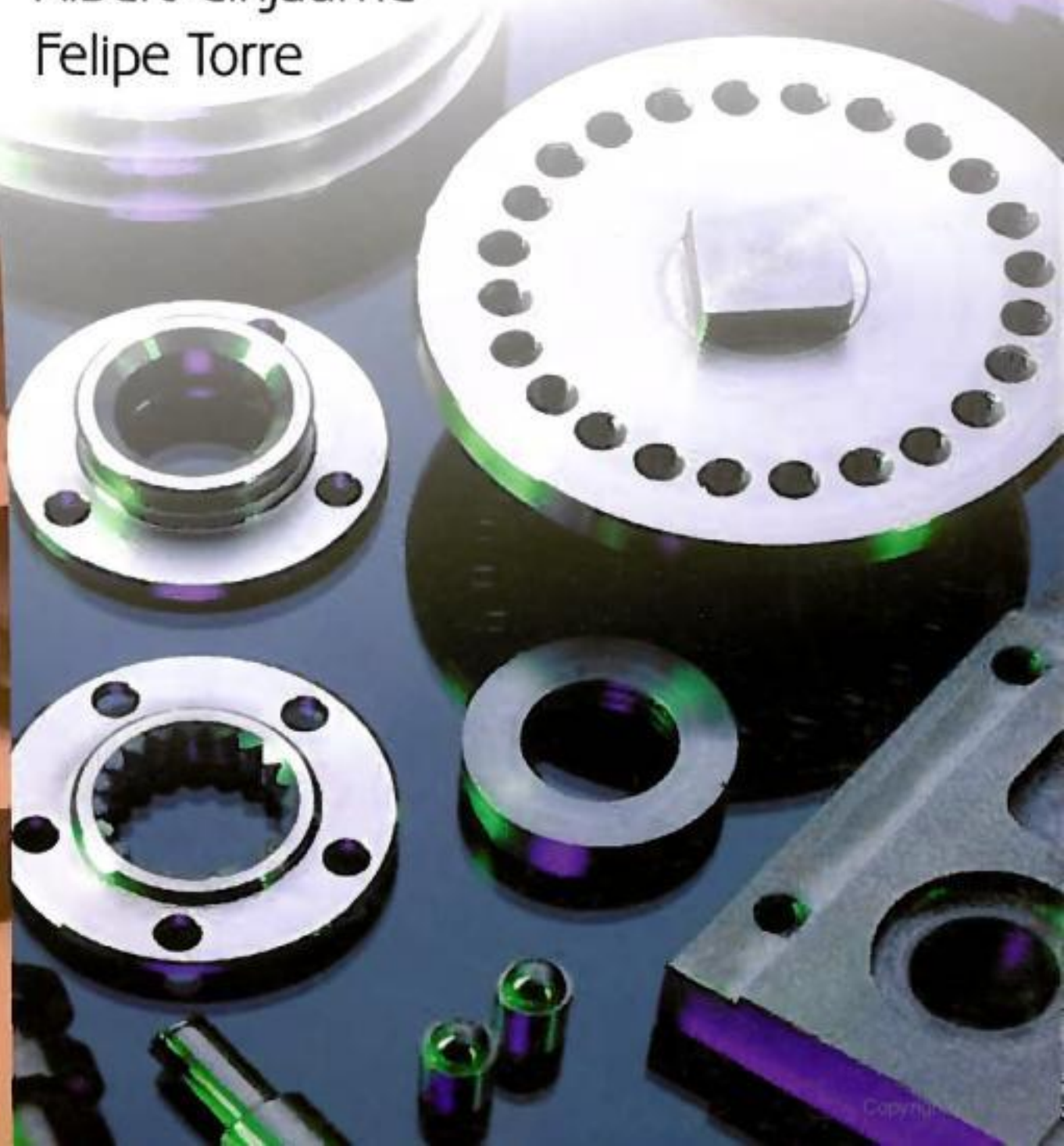


Realización de
Proyectos y Piezas
en las Máquinas
Herramienta

Libro de Prácticas

Albert Ginjaume
Felipe Torre



Introducción

1

Introducción

Este libro, complemento de EJECUCIÓN DE PROCESOS DE MECANIZADO, CONFORMADO Y MONTAJE, contiene una serie de ejercicios de diversa dificultad, que consideramos aconsejable y conveniente que realice el alumnado del ciclo formativo de grado superior Producción por Mecanizado, complementados con una serie de instrucciones de seguridad en el trabajo, metrología de taller y método de trabajo.

En ellos intervienen los procesos mecánicos que implican arranque de material: ase-rrado, taladrado, torneado, fresado, mortajado / brochado, roscado y escariado manual, etc., como procedimientos en los que el arranque de viruta se produce a través de los filos –determinados geométricamente– de la herramienta, y rectificado, como proceso con filos no determinados.

Contenido

- *Introducción*
- *Método de trabajo*
- *Normas prácticas*
- *Consejos*

Objetivos

- *Conocer métodos de trabajo para adquirir el hábito y la capacidad de analizar todos los elementos que intervienen en un proceso de mecanizado.*

Introducción

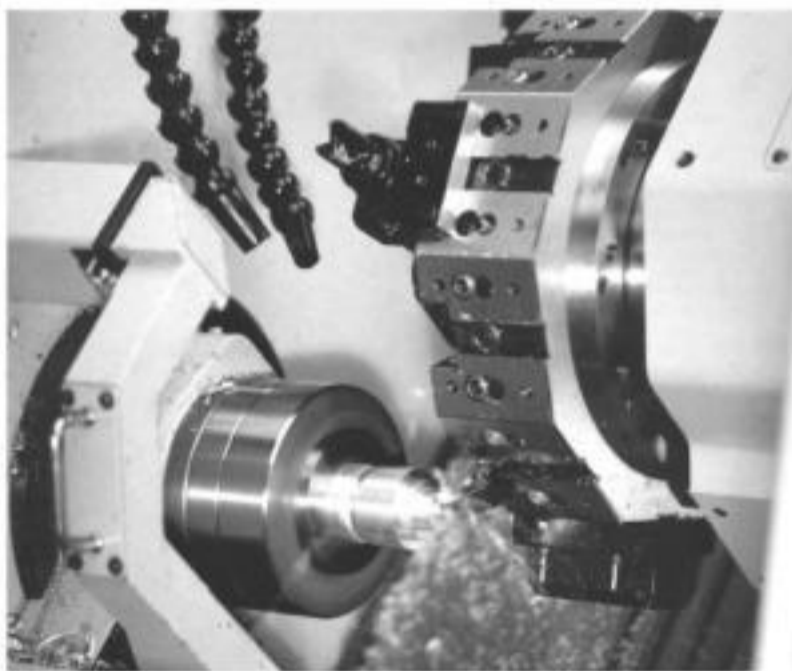
El mecanizado de una pieza consta de una sucesión de operaciones, definidas por un proceso de mecanizado que engloba de forma detallada, todas las transformaciones que debe sufrir ésta hasta su acabado final.

Es necesario e importantísimo para la consecución de los objetivos del módulo, que el alumnado plantee, desarrolle y plasme dicho proceso en la Hoja de Proceso, puesto que de esta forma conseguirá confrontar durante la ejecución real de las piezas, los planteamientos teóricos presentados.

Ésta es la razón principal por la que hemos decidido presentar sólo un ejemplo de Hoja de Proceso con los ejercicios, para que el alumnado pueda desarrollar el resto.

La estructura de los ejercicios en máquinas-herramienta es orientativa –como no podía ser de otra forma– puesto que la variedad de disposición de máquinas, tanto en cantidad como en tipo, de los diversos institutos no permite desarrollar planteamientos cerrados. Así pues, lo que en este libro se plantea, es muy general, dejando a criterio de cada profesor/a el ajustarse en más o en menos a lo presentado, ya que dispone de variedad para poder seleccionar.

En los planos de los conjuntos mixtos (CM) –exceptuando algunos– no aparecen ni tolerancias dimensionales ni geométricas, para que de esta forma quede a disposición del profesorado el estipularlas, o –como es nuestra intención– que sea el alumno/a quien estime y decida las que corresponden en cada caso.



Inicialmente habíamos decidido incluir al final de este libro una serie de tablas de taller, relacionadas con V_c (velocidad de corte), f_n (avance por vuelta), a_p (profundidad de pasada), K_c (fuerza específica de corte), etc. pero debido al volumen que ocupa el contenido actual, hemos declinado su inclusión en esta obra para hacerlo en otra parte.

Método de trabajo

Previo al inicio de cualquier mecanizado debe elaborarse el proceso de trabajo, primero en borrador, y luego en la hoja de proceso.

Una vez elaborada la hoja de proceso, deben ejecutarse las operaciones en el orden establecido, con las herramientas estipuladas y los parámetros de corte adecuados. De no hacerlo así, se originan vacilaciones y pérdidas de tiempo que desembocan en piezas de menos calidad en un tiempo mayor.

Es importante no perder el objetivo de la productividad, puesto que es uno de los factores más importantes en el desarrollo de la actividad industrial, buscando siempre la excelencia con la máxima rapidez en la ejecución.

Cómo trabajar con método

Antes de la ejecución

1. Estudio del plano

- No debe empezarse la ejecución sin haber reconocido perfectamente el plano con todos sus detalles.
- Terminado este estudio, se debe buscar el mejor método de ejecución, con todas sus fases, sub-fases y operaciones, estableciendo una lista de herramienta necesario, asegurándose de que en el taller se encuentran disponibles.

2. El balanceo de cotas

- El balanceo de cotas se realiza verificando si las cotas medidas a partir de los ejes elegidos dejan cantidades suficientes de material para la ejecución. En caso contrario, modificar la posición del eje central, o solicitar otro trozo de material.
- Este balanceo debe hacerse cuidadosamente, de tal manera que jamás se pueda decir: "no tengo suficiente material para terminar".

3. Preparación de la máquina

INSPECCIÓN:

- Comprobar el estado de limpieza: viruta, polvo, etc. y en caso de no estar en condiciones, subsanar la anomalía.
- Comprobar el estado de las conexiones eléctricas: diferenciales, interruptores, pulsadores, etc. y en caso de encontrar alguna anomalía, si está a nuestro alcance, subsanarla, si no, notificarlo para su reparación.
- Antes de poner en marcha cualquier máquina se deben comprobar los niveles:
 - de aceite: cabezal, caja de avances, carros, central de engrase, etc.
 - del líquido refrigerante.

En caso de encontrarse bajos, rellenar hasta su punto.

En las máquinas con grupos hidráulicos, neumáticos o combinados, comprobar niveles y presiones. Si la máquina requiere de presiones mínimas para su funcionamiento, no arrancar hasta disponer de ellas.

- Comprobar estado de los circuitos hidráulicos y/o neumáticos: fugas, poros, filtros, etc.
- Comprobar posiciones de los cabezales, contracabezales, mesas, carros, etc. por si hubiera algún bloqueo y/o agrotamiento, así como los tambores graduados (nonius).

2. La presentación y entrega

- Desde el primer ejercicio, es conveniente que el alumnado entregue las piezas únicamente cuando estén totalmente terminadas y con los acabados solicitados.
- Es esencial que en la ejecución de sus ejercicios, el alumnado aporte desde el primer momento, los principios de orden, lógica y método.
- Deben determinarse las diversas fases, sub-fases y operaciones necesarias para la realización del trabajo, por razonamientos y consideraciones de orden técnico, y nunca impulsadas por el capricho, la improvisación o el azar.
- Resumiendo, se debe trabajar con lógica y no emprender nada que no pueda ser plenamente justificado, evitando de esta forma los errores, las verificaciones innecesarias y las pérdidas de tiempo, realizando más adecuada y rápidamente sus piezas, trabajándolas como obra totalmente suya y con la seguridad de terminar con acierto.

Normas prácticas

Para obtener buenos resultados en el torno

1. Sujetar adecuadamente la pieza a mecanizar.
2. Estudiar y determinar con seguridad el número de revoluciones y el avance.
3. Tornear un pequeño trozo de pieza y verificar el ϕ con el torno desembagado.
4. Antes de parar el torno retirar la cuchilla del corte. De no hacerlo puede quebrarse la punta y/o el filo.
5. Al final del recorrido con arranque de viruta, eliminar el avance.
6. Si se mecanizan piezas que pueden flexar, es recomendable trabajar con ángulos de posición fuertes.
7. Generalmente, se gana mucho tiempo si antes de iniciar el trabajo se desarrolla la hoja de proceso.
8. Ejecutar primero el desbaste y luego el acabado.
9. Es recomendable desarrollar el desbaste de una vez, siempre que la máquina tenga capacidad para ello, estudiando y determinando la sección máxima de viruta capaz de arrancar el torno para una velocidad de corte y material estándar.
10. El acabado sobre fundición, siempre que las características de acabado superficial lo permitan, se realiza con pasadas de avance alto.
11. Los puntos de centrado defectuosos originan piezas defectuosas.
12. Situar la punta del filo de la herramienta a la altura de centros y reducir al máximo el vuelo del portaherramientas.
13. Es aconsejable utilizar mangos portaherramientas robustos para evitar vibraciones.
14. En el torneado entre puntos eliminar, esencialmente en las primeras pasadas, la holgura del contrapunto.

15. Si en el cilindrado entre puntos la pieza vibra, ajustar el contrapunto, y reducir el avance y/o el radio de punta de la herramienta.
16. En ocasiones, resulta peligroso trabajar con la cuchilla vuelta hacia abajo.

Directrices para el fresado

1. Generalmente, se gana mucho tiempo si antes de iniciar el trabajo se desarrolla la hoja de proceso.
2. Selección, revisión, montaje y puesta a punto de los accesorios y elementos de sujeción (mordazas, divisor, etc.), reglando su alineación y/o posición.
3. Montaje del herramental de corte.
4. Montaje de la pieza a mecanizar, sujetándola adecuadamente y cerciorándose de que los esfuerzos de corte no la van a mover. Evitar los amarres endebles y/o inestables.
5. Estudiar y determinar con seguridad la velocidad de corte, el número de revoluciones y el avance.
6. Antes de iniciar cualquier proceso de arranque de viruta, comprobar que el sentido de giro de la herramienta es el correcto, y que la herramienta -o herramientas, en el caso de las plaquitas intercambiables- tiene los filos de corte en el estado adecuado para proceder al mecanizado. En el caso de las plaquitas intercambiables, además, es necesario asegurarse de que están bien posicionadas en sus alojamientos y los tornillos de sujeción no están flojos.
7. A continuación, debe comprobarse que el desplazamiento de la mesa en todas sus direcciones es el correspondiente al indicado.
8. Es conveniente -en los casos de fresado frontal y combinado- comprobar hacia dónde tiene la inclinación el cabezal porta-herramientas, y así poder determinar el sentido de avance de la mesa durante el mecanizado, puesto que de lo contrario nos llevaremos sorpresas en las medidas, ya que la herramienta nos arrancará más material del previsto.
9. No es aconsejable -en la medida de lo posible- cambiar de posición la pieza antes de haber terminado todas las operaciones que se puedan ejecutar en la misma amarrada.
10. Si vamos a trabajar en concordancia es indispensable comprobar las holguras de la mesa y el husillo de ésta, corrigiéndolas si fuera necesario.
11. No detener nunca el movimiento de corte sin haber desembagado antes el/los movimiento de avance, y mejor todavía, habiendo retirado la herramienta del posible contacto con la pieza.

Algunos consejos

1. Con las máquinas nuevas o recién ajustadas, no trabajar con velocidades altas, especialmente si la temperatura ambiente es fría, por lo que no es descabellado dejarlas un poco en funcionamiento a baja velocidad, aunque sea en vacío.

En el mercado podemos encontrar destornilladores preparados para ser utilizados también como cincel. Éstos y sólo éstos, son los que podremos utilizar como tal.



Destornillador preparado para su uso como cincel.



Destornillador normal.

Muchos accidentes lamentables han sido causados por herramientas puntiagudas. ¿Qué es lo adecuado para evitar este tipo de accidentes?

Las herramientas puntiagudas: cinceles, buriles, granetes, agujas de marcar, botadores, etc. no deben llevarse -habitualmente- en los bolsillos.

Deben colocarse en alojamientos apropiados -tanto para su almacenaje, como para su uso- encima del banco de trabajo.

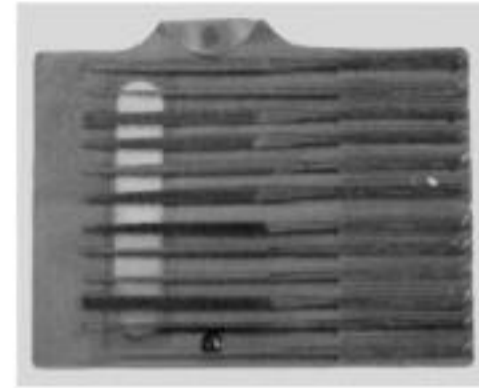
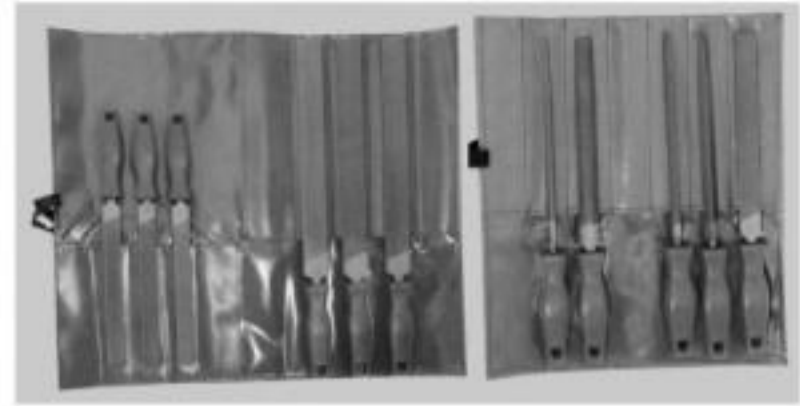
De no ser así, dispónganse las herramientas sobre el banco -encima de una tela o de un cartón- con los extremos afilados dirigidos hacia la parte contraria a nuestra posición.

Cójanse con cuidado y utilícese la herramienta apropiada para cada trabajo.



¿Qué reglas debemos observar para el uso de las limas?

1. Asegurarse de que la lima tiene mango y comprobar que éste queda bien fijado. No usar nunca una lima sin mango.
2. Quitar las rebabas y los abrasivos del mango de la lima antes de usarlo -generalmente si es de madera, a fin de evitar ampollas-.



3. No utilizar una lima como martillo. Las partículas de metal duro que saltan pueden atravesar la piel humana alcanzando una vena, y por el flujo sanguíneo llegar al corazón determinando una grave situación.
4. No golpear una lima con un martillo, pues pueden saltar partículas metálicas con el mismo resultado que el punto anterior.
5. No usar una lima como palanca ni destornillador, puesto que no es su cometido y seguro que se romperá.
6. Mantener las limas separadas una de otra y no echarlas contra sí encima del banco o cuando se devuelvan al cajón de las herramientas.
7. Conservar los dientes de la lima limpios de *partículas metálicas*. No dejar que el aceite y la suciedad se acumulen en las estrias de la lima. Una lima engrasada y/o embotada que se desliza sobre la pieza seguro que causa lesiones en los nudillos, en el mejor de los casos.

¿Qué condiciones deben contemplarse para el uso adecuado de los martillos?

1. Comprobar siempre la fijación del mango en la cabeza del martillo. Asegurarse de que la cuña está en su lugar y bien sujeta.
2. No usar un martillo cuyo mango está roto o astillado.
3. Quitar siempre el aceite, grasa y suciedad de la cara y del mango del martillo.
4. No usar nunca la cara del martillo para golpear contra otra herramienta templada.
5. Usar el martillo de tamaño adecuado para el trabajo; un martillo de ¼ kg no puede hacer la función de uno de ¾ kg.



Rectificadora Planomat - Gentileza BLOHM

1. Llevar siempre puestas las gafas de seguridad.
2. Comprobar la consistencia de la muela y examinar si tiene alguna grieta antes de montarla en el husillo de la máquina.
3. Comprobar los diámetros del casquillo de la muela y del husillo de la máquina. El casquillo no debe sobresalir del ancho de la muela, ni ensamblarse de manera forzada en el husillo.
4. Las arandelas –de cartón– de la muela deben ajustarse entre ésta y las pletinas, siendo del mismo diámetro o mayores que las últimas, nunca menos.
5. Comprobar la velocidad de funcionamiento de la máquina y compararla con la recomendada por el fabricante de la muela.



6. Antes de poner en funcionamiento la máquina, cerciorarse de que todas las guarniciones y protecciones están en su lugar y bien sujetas.
7. También conviene asegurarse de que, efectivamente la muela esté separada de la pieza y el avance desembraado, haciendo girar la muela a mano y comprobando que no encuentra obstáculo.

El entorno de trabajo y el medio ambiente

No cabe la menor duda que trabajar en un mal ambiente perjudica la salud en todos sus aspectos. Por tanto, debemos

cuidar al máximo todos los aspectos generales –y también los puntuales– que afectan a nuestra salud en el centro de trabajo, por ejemplo:

1. Microclima del taller (temperatura y humedad adecuadas).
2. Agentes contaminantes del ambiente (físicos, químicos y biológicos).
3. Sobrecargas físicas y psíquicas (estrés, trabajo a turnos, etc.).
4. Relaciones con nuestro entorno de trabajo.

¿Qué se debe hacer con los residuos del taller de mecanizado?

Los residuos del taller de mecanizado son varios, pero entre los más contaminantes se encuentran los aceites y taldrinas. Así que actuaremos de modo respetuoso con el medio ambiente recogiendo los en recipientes adecuados para deshacerlos de ellos mediante un gestor de residuos. NUNCA los tiraremos por la alcantarilla, lavabo, etc. puesto que sus efectos son muy nocivos.

Con los trapos impregnados de aceite, seguiremos el mismo procedimiento.



Factor	Prefijo	
	Nombre	Símbolo
10 ²⁴	yotta	Y
10 ²¹	zetta	Z
10 ¹⁸	exa	E
10 ¹⁵	peta	P
10 ¹²	tera	T
10 ⁹	giga	G
10 ⁶	mega	M
10 ³	kilo	k
10 ²	hecto	h
10	deca	da
10 ⁻¹	deci	d
10 ⁻²	centi	c
10 ⁻³	mili	m
10 ⁻⁶	micro	μ
10 ⁻⁹	nano	n
10 ⁻¹²	pico	p
10 ⁻¹⁵	femto	f
10 ⁻¹⁸	atto	a
10 ⁻²¹	zepto	z
10 ⁻²⁴	yocto	y

Además, a veces se necesita medir la relación de orientación de una superficie con otra: paralelismo, perpendicularidad o inclinación.

La escuadra, que está estrechamente relacionada con la perpendicularidad, es una referencia para comprobar la desviación respecto a la verdadera.

Las unidades utilizadas habitualmente para la medición de dimensiones angulares (ángulo plano) son: grado, minuto y segundo. Cabe recordar que, aunque autorizado su uso con el SI, son unidades ajenas al SI.



Unidades ajenas al SI que pueden utilizarse con el SI

Magnitud	Unidad		
	Nombre	Símbolo	Definición
tiempo	minuto	min	1 min = 60 s
	hora	h	1 h = 60 min
	día	d	1 d = 24 h
ángulo plano	grado	°	1° = (π/180) rad
	minuto	'	1' = (1/60)°
	segundo	"	1" = (1/60)'
volumen	litro	l	1 l = 1 dm ³
masa	tonelada	t	1 t = 10 ³ kg

Además de las medidas de longitud e inclinación, también se necesita medir otras cosas, tales como: el acabado de superficies, concentricidad, rectitud y planicidad.



En ocasiones, también se llega a tener contacto con mediciones que implican redondez, cilindricidad y posición, aunque muchas de estas técnicas de medición más especializadas suelen estar asignadas al laboratorio de metrología.

Principios generales

En el mercado se dispone de gran variedad de herramienta para la medición, diseñado para utilizarse en diferentes aplicaciones.



Sin embargo, cada instrumento sirve para un tipo de medición específico. Al igual que sucede con todas las herramientas, debemos seleccionar los instrumentos de medición adecuados para la aplicación concreta que se requiera, puesto que el buen resultado del mecanizado también depende de la adecuada elección de éstos.

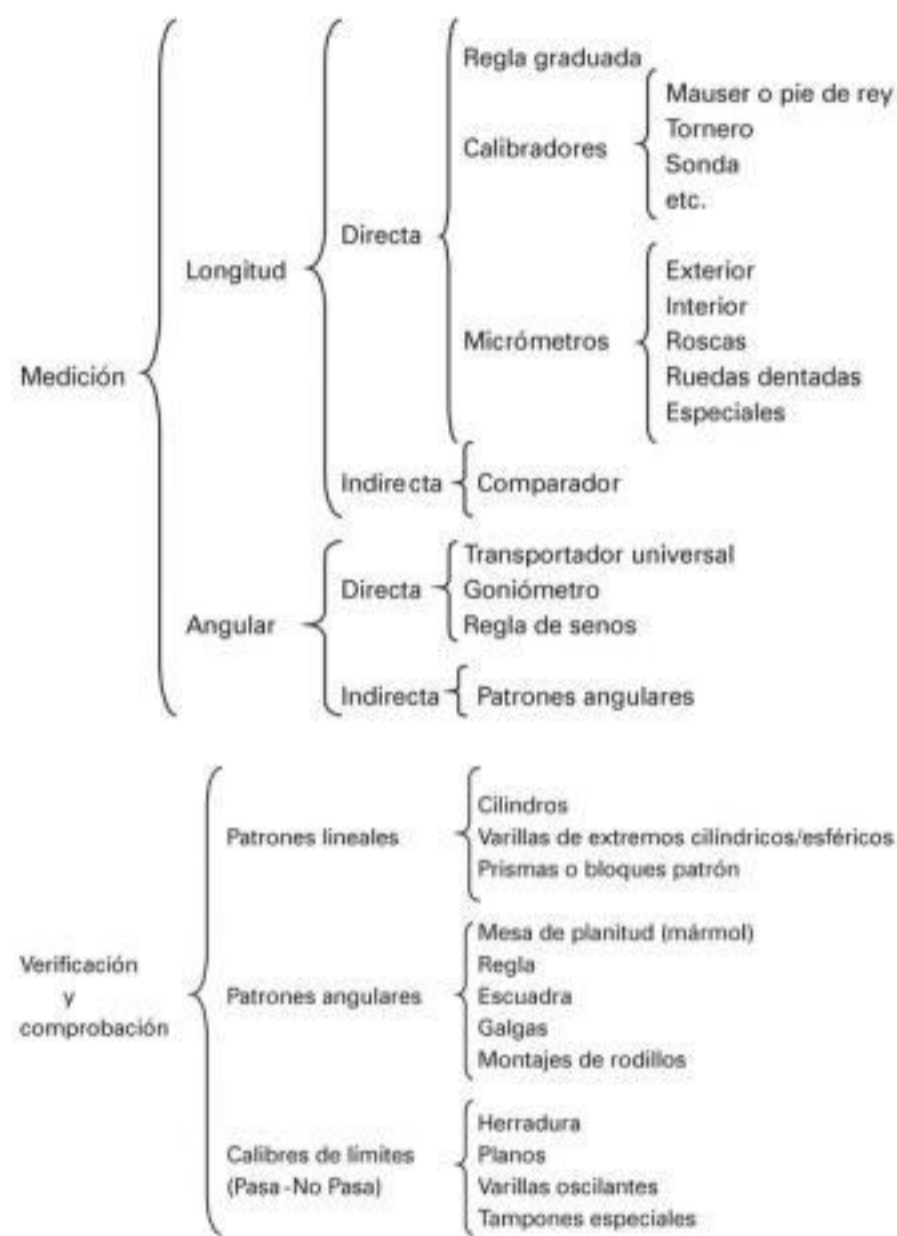
Así pues, es bueno conocer algunas expresiones y principios importantes de la metrología.

Medición y verificación

Según el VIM –Vocabulario Internacional de términos de Metrología– **MEDICIÓN** es «el conjunto de operaciones que tienen por finalidad determinar un valor de una magnitud». Con la medición siempre está unido un valor numérico.

Herramental para la medición y verificación

En realidad se pueden plantear gran variedad de clasificaciones referentes a los métodos y el herramental empleado para la medición. La que se presenta a continuación, desde nuestro punto de vista, es muy intuitiva y abarca un ámbito bastante general, agrupando los instrumentos en dos grandes bloques: medición y verificación-comprobación.

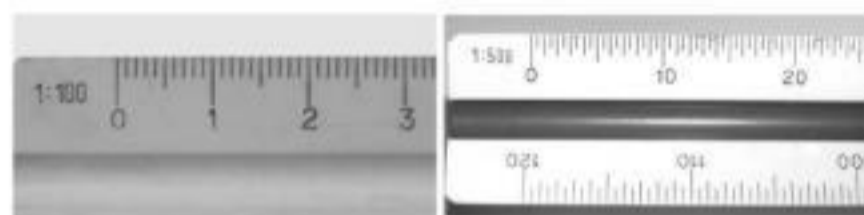


Regla graduada

De entrada conviene aclarar la diferencia entre reglas y escalas (o escalímetro), puesto que son palabras que se usan, con frecuencia indistintamente.

Una regla es un instrumento para tomar medidas lineales, cuyas divisiones y subdivisiones marcadas físicamente representan unidades reales de longitud, mientras que en una escala las marcas grabadas, son más pequeñas o más grandes que las unidades que representan.

No cabe duda que cada instrumento tiene su utilidad y no tienen por qué confundirse, pero lo cierto es que todavía nos encontramos con la costumbre de llamar «escalas» a las reglas graduadas de acero. También sabemos que se les llama así para distinguirlas de las reglas de acero sin graduación, que de igual forma se utilizan en algunos talleres de mecanizado.



Escalas de distinta graduación (escalímetro).



Regla graduada de precisión, de acero flexible.



Regla graduada de taller, achaflanada.

Las reglas graduadas, lo están generalmente en milímetros y medios milímetros, y se utilizan para tomar medidas lineales que no requieran precisión.

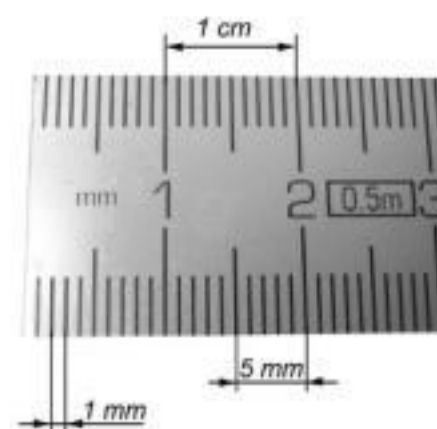
Refiriéndonos a la resolución de las reglas, debemos exponer que las marcas de la graduación tienen cierto espesor, lo que debemos contemplar y tener cuidado en el momento de la lectura. Cuanto mayor sea la resolución de la regla, las marcas son más pequeñas y difíciles de ver, lo que aumenta la posibilidad de error en la lectura.

Medición

Con la resolución de 1×10^{-3} m, una de las herramientas de medición más común y utilizada –no sólo en fabricación mecánica– es el flexómetro. En realidad es una regla graduada flexible (también se le conoce como cinta métrica enrollable) de distinta longitud 2.000, 3.000, 5.000 mm, etc.

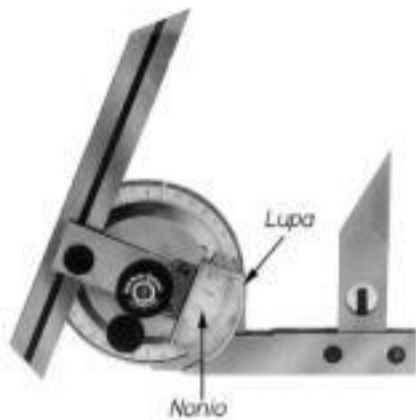


Flexómetro.



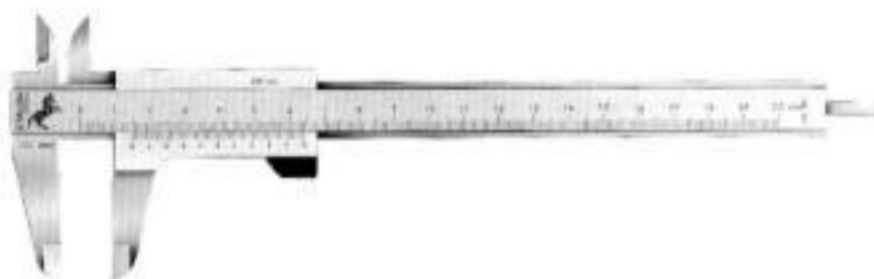
una regla graduada, no proporciona necesariamente mayor precisión con una incertidumbre mejorada.

La mejora de resolución de los instrumentos con nonio requiere algo más que la simple alineación visual de una graduación de la escala contra la superficie o arista del objeto que se mide. El punto cero de referencia de un calibrador con nonio queda determinado por el punto de contacto con la pieza a medir. En el calibrador de profundidades (sonda), la base de apoyo es el punto cero de referencia. El correcto contacto de la superficie (cero) de referencia es una consideración importante en la precisión del instrumento.



Transportador de ángulos - Marui-Keiki.

La escala del nonio debe leerse cuidadosamente siempre, y especialmente cuando debemos determinar una medición fiable. En muchos instrumentos con nonio, la escala de éste tiene que leerse con ayuda de una lupa o lente de aumento. Sin esta ayuda sería difícil determinar la línea coincidente del nonio. Por tanto, la fiabilidad de las lecturas del nonio puede estar en duda.

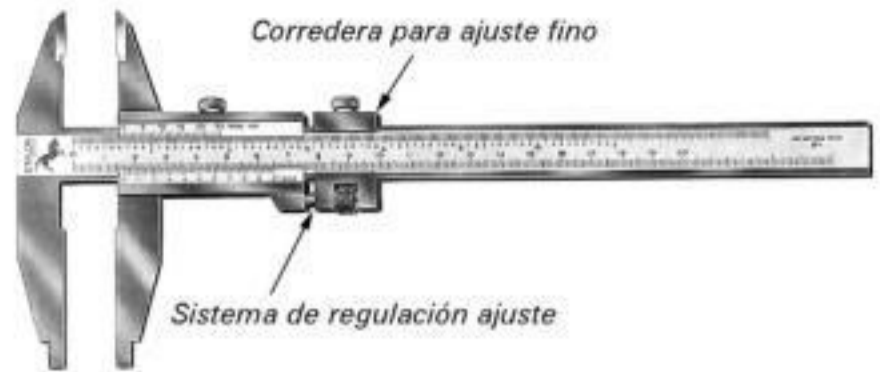


Pie de rey con nonio sin paralaje - Etalon.

El calibrador típico con nonio tiene patas muy angostas, por lo que debe alinearse cuidadosamente con el eje de medición. Un calibrador de corredera «normal» no dispone de ningún sistema para «sentir» la presión de medición. Algunos modelos de calibradores comunes y de profundidades disponen de un sistema de corredera y tornillo para el ajuste fino, que les da una ligera ventaja para determinar la presión aplicada durante la medición.

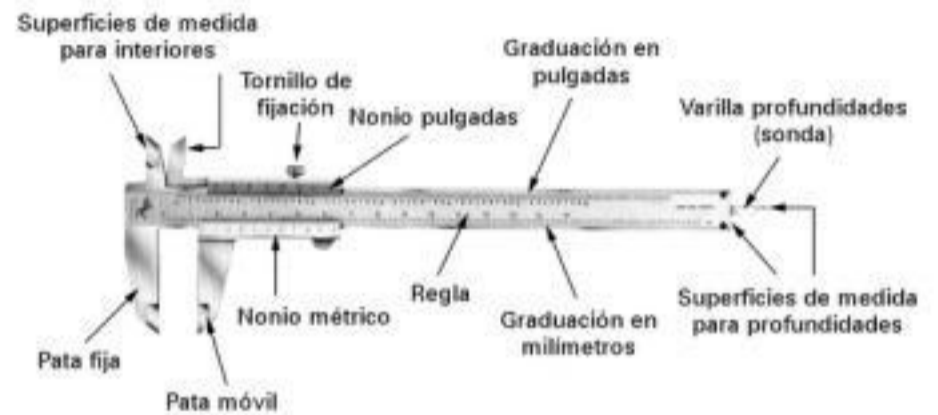


Accesorio para medición de profundidades TESA - Etalon.



Calibrador con una segunda corredera para el ajuste fino de la presión de las patas sobre la pieza - Etalon.

Partes de un calibrador

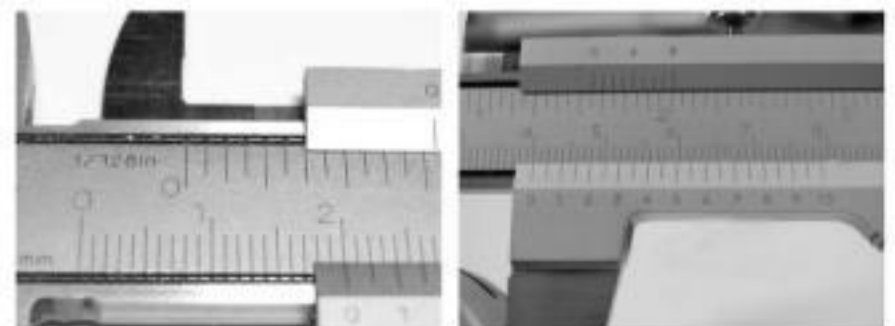


En la figura se puede observar cada una de las partes a contemplar en un calibrador. Aunque la forma pueda variar entre los distintos modelos que se encuentran en el mercado, preparados para diversas aplicaciones, éstas partes son comunes.

La resolución de los diversos modelos de calibradores con nonio puede ser de 0,02 mm, 0,05 mm o 0,1 mm. Los tipos más utilizados en fabricación mecánica son los de 0,05 y 0,02 mm.

La escala principal está dividida en milímetros y lleva numerada una marca cada diez. La línea de los 10 milímetros lleva el número 1, la de 20 milímetros el número 2, y así sucesivamente, hasta la capacidad del calibrador.

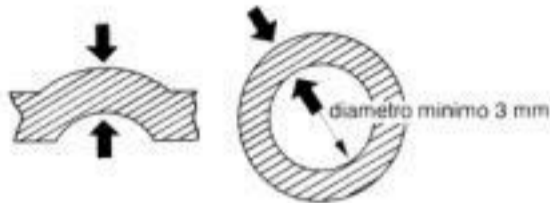
La escala del nonio de la pata móvil o deslizante está dividida en 20 o 50 espacios iguales, numerando cada dos o cada 5 respectivamente, que en ambos casos corresponden a 0,1 mm. Por tanto, en los casos de 50 divisiones, cada división más pequeña comprendida entre las líneas numeradas representa dos centésimas (0,02 mm) de milímetro.



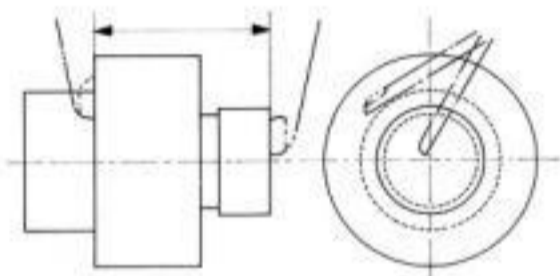
Para determinar la lectura del calibrador, se lee en la escala principal los milímetros enteros que quedan a la izquierda de la línea cero o índice del nonio, en la pata móvil. Seguidamente buscamos una línea del nonio que coincida con una de la escala principal, que será la que nos indique las décimas o centésimas (según el tipo) que tenemos que añadir a la parte entera.



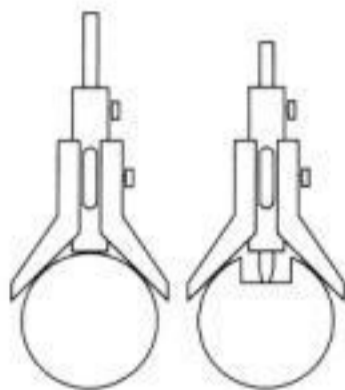
Pie de rey con pata recortada para trazar - Mitutoyo.



Pie de rey con pata cilíndrica para espesores de paredes de tubo y de curvas - Mitutoyo.



Pie de rey con pata inclinable para medir en planos distintos - Mitutoyo.



Pie de rey para profundidades con base en V - Etalon.

Conversión entre sistema métrico e inglés o de pulgadas

El sistema inglés de medidas utiliza unidades de pulgadas, libras y segundos para representar las medidas de longitud, masa y tiempo respectivamente.

Puesto que en el taller, generalmente nos manejamos con las unidades de longitud, nos referiremos al sistema inglés como al sistema de «pulgadas».

En la tabla siguiente mostramos los múltiplos y submúltiplos de la pulgada, más comúnmente utilizados en el taller.

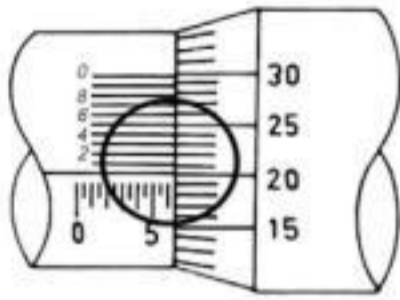


Múltiplo	Pulgada/s	Valor métrico
yarda	36,00	914,4 mm.
pie	12,00	304,8 mm.

Submúltiplo	Fracción	Equivalente decimal	Valor métrico
décima	1/10	0,1	2,54 mm.
centésima	1/100	0,01	0,254 mm.
milésima	1/1.000	0,001	0,0254 mm.
diezmilésima	1/10.000	0,0001	0,00254 mm.
cienmilésima	1/100.000	0,00001	0,000254 mm.
millonésima	1/1.000.000	0,000001	0,0000254 mm.

Otros submúltiplos no decimales utilizados en el taller: roscas, diámetros de tuberías, etc.:

Submúltiplo	Fracción	Equivalente decimal	Valor métrico
tres cuartos	3/4	0,750000	19,05 mm.
media	1/2	0,500000	12,7 mm.
cuarto	1/4	0,250000	6,35 mm.
octavo	1/8	0,125000	3,175 mm.
dieciseisavo	1/16	0,062500	1,5875 mm.
veinteavo	1/20	0,050000	1,27 mm.
treinta-y-dos-avo	1/32	0,031250	0,79375 mm.
sesenta-y-cuatro-avo	1/64	0,015625	0,396875 mm.
cientoventiochoavo	1/128	0,007810	0,1984375 mm.



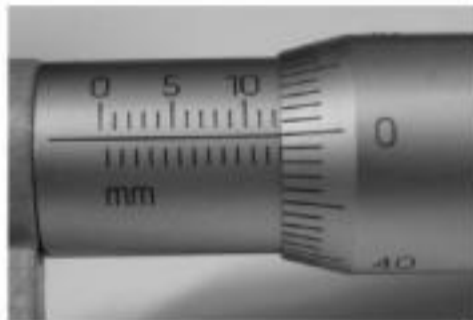
Así, en este ejemplo, la lectura con la que nos encontramos es:

- lectura del tubo regla graduado: 6,00 mm.
 - lectura de la escala del tambor: 0,20 mm.
 - lectura del nonio: 0,003 mm.
- Total lectura 6,203 mm.

Puesto que los micrómetros son aparatos de precisión, una presión excesiva sobre la pieza a medir entre los topes puede falsear el resultado, además de ocasionar daños en el micrómetro y, consecuentemente, pérdida de precisión del mismo.

Para evitar esta complicación, el mando del tornillo se hace –según los modelos y fabricante– mediante el dispositivo de carraca o de fricción. Estos dispositivos permiten la limitación de la presión entre 5-10 N, resbalando cuando la máxima es superada.

El cuerpo del micrómetro está construido de forma que se evitan las deformaciones por flexión. El material utilizado es de alta calidad, tratado y estabilizado.



Lectura: 12,50 mm.

El tornillo micrométrico, construido de acero templado y estabilizado, dispone de la rosca rectificada con una tolerancia muy estrecha en el paso. La tuerca está hendida y tiene una rosca exterior cónica que, mediante otra tuerca montada sobre ella, permite el ajuste del juego producido por el desgaste del uso.



Micrómetro de exteriores. Resolución: 0,001 mm.
Tambor 100 divisiones - Etalon.



Micrómetro de exteriores. Resolución: 0,002 mm. Etalon.

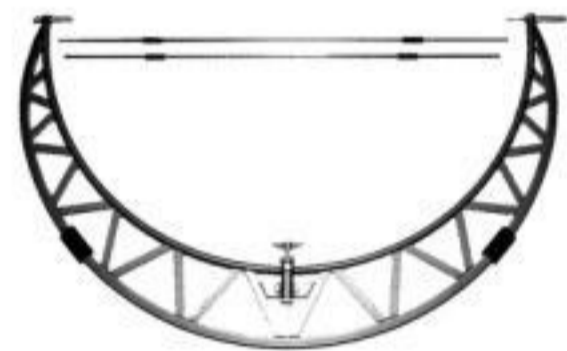
El campo de medida de los micrómetros de exteriores estándar suele ser de 25 mm sobre la mínima, y van aumentando en esta proporción. En la siguiente tabla se relacionan:

0 ÷ 25	100 ÷ 125	200 ÷ 225
25 ÷ 50	125 ÷ 150	225 ÷ 250
50 ÷ 75	150 ÷ 175	250 ÷ 275
75 ÷ 100	175 ÷ 200	275 ÷ 300

Para valores superiores a 300 mm ya tenemos que recurrir a tipos especiales, encontrando diversidad de opciones, según cada fabricante y modelo.



Micrómetro de exteriores. Resolución: 0,01 mm.
Topes intercambiables - Mitutoyo.



Micrómetro de exteriores a partir de 1000 mm.
Resolución: 0,01 mm. Campo de medida: 50 mm.
Topes intercambiables - Mitutoyo.

Uso de los micrómetros

Aunque dispongan de puntas de metal duro, los micrómetros sólo deben utilizarse para la medición de cotas correspondientes a superficies mecanizadas, a partir de un grado de acabado medio -N8 en adelante.



Para realizar la medición se pone en contacto el tope fijo con la pieza a medir y se ajusta –con la presión adecuada– el tope móvil y se procede a la lectura. En ningún caso se recomienda bloquear el husillo a una medida determinada y utilizarlo como calibre de límites.



Pueden ser sólidas o tubulares. Las barras tubulares son más ligeras y rígidas, y se encuentran a menudo en los juegos micrométricos para interiores con campo de medición grande. Es sumamente importante que todas las partes estén *extremadamente limpias* cuando se montan o cambian las barras, las más pequeñas partículas de polvo pueden afectar la precisión del instrumento.

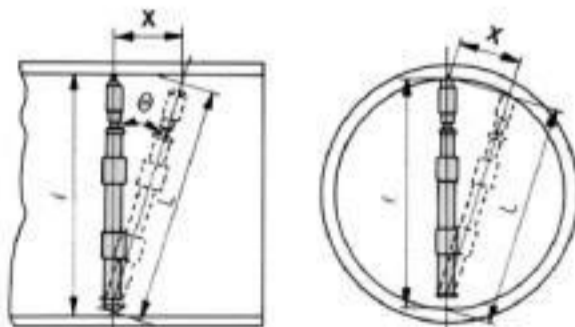


Micrómetro de interiores con alargadera - Mitutoyo.

Algunos juegos llevan una alargadera preparada para ser utilizada como mango, y así, colocar y mantener el instrumento en lugares en los que resulta difícil sustentarlo directamente.

Al realizar las mediciones de interiores, es necesario ajustar uno de los extremos del micrómetro contra uno de los lados del agujero a medir, pero no es recomendable sostener durante mucho tiempo el micrómetro entre las manos, puesto que el calor de éstas puede afectar la precisión del instrumento.

Uno de los extremos del micrómetro se convierte en el centro del movimiento de arco que se emplea para encontrar la línea de centro del agujero a medir. A continuación ajustaremos el micrómetro a la medida del agujero.



d : Diámetro interior del tubo
 L : Longitud medida
 X : Inclinación

Cuando localicemos el tamaño correcto del agujero, notaremos el ligero ajuste entre la punta de medición y la pieza al mover la punta pasando por la línea de centro del agujero.

El tamaño del agujero se obtiene sumando la lectura de la cabeza del micrómetro con la longitud de la/s barra/s tubulares y la longitud de collarín espaciador –si los hubiera–. Siempre que sea posible, leer el micrómetro mientras esté todavía en su lugar.

Si para poder leer la medición tenemos que mover el instrumento, hacerlo con mucho cuidado y sujetando el tambor para que no se mueva, ya sea con los dedos o con el tornillo de bloqueo –si dispone de él–, puesto que algunos modelos de este tipo de micrómetro no lo tienen.

En estos casos, es conveniente utilizar un micrómetro de exteriores para verificar la lectura tomada con el de interiores, de manera que el micrómetro de interiores se convierte en una herramienta de transferencia fácilmente ajustable.

Deben tomarse por lo menos dos lecturas separadas 90° para obtener –con un mínimo de garantía– el tamaño de un agujero. Esas lecturas deben ser idénticas.

Ya hemos comentado que algunos modelos de micrómetros de interiores no tienen bloqueo del husillo. Por tanto, para impedir que gire el husillo mientras se establece la presión de medición correcta, la tuerca de ajuste debe mantenerse ligeramente más apretada de lo normal.

En la imagen de la derecha se presenta un micrómetro de interiores con puntas intercambiables y casquillo ajustable para puesta a cero en cualquier posición.

Las puntas que aparecen se utilizan para la medición de roscas interiores.



Micrómetro de interiores con puntas intercambiables - Mitutoyo.

En la tabla de la tapa del estuche podemos apreciar cómo se consiguen las diferentes medidas mediante la combinación de los distintos tramos (varillas) del juego.

El campo de medida del elemento micrométrico es de 15 mm.



Micrómetro de interiores con tramos (varillas) intercambiables - Etalón.



Comparador de palpador no orientable

La imagen siguiente muestra un comparador de este tipo con indicaciones de algunas de sus partes.

La aguja señala en la esfera los desplazamientos longitudinales percibidos por el contacto intercambiable, situado en el extremo del palpador. Este movimiento es transmitido a la aguja mediante el sistema multiplicador de cremallera y engranajes, que convierte el pequeño movimiento del palpador en otro mucho más grande de la aguja.

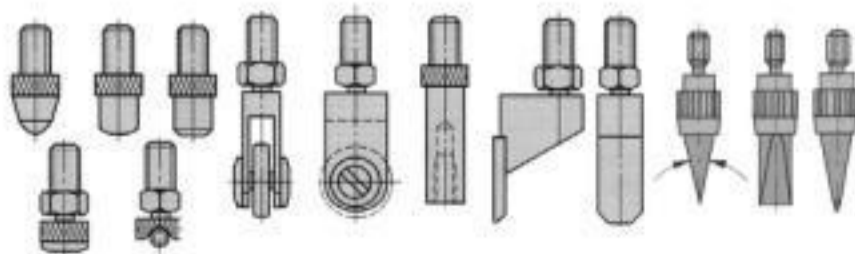


La esfera está dividida en partes, según la resolución, por ejemplo: 100 partes para una resolución centesimal (0,01 mm). Dentro de esta esfera, se encuentra otra más pequeña con su correspondiente aguja, que sirve para indicar los desplazamientos del palpador mayores de una vuelta completa. En este caso una vuelta coincide con un milímetro, por lo que indicaría los desplazamientos mayores de 1 mm.

En el aro que cierra la esfera suele disponerse de dos índices desplazables que se utilizan para delimitar el campo de tolerancia –o diferencia admisible– facilitando así, la rápida visión de la validez o no de la cota medida.

Al ser giratoria la esfera, conviene fijar la posición cuando se haya determinado el cero. Para ello se dispone de un tornillo para el bloqueo de la esfera que actúa sobre la parte dentada.

Puesto que los comparadores se emplean para medir diferencias, en el mercado podemos encontrar modelos con la graduación como los que se muestran en la figura que señalan la medida en más o en menos. A este tipo de comparador también se le conoce como "de tolerancia".



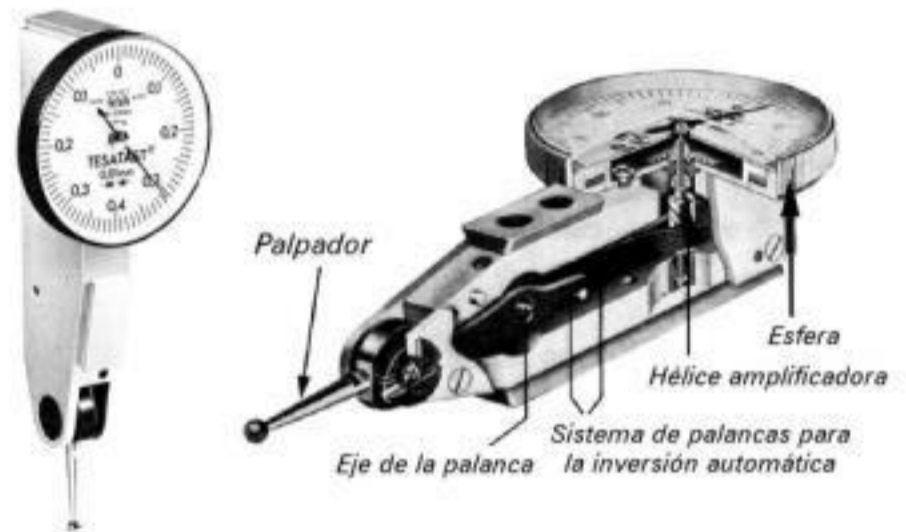
Algunos contactos de medida intercambiables.



Comparadores "de tolerancia".

Comparador de palpador orientable

En este tipo de comparador los desplazamientos del palpador son amplificados y transmitidos a la aguja de la esfera mediante un sistema de palancas y engranajes, cuya disposición varía según cada fabricante.



Comparador de palpador orientable - TESA.

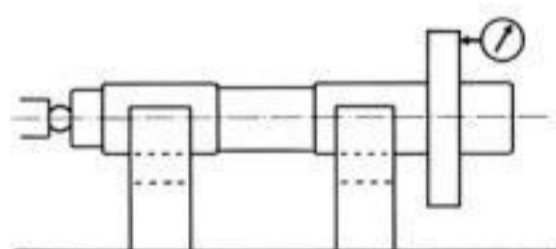
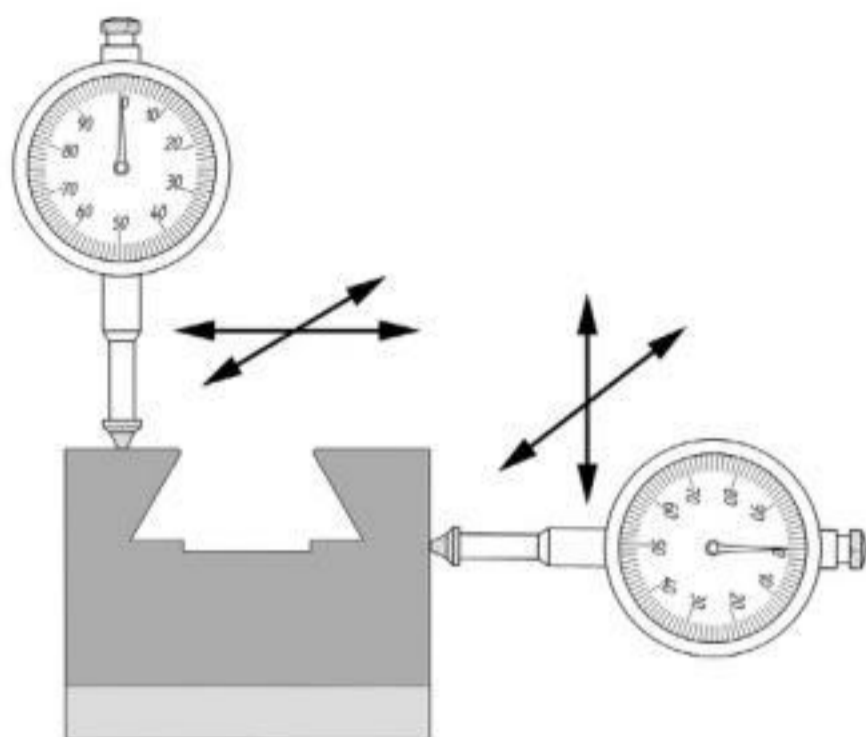
En las configuraciones estándar la esfera puede estar alineada en sentido longitudinal o perpendicular al palpador.



Comparadores de palpador orientable - Mitutoyo.

El palpador se concreta en un punto esférico, y tiene un movimiento oscilante alrededor de su eje de entre 180° y 240°, con un sistema automático de bloqueo que permite su inmovilización en la posición elegida. La dirección del desplazamiento también se puede regular –según cada fabricante– p.ej.: mediante una pequeña palanca.

Por el contrario, si en lugar de forma poligonal –como la del ejemplo– se tratara de forma oval, la detectaríamos con dos puntos de contacto en lugar de tres.



Paralelismos y perpendicularidades.

Comparador para interiores

También conocido como «verificador de interiores» y como «alexómetro» este instrumento está destinado a la medición comparativa de diámetros y alojamientos interiores.

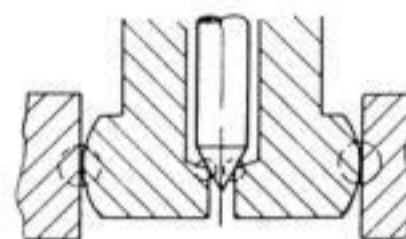
Al igual que pasa con los instrumentos para la medición de exteriores, en el mercado se dispone de una gama bastante amplia de aparatos con comparador para la toma de medidas interiores.

Según el valor de la medida que se desee obtener y la resolución requerida, estos instrumentos pueden disponer de dos o tres contactos –dependiendo de cada fabricante y modelo–.

En la imagen inferior se muestra un comparador para interiores de diámetros pequeños.



En la imagen inferior el sistema utilizado para transmitir el movimiento de los contactos desde el interior del agujero al comparador o indicador situado en la parte superior del cuerpo o soporte central.

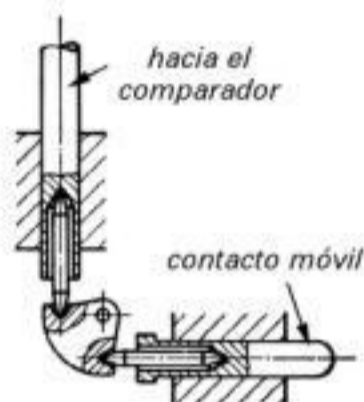


Mecanismo de comparador para interiores de diámetros pequeños.



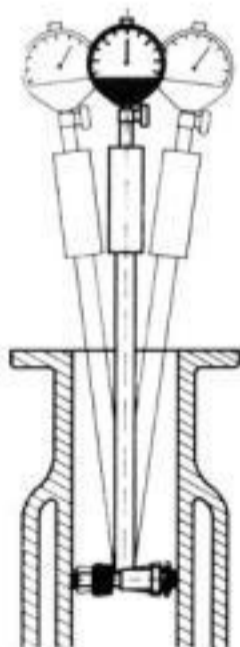
Comparadores para interiores - Mitutoyo.

El sistema de transmisión varía cuando el instrumento está destinado a medidas superiores a 18 mm, aunque existen modelos que con el mismo sistema puedan tomar medidas inferiores, p.ej.: de 6 a 10 mm y de 10 a 18 mm. En la figura se muestra un esquema de dicho mecanismo.

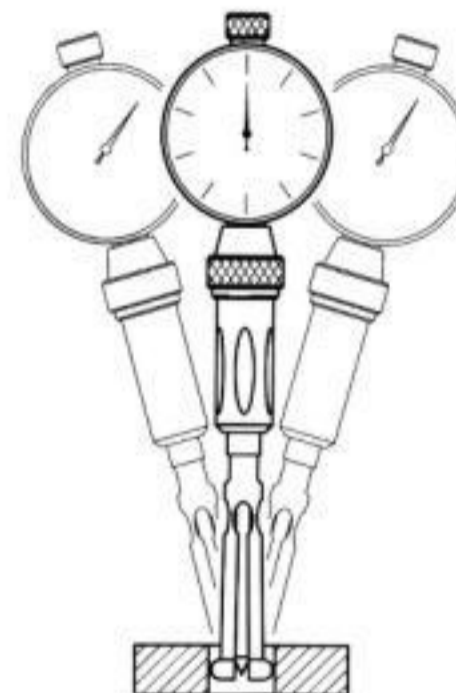
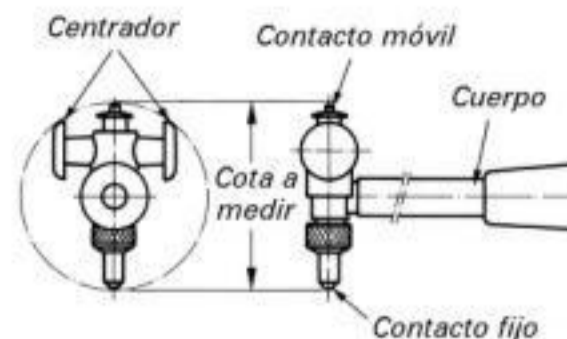


Mecanismo de comparador para interiores de diámetros grandes.

Para tomar medidas con cualquier instrumento de dos contactos que funcione con alguno de los mecanismos presentados –o similar–, es necesario proporcionar un movimiento de oscilación de manera que los puntos de contacto del aparato pasen por un diámetro perpendicular al eje del agujero. Sabremos cuál es el valor del diámetro que estamos midiendo cuando la aguja del comparador señale su lectura mínima.



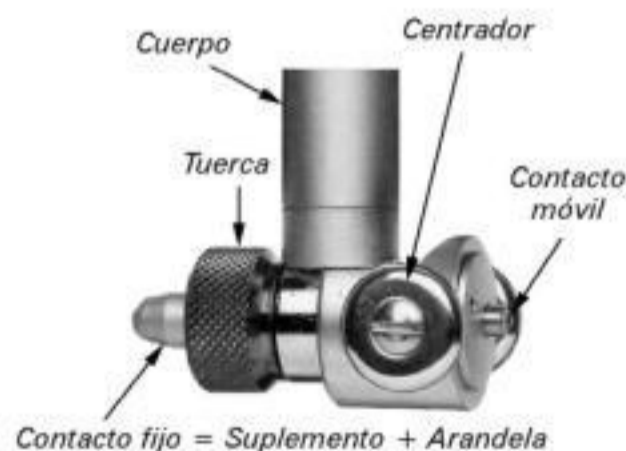
En función de cada modelo y fabricante será necesario cambiar el contacto fijo, suplementarlo con alguna/s arandela/s de distinto espesor, enlazar dos suplementos, etc. por lo que no presentaremos ninguna tabla de las que traen los instrumentos para poder realizar las mediciones con ellos, limitándonos a explicar el proceso a seguir para acometer una medición tipo.



Medición con el comparador para interiores

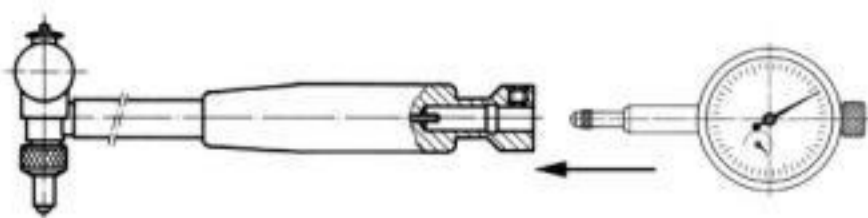
Éste es –sintetizadamente– el proceso para acometer una medición tipo:

1. Medir la cota de la pieza con un calibrador pie de rey.
2. Buscar en las tablas del instrumento el valor que comprenda la medida obtenida en la pieza, y así poder determinar el/los suplemento/s y/o la/s arandela/s necesaria/s.
3. Montar el contacto fijo, elaborado con el/los suplemento/s y/o la/s arandela/s necesaria/s, determinado todo ello por las tablas referidas en el punto anterior.

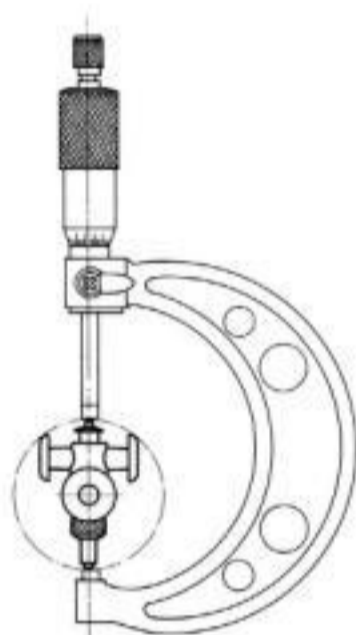


Detalle cabeza medición.

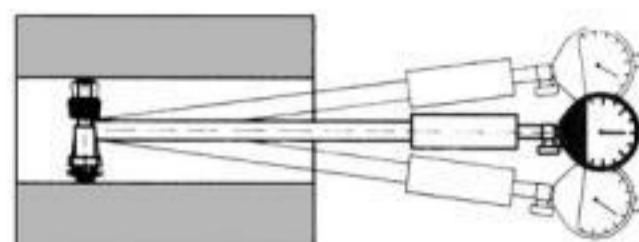
4. Montar el comparador en el extremo del cuerpo, de manera que la esfera esté orientada hacia el contacto móvil, nunca hacia el contacto fijo. Es aconsejable el uso de comparador de doble escala.



5. Regular un micrómetro a la medida obtenida con el calibrador de la pieza, redondeada al milímetro más cercano. El micrómetro lo regularemos girando el tambor en sentido contrario al que habitualmente utilizamos para medir; finalmente frenaremos el micrómetro. Cuando la precisión solicitada es grande, para calibrar utilizaremos bloques, anillos o piezas patrón.
6. Introducir el instrumento en el patrón o en el micrómetro utilizado para calibrar y moverlo de forma similar al micrómetro de interiores hasta que obtengamos la medida más pequeña.



7. En esta posición, mover la esfera para que coincida el 0 de ésta con la aguja grande.
8. Ahora es el momento de introducir algo más o retirar algo el comparador que hemos introducido en el punto cuarto, de manera que ahora que tenemos la aguja grande en 0 pondremos la pequeña que nos marque un valor que a nosotros nos sirva de referencia.
9. Repetiremos los puntos 6, 7 y 8 tantas veces como sea necesario hasta conseguir una correcta contrastación del comparador.
10. Con la certeza de una correcta contrastación lo introducimos en la pieza apoyando el contacto fijo contra una de las paredes de la pieza, haciéndolo bascular en ambos sentidos para determinar la medida mínima –de igual manera para interiores cilíndricos como para prismáticos– que es la medida real del agujero.



11. Manteniéndolo en la posición del valor mínimo, leemos el valor que nos indican las agujas y la sumamos a la medida utilizada en la calibración. Éste es el valor real del agujero medido.

También existen otros modelos para la medición rápida de interiores, como el que se muestra a continuación:



Calibrador rápido con comparador para mediciones interiores - Mitutoyo.

Cuidado de los comparadores

Los comparadores son instrumentos de precisión y se deben tratar como tales:

- No deben dejarse caer ni exponerse a impactos bruscos y fuertes. Si caen, puede doblarse el palpador, lo que posiblemente inutilizará el instrumento.
- Los golpes y/o impactos, p.ej.: los golpes sobre una pieza estando el contacto del palpador todavía en conexión, pueden dañar el delicado mecanismo de amplificación.



- El palpador debe mantenerse limpio de polvo y suciedad. De no hacerlo pueden obturarse y/o pegarse ciertas partes, lo que procurará lecturas falsas.
- Es importante comprobar el recorrido del comparador antes de utilizarlo, tanto la longitud como la corrección del recorrido.
- Cuando no se esté utilizando un comparador, debe estar cuidadosamente guardado en su caja, con especial atención en la protección del palpador.

- En caso de avería, no es aconsejable su manipulación por personal no cualificado, y menos en ambiente hostil, como pueden ser los alrededores de máquinas en proceso de producción.

Otros modelos de comparadores



Comparadores digitales.



Con palpador universal.



Especial con contacto en forma de bola - Mitutoyo.

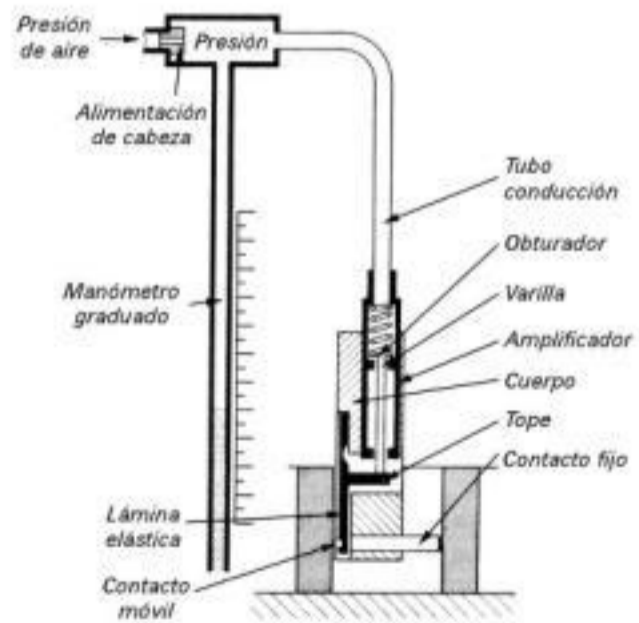


Comparadores de largo recorrido.

Comparador neumático

En estos aparatos la amplificación está basada en los cambios de presión que se producen en una cámara –en la que entra un gas, p.ej.: aire comprimido, a velocidad constante– al variar las condiciones de salida de dicho gas por un orificio.

El primer aparato de este tipo es el conocido con el nombre de micrómetro SOLEX, desarrollado y puesto a punto por la sociedad Solex en 1929, que lo utilizó inicialmente para la verificación de la sección de los surtidores de carburadores, y después fue desarrollado para aplicaciones de medición.



Comparador SOLEX para interiores. (Obtención indirecta)

En general, la amplificación de los aparatos de uso corriente –que funcionan bajo este principio– suele ser de 10.000 ó 20.000 aunque ya se han logrado amplificaciones de hasta 100.000 en aparatos construidos especialmente para algunas mediciones muy específicas en laboratorios de metrología.

Otra de las ventajas de este sistema es la ausencia de dispositivos delicados, permitiendo su aplicación en el taller con plenas garantías de seguridad, incluso directamente en las máquinas-herramienta para la verificación automática y simultánea.

Comparador electrónico

Que no debe confundirse con el comparador digital, aunque actualmente algunos modelos tienen funciones comunes y otras muy parecidas.

La implantación de dispositivos electrónicos en los aparatos de medición mecánica ha permitido la resolución de infinidad de problemas que se planteaban en la verificación de la producción masiva de piezas intercambiables, p.ej.: recambios de todo tipo, pero especialmente del sector de la automoción.



Comparador electrónico digital - Mitutoyo.

Una aplicación real de este tipo de dispositivos es el control simultáneo de distintas cotas en cientos de piezas que se producen cada hora, lo que permite su clasificación según sus dimensiones. Al realizarse la verificación de las piezas sobre máquina, permite el ajuste automático para lograr las medidas con las tolerancias requeridas.



Palpadores inductivos - Mitutoyo.

Todo este conjunto de aparellaje eléctrico / electrónico lo consideramos comparadores, puesto que funcionan según el

principio de medición por comparación, en los que el desplazamiento del palpador –de un sinfín de formas– produce, de una u otra forma, una señal eléctrica. Ésta, ampliada eléctrica o electrónicamente, se presenta en forma de señal luminosa, variación de los parámetros en el CNC de la máquina, oscilación de una aguja, salida de datos para control estadístico, etc.



Conjunto palpadores electrónicos - TESA.

Medición angular

El medir y comprobar ángulos de las piezas que se están o se han mecanizado en el taller es una de las operaciones habituales, planteando problemas más o menos complejos según las características de los elementos que forman el ángulo a medir. Generalmente los ángulos que más frecuentemente nos encontramos en las piezas mecanizadas son:



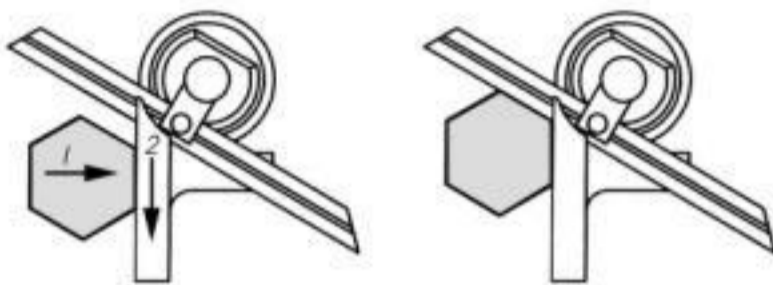
- *Ángulos diédricos:* formados por dos superficies planas de una misma pieza o de piezas distintas.
- *Formados por un plano y una recta:* la recta, con frecuencia, es la generatriz de un cuerpo de revolución –cilindro o cono–.
- *Formados por dos rectas:* el caso típico es el ángulo formado por las generatrices de un tronco de cono o de un cono completo.

Los sistemas de comprobación y medición de ángulos más comúnmente utilizados son:

- *Medición directa:* del ángulo por medio de instrumentos que permiten conocer el valor del ángulo.
- *Medición trigonométrica:* en la que midiendo algunas longitudes relacionadas con el ángulo calculamos el valor de éste.
- *Medición indirecta:* por comparación con un patrón del ángulo.
- *Comprobación directa:* con un patrón del ángulo.

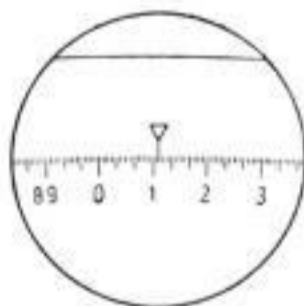
Para efectuar la medición es conveniente seguir este orden:

1. Aflojar un poco la tuerca de bloqueo y apoyar la pieza sobre el brazo fijo.
2. Deslizar la pieza contra la regla hasta que ésta asiente totalmente sobre la otra cara a medir.
3. Apretar la tuerca de bloqueo del giro del disco giratorio.
4. Cerciorarse que no ha habido variación en el ángulo y, por eso, que tanto el brazo fijo como la regla apoyan correctamente en las caras de la pieza.
5. Realizar la lectura del ángulo en la escala y calcular el valor del ángulo medido.



Goniómetro óptico

Con las mismas características que el anterior, pero con el círculo graduado o limbo cerrado dentro de una caja. La lectura se realiza a través de una lente cuyo campo de visión abarca parte de la escala, así como el índice de medición.



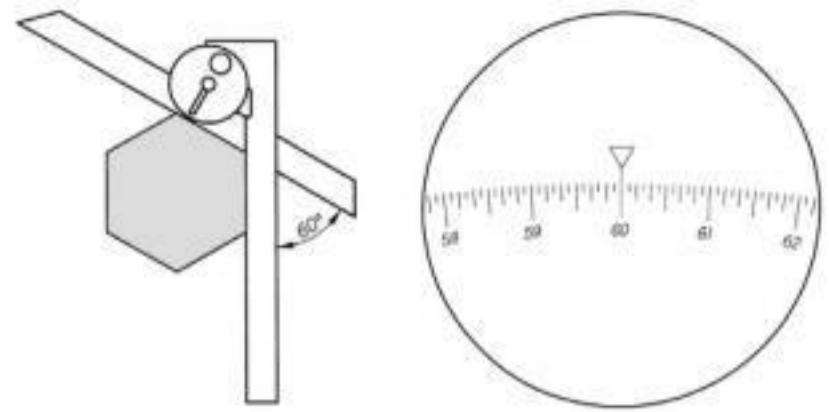
Visión de la lente.

La palanca de bloqueo que se encuentra encima de la tapa permite fijar o liberar el deslizamiento de la regla. Para la fijación de la posición angular entre la regla y el brazo en escuadra –según los modelos– se consigue mediante un anillo moleteado.



Goniómetro óptico.

El proceder para realizar la medición es exactamente igual que el anterior y, aunque su resolución suele ser de 5', dependiendo de la destreza del operario pueden aproximarse valores inferiores.



Goniómetro con reloj - TESA.

Verificación y comprobación

Los patrones son cuerpos que materializan con la mayor precisión posible y máxima inalterabilidad una unidad o una magnitud determinada, p.ej.: en el taller, cierta cantidad de milímetros o fracciones de él.



Calibre de límites cilíndrico Pasa-No Pasa. Cortesía de Sidenor S.A - Reinoso.

Así pues, por la forma de conformar la longitud que reproducen, pueden ser:

- *De trazos:* la longitud queda delimitada por la distancia entre trazos sobre una superficie plana.
- *De topos o de superficies planas:* en los que la distancia entre dos superficies estrictamente planas y paralelas determina la longitud.
- *De topos esféricos:* en los que el diámetro de la superficie esférica establece su longitud.
- *Cilíndricos:* en los que el valor del diámetro de una superficie cilíndrica delimita la longitud.

Los patrones y calibres, según su utilización, se clasifican en:

- **De trabajo:** empleados en el taller a pie de máquina. Es vital que sean los más nuevos o los de tolerancias más estrechas.

- **De control:** utilizados en la inspección. Suelen tener un campo de tolerancia más amplio que los anteriores.
- **De recepción:** asignados para la recepción de piezas de proveedores. Sus tolerancias suelen estar al límite de su uso.
- **Patrón:** destinados al calibrado de otros calibres o elementos de medición.



Calibre de límites fijo. (Herradura 2 bocas: Pasa-No Pasa.)

Patrones lineales

Suelen denominarse *patrones lineales de taller* a los utilizados para el contraste o comprobación de los instrumentos de medición empleados en la fabricación mecánica.

Adoptan una completa gama de formas, algunas muy similares a las de los instrumentos de medición y comprobación empleados en el taller, aunque difieren de estos últimos en la precisión y en su uso.



Bloques patrón - Borletti.

Generalmente se construyen en acero de alta calidad 1.2067 (100 Cr 6), que después de recibir todo el tratamiento térmico que les corresponde suelen alcanzar una dureza media de 800 HV (64 HRc), lo que les permite disponer de una buena resistencia al desgaste y estabilidad estructural.

La experiencia y los resultados de las mediciones demuestran que la dimensión efectiva de un patrón cambia con el tiempo, como consecuencia de lo que se conoce como envejecimiento natural. En este envejecimiento natural cabe considerar la disminución progresiva de las tensiones internas, la inestabilidad de los componentes del acero, la proporción austenita-martensita, etc., detectándose en algunos casos variaciones de $\pm 0,3 \mu$ en 100 mm a lo largo de un período de año y medio.

Por tanto, actualmente la mayoría de los fabricantes ya incluyen en el tratamiento el envejecimiento artificial, que permite conseguir en menos tiempo la estabilidad estructural y garantizar mejor las dimensiones.

Los tipos más comunes de patrones lineales utilizados en el taller son:

- Patrones cilíndricos:
 - discos patrón,
 - tampón patrón o tampón normal,
 - anillos patrón.
- Varillas:
 - extremos cilíndricos o barras patrón,
 - extremos esféricos.
- De caras paralelas:
 - prismas o bloques patrón (también se les conoce como *calas patrón* y como *calas Johansson*).



Tampón patrón.



Disco patrón - TESA.

Patrones cilíndricos

En los patrones y calibres cilíndricos la medida de referencia está delimitada por el diámetro de una superficie cilíndrica –tal como ya se ha indicado–.

Los *tampones patrón* o tampones normales, están formados por un cilindro cuyo diámetro tiene la medida de referencia y un mango para facilitar su manejo. Aunque de forma parecida a la de los calibres de límites, no deben confundirse con ellos; la diferencia fundamental reside en que –como veremos más adelante– los calibres de límites no tienen una dimensión definida, sino que presentan una medida límite, con una tolerancia determinada, mientras que los patrones tienen la medida determinada (*cota nominal*) con gran precisión.



Anillo patrón - TESA.

Los tampones normales simples han sido desplazados de su empleo en la verificación de piezas mecánicas por los calibres de límites, pero siguen usándose en casos concretos.

Para formar una medida determinada se empieza por el bloque que nos dé la tercera cifra decimal, después se añaden los que den la segunda y primera cifra decimal y así sucesivamente. Por ejemplo, si tratamos de formar la medida 40,635 mm con un juego de 47 bloques procederemos seleccionando sucesivamente: 1,005, 1,03, 1,6, 7 y 30, que aplicados nos darán la dimensión buscada:

$$1,005 + 1,03 + 1,6 + 7 + 30 = 40,635 \text{ mm}$$

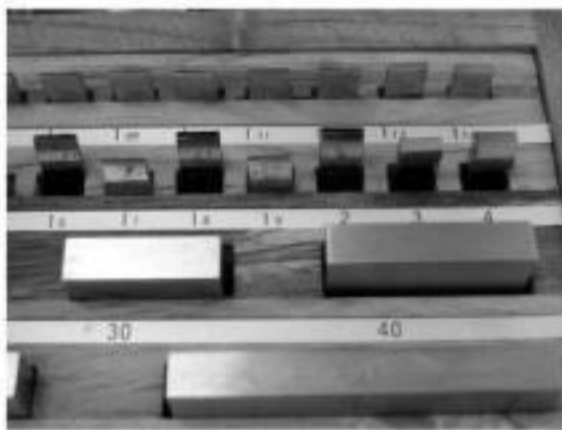
Si disponemos de un juego más completo por ejemplo: de 103 bloques, podremos lograr la combinación con sólo 4, tomando los siguientes:

$$1,005 + 1,13 + 13,5 + 25 = 40,635 \text{ mm.}$$

Precisión de los bloques patrón

La posibilidad de emplear como patrón combinaciones de bloques de caras planas está fundamentada en la gran precisión con la que están fabricados, así como en la posibilidad de calcular el error máximo que puede producirse en una combinación determinada.

El excepcional grado de planitud de las caras permite que al formar las combinaciones de bloques, éstos queden fuertemente adheridos por atracción molecular. En ocasiones puede ser necesario un esfuerzo de 190 N/cm² para separarlos.



Aunque el espesor de la capa de lubricante que se interpone entre los bloques puede producir una alteración de 0,01 μ en el total de la combinación, ésta es vital para evitar el posible agarrotamiento entre ellos, e incluso su soldadura, lo que produciría su inutilización por la destrucción de la calidad superficial.

Los bloques patrón están disponibles en diversas precisiones de acuerdo a las normas especificadas, de manera que su clasificación estándar es:

- **Grado 2:** Destinados a su empleo en el taller, para reglaje y calibración de dispositivos e instrumentos de precisión normal.
- **Grado 1:** Destinados a su utilización en los Laboratorios de Control, para la verificación de galgas y calibres, así como para la calibración de instrumentos de medida. Es el grado de precisión más habitual.
- **Grado 0:** Por ser de un grado de precisión superior se requiere para su empleo personal cualificado y en ambiente controlado. Se emplean como patrones de referencia para el reglaje

de instrumentos de medida muy precisos y para la calibración de otros bloques de grado inferior.

- **Grado 00:** Los bloques de este grado de precisión –la mejor que existe– están destinados a su empleo en Laboratorios especializados de verificación y calibración.
- **Grado K:** Éstos deben ser utilizados preceptivamente en un local con ambiente controlado. Sirven de referencia para la calibración de todos los demás bloques.

También nos podemos encontrar con algún fabricante que utilice otro tipo de nomenclatura para su clasificación.

Manipulación de los bloques patrón

Los bloques patrón, ni se deben ni se pueden manejar sin las debidas precauciones ni cuidados, puesto que sirven de base para toda la fabricación de la que, como patrones, garantizan la calidad en cuanto a precisión dimensional, además de tener un elevado precio de compra.

Así pues, es necesario e ineludible tratarlos adecuadamente para que no pierdan el pulido de sus caras de medida ni su adherencia, evitando cualquier desgaste anormal y prematuro.



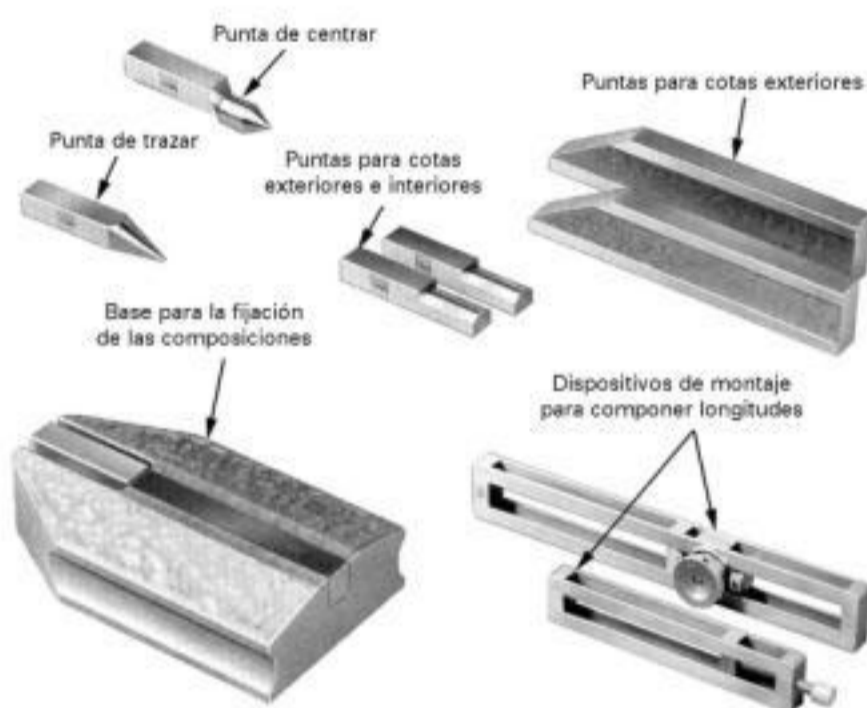
Acoplamiento de dos bloques patrón.

A continuación indicamos algunas recomendaciones a seguir para la conservación de los bloques:

- Evitar dejarlos en atmósferas húmedas, ácidas, o con polvo abrasivo.
- No utilizarlos con las manos sucias o húmedas.
- Antes de su uso, limpiarlos cuidadosamente con una gamuza, sin emplear disolventes para desengrasarlos, tales como la gasolina, etc.
- Después de limpiarlos debe quedar una ligerísima película lubricante que, como ya se ha dicho, facilita la adherencia evitando el agarrotamiento.
- Limpiar cuidadosamente las piezas a verificar que vayan a tener contacto con los bloques.
- Nunca debe forzarse a entrar en el/los alojamiento/s a verificar una combinación de bloques, por ejemplo: en las bocas de los calibres. La cota debe apreciarse por frotamiento suave y sin esfuerzo.
- Evitar choques, caídas y cualquier otro maltrato.
- Las mediciones deben hacerse a una temperatura lo más próxima posible a la temperatura de referencia (20 °C).

- Después de su uso limpiarlos cuidadosamente con una gamuza, de manera que no queden huellas de los dedos.
- Engrasarlos perfecta y cuidadosamente con un lubricante neutro. Existen en el mercado grasas especiales para bloques patrón y calibres; de no poder utilizar tales productos debe utilizarse vaselina neutra estrictamente pura. En este último caso conviene limpiar muy bien los bloques cada siete u ocho días y volverlos a proteger con otra nueva aplicación de vaselina limpia.
- Para formar una combinación, éstos se unen por sus caras de medición haciéndolos deslizarse con un movimiento de vaivén y una ligera presión, para que no quede aire entre ellas y la adherencia sea perfecta. Una vez acoplados los bloques, la fuerza de adherencia es tal que la combinación puede manejarse como un conjunto rígido.

No obstante, para evitar que por accidente se descomponga la combinación, y al mismo tiempo proteger los bloques del contacto con las piezas con las que se va a trabajar –aumentando así su duración– las combinaciones se utilizan montadas en soportes y accesorios preparados para ello, como los que se muestran en la figura.



Conjunto de accesorios para bloques patrón - TESA.

Patrones angulares

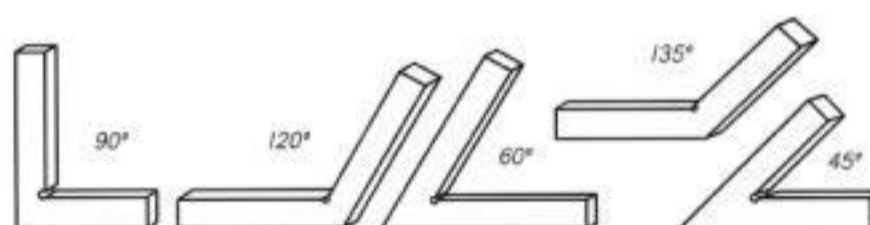
El valor constante y característico que resulta de la definición del ángulo recto no requiere de patrones, por lo que solamente son necesarios patrones de ángulos para el taller. Éstos son de distintos tipos –según su propósito–, clasificándose los más utilizados en:

- de 180°: Reglas y Mesas de planitud (también conocidas como "mármoles"). Estas últimas –en términos generales– materializan un plano.
- de 90°: Patrones de ángulo recto, normalmente conocidos como escuadras.
- de valor cualquiera: Fijos o variables.



Escuadras

Las escuadras que se utilizan en el taller son las de acero –templado y estabilizado cuando se trata de escuadras de más precisión– y acero inoxidable.



Las escuadras fijas sólo pueden comprobar un ángulo. Las más empleadas son las de 90°, 120°, 135°, 60° y 45°. También bajo pedido se fabrican «escuadras especiales» con valores intermedios.

Los tipos fijos más corrientes son:

- Escuadras *lisas*.
- Escuadras *de solapa*, con una pletina que lleva en el brazo corto.
- Escuadras *de precisión*, con bisel en uno de los brazos (generalmente el más largo), de una o de dos piezas.
- Escuadras *de guía*, con las caras muy anchas. En ocasiones, las escuadras tienen rebajes, continuos o discontinuos, para evitar deformaciones.



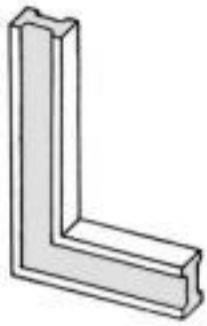
Escuadra lisa - LTF.



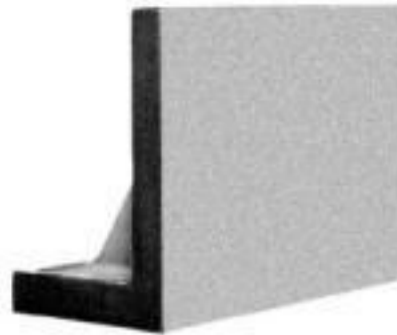
Escuadra de solapa - LTF.



Escuadras de precisión - Etalon.



Escuadra con rebajes.

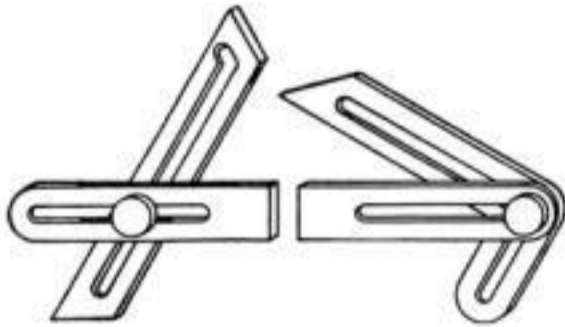


Escuadra de guía.

Falsas escuadras (de valor variable)

Los brazos de estas escuadras disponen de unas ranuras que les permiten el efecto de la articulación mediante desplazamientos, pudiéndose fijarse en cualquier posición (apertura) mediante un tornillo.

Aunque su primera función es la de poder comprobar si dos o más piezas tienen o no el mismo ángulo, también se utilizan como transportador de ángulos.



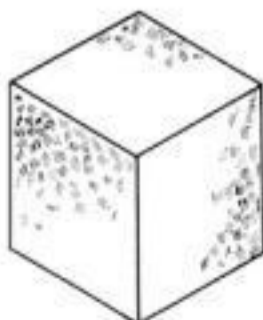
Falsas escuadras.

Para comprobar un ángulo determinado con este instrumento, será necesario colocar la abertura adecuada mediante un goniómetro, una escuadra fija o un patrón angular.



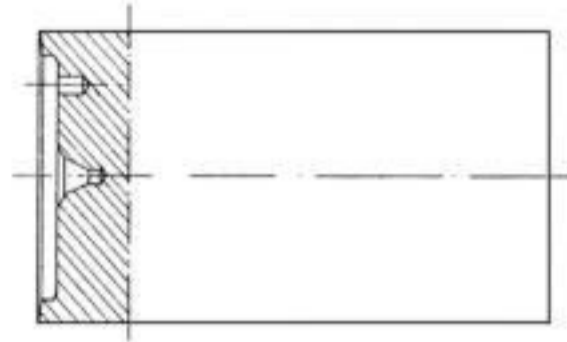
Dado o cubo

Son paralelepípedos con las caras perfectamente rectificadas y un alto grado de planitud.



Cilindro - escuadra

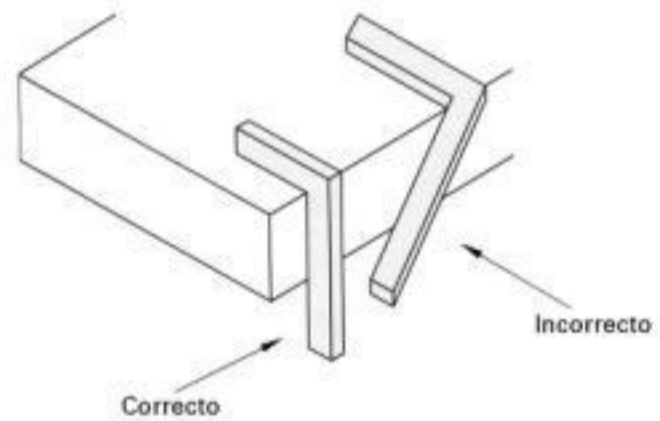
Constituye un buen patrón del ángulo recto y ofrece la ventaja de poder construirse en una rectificadora universal de precisión. La superficie lateral y las bases se rectifican alrededor del mismo eje sin necesidad de desmontar.



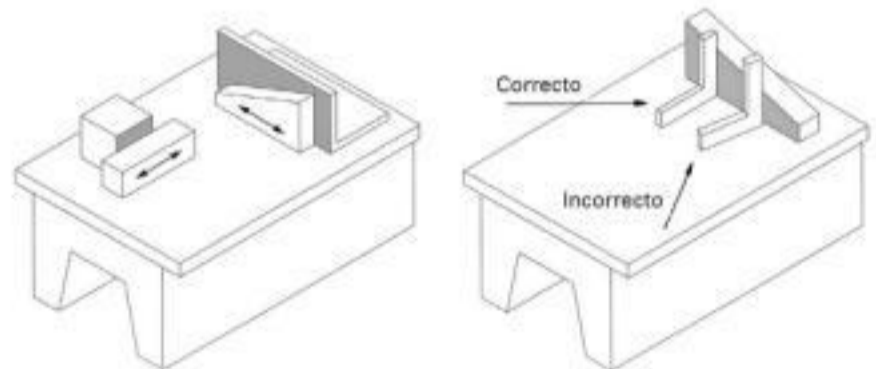
La forma ligeramente cónica de las bases, de igual eje que el cilindro, permite un apoyo seguro sobre una corona periférica perpendicular al eje y, por tanto, a la generatriz.

Manipulación y conservación de las escuadras

Las escuadras fijas se utilizan encarando los dos brazos de la escuadra con las caras del ángulo a verificar, comprobando si se ve luz entre ellas. Para ello es preciso disponer la escuadra de forma correcta, como se muestra en la figura siguiente.



Algunas veces se utilizan en una mesa de planitud con escuadra guía, dado, etc.



Las falsas escuadras se utilizan tomando previamente la abertura adecuada de un goniómetro, una escuadra fija o un patrón angular, fijando la posición con el tornillo para así poder llevarla hasta la pieza y comprobar como con una escuadra fija. Evidentemente la destreza del operario es importante en todo este manejo, pero de por sí, la precisión del instrumento es menor que la de las escuadras fijas.

Las escuadras de guía y los dados no se utilizan observando si se ve luz entre ellos y la pieza, sino de la forma siguiente:

- Se prepara una mesa de planitud con una fina capa de material colorante: azul de prusia, etc.
- Apoyando una cara de la pieza en la escuadra de guía o en el dado, y el conjunto de las dos piezas en la superficie coloreada de la mesa de planitud, se mueve todo el conjunto a la vez para comprobar los puntos en que toca.

Los dados y cubos suelen moverse unidos a la pieza. Las escuadras de guía se pueden dejar quietas en la mesa de planitud, coloreando la cara que no apoya en la mesa, y moviendo la pieza entre escuadra y mesa.

Al igual que cualquier otro instrumento de precisión, con las escuadras deben tomarse también las precauciones necesarias para su adecuada conservación:

- Evitese el darles golpes.
- No se dejen en contacto con otras herramientas.
- Guardarlas en un estuche que las proteja adecuadamente.
- Al finalizar su uso, limpiarlas con un trapo de hilo o una gamuza y engrásense con una fina capa de vaselina, para evitar la oxidación de las aristas.

Con las escuadras de guía y cubos deben tomarse las mismas precauciones que con las mesas de planitud.

Verificación de las escuadras

Actualmente se dispone en el mercado de aparatos para verificar la perpendicularidad y comprobar ángulos con suficiente precisión para garantizar los requerimientos del taller.

De todas maneras, si no disponemos de un instrumento de estas características siempre podemos recorrer a los sistemas clásicos para verificar y ajustar escuadras:

- Método de las 3 escuadras.
- Método «norteamericano».
- Mesa de planitud y cilindro-escuadra.

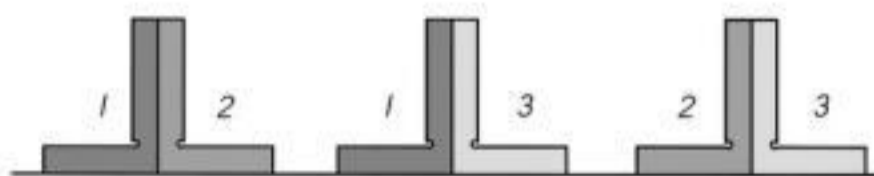


Comprobador de ángulos de precisión - Mitutoyo.

Método de las 3 escuadras

Si se dispone de 3 escuadras de 90°, la verificación es muy sencilla:

- Se toman las escuadras 1 y 2, y apoyándolas sobre una mesa de planitud se hacen tocar las otras 2 caras.
- La misma operación se repite con las escuadras 1 y 3.
- De igual manera se procede con las escuadras 2 y 3.



Si en las 3 operaciones, las escuadras coinciden adecuadamente, el ángulo de 90° es correcto. La parte interior se verifica por paralelismo con las caras exteriores.

Suponiendo que en la verificación entre las escuadras 1 y 2 se localice una pequeña desviación; y lo mismo suceda en la verificación entre las escuadras 1 y 3, cuando se proceda a la verificación entre las escuadras 2 y 3 la desviación que se observará será el doble de la desviación de la escuadra 1 con respecto al ángulo recto.

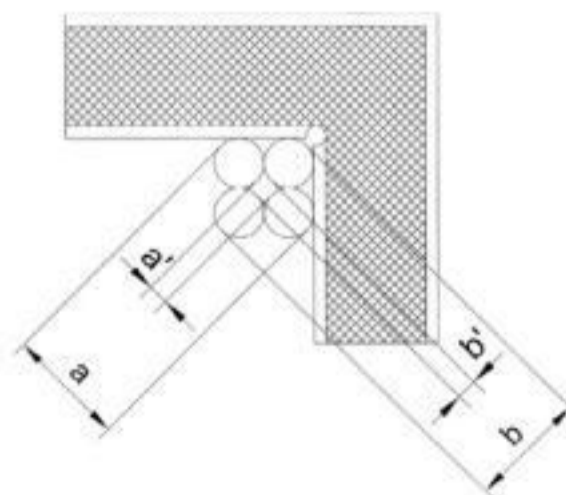
Así pues, para proceder a su ajuste se retoca una de estas dos últimas, la escuadra 2 por ejemplo, aproximadamente la mitad de la desviación, y tomando ésta como patrón se ajustan a ella las otras dos, volviéndose a comprobar estas dos últimas entre si y repitiendo la operación las veces que sea necesario.

Cuando ninguna de las tres combinaciones posibles entre dos escuadras muestre desviación, pueden considerarse terminadas las operaciones de ajuste. Si en estas operaciones se ha utilizado como método de comprobación el de la raya luminosa, la precisión del ajuste puede ser de algunas milésimas de milímetro.

Método «norteamericano»

Cuando se dispone de una sola escuadra, se toman cuatro cilindros de igual diámetro y, apoyándolos tal como se muestra en la figura, se hacen las mediciones exteriores a-b y las interiores a'-b'.

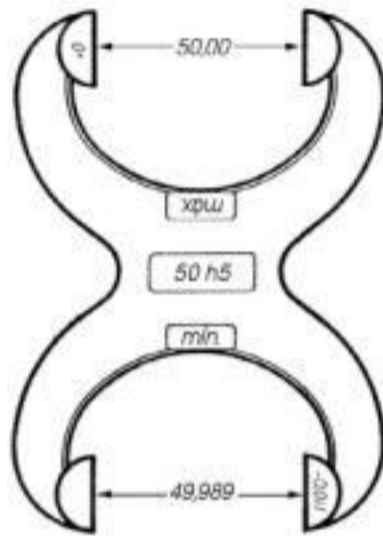
Si $a=b$ y $a'=b'$, el ángulo interior (90°) es correcto. Las caras exteriores se comprueban por paralelismo.



Método «norteamericano».

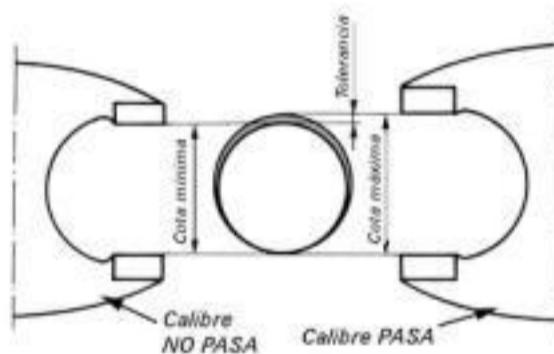
se encuentra dentro de los valores predeterminados (tolerancias) en el plano. Por tanto, una forma de «prueba tangible»⁵ que nos permitirá decidir si dicha pieza es aceptada o rechazada.

Así pues, para que la pieza esté dentro de la tolerancia, tanto eje como agujero, es preciso que uno de los calibres, el calibre «pasa», pueda introducirse en ella, y otro de los calibres, el calibre «no pasa», no pueda introducirse. Además pueden darse otras situaciones que son las que determinan el rechazo de la pieza, por exceso o por defecto:

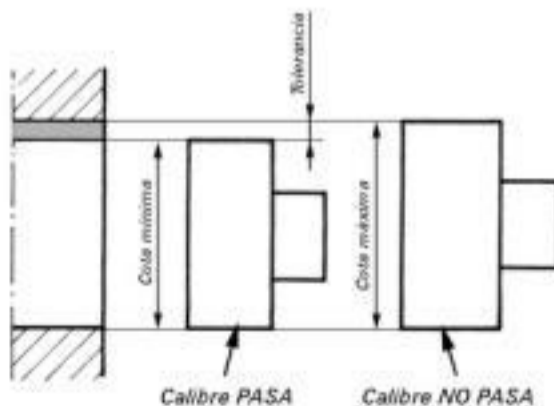


Calibre de límites hembra.

- Verificación de eje.
 - Pasa: SÍ pasa - No Pasa: SÍ pasa = Cota menor que la mínima ⇒ Rechazo.
 - Pasa: NO pasa - No Pasa: NO pasa = Cota mayor que la máxima ⇒ Rechazo.
- Verificación de agujero.
 - Pasa: SI pasa - No Pasa: SI pasa = Cota mayor que la máxima ⇒ Rechazo.
 - Pasa: NO pasa - No Pasa: NO pasa = Cota menor que la mínima ⇒ Rechazo.



Calibres Pasa-No Pasa para verificación de ejes.



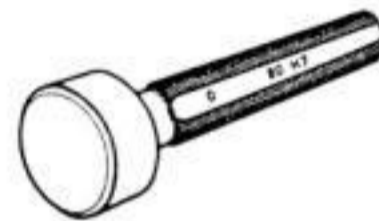
Calibres Pasa-No Pasa para verificación de agujeros.

Generalmente, en vez de dos calibres distintos se utiliza uno solo que equivale a ambos, puesto que materializa en una sola pieza los dos mencionados, cuyas medidas corresponden respectivamente a cada una de las medidas límite: máxima y mínima. A estos calibres también se les conoce como «calibres pasa-no pasa».

Para que el calibre cumpla con el enunciado de su función, es necesario que en su construcción se respete al máximo lo que en 1905 enunció F.W. Taylor, conocido como principio de Taylor, que dice:

- El calibre PASA debe estar diseñado de forma que compruebe simultáneamente todas las medidas, amoldándose perfectamente a la geometría ideal de la pieza a controlar, es decir: a las de su máximo material.

Como ejemplo diremos: que para controlar un agujero, el calibre PASA deberá ser un cilindro completo y perfecto, de una longitud igual a la de la pieza y de un diámetro similar al de la dimensión más pequeña de la pieza, pieza en máximo material.



Calibre tampón Pasa.

- El calibre NO PASA debe estar diseñado de forma que compruebe las medidas de una en una. Para ello este calibre dispondrá generalmente de dos contactos, o de tres si se pretende detectar defectos de triangulación.

Como ejemplo diremos: que para controlar un agujero supuestamente ovalado, el calibre deberá tener dos contactos esféricos diametralmente opuestos, cuyo diámetro sea similar al de la dimensión más grande de la pieza.



Calibre No Pasa. (Varilla de extremos esféricos.)

Este principio de diseño de los calibres, garantiza que las incorrecciones –dimensionales y/o geométricas– de la pieza no superan los valores establecidos en las tolerancias.

No siempre resulta fácil aplicar el principio de Taylor, y por ello se toleran ciertas excepciones, que deberán verse en el módulo Control de Calidad en Fabricación Mecánica, de este ciclo formativo.

Como todo, los calibres de límites tienen sus ventajas y sus inconvenientes. Así pues, a continuación relacionaremos algunos:

Ventajas

- Para la aceptación o rechazo de las piezas, el calibre de límites es aceptado para tomar la decisión (UNE 4-030) como cualquier otro instrumento.
- No necesita de gran especialización por parte del operario que lo va a utilizar.
- Coste relativamente bajo.
- Si el calibre está construido según el principio de Taylor, nos permitirá controlar la forma y la dimensión.

Inconvenientes

- No nos indica la aproximación a los límites de tolerancia de la pieza.
- Puede reducir o ampliar las tolerancias de fabricación y, consecuencia de ello, admitir piezas malas y rechazar buenas.

Aunque el último punto de los «inconvenientes» pueda parecer una incongruencia, no lo es. Para entender que no es así, conviene aclarar que es debido a las tolerancias de fabricación del calibre –según norma–, puesto que éstas modifican la tolerancia resultante de las piezas controladas por dicho calibre.

Vamos a utilizar la figura inferior para, con su estudio, demostrar esta cuestión.

Sea un calibre de límites del tipo tampón para verificar el diámetro interior de un casquillo. La dimensión de este agujero está establecida en 50 mm de diámetro con una tolerancia H7, cuyos valores indicados en la figura abarcan desde 50,000 mm hasta 50,025 mm.

Si contemplamos dichos valores, y planteamos la combinación entre el límite inferior del lado «no pasa» y el límite superior del lado «pasa» nos encontramos que las medidas pueden ir desde:

$50 \begin{matrix} +0,023 \\ +0,0055 \end{matrix}$ con un campo de 17,5 μ , reduciendo la tolerancia en un 30%.

hasta el valor resultante de la combinación entre el límite superior del lado «no pasa» y el valor mínimo (zona de desgaste) del lado «pasa»:

$50 \begin{matrix} +0,027 \\ -0,003 \end{matrix}$ con un campo de 30 μ , ampliando la tolerancia en un 20%.

Cierto es que estos valores son los extremos, tanto en un caso como en el otro, pero sirve para certificar lo expuesto:

- en el caso de la *reducción*: rechazariamos piezas buenas, o dentro de tolerancia: 50,024, 50,003, y
- en el caso de la *ampliación*: admitiríamos piezas malas, o fuera de tolerancia: 50,026, 49,998.

Formas de los calibres de límites

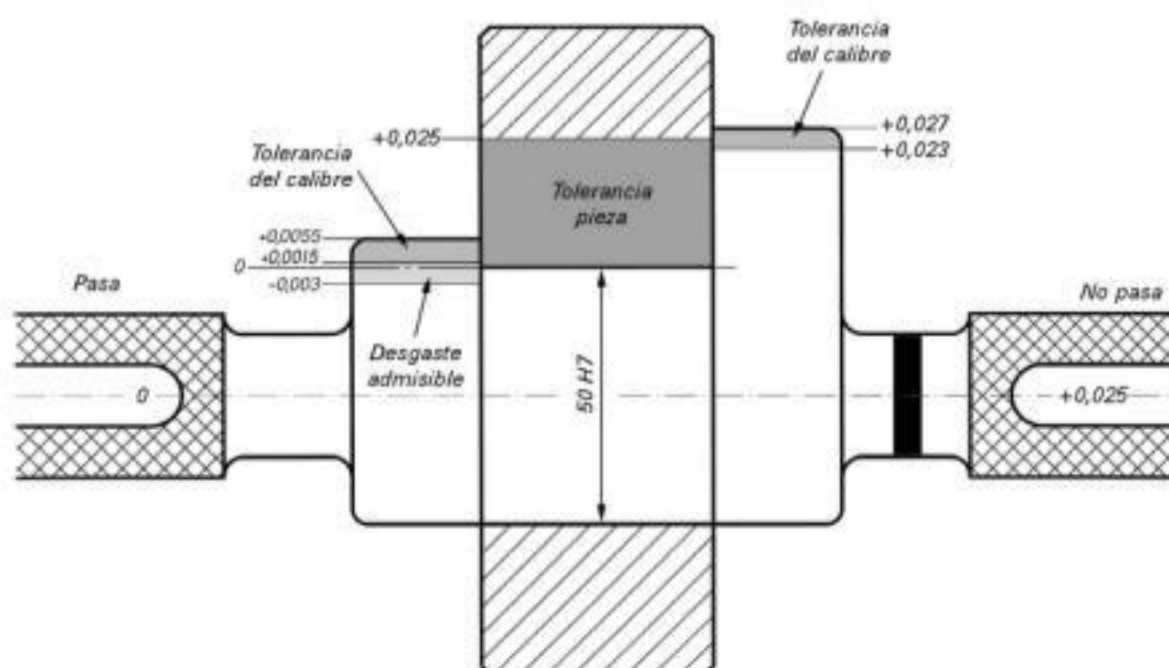
De la misma manera que las herramientas, instrumentos de medición, tipos de máquinas, etc., los calibres de límites también adoptan variedad de formas, dependiendo de si se trata de calibres para la verificación de ejes o de agujeros, de su dimensión nominal, de la geometría de la pieza, de la comodidad de manejo, de los requerimientos de precisión, etc.

Para agujeros de pequeño diámetro se utilizan en forma de tampón cilíndrico, montando sobre el mismo mango los dos calibres: calibre «pasa» y calibre «no pasa». El mango suele ser grafilado o moleteado, y en algunos casos incorpora un recubrimiento de material aislante, p.ej.: ebonita.

Cuando se trata de diámetros más grandes, un calibre doble sería demasiado pesado y excesivamente engorroso de manejar, por lo que en estos casos se utilizan calibres tampón separados, cada uno con su correspondiente mango.

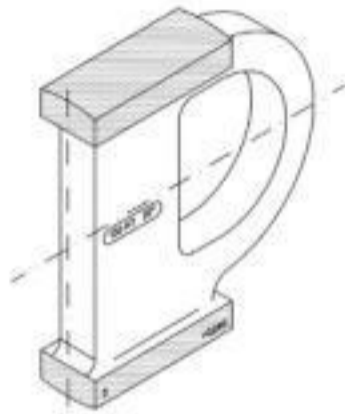


Calibre *tampón* cilíndrico.

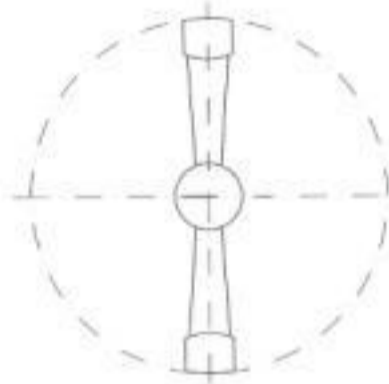


También los podemos encontrar en forma de calibres planos, sencillos o dobles, que son más ligeros que los tampón –a la vez que más económicos– y que también permiten localizar incorrecciones tipo ovalización. La parte desfavorable es que suelen desgastarse con mayor rapidez.

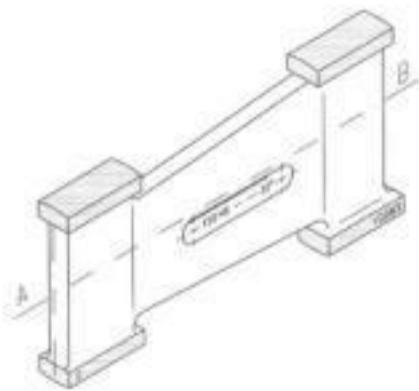
Los dobles pueden ser de un solo lado, pero en uno de ellos con los dos límites de tolerancia –inferior y superior–, o dobles para diámetros relativamente pequeños.



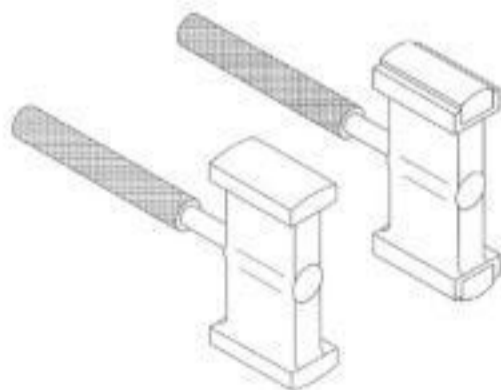
Calibre plano doble.



Cilindricidad de los calibres.



Calibre plano doble.



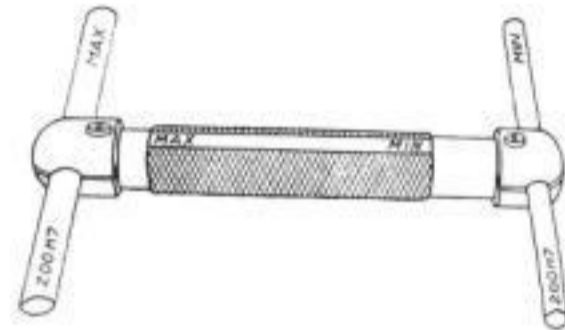
Calibres planos sencillos.

Otra forma de calibre de límites para agujeros es la de varillas de extremos esféricos, ya sea montadas sobre un mango o separadas.

Estas últimas incorporan empuñaduras aislantes para su manejo.



Varillas de extremos esféricos.

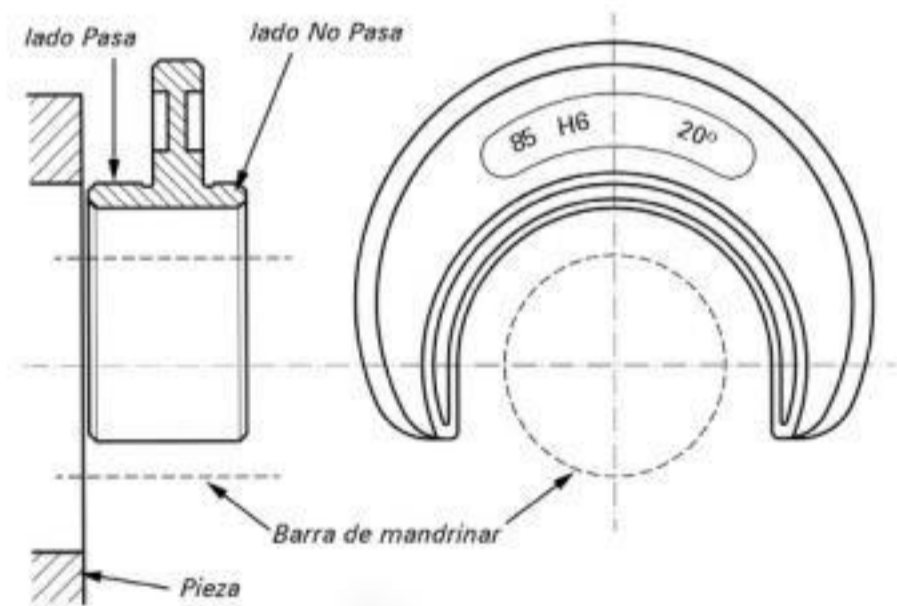


Calibre de varillas de extremos esféricos montadas sobre mango único.

Dentro del grupo de calibres de límites de construcciones especiales encontramos los calibres para agujeros realizados en mandrinadora.

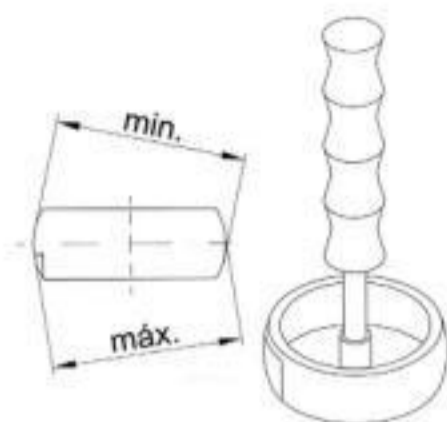
Dicho de esta forma no parece que se presente nada especial, puesto que un agujero realizado en la mandrinadora lo podemos verificar con cualquiera de los que hemos presentado hasta ahora. Y así es, pero para hacerlo requiere que la barra de mandrinar no esté por el medio, mientras que con este calibre podemos verificar el agujero sin tener que retirar o desmontar la barra, lo que sin duda alguna ahorra tiempo.

Esto se consigue con la forma abierta de este calibre que le permite «cabalgar» sobre la barra.



Calibre de límites para verificar agujeros que se están realizando en la mandrinadora.

El calibre de límites *Te-Bo* está basado en el principio que para el lado «pasa» garantiza que toda la superficie a verificar es exterior (agujero) al calibre, mientras que para el lado «no pasa» es de contacto local asegurando que en ninguna zona la cota efectiva está fuera de los límites adoptados, ya sea por ovalización o por incorrecciones de redondez.

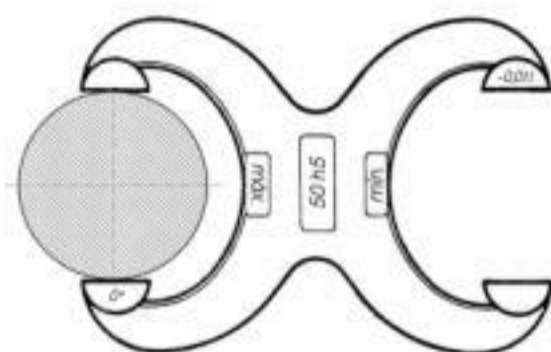


Calibre de límites Te-Bo.

Los calibres de límites para ejes también tienen formas variadas, aunque suelen centrarse en dos tipos: anillos y calibres de boca o herradura. Estos últimos con diversas variantes.

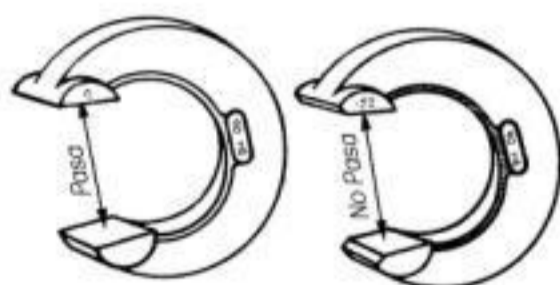


Calibres de límites en forma de anillo.



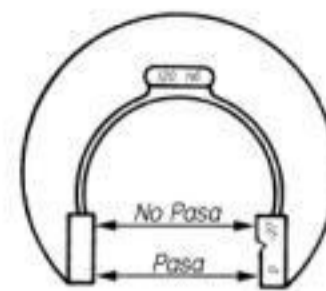
Calibre de límites de boca o de herradura, doble.

La utilización de los calibres de límites en forma de anillo –a menos que no sea para mecanizados sin apoyo del contracabezal– no suele ser habitual en el taller, puesto que exigiría el desmontar la pieza de la máquina cuando se trabaja entre puntos. Por ello, son más utilizados por y en el departamento de verificación.



Los calibres de boca o de herradura (figura superior) en sus distintas variedades son los más utilizados. Pueden ser:

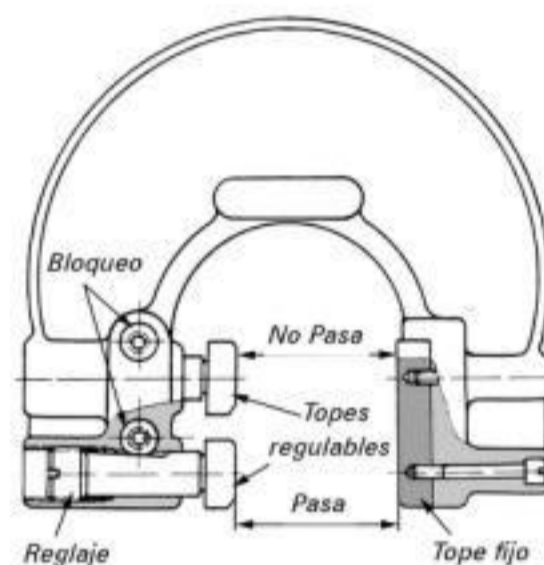
- dobles, reuniendo en una sola pieza los dos calibres,
- de una sola boca, para dimensiones algo mayores.
- de una sola boca pero con los dos límites.
- de una sola boca pero con los dos límites regulables.



Calibre de una sola boca con los 2 límites.

Los calibres de una sola boca con los límites regulables suelen tener el cuerpo de fundición o de acero estampado, con un tope fijo y dos regulables de acero templado o de metal duro (carburo de tungsteno) con las caras adecuadamente planas, paralelas y correcto acabado superficial.

La separación de los topes se calibra mediante bloques patrón, regulando los topes mediante tornillos, de manera que el tope exterior adopta la posición «pasa» y el interior «no pasa».



Calibre de una sola boca con los 2 límites regulables.

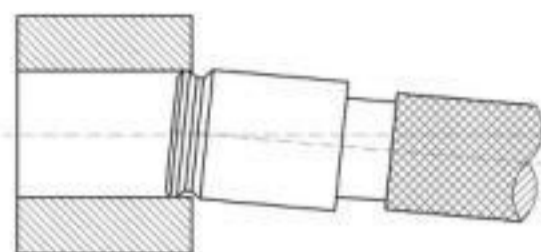
La gran ventaja de este tipo de calibres es que aportan la posibilidad de compensar el desgaste sufrido mediante un nuevo reglaje. Además, permiten la verificación de cualquier cota comprendida entre sus límites de empleo, sea cual sea la tolerancia adoptada. Evidentemente, el coste es mayor que el de los otros calibres sencillos.

También está muy extendido el uso del micrómetro de doble cabeza de medición como calibre de límites, desbancando –en algunos casos– al calibre de una sola boca con límites regulables, puesto que el campo de medición que abarca el micrómetro –generalmente– es mayor que el del calibre.



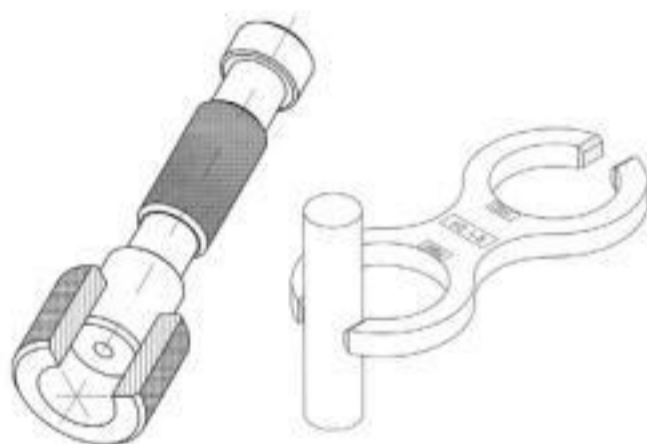
Micrómetro de doble cabeza - Mitutoyo.

- 1) Elegir el tipo de calibre adecuado a la pieza a medir.
- 2) Siempre que sea posible, utilizar calibres con guía.
- 3) Emplear preferentemente calibres de herradura con boca progresiva (con los dos límites).



Calibre tampón con guía.

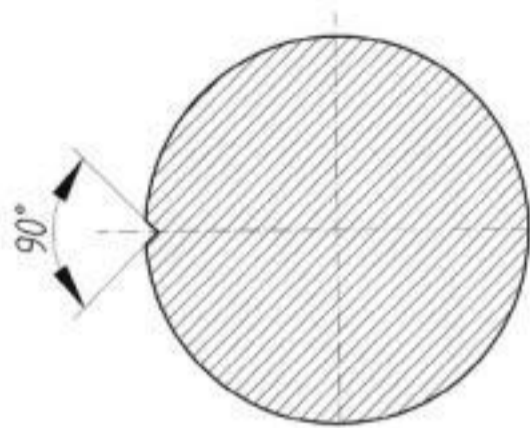
- 4) Emplear calibres con ranura para la evacuación del aire en los agujeros ciegos.
- 5) Para el taller, utilizar el calibre más nuevo.
- 6) El calibre que esté próximo a los límites de tolerancia, destinarlo a control o a recepción.
- 7) Engrasar ligeramente el calibre para realizar la verificación.
- 8) El calibre debe introducirse por su propio peso, sin forzarlo.



- 9) No es conveniente introducir varias veces el calibre en el mismo sitio. Lo propio es una y mantenerlo con un ligero movimiento.
- 10) Si por alguna razón se agarrota un calibre tampón, no es bueno forzarlo de manera incontrolada, más ade-

cuando es dar calor de manera progresiva a la pieza, para que dilate y así liberar el calibre.

- 11) De la sugerencia anterior se deduce que no es conveniente verificar la pieza cuando todavía está caliente.
- 12) Si se va a utilizar el calibre durante tiempo prolongado, cuidar de no transmitirle el calor de las manos.
- 13) Además de las razones de seguridad, no se puede verificar la pieza cuando todavía está girando, ni tampoco si lo está el eje portaherramientas.



Ranura para evacuación del aire.

Conservación y calibrado

Si queremos amortizar los calibres, necesitamos poder disponer de ellos para su uso en perfecto estado durante mucho tiempo. Para conseguirlo es necesario tener algunos cuidados:

- Antes de guardarlos, limpiarlos y engrasarlos para evitar la oxidación.
- Es conveniente guardarlos en armarios o vitrinas, dentro de cajas bien referenciadas.
- Cuando se utilizan a pie de máquinas hay que mantenerlos en soportes adecuados, puesto que los calibres tampón, por ejemplo, ruedan con facilidad y su superficie es la primera en golpearse.

Debido al mal trato recibido y al desgaste al que se ven sometidos los calibres de límites, se impone realizar periódicamente verificaciones de sus medidas. Para ello deberá seguirse la pauta de un plan de calibración que garantice su calidad.

Ejercicios con máquinas herramienta



Introducción

Con las propuestas que siguen se cubren todas las operaciones de mecanizado presentadas en los bloques 2, 3, 4, 5 y 6 del Capítulo 5 del libro Ejecución de procesos de mecanizado, conformado y montaje.

Contenido

- Torno y conjuntos
- Tablas de tiempos:
 - Preparación de máquina
 - Manipulación y maniobra
- Fresadora y conjuntos
- Conjuntos Mixtos

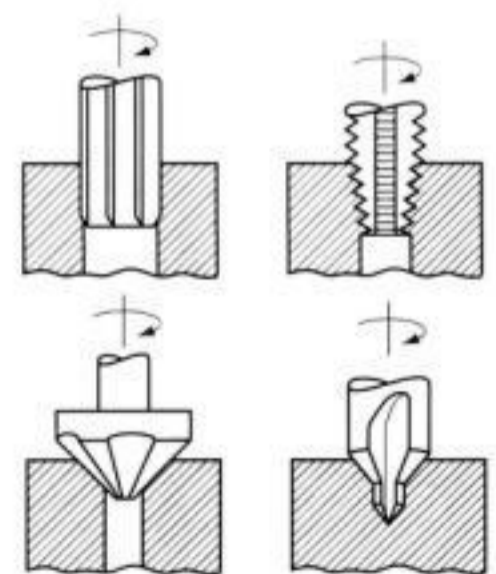
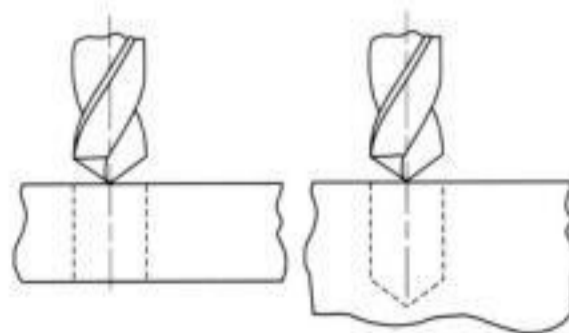
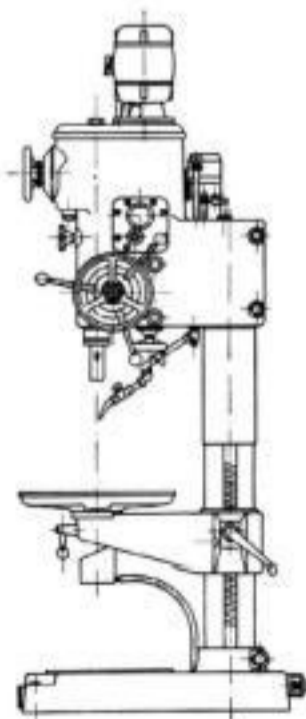
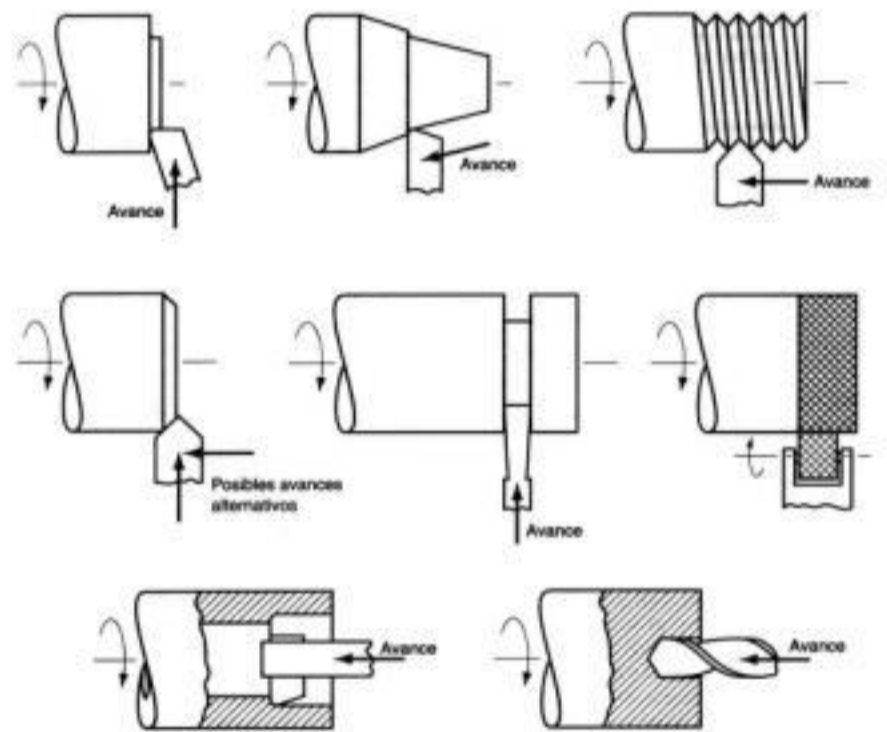
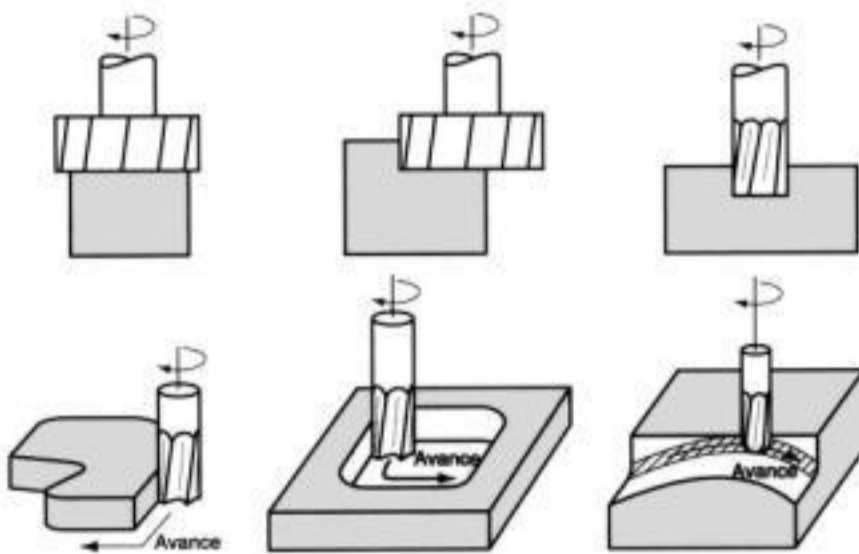
Objetivos

En los casos prácticos que siguen, compuestos por procesos de mecanizado y montaje de piezas, convenientemente caracterizados por los planos de conjunto, de fabricación, hojas de proceso y especificaciones técnicas:

- Interpretar la información técnica.
- Seleccionar las herramientas adecuadas, procediendo a su regulación y montaje.
- Seleccionar el material de la pieza (tipo, forma y dimensiones) y proceder a la preparación para el mecanizado.
- Montar piezas y herramientas en los soportes adecuados (plato de garras, porta-herramientas, mordazas, bridas, etc.).
- Ajustar las máquinas con los parámetros establecidos para cada operación.
- Realizar las operaciones de mecanizado siguiendo el proceso elaborado en la hoja de proceso, consiguiendo la calidad requerida.
- Aplicar las normas de uso y seguridad durante las diferentes operaciones.
- Establecer las correcciones adecuadas en las herramientas y condiciones de proceso, en función de las desviaciones observadas respecto al proceso definido.

Introducción

A modo de recordatorio, a continuación presentamos las más representativas:



Torno

A continuación se presentan las distintas piezas y conjuntos para realizar en el torno. Las indicaciones en el número de plano indican si son exclusivas de torno (T1), combinados de torno y fresadora (TF), combinados de torno y rectificadora (TR) o conjuntos exclusivos de torno (CT).

Los ejercicios se reparten como sigue:

- Torno (T1): 8
- Torno-Fresadora (TF): 12
- Torno-Rectificadora (TR): 3
- Conjuntos (CT): 4

Cada pieza dispone de un plano en perspectiva y otro con las medidas para su ejecución. Cuando se trata de los conjuntos, además de la perspectiva se presentan los planos necesarios para el total de piezas que lo forman. Es importante controlar el cajetín de los planos para saber la procedencia del

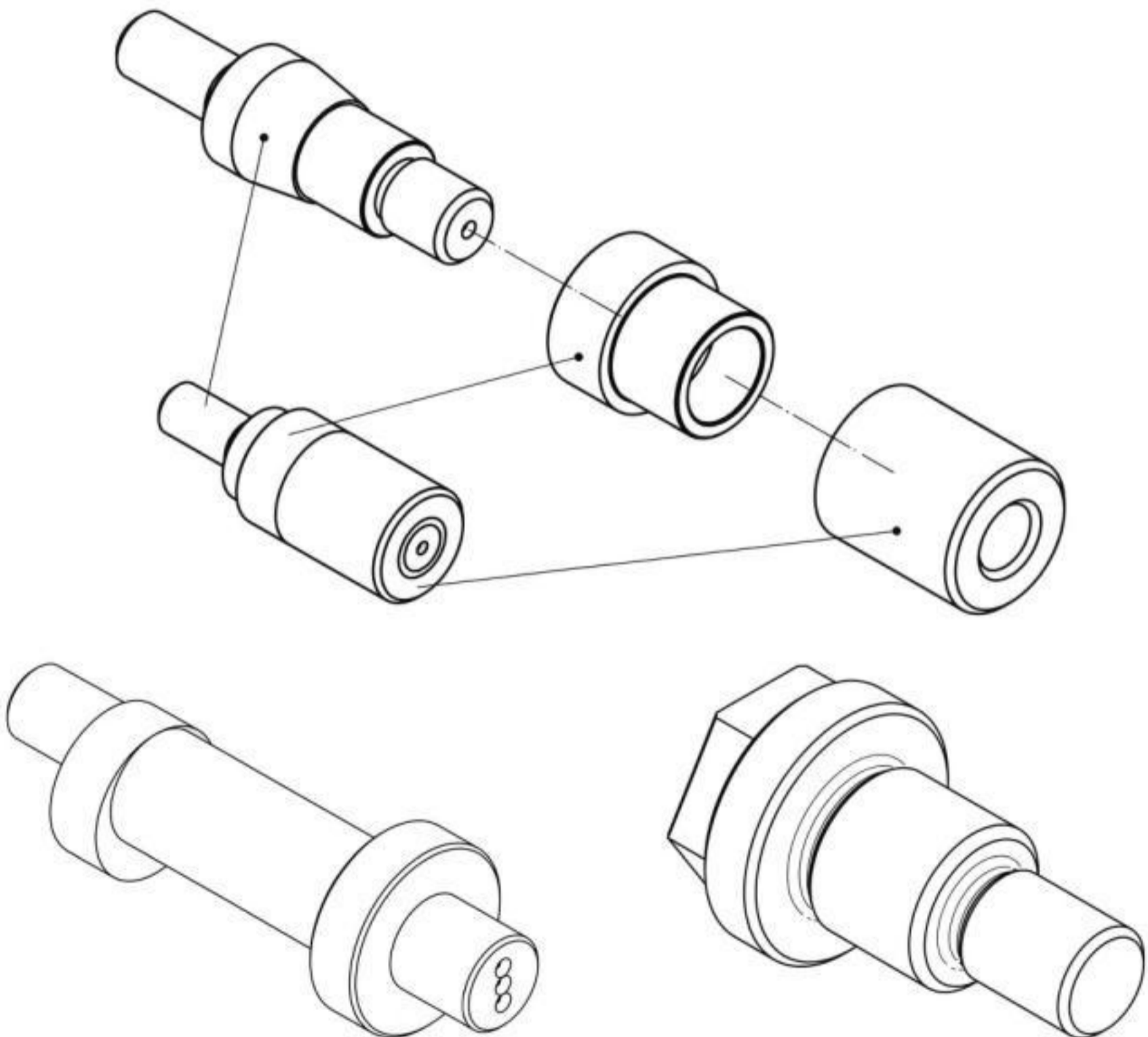
material de la pieza: si es en bruto de barra o proviene de algún ejercicio anterior, especialmente de los primeros ejercicios.

Todos estos planos están completos en cuanto a tolerancias dimensionales y geométricas, así como las indicaciones referentes a los acabados superficiales.

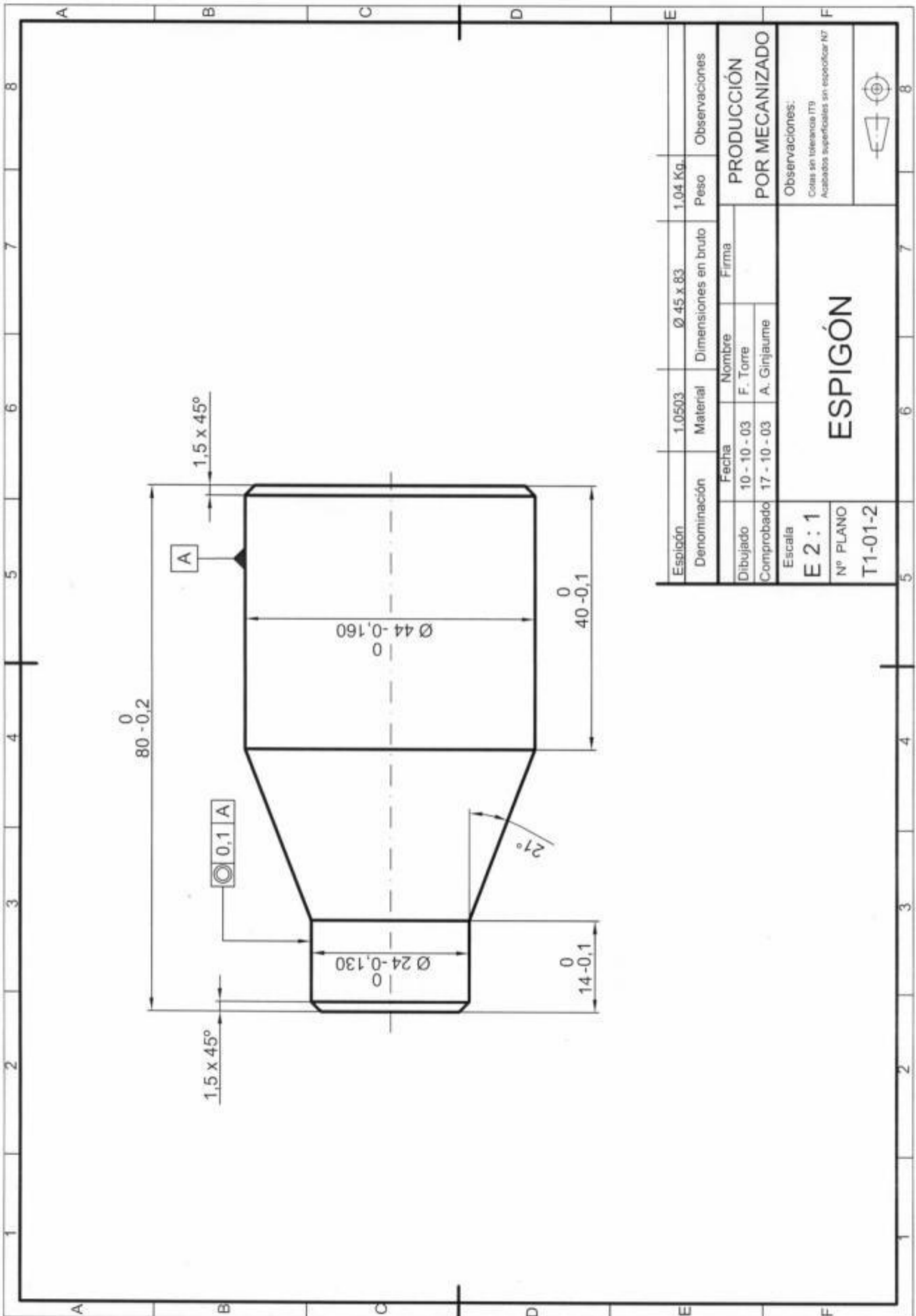
Al final de este conjunto de ejercicios se encuentra una Hoja de Proceso de muestra y unas tablas de Tiempos de Preparación de máquina y de Manipulación y Maniobra.

Planos:

- Torno: de T1-00-1 hasta T1-07-2.
- Combinados:
 - Torno-Fresadora: de TF-01-1 hasta TF-12-2.
 - Torno-Rectificadora: de TR-01-1 hasta TR-03-3.
- Conjuntos de torno: de CT-01-1 hasta CT-04-3.



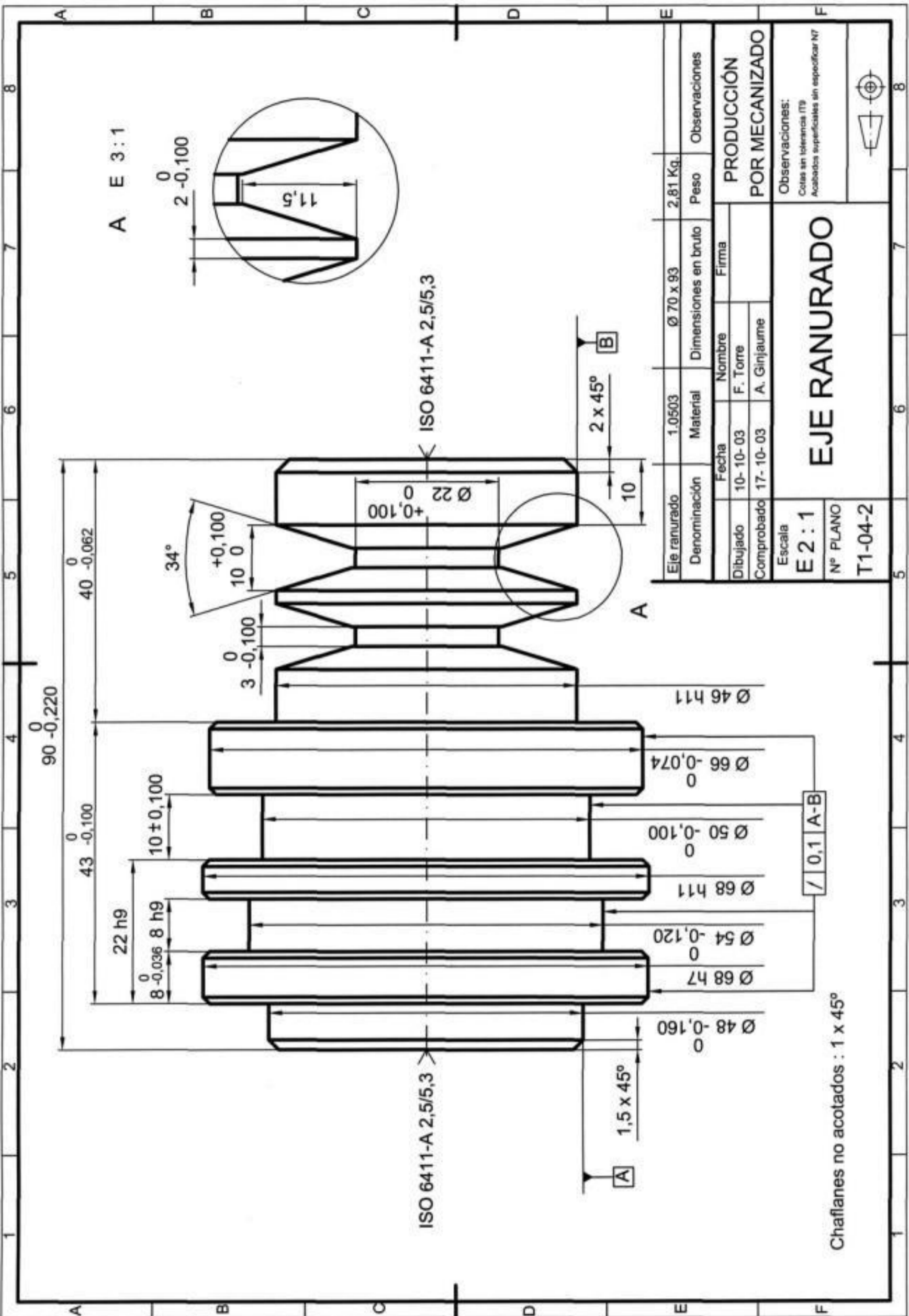
Dibujado	10 - 10 - 03	Nombre	Firma	PRODUCCIÓN POR MECANIZADO	
Comprobado	17 - 10 - 03	F. Torre	A. Ginjaume		
Escala		ESPIGÓN			
E 2 : 1					
Nº PLANO					
T1-01-1					



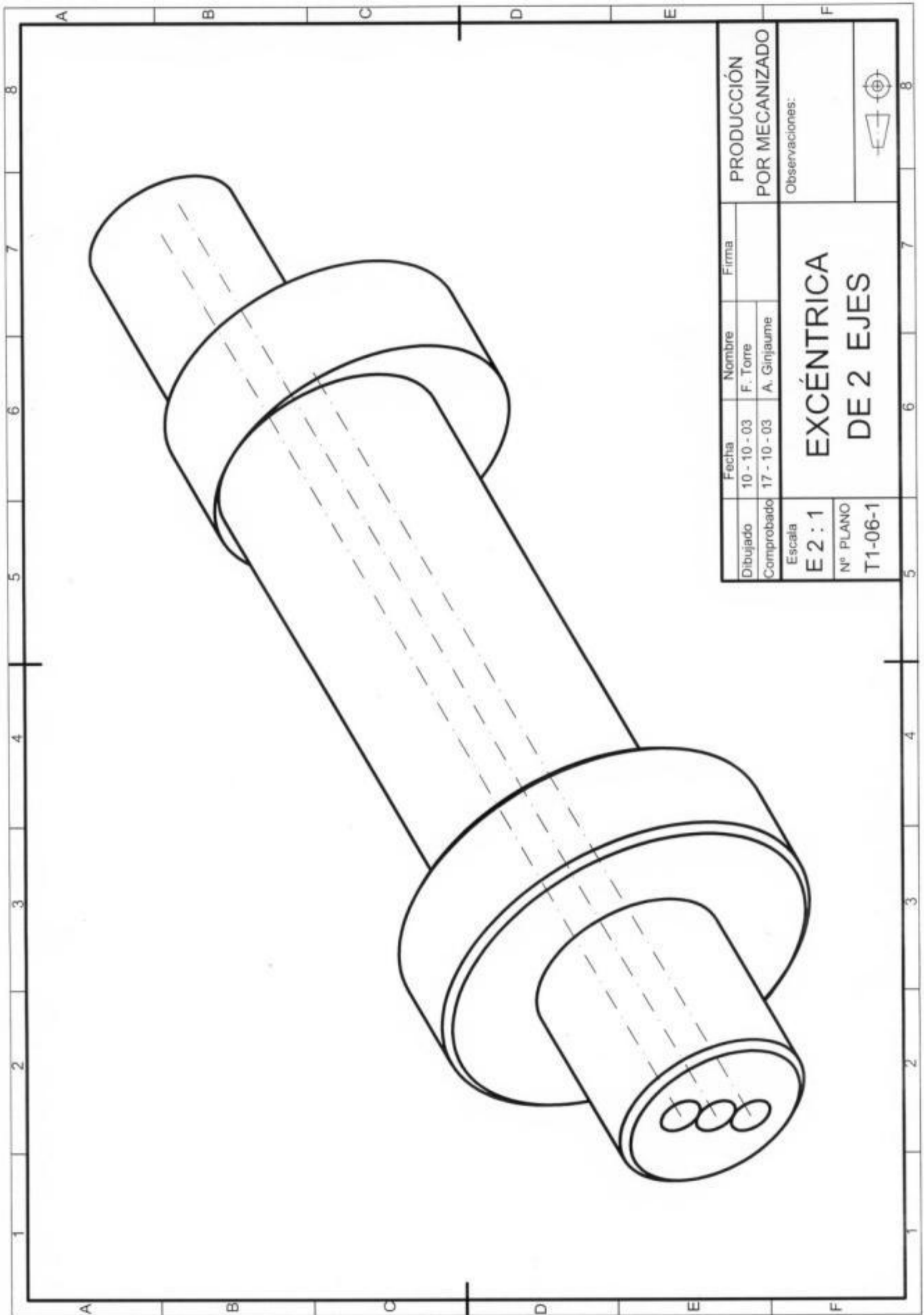
Espegón	1.0503	Material	Ø 45 x 83	Dimensiones en bruto	1.04 Kg.	Peso	Observaciones
Denominación	Fecha		Nombre	Firma	PRODUCCIÓN POR MECANIZADO		
Dibujado	10 - 10 - 03	F. Torre			Observaciones:		
Comprobado	17 - 10 - 03	A. Ginjaume			Cotas sin tolerancia IT9 Acabados superficiales sin especificar N7		
Escala	E 2 : 1				<h1>ESPIGÓN</h1>		
Nº PLANO	T1-01-2						

Dibujado	10 - 10 - 03	F. Torre	Fecha	Nombre	Firma	PRODUCCIÓN POR MECANIZADO
Comprobado	17 - 10 - 03	A. Ginjauze				
Escala	E 3 : 1					PUNTAS CÓNICAS
Nº PLANO	T1-02-1					

	Fecha	Nombre		Firma	PRODUCCIÓN POR MECANIZADO
Dibujado	10 - 10 - 03	F. Torre			Observaciones:
Comprobado	17 - 10 - 03	A. Ginjaume			
Escala	E 3 : 1				EJE ESCALONADO (PLATO - PUNTO)
Nº PLANO					
T1-03-1					

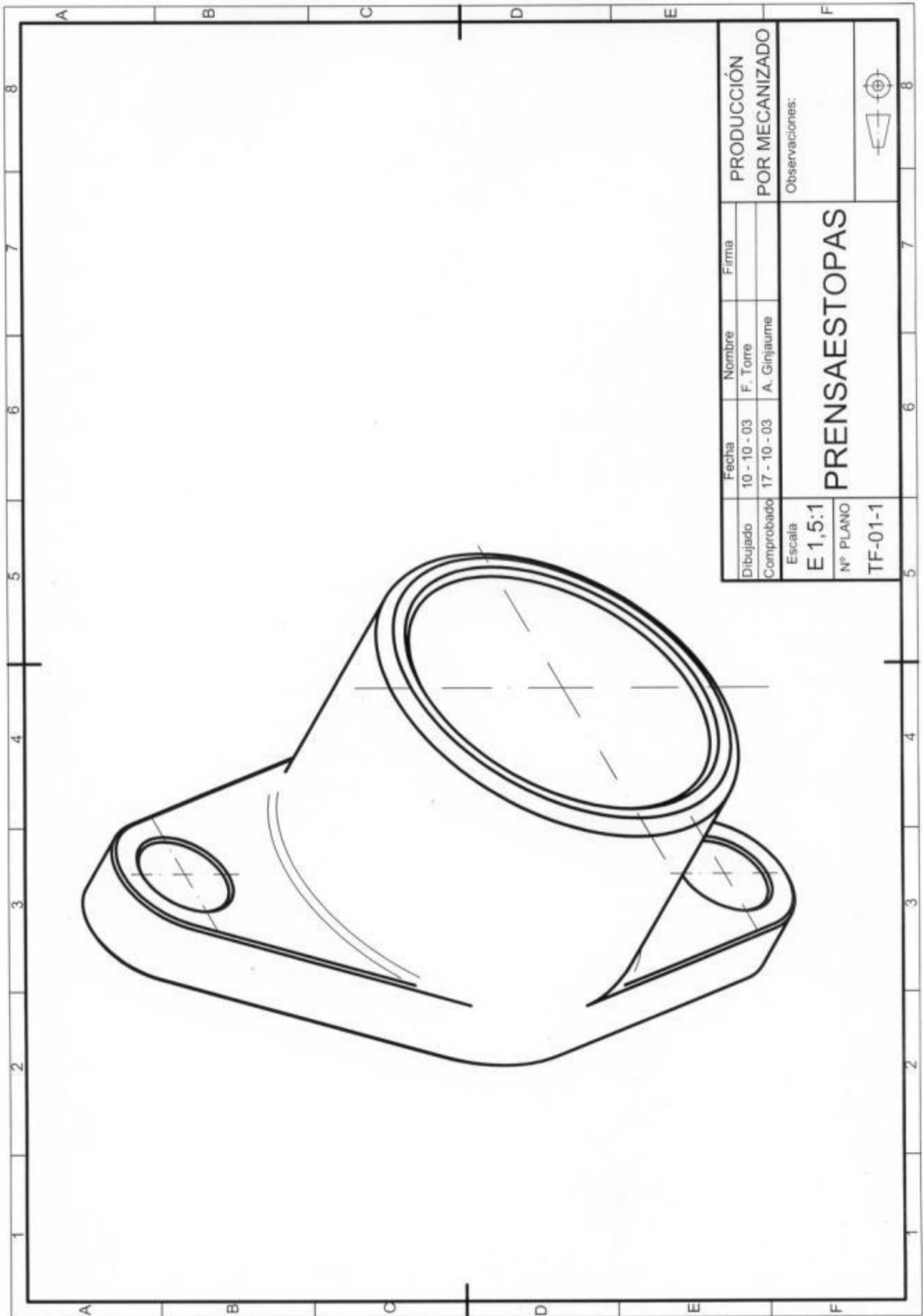


	Fecha	Nombre	Firma	PRODUCCIÓN POR MECANIZADO
Dibujado	10 - 10 - 03	F. Torre		Observaciones:
Comprobado	17 - 10 - 03	A. Ginjaume		
Escala	EXCÉNTRICA			
E2 : 1	DE 1 EJE			
Nº PLANO				
T1-05-1				

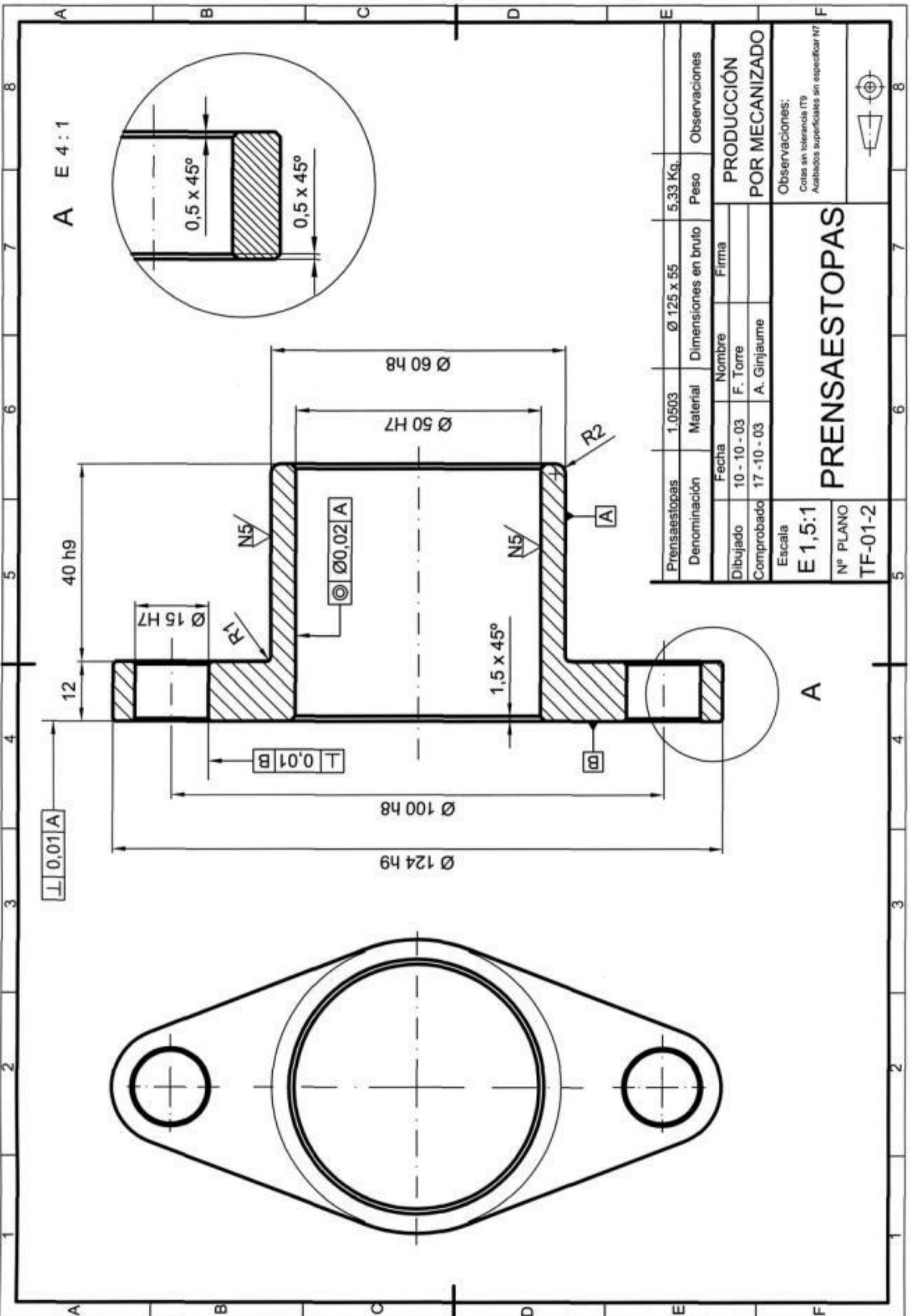


Dibujado	10 - 10 - 03	F. Torre	Fecha	Nombre	Firma	PRODUCCIÓN POR MECANIZADO
Comprobado	17 - 10 - 03	A. Ginjaume				
Escala	E 2 : 1					EXCÉNTRICA DE 2 EJES
Nº PLANO	T1-06-1					



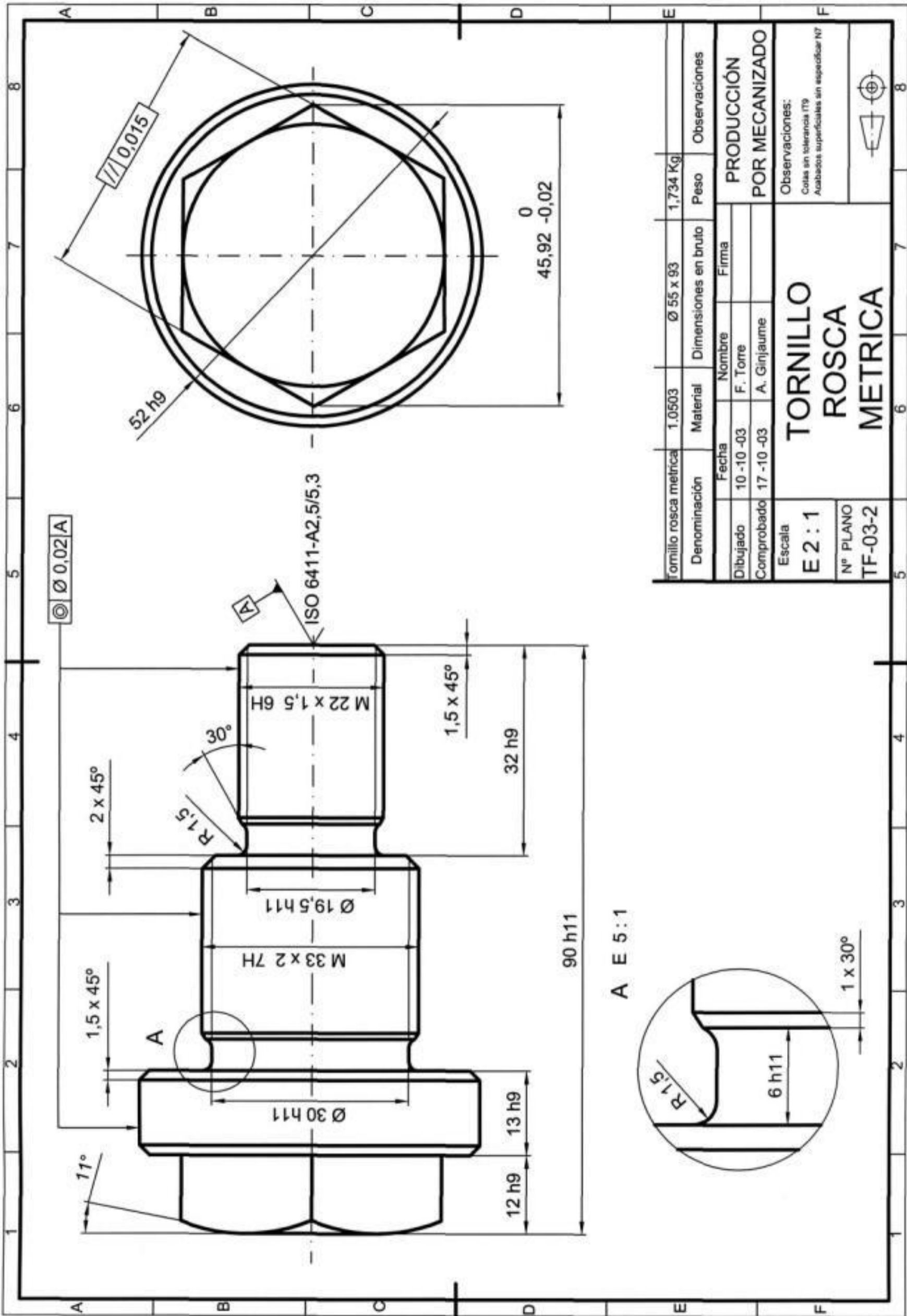


Dibujado	10 - 10 - 03	F. Torre				PRODUCCIÓN POR MECANIZADO	
Comprobado	17 - 10 - 03	A. Ginjaume					Observaciones:
Escala	E 1,5:1					PRENSAESTOPAS	
Nº PLANO	TF-01-1						

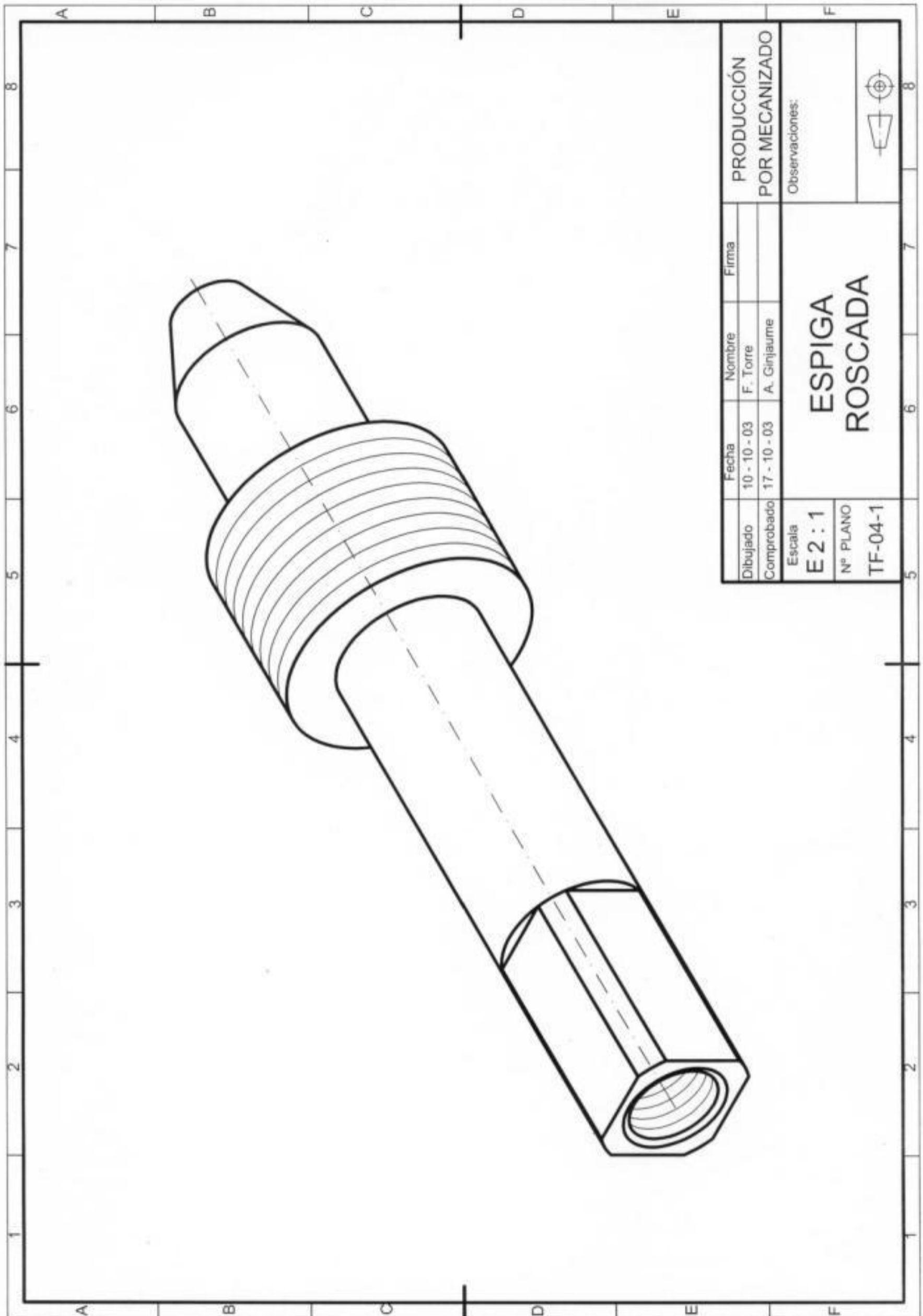


Prensaestopas	1.0503	Material	Ø 125 x 55	Dimensiones en bruto	5,33 Kg.	Peso	Observaciones
Denominación	PRENSAESTOPAS						
Dibujado	10 - 10 - 03	Fecha	F. Torre	Nombre	Firma		
Comprobado	17 - 10 - 03	Fecha	A. Ginjaume	Nombre	Firma		
Escala	E1,5:1						
Nº PLANO	TF-01-2						
Observaciones:	Cotas sin tolerancia IT9 Acabados superficiales sin especificar N7						

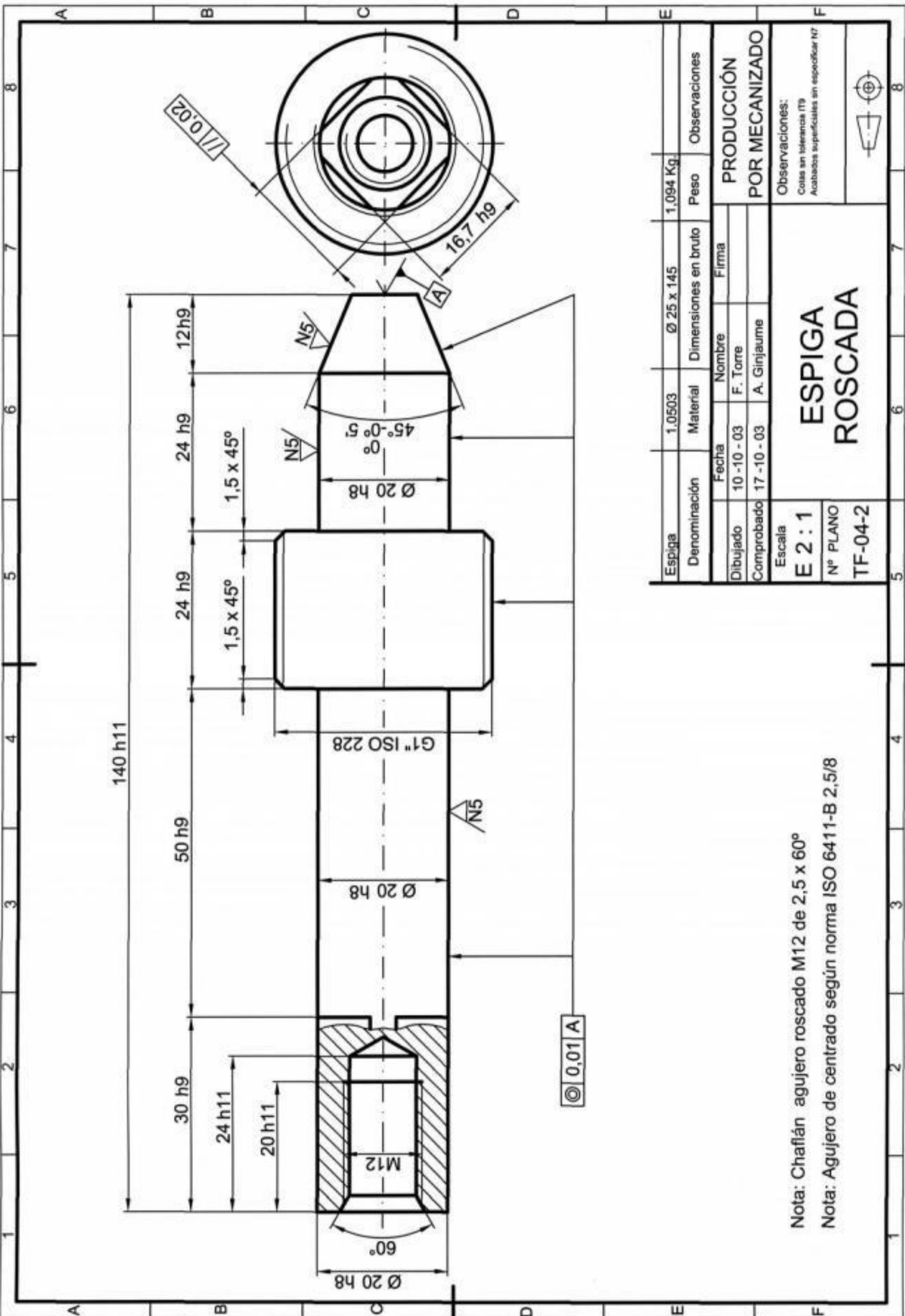
	Fecha	Nombre	Firma		PRODUCCIÓN
Dibujado	10 -10 -03	F. Torre			POR MECANIZADO
Comprobado	17 -10 -03	A. Ginjaume			
Escala	E 2 : 1				Observaciones:
Nº PLANO	TF-03-1				
TORNILLO ROSCA METRICA					



Denominación	1.0503	Material	Ø 55 x 93	Dimensiones en bruto	1,734 Kg	Peso	Observaciones
Dibujado	10 -10 -03	Fecha	F. Torre	Nombre	Firma	PRODUCCIÓN POR MECANIZADO	
Comprobado	17 -10 -03	Fecha	A. Ginjaume	Nombre	Firma	Observaciones: Cotas en tolerancia IT9 Acabados superficiales sin especificar N7	
Escala	E 2 : 1	TORNILLO ROSCA METRICA					
Nº PLANO	TF-03-2						



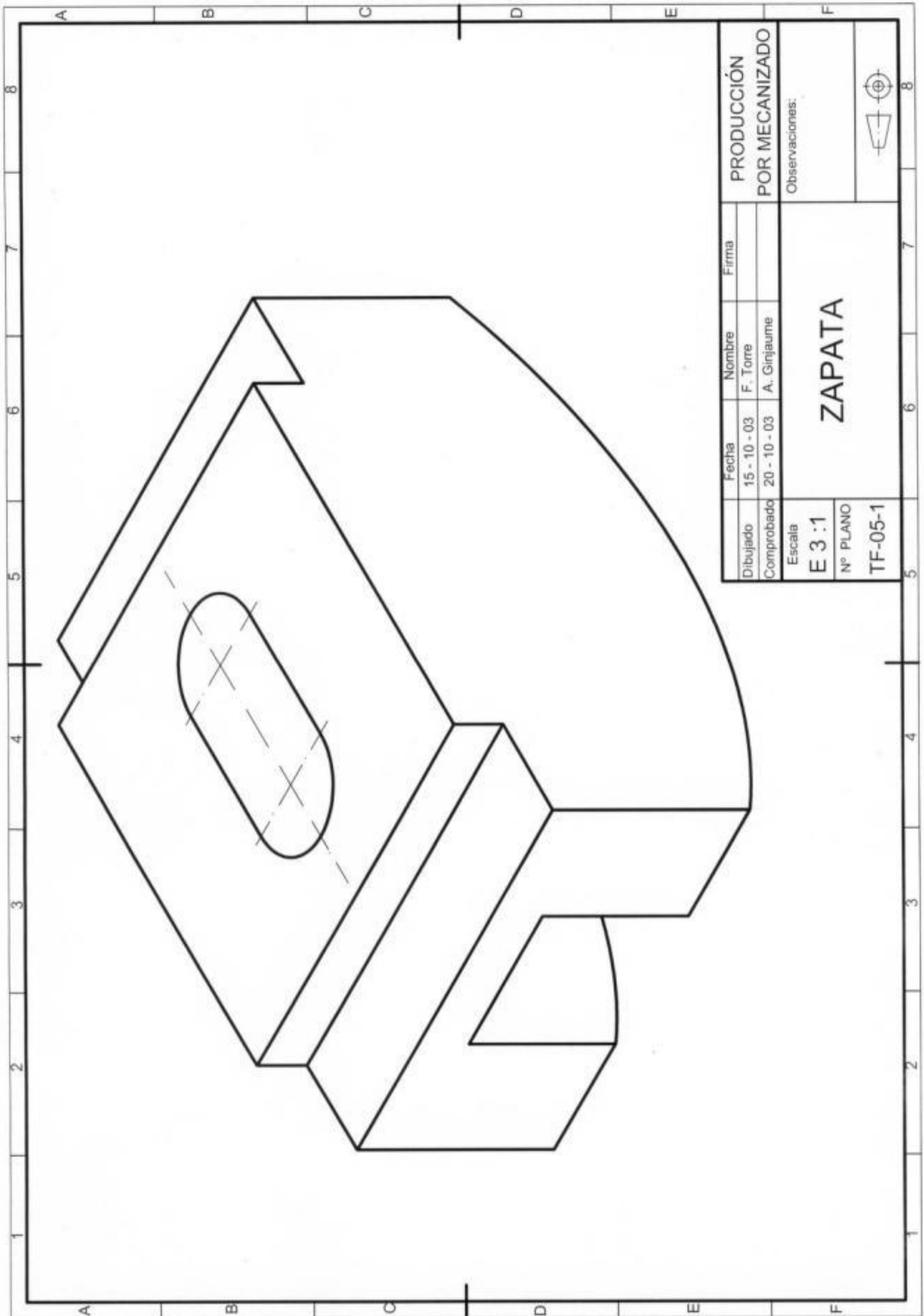
Dibujado	10 - 10 - 03	F. Torre	Fecha	10 - 10 - 03	Nombre	Firma	PRODUCCIÓN POR MECANIZADO	
Comprobado	17 - 10 - 03	A. Ginjaume	Fecha	17 - 10 - 03	Nombre	Firma		Observaciones:
Escala	E 2 : 1		ESPIGA ROSCADA					
Nº PLANO	TF-04-1							



Espiga	1.0503	Ø 25 x 145	1,094 Kg	
Denominación	Material	Dimensiones en bruto	Peso	Observaciones
Dibujado	10 - 10 - 03	F. Torre		PRODUCCIÓN POR MECANIZADO
Comprobado	17 - 10 - 03	A. Ginjaume		
Escala	E 2 : 1			Observaciones: Cotas en tolerancia IT9 Acabados superficiales en especificar N7
Nº PLANO	TF-04-2			

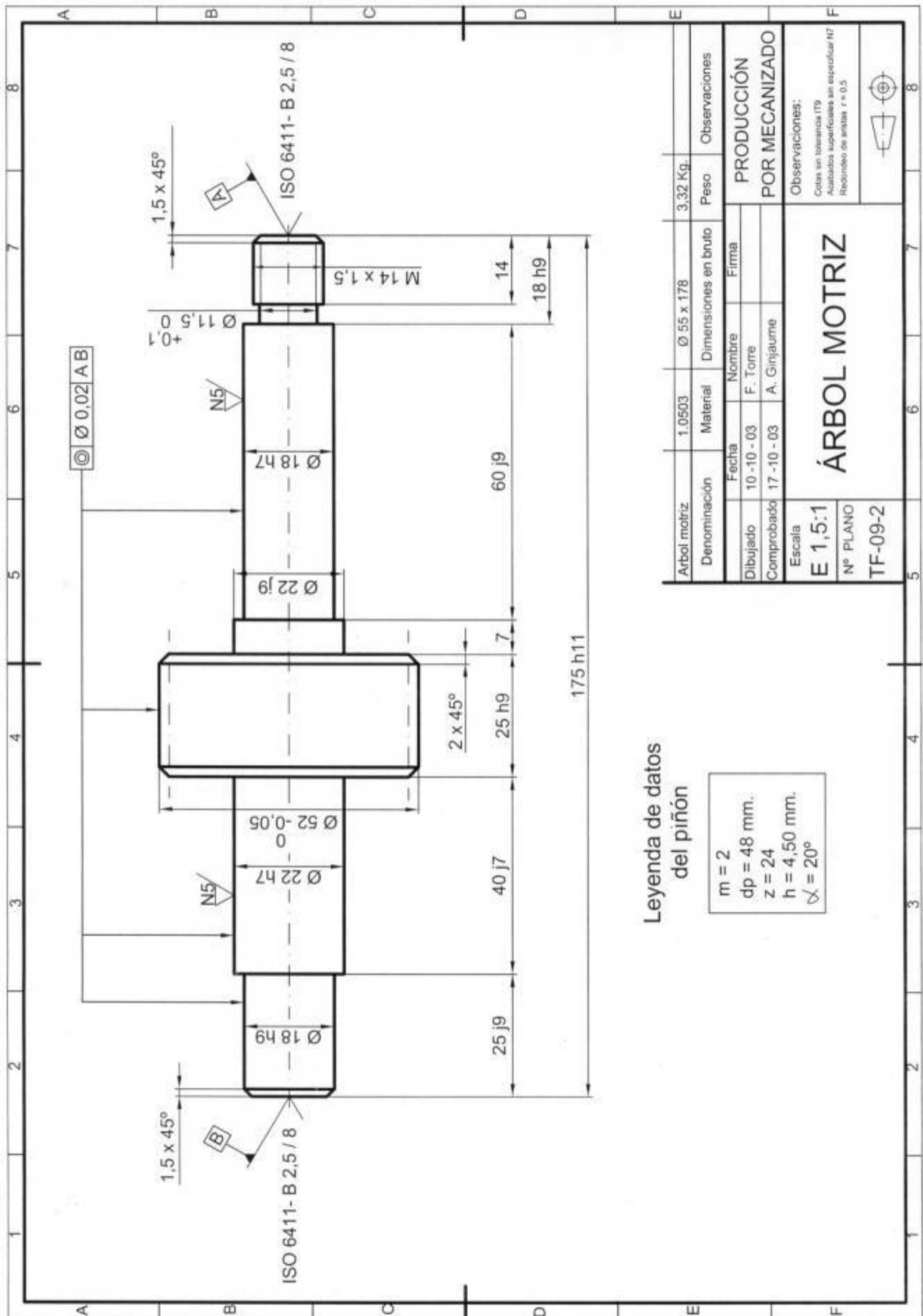
Nota: Chafilán agujero roscado M12 de 2,5 x 60°

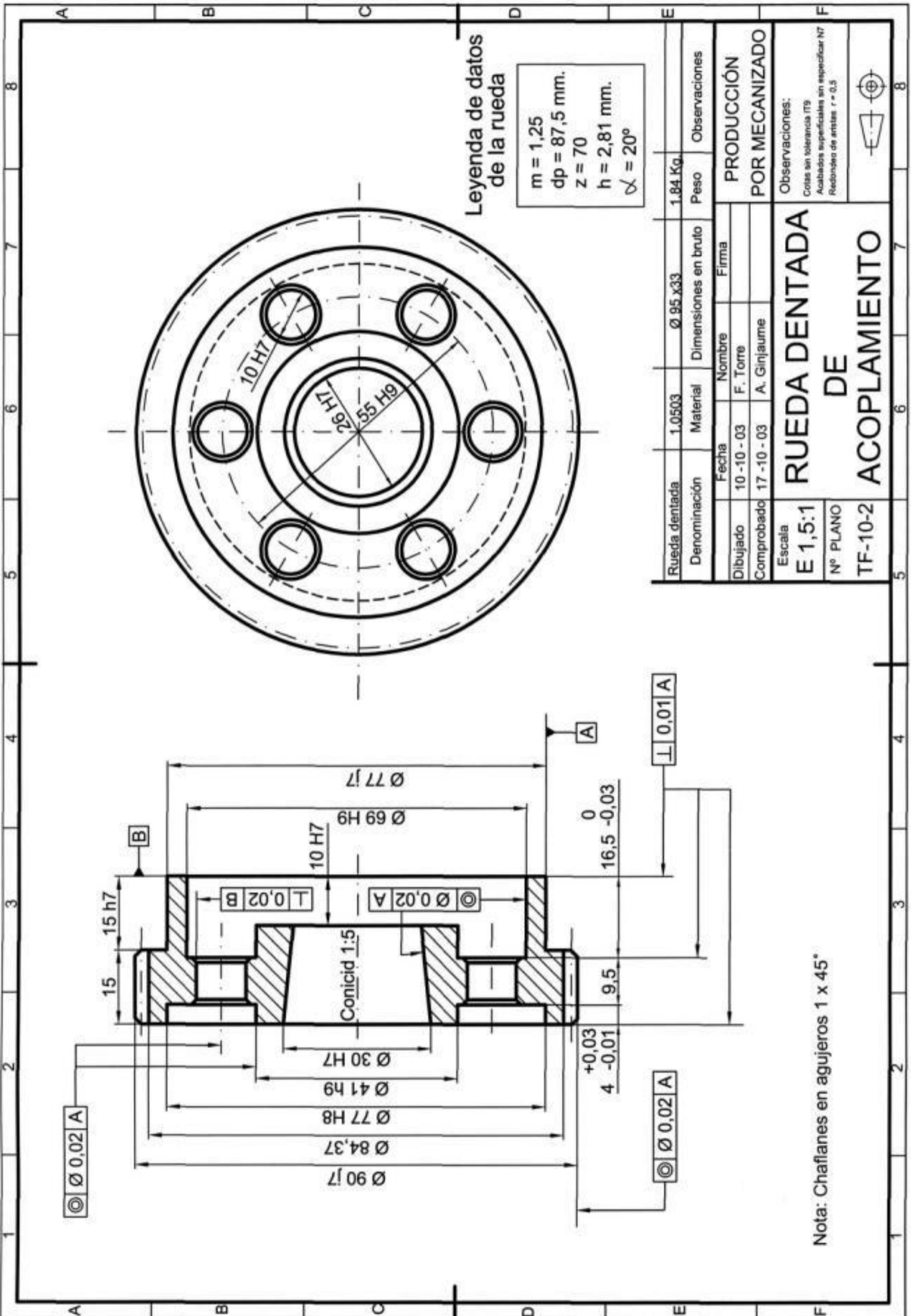
Nota: Agujero de centrado según norma ISO 6411-B 2,5/8



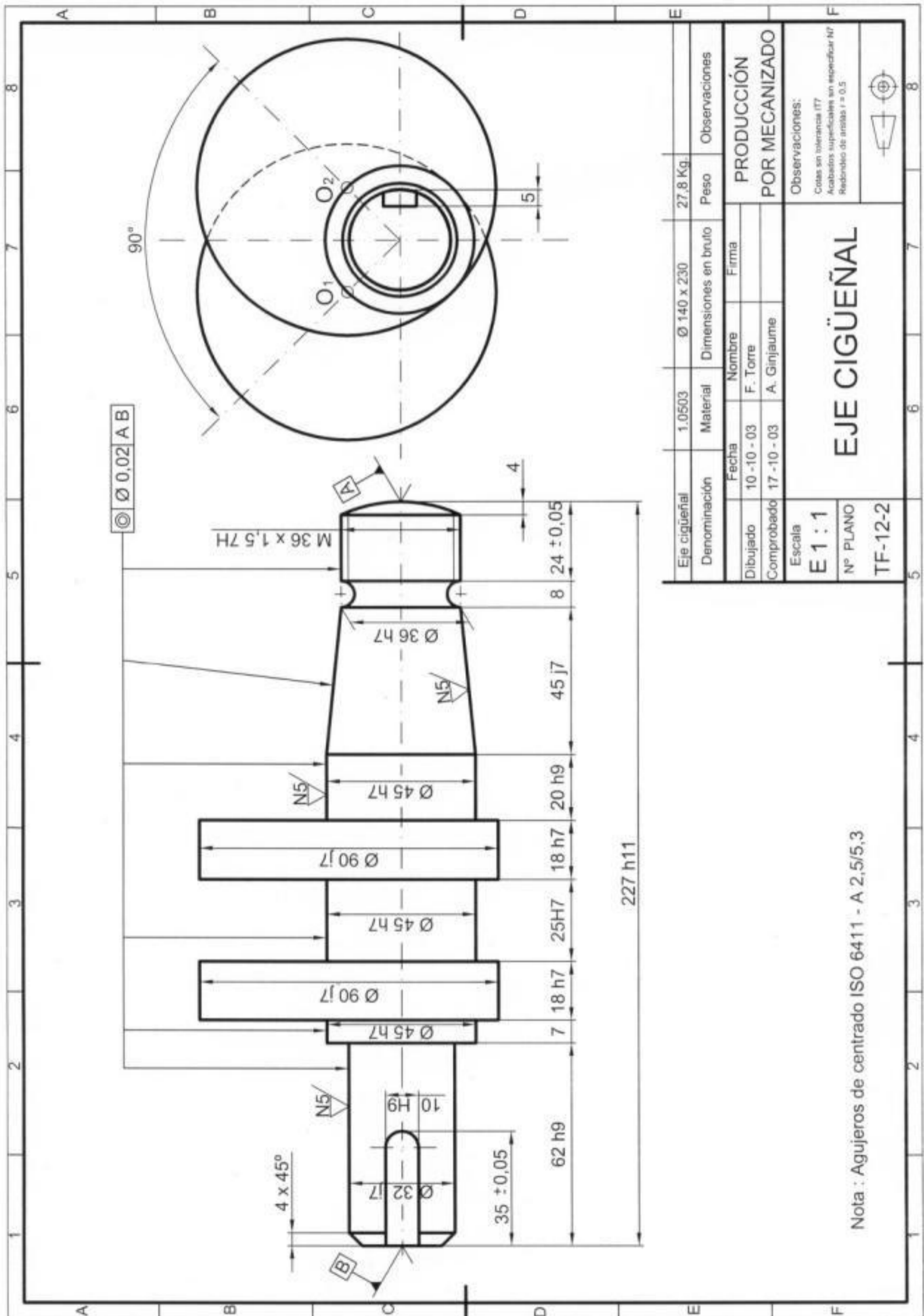
	Fecha	Nombre	Firma		
Dibujado	10 - 10 - 03	F. Torre		EJE DE ARTICULACIÓN	PRODUCCIÓN POR MECANIZADO
Comprobado	17 - 10 - 03	A. Ginjaume			
Observaciones:					
Escala	E 1 : 1			EJE DE ARTICULACIÓN	Observaciones:
Nº PLANO	TF-07-1				

Dibujado	10 - 10 - 03	F. Torre	Firma	PRODUCCIÓN POR MECANIZADO
Comprobado	17 - 10 - 03	A. Ginjaurme		
Observaciones:				
ÁRBOL MOTRIZ				
Escala	E 1,5 : 1			
Nº PLANO	TF-09-1			



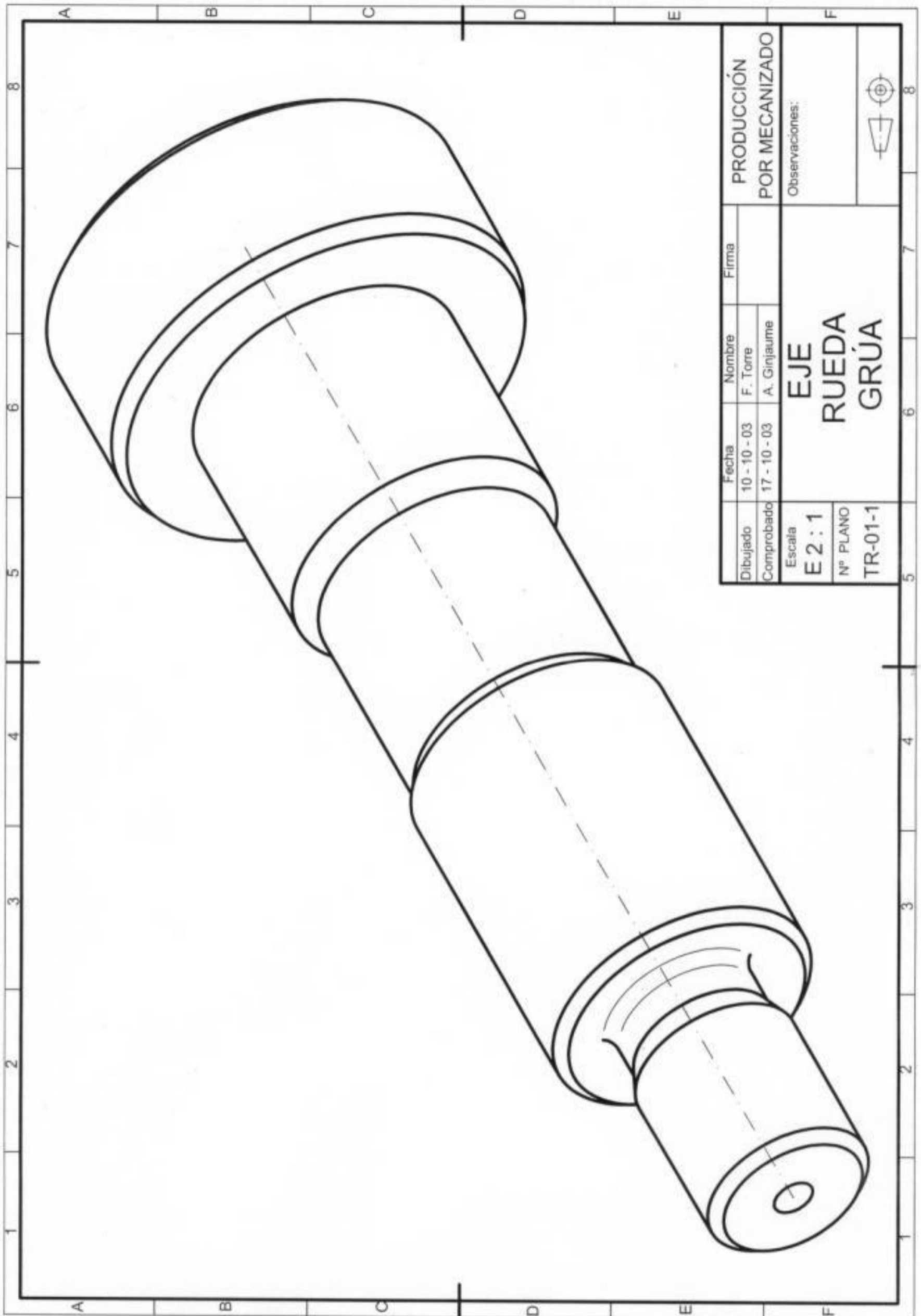


	Fecha	Nombre	Firma	PRODUCCIÓN POR MECANIZADO
Dibujado	10 -10 - 03	F. Torre		Observaciones:
Comprobado	17 -10 - 03	A. Ginjaume		
Escala		EJE CIGÜEÑAL		
E 1 : 1				
Nº PLANO TF-12-1				

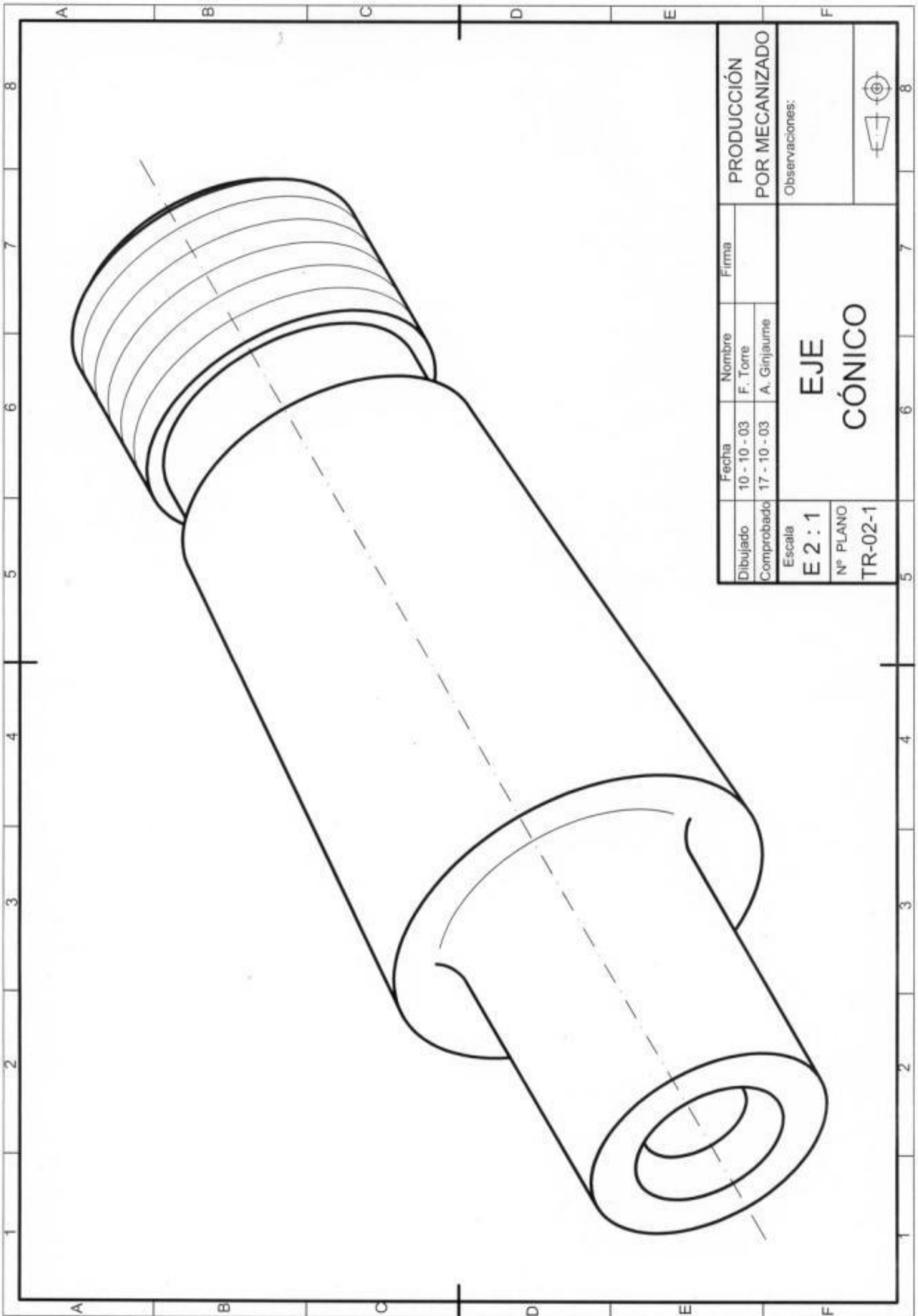


Nota : Agujeros de centrado ISO 6411 - A 2,5/5,3

Eje cigüeñal	1.0503	Ø 140 x 230	27,8 Kg.	
Denominación	Material	Dimensiones en bruto	Peso	Observaciones
Dibujado	10 - 10 - 03	F. Torre		PRODUCCIÓN POR MECANIZADO
Comprobado	17 - 10 - 03	A. Ginjaume		
Escala	E1 : 1			Observaciones: Cotas sin tolerancia IT7 Acabados superficiales sin especificar N7 Redondeo de aristas r = 0.5
Nº PLANO	TF-12-2			
EJE CIGÜEÑAL				
	Fecha	Nombre	Firma	



Dibujado	10 - 10 - 03	Fecha	10 - 10 - 03	Nombre	F. Torre	Firma	PRODUCCIÓN POR MECANIZADO	
Comprobado	17 - 10 - 03	Fecha	17 - 10 - 03	Nombre	A. Ginjaume	Firma		
Escala	E 2 : 1	EJE RUEDA GRÚA						Observaciones:
Nº PLANO	TR-01-1							



Dibujado	10 - 10 - 03	F. Torre	Firma	
Comprobado	17 - 10 - 03	A. Ginjaume		
Escala	E 2 : 1			
Nº PLANO	TR-02-1			
PRODUCCIÓN POR MECANIZADO			Observaciones:	
EJE CÓNICO				