Largo (")	Tamaño UNE más cercano
A	8,5	11,0	A4
B	11,0	17,0	A3
C	17,0	22,0	A2
D	22,0	34,0	A1
E	34,0	44,0	A0
F	28,0	40,0	—

El trazado de un plano debe ajustarse siempre que sea posible a un tamaño normalizado, aunque en ocasiones excepcionales el plano puede tener un tamaño no normalizado.

En cualquier caso, las copias de planos deben plegarse hasta reducirse al tamaño de un A4 para permitir su inclusión en un proyecto o facilitar su transporte, quedando el cuadro de rotulación siempre a la vista.

Las hojas pueden utilizarse con su lado más largo en posición horizontal o vertical.

1.4.2. Cuadro de rotulación

El cuadro de rotulación se debe situar dentro de la zona de ejecución del dibujo, en la esquina inferior derecha (figura 1.9). El sentido de lectura del cuadro de rotulación será generalmente el del dibujo.

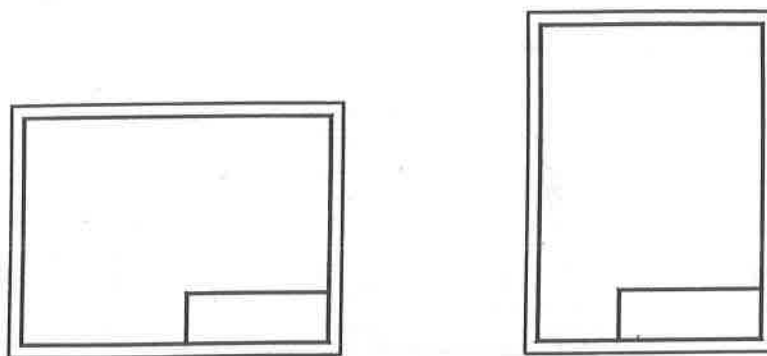


FIGURA 1.9. Situación del cuadro de rotulación.

Si, por disponer de hojas preimpresas como las de la figura 1.9, no se respeta la orientación del dibujo antes indicada, el dibujo se orientará según se muestra en la figura 1.10.

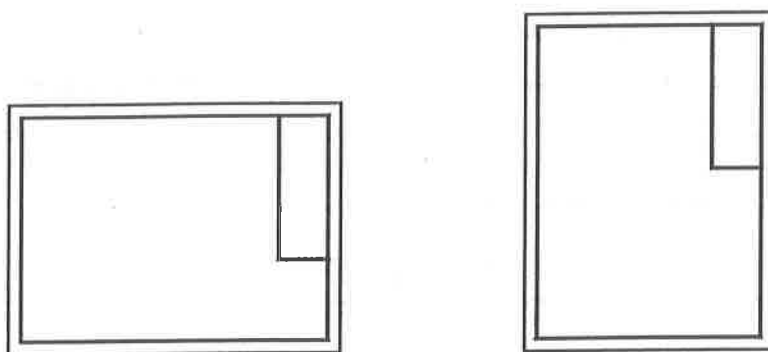


FIGURA 1.10. Situación del cuadro de rotulación cuando no se respeta la orientación básica.

La zona de identificación del cuadro de rotulación debe tener una longitud máxima de 170 mm.

1.4.3. Márgenes y recuadro

En todos los formatos, se deben dejar márgenes entre los bordes del formato final y el recuadro que limita la zona de ejecución del dibujo. Se recomienda que estos márgenes tengan una anchura mínima de 20 mm para A0 y A1, y de 10 mm para A2, A3 y A4.

Se puede prever un margen para las perforaciones para archivo. Este margen debe tener una anchura mínima de 20 mm y situarse a la izquierda del dibujo.

El recuadro o marca que delimita la zona de ejecución debe realizarse con un trazo continuo de 0,5 mm de anchura mínima.

1.4.4. Señales de centrado

En todos los formatos normalizados deben figurar cuatro señales de centrado (figura 1.11) con el fin de facilitar la disposición del dibujo en reproducción o micrografía.

Estas señales se sitúan en los ejes de simetría de la hoja final, sobre el marco del dibujo. Se realizan mediante trazos de anchura mínima de 0,5 mm, que parten de los bordes del formato final y entran aproximadamente 5 mm dentro del recuadro que delimita la zona de ejecución del dibujo.

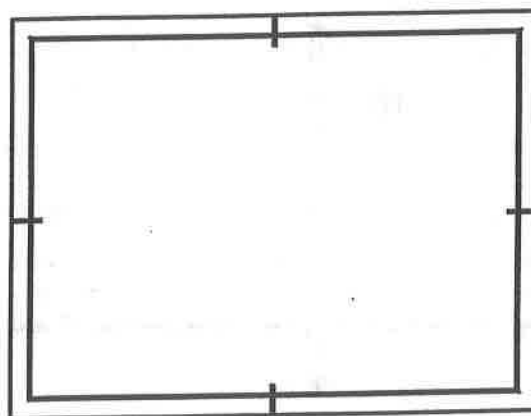


FIGURA 1.11. Señales de centrado.

1.4.5. Señales de orientación

Se pueden situar señales de orientación que indican la posición de la hoja sobre el table-ro de dibujo (figura 1.12).

Estas señales consisten en flechas que se colocan cruzadas sobre el recuadro, una sobre el lado corto y otra sobre el largo, coincidiendo con las señales de centrado de estos lados, de forma que una de las señales apunte hacia la persona que realiza el plano.

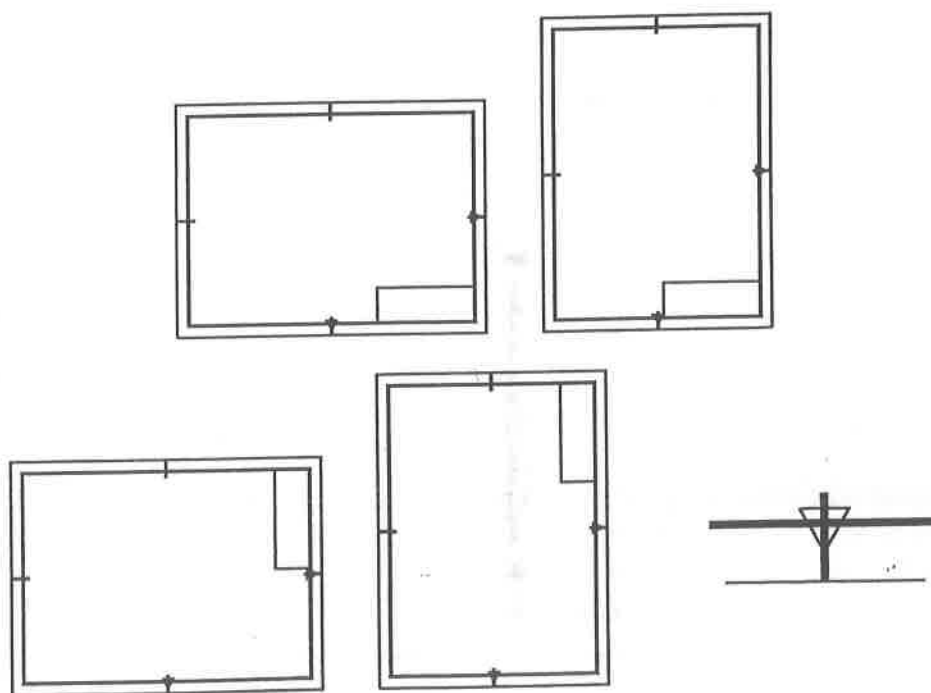


FIGURA 1.12. Señales de orientación.

1.4.6. Graduación métrica de referencia

Se recomienda prever una graduación métrica de referencia sin numerar de una longitud mínima de 100 mm y dividida en cm (figura 1.13).

Es preferible que la graduación métrica de referencia se disponga simétricamente en relación a una señal de centrado. Además debe estar situada en el margen cerca del recuadro, tener una anchura mínima de 5 mm y realizarse con trazos continuos de 0,5 mm de anchura mínima.

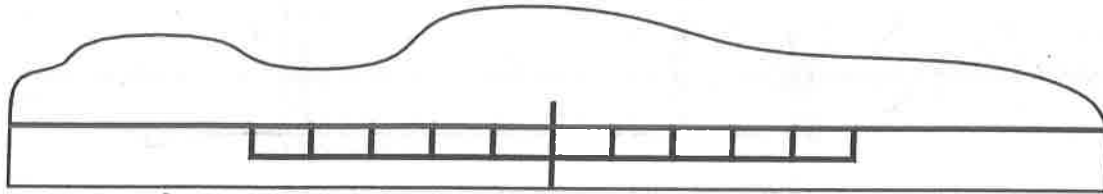


FIGURA 1.13. Graduación métrica de referencia.

1.4.7. Sistema de coordenadas

Es conveniente la previsión de un sistema de coordenadas para todos los formatos cuando el dibujo es complejo, con el fin de facilitar la localización en el dibujo de detalles, modificaciones, etc. (figura 1.14).

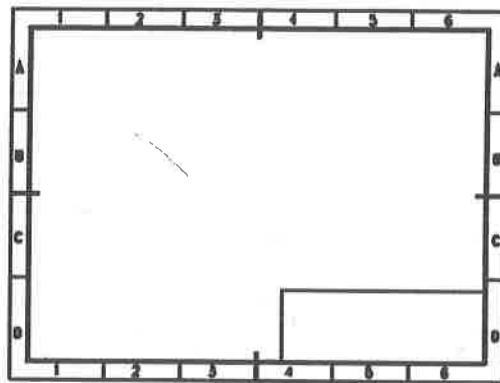


FIGURA 1.14. Sistema de coordenadas.

1.4.8. Señales de corte

Pueden preverse señales de corte en el margen en los cuatro ángulos del formato final, con el fin de facilitar el corte (figura 1.15). Las marcas se pueden señalar mediante triángulos rectángulos isósceles o mediante dos trazos cortos gruesos.



FIGURA 1.15. Señales de corte.

1.5. Rotulación

La norma UNE 1-034-75 especifica las características de los signos y letras utilizados en los dibujos técnicos con vistas a facilitar la legibilidad, la homogeneidad y la aptitud para microfiliación y otros procedimientos de reproducción.

La gama de alturas normalizadas de escritura es 2,5 - 3,5 - 5 - 7 - 10 - 14 - 20 mm.

La escritura puede ser cursiva (con inclinación de 15° a la derecha) o vertical. En la figura 1.16 aparece un ejemplo de escritura normalizada.

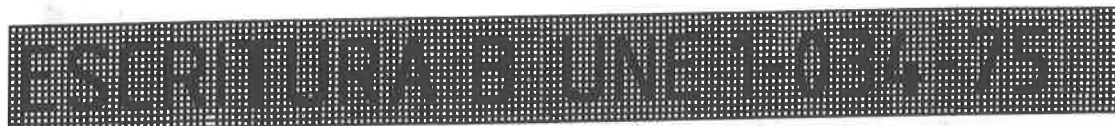


FIGURA 1.16. Ejemplo de rotulación.

1.6. Escalas

Los dibujos siempre deben corresponderse al tamaño original de la pieza o del objeto representado. La relación existente entre el tamaño del dibujo y el tamaño real de la pieza se denomina *escala* del dibujo. Conocida esta relación, siempre se puede medir directamente sobre el plano y conocer la dimensión real. La norma UNE 1-026-83 recomienda el uso de unas determinadas escalas de ampliación y de reducción para los planos técnicos. Estos valores normalizados de escala son:

Escala de ampliación			Escala natural	Escala de reducción		
10:1	5:1	2:1	1:1	1:2	1:5	1:10
	50:1	20:1		1:20	1:50	1:100
				1:200	1:500	1:1.000
				1:2.000	1:5.000	1:10.000

La escala siempre debe consignarse en el plano, en el lugar reservado para ello en el cuadro de rotulación.

1.7. Numeración de planos

La numeración que debe seguir un plano habitualmente no es tan sencilla como una numeración consecutiva empezando por el plano nº 1 y siguiendo con la numeración hasta terminar con el número de planos del proyecto. Normalmente, la organización de una oficina técnica determinada exigirá una codificación específica para la numeración de los planos, de forma que el número de identificación de éstos estará compuesto por varios grupos de cifras y/o letras.

Aunque el sistema de numeración normalmente depende de las normas internas de cada compañía, a modo de ejemplo se podría utilizar el siguiente:

Un primer código que identifique la familia de elementos. Por ejemplo, en la figura 1.17, la cifra "24" que aparece en la numeración del plano significaría la familia de "cajas reductoras".

Un segundo código que identifique el modelo dentro de esa familia de elementos. Por ejemplo, en la figura 1.17, la cifra "102" que aparece en la numeración del plano significaría el modelo 102 de la familia de "cajas reductoras".

Un tercer código que identifique el plano específico dentro del modelo de esa familia de elementos. Por ejemplo, en la figura 1.17, las cifras 10 y 90 que aparecen en la numeración del plano significan planos de despiece de ese modelo (el "90" es el número de plano a que corresponde el plano y el "10" es el plano al que sustituye en una modificación de diseño de este plano).


MODIFICACIONES			RUEDA DENTADA		EDICION
	Tol.gen.	Escala			
		1:1			
		Fecha	Nombre	DIBUJO INDUSTRIAL	Hoja nº
	Dibujad.				
	Compr.			Nº hojas	
	Sustituye a: 24.102.10		Sustituido por:		
	Plano nº: 24.102.90				

FIGURA 1.17. Ejemplo de numeración de planos.

1.8. Referencias a elementos

La norma UNE 1-100-83 establece las reglas generales de utilización y de representación de las referencias en los dibujos técnicos.

Las referencias (*marcas*) deben escribirse utilizando números arábigos. Todas las referencias que figuran en un mismo dibujo deben ser del mismo tipo y tener la misma altura de escritura, debiendo distinguirse claramente de cualquier otra indicación. Esta distinción puede realizarse de varias formas:

- Utilizando caracteres de mayor altura de escritura (por ejemplo, doble de la empleada en la acotación).
- Colocando cada referencia en el interior de un círculo.
- Combinando los dos puntos anteriores.

Las marcas deben situarse fuera de la pieza a la que hacen referencia, y se unen al dibujo por medio de líneas continuas finas denominadas *líneas de referencia*. En ocasiones especiales pueden llevar en el extremo exterior del dibujo un texto, un símbolo o cualquier otra indicación. El extremo opuesto siempre termina de una forma determinada de acuerdo con los siguientes criterios:

- Si la línea de referencia acaba dentro de la pieza o el dibujo, el extremo termina en un punto (figura 1.18a).
- Si la línea se apoya en los contornos del dibujo, el extremo finaliza en una punta de flecha (figura 1.18a).
- Si la línea se apoya sobre una línea de cota, el extremo termina sin punto ni flecha (figura 1.18b).

Las referencias deben disponerse en las mejores condiciones de claridad y legibilidad del dibujo, preferentemente alineadas en filas o en columnas. Se debe seguir un orden de numeración (orden posible de montaje, orden de importancia, cualquier otro orden lógico), según se observa en la figura 1.2.

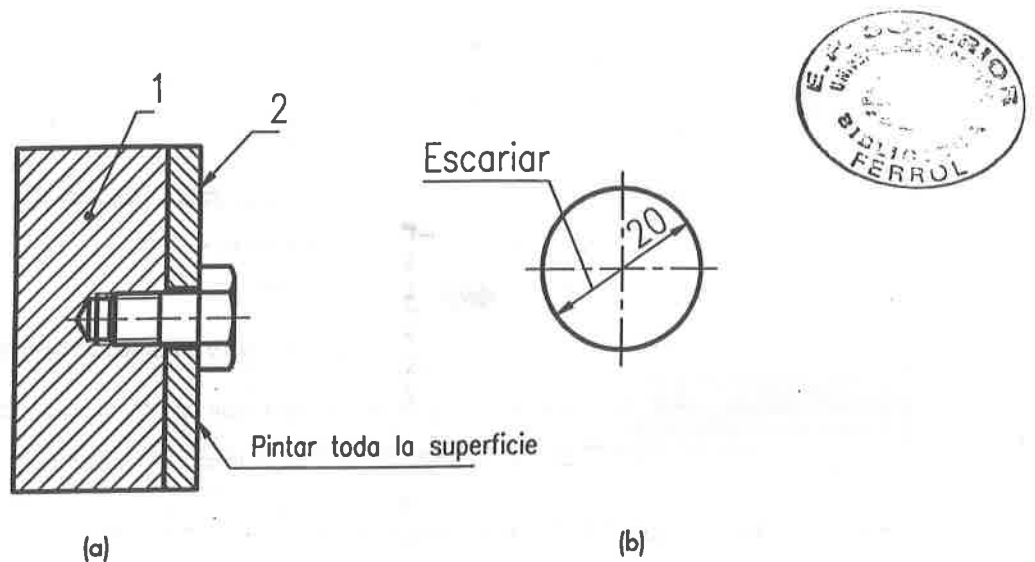


FIGURA 1.18. (a) Líneas de referencia sobre piezas. (b) Líneas de referencia sobre cotas.

Una misma línea de referencia puede incluir varios elementos asociados, si esta asociación está claramente establecida (figura 1.2). Si no existe ningún riesgo de ambigüedad, los elementos repetidos se referencian una sola vez.

1.9. Lista de piezas

La norma UNE 1-135-89 establece la forma de inscribir los datos de los elementos de un plano en el cuadro de rotulación.

La lista de piezas contiene la información descriptiva necesaria para identificar todos los componentes. La información que contiene, distribuida por columnas, es la siguiente (comenzando de izquierda a derecha):

- **Cantidad:** número de veces que aparece en el conjunto la marca referenciada.
- **Denominación:** texto que sirve para identificar el elemento referenciado, como tornillo, tuerca, prensaestopas, carcasa, etc.
- **Marca:** número correlativo que referencia todos los elementos iguales del conjunto.
- **Plano n.º, o Dibujo n.º:** número de referencia del plano de despiece del elemento correspondiente.
- **Modelo o Referencia:** las piezas normalizadas tales como tornillos, tuercas, pasadores, rodamientos, no necesitan planos de despiece ya que con la "designación" quedan perfectamente identificadas. En la casilla de "modelo" se debe consignar la designación del elemento normalizado. Una designación está compuesta por un conjunto de letras y números que definen el elemento y la norma que se ha utilizado para la designación. Por ejemplo: Chaveta A 12x9x50 DIN 6886, Tuerca M20 DIN 934.
- **Material:** material de que está hecha la pieza. Por ejemplo, Acero AP-03 Z UNE 36-086.
- **Peso:** peso de la pieza.
- **Observaciones:** comentarios que resulten de interés para dicha pieza.

[illegible]

FIGURA 1.19. Cuadro de rotulación de un dibujo de conjunto con lista de piezas.

1.10. Plegado de planos

La norma UNE 1-027-75 establece la forma de plegado de planos de papel para archivadores A4. Como norma general, los planos se deben plegar dejando siempre hacia el exterior el cuadro de rotulación, quedando en formato A4 vertical. Primero se dobla en forma de fuelle, realizando tantos dobleces verticales como sean necesarios en función del formato utilizado, y después se pliega con dobleces horizontales, según se ve en la figura 1.20.

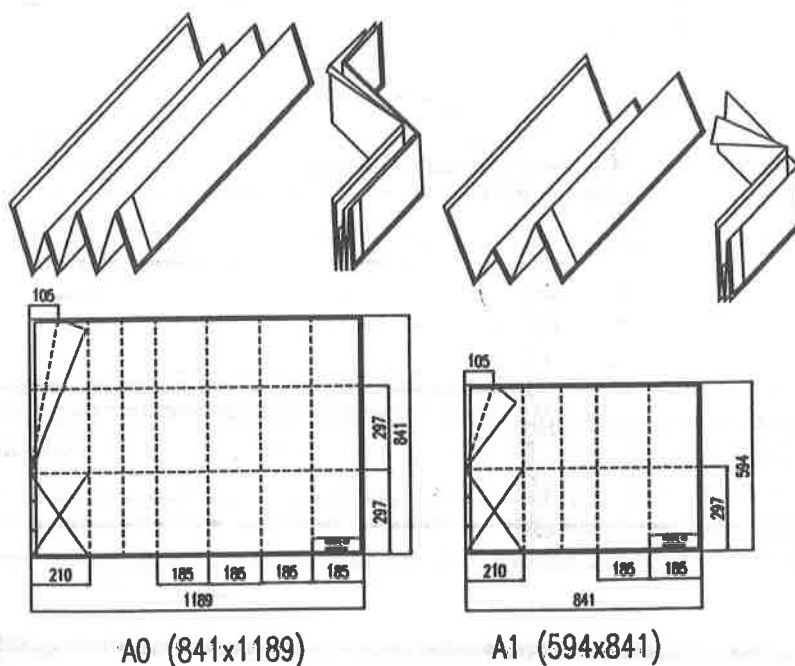


FIGURA 1.20. Plegado de planos para archivadores A4.

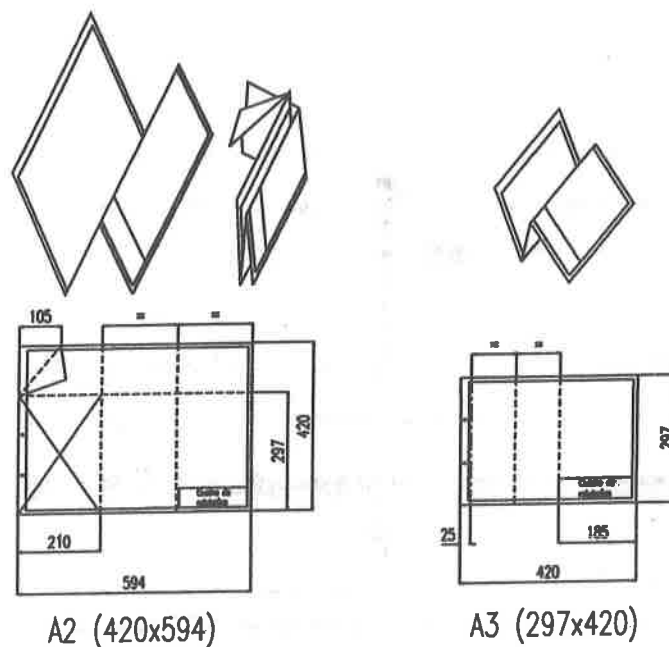


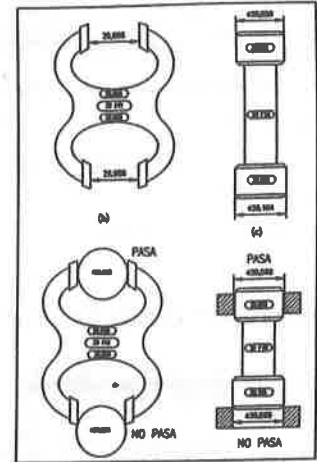
FIGURA 1.20 (continuación). Plegado de planos para archivadores A4.

1.11. Normativa

Además de las normas DIN citadas en todo el capítulo, existen distintas normas UNE de aplicación.

Norma	Título
UNE 1 026 83/1	Dibujos técnicos. Escalas.
UNE 1 026 83/2	Dibujos técnicos. Formatos y representación de los elementos gráficos de las hojas de dibujo.
UNE 1 027 95	Dibujos técnicos. Plegado de planos.
UNE 1 034 71/1	Dibujos técnicos. Escritura. Caracteres corrientes.
UNE 1 035 95	Dibujos técnicos. Cuadro de rotulación.
UNE 1 100 83	Dibujos técnicos. Referencias de los elementos.
UNE 1 110 89	Dibujos técnicos. Condiciones para la minografía.
UNE 1 135 89	Dibujos técnicos. Lista de elementos.

TOMA DE MEDIDAS



Para comprobar si la pieza mecanizada en el taller coincide con el diseño que se ha plasmado en un plano se recurre a la toma de medidas. Los instrumentos de medida cumplen dos funciones principales: la medición y la comparación.

Medir es comparar una dimensión con un aparato de medición. El resultado de la medición es la medida real, que está compuesta por un dato numérico y una unidad, como puede ser 12 mm, 4 m o 67 cm. El valor leído en el instrumento de medida se llama valor de la medida. Verificar es determinar si el objeto que se comprueba corresponde a las medidas exigidas (figura 5.1).

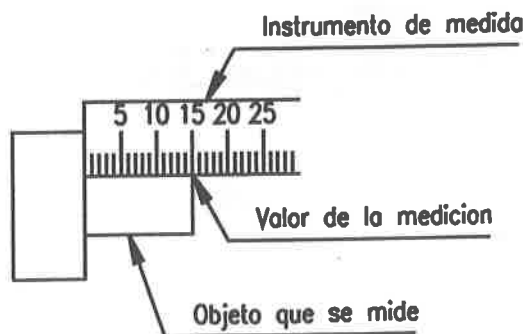


FIGURA 5.1. Medida.

Calibrar es comparar el objeto que se verifica con un calibre. El resultado de la calibración es ver si el objeto sobrepasa un determinado límite.

Los medios de verificación se clasifican en aparatos de medida, calibres y medios auxiliares. Los aparatos de medida existen en forma de aparatos indicadores y de aparatos que materializan la medida.

Los aparatos indicadores de medida son instrumentos con un indicador (pie de rey, micrómetro, medidores de esfera, etc.), mientras que los aparatos que materializan la medida ofrecen la medida entre dos superficies mediante la separación entre dos trazos en el instrumento de medida. El ejemplo más claro son los bloques patrón.

Por lo que se refiere a los calibres, son elementos de verificación que materializan la medida, la forma o ambos conceptos, en la pieza que se está examinando. Van comparando la pieza con un valor que representan e indican por lo tanto las desviaciones hacia el valor correcto.

Los medios auxiliares posibilitan, en combinación con otros medios de verificación, la obtención de una medida correcta.

Añadiremos por último que los aparatos de medida sirven para determinar longitudes y ángulos.

Las longitudes se pueden medir con una regla graduada, un pie de rey, un micrómetro y compases. Las medidas angulares se determinan por medio de escuadras fijas, goniómetros y reglas de senos.

5.1. Medida de longitudes

5.1.1. Regla graduada

El elemento más sencillo para medir longitudes es la regla graduada. Normalmente sus divisiones son milímetros, aunque hay algunos que miden medios milímetros. Un tamaño muy usado es el de 30 cm de longitud, aunque las hay de varias longitudes.

5.1.2. Compases y calibres

Los *compases* (figura 5.2a) y los *calibres de herradura* (figura 5.2b) y *de tampón* (figura 5.2c) sirven para verificar medidas. Éstos son instrumentos donde la magnitud representada permanece fija y por ello permite compararla por toda la pieza. Los calibres de herradura y los de tampón también se denominan calibres pasa-no pasa, ya que materializan la medida máxima permitida y la mínima exigida. Los compases, que pueden ser de exteriores o de interiores, permiten variar la medida que se va a comparar.

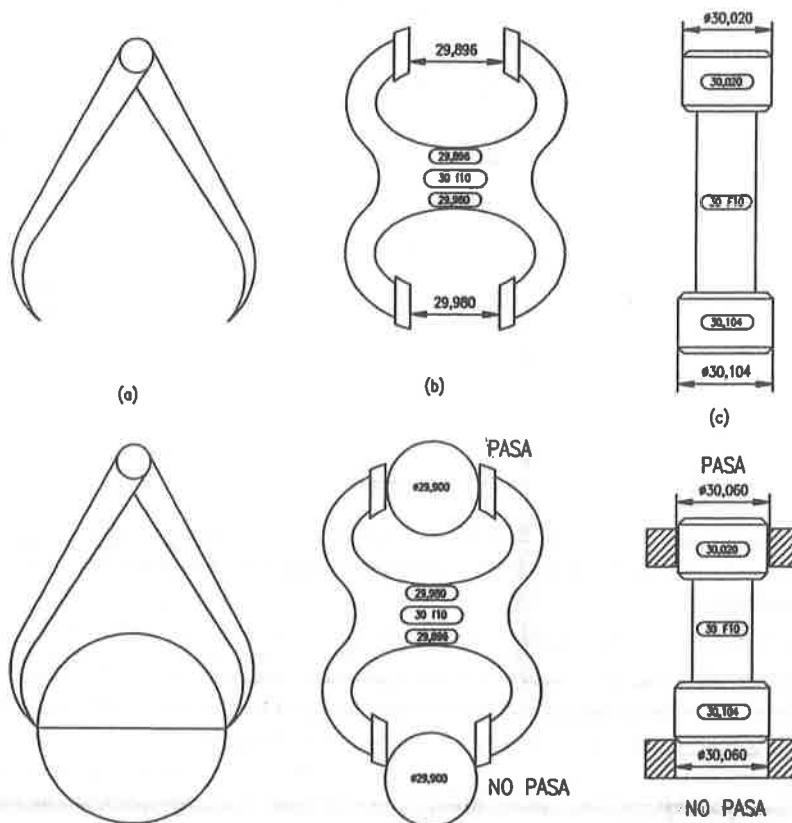


FIGURA 5.2. Compases, calibres de herradura y de tampón.

5.1.3. Pie de rey

El instrumento de medida más extendido es el pie de rey (figura 5.3).

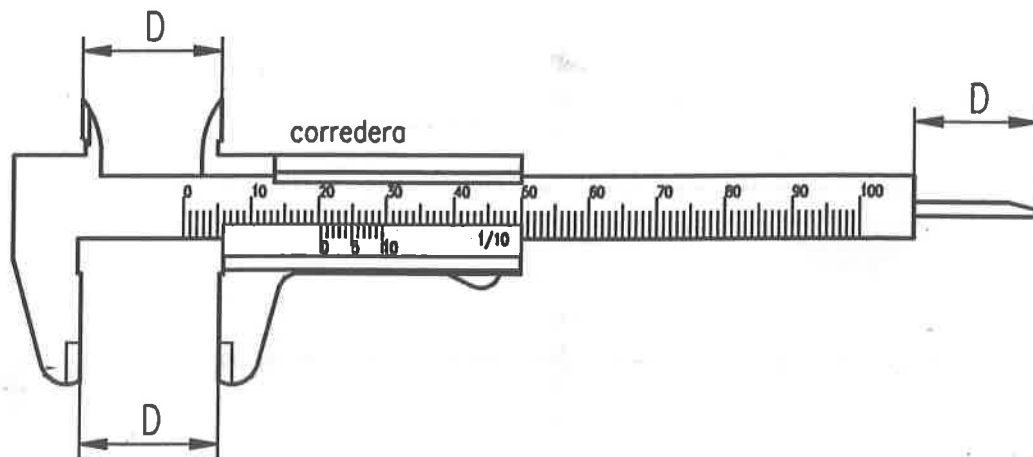


FIGURA 5.3. Pie de rey.

Con el pie de rey se pueden medir dimensiones lineales correspondientes a exteriores, interiores y profundidades (figura 5.4).

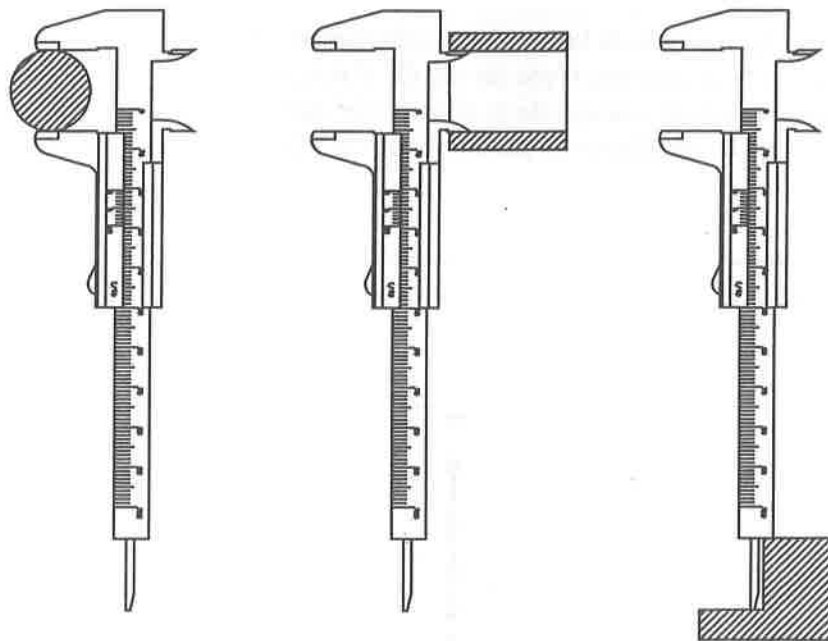


FIGURA 5.4. Medida de exteriores, interiores y profundidades con un pie de rey.

El pie de rey tiene una regla o escala graduada en milímetros y una parte móvil llamada corredera o cursor. En la corredera hay otra escala graduada llamada nonio (o nonius). La precisión del pie de rey viene determinada por la relación entre la longitud de una división de la escala del pie de rey con la longitud de una división de la escala de la corredera. Así, por ejemplo, para medir hasta una precisión de 0,1 mm, el nonio estará dividido en diez partes con una longitud total de 9 mm, estando la escala del pie de rey graduada en milímetros.

De esta forma, la diferencia entre una división de la escala del pie de rey y una división del nonio será de 0,1 mm, que es la precisión del pie de rey en este caso.

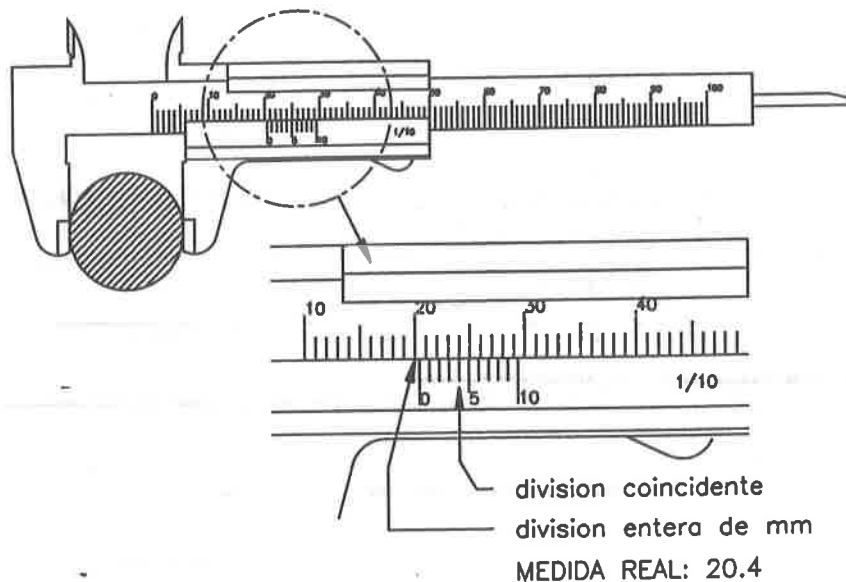


FIGURA 5.5. Medida con un pie de rey.

Para medir con el pie de rey (figura 5.5) se ajustará la apertura de éste a la magnitud que se va a determinar. La medida de la magnitud será tantos milímetros enteros como marque el cero del nonio sobre la escala del pie de rey (la división de la escala justo anterior al cero). La parte decimal será el número de la división del nonio que coincida exactamente con una división de la escala, multiplicada por la precisión (0,1 mm en este caso).

Así, por ejemplo, en la figura 5.5 se indica una medición con un pie de rey de precisión 1/10 mm correspondiente a 20,4 mm. La medida corresponde a una magnitud entera, 20 mm, y a una fracción decimal. Como la división cuatro del nonio coincide con una división exacta de la escala del pie de rey, la fracción decimal de la medida será $4 \times 0,1 = 0,4$ mm.

Como metodología general de medida con un nonius, se deberá obtener en primer lugar la precisión del aparato obtenida como:

$$p = d - \frac{l}{n}$$

donde:

- p : precisión del nonio (mínima medida que se puede apreciar con él).
- d : unidad entera de medida más próxima por exceso a una división del nonius.
- l : longitud real de la regleta del nonius.
- n : número de divisiones en que está dividido el nonius.

5.1.4. Micrómetro

En muchas ocasiones, la exactitud que se alcanza midiendo con un pie de rey, que varía entre 1/10 y 1/20 mm, no es suficiente. Para obtener mediciones más exactas se utiliza el mi-

crómetro o *palmer*, que puede garantizar medidas de precisión hasta 1/100 mm. En la figura 5.6 se muestra un micrómetro.

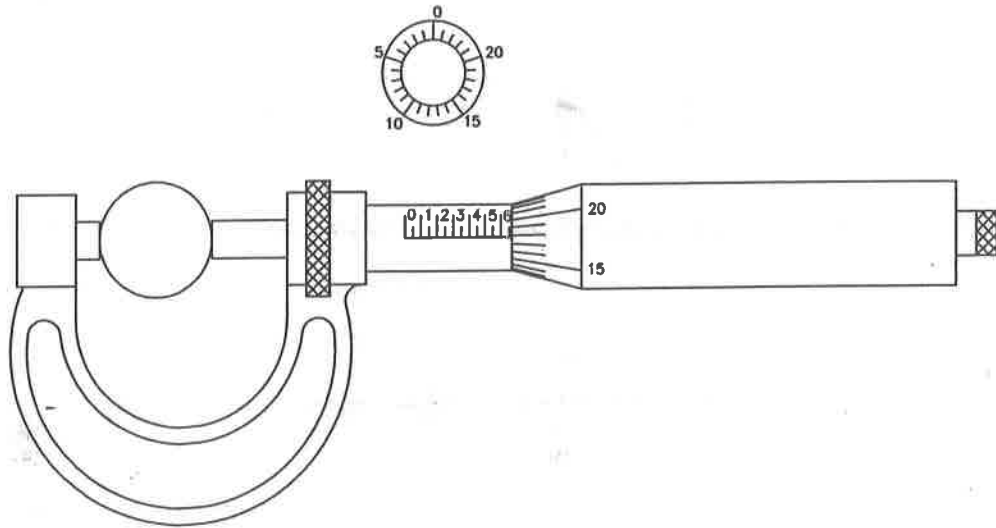


FIGURA 5.6. Palmer o micrómetro.

Para medir con este aparato se coloca la pieza entre los dos extremos del palmer. Por medio de un tornillo se consigue que la horquilla del micrómetro toque sin presionar la pieza, obteniendo así la medición. La rosca del husillo de medida tiene normalmente un paso de 0,5 mm, es decir, una vuelta del tornillo del palmer corresponde a una longitud de 0,5 mm.

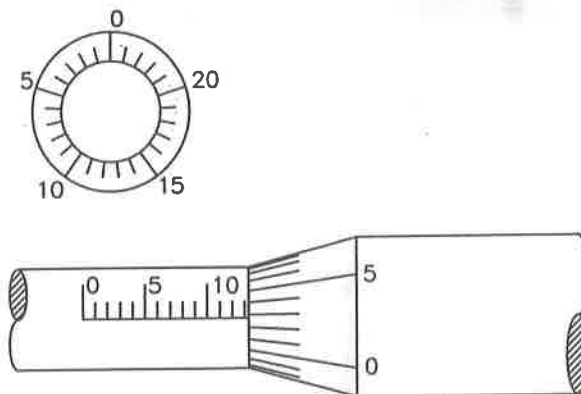


FIGURA 5.7. Medida con un micrómetro.

El micrómetro de la figura 5.7 tiene el tambor dividido en 25 partes. Cuando el tambor gira el valor de una división, el husillo se desplaza 0,5 mm de forma que cada división corresponde a 0,02 mm, que es la precisión del micrómetro. En el canto delantero del tambor se leen los milímetros y medios milímetros. Las centésimas se leen sobre el tambor. De esta forma, la medida indicada en la figura 5.7 corresponde a:

$$6,5 \text{ mm} + 18 \text{ div.} \times 0,02 \text{ mm/div} = 6,86 \text{ mm}$$

5.2. Aparatos para medición de ángulos

Se entiende por ángulo la diferencia de direcciones de dos rectas que parten de un mismo punto. En el taller se emplean predominantemente magnitudes de ángulos fijos, por ejemplo 30° , 90° , 60° , 45° , 120° , 135° .

Para verificar y trazar ángulos rectos se utiliza la escuadra de 90° . Con objeto de poder satisfacer las distintas condiciones de precisión exigidas existen cuatro grados de exactitud: las escuadras de filo, las escuadras normales, las escuadras de taller del n° I y las de taller del n° II.

Durante su uso la escuadra no debe ladearse (figura 5.8). Las discrepancias se denotan por el procedimiento de la rendija de luz.

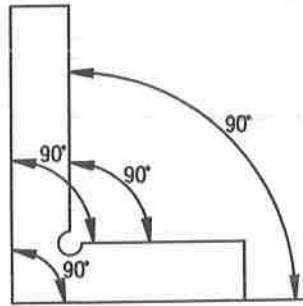


FIGURA 5.8. Escuadra.

Para la verificación se emplean plantillas de ángulos muy diversos, según la pieza que se quiere comprobar (figura 5.9).



FIGURA 5.9. Verificación de ángulos.

Es necesario verificar las escuadras y las plantillas de cuando en cuando, ya que los perfiles se desgastan con el uso.

Las plantillas de ángulos son bloques de acero que materializan determinadas magnitudes angulares por medio de la colocación de las superficies de medición.

Están escalonadas formando juegos, por ejemplo; 1° , 3° , 15° , 30° , 45° , $1'$, $3'$, $5'$, $10'$, $25'$, $40'$, $20''$, $30''$ que permite componer cualquier ángulo de 0° a 90° escalonados de 10° en 10° (figura 5.10).

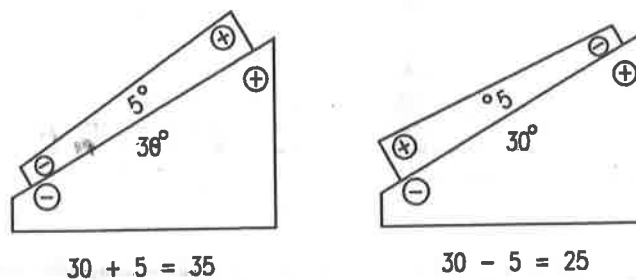


FIGURA 5.10. Plantillas de ángulos.

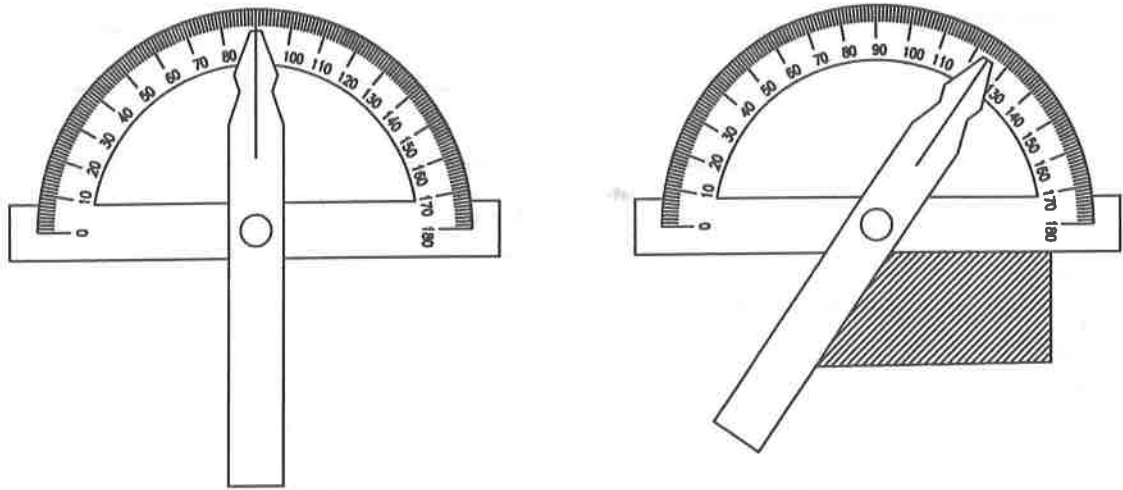


FIGURA 5.11. Transportador de ángulos.

El transportador simple u ordinario (figura 5.11) hace posible la lectura de grados enteros. Con los buenos transportadores se pueden apreciar incluso cuartos de grado. El transportador universal (figura 5.12) está fabricado para dar mayor precisión en las medidas que el transportador simple. Por medio de una escala auxiliar (nonio o vernier) se aumenta la exactitud de la lectura a cinco minutos. El lado móvil del instrumento puede adaptarse a cualquier ángulo.

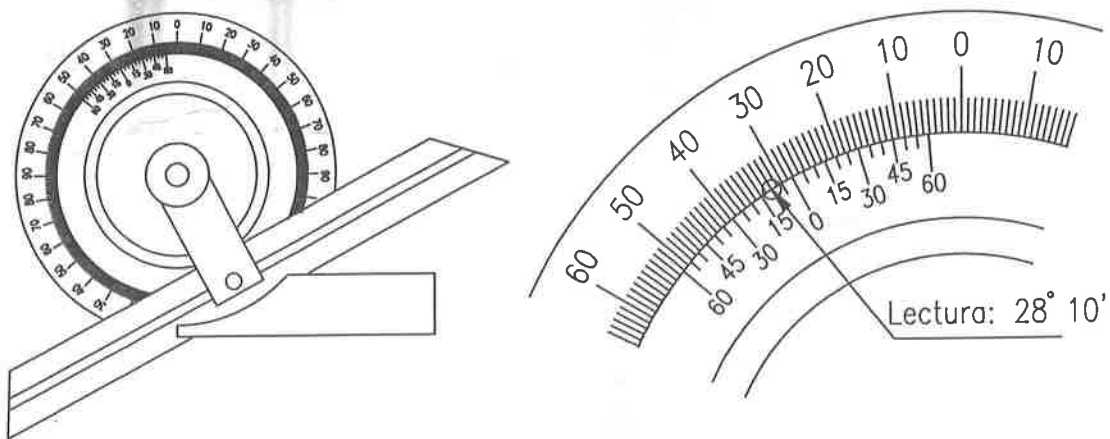


FIGURA 5.12. Transportador universal.

El nonius de la figura 5.12 comprende 23° divididos en 12 divisiones. De esta forma, la precisión del transportador será:

$$p = 23^\circ / 12 = 1/12^\circ = 5'$$

La medida obtenida en la figura 5.12 corresponderá a :

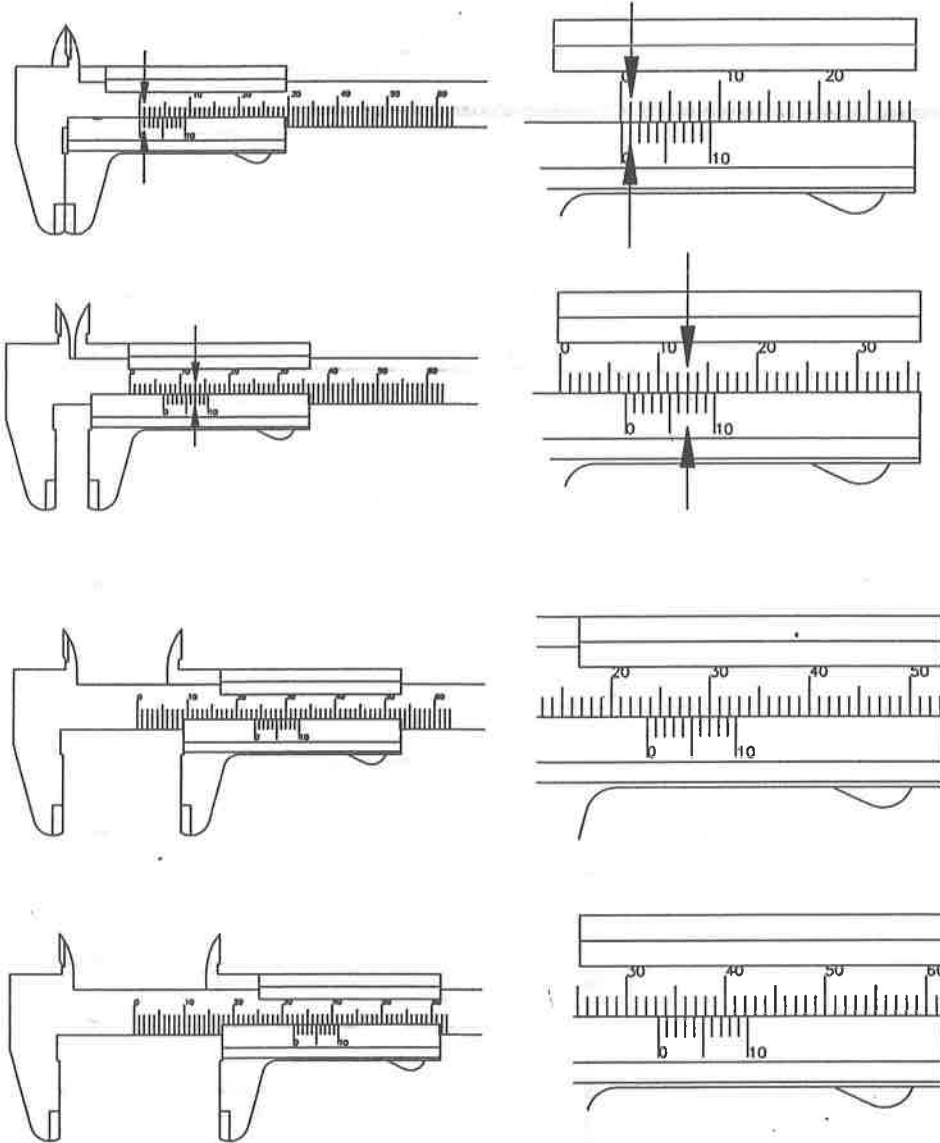
$$28^\circ + 2 \text{ div.} \times 5' / \text{div.} = 28^\circ 10'$$

5.3. Ejercicios resueltos

EJERCICIO 5.1

Medir con un pie de rey. La regla está graduada en milímetros. El nonio tiene 10 divisiones de $9/10$ mm cada una, siendo por tanto la longitud total del nonio de 9 mm. Se pide:

- ¿Cuál es la precisión del pie de rey?
- ¿Cuál es la medida o separación entre las patas del pie de rey en cada una de las figuras siguientes?



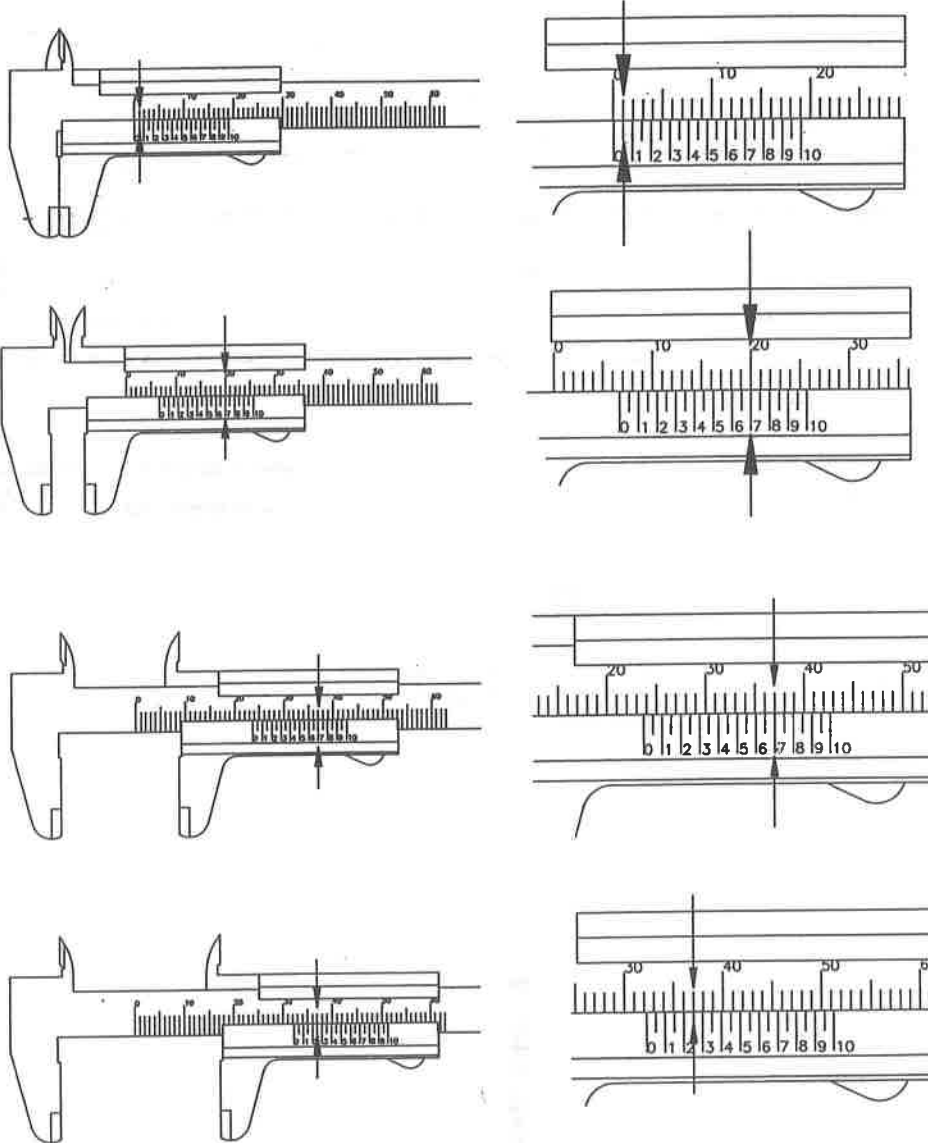
SOLUCIÓN:

$$\begin{aligned}
 \text{Precisión} &= 1 - 0,9 = 0,1 \text{ mm} \\
 \text{Medida 1} &= 0 + 1 \times 0,1 = 0,1 \text{ mm} \\
 \text{Medida 2} &= 6 + 7 \times 0,1 = 6,7 \text{ mm} \\
 \text{Medida 3} &= 23 + 7 \times 0,1 = 23,7 \text{ mm} \\
 \text{Medida 4} &= 33 + 2 \times 0,1 = 33,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

EJERCICIO 5.2

Medición con un pie de rey. La regla está graduada en mm. El nonio está dividido en 20 partes iguales totalizando 19 mm. Se pide:

- a) ¿Cuál es la precisión del pie de rey?
 b) ¿Cuál es la medida o separación entre patas en las figuras siguientes?



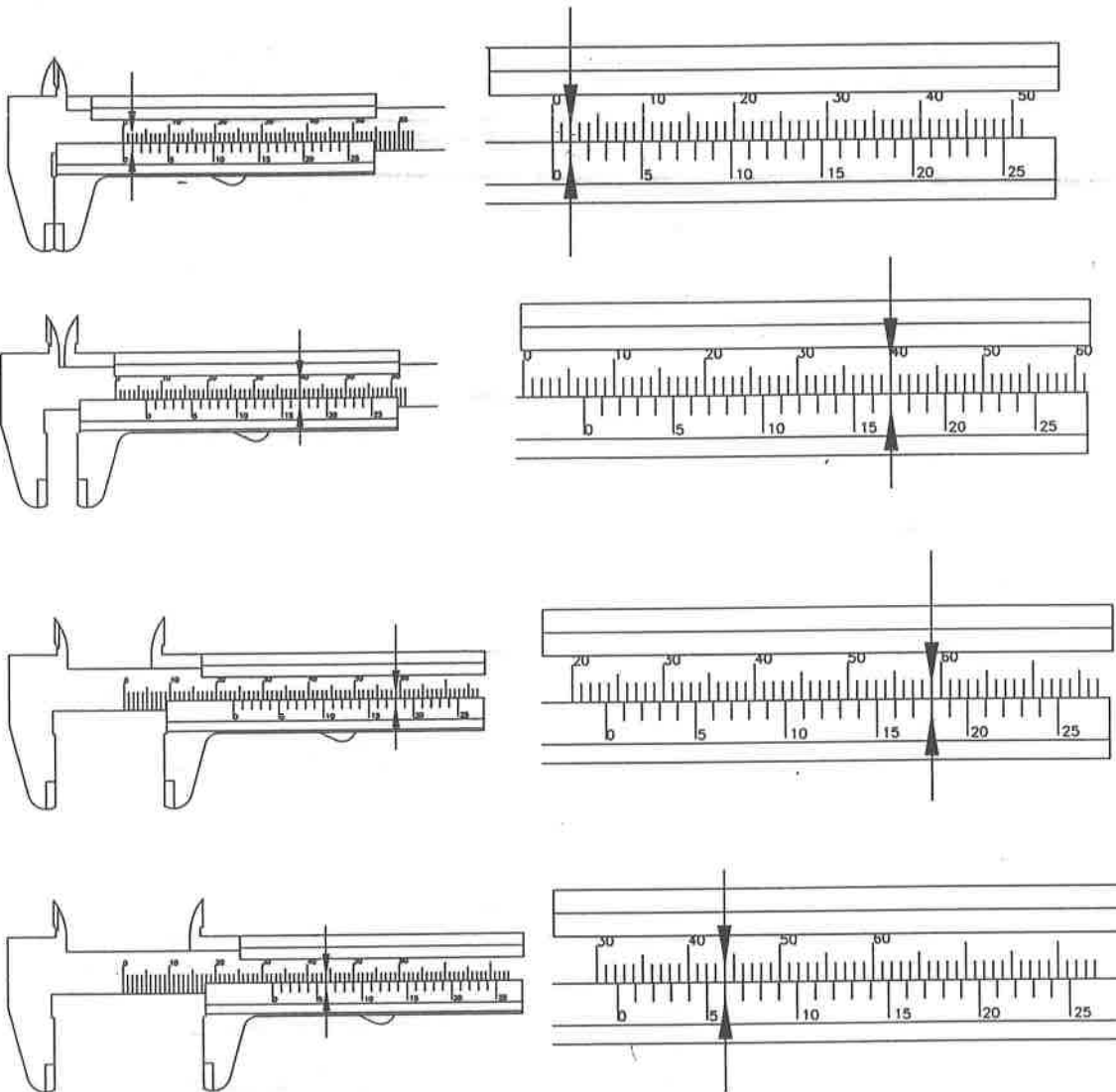
SOLUCIÓN:

$$\begin{aligned}
 \text{Precisión} &= 1 - 0,95 = 0,05 \text{ mm} \\
 \text{Medida 1} &= 0 + 1 \times 0,05 = 0,05 \text{ mm} \\
 \text{Medida 2} &= 6 + 14 \times 0,05 = 6,7 \text{ mm} \\
 \text{Medida 3} &= 23 + 14 \times 0,05 = 23,7 \text{ mm} \\
 \text{Medida 4} &= 32 + 5 \times 0,05 = 32,25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

EJERCICIO 5.3

Medición con un pie de rey. La regla está graduada en mm. El nonio está dividido en 25 partes iguales totalizando 49 mm. Se pide:

- ¿Cuál es la precisión del pie de rey?
- ¿Cuál es la medida o separación entre patas en las figuras siguientes?



SOLUCIÓN:

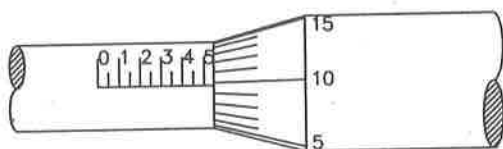
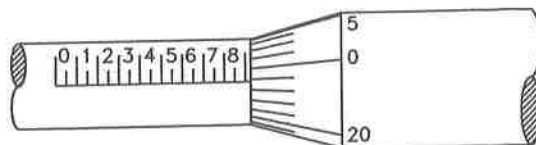
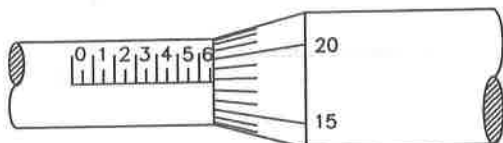
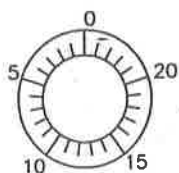
$$\begin{aligned}
 \text{Precisión} &= 2 - 1,96 = 0,04 \text{ mm} \\
 \text{Medida 1} &= 0 + 1 \times 0,04 = 0,04 \text{ mm} \\
 \text{Medida 2} &= 6 + 17 \times 0,04 = 6,68 \text{ mm} \\
 \text{Medida 3} &= 23 + 18 \times 0,04 = 23,72 \text{ mm} \\
 \text{Medida 4} &= 32 + 6 \times 0,04 = 32,24 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

EJERCICIO 5.4

En la figura se presenta un micrómetro graduado en milímetros. En este caso, la escala está dividida en divisiones de $1/2$ mm, siendo el paso del micrómetro 0,5 mm. La circunferencia del tambor está dividida en 25 partes iguales.

Se pide:

- Precisión del micrómetro.
- ¿Cuántas vueltas es necesario dar al tambor para que el tope se desplace 20,66 mm?
- ¿Es posible medir con este micrómetro exactamente 5,58 mm?
- Lectura en los micrómetros representados en las figuras siguientes.



SOLUCIÓN:

$$\text{Precisión} = 0,5 / 25 = 0,02 \text{ mm}$$

$$20,66 \text{ mm} = 41,32 \text{ vueltas} = 41 \text{ v} + 0,32 \times 25 \text{ div} = 41 \text{ v} + 8 \text{ div}$$

$$5,58 \text{ mm} = 11,16 \text{ vueltas} = 11 \text{ v} + 0,16 \times 25 \text{ div} = 11 \text{ v} + 4 \text{ div}$$

$$\text{Medida 1} = 6,5 + 18 \times 0,02 = 6,86 \text{ mm}$$

$$\text{Medida 2} = 9 + 24 \times 0,02 = 9,48 \text{ mm}$$

$$\text{Medida 3} = 5 + 10 \times 0,02 = 5,20 \text{ mm}$$

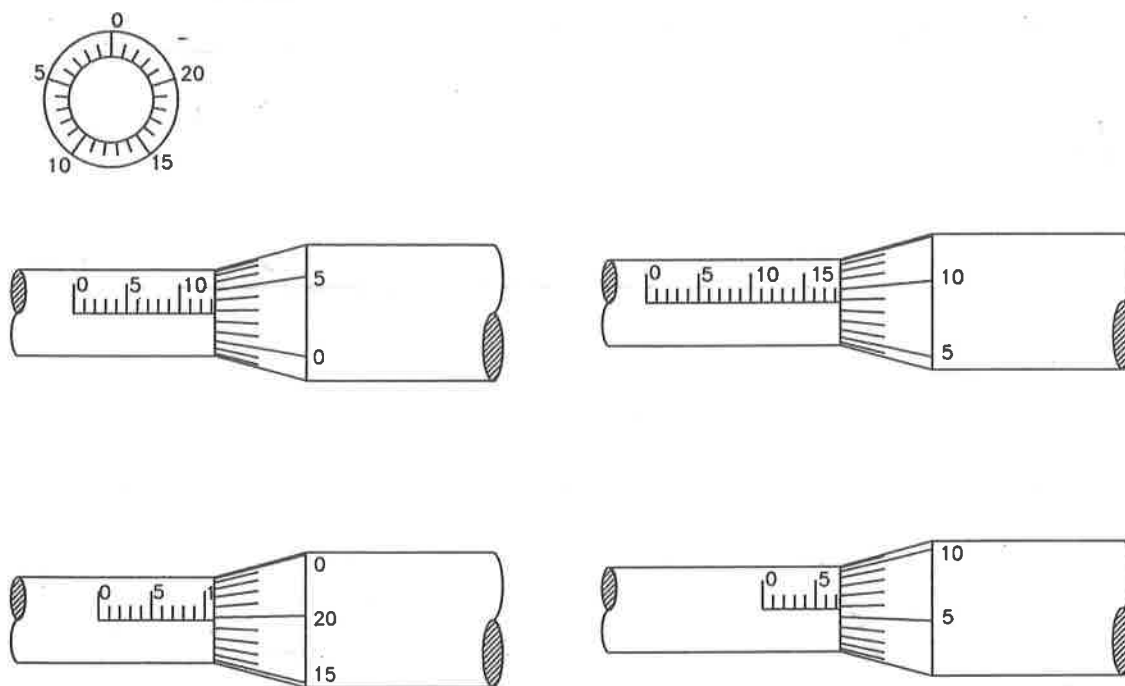
$$\text{Medida 4} = 3,5 + 11 \times 0,02 = 3,72 \text{ mm}$$

EJERCICIO 5.5

En la figura se presenta un micrómetro graduado en milímetros. En este caso, la escala está dividida en divisiones de 1 mm, siendo el paso del micrómetro 1 mm. La circunferencia del tambor está dividida en 25 partes iguales.

Se pide:

- Precisión del micrómetro.
- ¿Cuántas vueltas es necesario dar al tambor para que el tope se desplace 20,66 mm?
- ¿Es posible medir con este micrómetro exactamente 5,58 mm?
- Lectura en los micrómetros representados en las figuras siguientes.



SOLUCIÓN:

$$\text{Precisión} = 1 / 25 = 0,04 \text{ mm}$$

$$20,66 \text{ mm} = 20,66 \text{ vueltas} = 20 \text{ v} + 0,66 \times 25 \text{ div} = 20 \text{ v} + 16 \text{ div} \text{ ó } 20 \text{ v} + 17 \text{ div}$$

$$5,58 \text{ mm} = 5,58 \text{ vueltas} = 5 \text{ v} + 0,58 \times 25 \text{ div} = 5 \text{ v } 14,5 \text{ div}$$

$$\text{por lo que se medirá: } 5 \text{ v } 14 \text{ div} = 5,56 \text{ mm} \text{ ó } 5 \text{ v } 15 \text{ div} = 5,60 \text{ mm}$$

$$\text{Medida 1} = 13 + 3 \times 0,04 = 13,12 \text{ mm}$$

$$\text{Medida 2} = 18 + 9 \times 0,04 = 18,36 \text{ mm}$$

$$\text{Medida 3} = 10 + 20 \times 0,04 = 10,80 \text{ mm}$$

$$\text{Medida 4} = 7 + 6 \times 0,04 = 7,24 \text{ mm}$$