



Proyecto Fin de Carrera

NULLPOINT SYSTEM PARTS FAMILY DESIGN – DISEÑO DE UN SISTEMA DE UTILLAJE DE PUNTO CERO

Autor

David Antón Romero de Ávila

Director

György Hegedus

Ponente

José Luis Huertas Talón

EINA

2013 – 2014

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo estudiar el diseño de un utilaje de amarre de cambio rápido para sistemas de fabricación, concretamente de la familia de punto cero.

Primeramente se establecen los condicionantes del proyecto, referente a los requisitos establecidos por el promotor, también del entorno físico donde trabajará la máquina.

A continuación se realiza una introducción desde las técnicas principales de mecanizado, a los sistemas de mecanizado automáticos definiendo el control numérico y sistemas de fabricación flexible. Se introducen los conceptos principales de los utilajes comúnmente utilizados comparando los sistemas manuales y los automáticos, justificando a tecnología de punto cero. Además se describen los diferentes tipos de utilaje de la familia de punto cero.

Seguidamente se realiza un estudio de patentes para conocer los fundamentos y principios de funcionamiento de diferentes modelos e inventores. También se realiza un estudio de mercado para analizar los modelos de los principales fabricantes de este tipo de utilajes.

A continuación se describen los principios de diseño del utilaje y los cálculos para la justificación de los componentes empleados para el diseño. También se añaden las características técnicas de los materiales empleados, como son el acero M333 ISOPLAST y el bronce B12 Cinta Morada.

Por otro lado se adjunta el estudio económico detallado, referente a las mediciones, presupuesto y la viabilidad económica del proyecto.

Simultáneamente, se han incluido todos los planos de fabricación y diseño a partir del trazado mediante el software informático ProEngineer.

Se añade la memoria del proyecto realizada en la Universidad de Miskolc, Hungría durante la estancia en programa de intercambio.

ÍNDICE GENERAL

VOLUMEN I

Memoria: Diseño de un sistema de utillaje de punto cero

VOLUMEN II

Planos

VOLUMEN III

Memoria: Nullpoint system parts family design

Proyecto de Fin de Carrera
Ingeniería Industrial



Nullpoint system parts family design

—
Diseño de un sistema de utilaje de punto cero

VOLUMEN I

**MEMORIA: DISEÑO DE UN SISTEMA DE
UTILAJE DE PUNTO CERO**



Universidad
Zaragoza



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

ÍNDICE MEMORIA

1. Condicionantes del proyecto
 - 1.1. Condicionantes impuestos por el promotor
 - 1.2. Legislación
 - 1.3. Del entorno físico que afectará a la máquina
 - 1.3.1. Temperaturas
 - 1.3.2. Suciedad
 - 1.4. Mercado
 - 1.4.1. Oferta
 - 1.4.2. Demanda
 - 1.4.3. Productos equivalentes existentes
 - 1.4.4. Precios de los equipos sustitutivos del nuestro
 - 1.5. Requerimientos de los posibles usuarios
 - 1.6. Disponibilidad de bienes y servicios complementarios requeridos en la construcción de la máquina
2. Información básica
 - 2.1. Mecanizado
 - 2.2. Introducción a la mecánica del mecanizado
 - 2.2.1. Torneado
 - 2.2.2. Fresado
 - 2.2.3. Taladrado
 - 2.2.4. Rectificado
 - 2.3. Automatización



2.4. Control Numérico

2.4.1. Elementos básicos de una máquina con CN

2.4.2. Ventajas

2.4.3. Desventajas

2.5. Sistemas de fabricación flexible

2.5.1. Principales características de la fabricación flexible

2.6. Concepto de utillaje

2.6.1. Funciones de utillaje

2.6.2. Componentes funcionales

2.6.3. Elementos de posicionamiento

2.6.4. Elementos de sujeción

2.6.5. Elementos de guiado

2.6.6. Elementos de soporte

2.6.7. Elementos de apriete

2.6.8. Tipos de utillaje

2.7. Precedentes

2.7.1. Clasificación general

2.8. Comparación y justificación de la tecnología de Punto Cero

2.8.1. Amarre manual

2.8.2. Amarre de Punto Cero

2.9. Tipos de utillaje de la familia de Punto Cero

2.9.1. Utillajes a nivel

2.9.2. Utillajes sobrepuestos

3. Situación actual

- 3.1. Descripción detallada del problema a resolver
- 3.2. Estudio de patentes
 - 3.2.1. Utillaje de sujeción mediante un cuerpo de sujeción y portador de piezas conectado al mismo
 - 3.2.2. Utillaje de sujeción media
 - 3.2.3. Utillaje de
 - 3.2.4. Utillaje de sujeción de cambio rápido con salida de fluido
- 3.3. Análisis de mercado
 - 3.3.1. Stark
 - 3.3.2. Jergens
 - 3.3.3. Vischer & Bolli
 - 3.3.4. Comparación de modelos
4. Principios de diseño y cálculos
 - 4.1. Justificación del modelo a diseñar
 - 4.2. Descripción general del utillaje
 - 4.2.1. Tamaño, forma y descripción de cada uno de los componentes diseñados
 - 4.2.2. Fuerza de inserción
 - 4.2.3. Dimensionado de los muelles internos
 - 4.2.4. Acabados superficiales
 - 4.2.5. Elección del material
5. Estudio económico
 - 5.1. Mediciones
 - 5.1.1. Capítulo 1: Coste de fabricación de la herramienta
 - 5.1.2. Capítulo 2: Coste total del diseño

5.2. Presupuesto

5.2.1. Capítulo 1: Coste de fabricación de la herramienta

5.2.2. Capítulo 2: Coste total del diseño

5.2.3. Costes totales

5.2.4. Resumen del presupuesto

5.3. Viabilidad económica

5.3.1. Ejemplo sin Sistema de Punto Cero

5.3.2. Ejemplo con Sistema de Punto Cero

6. Conclusiones

7. Índice de figuras

8. Índice de tablas

9. Bibliografía



1 CONDICIONANTES DEL PROYECTO

1.1 Condicionantes impuestos por el promotor

El diseño de la máquina deberá cumplir los requisitos establecidos por el promotor:

- La finalidad de la máquina será un utillaje de la familia de punto cero.
- El diseño del utillaje será un elemento versátil para uso en diferente maquinaria.
- Analizar diferentes patentes y posibilidades de diseño.
- Límite de 3500 €.

1.2 Legislación

Para el diseño del utillaje se considerará el Real Decreto 1495/1986 de 26 de mayo, para prevenir los riesgos derivados de la utilización de maquinarias en los centros de trabajo.

1.3 Del entorno físico que le afectará a la máquina

1.3.1 Temperaturas

Podemos establecer que el rango de temperatura que podrán afectar al diseño del utillaje oscilará entre una temperatura mínima de cinco grados y una máxima de cuarenta en los casos más desfavorables.

1.3.2 Suciedad

El utillaje está diseñado con la finalidad de poder mecanizar piezas a partir de material en bruto en máquinas-herramienta. Durante el mecanizado siempre existirá suciedad debido al contacto con el líquido refrigerante de la máquina-herramienta que arrastrará partículas y restos de otros materiales.

1.4 Mercado

1.4.1 *Oferta*

Actualmente existen diferentes modelos de utillajes de la familia de punto cero en el mercado con diferentes variantes de montaje y funcionamiento.

Existe una amplia oferta de fabricantes de utillajes, aunque la principal oferta de modelos se reduce a dos tipos, la de bloqueo y desbloqueo de la boquilla mediante bolas, o pistones a través de fuerza hidráulica o neumática. No obstante predomina el accionamiento hidráulico.

1.4.2 *Demanda*

Hoy día existe una mayor demanda de los utillajes de la familia de punto cero por diferentes motivos, tal como, automatización de los procesos de mecanizado para la fabricación de diferentes piezas y así agilizar los procesos productivos reduciendo tiempos, aumentando la repetitividad en tolerancias dimensionales entre piezas, obteniendo mayor margen de beneficio para la empresa.

1.4.3 *Productos equivalentes existentes*

Referente al diseño de nuestro utillaje ya existen diferentes productos equivalentes, principalmente podemos distinguir variantes principales con accionamiento hidráulico y bloqueo de la boquilla mediante conjunto de bolas.

1.4.4 *Precios de los equipos sustitutivos del nuestro*

Es difícil de concretar los precios sustitutivos del nuestro debido a las muchas variantes de los modelos existentes en lo que a componentes y materiales utilizados se refiere.

Pero podemos barajar un abanico de precios desde 2.500 a 4.500 euros.



1.5 Requerimientos de los posibles usuarios

Para ofrecer una buena funcionalidad del mecanismo este tendrá que satisfacer los requerimientos mínimos de los usuarios, tal como:

- Robustez.
- Consistencia.
- Fiabilidad frente averías.
- Buen funcionamiento.
- Estabilidad de la pieza a sujetar.

1.6 Disponibilidad de bienes y servicios complementarios requeridos en la construcción de la máquina

Para la construcción de la máquina se necesitará de la disponibilidad de los servicios de diferentes empresas proveedoras de los principales materiales y accesorios de la máquina. Ya sea para la construcción de la estructura básica, como las tapas, boquilla... y montaje mediante tornillos, anillos de retención, muelles...

2 INFORMACIÓN BÁSICA

2.1 Mecanizado

El mecanizado es un proceso de fabricación que comprende un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante la eliminación de material, ya sea por arranque de viruta o por abrasión.

Se realiza a partir de productos semielaborados como lingotes, tochos u otras piezas previamente conformadas por otros procesos como moldeo o forja.

Podemos dividir el mecanizado en las siguientes categorías:

- Mecanizado sin arranque de viruta, ejemplo de estiramiento en frío.
- Mecanizado por abrasión, ejemplo mediante muela.
- Mecanizado por arranque de viruta, ejemplo corte, desbaste... con torno.
- Procesos de mecanizado no tradicionales como los anteriores, mediante electricidad, química u otros medios energéticos.

2.2 Introducción a la mecánica de mecanizado.

Existe un conflicto evidente sobre la naturaleza de la deformación en la zona de corte de los metales.

Esto ha dado lugar a dos bases de análisis diferentes. Por un lado están a favor de la formación de viruta por cizallamiento continuo, como se muestra en la Fig. 2.1(a). Los otros basan el análisis en la formación de viruta por una deformación plástica, como se muestra en la Fig. 2.1(b).

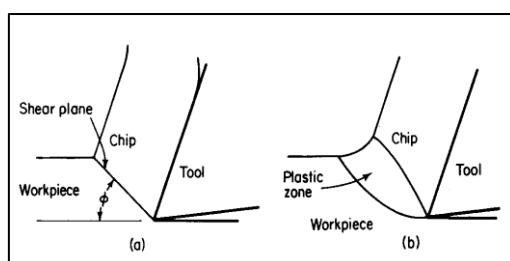


Figura 2.1. Los dos modelos básicos para el análisis de corte de metal. (Marcel Dekker, 1989)

En los dos últimos siglos el significado del término “mecanizado” ha evolucionado, igual que la tecnología ha avanzado. Durante la era de la máquina, se refirió a (lo que podríamos llamar) los procesos de mecanizado tradicionales, tales como torneado, fresado, taladrado y rectificado.

2.2.1 *Torneado*

Es la operación de mecanizado que produce piezas cilíndricas. En su forma básica, se puede definir como el mecanizado de una superficie externa:

- Con la pieza de trabajo giratoria.
- Con una herramienta de corte en un solo punto.
- Con la herramienta de corte de alimentación en paralelo al eje de la pieza y a una distancia que eliminará la superficie exterior de contacto.

2.2.2 *Fresado*

Consiste en el corte del material que se mecaniza con una herramienta rotativa de varios filos, que se llaman dientes, labios o plaquitas de metal duro, que ejecuta movimientos de avance programados de la mesa de trabajo en casi cualquier dirección de los tres ejes posibles en los que se puede desplazar la mesa donde va fijada la pieza que se mecaniza.

2.2.3 *Taladrado*

Tiene por objeto producir agujeros cilíndricos en una pieza cualquiera, utilizando como herramienta una broca. La operación de taladrar se puede hacer con un taladro portátil, con una máquina taladradora, en un torno, en una fresadora, en un centro de mecanizado CNC o en una mandrinadora.

2.2.4 *Rectificado*

Proceso de mecanizado a través de la muela de rectificar, que es una herramienta abrasiva para el arranque de viruta dentro de las operaciones de mecanizado con abrasivos.

El mecanizado es una parte de la producción de diferentes productos metálicos, pero también puede usarse para la madera, plástico, cerámica, y compuestos. La mayoría de mecanizados actuales se realizan mediante control numérico computarizado (CNC), donde los ordenadores se usan para el control de los movimientos de las máquinas herramienta.

2.3 Automatización

Sustitución del operador humano por dispositivos: neumáticos, electrónicos, magnéticos, hidráulicos... que funcionan en parte o totalmente solos.

2.4 Control Numérico

El Control Numérico (CN) significa el control automático de la mecanización o del proceso, con la ayuda de números situados de forma codificada que definen el ciclo de operaciones que son necesarias efectuar sobre la pieza. Los comandos aplicados pueden estar programados externamente, o directamente desde el ordenador. Normalmente estos datos se guardan en lápices o tarjetas de memoria.

2.4.1 Elementos básicos en una máquina con CN

- Programa de CN: contiene todas las instrucciones de manera codificada, para la realización del proceso de mecanización.
- Control Numérico: interpreta las instrucciones, las convierte en señales adecuadas para enviarlas a los correspondientes accionamientos de la máquina, realizando los cálculos previos que sean necesarios, y comprueba los resultados obtenidos a partir de las señales provenientes de los correspondientes sensores, y captadores de posición y velocidad de la máquina.
- La Máquina: ejecuta las operaciones previstas, mediante accionamientos aplicados a sus ejes y elementos auxiliares, tales como elementos de lubricación, refrigeración, recogida automática de viruta...

2.4.2 Ventajas

- Mayor productividad (trayectorias y velocidades más ajustadas).
- Mayor rendimiento de la máquina (no está influenciada por la fatiga del operario).
- Mayor precisión, uniformidad y mejor acabado de la mecanización.
- Repetibilidad (la máquina reproduce exactamente los comandos numéricos generados parte por parte, reproduciendo cada vez los mismos comandos).
- Reglajes y ajustes más cortos.
- Eliminación de tiempos muertos (aproximación a la pieza).
- Reducción del porcentaje de piezas defectuosas (evitamos errores de operario).
- Disminución de tiempos de inspección y control.
- Podemos reducir el número de operarios, y a su vez, con menor nivel de cualificación.
- La posibilidad de mecanizar piezas con difícil geometría y muchas veces imposible o con una elevada dificultad para mecanizar con máquinas convencionales.

2.4.3 Desventajas

- Mayor inversión (maquinaria y elementos auxiliares).
- Posibilidad de necesidad de utilización de un banco de pre-reglaje de herramientas.
- Preparación del trabajo más detallada.
- Se necesita una fase de programación (operarios cualificados).
- Mantenimiento con técnicos más cualificados.
- Mayor responsabilidad de los operarios al poner a su disposición una máquina más cara.

Antes de empezar a mecanizar es importante considerar los siguientes puntos:

1. Punto origen o cero máquina (fabricante define sobre la máquina).
2. Tres ejes “X, Y, Z”.
 - Eje Z: Corresponde a la dirección del eje de accionamiento del máquina, es el que proporciona el movimiento o potencia de corte (cabezal).
 - Eje X: Es horizontal y perpendicular a Z, por tanto, paralelo a la superficie de sujeción de la pieza.
 - Eje Y: Se escoge de manera que con los ejes X y Z forme un triedro ortogonal.
3. Origen pieza.

Una vez definidos las principales acciones y maquinaria automática es importante introducir diferentes sistemas de agarre para obtener las principales características requeridas en Sistemas de Fabricación Flexible durante operaciones de mecanizado, así como, flexibilidad, automatización, productividad, calidad y fiabilidad en los productos.

2.5 Sistema de fabricación flexible

Por sistema de fabricación flexible se entiende un grupo de máquinas-herramientas de control numérico enlazadas entre sí mediante un sistema de transporte de piezas común y un sistema de control centralizado. Para cada pieza a fabricar, se dispone de programas de piezas comprobados y memorizados en una estación de datos central.

Varias máquinas-herramientas CN diferentes (complementarias entre sí) o similares (redundantes) realizan los mecanizados necesarios en las piezas de una familia, de manera que el proceso de fabricación tiene lugar de modo automático.

En lo posible, el desarrollo automático del mecanizado no debe interrumpirse debido a cambios manuales de herramientas o amarre.

2.5.1 Principales características de la fabricación flexible

- Flexibilidad: En cuanto a la forma, dimensiones, materiales y previsión de producto.
- Automatización: En el mecanizado, cambio de herramienta, cambio de pieza, transporte, identificación, limpieza y verificación de piezas.
- Productividad: Con el fin de incrementar la producción, cambio rápido de herramienta, cambio rápido de pieza, reducir fallos mecánicos y optimizar el mecanizado.
- La calidad del producto: Asegurarlo a través de la inspección de piezas, máquinas de precisión, estabilidad térmica, estabilidad y rigidez de las maquinarias, autocorrección...
- La fiabilidad del proceso: Gracias al control de desgaste, control de desviación, las condiciones del control de mecanizado, mantenimiento preventivo...

2.6 Concepto de utillaje

Dispositivo utilizado para localizar y sujetar firmemente una pieza o conjunto de piezas respecto a un sistema de referencia de máquina, para que puedan ejecutarse las operaciones de fabricación necesarias conforme a las especificaciones de diseño y la planificación del proceso.

2.6.1 Funciones del utillaje

- Con respecto a la pieza:
 - Posicionar de forma precisa y repetible las superficies de referencia de la pieza respecto al origen y los ejes de la base o la estructura para garantizar las tolerancias de forma y posición.
 - Fijar, inmovilizar sin deformar para soportar las acciones mecánicas y térmicas del proceso de fabricación, evitando deformaciones de pieza y utillaje, así evitar errores de posicionamiento y de forma.
- Con respecto a la herramienta:

- Guiar y ajustar la trayectoria de la herramienta.
- Facilitar la evacuación de la viruta, el acceso y la salida de la herramienta para posibilitar el mayor número de operaciones posibles.
- Con respecto al sistema de fabricación:
 - Posicionar respecto al origen y los ejes de la máquina, como origen de programa de CNC.
 - Fijar a los carros de la máquina, para transmitir el movimiento programado.
 - Facilitar la manipulación, cambio de piezas, así reducir los tiempos no productivos.
 - Facilitar el mantenimiento, seguridad, higiene...

2.6.2 Componentes funcionales

- Cuerpo

La principal función es mantener la correcta relación espacial entre el resto de componentes (posicionadores, amarres y soportes) y servir de soporte para la manipulación del utillaje (carga y descarga de la máquina-herramienta y transporte por el SFF), es la pieza base del ensamblaje del utillaje.

Ha de ser una estructura rígida, ya sea por fundición, soldadura o ensamblaje.

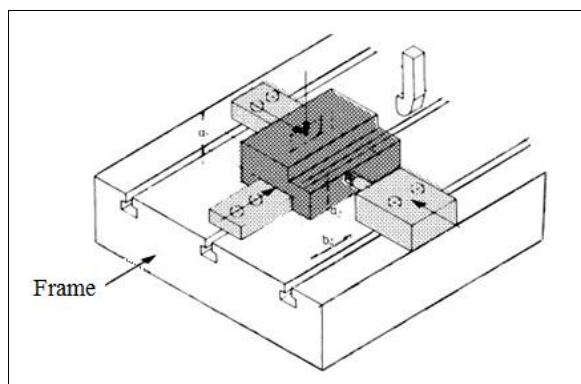


Figura 2.2. Cuerpo "frame". (Carrlane, 2012)

2.6.3 Elementos de posicionamiento

La función principal es restringir el movimiento de la pieza y referenciar su posición respecto al sistema de ejes de la estructura o la placa base.

En contacto con la pieza sobre las superficies de referencia (planos, agujeros, perfiles exteriores), en su dirección normal.

Eliminan un grado de libertad de traslación o rotación.

Hay tres formas generales de posicionamiento: plano, concéntrico y radial.

Los posicionadores planos posicionan una pieza de trabajo desde cualquier superficie.

La superficie puede ser plana, curva o tener un contorno irregular. En la mayoría de las aplicaciones, los dispositivos de posicionamiento plano posicionan una pieza por sus superficies externas, como se muestra en la siguiente Figura 2.2.

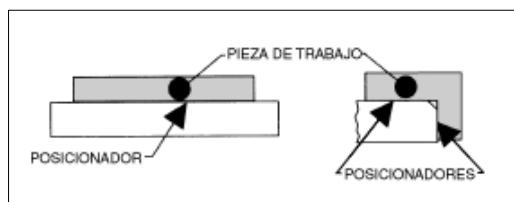


Figura 2.3. Posicionamiento plano. (Carrlane, 2012)

Los posicionadores concéntricos, en su mayoría, posicionan una pieza de trabajo desde un eje central. Este eje puede o no estar en el centro de la pieza de trabajo.

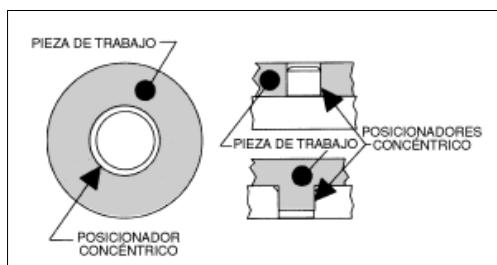


Figura 2.4. Posicionamiento concéntrico. (Carrlane, 2012)

Los posicionadores radiales restringen el movimiento de una pieza de trabajo en torno a un posicionador concéntrico.

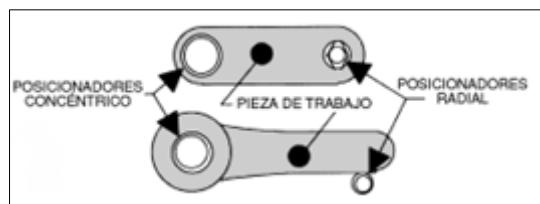


Figura 2.5. Posicionamiento radial. (Carrlane, 2012)

2.6.4 Elementos de sujeción

La función de los elementos de sujeción es proporcionar la fuerza de apriete necesaria para mantener la pieza de forma segura contra los elementos de posicionamiento, sin deformarla ni dañarla y facilitando su carga/descarga. Están en contacto con la pieza, en oposición a los elementos de apoyo, y eliminan uno o varios grados de libertad de traslación o rotación según colocación.

Los elementos de sujeción se caracterizan por tener una parte móvil, y pueden ser de apriete rápido o progresivo.

Existen diferentes principios, ya sean sujetados mecánicamente, por magnetismo o potencia.

La fuente de energía puede ser manual, neumática o hidráulica.

Los métodos de sujeción pueden ser:

- Entre puntos.
- Concéntrico.
- Tornillo de presión.
- Bridas de sujeción.
- Cuñas, topes tangentes.
- Sujeción magnética.

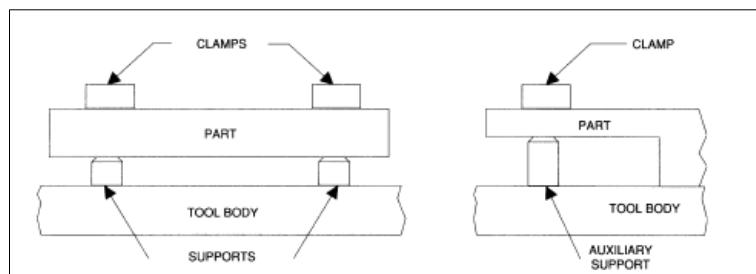


Figura 2.6. Elementos de sujeción "clamps". (Carrlane, 2012)

2.6.5 *Elementos de guiado*

Tienen la función de guiar y mantener la posición de la herramienta durante el proceso de fabricación. Algunos ejemplos de elementos de guiado son las guías de taladro y escariado.

2.6.6 *Elementos de soporte*

Tienen la función de evitar la flexión de la pieza bajo la acción de las fuerzas de corte o las fuerzas de amarre, a su vez, servir de apoyo al resto de elementos para colocarlos en las posiciones deseadas. Algunos ejemplos son las escuadras, gatos, cubos...

2.6.7 *Elementos de apriete*

Tienen la función de unir los componentes. Algunos ejemplos son los tornillos, arandelas, tuercas, pasadores...

Una vez descritos los elementos funcionales sobre los utillajes de mecanizado, a continuación se describen los tres grupos importantes de utillajes en función de la productividad y versatilidad de estos, ya sean utillajes estándar o de propósito general, utillajes dedicados o específicos y utillajes flexibles.

2.6.8 *Tipos de utillaje*

- Utillajes estándar o de propósito general:
Se usan para bajo volumen de producción.

Las principales características son:

- Versatilidad.
- Baja inversión.
- Bajo tiempo de introducción.
- Inviables para automatización.

Algunos ejemplos:

- Mordazas.
- Bridas.
- Platos de garras.
- Mandrinos.



Figura 2.7. Ejemplo de utillaje estándar, plato de garras. (Tormach, 2013)

■ Utilajes dedicados o específicos:

Para operaciones y componentes específicos en altos volúmenes de producción.

Las principales características son:

- Automatización.
- Repetibilidad.
- Alta inversión y tiempo de desarrollo.
- Diseño específico según la planificación del proceso.
- Compacto.
- Escasamente reutilizable.
- Elevado coste de almacenamiento.

Algunos ejemplos:

- Diseño para familia de piezas (tecnología de grupos/fabricación celular).

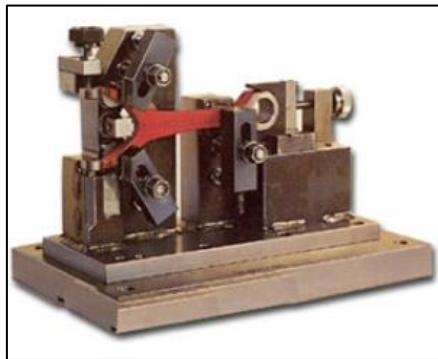


Figura 2.8. Ejemplo de utillaje dedicado. (Marcel Dekker, 1989)

- **Utilajes flexibles:**

Son combinación de la flexibilidad a largo plazo del utillaje estándar con las ventajas productivas del utillaje dedicado.

Algunos ejemplos:

- Modular.
- Programable.
- Cambio de fase.

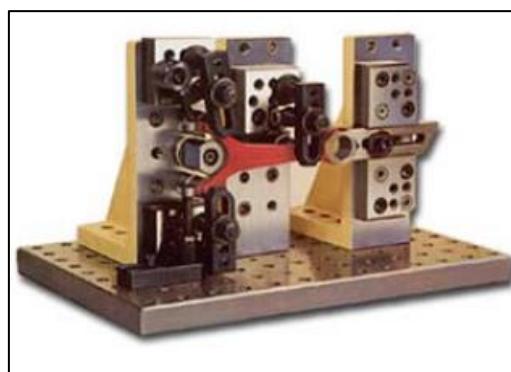


Figura 2.9. Ejemplo de utillaje flexible. (Marcel Dekker, 1989)

2.7 Precedentes

2.7.1 Clasificación general

Si clasificamos los utillajes de amarre o sustentación de cambio rápido en los diferentes grupos anteriormente descritos dependiendo de la productividad y versatilidad, podemos indicar que este tipo de utillajes es una mezcla entre los específicos y los flexibles.

Específicos ya que para mecanizar cualquier tipo de pieza a partir de un material en bruto, es necesario de ajustar el utillaje o pallet en la mesa de la máquina-herramienta para buscar y mantener el punto origen entre la pieza y la máquina. Una vez ajustados, solo podemos mecanizar el mismo tipo de piezas a partir de piezas en bruto iguales y con el mismo programa establecido.

Flexibles ya que mediante el mismo utillaje o equipo de amarre podremos mecanizar diferentes modelos de piezas en función de tamaño y forma del material en bruto, y del programa establecido. Siempre y cuando cada vez tomemos las referencias o punto origen entre máquina-herramienta y pieza antes de cambio de modelo. También podemos usar estos utillajes para diferentes máquinas-herramienta y procesos de mecanizado.

2.8 Comparación y justificación de la tecnología de Punto Cero

2.8.1 Amarre manual

- Ventajas:
 - Poca inversión.
 - Compatible con configuraciones flexible y específica.
 - Para pocas cantidades de producción.
- Desventajas:
 - Tiempo de preparación, montaje y ajuste de las piezas mayor.
 - Menor precisión durante el mecanizado de las piezas.

2.8.2 Amarre de Punto Cero

- Ventajas:
 - Pueden usarse en aplicaciones automatizadas.
 - Elevada precisión entre las piezas mecanizadas, incrementando la calidad final de las piezas fabricadas.
 - Flexibilidad ya que podemos mecanizar en cualquier mesa de trabajo.
 - Incrementan la productividad.
 - Solo hay que hacer un solo montaje y ajuste inicial.
 - Reducimos costes de preparación.
 - Se puede usar tanto en cambio manual como automatizado de las piezas.
 - Buenas sustentación, podemos mecanizar y ejercer fuerzas en cualquier sentido.
- Desventajas:
 - Mayor inversión inicial.
 - Para la fabricación de piezas individuales.

Comparando los dos sistemas de amarre, podemos observar como los de la familia de Punto Cero son mejores para series de producción, fabricación flexible y porque reducimos significativamente los tiempos de producción, lo cual repercute directamente sobre los costes de producción, incrementando los beneficios de la empresa.

2.9 Tipos de utillaje de la familia de Punto Cero

Dentro de la familia de utillajes de Punto Cero existen dos principales modelos de este tipo de utillajes: los montados a nivel y los montados sobrepuertos.

2.9.1 Utillajes a nivel

Este tipo de utillajes están diseñados para instalarse directamente en el interior de los pallets, acostumbran a funcionar en acorde con el resto de utillajes instalados en el

interior del pallet a través de la interconexión de conductos sobre el medio que activará y desactivará el bloqueo.

Estos utillajes acostumbran a montarse para piezas de gran superficie de apoyo y volumen.



Figura 2.10. Ejemplo de montaje de utillajes a nivel en pallet. (Stark, 2013)

2.9.2 Utilajes sobrepuestos

Este tipo de utillajes están diseñados para montarse directamente sobre la bancada de la máquina-herramienta.

Pueden montarse de forma individual para piezas pequeñas, o también interconectados entre sí para piezas mayores o también para piezas de larga longitud.

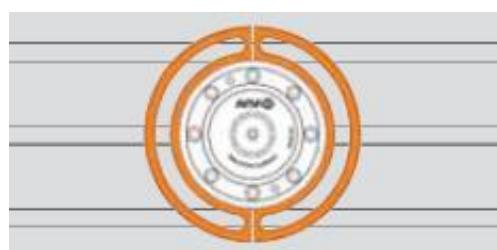


Figura 2.11. Ejemplo de montaje de utillaje sobrepuuesto individual sobre bancada. (AMF, 2013)



Figura 2.12. Ejemplo de montaje de utillajes sobrepuertos interconectados sobre bancada.
(Stark, 2013)



3 SITUACIÓN ACTUAL

3.1 Descripción detallada del problema a resolver

A través de la petición del promotor se ha encargado el diseño de una máquina destinada a la sujeción de materia prima durante el mecanizado en maquinaria automática mediante programación de CNC.

Los requisitos establecidos por el promotor para el diseño del utillaje son los siguientes:

- Poder cargar diferentes piezas de material en bruto, con diferentes dimensiones dentro de un rango establecido en función del diseño de la máquina.
- Preferible accionamiento hidráulico.
- La fuerza máxima de ataque será de 4000 N.
- El uso del utillaje será individual, con compatibilidad de conectar diferentes utillajes en paralelo.

3.2 Estudio de patentes

Antes de analizar los diferentes utillajes de cambio rápido existentes en el mercado, es importante saber sobre los principios de diseño de este tipo de utillajes. Por eso, a continuación se va a realizar un estudio sobre cómo funcionan estos mecanismos, las estructura que tienen y las características más importantes sobre este tipo de utillajes.

El análisis de patentes se va a realizar con la herramienta de búsqueda de Google Patentes.

3.2.1 *Utilaje de sujeción mediante un cuerpo de sujeción y portador de piezas conectado al mismo*

Inventor: Karl Fries Número de patente: 6799758 B2 Fecha: 5 Oct. 2004

El aparato de amarre está compuesto por un cuerpo de sujeción **1** y un portador de piezas **40** conectado al mismo. El cuerpo de sujeción **1** está provisto de un agujero central **2** para poder recibir la boquilla de bloqueo **30** unida a al portador de piezas **40**.

El agujero central del cuerpo de sujeción tiene una entrada cónica **3**, para favorecer la entrada de la boquilla de bloqueo, que ésta también un final cónico. Así podemos alienar el utilaje para cualquier fuerza de entrada y desviación sobre los ejes de dirección X – Y. El cuerpo de sujeción **1** tiene un mecanismo de bloqueo o fijación **20** para la boquilla **40**. Observamos que el cuerpo de sujeción está formado por una cara superior externa **5**, que sirve de tope sobre el eje Z.

La boquilla de bloqueo **30** está dimensionada, en principio, para activar el mecanismo de bloqueo **20**, existe un espacio entre el la cara inferior del portador de piezas **40** y la cara superior del cuerpo de sujeción **1**.

La boquilla **30** y la región alrededor de la apertura central del cuerpo de sujeción están adaptadas para ser adaptarse y bloquearse cuando se activa el mecanismo de bloqueo **20**, soportando los esfuerzos de la boquilla **30** sobre la ranura **2**, y al mismo tiempo el portador de piezas **40** hacer de tope sobre el eje Z.

Observando el corte longitudinal del utilaje de sujeción **1**, junto el portador de piezas **40**, vemos que este está compuesto por muelles de compresión **23, 25**. Los muelles proporcionan la fuerza suficiente para empujar el pistón móvil central **10** y ejercer la fuerza de bloqueo sobre la boquilla **30**. El bloqueo de la boquilla viene determinado por el enclavamiento de las bolas **15** situadas en una pieza interior fija **12**.

Para facilitar el entendimiento del diseño de esta patente a continuación se muestran dos figuras, una sobre la sección de este desbloqueado, y la otra sobre un corte seccionado cuando el utilaje está bloqueado.

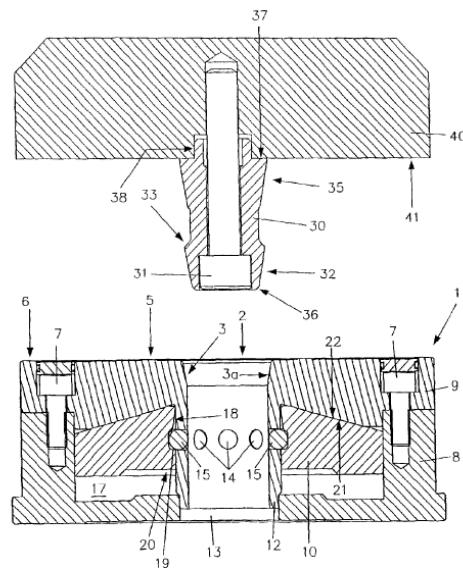


Figura 3.1. Vista seccionada del utillaje de cambio rápido desbloqueado. (Google patentes, 2004)

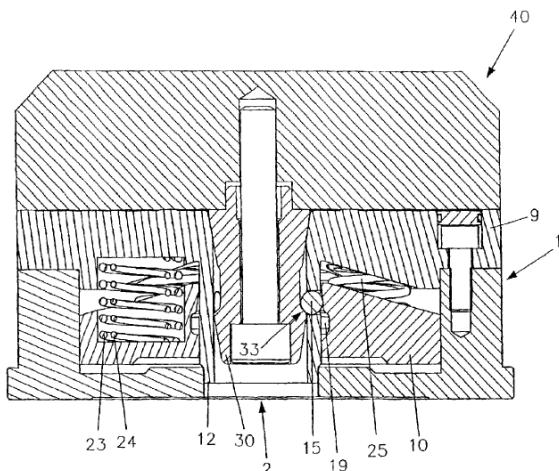


Figura 3.2. Vista seccionada del utillaje de cambio rápido bloqueado. (Google patentes, 2004)

3.2.2 Utillaje de sujeción mediante un cuerpo de sujeción y portador de piezas conectado al mismo

Inventor: Emil Stark

Número de patente: 5961261

Fecha: 5 Oct. 1999

El presente invento se refiere a un utillaje de sujeción, formado por un cuerpo de sujeción 1 y una boquilla de bloqueo extraíble 21. El cuerpo de sujeción 1 está contiene

una ranura o cilíndrica **2** que atraviesa todo el cuerpo y se adaptado para alojar la boquilla de bloqueo **21** y bloquearla. El cuerpo de sujeción tiene dos entradas laterales cilíndricas **3, 4**, para la entrada de aire y aceite.

Por medio de la boquilla de entrada inferior **4** se introduce aceite en la cámara de presión **7** situada entre la cara interna inferior del cilindro **1** y la cara inferior del pistón interno móvil **5**. El movimiento vertical de subida del pistón móvil **5** viene generado por el llenado de aceite en la cámara de presión, el movimiento de bajada del pistón móvil **5** viene generado por el efecto de la colocación de uno a varios muelles de compresión **9**, colocados en diferentes alojamientos **8** del pistón móvil **5**.

La cámara de presión **7** se extiende por debajo del pistón **6**, conectado a otra cámara de presión **19**, que está compuesta por el pistón inferior **6** y el pistón de bloqueo/desbloqueo **18**. El pistón de bloqueo **18** está unido con el pistón móvil **5** mediante las caras inclinadas **16**. Por la parte superior de pistón móvil **5** se permite la entrada de aire generando una cámara de limpieza **39**. Este fluido se dirige a las boquillas por medio de orificios asociados.

Una boquilla **11** recibe el fluido de la cámara **39** y lo conduce a un canal de distribución **12**. Este canal de distribución **12** está conectado a otros canales **13**, provistos de boquillas **14,15**.

Cualquier suciedad acumulada en los huecos **40**, son retirados por las boquillas de limpieza **14, 15**.

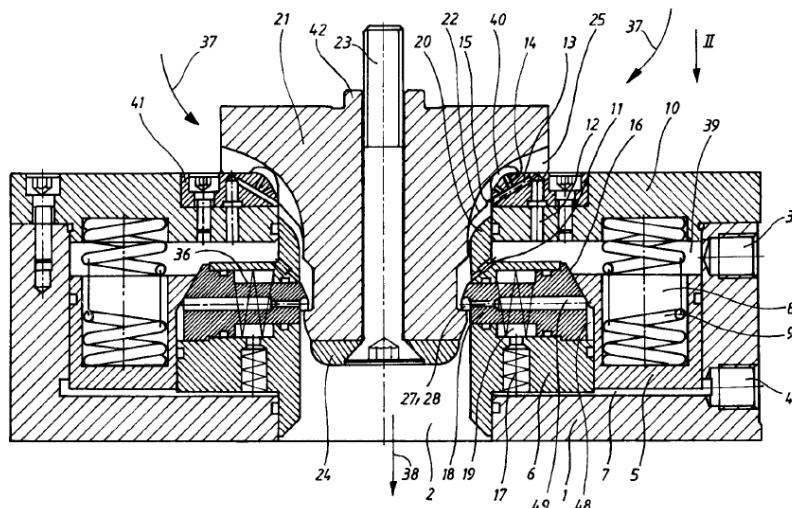


Figura 3.3. Vista seccionada del utillaje de cambio rápido. (Google patentes, 1999)

3.2.3 *Utilaje de sujeción mediante un cuerpo de sujeción y portador de piezas conectado al mismo*

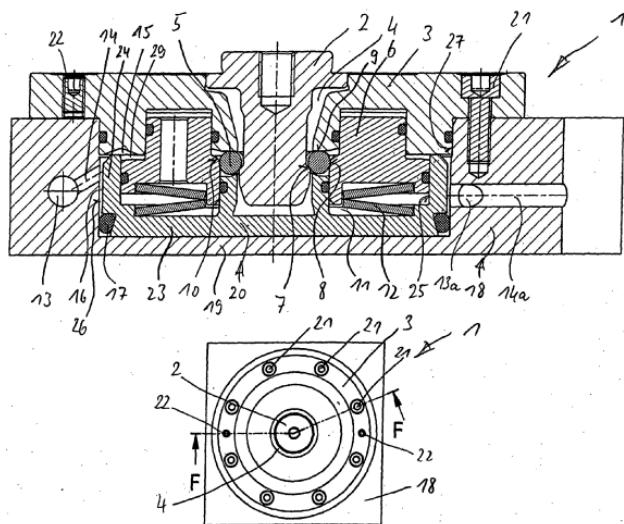
Inventor: Günther Stark Número de patente: 1743733 B1 Fecha: 19 Dic. 2007

El presente invento está compuesto por una boquilla extraíble **2**, que está conectada por mediante un tornillo **40** para la sujeción de las piezas, con el pallet **39**. El utilaje de cambio rápido **1** forma una caja encajonamiento cerrado **18**.

Este encajonamiento cerrado **18** dispone de un pistón **6** móvil interno que queda presionado en la posición de deslizamiento superior por la fuerza de los muelles **12**, que al mismo tiempo queda activan el mecanismo de bloqueo de las bolas **5**, contra la cara externa de la boquilla extraíble **2**. El alojamiento de las bolas queda totalmente cerrado por el contacto con las pistas de deslizamiento superior e inferior **8, 9**.

El pistón móvil **6** tiene un bisel **10** que sirve para abrir el dispositivo de bloqueo **5** lo más rápido posible para poder desalojar la boquilla de extraíble **2**. El aceite presurizado se introduce el abastecimiento **13** a través del canal de alimentación **14** para la cámara de aceite **29** y el intersticio radial **16**.

La Fig. 3.5., muestra el utilaje desbloqueado, donde se puede ver el abastecimiento de presión **13**, el aceite a presión se introduce en la cámara de aceite **29** y por tanto el pistón móvil **6** queda desplazado hacia la parte inferior a través de la cámara del cilindro inferior **11** comprimiendo los muelles **12** y liberando el movimiento de las bolas **5** para el desbloqueo del utilaje.



Está formado por una boquilla de extraíble **3**, cuando la boquilla se introduce en el agujero central **11**, queda bloqueada por la acción de los muelles de compresión **4**.

El bloqueo se produce mediante el mecanismo de bolas **17**, montadas en la jaula de bolas **16**. La jaula de bolas se apoya contra el pistón móvil hidráulico **9** por medio de un anillo **15**. Las bolas **17** entonces son alojadas en un espacio anular **24** de la jaula de bolas.

En la posición de bloqueo de la Fig. 3.6., las bolas **17** están en contacto con la ranura anular **22**, dispuesta en el perímetro exterior de la boquilla extraíble **3**. Al mismo tiempo, las bolas **17** se encuentran en contacto con una la ranura anular **23** del pistón hidráulico **9**.

Para el desbloqueo, existe una cámara de presión **20**, que está situada entre el pistón móvil **9** y la parte inferior **2** del cuerpo de sujeción. Se actúa mediante un dispositivo de suministro de aceite **19** y el canal de abastecimiento **18**, empujando el pistón móvil hacia arriba. Este movimiento aplica fuerza sobre el anillo **15**, el cual empuja la jaula de bolas **16** hacia arriba. Continuando con el desplazamiento hacia arriba del pistón hidráulico **9**, las bolas **17** alcanzan la posición de la ranura anular **23** saliendo radialmente hacia fuera para el pistón hidráulico **9**, con lo cual pierden el contacto con la ranura **22** desbloqueando la boquilla extraíble **3**.

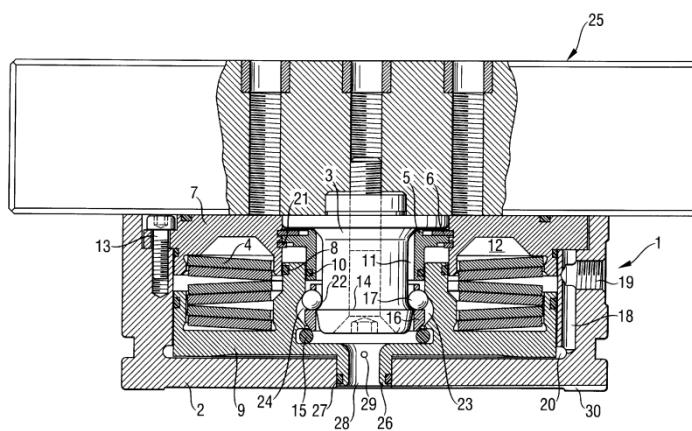


Figura 3.6. Vista seccionada del utillaje de cambio rápido bloqueado. (Google patents, 2000)

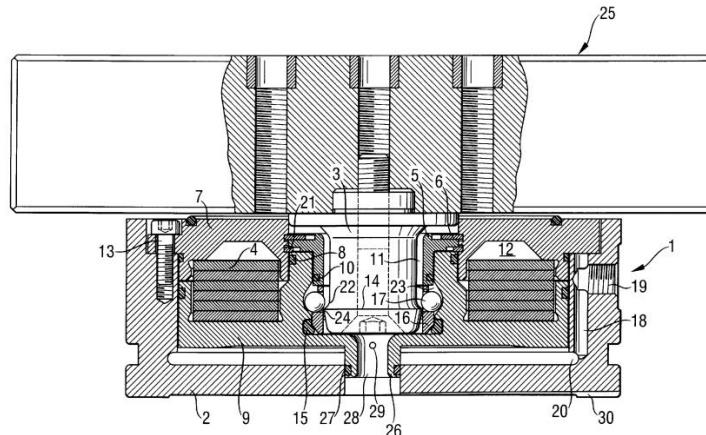


Figura 3.7. Vista seccionada del utillaje de cambio rápido desbloqueado (Google patents, 2000)

3.3 Análisis de mercado

En el siguiente apartado se desarrolla una búsqueda y análisis de algunos de los principales fabricantes de este tipo de utillaje con el fin de comparar los diferentes modelos ofrecidos por cada uno, analizar los principales modelos de cada fabricante, los principios de funcionamiento de los modelos y contrastarlo con una tabla comparativa entre éstos.

3.3.1 Stark

Principales utillajes del fabricante Stark:

- Speedy classic 1
- Speedy classic 2
- Speedy classic 3

Estos modelos tienen dos posiciones de trabajo: enclavamiento y desbloqueo.

- Enclavamiento: se activa mecánicamente.
 - Sistema hidráulico está despresurizado, la presión de aceite está a 0 bar.
 - El pre ajuste de los muelles se aplica mediante el pistón móvil 2, el pistón se mueve hacia abajo. Se alinea el encaje de la boquilla extraíble 9, posicionada con precisión.

- Se colocan las bolas **8** entre el pistón móvil y la boquilla extraíble en el contorno establecido.
 - El pre ajuste de los muelles **7** a tracción hace que actúen directamente hacia abajo manteniendo el bloqueo del pistón móvil y la boquilla extraíble.
- Desbloqueo:
- Se aplica presión hidráulica **1** hacia el pistón móvil **2**, moviéndose este hacia arriba. Se comprime el conjunto de los muelles **3**.
 - Las bolas **4** alojadas en la jaula **5** se mueven hacia fuera, posicionándose en la ranura del pistón móvil.
 - La boquilla extraíble **6** se desplaza hasta liberarse del pistón móvil.

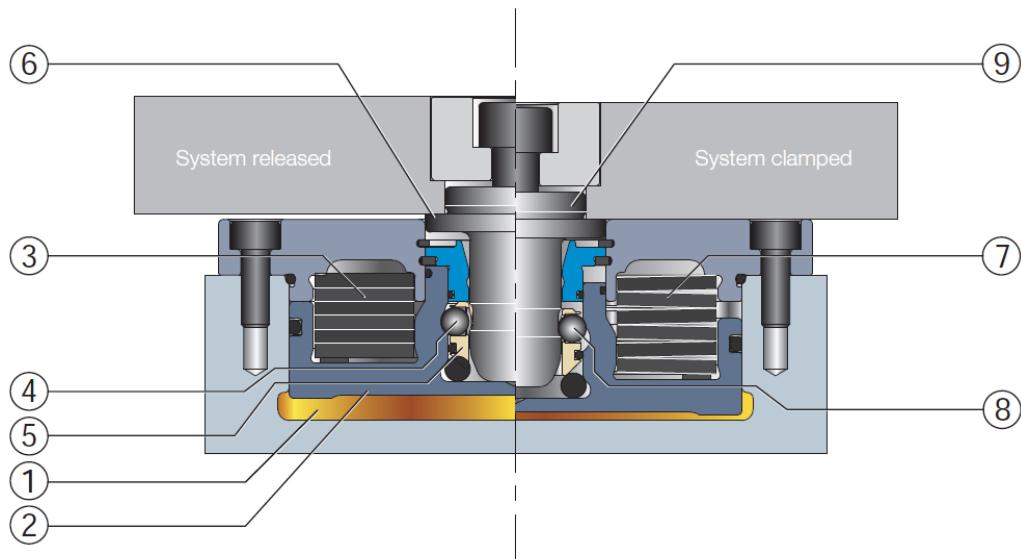


Figura 3.8. Sección del modelo Speedy classic. (Stark, 2013)

La principales diferencias entre los tres modelos de Stark, son la variación de dimensiones referente a las boquillas extraíbles, la fuerza de inserción, fuerza de retención, repetibilidad y el diámetro máximo.

- Fuerza de inserción:

La fuerza de inserción se refiere a la fuerza con la que se introduce la boquilla extraíble hacia el interior del utillaje y queda sujetada en el mecanismo de bloqueo.

- Fuerza de retención:

La fuerza de retención hace referencia a la máxima fuerza axial permitida por la boquilla extraíble.

- Repetibilidad:

La repetibilidad hace referencia al margen de tolerancia entre el punto de referencia entre la máquina-herramienta y la pieza entre cambio de piezas en el utillaje.

En la siguiente tabla se muestran las principales características de cada modelo:

Tabla 3.1. Características Stark.

Caract. Modelo	Fuerza de inserción (N)	Fuerza de retención (N)	Repetibilidad (mm)	Diámetro máximo (mm)
Speedy Classic 1	6700	25000	< 0,005	105
Speedy Classic 2	20000	38000	< 0,005	135
Speedy Classic 3	30000	55000	< 0,005	176

3.3.2 Jergens

Principales utillajes del fabricante Jergens:

- ZPS K10
- ZPS K20
- ZPS K40

Estos tres modelos están diseñados para funcionamiento hidráulico y neumático, la descripción de operación es la misma, cambiando el fluido ya sea aceite o aire.

- Enclavamiento: se activa mecánicamente.
 - Sistema hidráulico / neumático está despresurizado, la presión está a 0 bar.
 - El pre ajuste de los muelles se aplica mediante el pistón móvil **4**, el pistón se mueve hacia abajo. Se alinea el encaje de la boquilla extraíble **5**, posicionada con precisión.
 - Se colocan las bolas **1** entre el pistón móvil y la boquilla extraíble en el contorno establecido.
 - El pre ajuste de los muelles **2** a tracción hace que actúen directamente hacia abajo manteniendo el bloqueo del pistón móvil y la boquilla extraíble.
- Desbloqueo: puede ser activado hidráulicamente o neumáticamente.
 - Se aplica presión hidráulica o neumática hacia el pistón móvil **4**, moviéndose este hacia arriba. Se comprime el conjunto de los muelles **2**.
 - Las bolas **1** alojadas en la jaula **5** se mueven hacia fuera, posicionándose en la ranura del pistón móvil.
 - La boquilla extraíble **5** se desplaza hasta liberarse del pistón móvil.

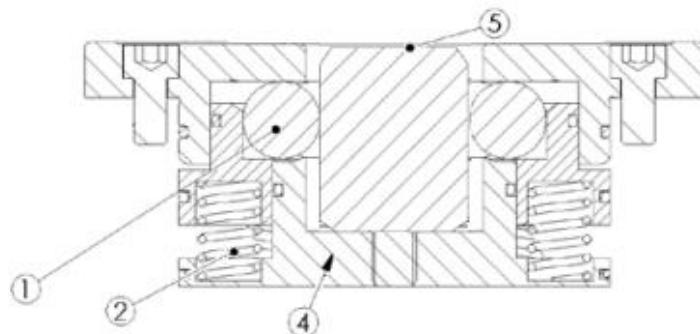


Figura 3.9. Sección del modelo Jergens. (Jergens, 2013)

Tabla 3.2. Características Jergens.

Modelo	Caract.	Fuerza de inserción (N)	Fuerza de retención (N)	Repetibilidad (mm)	Diámetro máximo (mm)
Hidráulica	K10	10000	25000	< 0,005	78
	K20	20000	55000	< 0,005	112
	K40	40000	105000	< 0,005	148
Neumática	K10	8000	25000	< 0,005	78
	K20	17000	55000	< 0,005	112
	K40	30000	105000	< 0,005	148

3.3.3 Vischer & Bolli

Principales utillajes del fabricante Vischer & Bolli

- Safe 20
- Safe 30
- Safe 50
- Enclavamiento: se activa mecánicamente.
 - Sistema hidráulico está despresurizado, la presión de aceite está a 0 bar.

- El pre ajuste de los muelles se aplica mediante el pistón móvil **2**, el pistón se mueve hacia abajo. Se alinea el encaje de la boquilla extraíble **4**, posicionada con precisión.
 - Se colocan las bolas **6** entre el pistón móvil y la boquilla extraíble en el contorno establecido.
 - El pre ajuste de los muelles **1** a tracción hace que actúen directamente hacia abajo manteniendo el bloqueo del pistón móvil y la boquilla extraíble.
- Desbloqueo: puede ser activado hidráulicamente o neumáticamente.
- Se aplica presión hidráulica o neumática hacia el pistón móvil **2**, moviéndose este hacia arriba. Se comprime el conjunto de los muelles **1**.
 - Las bolas **6** alojadas en la jaula se mueven hacia fuera, posicionándose en la ranura del pistón móvil.
 - La boquilla extraíble **4** se desplaza hasta liberarse del pistón móvil.

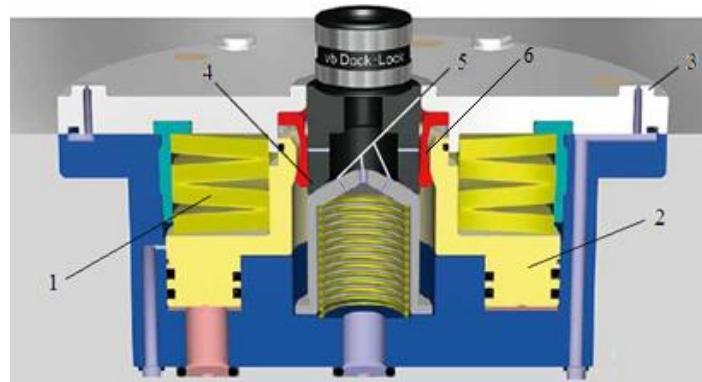


Figura 3.10. Sección del modelo Safe. (Vischer & Bolli, 2013)

Tabla 3.3. Características V&B.

Caract. Modelo	Fuerza de inserción (N)	Fuerza de retención (N)	Repetibilidad (mm)	Diámetro máximo (mm)
Safe 20	12500	40000	< 0,005	112
Safe 30	20000	60000	< 0,005	160
Safe 50	30000	90000	< 0,005	190

2.1.1 COMPARACIÓN DE MODELOS

La finalidad de este apartado es la realizar una comparación sobre los modelos principales de cada fabricante, escogiendo modelos de medidas y tamaños similares.

Tabla 3.4. Especificaciones técnicas.

Modelo Especific.	Speedy classic 2	Jergens K20	Jergens K20	V&B Safe 20
Fuerza de inserción (N)	6700	20000	17000	12500
Fuerza de retención (N)	25000	55000	55000	40000
Diámetro máximo (mm)	105	112	112	112
Repetibilidad (mm)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Sistema de desbloqueo	Hidráulico	Hidráulico	Neumático	Hidráulico
Presión de desbloqueo (bar)	35-40	50-60	8-12	70
Altura (mm)	40	50	50	45
Peso (kg)	2,5	2,7	2,6	-



4 PRINCIPIOS DE DISEÑO Y CÁLCULOS

Una vez realizado el estudio sobre los diferentes tipos y modelos previamente diseñados en la familia de Punto Cero, en este apartado se va a desarrollar el diseño del utilaje de punto cero cumpliendo con las especificaciones y condicionantes establecidos previamente.

Partiendo de que el utilaje ha de ser versátil para diferentes bancadas de máquinas-herramienta, de fácil montaje y desmontaje en la bancada, y el factor más importante suportar los 4000 N de fuerza de ataque por la máquina-herramienta.

4.1 Justificación del modelo a diseñar

El utilaje diseñado está dentro del grupo de los utilajes sobrepuestos en la mesa de la máquina-herramienta.

Se decide optar por este modelo de utilaje ya que por mediación del promotor las piezas a mecanizar son piezas de tamaño reducido, descritas anteriormente, el promotor del proyecto prefiere versatilidad de uso para este tipo de utilaje y además de mínimo coste posible.

Comparando los utilajes a nivel con los sobrepuestos, para los utilajes a nivel se requiere del diseño y fabricación del pallet donde se alojarán los utilajes con lo cual el precio se vería considerablemente incrementado. En caso de aumentar el tamaño de la pieza a mecanizar con los utilajes sobrepuestos existe la posibilidad de acoplar más de un utilaje sobre la mesa de la máquina-herramienta, con lo cual sigue siendo un útil versátil.

4.2 Descripción general del utilaje

A partir de la comparación general de las características principales de los diferentes modelos de utilajes en el mercado, se establecerán los principios de diseño referentes a:

- Tamaño, forma y descripción de cada uno de los componentes diseñados.
- Fuerza de inserción.

- Dimensionado de muelles internos.
- Acabados superficiales.
- Elección de material.

El utillaje estará compuesto por dos tapas principales, tapa inferior o cuerpo de sujeción **1** y la tapa superior **2**, pistón móvil interior **3**, el alojamiento de bolas inferior **4**, las bolas del mecanismo de bloqueo **5**, la boquilla extraíble **6**, tornillos **7**, muelles **8**, juntas tóricas **9**, anillos de apoyo **10** y el racor hidráulico **11**.

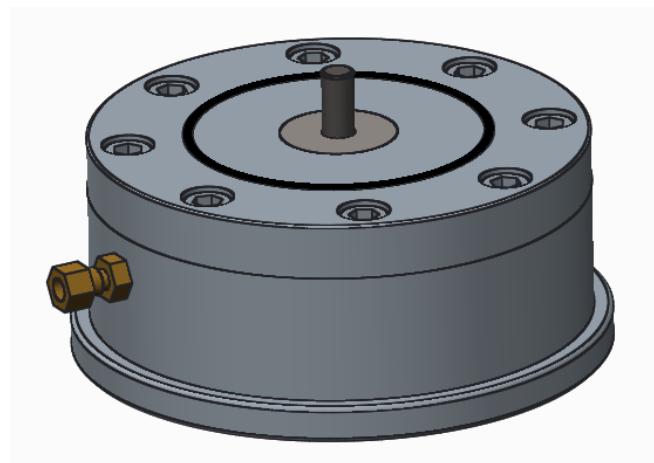


Figura 4.1. Utillaje de la familia de Punto Cero.

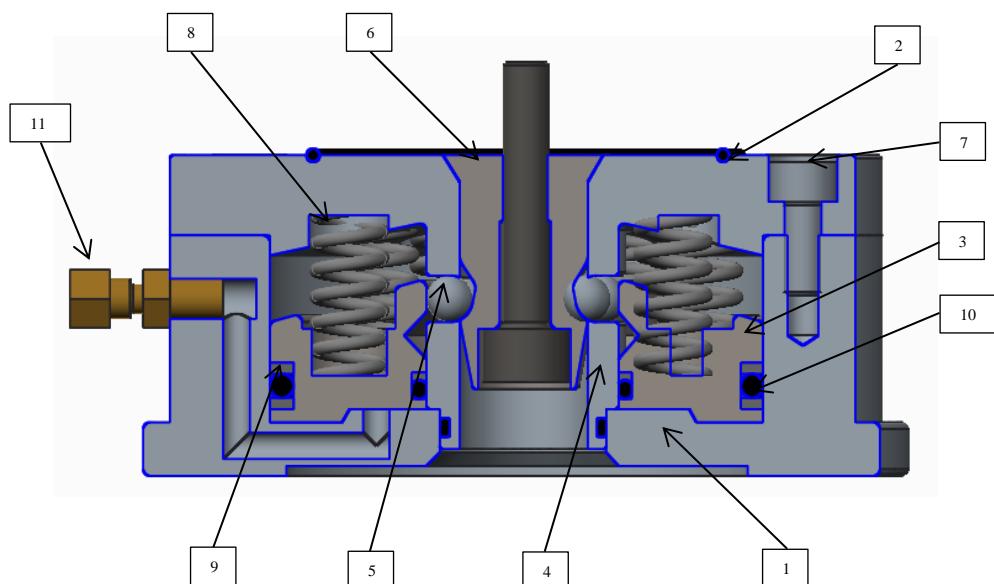


Figura 4.2. Sección del modelo diseñado de la familia de Punto Cero.

4.2.1 *Tamaño, forma y descripción de cada uno de los componentes diseñados*

- **Tapa inferior o cuerpo de sujeción**

La tapa inferior es uno de los componentes externos del utillaje, está fabricada con acero inoxidable M333 isoplast de Böhler.

La primera premisa de diseño ha sido establecer las dimensiones de este componente, a partir de la comparación de dimensiones entre los modelos comerciales de las diferentes marcas, se establece que el diámetro exterior es de 117 mm.

En la parte exterior inferior dispone de un salto de 4 mm de ancho y 8 mm de altura para el amarre sobre la mesa de la máquina-herramienta mediante las abrazaderas. Como se muestra en la Fig. 4.3., en la parte interior aloja el conducto para la circulación del líquido hidráulico para el bloqueo y desbloqueo del mecanismo.

En la cara superior tiene el mecanizado para los ocho tornillos equidistantes a 45° que asegurarán el cierre con la tapa superior. Se establece un grueso de paredes de 15 mm para garantizar la resistencia y deformación.

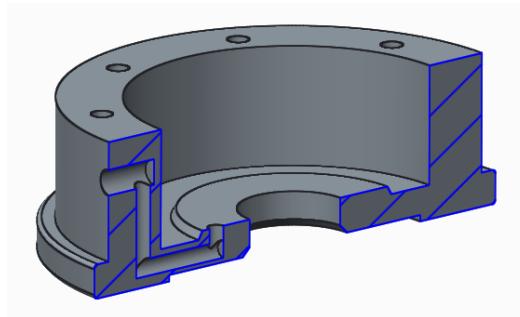


Figura 4.3. Sección de la tapa inferior.

- **Tapa superior**

La tapa superior está fabricada con el mismo acero M333 isoplast que la tapa inferior

Boquilla de bloqueo para la sujeción de piezas. Referente a la forma de esta pieza se observa que en la cara superior aloja los ocho agujeros pasantes para alojar la cabeza de los tornillos que la unirán con la tapa inferior, a su vez, en esta cara exterior se observa una ranura circunferencial de 2 mm de ancho para alojar una junta de goma y así

proteger la entrada de suciedad y líquido refrigerante en el orificio de la boquilla extraíble durante las mecanizaciones.

En la parte central tiene un agujero pasante con un chaflán cónico para guiar el centrado de la boquilla extraíble y facilitarle la entrada y salida.

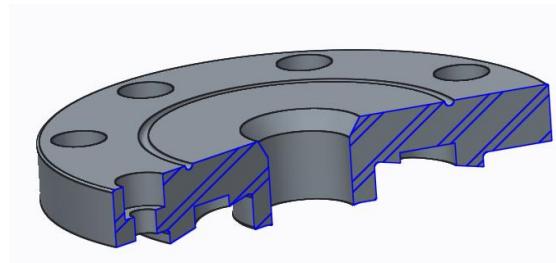


Figura 4.4. Sección tapa superior.

Respecto a la parte interior, la tapa tiene mecanizados doce agujeros equidistantes para alojar los muelles de compresión internos de 12 mm de diámetro, la finalidad de estos muelles es de ejercer una fuerza uniforme sobre el pistón interior móvil para mantener la posición de bloqueo de la boquilla extraíble.

El interior de la tapa también se destina a alojar las bolas del mecanismo de bloqueo mediante la pista de rodadura y permitir el movimiento radial de estas para el bloqueo y desbloqueo del mecanismo.

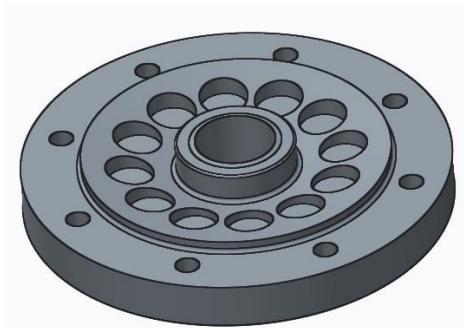


Figura 4.5. Vista inferior de la tapa superior.

- Pistón interior móvil

El pistón interior móvil es un componente interno del utillaje, las dimensiones del pistón se ajustan a las dimensiones de las dos tapas, superior e inferior, y al tamaño de

los muelles. El pistón tiene doce agujeros para el alojamiento de los muelles de compresión que irán encarados y alineados con la tapa superior.

El pistón interior móvil tiene libertad de movimiento lineal en el espacio interior del utillaje comprendido entre las dos tapas.

Observando esta pieza, respecto a la cara circunferencial externa se observa el mecanizado de una ranura diametral, la finalidad de esta ranura es alojar la junta tórica y los anillos de apoyo para el ajuste del pistón con respecto al cara circunferencial interna de la tapa inferior y lograr así la estanqueidad necesaria para que no haya fugas al aplicar la presión de desbloqueo.

Respecto a la cara circunferencial interna también se observa de una ranura diametral con la misma finalidad que la exterior, alojar la junta tórica y anillo de retención.



Figura 4.6. Pistón interior móvil.

En la cara circunferencial interna también dispone de una ranura diametral cónica, la finalidad de esta ranura es alojar las bolas del mecanismo de bloqueo para la liberación de la boquilla extraíble, la forma cónica de la ranura es para facilitar el deslizamiento de la bolas y además de que esté desplazamiento de realice de una manera progresiva durante las acciones de bloqueo y extracción de la boquilla.

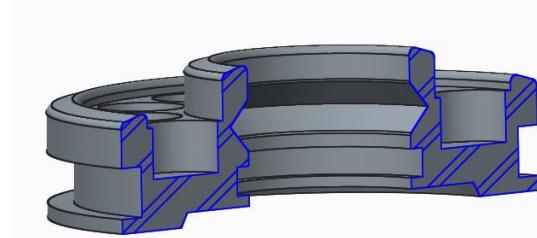


Figura 4.7. Sección del pistón interior móvil.

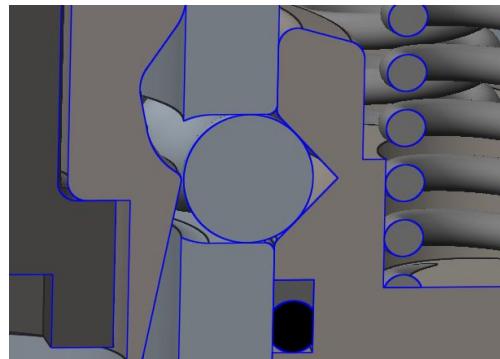


Figura 4.8. Detalle sobre la liberación de las bolas de bloqueo.

- Alojamiento de bolas inferior

El alojamiento de bolas inferior tiene dos propósitos principales, por un lado alojar las bolas del mecanismo de bloqueo y servir de pista de rodadura con la cara superior. Por otro, es el de guiar el movimiento lineal del pistón interior móvil con la cara circunferencial externa durante la compresión y extensión de los muelles.

En la parte inferior de la pieza existe una variación de diámetro que sirve para alojarse en el interior de la tapa inferior, esta encaje se realizará muy ajustado, a presión, para garantizar que no haya movimiento. Además como se observa en la Fig. 4.9. también tiene una ranura para alojar la junta tórica y garantizar la estanqueidad del interior del utillaje, no es necesario el uso de anillos de apoyo ya que no es una parte móvil.

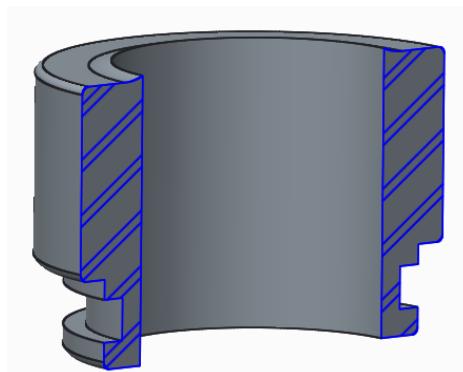


Figura 4.9. Sección del alojamiento de bolas inferior.

- Boquilla extraíble

La boquilla extraíble tiene una forma cilíndrica con diferentes rebajes. El extremo inferior de la boquilla tiene forma cónica para facilitar el centrado y guiado de la boquilla en el utillaje, más concretamente en la tapa superior. El siguiente rebaje se realiza con la forma circunferencial de las bolas de bloqueo con el propósito de alojar parte de las bolas y generar el bloqueo de la boquilla.

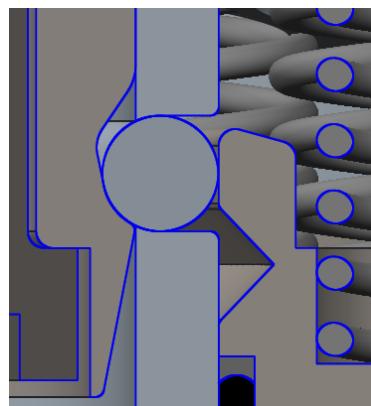


Figura 4.10. Detalle de la boquilla bloqueada.

Respecto al otro extremo de la boquilla, la parte superior, está dispuesta de un rebaje cónico para el ajuste con la tapa superior del utillaje. Otra de las finalidades de la boquilla extraíble es la de ejercer como soporte y fijación de las piezas a mecanizar, por eso dispone de un agujero pasante interior para permitir el paso del tornillo que se roscara en el material en bruto y así poder amarrar el material al utillaje de la familia de Punto Cero.

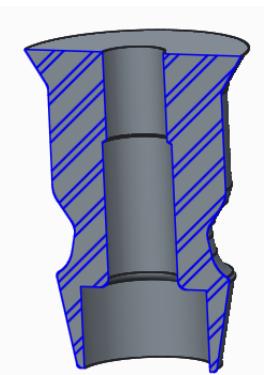


Figura 4.11. Sección de la boquilla extraíble.

4.2.2 Fuerza de inserción.

Para proceder al diseño del utillaje, se parte de un esquema ilustrativo de los esfuerzos a los que se someterá el utillaje durante la mecanización de las piezas.

Tomando como ejemplo el utillaje anclado sobre la mesa de trabajo de la máquina-herramienta, sobre el utillaje se posicionará el macizo de material bruto que se quiere mecanizar.

Para la resolución de los esfuerzos se considerará el caso más desfavorable durante el mecanizado, dónde se aplica la fuerza de ataque en la esquina lateral superior generando el mayor momento sobre el punto máximo de vuelco, y, así garantizar la sujeción de la pieza en cualquier otra posición de ataque.

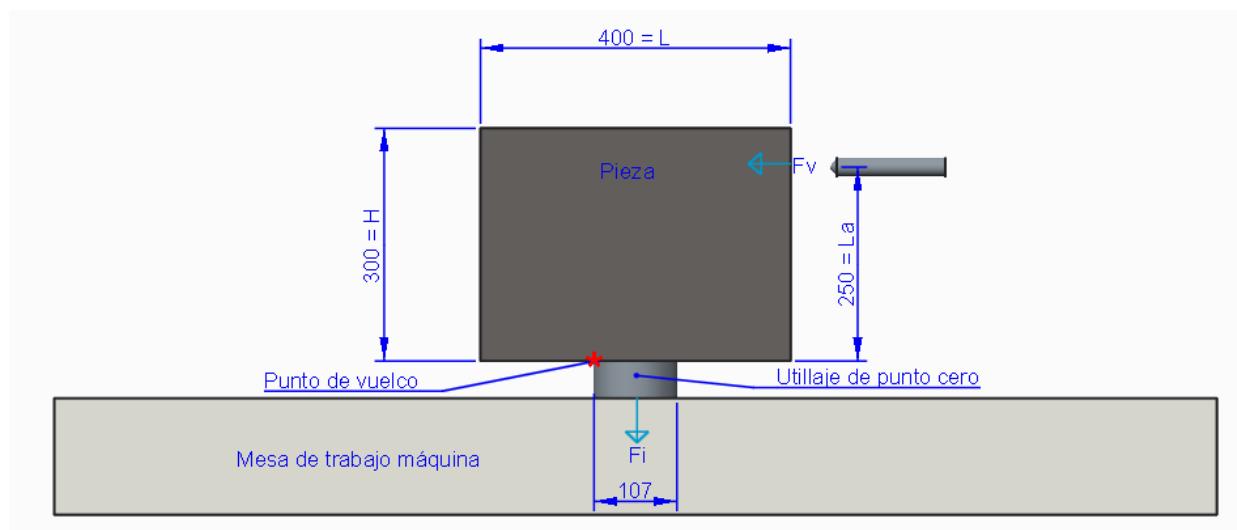


Figura 4.12. Esquema de trabajo utillaje.

Tabla 4.1. Datos material base, acero.

DATOS MATERIAL BASE						
H (m)	L (m)	P (m)	V (m ³)	ρ (N/m ³)	Peso (N)	Peso (kg)
0,30	0,40	0,40	0,05	78500	3768	376,8



Tabla 4.2. Datos esquema.

DATOS			
F _v (N)	F _i (N)	L _A (m)	Ø utilaje (m)
4000	3768,0	0,25	0,107

A partir de las tablas anteriores podemos obtener los esfuerzos soportados por el utillaje:

- Momento máximo de vuelco:

$$M_v = F_v \cdot L_a$$

$$M_v = 4000 \text{ N} \cdot 0,25 \text{ m} = 1000 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Para garantizar el agarre del utillaje sobre la bancada de la máquina de la pieza durante la mecanización, ha de cumplirse que M_i sea mayor a M_v , por tanto establecemos un coeficiente de seguridad de 2 para garantizar el enclavamiento:

$$M_i = M_v \cdot C_s$$

$$M_i = 1000 \text{ Nm} \cdot 2 = 2000 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Calculamos la fuerza de inserción mínima que ha de aguantar el utillaje en función del diámetro y el peso del material en bruto:

$$F_i = \frac{M_i}{\frac{\varnothing_{utilaje}}{2}} - \text{Peso material}$$

$$F_i = \frac{2000 \text{ Nm}}{\frac{0,107 \text{ m}}{2}} - 3768 \text{ N} = 33615 \text{ N}$$

Dónde:

- L: Longitud del material bruto.
- H: Altura del material bruto.
- P: Profundidad del material bruto.

- La: Altura de ataque mecanizado.
- Fv: Fuerza de ataque mecanizado, de la máquina sobre la pieza.
- Fi: Fuerza inserción del utilaje.
- Mv: Momento máximo generado por la fuerza de ataque.
- Mi: Momento generado por la fuerza de inserción respecto el punto de vuelco.

4.2.3 Dimensionado de los muelles internos.

Para el diseño del utilaje se usan resortes de compresión, de sección redonda y paso uniforme. Para conseguir un buen apoyo y funcionamiento correcto, los extremos del resorte han de presentar superficies de apoyo planas y perpendiculares, por este motivo, se usarán muelles de extremo simple y rectificado.

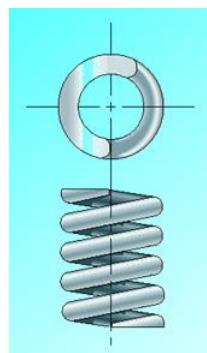


Figura 4.13. Muelle de extremo simple y rectificado.

Para el diseño del utilaje se determinan 12 muelles alojados en el interior de este, entre la tapa superior y la parte central móvil, capaces de generar la tracción repartida uniformemente sobre el pistón interior móvil para el movimiento lineal descendente asentando el pistón sobre la cara interior de la tapa inferior, de esta forma se garantiza el bloqueo de la boquilla durante el mecanizado.

Para determinar las dimensiones de los muelles, los datos de partida son:

- Diámetro exterior utilaje: 107 mm
- Diámetro interior - parte móvil: 77 mm

Tabla 4.3. Datos muelles Vanel.

Referencia	Ext. Diálm. [mm]	Dif. Ext. Diálm. [mm]	L. Libre [mm]	Dif. L. Libre [mm]	Ind. rigidez [N/mm]	Dif. ind. rigidez [N/mm]	Diálm hilo [mm]	longitud permitida	Pandeo longitud [mm]	Relevancia	Código tarifa
C.120.225.0250.AP	12.000	0.000	25.000	1.000	52.7664	2.7660	2.2500	19.070	sin riesgo	97.7	4I
C.124.235.0250.I	12.400	0.400	25.000	1.000	47.7990	2.2010	2.3500	20.440	sin riesgo	97.0	4J
C.135.250.0250.A	13.500	1.500	25.000	1.000	50.0000	0.0000	2.5000	23.180	sin riesgo	96.2	4I
C.110.200.0250.A	11.000	1.000	25.000	1.000	48.7700	1.2300	2.0000	19.670	sin riesgo	96.1	4J
C.130.240.0230.I	13.000	1.000	23.000	1.000	47.7931	2.2070	2.4000	19.810	sin riesgo	95.8	4J
C.124.235.0250.A	12.400	0.400	25.000	1.000	55.6520	5.6520	2.3500	20.440	sin riesgo	95.7	4H
C.123.230.0220.I	12.300	0.300	22.000	2.000	47.0000	3.0000	2.3000	19.230	sin riesgo	95.5	4J
C.123.230.0220.A	12.300	0.300	22.000	2.000	54.0230	4.0230	2.3000	19.490	sin riesgo	95.3	4H
C.120.220.0224.A	12.000	0.000	22.400	1.600	44.4841	5.5160	2.2000	19.660	sin riesgo	95.1	4H
C.120.230.0270.A	12.000	0.000	27.000	3.000	45.9362	4.0640	2.3000	23.370	sin riesgo	95.0	4H

Para el diseño de los muelles internos, se escogen muelles a compresión del fabricante Vanel, a continuación se definen los diferentes parámetros de los resortes de compresión, así como los valores definidos para el diseño del utillaje:

- Diámetro exterior, dimensión de la superficie cilíndrica envolvente exterior del resorte:

$$D_e = 12 \text{ mm}$$

- Diámetro del alambre:

$$d = 2,25 \text{ mm}$$

- Diámetro medio, es el diámetro exterior menos el diámetro del alambre:

$$D = D_e - d = 12 \text{ mm} - 2,25 \text{ mm}$$

$$D = 9,75 \text{ mm}$$

- Longitud libre, es la longitud total medida en paralelo al eje cuando el resorte esta libre o sin carga:

$$L_o = 25 \text{ mm}$$

El número de espiras se define como el número de vueltas del alambre. Se distingue entre el número de espiras totales, N_t , y el número de espiras activas, N_a . La diferencia entre N_t y N_a es igual al número de espiras inactivas, que son las espiras en los extremos.

- Espiras activas, N_a :

$$N_a = 5$$

- Espiras en extremos, debido a que los resortes utilizados son de extremos simples y rectificados:

$$N_e = 1$$

- Longitud sólida, es la longitud del resorte cuando este está cargado con la fuerza suficiente como para cerrar todas sus espiras:

$$L_s = d \cdot N_t$$

$$L_s = 2 \cdot 6$$

- Para el alojamiento de los muelles se recomienda dar una holgura diametral, DE, inicial de una décima del diámetro del alambre de los resortes de diámetro 12 mm o mayor:

Teniendo en cuenta que el índice de rigidez de cada muelle es de 52,7664 N/mm, podemos calcular el índice de rigidez total aportado por el conjunto de los 12 muelles:

$$52,7664 \frac{N}{mm} \times 12 = 633,1968 \frac{N}{mm}$$

A partir de la constante de rigidez total, se procede al cálculo de la presión de liberación de la boquilla extraíble.

$$K = \frac{\Delta F}{\Delta X} \rightarrow \Delta F = K \cdot \Delta X$$

$$\Delta F = 633,197 \frac{N}{mm} \cdot 19,07 mm = 12075,067 N$$

Entonces:

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = \frac{12075,067 N}{4656,63 mm^2} = 2,593 \frac{N}{mm^2} = 2,593 MPa = 25,93 bar \approx 26 bar$$

Por tanto la presión hidráulica que se deberá aplicar para garantizar la compresión de los resortes y así desbloquear la boquilla extraíble, será como mínimo de 26 bares.

4.2.4 *Acabados superficiales*

Respecto a las características de los acabados superficiales que se establecen en los planos de diseño, a continuación se describe la justificación referente a la rugosidad superficial de las piezas y a las tolerancias.

- **Rugosidad superficial**

Se establecen dos tipos de rugosidad superficial principales para el diseño de las piezas:

$R_a = 0.8$ para todas superficies de movimiento.

$R_a = 0.8 - 1.6$ para todas las superficies estáticas.

Las principales superficies de movimiento se establecen:

- Entre la cara externa de la boquilla extraíble y el agujero central de la tapa superior.
- Entre las bolas y las pistas de deslizamiento de la tapa superior e inferior.
- Entre el pistón interior móvil (alojamiento de muelles) y la cara interna de la tapa inferior, y la cara externa del alojamiento inferior de bolas.

Por lo general todas las demás caras se consideran estáticas.

- **Tolerancias**

Las tolerancias dimensionales para la fabricación de las piezas indicadas en los planos de diseño se establecen entre:

- La boquilla extraíble (g5) y la tapa superior (H6).
- Pistón móvil interior (g5) y la tapa inferior (H6).
- Pistón móvil interior (g5) y el alojamiento de bolas inferior (H6).
- Tapa inferior (H6) y alojamiento de bolas inferior (j6).
- Alojamiento de muelles (H10) y los muelles.
- Pistas de deslizamiento de las bolas (H6) con las bolas.



4.2.5 *Elección del material.*

La elección del material de será un factor importante para el diseño del utillaje, para una buena elección del material tendremos en cuenta algunos condicionantes como el entorno físico que afectará a éste y esfuerzos.

- Entorno físico que afectará al diseño del utillaje

Temperaturas:

Podemos establecer que el rango de temperatura que podrán afectar al diseño del utillaje oscilará entre una temperatura mínima de cinco grados y una máxima de cuarenta en los casos más desfavorables.

Suciedad:

El utillaje está diseñado con la finalidad de poder mecanizar piezas a partir de material en bruto en máquinas-herramienta. Durante el mecanizado siempre existirá suciedad debido al contacto con el líquido refrigerante de la máquina-herramienta que arrastrará partículas y restos de otros materiales.

Esfuerzos de mecanizado:

Durante la colocación del material en bruto en el utillaje, y durante la mecanización de las piezas existirán esfuerzos de tracción y compresión, a su vez que por contacto del utillaje con las piezas desgaste por rozamiento. En caso extremo, accidente, también puede existir colisión del utillaje con las piezas.

Teniendo en cuenta el conjunto de factores anteriores podemos concluir que el material de fabricación para el utillaje ha de ser un material resistente al desgaste, con elevada dureza y a su vez resistente a la oxidación por el contacto con productos químicos tales como líquidos refrigerantes para la mecanización y aceites.

Se determina que la tapa superior e inferior exteriores y el alojamiento inferior de las bolas se fabricarán con un acero inoxidable endurecido de tipo M333 del fabricante de aceros Böhler.

Para la pieza móvil interior se determina cambiar de material para evitar posibles gripajes por rozamiento entre las tapas exteriores y ésta. Se utilizará un bronce al estaño tipo B12 Cinta Morada del fabricante BRONCESVAL.

A continuación se muestran las propiedades de los distintos materiales empleados:

▪ **Acero M333 ISOPLAST**

El acero M333 ISOPLAST de Böhler es el equivalente al EN 1.2085.

Este tipo de acero se caracteriza por una excelente maquinabilidad, alto grado de pureza, acero de calidad uniforme y unas propiedades homogéneas del material.

En la siguiente tabla se muestran las características generales del acero, siendo las puntuación de 1 a 3.

Tabla 4.4. Características generales M333 ISOPLAST.

Características generales						
Marca Böhler	Resistencia a la corrosión	Resistencia al desgaste	Tenacidad	Pulibilidad	Maquinabilidad	Dureza
ISOPLAST M333	**	**	***	***	***	Max. 220 HB

En la siguiente tabla se muestra la composición química en porcentaje del material:

Tabla 4.5. Composición química M333 ISOPLAST.

Composición química (%)				
C	Si	Mn	Cr	Otros
0,28	0,3	0,3	13,5	+N

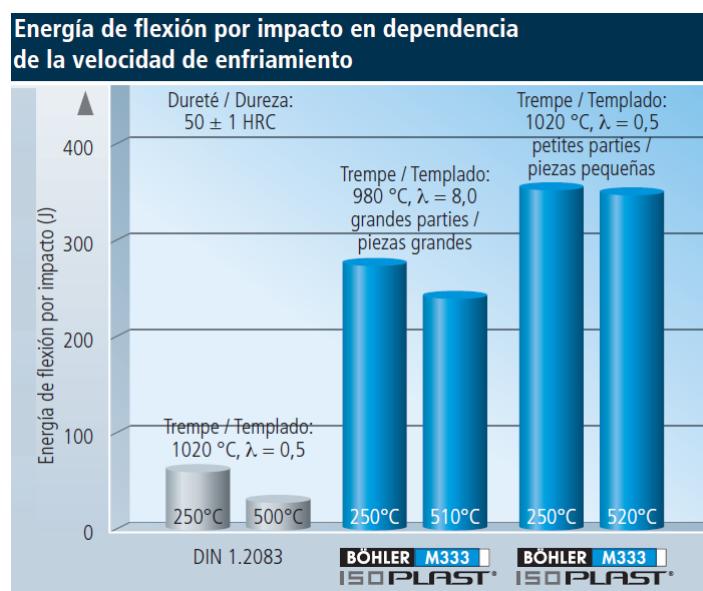


Figura 4.14. Gráfico energía de flexión por impacto de M333 ISOPLAST. (acerosbohler.com)

Otras características importantes a tratar son los tratamientos térmicos a los que puede someterse el material:

Recocido blando:

- 730 - 780 °C / Enfriamiento en el horno.
- Dureza máxima después del recocido: 220 HB.

Eliminación de tensiones:

- Aproximadamente 650 °C.
- Despues del calentamiento integral mantener a temperatura 1 a 2 horas en atmósfera neutra.
- Enfriamiento lento en el horno.

Templado:

- 980 a 1020 °C.
- Se recomienda 980 °C en forma duradera para moldes grandes (espesor relevante > 80 mm y vacío enfriamiento con N₂).
- Tiempo de mantenimiento después del calentamiento integral: 30 minutos.

Revenido:

- El revenido debe realizarse inmediatamente después del temple. Se recomienda revenir al menos dos veces.
- Tiempo de mantenimiento en el horno: 1 hora por cada 20 mm de grosor de material pero en ningún caso menos de dos horas.

Microestructura en estado de recocido:

- Ferrita + carburo.

Microestructura en estado de revenido:

- Martensita + carburo

Tratamiento térmico y material de partida:

- El revenido a bajas temperaturas da como resultado la mejor combinación de tenacidad, dureza y resistencia a la corrosión. El mejor estado de tensión interna se obtiene por medio del revenido a temperaturas más elevadas. Esto es importante sobre todo cuando al tratamiento térmico le sigue un mecanizado por electroerosión o un tratamiento de superficie. Para alcanzar la combinación optima de todas las propiedades del material es recomendable utilizar material de partida con medidas que sean lo más próximas posible a las definitivas.

Resistencia a la corrosión:

En la siguiente figura se muestra una comparativa de resistencia a la corrosión del acero M333 con otros aceros al cromo al 13%.

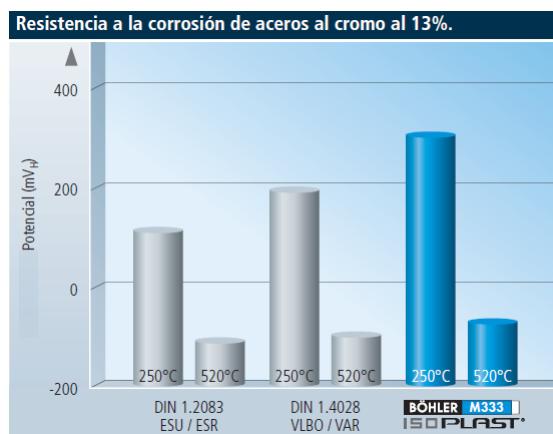


Figura 4.15. Resistencia a la corrosión de aceros al cromo al 13%. (acerosbohler.com)

Debido a las buenas propiedades que ofrece el M333 frente a la corrosión frente otros aceros inoxidables, el mantenimiento del utilaje será menor y a su vez ofrecerá una durabilidad mayor. A continuación observamos una figura comparativa de ensayos con niebla salina según DIN 50021.

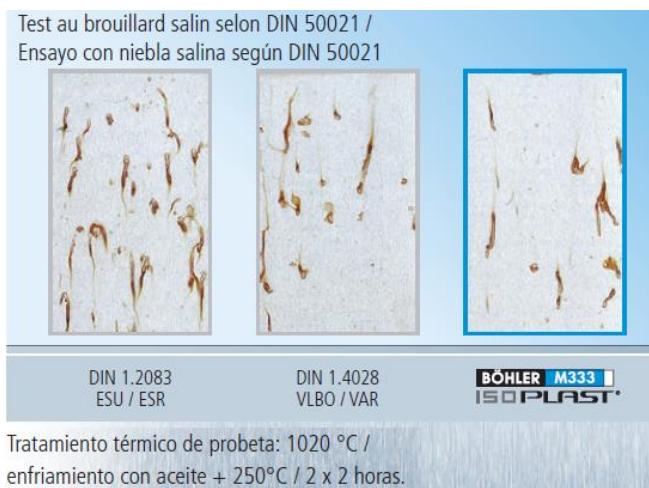


Figura 4.16. Resistencia a la corrosión de aceros al cromo al 13%. (acerosbohler.com)

A continuación añaden tablas orientativas para el mecanizado del M333, sea torneado, fresado o taladrado. Se recomienda diferentes velocidades de corte V_c en m/min, en función del avance, profundidad de corte o diámetro de broca y el tipo plaquitas utilizadas.



Tabla 4.6. Parámetros recomendados en función de la mecanización. (acerosbohler.com)

Drehen / Torneado			
Profondeur de coupe / Profundidad de corte (mm)	8 – 4	4 – 1	1 – 0,5
Avance / Avance (mm/rev.)	0,8 – 0,4	0,4 – 0,25)	0,25 – 0,1
Vitesse de coupe / Velocidad de corte v_c m/min			
BOEHLERIT LC 225 C / ISO HC-P25	110 – 150	150 – 200	190 – 300
BOEHLERIT LC 235 / ISO HC-P53	90 – 130	130 – 180	170 – 280
Fraisage / Fresado			
Avance (mm/dent.) / Avance (mm/diente)	0,5 – 0,36	0,35 – 0,16	0,15 – 0,08
Vitesse de coupe / Velocidad de corte v_c m/min			
BOEHLERIT LW 225 / ISO HW-P25	60 – 100	70 – 110	80 – 120
BOEHLERIT LC 225 M / ISO HC-P25	80 – 120	100 – 150	140 – 190
BOEHLERIT LC 230 F / ISO HC-P30	70 – 100	80 – 130	120 – 170
Perçage / Taladrado			
Diamètre de la perceuse / Diámetro de broca (mm)	3 – 20	20 – 54	
	A carbure métallique / Herramienta de metal duro y macizo	Plaquettes amovibles / Plaquitas cortantes reversibles	
Avance / Avance (mm/rev.)	0,15 – 0,25	0,05 – 0,20	
Vitesse de coupe / Velocidad de corte v_c m/min			
Fette LC 640S/ISO HC-K40	50 – 100	50 – 100	
BOEHLERIT R 331 / ISO HC-P30	150 – 200	150 – 200	
BOEHLERIT SB 40 / ISO HW-P40	100 – 140	100 – 140	

El último parámetro importante para la elección del acero es garantizar que haya suministro en el formato y tamaño deseado, comprobamos que la fabricación con este tipo de hacer es viable.

Tabla 4.7. Gama de medidas de suministro. (acerosbohler.com)

GAMA TOTAL DE MEDIDAS							
Marca BÖHLER	EN /DIN	<input type="radio"/> Barra redonda mm	<input type="checkbox"/> Barra cuadrada mm	<input type="checkbox"/> Barra rectangular anchos/espesores mm	Espesor mm	<input type="checkbox"/> Chapa Ancho mm	Largo mm
BÖHLER M333 ISOPLAST®	*	1-300	10-410	15-603/4,5-303	0.80-90	2000	6000

A su vez, el fabricante garantiza que las piezas fabricadas con este acero tendrán diferentes propiedades, tales:

- Elevada resistencia al desgaste.
- Óptima resistencia a la corrosión.
- Óptima conductividad térmica.
- Excelentes propiedades de dureza y tenacidad.
- Resistencia a la compresión.

▪ **B12 Cinta Morada**

El B12 Cinta Morada es un bronce de alta resistencia al desgaste especial para la fabricación de coronas para reductores y ascensores, ruedas dentadas así como tuercas sometidas a grandes esfuerzos, cojinetes y casquillería con buenas características de rozamiento y resistente a las fuertes presiones y choques. Resistente a la corrosión.

A continuación se muestra la tabla con las diferentes propiedades de este bronce:

Tabla 4.8. Propiedades del B12 Cinta Morada. (broncesval.com)

CALIDAD	COMPOSICIÓN	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Kg/mm ²	ALARGAMIENTO %	DUREZA-BRINELL Kg/mm ²	COEFICIENTE DE DILATACIÓN POR C (21-204 C %)
B-12 cinta morada	Cu. 88% Sn. 12%	27-33	8-10	95-115	18.5×10^{-6}
CONDUCTIBILIDAD ELÉCTRICA IACS A 20 C%	CONDUCTIBILIDAD TÉRMICA A 20 Cº Cal/cmxsx C	MÓDULO DE ELASTICIDAD (Kg/mm ²)	ELASTICIDAD (Kg/mm ²)	CONTRACCIÓN LINEAL %	PESO ESPECÍFICO a 20C
9	0.13	8.000-8800	12		8.60-8.80



5 ESTUDIO ECONÓMICO

5.1 Mediciones

En este apartado se procede a realizar el conjunto de las mediciones necesarias en componentes, ingeniería de diseño, y tiempos (aproximados) de mecanización para poder fabricar el utillaje y con el fin de poder realizar un presupuesto para analizar los costes de fabricación de la herramienta.

Las mediciones de la máquina se han hecho a partir de dos capítulos diferentes y las respectivas partidas de cada capítulo.

5.1.1 CAPÍTULO 1: *Coste de fabricación de la herramienta*

Para determinar este capítulo, se realizarán las mediciones de las siguientes partidas:

- Medición total de operaciones.
- Medición de materiales.

- Medición total de operaciones

Para el coste total de operaciones en la siguiente tabla se recogen los tiempos importantes, en base a diferentes aspectos, separados por tiempos de mecanizado, equivalentes a los tiempos de uso de maquinaria, y tiempos totales igual a la suma de los manuales y de mecanizado, en minutos.

Tabla 5.1. *Tiempos reales por pieza.*

TIEMPOS REALES POR PIEZA		
PIEZA	Tiempos de mecanizado (min)	Tiempos totales (manuales y mecanizado) (min)
Boquilla	2,5	20
Tapa superior	5	40
Tapa inferior	5	40
Alojamiento de muelles móvil	5	40
Alojamiento bolas inferior	2,2	20
Montaje y ensamblado	-	60
TOTAL	19,7	220

- Medición de materiales

Para el coste del material se dividirá la partida en dos subconjuntos, por un lado los componentes de compra directa y los componentes fabricados a partir de la compra de material en bruto.

Tabla 5.2. *Medición componentes comprados.*

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Tornillo DIN 912 - M6x25	u	8
Tornillo DIN 912 - M8x45	u	1
Junta tórica DIN 3771 - 2 mm	u	1
Muelles	u	12
Anillo de apoyo DIN 3771	u	1
Junta tórica DIN 3771 - 2.4 mm	u	1
Junta tórica DIN 3771 - 4 mm	u	1
Anillo de apoyo DIN 3771	u	2
Bolas AISI 52100	u	7
Junta tórica DIN 3771 - 2 mm	u	1
Racor neumático SO11 - 1/8"	u	1

Tabla 5.3. Medición componentes fabricados.

PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	LONGITUD (m)	PESO (kg/m)	PESO TOTAL (kg)
Boquilla	Barra redonda 30 mm	1	0,1	5,5	0,55
Tapa superior	Barra redonda 120 mm	1	0,1	88,8	8,88
Tapa inferior	Barra redonda 120 mm	1	0,1	88,8	8,88
Alojamiento de muelles móvil	Barra redonda 80 mm	1	0,1	44,7	4,47
Alojamiento bolas inferior	Barra redonda 35 mm	1	0,1	7,6	0,76

5.1.2 CAPÍTULO 2: Coste total del diseño

Para determinar éste capítulo se realizará la medición de las horas estipuladas a la elaboración del PFC por un estudiante de ingeniería, correspondientes al diseño, justificación de cálculos y modelado en 3D del utillaje.

Tabla 5.4. Medición ingeniería.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Proyectista	h	450



5.2 Presupuesto

Para efectuar la valoración y cálculo presupuestario se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

El coste total para la elaboración del utillaje resulta la suma de los siguientes capítulos:

- CAPÍTULO 1: Coste total de la fabricación de la herramienta (CT fab).
- CAPÍTULO 2: Coste total del diseño (CT diseño).

$$C_T = C_{T \text{ fab}} + C_{T \text{ diseño}}$$

Para determinar cada capítulo del coste total, se ha de evaluar cada uno por separado y calcular los costes que influyen en éste en las diferentes partidas, y en cada concepto de cada partida.

5.2.1 CAPÍTULO 1: Coste de fabricación de la herramienta

El coste total de fabricación se obtiene de la suma de las diferentes partidas:

- El coste total de operaciones (C_{TOP}).
- El coste del material (C_{MAT}).

$$C_{T \text{ FAB}} = C_{TOP} + C_{MAT}$$

En cada partida se tendrán en cuenta los diferentes conceptos para la suma del presupuesto.

- Coste total de operaciones

El coste total de operaciones se desglosa en los dos conceptos siguientes:

1. Coste de total de maquinaria.
2. Costes de mano de obra.

$$C_{TOP} = C_{MAQ} + C_{MAN}$$

1. Coste total de maquinaria:

El coste total de maquinaria se puede separar en función de si se utiliza el torno o la fresadora para la mecanización de las piezas. Los precios de maquinaria incluyen los costes de herramienta, incluyendo plaquitas para cilindrado, refrentado, mandrinado... para realizar las operaciones básicas, y la mano de obra del operario durante la mecanización. Se obtienen de multiplicar las horas que está en funcionamiento por el precio estipulado por horas.

- Precio funcionamiento de Torno: 30 €/h
- Precio funcionamiento Fresa: 60 €/h

2. Coste de mano de obra

El coste de mano de obra se calcula a partir las horas totales manuales que el operario necesita para la preparación de las piezas en la maquinaria, y posteriormente el montaje y ensamblaje del utilaje.

Se considera salario operario: 28 €/h

■ Coste del material

El coste del material se puede separar en dos grupos, por un lado los componentes de compra directa ya fabricados, y por otro la compra de materiales en bruto para la fabricación de componentes.

La compra de materiales en bruto se pagará por los kilogramos de material solicitado.

En nuestro caso para los materiales en bruto comprados se estima los siguientes precios:

- M333 ISOPLAST: 15 €/kg
- B12 Cinta Morada: 17 €/kg



Considerando que el pedido del material en bruto siempre es mayor que la pieza a elaborar, puede que haya bastante material sobrante. Con este material puede optarse por diferentes cosas:

- Repetición de alguna de las piezas en caso de error durante la fabricación de la misma, considerando que es la primera vez que se fabrica.
- Guardar el material para realizar diferentes útiles para el taller en la prosperidad.
- Vender el material bruto sobrante como chatarra, y así recuperar parte de la inversión.

5.2.2 CAPÍTULO 2: *Coste total del diseño*

- Justificación de cálculos y modelado

Este coste podría estar cubierto por las horas dedicadas de un estudiante durante la elaboración del proyecto. Sabiendo que las horas totales estipuladas para el PFC son de 450h.

En base al salario estipulado para un estudiante de ingeniería, el coste por hora trabajada ascendería a 4 €. Salario becario: 4 €/h.

5.2.3 Costes totales

A continuación se muestran los cálculos obtenidos de los costes totales por capítulos y partidas respectivos:

- CAPÍTULO 1: Coste de fabricación de la herramienta

Tabla 5.5. Coste total de maquinaria.

COSTES DE MÁQUINA				
Máquina	Unidad	Cantidad	Precio/u (€)	COSTE (€)
Torno convencional	h	0,24	30	7,20
Fresadora convencional	h	0,1	60	6,00
				TOTAL 13,20

Tabla 5.6. Coste total mano de obra.

COSTE DE MANO DE OBRA				
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio/u (€)	COSTE (€)
Operario	h	3,34	30	100,15
				TOTAL 100,15

Ascendiendo el coste total de operaciones a: 113,35 €

Tabla 5.6. Coste del material.

COSTES DE MATERIAL				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio/u (€)	COSTE (€)
Tornillo DIN 912 - M6x25	u	8	0,09	0,72
Tornillo DIN 912 - M8x45	u	1	0,25	0,25
Junta tórica DIN 3771 - 2 mm	u	1	0,79	0,79
Muelles	u	12	4,42	53,04
Anillo de apoyo DIN 3771	u	1	0,10	0,10
Junta tórica DIN 3771 - 2.4 mm	u	1	0,79	0,79
Junta tórica DIN 3771 - 4 mm	u	1	0,79	0,79

Anillo de apoyo DIN 3771	u	2	0,10	0,20
Bolas AISI 52100	u	7	0,78	5,46
Junta tórica DIN 3771 - 2 mm	u	1	0,79	0,79
Racor neumático SO11 - 1/8"	u	1	2,01	2,01
Barra redonda M333 ISOPLAST 30 mm	kg	0,6	15,00	8,32
Barra redonda M333 ISOPLAST 120 mm	kg	9	15,00	133,17
Barra redonda M333 ISOPLAST 120 mm	kg	9	15,00	133,17
Barra redonda B12 Cinta Morada 80 mm	kg	4,5	17,00	75,97
Barra redonda M333 ISOPLAST 35 mm	kg	0,8	15,00	11,33
TOTAL				426,90

Ascendiendo el coste total de material a: 426,90 €

- CAPÍTULO 2: Coste total del diseño

Tabla 5.7. *Diseño, justificación de cálculos y modelado en 3D.*

COSTE DE DISEÑO				
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio/u (€)	COSTE (€)
Ingeniería	h	450	4	1800,00
		TOTAL		1800,00

Ascendiendo el coste total de cálculos y modelado a: 1800,00 €



5.2.4 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

CAPÍTULO	RESUMEN	EUROS
1	COSTE DE FABRICACIÓN DE LA HERRAMIENTA	540,25
2	COSTE TOTAL DE DISEÑO	1800,00
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	2340,25
	8% Gastos Generales	187,22
	2% Bienes Industriales	93,61
	SUMA DE G.G y B.I.	280,83
	21% I.V.A.	491,45
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	3112,54
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	3112,54

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de TRES MIL CIENTO DOCE CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS DE EURO.

Zaragoza, a 2 de septiembre de 2014

El promotor

La dirección facultativa

5.3 Viabilidad económica

En este apartado se quiere demostrar que aunque la inversión inicial para la compra de un sistema de Punto Cero es bastante elevada en comparación al cambio y sujeción manual de las piezas a mecanizar, anualmente se obtienen unos beneficios en forma de ahorro en mano de obra de cara a la empresa.

Para el cálculo de los ahorros que supone el uso de un Sistema de Punto Cero, primeramente estableceremos algunos de los factores más importantes durante un proceso de mecanizado, como ejemplo:

- Coste de maquinaria
- Número de mecanizaciones por turno de operario
- Tiempo medio de preparación por proceso de mecanizado
- Ahorros anuales por turno

Determinamos turnos de 8 horas y 250 días de trabajo anuales.

5.3.1 Ejemplo sin Sistema de Punto Cero

- Costes de maquinaria: $100 \frac{\text{€}}{\text{h}}$
- Número de mecanizaciones por turno de operario: 4
- Tiempo medio de preparación por proceso de mecanizado:

$$t = \frac{25 + 25 + 25 + 25}{4} = 25 \text{ min}$$

- Tiempo de preparación por turno: $25 \text{ min} \cdot 4 = 100 \text{ min} = 1,7 \frac{\text{h}}{\text{turno}}$

- Costes de preparación por turno: $100 \frac{\text{€}}{\text{h}} \cdot 2 \frac{\text{h}}{\text{turno}} = 200 \frac{\text{€}}{\text{turno}}$
- Costes de preparación por turno anuales: $250 \frac{\text{días}}{\text{año}} \cdot 200 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 50000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$



5.3.2 Ejemplo con Sistema de Punto Cero

- Costes de maquinaria: $100 \frac{\text{€}}{\text{h}}$
- Número de mecanizaciones por turno de operario: 4
- Tiempo medio de preparación por proceso de mecanizado:

$$t = \frac{25 + 2 + 2 + 2}{4} = 7,75 \text{ min}$$

- Tiempo de preparación por turno: $7,75 \text{ min} \cdot 4 = 38,75 \text{ min} = 0,65 \frac{\text{h}}{\text{turno}}$
- Costes de preparación por turno: $100 \frac{\text{€}}{\text{h}} \cdot 0,65 \frac{\text{h}}{\text{turno}} = 65 \frac{\text{€}}{\text{turno}}$
- Costes de preparación por turno anuales: $250 \frac{\text{días}}{\text{año}} \cdot 65 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 16250 \frac{\text{€}}{\text{año}}$

Comparando los costes de preparación anuales de 50000 €/año de forma manual, frente a los 16250 €/año con el utillaje de

Ahorro anual por turno: $50000 - 16250 = \mathbf{33750 \text{ €}}$

Teniendo en cuenta que la inversión para la compra de este tipo de utillaje es de 33112,54€, si descontamos la inversión de compra del Sistema:

$33750 - 3112,54 \text{ €} = \mathbf{30637,46 \text{ €}}$

Como podemos comprobar anteriormente queda justificado que aunque el precio de compra del Sistema de Punto Cero es elevado, a lo largo del año hay una rentabilidad traducida en ahorro, que la podremos obtener en forma de dinero produciendo más piezas en menor tiempo.

Mensualmente ahorramos:



$$\frac{33750}{12} = 2812,5 \text{ €}$$

Por tanto amortizaríamos la inversión inicial en:

$$\frac{3112,54}{2812,5} = 1,1 \text{ meses} = 1 \text{ mes y 4 días}$$



6 CONCLUSIONES

En el presente proyecto fin de carrera se especifica la memoria del proyecto, con la introducción a los sistemas de fabricación automáticos y a los utillajes de la familia de Punto Cero, realizando una búsqueda y análisis de patentes sobre este tipo de utillajes y modelos comerciales existentes para poder establecer el diseño propio del mecanismo.

Se ha comparado los sistemas de amarre manuales con los de la familia de Punto Cero concluyendo que son mucho más versátiles, precisos y garantizando repetibilidad entre piezas los de Punto Cero.

Durante el diseño se han buscado las soluciones más apropiadas referentes a dimensiones, ajustes, materiales utilizados y propiedades de trabajo. Para la elaboración del modelaje y diseño en 3D se ha utilizado el software informático ProEngineer, por tal de trasladar la idea representativa y creativa del diseño lo más próximo al prototipo real y a su vez poder establecer todos los planos necesarios para la fabricación del utillaje.

También se realiza una parte de estudio económico desde las mediciones necesarias y el presupuesto aproximado por tal de poder hacer una comparación con los modelos existentes en el mercado observando que el coste del utillaje diseñado se corresponde al abanico de precios existentes pudiendo hacer frente a la competencia, además de ajustarse al presupuesto impuesto por el promotor.

Respecto a la viabilidad económica del proyecto, observamos como este tipo de utillajes parten de un elevado coste de fabricación o compra, pero que si miramos los costes que nos ahorraremos en tiempos preparación y puesta a punto, podemos fabricar muchas más piezas en menor tiempo, traduciendo el ahorro en beneficio económico y amortizando la inversión inicial en poco tiempo.

Cabe destacar que el tema de proyecto se establece acorde con el departamento de Máquinas y Herramientas de la Universidad de Miskolc, realizando la primera parte de pre-diseño/estudio del proyecto, y que se acaban matizando y ampliando algunos apartados del proyecto para la Universidad de Zaragoza.

A nivel personal puedo decir que ha sido un proyecto que me ha enriquecido en una parte o área de conocimiento de técnica como es la de producción y fabricación. Al comenzar el proyecto desconocía sobre los utillajes de la familia de Punto Cero, con lo cual los conocimientos se han obtenido a partir de la búsqueda y análisis, pudiendo llegar a establecer y trasladar las ideas obtenidas, para la creación de un prototipo funcional sobre este tipo de mecanismos.

A su vez, en mi caso personal, solo tenía nociones básicas sobre el uso de herramientas de diseño en 3D, con lo cual la elaboración del proyecto me ha servido para incrementar el nivel de conocimiento, particularmente de ProEngineer.

Como positivo, el hecho de haber realizado el proyecto en otro país y con diferente idioma me ha servido para conocer otra metodología de enseñamiento y a su vez mejorar en algunos aspectos la lengua inglesa, escritura y tecnicismos durante el desarrollo de la memoria y fluidez.

También destacar que debido a que es un tema muy específico y en actual desarrollo, ha sido difícil encontrar información sobre este tipo de utillajes y artículos relacionados.

7 ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Los dos modelos básicos para el análisis de corte de metal. (Marcel Dekker, 1989)

Figura 2.2. Cuerpo “frame”. (Carrlane, 2012)

Figura 2.3. Posicionamiento plano. (Carrlane, 2012)

Figura 2.4. Posicionamiento concéntrico. (Carrlane, 2012)

Figura 2.5. Posicionamiento radial. (Carrlane, 2012)

Figura 2.6. Elementos de sujeción “clamps”. (Carrlane, 2012)

Figura 2.7. Ejemplo de utillaje estándar, plato de garras. (Tormach, 2013)

Figura 2.8. Ejemplo de utillaje dedicado. (Marcel Dekker, 1989)

Figura 2.9. Ejemplo de utillaje flexible. (Marcel Dekker, 1989)

Figura 2.10. Ejemplo de montaje de utillajes a nivel en pallet. (Stark, 2013)

Figura 2.11. Ejemplo de montaje de utillaje sobrepuerto individual sobre bancada. (AMF, 2013)

Figura 2.12. Ejemplo de montaje de utillajes sobrepuertos interconectados sobre bancada. (Stark, 2013)

Figura 3.1. Vista seccionada del utillaje de cambio rápido desbloqueado. (Google patentes, 2004)

Figura 3.2. Vista seccionada del utillaje de cambio rápido bloqueado. (Google patentes, 2004)

Figura 3.3. Vista seccionada del utillaje de cambio rápido. (Google patentes, 1999)

Figura 3.4. Vista seccionada del utillaje de sujeción. (Google patents, 2004)

Figura 3.5. Vista seccionada del utillaje de cambio rápido desbloqueado. (Google patents, 2004)

Figura 3.6. Vista seccionada del utillaje de cambio rápido bloqueado. (Google patents, 2000)

Figura 3.7. Vista seccionada del utillaje de cambio rápido desbloqueado (Google patents, 2000)

Figura 3.8. Sección del modelo speedy classic. (Stark, 2013)

Figura 3.9. Section of Jergens hydraulic model. (Jergens, 2013)

Figura 3.10. Sección del modelo Safe. (Vischer & Bolli, 2013)

Figura 4.1. Utillaje de la familia de Punto Cero.

Figura 4.2. Sección del modelo diseñado de la familia de Punto Cero.

Figura 4.3. Sección de la tapa inferior

Figura 4.4. Sección tapa superior.

Figura 4.5. Vista inferior de la tapa superior.

Figura 4.6. Pistón interior móvil.

Figura 4.7. Sección del pistón interior móvil.

Figura 4.8. Detalle sobre la liberación de las bolas de bloqueo.

Figura 4.9. Sección del alojamiento de bolas inferior.

Figura 4.10. Detalle de la boquilla bloqueada.

Figura 4.11. Sección de la boquilla extraíble.

Figura 4.12. Esquema de trabajo utillaje.

Figura 4.13. Muelle de extremo simple y rectificado.

Figura 4.14. Gráfico energía de flexión por impacto de M333 ISOPLAST. (acerosbohler.com)

Figura 4.15. Resistencia a la corrosión de aceros al cromo al 13%. (acerosbohler.com)

Figura 4.16. Resistencia a la corrosión de aceros al cromo al 13%. (acerosbohler.com)



8 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Características Stark.

Tabla 3.2. Características Jergens.

Tabla 3.3. Características V&B.

Tabla 3.4. Especificaciones técnicas.

Tabla 4.1. Datos material base, acero.

Tabla 4.2. Datos esquema.

Tabla 4.3. Datos muelles Vanel.

Tabla 4.4. Características generales M333 ISOPLAST.

Tabla 4.5. Composición química M333 ISOPLAST.

Tabla 4.6. Parámetros recomendados en función de la mecanización. (acerosbohler.com)

Tabla 4.7. Gama de medidas de suministro. (acerosbohler.com)

Tabla 4.8. Propiedades del B12 Cinta Morada. (broncesval.com)

Tabla 5.1. Tiempos reales por pieza.

Tabla 5.2. Medición componentes comprados.

Tabla 5.3. Medición componentes fabricados.

Tabla 5.4. Medición ingeniería.

Tabla 5.5. Coste total de maquinaria.

Tabla 5.6. Coste total mano de obra.

Tabla 5.6. Coste del material.

Tabla 5.7. Diseño, justificación de cálculos y modelado en 3D.

9 BIBLIOGRAFÍA

- *Tool and Manufacturing Engineers Handbook*. Third edition. Daniel B. Dallas. Mc Graw Hill.
- *Fundamentals of Machining and Machine Tools*. Second edition. Boothroyd G., Knight W.A. Marcel Dekker, 1989.
- *Diseño en Ingeniería Mecánica*. Sexta edición. Joseph E. Sighley, Charles R. Mischke. Ed. Mc. Graw Hill.
- *Ejecución de Procesos Mecanizado, Conformado y Montaje*. Segunda edición. Albert Ginjaume, Felip Torre. Ed. Thomson Paraninfo, 2006.
- *Selección de materiales en el diseño de máquinas*. Carles Riba Romeva. Edición UPC, Politext, 2008.
- <http://www.vb-tools.com/>
- <http://www.vanel.com/>
- <http://www.broncesval.com/>
- <http://www.acerosbohler.com/index.php/>
- <http://www.amf.de/en/home/>
- <http://www.google.com/patents/>
- <http://www.interseal.com/>
- <http://www.carrlane.com/>
- <http://www.tormach.com/>
- <http://www.schunk.com/>
- <http://www.stark.com/>
- <http://www.jergens.com/>
- <http://www.epidor.com/>

Proyecto de Fin de Carrera
Ingeniería Industrial



Nullpoint system parts family design
—
Diseño de un sistema de utilaje de punto cero

VOLUMEN II

PLANOS



Universidad
Zaragoza



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza



ÍNDICE PLANOS

Planos de conjunto

Vista explosionada – Exploded view PW-01-001

Conjunto general – General assembly PW-01-002

Despiece

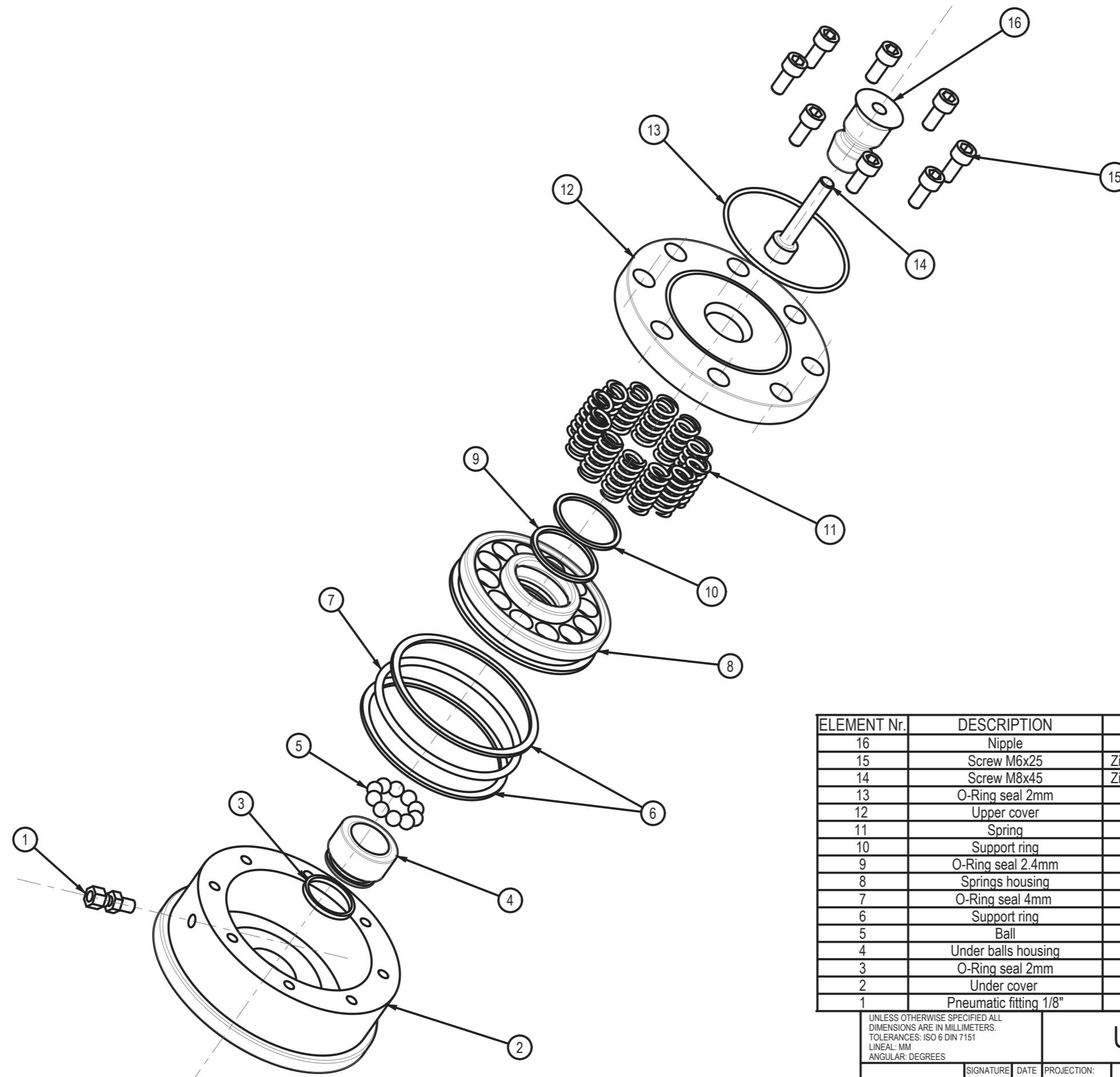
Tapa superior – Top cover PW-02-001

Tapa inferior – Under cover PW-02-002

Pistón móvil interior – Springs housing PW-02-003

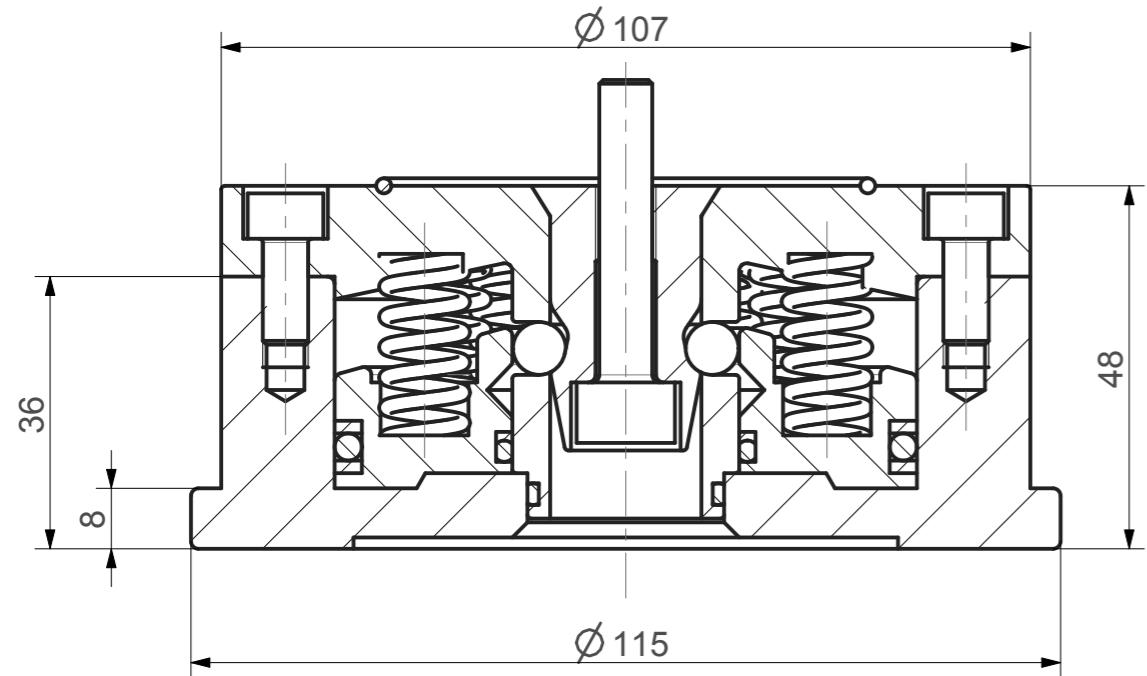
Boquilla extraíble – Nipple PW-02-004

Alojamiento de bolas inferior – Under balls housing PW-02-005

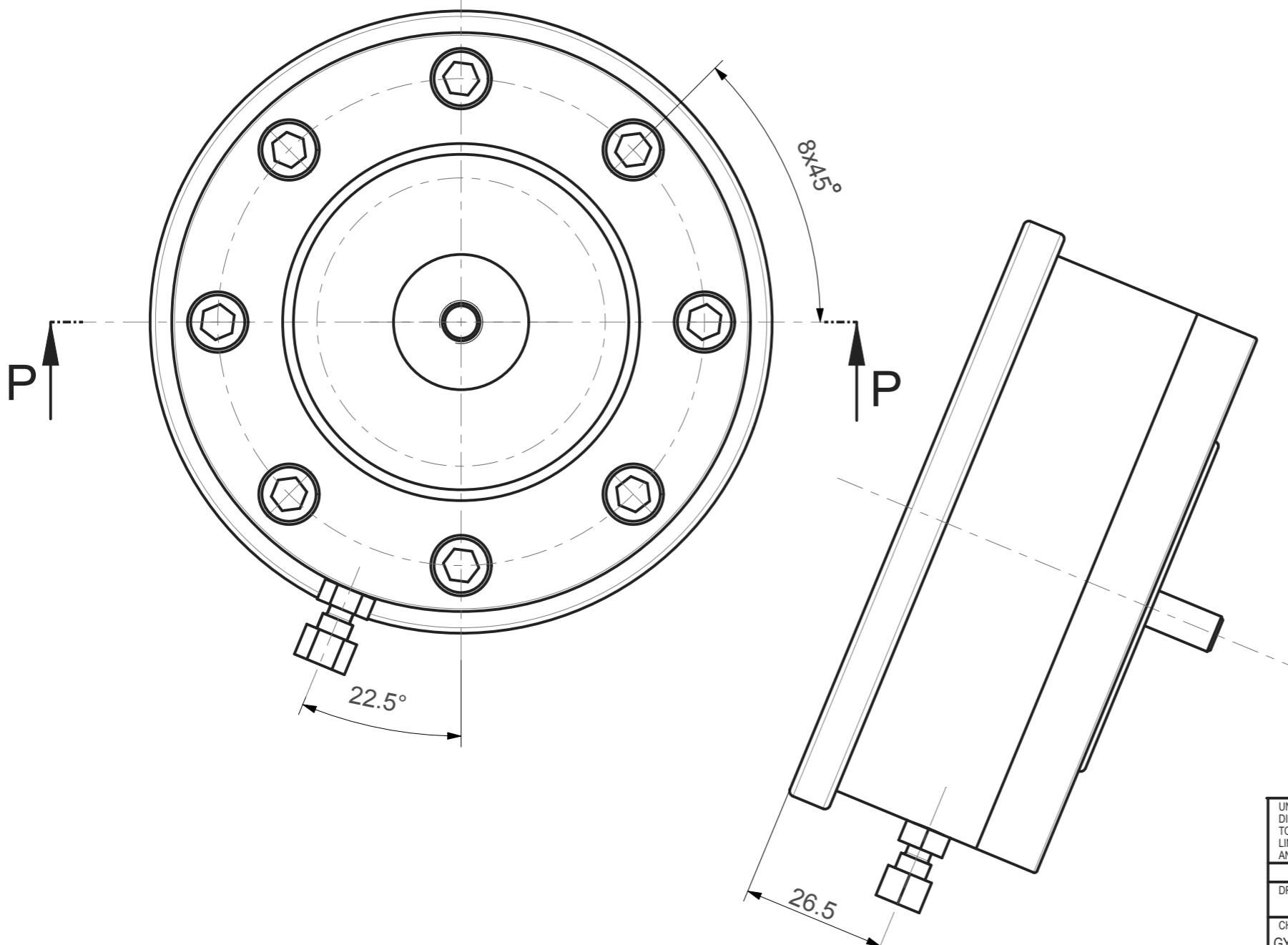
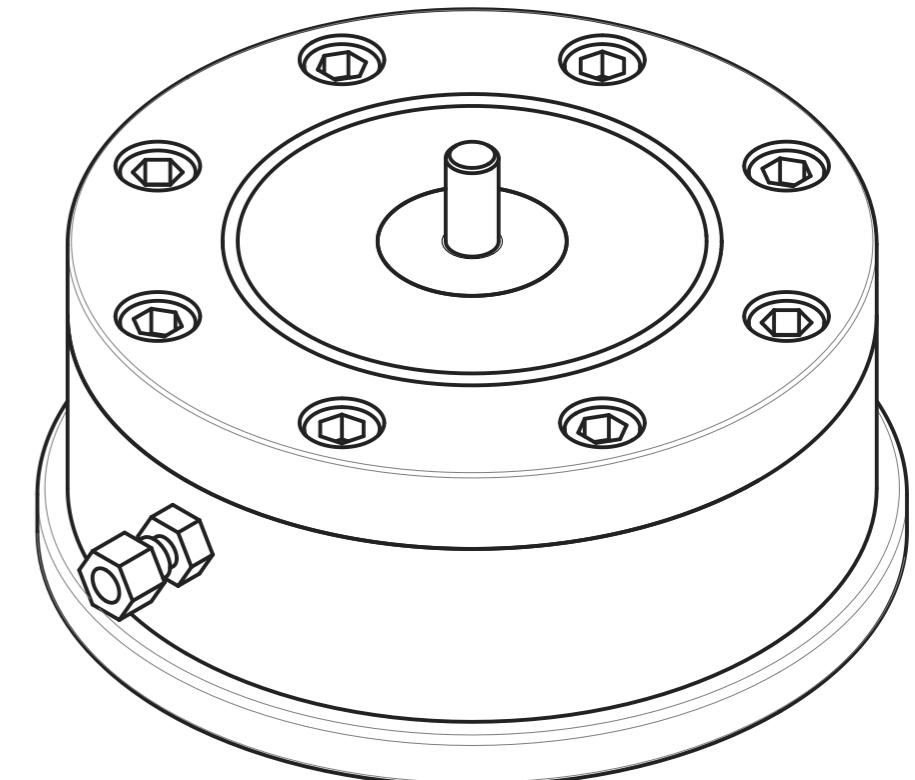


ELEMENT Nr.	DESCRIPTION	MATERIAL	QUANTITY	SHEET Rf.
16	Nipple	AISI 440 B	1	PW-02-004
15	Screw M6x25	Zinc plated carbon steel - Quality 6.8	8	DIN 912
14	Screw M8x45	Zinc plated carbon steel - Quality 6.8	1	DIN 912
13	O-Ring seal 2mm	70 NBR - Rubber	1	DIN 3771
12	Upper cover	AISI 440 B	1	PW-02-001
11	Spring	ASTM A232; SAE 6150	12	-
10	Support ring	PTFE - Teflon	1	DIN 3771
9	O-Ring seal 2.4mm	70 NBR - Rubber	1	DIN 3771
8	Springs housing	AISI 440 B	1	PW-02-003
7	O-Ring seal 4mm	70 NBR - Rubber	1	DIN 3771
6	Support ring	PTFE - Teflon	2	DIN 3771
5	Ball	Carbon steel AISI 1045	7	AISI 52100
4	Under balls housing	AISI 440 B	1	PW-02-005
3	O-Ring seal 2mm	70 NBR - Rubber	1	DIN 3771
2	Under cover	AISI 440 B	1	PW-02-002
1	Pneumatic fitting 1/8"	Galvanized tempered steel	1	SO11

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS. TOLERANCES: ISO 6 DIN 7151 LINEAL: MM ANGULAR: DEGREES			UNIVERSITY OF MISKOLC		
	SIGNATURE	DATE	PROJECTION:	PROJECT:	
DRAWN BY: DAVID ANTÓN		13/12/10	FIRST ANGLE	NULLPOINT SYSTEM PARTS FAMILY DESIGN	
CHECKED BY: GYÖRGY HEGEDUS		13/12/10		MODEL NAME:	
APPROVED BY: GYÖRGY HEGEDUS		13/12/10	SCALE DRAWING: 1:2	EXPLODED VIEW	
SHEET Nr: PW-01-001					
A3					

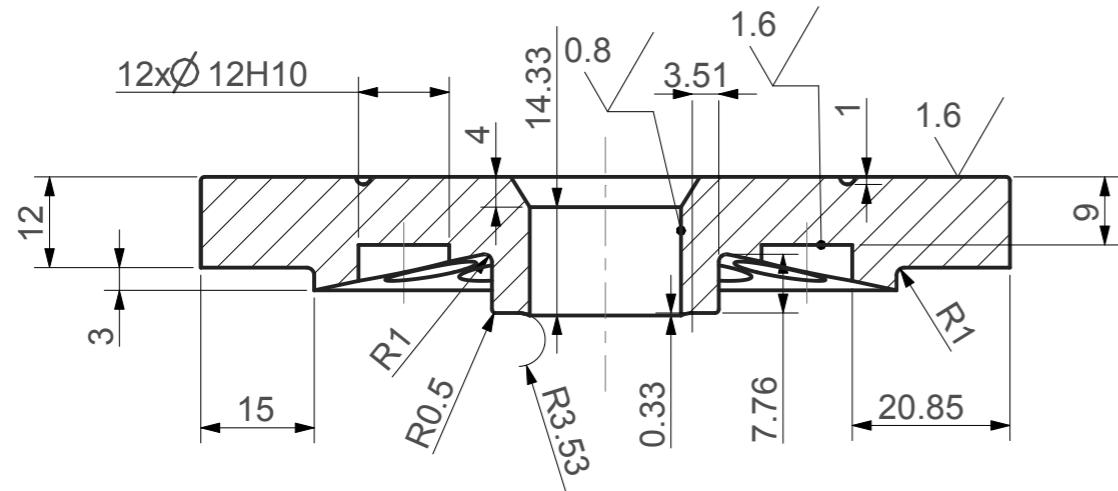


SECTION P-P

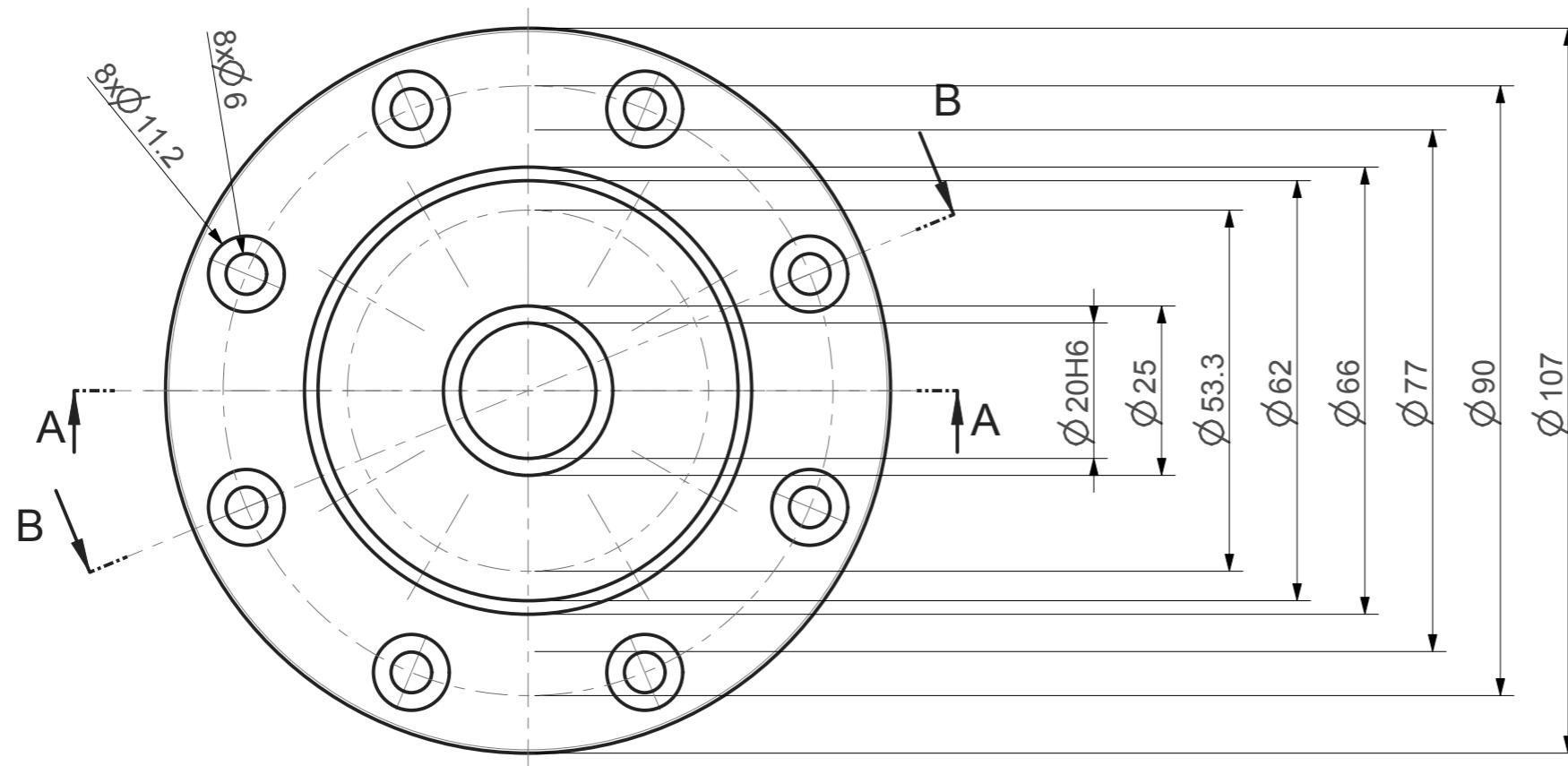


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ALL
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
TOLERANCES: ISO 6 DIN 7151
LINEAL: MM
ANGULAR: DEGREES

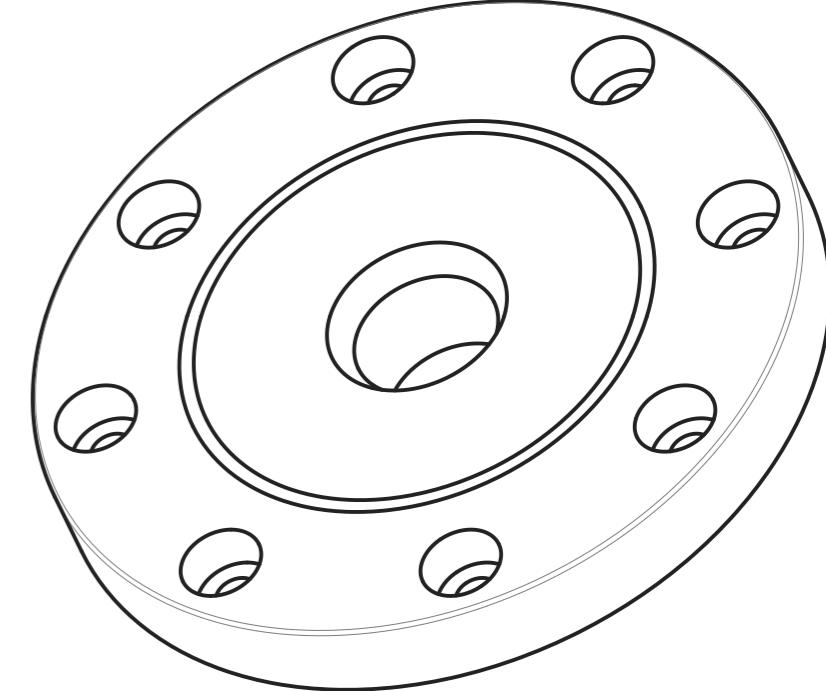
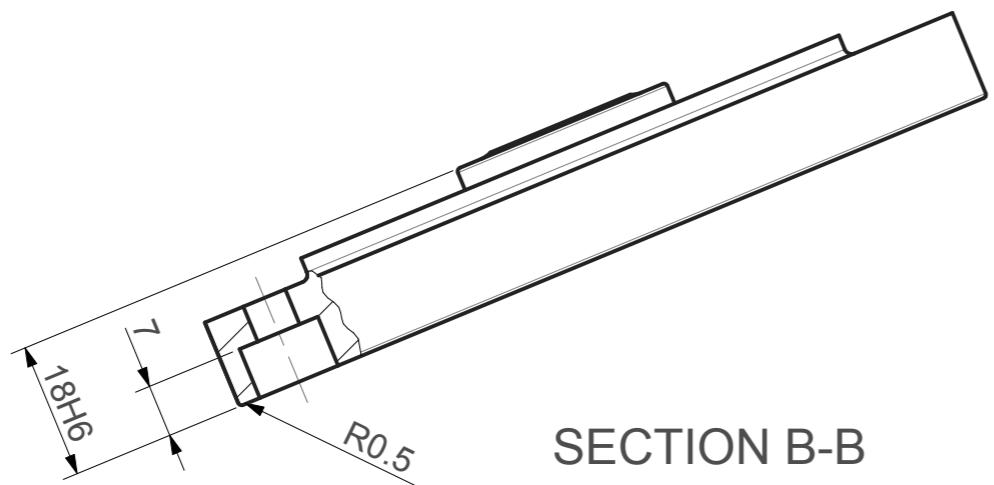
	SIGNATURE	DATE	PROJECTION:	PROJECT:
DRAWN BY: DAVID ANTÓN		13/12/10	FIRST ANGLE	NULLPOINT SYSTEM PARTS FAMILY DESIGN
CHECKED BY: GYÖRGY HEGEDUS		13/12/10		MODEL NAME: GENERAL ASSEMBLY
APPROVED BY: GYÖRGY HEGEDUS		13/12/10	SCALE DRAWING: 1:1	PW-01-002



SECTION A-A

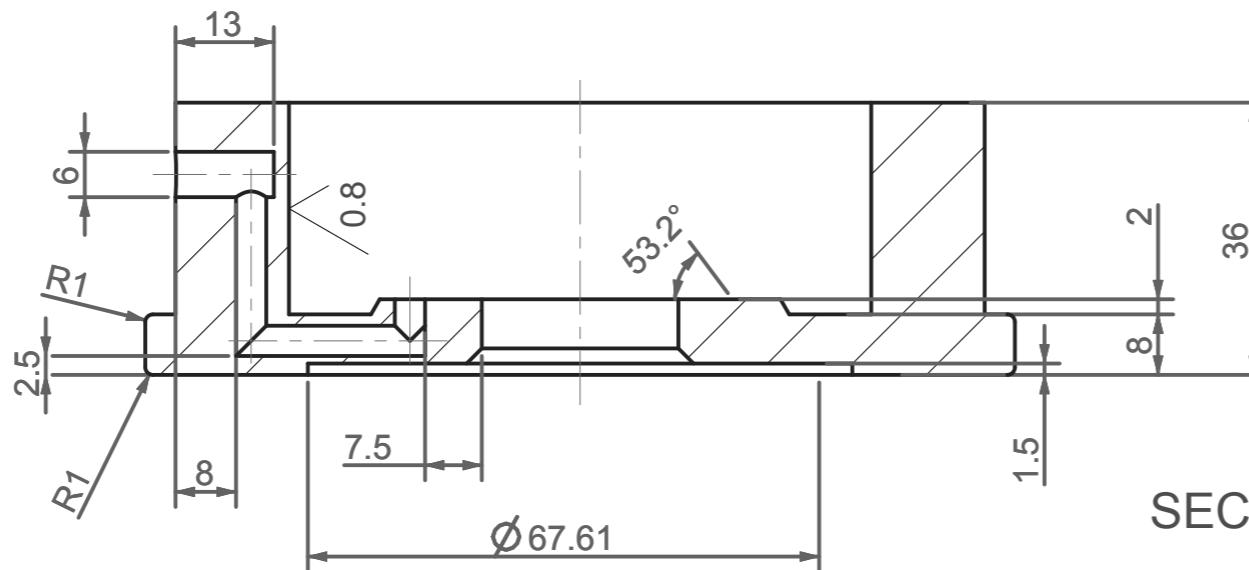


SECTION B-B

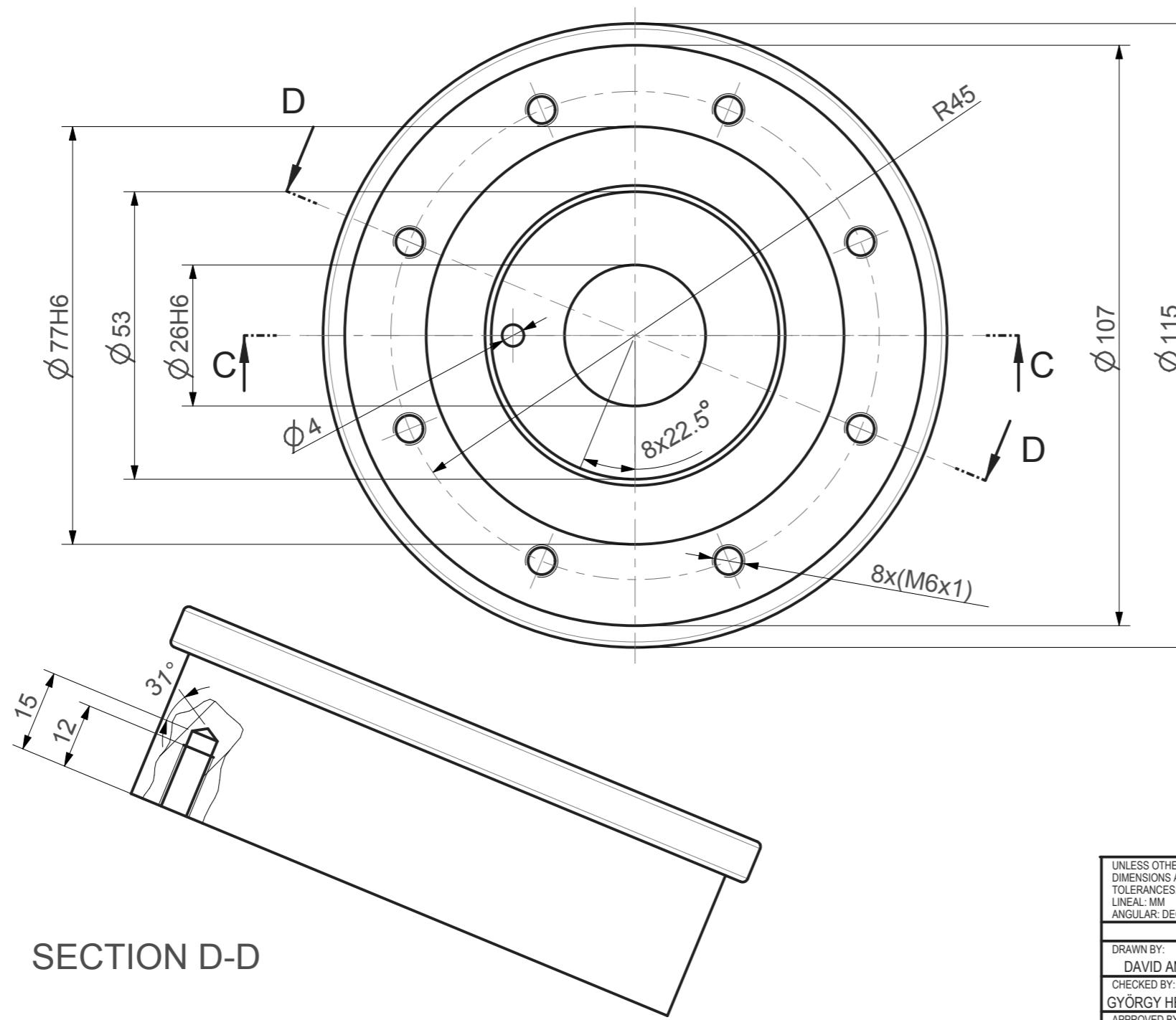


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ALL
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
TOLERANCES: ISO 6 DIN 7151
LINEAL: MM
ANGULAR: DEGREES

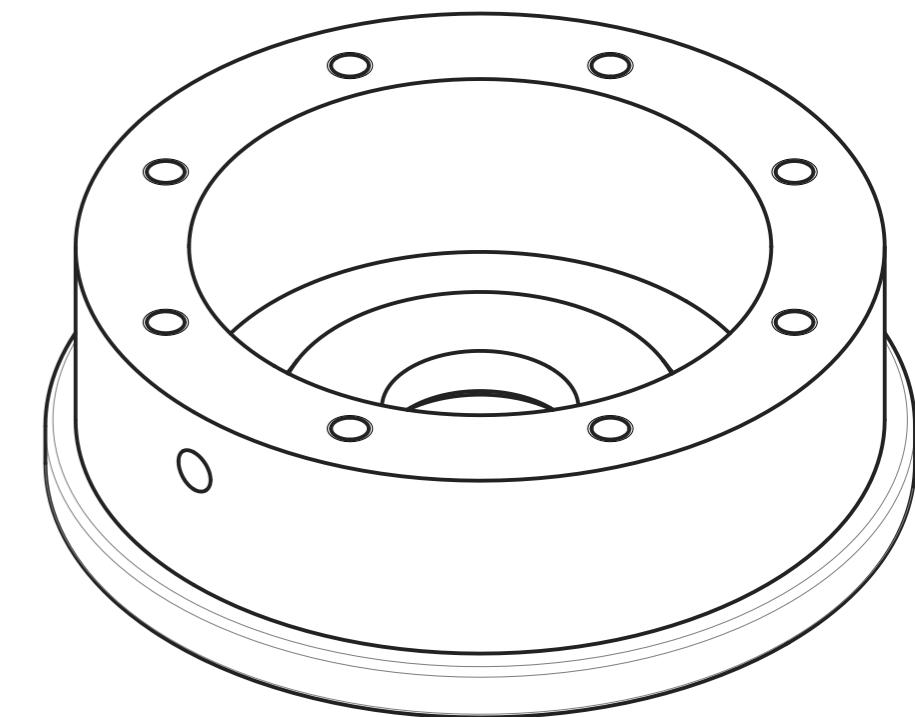
	SIGNATURE	DATE	PROJECTION:	PROJECT:
DRAWN BY: DAVID ANTÓN		13/12/10	FIRST ANGLE	NULLPOINT SYSTEM PARTS FAMILY DESIGN
CHECKED BY: GYÖRGY HEGEDUS		13/12/10		MODEL NAME:
APPROVED BY: GYÖRGY HEGEDUS		13/12/10	SCALE DRAWING: 1:1	TOP COVER
				SHEET Nr: PW-02-001



SECTION C-C

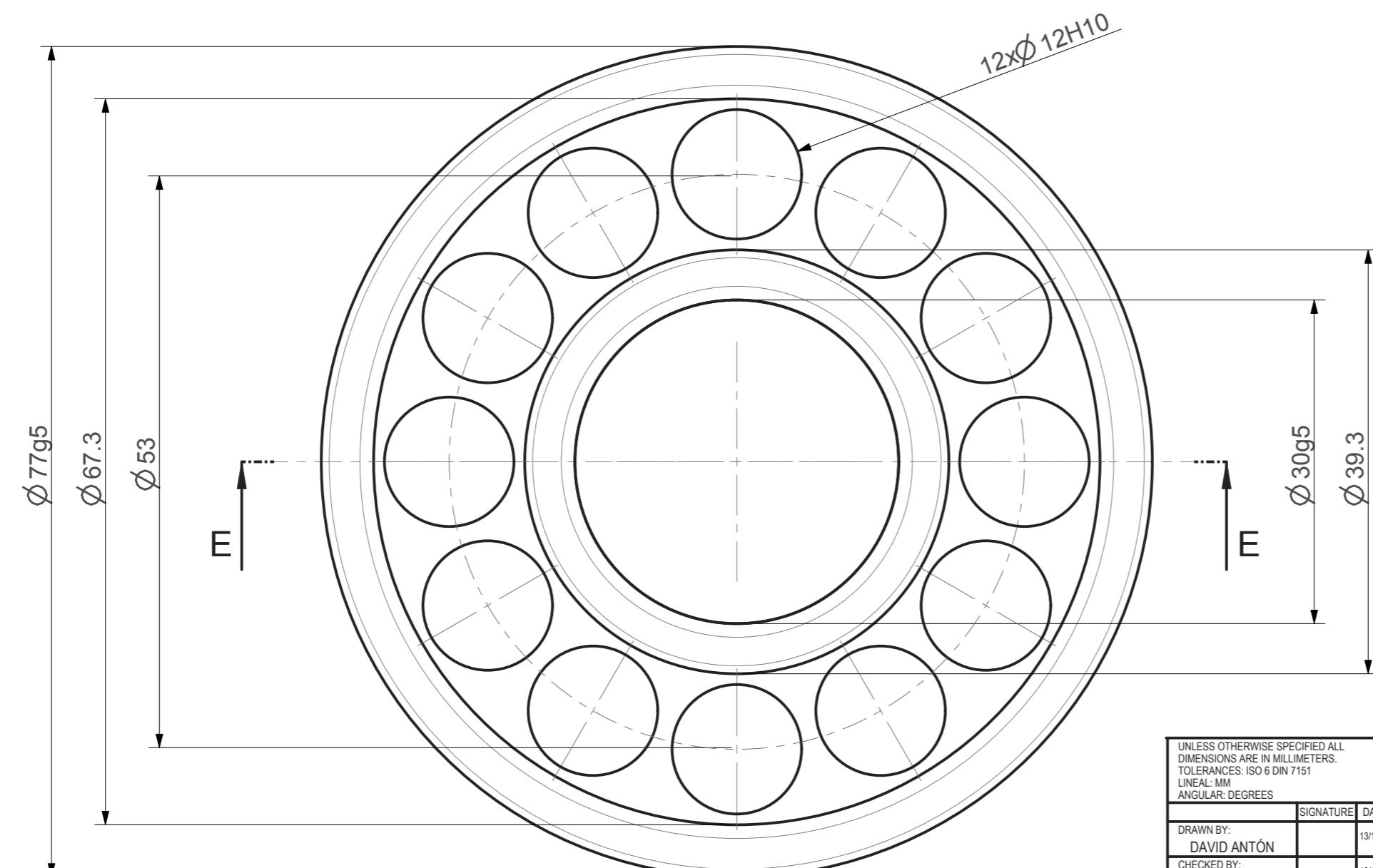
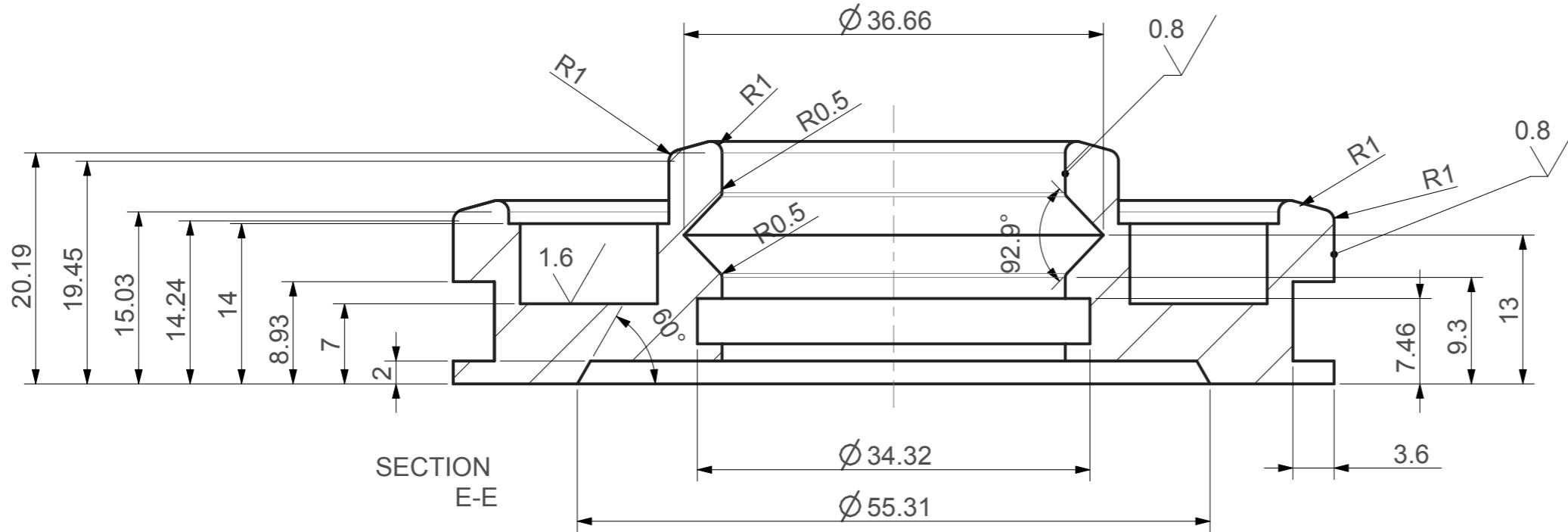


SECTION D-D



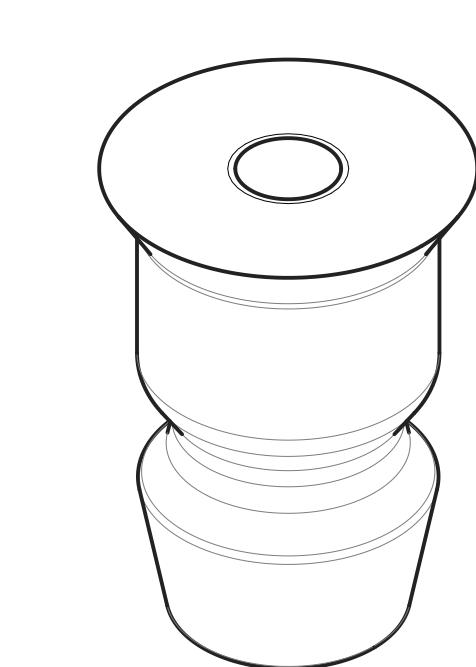
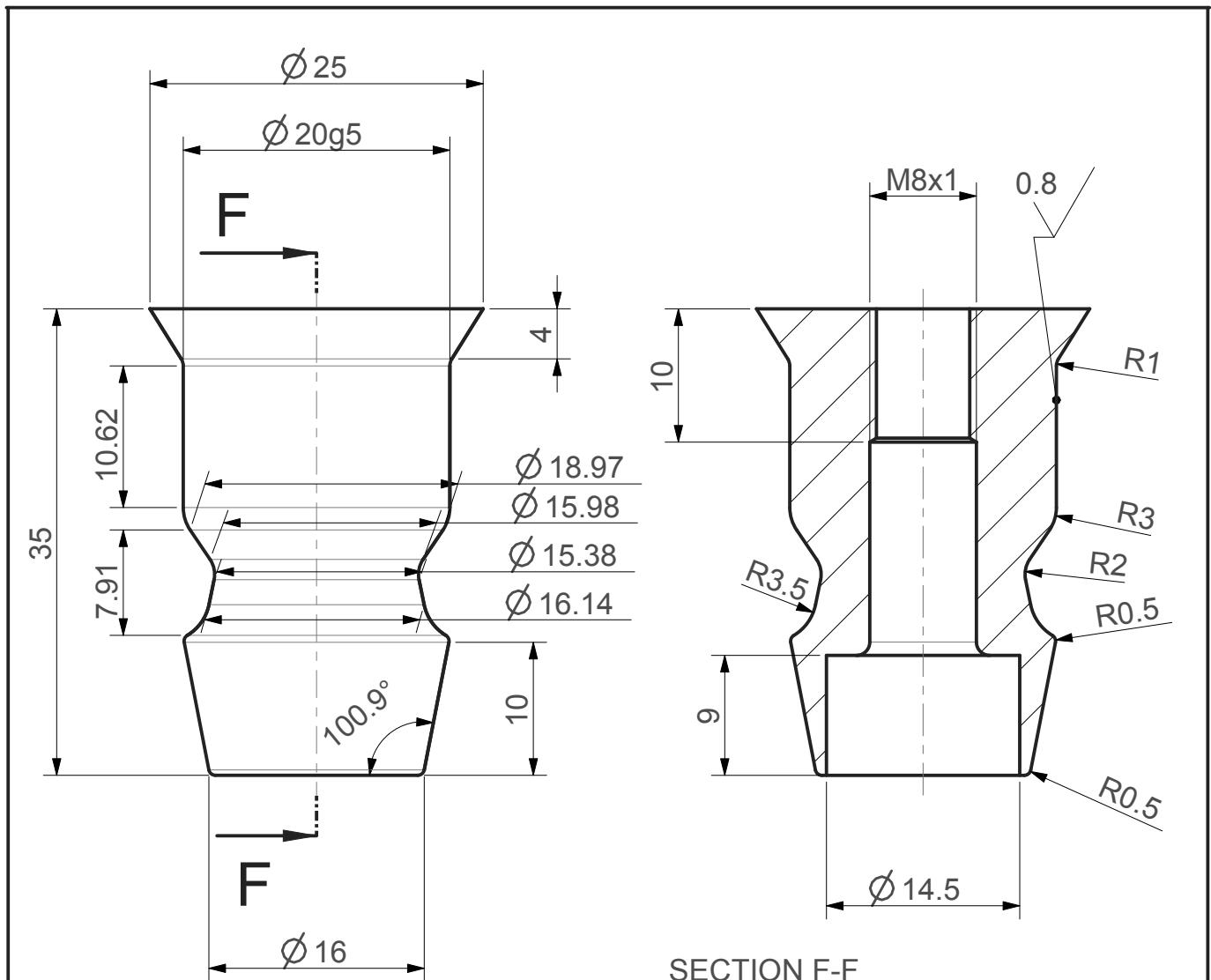
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ALL
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
TOLERANCES: ISO 6 DIN 7151
LINEAL: MM
ANGULAR: DEGREES

	SIGNATURE	DATE	PROJECTION:	PROJECT:
DRAWN BY: DAVID ANTÓN		13/12/10	FIRST ANGLE	NULLPOINT SYSTEM PARTS FAMILY DESIGN
CHECKED BY: GYÖRGY HEGEDUS		13/12/10		MODEL NAME: UNDER COVER
APPROVED BY: GYÖRGY HEGEDUS		13/12/10	SCALE DRAWING: 1:1	SHEET Nr: PW-02-002
				A3



SCALE 1:1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS. TOLERANCES: ISO 6 DIN 7151 LINEAL: MM ANGULAR: DEGREES			UNIVERSITY OF MISKOLC		
	SIGNATURE	DATE	PROJECTION: FIRST ANGLE	PROJECT: NULLPOINT SYSTEM PARTS FAMILY DESIGN MODEL NAME: SPRINGS HOUSING	
DRAWN BY: DAVID ANTÓN		13/12/10			
CHECKED BY: GYÖRGY HEGEDUS		13/12/10			
APPROVED BY: GYÖRGY HEGEDUS		13/12/10	SCALE DRAWING: 2:1	SHEET Nr: PW-02-003	
A3					



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ALL
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
TOLERANCES: ISO 6 DIN 7151
LINEAL: MM
ANGULAR: DEGREES

UNIVERSITY OF MISKOLC

DRAWN BY:	SIGNATURE	DATE	PROJECTION:
DAVID ANTÓN		13/12/10	FIRST ANGLE
CHECKED BY:		13/12/10	
GYÖRGY HEGEDUS			

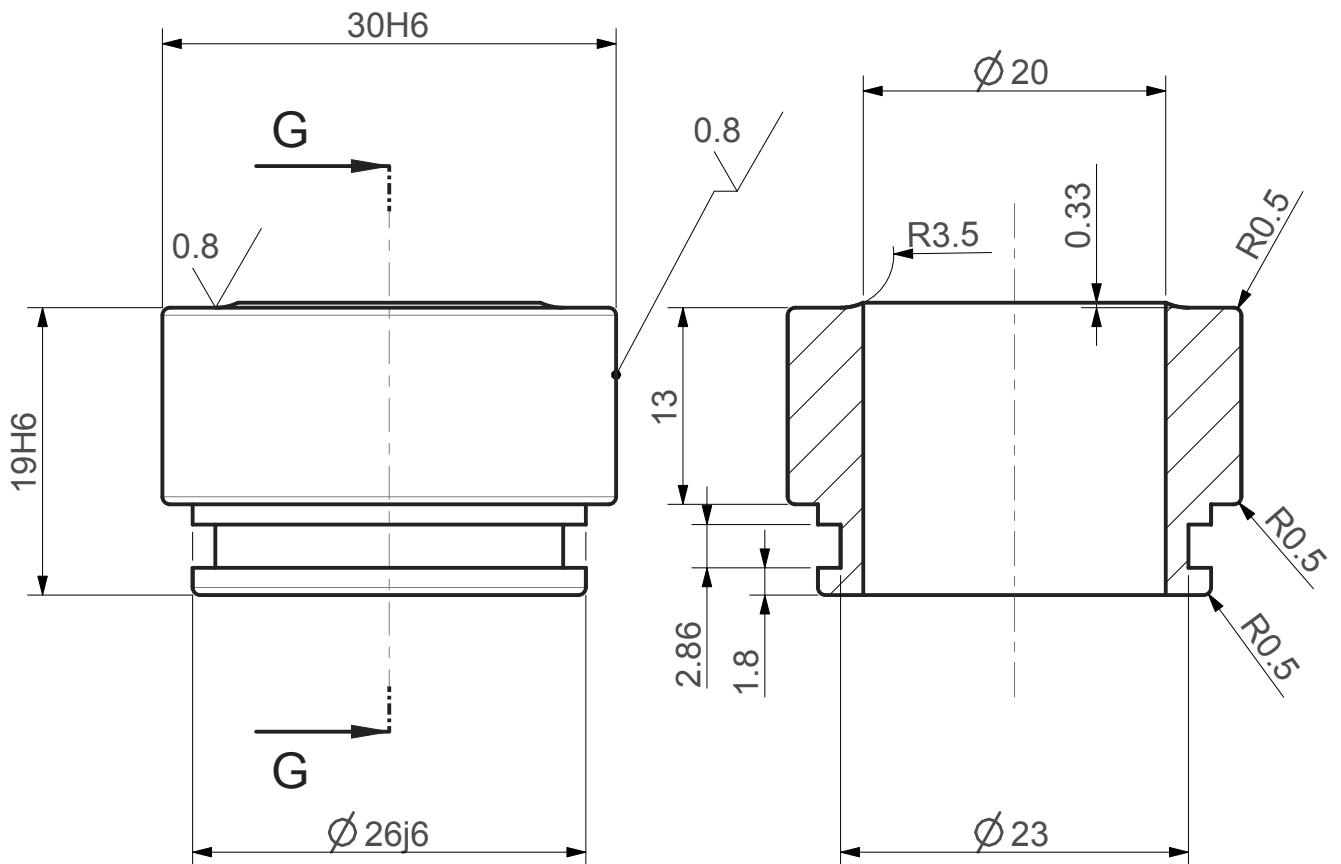
PROJECT:
NULLPOINT SYSTEM PARTS FAMILY DESIGN
MODEL NAME:
NIPPLE

APPROVED BY:
GYÖRGY HEGEDUS

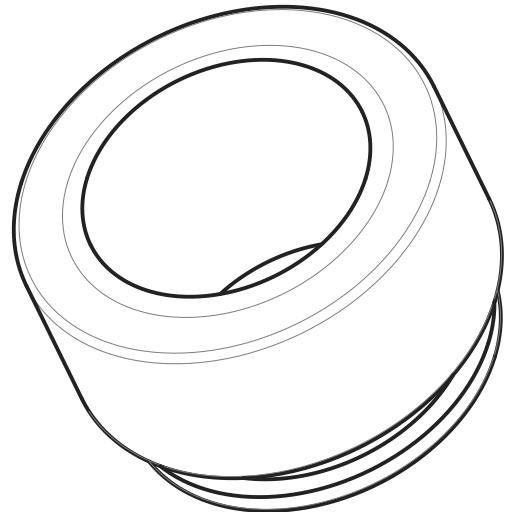
SCALE DRAWING:
2:1

SHEET Nr: PW-02-004

A4



SECTION G-G



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ALL
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
TOLERANCES: ISO 6 DIN 7151
LINEAL: MM
ANGULAR: DEGREES

UNIVERSITY OF MISKOLC

DRAWN BY:
DAVID ANTÓN
CHECKED BY:
GYÖRGY HEGEDUS
APPROVED BY:
GYÖRGY HEGEDUS

SIGNATURE
13/12/10
13/12/10
13/12/10

DATE
13/12/10
13/12/10
13/12/10

PROJECTION:
FIRST ANGLE

PROJECT:
NULLPOINT SYSTEM PARTS FAMILY DESIGN
MODEL NAME:
UNDER BALLS HOUSING

SCALE DRAWING:
2:1

SHEET Nr.: PW-02-005

A4

Proyecto de Fin de Carrera
Ingeniería Industrial



Nullpoint system parts family design
—
Diseño de un sistema de utilaje de punto cero

VOLUMEN III
MEMORIA: NULLPOINT SYSTEM PARTS
FAMILY DESIGN



Universidad
Zaragoza



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza



INDEX

1. INTRODUCTION	3
2. PURPOSE OF THE PROJECT.....	4
2.1. DETAILED SUMMARY OF THE DEVICE	4
2.2. SCOPE OF THE PROJECT.....	4
3. BASIC INFORMATION	5
3.1. MACHINING	5
3.2. INTRODUCTION OF MECHANICAL OF MACHINING	5
3.3. FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM.....	7
3.4. NUMERICAL CONTROL	7
3.5. TOOLING CONCEPT	10
3.6. FUNCTIONAL COMPONENTS.....	10
4. PRECEDENTS	16
4.1. GENERAL CLASIFICATION	16
4.2. COMPARISON AND JUSTIFICATION OF THE ZERO NULL POINT TECHNOLOGY	16
4.3. JUSTIFICATION SAVINGS OF ZERO POINT CLAMPING SYSTEM	17
5. PATENTS RESEARCHING	19
5.1. CLAMPING APPARATUS WITH A CLAMPING CHUCK AND A WORK PIECE CARRIER RELEASABLE CONNECTABLE THERETO	19



5.2. CLAMPING CYLINDER FOR PULLING IN A PULL-IN NIPPLE, A RESPECTIVE PULL-IN NIPPLE AND A CLAMP SYSTEM, FOR USE WITH FLYING CHIPS	21
5.3. QUICKCONNECT COUPLING WITH CHANGE CYLINDER	22
5.4. QUICK ACTION CLAMPING CYLINDER FLUID OUTLET	24
6. MARKET RESEARCH	27
6.1. STARK	27
6.2. JERGENS	29
6.3. VISCHER AND BOLLI	31
6.4. DEVICES COMPARISON	32
7. TOOL DESIGN	34
7.1. COMPONENTS DEVICE DESCRIPTION	34
7.2. STANDARS DESIGN	40
8. REFERENCES	42



1. INTRODUCTION

The object of this project is to study the equipment items in gripping technology of Flexible Manufacturing System (FMS), particularly with regard to the state of the art zero-based device components for a Computer Numerical Control (CNC) machine.

Manufacturing system involves a lot of items, the principal purpose of the project will be to perform a patent research and explore the most commonly used solutions for the work holders and clamping systems.

Firstly there is an introduction of the basic information for a manufacturing system, as manufacturing processes, CNC and FMS definitions and the functional components used for the machining process. Next step is work out a null point system device-family concept which can be used in high-precision manufacturing. Perform detailed versions exploration of combination and selection, determining product series... during the conceptual design process.

One time described null point system device-family, work out the component manufacturing documentation (assembly drawings, component drawings, necessary work specifications and bills) for a selected device and define the possible directions of further development.



2. PURPOSE OF THE PROJECT

The present project is redacted on demand of Miskolc University together with Universidad de Zaragoza., like Final Bachelor Thesis of Industrial Engineering. The principal purpose of the project is the simulation of a problem in the professional life about of design a Zero Point clamping system.

2.1. Detailed summary of the designed device

- The designed device is about a Zero Point clamping system.
- The Clamping System can be mounted directly on the machine table in single or in group connected by T line.
- The general purpose of the clamping system is to form part of the equipment of the Flexible Manufacturing System.
- The device ensemble is formed for different elements as well as the top and under covers, springs, springs housing, balls, screws, o-ring seals, support rings and nipple which are actuated pneumatically.

The Zero Point clamping system can be adapted for a Flexible Manufacturing System which involves different machining processes like milling, drilling and turning for producing any type of piece.

2.2. Scope of the project

The scope of the project is based on the related part of the mechanical engineering, specified in machine and tools, like the researching of devices patents, articles and journals, the usage of catalogues and regulations which contribute to a successful progress of the project, also the design of machines calculations as well as the usage of drawing tools and informatics programs, like CAD and Creo 2.0 to perform the drawings and assemblies.

3. BASIC INFORMATION

3.1. Machining

Machining is any of various processes in which a piece of raw material is cut into a desired final shape and size by a controlled material-removal process. The many processes that have this common theme, controlled material removal, are today collectively known as subtractive manufacturing, in distinction from processes of controlled material addition, which are known as additive manufacturing.

We can divide machining into the following categories:

- Cutting, generally involving single-point or multipoint cutting tools, each with a clearly defined geometry.
- Abrasive processes, such as grinding.
- Nontraditional machining processes, utilizing electrical, chemical and optimal sources of energy.

3.2. Introduction of Mechanical of machining

There is conflicting evidence about the nature of the deformation zone in metal cutting. This has led to two basic schools of thought in the approach to analysis. One have favored the thin-plane (or thin-zone) model, as shown in following Fig 1(a). Others have based analyses on a thick deformation region as in following Fig 1(b).

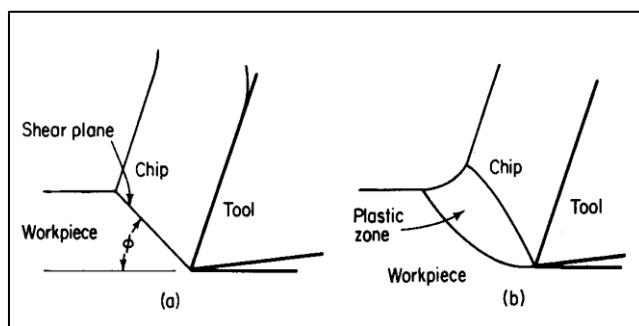


Figure 3.1. The two basic models for metal cutting analysis. (Marcel Dekker, 1989)

The precise meaning of the term “machining” has evolved over the past two centuries as technology has advanced. During the Machine Age, it referred to (what we today might call) the “traditional” machining processes, such as turning, milling, drilling and grinding.



▪ **Turning:**

Is the machining operation that produces cylindrical parts. In its basic form, it can be defined as the machining of an external surface:

- With the workpiece rotating.
- With a single-point cutting tool.
- With the cutting tool feeding parallel to the axis of the workpiece and at a distance that will remove the outer surface of the work.

▪ **Milling:**

Is the process of cutting away material by feeding a workpiece past a rotating multiple tooth cutter. The cutting action of the many teeth around the milling cutter provides a fast method of machining. The machined surface may be flat, angular, or curved. The surface may also be milled to any combination of shapes. The machine for holding the workpiece, rotating the cutter, and feeding it is known as the milling machine.

▪ **Drilling:**

Drill can be defined as a rotary end cutting tool having one or more cutting lips, and having one or more helical or straight flutes for the passage of chips and the admission of a cutting fluid.

▪ **Grinding:**

Is an abrasive machining process that uses a grinding wheel as the cutting tool.

In these "traditional" or "conventional" machining processes, machine tools, such as lathes, milling machines, drill presses, or others, are used with a sharp cutting tool to remove material to achieve a desired geometry.

Machining is a part of the manufacture of many metal products, but it can also be used on materials such as wood, plastic, ceramic, and composites. A person who specializes in machining is called a machinist. Much of modern day machining is carried out



by computer numerical control (CNC), in which computers are used to control the movement and operation of the mills, lathes, and other cutting machines.

3.3. Flexible Manufacturing System

In any manufacturing process we want to produce in the minimum possible time with minimum costs for the maximum economic gain. There is a concept of manufacturing, the Flexible Manufacturing System (FMS), which let automatically and flexible manufacturing of different pieces from the same family of volumes, dimensions and figures.

The generally characteristics of flexible manufacturing are:

- Flexibility: In respect of form, dimensions, materials and prevision product.
- Automation: In machining, piece changing, tool changing, transport, identification, cleaning and pieces verifying.
- Productivity: Because the increase of manufacturing, quick change tool, quick change piece, few mechanical breakdowns and machining optimization.
- Product quality: Insured cause the pieces inspection, machines precision, thermal stability, machines rigidity...
- Product reliability: Thanks to wear control, deviance control, machining conditions control, preventive maintenance...

Flexible manufacturing systems are generally composed by machine-tools with change piece devices and centrally control system. Machine-tools are running by numerical control system.

3.4. Numerical control

Numerical control is defined as control of machine motions by the input of numerical information through externally stored media, or directly from a computer. Normally, such data are stored on punched tapes, punched cards, or in electronic memory devices, punched tapes being, at present, the most often used storage medium.



The conventional classifications of turning machines cannot be validly applied to N/C turning equipment, in which a single machine may cut across such classic categories as engine lathes, turret lathes and single-spindle automatics.

General basic elements in N/C machine:

- N/C program: It contains all the codified instructions for the machining process.
 - Numerical Control: Performs all the instructions, convert it to adequate signals and send the correspondent actuations to the machine, it does the necessary calculate and check the obtained results onward the correspondent sensor signals, position recruiters and machine velocity.
 - Machine: Execute the expected operations through axis actuations and auxiliary elements, like lubricant elements, refrigerate...
-
- **Advantages:**
 - Increased productivity (more adjusted swept and velocity).
 - Increased machine efficiency (it is not influenced by operator stress and fatigue).
 - More accuracy, repeatability, uniformity and better finish machining.
 - Short engine timing.
 - Eliminate dead time (piece approximation).
 - Reduction of defective pieces (operator mistakes prevention).
 - Decreases checking and control time.
 - Less number of operators and with lower qualification level.
 - The possibility to machining pieces with difficult figures and sometimes impossible or with a high level of difficulty to machining with conventional machines.
 - **Disadvantages:**
 - Higher investment (machines and auxiliary components).
 - Requirement possibility of pre-setting bench tools.



- More elaborated servicing work.
- It needs a programming phase (qualified operators).
- Technical maintenance operators.
- Higher responsibility of the operators because are working with specially and more expensive machines.

Before starting machining it is important to consider three important items like:

1. Point of origin or zero machine.
2. Three axis “X, Y, Z”.
3. Origin piece.

■ Application of N/C Turning Equipment

- Accuracy: While no generally accepted accuracy standard for N/C turning equipment presently exists, N/C turning machines are, on average, held to closer accuracy standards than their conventional counterparts. N/C turning equipment is built either to some accuracy specification prescribed by the user or the standard product specification of the machine-tool builder.
- Repeatability: Because the numerical generated commands repeat exactly from part to part, machine repeatability of N/C turning equipment is especially important, giving the user the ability to produce highly consistent runs of parts.

Having defined the principal actions and automated machines it is too important to introduce different systems of workholding for obtaining the principal characteristics required in a Flexible Manufacturing System during the machining operations like flexibility, automation, productivity, product quality and product reliability.



3.5. Tooling concept

Device used for locate and clamp a piece or set of pieces firmly in relation to reference system machine, in order to execute the planned manufacturing operations.

Tooling functions respect to:

1. The piece (“fixture”):

- Locate accurately and repeatability the piece references surfaces respect to the origin and the platform axis. Then, it can ensure the form and locate tolerances.
- Fix and immobilize without deform. Support mechanical and thermal stress of the machining process avoiding piece and tooling deformations.

2. Tool:

- Guide and adjust the tool trajectory.
- Facilitate shaving removal, the access and leaving tool.

3. Manufacturing system (Machine-Tool, Operator...):

- Locate respect the origin and axis machine, the origin N/C program.
- Fix to the trolleys machine. Then it can transmit the programmed movements.
- Facilitate the manipulation and pieces change. It can reduce non-productive times.
- Facilitate the maintenance, safety...

3.6. Functional components

1. Frame.

The principal function is to preserve the correctly special relation with all the components (positioners, moors and brackets), at the same time for the tooling manipulation (loading and unloading of the Machine-Tool and transport by the Flexible Manufacturing System). It has to be a straightedge.

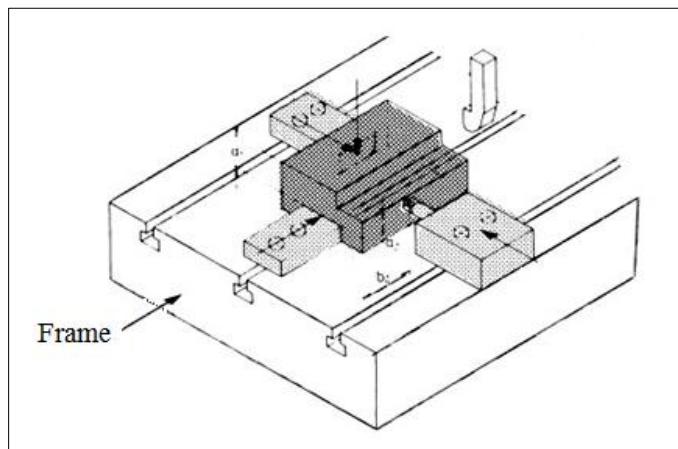


Figure 3.2. Frame. (Carrlane, 2012)

2. Positioning elements. Locators.

Function: restrict the piece movement and mark it position respect to structure or platform axis.

With piece and references surfaces contact (plans, holes and exterior contours) with normal direction.

Locators delete one translation or rotation degree of freedom.

There are three general forms of location: plane, concentric, and radial.

Plane locators locate a workpiece from any surface. The surface may be flat, curved, or have an irregular contour.

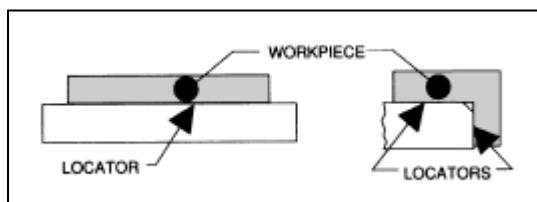


Figure 3.3. Plane location. (Carrlane, 2012)

Concentric locators, or the most part, locate a workpiece from a central axis. This axis may or may not be in the center of the workpiece.

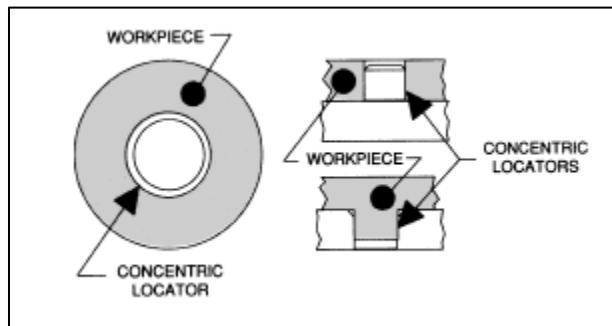


Figure 3.4. Concentric location. (Carrlane, 2012)

Radial locators restrict the movement of a workpiece around a concentric locator. In many cases, locating is performed by a combination of the three locational methods.

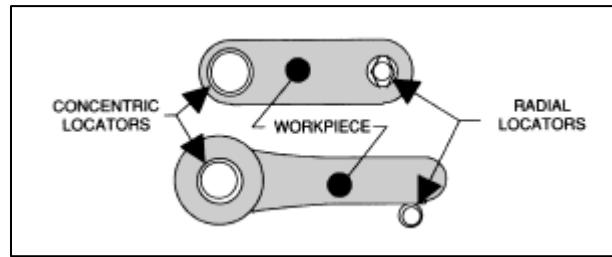


Figure 3.5. Radial location. (Carrlane, 2012)

3. Workholders, clamps.

Function: provide the necessary gripping force for maintaining the workpiece safely against to positioning elements, without deforming and damaging and facilitating it mounting and dismounting.

Workpiece contact against to support elements.

Depends of the colocation can delete one or more translation or rotation degrees of freedom.

Feature: mobile part with quick and progressive gripping, it can be superior or lateral.

Gripping principle: mechanic, magnetism, induction.

Source of energy: manual, pneumatic, hydraulic.

Gripping elements: simples/multiples (multiple pieces or multiple clamping points)

- Clamping between points.
- Concentric clamping.
- Pressure screw, nut, jaws.
- Clamping flanges.
- Shims, tangent tops.
- Magnetic clamping.

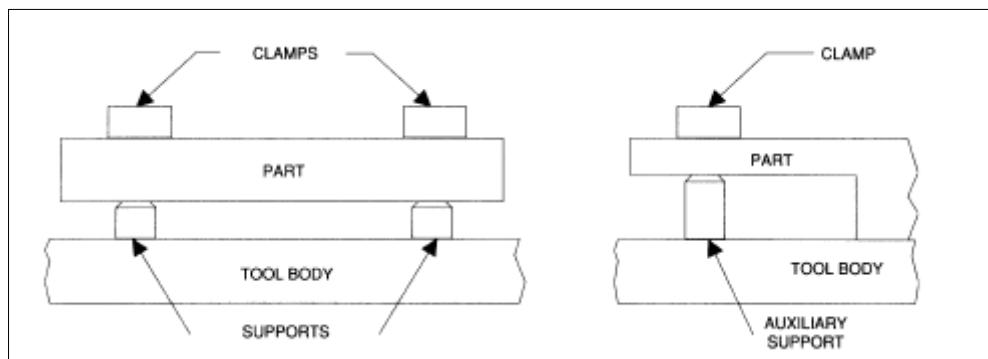


Figure 3.6. Workholders, clamps. (Carrlane, 2012)

4. Guided elements. Bushings

Function: guide and hold the tooling position in relation to the workpiece during the machining.

5. Holder elements. Brackets.

Function: prevent the workpiece flexure under the cutting and gripping forces.

6. Grip elements. Fasteners.

Function: connect the elements.

Described the functional components of machine tooling we can describe three important groups depending of the productivity and versatility:

1. Standard or general purpose: for little volume of production.

- Characteristics:
 - High versatility.
 - Low investment.
 - Unfeasible for automation
- Examples:
 - Gags.
 - Flanges.
 - Clamps
 - Jaw chuck



Figure 3.7. Example standard tooling, jaw chuck. (Tormach, 2013)

2. Dedicated or specific: for specific operations and components in higher production volumes.

- Characteristics:
 - High automation.
 - High repeatability.
 - High investment and developing time.

- Specific design according to the planned process, compact and barely reusable.
- Examples:
 - For family pieces design, cellular manufacturing.

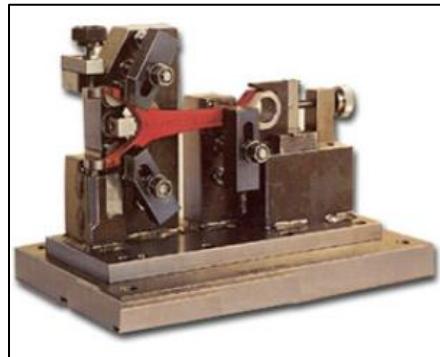


Figure 3.8. Example specific tooling. (Marcel Dekker, 1989)

3. **Flexible:** with this method is combined the flexibility for a long term of the standard tooling with the productive benefits of the specific tooling, decreasing costs and development times.

- Examples:
 - Modular.
 - Programmable.
 - Phase change.

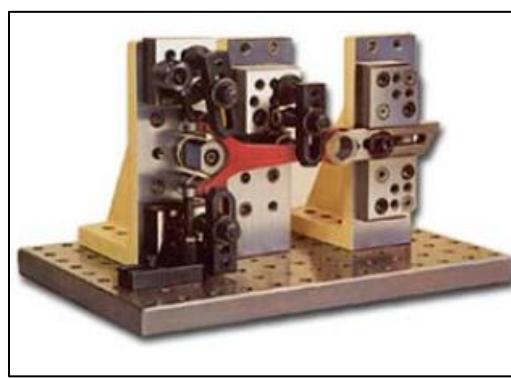


Figure 3.9. Example of flexible tooling, modular. (Marcel Dekker, 1989)



4. PRECEDENTS

4.1. General classification

Classifying the stationary workholding technology in the groups depending of the productivity and versatility, it is possible to indicate that is mixed of specific and flexible.

Specific cause to machining any work piece it is necessary to adjust the pallet in the machine frame to preserve the special relation between (point of origin) the work piece with the machine, one time adjusted, it's only possible to mechanize the same work piece.

Flexible cause with the same stationary workholding system we can mechanize different work pieces with a new adjust between the work piece with the machine. We can use the same stationary workholding system with different type of machining machines or processes.

4.2. Comparison and justification of the Zero Null Point technology

Manual clamping

- Advantages:
 - Low investment.
 - Flexible and specific configurations.
 - For a few quantity of manufacture.

- Disadvantages:
 - Increased time of retooling, mount and adjust each piece.
 - Less accuracy between work pieces.



Zero Point clamping

- Advantages:
 - Can be used in automated applications.
 - Repeated accuracy between work pieces increasing the finally quality of the manufactured pieces.
 - Flexibility, machine on all machine tables.
 - Increase in productivity.
 - Mount and adjust only once.
 - Less set-up costs.
 - Useful to manual and automated changing work pieces.
 - Good holding, pull-in and locking forces.
- Disadvantages:
 - More investment.
 - For work piece manufacture.

Comparing the two clamping systems, it can be seen that Zero Point clamping systems it is better for a serial production, FMS and for reducing significantly production time, what, it is directly linked to reduce production costs and increasing company benefits.

4.3. Justification savings of Zero Point clamping system

In this paragraph it is justified the Zero Point clamping system savings in front a manual tool system.

To calculate the savings of any company with a Zero Point system, we can establish the most important items during the manufacture process like: machine costs, number of tooling procedures per shift, set-up time per procedure and the annual savings per shift. We determine a shift of 8 hours and 250 annual working days.



Example without Zero Point clamping system:

- Machine costs: $120 \frac{\text{€}}{\text{h}}$
- Number of tooling procedures per shift: 4
- Set-up time per procedure: 30 min.
- Set-up time per shift: $30 \text{ min} \cdot 4 = 120 \text{ min} = 2 \frac{\text{h}}{\text{shift}}$
- Set-up costs per shift: $120 \frac{\text{€}}{\text{h}} \cdot 2 \frac{\text{h}}{\text{shift}} = 240 \frac{\text{€}}{\text{shift}}$
- Set-up costs per shift each year: $250 \frac{\text{days}}{\text{year}} \cdot 240 \frac{\text{€}}{\text{day}} = 60000 \frac{\text{€}}{\text{year}}$

Example with Zero Point clamping system:

- Machine costs: $120 \frac{\text{€}}{\text{h}}$
- Number of tooling procedures per shift: 4
- Set-up time per procedure: 2 min.
- Set-up time per shift: $2 \text{ min} \cdot 4 = 8 \text{ min} \cdot \frac{1\text{h}}{60 \text{ min}} = 0,13 \frac{\text{h}}{\text{shift}}$
- Set-up costs per shift: $120 \frac{\text{€}}{\text{h}} \cdot 0,13 \frac{\text{h}}{\text{shift}} = 15,6 \frac{\text{€}}{\text{shift}}$
- Set-up costs per shift each year: $250 \frac{\text{days}}{\text{year}} \cdot 15,6 \frac{\text{€}}{\text{day}} = 3900 \frac{\text{€}}{\text{year}}$

Annual savings per shift: $60000 - 3900 = \mathbf{56100 \text{ €}}$



5. PATENTS RESEARCHING

Before consider the different actually quick-change systems in the industry market it is important to know about the theory design. In this chapter I am going to analyze the operation mechanisms, structure, and important characteristics of these workholding systems.

The analysis will be done with patents researching, using the search tool Google Patents. Down below it is made a patents researching of some mechanisms.

5.1. Clamping apparatus with a clamping chuck and a work piece carrier releasable connectable thereto

Inventor: Karl Fries Patent Number: 6799758 B2 Date: 5 Oct. 2004

The clamping apparatus comprises a clamping chuck **1** and a work piece carrier **40** releasable connected thereto. The clamping chuck **1** is provided with a central opening **2** for receiving a clamping pin **30** attached to the work piece carrier **40**.

The central opening of the clamping chuck has a conical inserting portion **3**, and the clamping pin has at least one surface portion corresponding in shape to the conical inserting portion **32**, or several surface portions for aligning the clamping pin in X- and/or Y-direction. The clamping chuck **1** comprises a clamping mechanism **20** for clamping the clamping pin **40**. The top of the clamping chuck is provided with at least one surface portion serving as a Z-stop member **5,6**.

The clamping pin **30** is dimensioned such that, prior to activating the clamping mechanism **20**, a gap exists between the flat bottom surface of the work piece carrier **40** and the surface portion of the clamping chuck **1** serving as a Z-direction stop member. The clamping pin **30** and/or the region around the central opening of the clamping chuck **1** is/are adapted to be elastically deformed upon activation of the clamping mechanism **20** to further pull in the clamping pin **30** into the central opening **2** and simultaneously the work piece carrier **40** towards the surface portion serving as a Z-direction stop member until the flat bottom surface of the work piece carrier **40** rests on the surface portion of the clamping chuck serving as a Z-direction stop member.

Showing a longitudinal sectional view of the clamping chuck **1** together with the work piece carrier **40** clamped thereto, particularly also the coil springs **23, 25**, these springs being provided for biasing the piston **10** and responsible for the pulling force exerted on the clamping pin **30**. For clarifying the design of the clamping chuck **1**, the left side of the drawing shows a sectional view taken through the coil springs of the clamping chuck **1**, while the right side shows a sectional view taken between adjacent coil springs of the clamping chuck **1**.

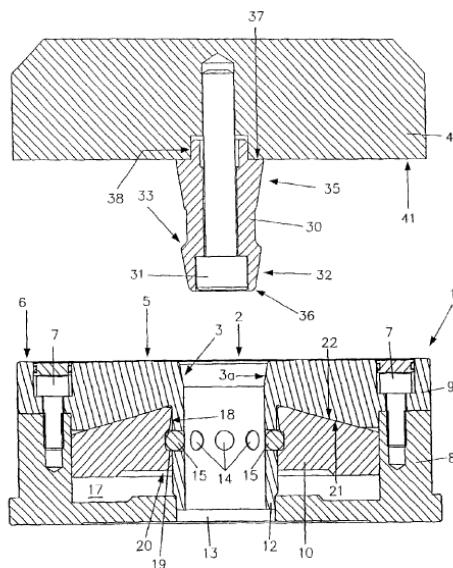


Figure 5.1. Sectional view of the clamping chuck and of the work piece carrier.

(Google patents, 2004)

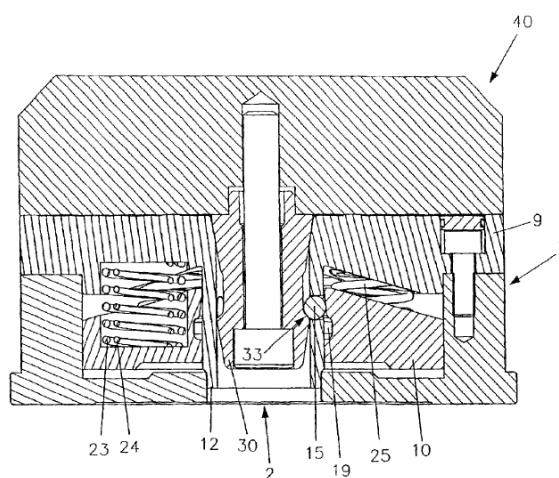


Figure 5.2. Sectional view of the clamping chuck with the work piece carrier clamped thereto.

(Google patents, 2004)



▪ **Advantages:**

- Closing cone nipple.
- Good alignment clamping pin in X or Y direction.

▪ **Disadvantages:**

- Non-automatic removal chips.
- With large and heavy work piece carriers.

5.2. Clamping cylinder for pulling in a pull-in nipple, a respective pull-in nipple and a clamp system, for use with flying chips

Inventor: Emil Stark

Patent number: 5961261

Date: 5 Oct. 1999

The present invention relates to a clamping cylinder **1** for pulling-in and clamping a pull-in nipple **21** as well as to the nipple itself and to a clamping system comprising a clamping cylinder and a pull-in nipple **21**. The clamping cylinder **1** is provided with a central bore **2** extending through the clamping cylinder **1** and adapted to receive the nipple **21**, pull it in and lock it. The cylinder **1** comprises a cup-shaped housing including lateral annular flanges being provided with inlets **3, 4** for air and oil.

Via the lower inlet **4** oil may be introduced in a pressure chamber **7** arranged between an upper surface of the clamping cylinder **1** and a lower surface of an outer piston **5**. Movement of the piston **5** in an upward direction is achieved by introducing oil in the pressure chamber, while movement in a downward direction is effected by one or several springs **9** inserted in associated bores **8** in the outer piston **5**. The pressure chamber **7** extends under said piston **6** and is connected to a second pressure chamber **19** being formed between the outer piston **6** and a locking piston **18**. Said locking piston **18** is coupled to the outer piston **5** by means of an inclined surface **16**. The upper inlet **5** allows entry of air or another cleaning fluid in a chamber **39**. This fluid is directed to nozzles by means of associated bores. A nozzle **11** parts from chamber **39** and leads to an annular groove, referred to as distribution channel **12**. This channel **12** is connected to other channels **13**, each being provided with nozzles **14, 15**.

The nozzles **14, 15** end in the dirt-free space **40**. Any dirt accumulating in this space **40** is removed by the cleaning fluid exiting from the nozzles **14, 15**.

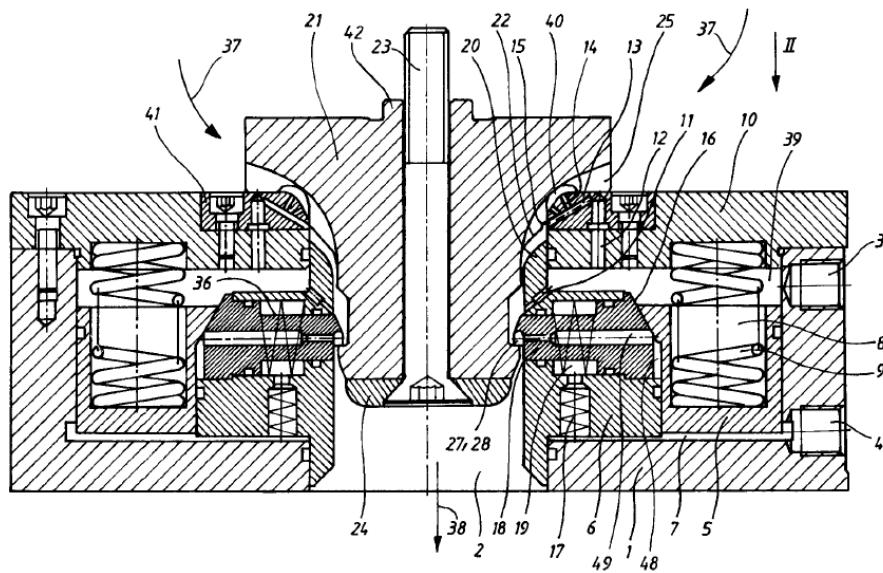


Figure 5.3. Sectional view of the clamping system. (Google patents, 1999)

▪ **Advantages:**

- Good reproducible position, nipple with additional abutment surfaces.
- Cylinder is equipped with a cleaning system.
- Locking pistons area actuated by hydraulic fluid.
- Good alignment clamping pin in X or Y direction

▪ **Disadvantages:**

- Possible fluid leakage.
- Contact points between the nipple and the cylinder had to be as clean as possible.

5.3. Quick connect coupling with changeable cylinder

Inventor: Günther Stark

Patent number: 1743733 B1

Date: 19 Dec. 2007

The quick release device comprises a retractable nipple **2**, which may be connected with a screw **40** with a pallet **39**, or directly to a workpiece. The quick release device **1** forms a casing **18** which is also formed as a closure housing or the open and upward recess can be embedded in a machine table.

This clamping case in the inside of the housing **18** slidably disposed piston **6** has been pressed into its upper sliding position by the force of a spring assembly **12**, where in the same time the locking element **5** is pressed radially inwardly against the outer circumference of the intake nipple **2**. They find an abutment on the upper side of the cover in the region of a stop surface arranged therein **9** the same time they are pressed by a radially inwardly inclined bevel **8** against the outside of the draw-in nipple **2** and in this case based on a run on the outer periphery of the slope formed **7** so that there is an absolutely secure lock. Instead of the slope **7**, also a suitable radius can be used.

The piston **6** still has a fast stroke bevel **10**, which serves to open the locking device, the locking member **5** as quickly as possible to bring out of engagement with the feed nipple **2**. The locking force is applied, however, the slope **8** on the piston **6**. The pressurized oil is introduced in the other through the pressure supply **13** and an associated channel **14** into the oil chamber **29** and into the radial gap **16**.

Figure 5.5. shows the embodiment in the relaxed state. There is seen that the pressure supply 13, the pressurized oil is introduced into the oil chamber 29 and thus the piston 6 was against the force of the spring assembly 12 is displaced downwardly. Simultaneously moves thus also in the lower cylinder chamber 11 is mounted a protective oil via the communication passage 42 through the piston 6 through upward into the upper cylinder chamber 11b.

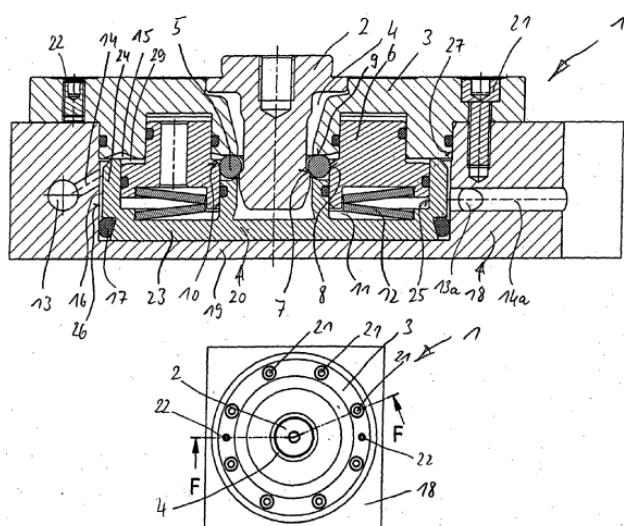


Figure 5.4. Section embodiment of a quick connect coupling. (Google patents, 2004)

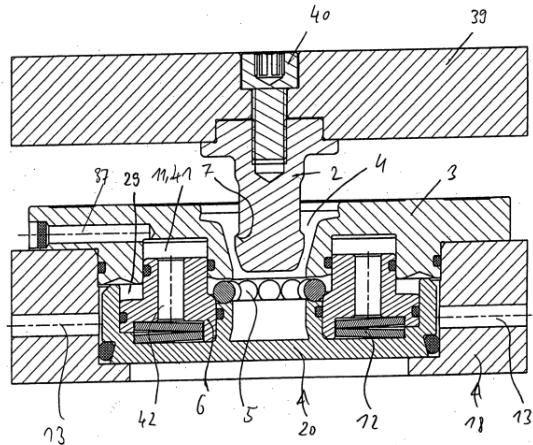


Figure 5.5. Section embodiment of a quick-action device. (Google patents, 2004)

▪ **Advantages:**

- Closing cone nipple.
- Good alignment clamping pin in X or Y direction.

▪ **Disadvantages:**

- Non-automatic removal chips.
- Susceptibility of the running surfaces of the piston against corrosion.
- Spring chamber with air only, the ingress of moisture can take place there corrosion.

5.4. Quick action clamping cylinder with fluid outlet

Inventor: Emil Stark

Patent number: 6073325

Date: 12 Jun. 2000

A quick-action clamping cylinder **1**, which has an essentially plate-shaped bottom part **2**, is provided. A hydraulic piston **9** is displaceable accommodated in the bottom part **2**. The quick-action clamping cylinder **1** is covered on the top with a cover **7**, which is attached to the bottom part **2** by a plurality of screws **13**. There is one or a plurality of tension springs in the space **12** between the hydraulic cylinder **9** and the cover **7**.

When the insertion pin **3** is introduced into the central bore **11**, it is pulled downward and locked there due to the action of the tension springs **4**.

The locking is achieved by means of balls **17**, which are mounted in a ball cage **16**. The ball cage **16** is braced against the hydraulic piston **9** by means of a ring **15**. The balls **17** are then accommodated in an annular space **24** of the ball cage **16**.

In the clamped position Figure 5.6., the balls **17** are in contact with the annular groove **22** disposed in the outer periphery of the insertion pin **3**. At the same time, the balls **17** lie with a part of their outer periphery against a slope in the region of the annular groove **23** of the hydraulic piston **9**.

For the release or unlocking, a pressure chamber **20**, which is located between the hydraulic piston **9** and the bottom part **2** of the quick-action clamping cylinder, is acted on by an oil supply device **19** and a supply line **18**. This pushes the hydraulic piston **9** upward. This movement applies force to the ring **15**, which pushes the ball cage **16** upward. With continuing upward displacement of the hydraulic piston **9**, the balls **17** reach the region of the radially outward annular groove **23** of the hydraulic piston **9**, whereby they simultaneously lose contact with the radially inward annular groove **22** of the insertion pin **3**. This unlocks the insertion pin **3** attached to a perforated pallet.

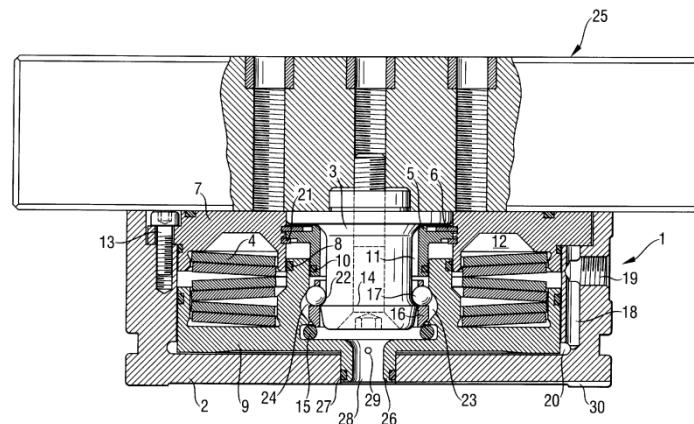


Figure 5.6. Sectional view showing the insertion pin being restrained. (Google patents, 2000)

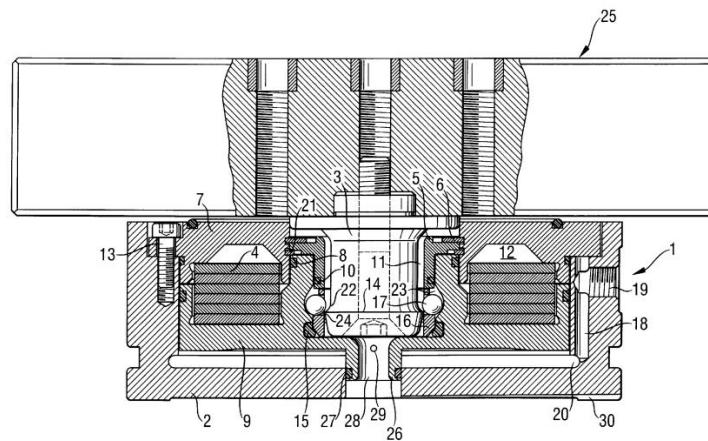


Figure 5.7. Sectional view showing the insertion pin in a released position.

(Google patents, 2000)

▪ **Advantages:**

- Locking pistons area actuated by hydraulic fluid.
- Simple structure.

▪ **Disadvantages:**

- Possible fluid leakage.
- Non-automatic removal chips.



6. MARKET RESEARCH

For learning more about these quick-change tooling, in this section will be done a market research about different companies like “Stark” and “Schunk”, principal producers of these tooling, then a description and comparison of how these devices work.

6.1 Stark

General Stark devices:

- Speedy classic 1
- Speedy classic 2
- Speedy classic 3

These devices are characteristic for positioning and clamping in one function. Zero Point clamping system have two working positions: clamping and releasing.

- Clamping: is activated mechanically.
 - The hydraulics are de-pressurized, the oil pressure drops to 0 bar.
 - The spring pre-load is applied via the piston **2**, the piston moves downwards. The fit is aligned, the retractable nipple **9** highly precisely positioned.
 - The balls **8** positively positioned between piston and retractable nipple in the related contour.
 - The pre-load on the springs **7** now acts downwards directly and constantly on the retractable nipple.
- Releasing: is activated hydraulically.
 - Hydraulic pressure **1** is applied to the piston **2** and the piston moves upwards. The spring pack **3** is compressed.
 - The balls **4** in the ball cage **5** move outwards to the parking position.
 - The retractable nipple **6** moves into the fast closing clamp until it is in contact with the base of the piston.
 - The retractable nipple **6** is pre-positioned.

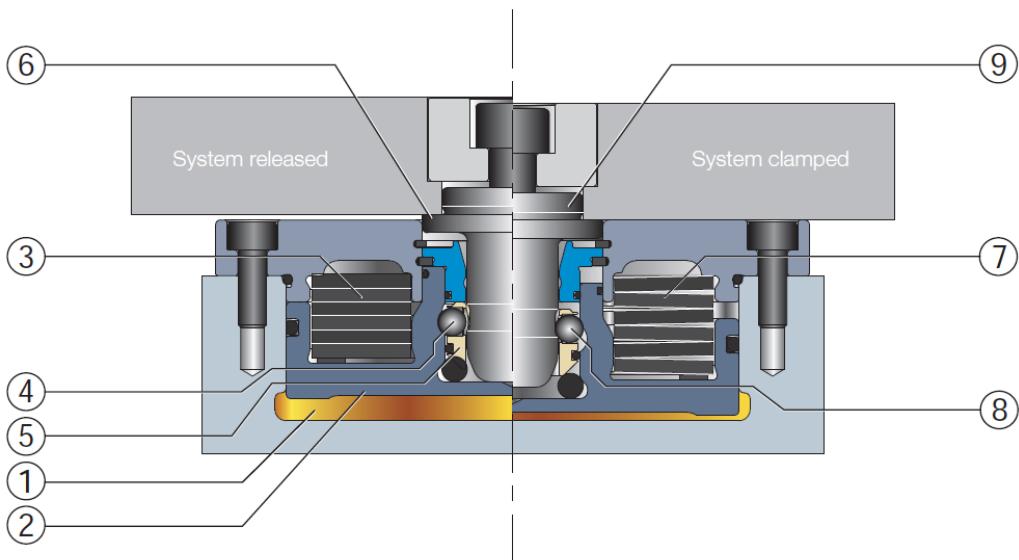


Figure 6.1. Section embodiment of a quick. (Stark, 2013)

The most important differences between the three models are the size variance of the retractable nipples, insertion force, retention force, repeatability and the maximum diameter.

- **Pull-in and insertion force:**

The pull-in and insertion force describes the force with which the nipple is pulled in and clamped with positive interlocking in the clamping module.

- **Retention and holding force:**

The retention and holding force specifies the maximum permissible axial pull force of the engagement nipple screw.

- **Repeatability:**

The repeatability specifies the tolerance range within which the recorded reference points on the work piece lie after removal and re-clamping of the same work piece.

In the next table are shown the principal characteristics of each model.



Table 6.1. Stark characteristics.

Charact. Devices	Insertion force (N)	Retention force (N)	Repeatability (mm)	Maximum diameter (mm)
Speedy Classic 1	6700	25000	< 0,005	105
Speedy Classic 2	20000	38000	< 0,005	135
Speedy Classic 3	30000	55000	< 0,005	176

6.2 Jergens

General Jergens devices:

- ZPS K10
- ZPS K20
- ZPS K40

These three models can be designed for hydraulically and pneumatically activation, the operational description is the same only changing the fluid, oil or air.

- Clamping: is activated mechanically.
 - The hydraulics / pneumatics are de-pressurized, the oil pressure drops to 0 bar.
 - The spring pre-load is applied via the piston **4**, the piston moves downwards. The fit is aligned, the retractable nipple **5** highly precisely positioned.
 - The balls **1** positively positioned between piston and retractable nipple in the related contour.
 - The pre-load on the springs **2** now acts downwards directly and constantly on the retractable nipple.
- Releasing: is activated hydraulically / pneumatically.
 - Hydraulic / pneumatic pressure is applied to the piston **4** and the piston moves upwards. The springs **2** are compressed.

- The balls **1** in the ball cage move outwards to the parking position.
- The retractable nipple **5** moves into the fast closing clamp until it is in contact with the base of the piston.
- The retractable nipple **5** is pre-positioned.

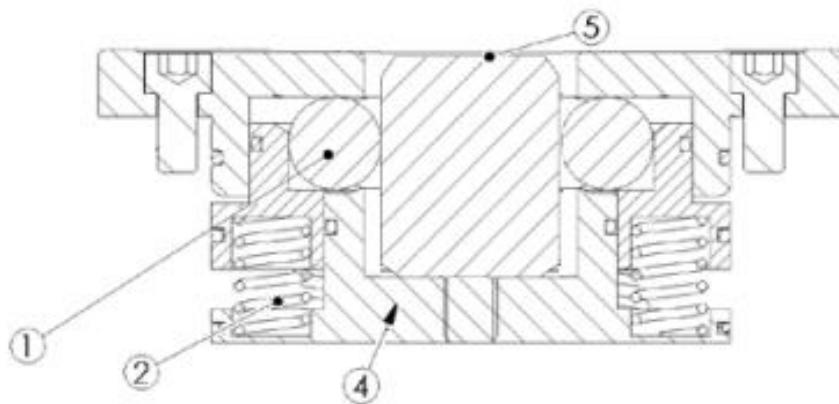


Figure 6.3. Section of Jergens pneumatic model. (Jergens, 2013)

Table 6.2. Jergens characteristics.

Charact.		Insertion force (N)	Retention force (N)	Repeatability (mm)	Maximum diameter (mm)
Devices					
Hydraulic	K10	10000	25000	< 0,005	78
	K20	20000	55000	< 0,005	112
	K40	40000	105000	< 0,005	148
Pneumatic	K10	8000	25000	< 0,005	78
	K20	17000	55000	< 0,005	112
	K40	30000	105000	< 0,005	148



6.3 Vischer & Bolli

General Vischer and Bolli devices:

- Safe 20
- Safe 30
- Safe 50

These mechanisms are clamped mechanically and are released hydraulically.

- Clamping: is activated mechanically.
 - The hydraulics are de-pressurized, the oil pressure drops to 0 bar.
 - The spring pre-load is applied via the piston **2**, the piston moves downwards. The fit is aligned, the retractable nipple **4** highly precisely positioned.
 - The collet lock **6** positively positioned between piston and retractable nipple in the related contour.
 - The pre-load on the springs **1** now acts downwards directly and constantly on the retractable nipple.
- Releasing: is activated hydraulically.
 - Hydraulic pressure is applied to the piston **2** and the piston moves upwards. The springs **1** are compressed.
 - The collet lock **6** moves outwards to the parking position.
 - The retractable nipple **4** moves into the fast closing clamp until it is in contact with the base of the piston.
 - The retractable nipple **4** is pre-positioned.

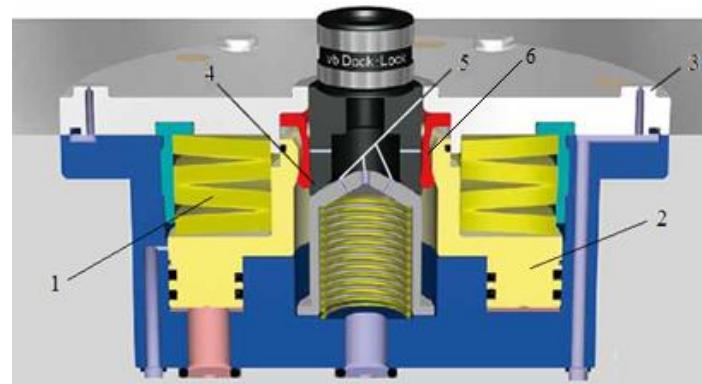


Figure 6.4. Section of Vischer and Bolli hydraulic Safe model. (Vischer & Bolli, 2013)



Table 6.3. V&B characteristics.

Charact. Devices	Insertion force (N)	Retention force (N)	Repeatability (mm)	Maximum diameter (mm)
Safe 20	12500	40000	< 0,005	112
Safe 30	20000	60000	< 0,005	160
Safe 50	30000	90000	<0,005	190

6.4 Devices comparison

The purpose of this paragraph is to realize a comparison about the technical specifications devices, comparing similar sizes.

Table 6.4. Technical specifications.

Device Specific.	Speedy classic 2	Jergens K20	Jergens K20	V&B Safe 20
Insertion force (N)	6700	20000	17000	12500
Retention force (N)	25000	55000	55000	40000
Maximum diameter (mm)	105	112	112	112
Repeatability (mm)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Releasing system	Hydraulic	Hydraulic	Pneumatic	Hydraulic
Release pressure (bar)	35-40	50-60	8-12	70
Height (mm)	40	50	50	45
Weight (kg)	2,5	2,7	2,6	-

Comparing the four previous models of the table we can see how Jergens have the major retention force for similar diameters and height.

The principal specifications of Speedy Classic model are fewer than the Jergens and V&B, we can observe like retention force is minor the release pressure is minor too.



7. TOOL DESIGN

From the patents and market research next step is start to design the workholding device.

There are two important design groups of devices, the flush mount and surface mount. The designed device is included in the surface mount group. The device is working by pneumatic drive. With the design the objective is to reproduce a mechanism with easy maintenance, good staunchness and clamping force with a simple structure.

7.1 Components device description

The device is composed for two main covers, the top and under cover, the under balls housing, balls, springs housing, pneumatic fitting, nipple, screws, o-ring seals and support rings.

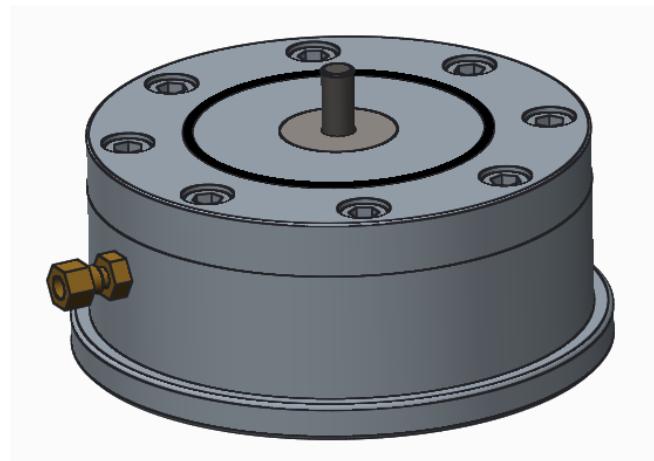


Figure 7.1. Assembly workholding device.

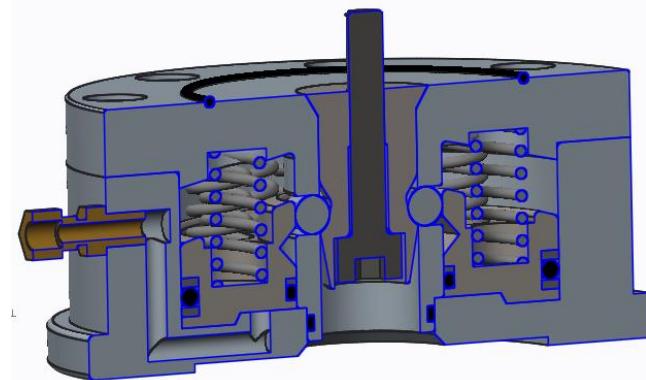


Figure 7.2. Section of designed device.

▪ Under cover

Is one of the external components of the device, the cover is made with stainless steel AISI 440 B, a high carbon martensitic stainless with moderate corrosion resistance good strength and the ability to obtain and keep excellent hardness (Rc 58) and wear resistance.

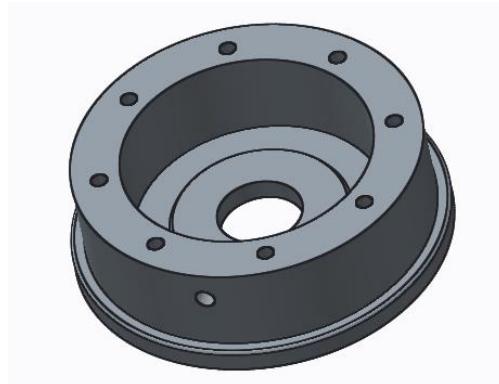


Figure 7.3. Under cover

The under cover has a cylindrical form with a tick wall to maintain the air pressure inside there and be rugged component cause has to support the workpieces weight and machining forces. Also the wall has to be tick cause has to allow the pneumatic fitting 1/8" and the air duct of 4 mm diameter.

In the center has a circular hole to allow the under balls housing adjusted by pressure.

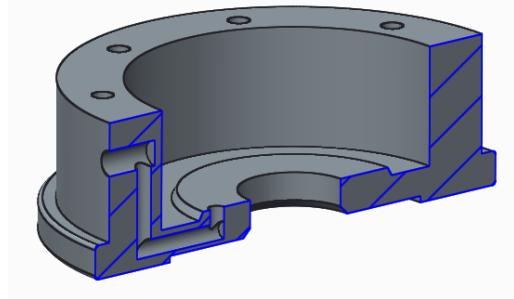


Figure 7.4. Under cover section.

- **Top cover**

Top cover is made with stainless steel AISI 440 B. Around the external diameter has eight holes all over to allow the locking screws between the two covers. In the external surface around the medium diameter has a slash to allow a o-ring seal to establish contact between the workpiece and the workholding device, also the o-ring will protect about the internal space of the direct contact with the coolant liquid during machining.

In the center has a circular hole to allow the nipple entrance, also the circular hole has a conical slash to guide the entrance of the nipple to the device and when the nipple is inside the device with the conical slash we get more settling of the workpiece and prevent of disturbances.

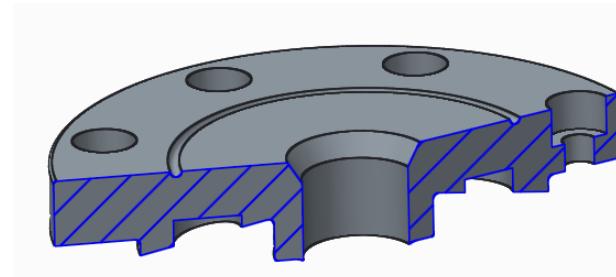


Figure 7.5. Top cover section

In the internal surface, about the medium diameter it has twelve cylindrical slashes to allow the internal springs of 12 mm of diameter, the finality of the springs are to clamp the nipple and transmit the retention force.



The top cover has an internal surface which is in contact with the locking balls, this slide surface has a circular slash to stop the radial free movement of the balls.

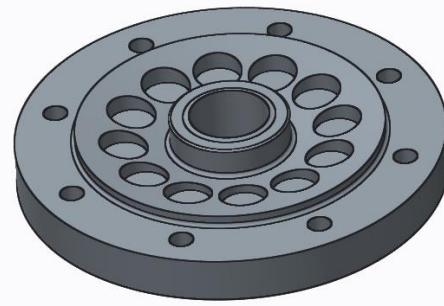


Figure 7.6. Top cover bottom view.

▪ Springs housing

The springs housing is an internal component of the device, it has twelve cylindrical slashes like top cover to allow the internal springs too, they have to be mounted alienated.

The springs housing are free of linear movement between the internal surface of the under cover and the external surface of the under balls housing.

The springs housing has two slashes, one in the internal surface and other in the external, the purpose of the slashes is allow the o-ring seals and the support rings to establish the contact with the surfaces and at the same time with the rubber o-ring seals it is possible to obtain air staunchness when the air compress the springs to release the nipple.



Figure 7.7. Springs housing.

Also the springs housing has another conical internal surface to allow the balls when the nipple has to be released, the conical form is to facilitate the mudslide of the balls and make a progressive movement during the clamping and releasing of the nipple.

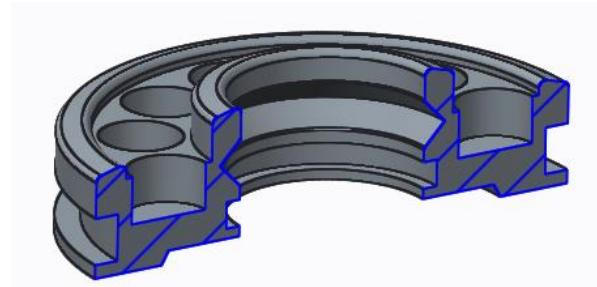


Figure 7.8. Springs housing section view.

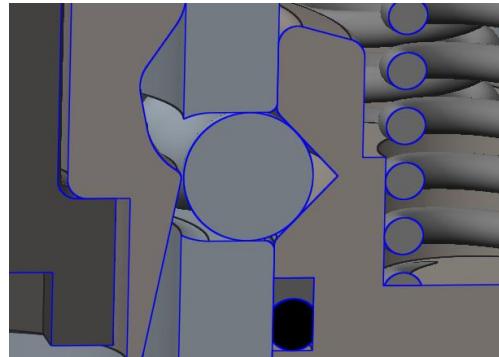


Figure 7.9. Detailed view of releasing balls position.

▪ Under balls housing

The under balls housing has to principle purposes, one is to allow the balls on the top surface, it has the same slash like the top cover, to lock the radial free movement of the balls. The other is to guide the linear movement of the springs housing during the compression and extension of the springs.

The under balls housing has a smaller step to be locked inside the under cover by pressure, also it has a slash to allow the o-ring seal to obtain air staunchness, in this case it is not necessary to allow a support ring cause this is not a mobile part.

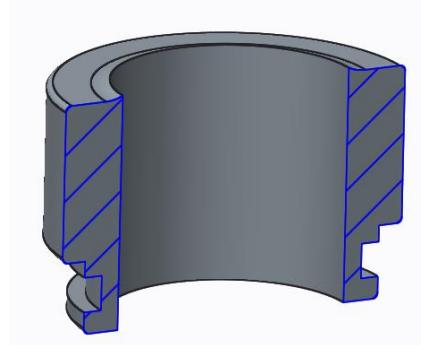


Figure 7.10. Under balls housing section.

- **Nipple**

The retractable nipple has a cylindrical form with different slashes. The extreme has a conical form to facilitate the guide entering to the device, the next slash is with the circumferential balls form with the purpose to block the nipple in the device when the balls adjusted inside there.

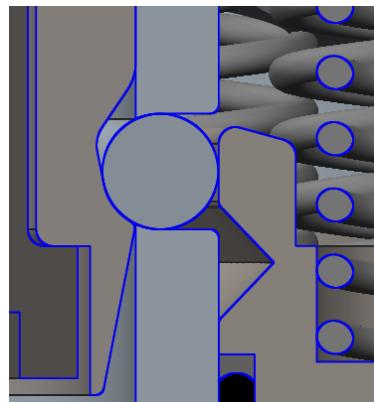


Figure 7.11. Detailed view of clamped nipple.

The other extreme has a conical slash to adjust with the top cover. Also the nipple has a cylindrical hole to allow the fixing screw between the workpiece and the workholding device.

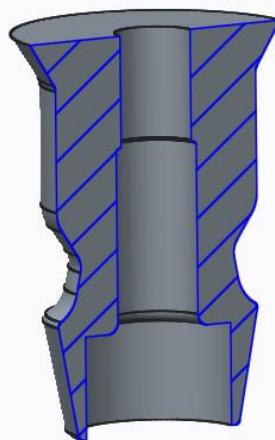


Figure 7.12. Nipple section.

7.2 Standards design

▪ **Surface roughness**

For the surface roughness the standards design are:

$R_a = 0.8$ for all the movement surfaces.

$R_a = 0.8 - 1.6$ for the statics surfaces.

Principal movement surfaces:

- Between external nipple surface and the internal hole of the top cover.
- Between the balls and the slide surfaces of top and central under cover.
- Between the springs housing and the internal hole of the under cover, and the external surface of the central under cover.

In general, all the other surfaces are statics.

▪ **Tolerances**

The most important tolerances of the piece manufacturing are indicated in the planes, tolerances between:

- The nipple (g5) and the top cover (H6).



- The springs housing (g5) and the under cover (H6).
- Central cover (j6) and under balls housing (H6).
- Socket springs (H10) and springs.
- Top cover (H6) and central cover (H6) with the balls.



8. REFERENCES

- **Tool and Manufacturing Engineers Handbook.** Third edition. Daniel B. Dallas. Mc Graw Hill.
- **Fundamentals of Machining and Machine Tools.** Second edition. Boothroyd G., Knight W.A. Marcel Dekker, 1989.

- <http://www.vb-tools.com/>
- <http://www.vanel.com/>
- <http://www.amf.de/en/home/>
- <http://www.google.com/patents/>
- <http://www.interseal.com/>
- <http://www.carrlane.com/>
- <http://www.tormach.com/>
- <http://www.schunk.com/>
- <http://www.stark.com/>
- <http://www.jergens.com/>
- <http://www.epidor.com/>

