

DISPOSITIVOS DE SUJECION PARA MAQUINAS HERRAMIENTAS CNC

FUNDAMENTOS GENERICOS DE DISEÑO



**DIVULGACION
TECNOLOGICA**



Servicio Nacional
de Aprendizaje



Universidad Nacional
de Colombia

ING. ERNESTO CORDOBA NIETO



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

621.902
5474d
EJ. 1

DISPOSITIVOS DE SUJECION PARA MAQUINAS HERRAMIENTAS CNC

FUNDAMENTOS GENERICOS DE DISEÑO

Ing. ERNESTO CORDOBA NIETO

Profesor Departamento de Mecánica Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Colombia

Convenio SENA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Centro Nacional Colombo Italiano SENA - Regional Bogotá y Cundinamarca.
Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Colombia

1991



Autor: Ing. ERNESTO CORDOBA NIETO
Editor: Convenio - SENA - UNIVERSIDAD NACIONAL
Diseño, diagramación e impresión: CASSA CREATIVA
Fecha de Publicación: Noviembre de 1991
Número de ejemplares: 1.000

Equipo de Dirección Coordinación:

Ing. Ernesto Córdoba Nieto
Ing. Fernando Mejía Umaña
DIRECTORES PROYECTOS-U.N.

Ing. Alvaro Becerra
DIRECTOR PROYECTO-SENA

Ing. Jaime Ramírez Guzmán
COORDINACION OPERATIVA DE PROYECTOS-SENA

Equipo de Investigación y Desarrollo:

Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Colombia

Ing. Jairo Alberto Araque González
Ing. Libardo Montaña Ramírez
Ing. Hernando Rodríguez Rodríguez
PROYECTO: DISPOSITIVO DE SUJECION PARA UNA
CELULA FLEXIBLE DE MANUFACTURA ISLA "COMAU"

Ing. Héctor Hugo Castañeda Cruz
Ing. Demetrio Medina López
PROYECTO: DISPOSITIVO PORTAPIEZAS PARA
FRESADORA "OERLIKON" CNC

Ing. Francisco Roberto Narváz Arévalo
PROYECTO: DISPOSITIVO BASCULANTE PORTAPIEZAS
UNIVERSAL, CENTRO DE MAQUINADO CNC "MANDELLI"

Ing. Raúl Conti
PROYECTO: MESA POSICIONADORA X-Y PARA APLICACION
EN PROCESOS METALMECANICOS

Equipo de Apoyo:

Centro Colombo Italiano SENA

Ing. Henry Pineda Pacheco
ing. Nelson Carrillo Rangel
ing. Ariel G. Másmela Abaunza
GRUPO DE MAQUINAS

Ing. Alvaro Becerra Reyes
ing. Germán Andrés Garnica Gaitán
DISEÑO CAD/CAM, INDUSTRIAL Y
PROGRAMACION AUTOMATICA

Sr. Piazorny Rodríguez Salazar
JEFE DEL AREA DE PRODUCCION

Sr. Mario Suárez Riaño
Sr. Iván R. Rodríguez Camacho
TECNICOS ESPECIALISTAS EN M.C.N.C.

Derechos reservados:

Convenio SENA - Universidad Nacional

Prohibida su reproducción total o parcial sin autorización previa de las entidades

FE DE ERRATAS

- PG. 8 Renglón 7: *Metalmecánicas*
- PG. 11 Ilustración 1: Reglaje de *piezas* - (*LINEA* por LUNEM)
- PG. 17 Renglón 10: *según* el ángulo (ilustración 6)
- PG. 19 Renglón 4: reglaje *tecnológico*
- PG. 21 Renglón 18: Si la pieza *está* en bruto
- PG. 21 Renglón 28: subtítulo... DE LOS *DISPOSITIVOS*
- PG. 25 FALTA 5: (5. *Bloque guía*)
- PG. 27 Renglón 6: con *pasadores* de precisión (ilustración 14 - subtítulo)
- PG. 27 último Renglón: son de *micras métricas* (μ_s por mm.)
- PG. 29 Renglón 4: *materialización* (ilustración 16) escuadra *guía* (ilustración 17)
- PG. 30 último Renglón: *Ilustración 19*
- PG. 33 Renglón 6: corregir fórmula así:
 $T_{pieza} = T_{princip.} + T_{aux.} + (T_{prepar.} \text{ Tecn.})/n$
- PG. 35 Renglón 2: *computarizado* (ilustración 22 -ilustración 23)
- PG. 35 último Renglón: *Stuttgart* - R.F.A.
- PG. 39 Renglón 11: XT, YT, ZT, *Parámetros*
- PG. 40 Renglón 4: *dieciséis*
- PG. 41 Renglón 8: *mejorar*
- PG. 48 Renglón 5: Características de *las* máquinas utilizadas
- PG. 49 (ilustración 38): $V = 1.1 \frac{L}{m}^3$. (no separar la unidad del número)
- PG. 50 Renglón 8: *alesar* en lugar de alisar
- PG. 51 Renglón 32: corregir frase así: *del husillo de vertical a horizontal y viceversa*
- PG. 51 último Renglón: suprimir: *A los elementos*
- PG. 54 primer Renglón: Módulo sistema *rótula*
- PG. 56 fotografías de: Prototipos funcionales, Primer dispositivo (derecha) LEASE ASI: *DISPOSITIVO FORKARD MONTADO SOBRE ESFERAS PARA OFRECER MAYOR PRECISION Y REPATRONAMIENTO.*
- PG. 57 último Renglón: *diseño* funcional
- PG. 59: El Párrafo (En A está armado...) - no corresponde con gráficos...faltan las letras de gráficos correspondientes,

léase:

A	B
C	D

PG. 61 (ilustración 60):... EN EL DIVISOR BASCULANTE EN UNA SOLA...
COLOCACION

PG. 62 (ilustraciones 64/66): No trae la línea demarcada en otras ilustraciones

PG. 64 Renglón 1: *adicionales*

PG. 68 Renglones 18/19 - falta guión de separación: *pris-mas con-tacto*;

PG. 79 (Repite frase): **ELIMINAR PRIMER RENGLON COMPLETO**

PG. 86 (ilustración 89): para *el* centro de mecanizado

PG. 90 FUERZA CENTRIFUGA: corregir fórmula así, ($F_c = mr\omega^2$)

PG. 92 Renglón 2 (Figura 86) - no corresponde al cálculo de referencia

ELIMINAR FRASE: *ilustradas en la figura 86)*

PG. 95 Renglón 7: 100 m/min: Eliminar símbolo (ν) al final del renglón

PG. 95 Renglón 12 fórmula: $e = 1.62 \times 10^{-2} \text{ mm}$

por $a = 1.62 \times 10^{-2} \text{ mm}$

Agradecimientos

Se hace un reconocimiento muy especial al Ingeniero CAMPO ELIAS RODRIGUEZ ESPINEL. Director Fundador del Centro Nacional Colombo Italiano y gestor de la idea motivo de estos proyectos de investigación.

A la Empresa del Sector Industrial Colombiano a quienes va dirigido el desarrollo posterior de estos proyectos, los cuales sin su aporte y participación serán muy difícil implementarlos, como Dispositivos de Aplicación Industrial.

A las empresas SIEMENS, KAPITOL, CONALVIDRIOS, IMOCON, INCOLBESTOS, INDUMIL, a quienes hemos consultado y tomado como referencia para posteriores aplicaciones.

Finalmente a todas las personas que de una u otra forma han venido colaborando en la realización de este estudio.

TABLA DE CONTENIDO

I		
PLANTEAMIENTOS BASICOS.		9
II		
IMPORTANCIA DE LA LOCALIZACION Y LA REFERENCIACION TECNOLOGICA DE LAS PIEZAS.		13
III		
TRATAMIENTO APLICADO Y PRACTICO EN EL DISEÑO DE DISPOSITIVOS.		19
IV		
LA PRODUCTIVIDAD Y LOS DISPOSITIVOS EN LA METAL MECANICA.		33
V		
ALGORITMO PARA EL DISEÑO DE DISPOSITIVOS MODULARES CON AYUDA DEL COMPUTADOR.		37
VI		
DISEÑO DE DISPOSITIVOS PARA MAQUINAS HERRAMIENTAS CNC DEL CENTRO NACIONAL COLOMBO ITALIANO.		41
VII		
DISEÑO DE DISPOSITIVOS DE SUJECION PARA UNA CELULA FLEXIBLE DE MANUFACTURA.		67
VIII		
APROXIMACION DE CALCULOS Y DETALLE DE LOS DISPOSITIVOS DISEÑADOS.		88

MOTIVACION GENERAL

La reestructuración tecnológica debe tender hacia la racionalización y el reajuste del entorno productivo con el propósito de elevar substancialmente la competitividad y la eficiencia de la industria Colombiana. Esto significa perfeccionar las cadenas productivas y sus correspondientes articulaciones en el sentido vertical y horizontal con la finalidad de moldear su permeabilidad hacia las nuevas tecnologías informatizadas.

Por su lado el sector de Bienes de Capital y la industria metalmecánica en general, ha sido a nivel internacional uno de los entornos industriales con mayor grado de aplicación y desarrollo de las nuevas tecnologías automatizadas e informatizadas, en virtud de los elevados índices de productividad y de calidad con que se deben ejecutar los procesos de diseño, innovación y fabricación de maquinaria, equipos, instrumentos y bienes intermedios.

Los países desarrollados en atención a la anterior característica dinamizadora y estratégica, han reordenado su estructura productiva de los Bienes de Capital con la finalidad de responder a las nuevas condiciones competitivas del mercado mundial de maquinaria y equipos. Por esta razón en los países post industrializados se han realizado altas inversiones en investigación y desarrollo tecnológico a fin de introducir en forma sistemática las nuevas tecnologías de base informatizada en Automatización Industrial.

En la América latina y en nuestro mismo país la tendencia de reestructuración no tiene iguales parámetros de referencia. Por el contrario, las inversiones dirigidas al reajuste, la modernización y la innovación tecnológica están a la espera de cristalizarse en el mediano plazo. Por este evidente desfase en las políticas de reestructuración, se hará mas profunda la dependencia de nuestros países en materia de ingeniería y de tecnología foránea.

Recientes estudios sobre el estado tecnológico y la reestructuración de la Industria Colombiana metalmecánica, la Agroindustria, el sector textil y de confección, la industria del cuero y del calzado, el sector automotriz y el reordenamiento de la pequeña y mediana industria, ponen de relieve la problemática tecnológica del aparato productivo Colombiano.



De manera específica y a partir de dichos estudios se infiere que, para fundamentar una adecuada transferencia de tecnología de base informatizada, es imprescindible armonizar el proceso del adelanto y la reestructuración tecnológica con las necesidades configuradas por la realidad productiva de nuestra industria nacional.

El anterior hecho tecnológico será más relevante, en la medida que se modernicen las máquinas herramientas en la perspectiva del CNC y, simultáneamente, haya una marcada cualificación en el diseño de los procesos metalemecánicos.

Es necesario constatar que, por lo general, el tiempo de reacondicionamiento tecnológico de las máquinas herramientas CNC es elevado en comparación con su tiempo útil productivo.

Estas pérdidas por el alistamiento tecnológico de los equipos son provocadas por los cambios del programa operativo de computador y por el reordenamiento de las herramientas de trabajo en el respectivo magazin. Igualmente, tienen particular incidencia en los tiempos improductivos todos los trabajos dirigidos al patronamiento y la reconfiguración tecnológica de los dispositivos portapiezas.

Las tareas del repatronamiento durante la fabricación de piezas pueden obviarse si los elementos de orientación, posicionamiento y de apoyo mantienen invariable su disposición geométrica en el espacio operativo demarcado por las coordenadas tecnológicas de la máquina herramienta. Esto significa que la cadena de cotas que definen el dimensionamiento tecnológico de las superficies maquinadas y de la pieza, permanecen inmodificables. Por ello desaparece la necesidad de repatronar "el nuevo cero (0)" cuando se va a elaborar la siguiente pieza. En este evento, lo único que se requiere reajustar son los elementos de apriete y fijación de la pieza.

Precisamente por considerar de vital significación tecnológica el desarrollo de sistemas periféricos para las Máquinas Herramientas CNC, en el marco del Convenio SENA - Universidad Nacional de Colombia se han estructurado varios trabajos relacionados con el diseño y la fabricación de dispositivos modulares portapiezas para Máquinas Herramientas CNC.

I **IMPORTANCIA DE LA LOCALIZACION Y LA REFERENCIACION TECNOLOGICA DE LAS PIEZAS**

La eficacia operativa de las máquinas herramientas CNC en buena medida depende del tipo de dispositivo portapiezas. Los requerimientos funcionales básicos en el diseño de los dispositivos portapiezas son:

1. Realización precisa del esquema establecido para el Basamento Posicional Tecnológico de la pieza.
2. Invariabilidad de la referenciación y la orientación posicional de la pieza durante el maquinado.
3. Precisión en el patronamiento de la pieza con relación a las coordenadas de la máquina herramienta.
4. Logro de la productividad requerida en el proceso de manufactura.

Por su parte la materialización constructiva del dispositivo se relaciona con:

- Acertada selección de la forma y la ubicación de los elementos utilizados para la colocación y la referenciación tecnológica.
- Adecuada escogencia de los elementos de apriete o de agarre al igual que la definición del valor óptimo y del punto de aplicación de las fuerzas de sujeción.

En todo ello, lo fundamental es el cierre del anillo de fuerzas en el dispositivo.

- Elevada optimización del modo de ubicación de los elementos de localización tecnológica y de los actuadores de apriete en la estructura mejorada del dispositivo.
- Gradual asimilación de la automatización en el manejo y la operación del dispositivo con el criterio de alta flexibilidad tecnológica.
-

Es importante resaltar que entre los anteriores requerimientos de diseño el más sobresaliente y decisivo es :

La realización precisa del esquema establecido de localización y referenciación tecnológica de la pieza maquinada.

No obstante, este principio fundamental del diseño de dispositivos comúnmente no es bien interpretado. Más bien, se interpreta como la dominante existencia de una amplísima variedad en los modos de colocación de referenciación tecnológica de las piezas, lo cual induce al diseño y la fabricación de una elevada e inoficiosa variedad constructiva de dispositivos deficientes.

Afortunadamente con el nuevo enfoque de la tecnología y el diseño modular, se han podido establecer los criterios que definen la selección y la ubicación de las superficies que pueden utilizarse como bases tecnológicas de localización y referenciación de la pieza. De esta manera se ha determinado que la referenciación y la localización de la pieza en el sistema de coordenadas de la máquina herramienta, es configurada con la síntesis combinatoria de tres elementos geométricos básicos:

EL PLANO

LA LINEA

EL PUNTO

Ahora bien, debe ser claro que la correspondiente materialización de los tres patrones geométricos de referenciación y localización tecnológica de la pieza (plano, línea, punto) solo es posible realizarla con la utilización apropiada de los elementos de orientación, posicionamiento y de apoyo de la pieza en el dispositivo.

La anterior situación de la localización y reglaje tecnológico con la aplicación de los elementos geométricos básicos, se puede exteriorizar para el evento de la referenciación tecnológica de la pieza con base en la utilización del patrón geométrico de la LINEA.

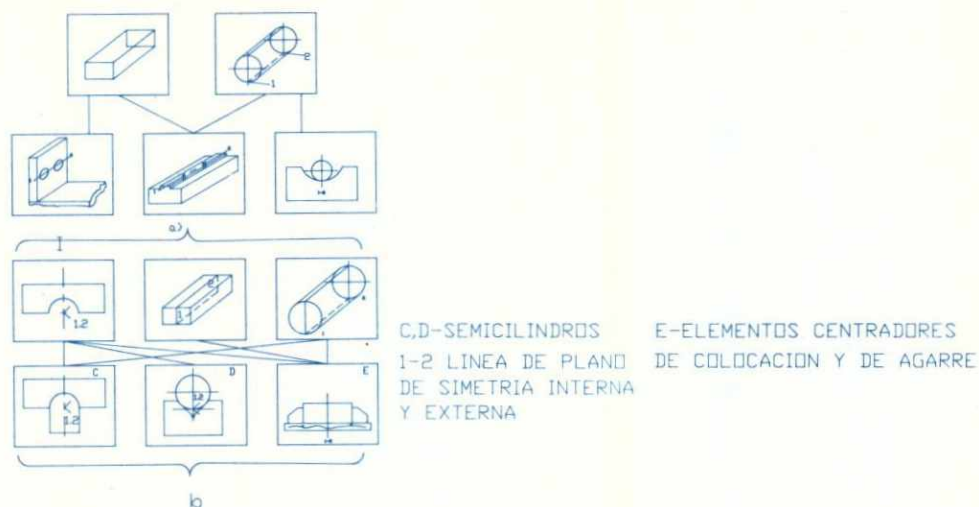


Ilustración 1. Reglaje de pliegos metalmecánicos mediante el patrón geométrico de la LUNEM. 1, Línea, a) Superficie real, b) Plano de simetría.

A partir del ejemplo que ilustra las distintas configuraciones utilizadas para la referenciación tecnológica de la pieza, con base en el elemento geométrico de la línea, se comienza a discernir que:

El principio modular del diseño de los dispositivos posibilita eliminar la diversidad inoficiosa de versiones constructivas.

El carácter modular de los dispositivos es originado por las combinaciones de los tres tipos de bases geométricas que permiten reproducir la referenciación y el reglaje de la pieza.

Por su parte las tres bases geométricas pueden manifestarse en forma encubierta o tangible y a partir de ello, se establecen dos variantes constructivas principales:

1. CON EL PLANO: Ramifica dos versiones:

La superficie real de basamento y el plano de simetría.

2. CON LA LINEA: Ramifica 2 versiones similares.

En el trabajo de diseño aplicado de los dispositivos modulares, se ha logrado establecer la síntesis de las posibles combinaciones utilizadas para la localización y el reglaje de las piezas metalmecánicas en las máquinas herramientas CNC.

P1L1P01; P1L2P01; P1L1P02

P1L2P02; P2L1P01; P2L2P01

P2L1P02; P2L2P02; P1P03P01

P1P03P02; P2P03P1; P2P03P01

P2P03P02; L3P01P01; L3P01P02;L3P03

P. Plano; L - Línea; P0 - Punto

1. Superficie real
2. Plano de simetría
3. Eje de simetría

III

PLANTEAMIENTOS BASICOS

Ya se ha anotado la fundamental incidencia del sistema de localización y basamento en la precisión del producto, la estructura de los tiempos y los movimientos y la productividad del proceso. Por esta razón, es conveniente diferenciar los componentes que estructuran el conjunto de los errores originados por la colocación tecnológica de las piezas manufacturadas en los correspondientes dispositivos. La colocación y el reglaje tecnológicos permiten obtener la adecuada orientación de la herramienta respecto a la pieza y de esta manera se procede a la ejecución del proceso de manufactura.

Los errores de colocación están conformados por los siguientes elementos:

EB = Error del basamento y la referenciación tecnológica de la pieza en el dispositivo.

ES = Error por sujeción o apriete de la pieza.

ED = Error sumatorio proveniente por la disposición de la pieza en el dispositivo y en virtud del desgaste de los elementos de trabajo del aditamento tecnológico.

Error del Basamento y la Localización Tecnológica

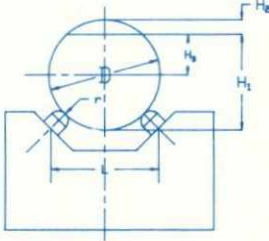
BASAMENTO	ESQUEMA DE COLOCACION	MEDIDA DE CONTROL	ERROR DE BASAMENTO
SOBRE APOYOS ESFERICOS DEL PRISMA		H_1	$A - 0,5\delta_0$
		H_2	$A + 0,5\delta_0$
		H_3	A
			$A = \sqrt{(r + 0,5D_{\min} + 0,5\delta)^2 - 0,5L^2}$ $- \sqrt{(r + 0,5D_{\min})^2 - 0,25L^2}$ <p>L: Distancia entre los centros de los apoyos</p>

Ilustración 2. Esquema para la determinación del error por la colocación tecnológica de la pieza en el dispositivo.

Se originan por la no coincidencia entre las bases de lectura de medidas y la superficie tecnológica de referenciación. Su magnitud se establece por las distancias límites (máxima y mínima), tomadas a partir de la base de lectura dimensional y hasta la referencia del ajuste 0- "a la medida de la herramienta".

Teniendo en cuenta este principio se infiere que no es inocua la búsqueda de bases tecnológicas que se correspondan estrechamente con el sistema de acotamiento. Mas aún, si ello no se logra, se estará permitiendo errores acumulativos en cada nueva operación tecnológica por la que ha de ser sometida la pieza en particular. Y todo ello redundará negativamente en la precisión y la productividad del maquinado.

Con base en estas consideraciones se estructuran dos principios tecnológicos fundamentales en la metalmecánica:

A. Unificación del sistema de Localización.

Consiste en integrar en un solo sistema todo el conjunto de las bases relacionadas con el diseño y la fabricación del producto, a saber:

Bases de diseño, bases constructivas, Bases de lecturas de medidas y Bases tecnológicas. Esta premisa tecnológica se materializa mediante la optimización del diseño del producto y del proceso.

B. Permanencia del sistema de Localización.

Tiene que ver con la determinación de un sistema de bases geométricas para la referenciación tecnológica de la pieza tal forma que se mantenga inmodificable duran-

te toda la manufactura del producto. Este principio es muy importante cuando es imposible satisfacer el postulado anterior de unificación del sistema de localización. La expresión técnica del principio de la permanencia del sistema de referenciación, se ha materializado en el diseño de la nueva categoría de las máquinas herramientas, tales como: los centros de maquinado y los sistemas flexibles de manufactura.

Método de localización 3-2-1, (plano-línea-punto).

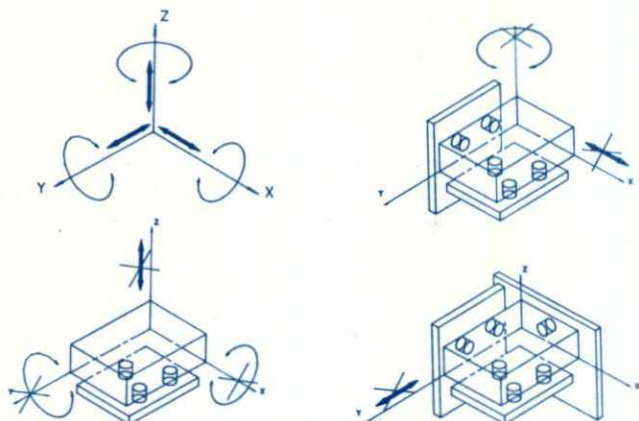


Ilustración 3. Esquema representativo de la supresión de los grados de libertad de la pieza en el espacio cartesiano.

Una pieza en el espacio es libre de moverse en cualquier dirección y tiene 12 posibilidades de movimiento dados por sus 6 grados de libertad. Se puede mover linealmente en cualquiera de los dos sentidos de los tres ejes coordenados X, Y, Z, y puede rotar sobre ellos también, tanto en sentido positivo como negativo. En la figura se ilustran los 6 grados de libertad aplicados a un sólido.

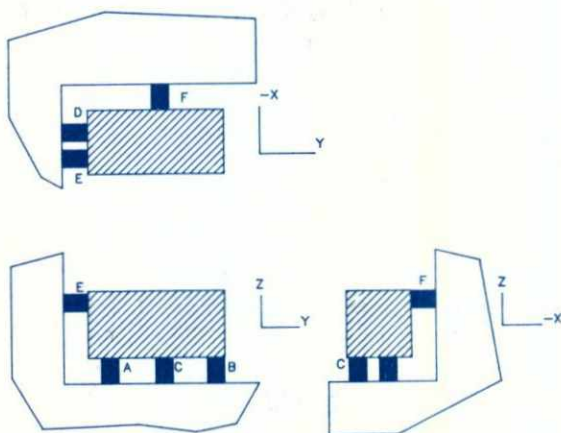


Ilustración 4. Pieza prismática localizada según métodos 3-2-1. o plano-línea-punto

Para localizar una pieza en forma precisa, debe ser confinada o restringida contra cualquiera posibilidad de movimiento en cualquier de los grados de libertad. Cuando esta condición se satisface, se dice que la pieza está precisa y positivamente confinada en el dispositivo portapiezas.

La figura muestra un sólido prismático confinado mediante este método.

Con la colocación de estos seis puntos A,B,C, D, E, F, localizados en seis diferentes lugares, tres en la base definiendo un plano horizontal, dos en una de las caras verticales definiendo una línea y, el último, en un plano perpendicular a los dos planos anteriores, se restringen nueve posibilidades de movimiento. Otras consideraciones distintas a la localización de la pieza de trabajo, pueden afectar el número de puntos localizadores empleados. Por ejemplo, si la operación de maquinado implica la aplicación de una fuerza de magnitud considerable, entonces la pieza puede deformarse por lo cual los elementos de apoyo deben proporcionar un soporte complementario y adecuado contra las fuerzas que actúan sobre la misma.

Principios fundamentales de los puntos localizadores.

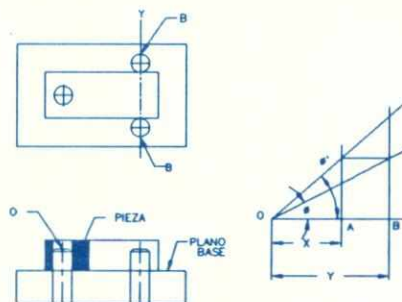
Se consideran en la práctica tres principios básicos que optimizan, en la medida que sean tenidos en cuenta, la precisa localización, orientación, apoyo y sujeción de las piezas metalmecánicas en el dispositivo.

Principio de los puntos localizadores mínimos.

No deben emplearse más puntos de los necesarios para asegurar una colocación en cualquier plano. El método 3-2-1 o plano-línea-punto determina el número mínimo requerido. Si se utilizan más para dar orientación y apoyo debe tenerse cuidado que no impidan la correcta función localizadora del dispositivo portapiezas.

Principio de la posición extrema.

Los puntos localizadores, orientadores, de apoyo y de sujeción (A,A',B,B'), deben ser dispuestos tan separados como sea posible sobre cualquier superficie de la pieza. Así para un desplazamiento dado (x o y), desde un punto a otro, la desviación resultante (d, D) disminuye según aumente la distancia entre los puntos por efecto de la proyección del error, como se ilustra a continuación en la figura.



Al variar la distancia (x,y) al origen O de un punto localizador (A,B), el error introducido, disminuyendo inversamente a la distancia.
 $\phi' - \phi =$ Factor de proyección del error.

Ilustración 5. Izquierda, colocación radial de una pieza por pernos exteriores. Derecha, desplazamiento como un factor en la reducción de la desviación angular.

Principio de los planos mutuamente perpendiculares.

Los puntos localizadores más eficientes son los que se ubican en planos mutuamente perpendiculares. Otras disposiciones son poco recomendables pues presentan dos desventajas:

- La consecuente acción de cuña que tiende a levantar la pieza.
- El desplazamiento del punto localizador o la alteración de la localización debida a algún cuerpo o partícula que, al adherirse a una de las superficies de contacto, introduce un error que eventualmente será incrementado por el efecto de proyección. Ver la figura siguiente:

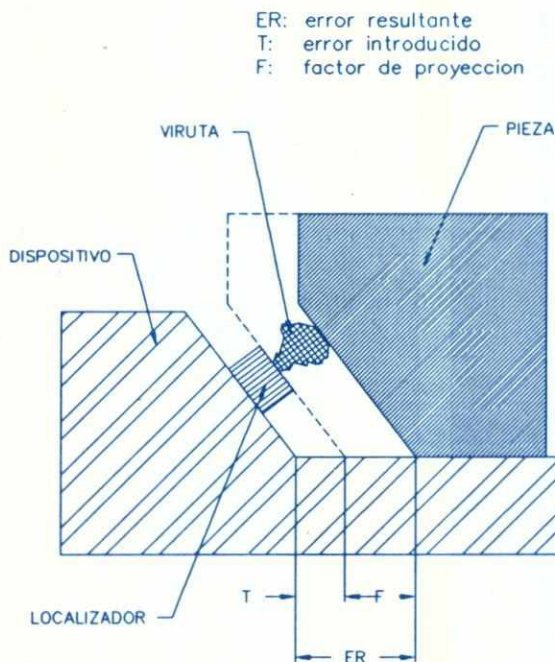


Ilustración 6. Factor de proyección F , es cero cuando las superficies de colocación son perpendiculares y aumenta según el ángulo entre ellas se hace mayor.

Localización de piezas con superficies cilíndricas.

Una localización particular es la que se hace a cuerpos o a piezas que contengan algunas superficies o segmentos de cilindro. La ubicación de un cilindro en posicionamiento en V, proporciona dos puntos para su localización, orientación y apoyo. En la figura se observa esta localización.

El ángulo incluido entre las dos superficies de un localizador en V permite la disposición de secciones circulares de diverso diámetro.

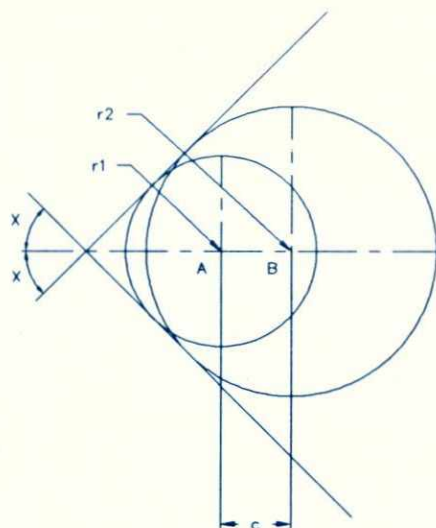


Ilustración 7. Localización de cilindros de varios diámetros en localizadores V

Es importante tener especial cuidado con la limpieza de las cavidades, porque cualquier partícula que permanezca alojada en ella produce una variación en la localización de la pieza introduciendo un error.

III

TRATAMIENTO APLICADO Y PRACTICO EN EL DISEÑO DE DISPOSITIVOS

Es necesario retomar los requerimientos principales que determinan la funcionalidad del diseño de dispositivos portapiezas.

- Lograr precisión en la localización de la pieza en el sistema de coordenadas de la máquina herramienta. Obtener confiabilidad en el reglaje tecnológica de: pieza - máquina - herramienta. Este punto involucra la sumatoria de errores.
- Cerrar el anillo de fuerzas con el fin de garantizar la invariabilidad posicional de la pieza durante el maquinado. En este aspecto es importante la cuantificación de las fuerzas presentes en el corte.

Las anteriores solicitaciones son fundamentales y en especial para las máquinas herramientas CNC, a fin de establecer:

- Diversidad y familias de productos a fabricar.
- Calidad en el maquinado.
- Conjugación con el parque instalado de máquinas herramientas.

Por otro lado, los dispositivos y su relación con la pieza deben atender en detalle:

- Colocación.
- Orientación y direccionamiento.
- Apoyo.
- Sujeción.
- Reajustamiento (distintos tamaños de piezas).
- Repatronamiento (cambio de posición tecnológica de la pieza en la máquina herramienta).
- Modo operativo del dispositivo (manual, motorizado, automático y programado).

Finalmente, recuérdese que la eficiencia de las máquinas herramientas depende de los dispositivos en cuanto a los siguientes aspectos:

- Reglaje y orientación tecnológica en el espacio geométrico de la máquina herramienta.
- Invariabilidad de la referenciación tecnológica de la pieza durante el maquinado.
- Precisión de la posición de las bases de reglaje tecnológico con relación al sistema de coordenadas de la máquina.
- Productividad de maquinado.

REQUERIMIENTOS TECNOLOGICOS DEL DISPOSITIVO.

A través del análisis específico de diseño para cada una de las diferentes piezas metalmeccánicas, se llega a las siguientes condiciones de operación del dispositivo:

- Versatilidad: debe permitir el trabajo de cuatro o cinco caras de la pieza mediante un giro relativo en el dispositivo
- Intercambiabilidad y modularidad: se introduce la posibilidad de ampliar el uso del dispositivo hacia una gama mayor de familias de piezas. La modularidad e intercambiabilidad se relacionan con la diversidad de los elementos constitutivos del dispositivo.
- Definición de la zona de trabajo: sujeto a un peso portante determinado de la pieza (máximo 50 kg) y restringido a unas dimensiones máximas y mínimas de la pieza.
- Tamaño del dispositivo: está en función del volumen de accionamiento o del campo de acción y dada la modularidad del dispositivo, es un factor importante en el diseño.

Rigidez de cada uno de los elementos que lo conforman y del conjunto en general, determina en buena medida la precisión de maquinado.

Definición del problema.

El problema tecnológico fundamental se define como la imposibilidad de ejecutar maquinados de piezas complejas en una sola colocación tecnológica en las máquinas

herramientas. Esta limitación se hace más notoria por criterios de productividad exigidos en las máquinas herramientas de control numérico computarizado (CNC).

Para el logro cabal de los objetivos estructurados en la metodología del diseño de dispositivos, se deben considerar algunos aspectos prácticos de índole técnica y económica.

1. Forma y el uso finales del producto o pieza.
2. La secuencia de montaje.
3. El procedimiento económico de producción.

Forma y uso final del producto.

Conociendo el diseño y el uso final del producto o pieza, se puede determinar su forma, tamaño, peso, durabilidad, material, acabado y tolerancias. Esos factores influyen en la clase de dispositivo requerido.

También es importante conocer el estado en que se encuentra la pieza, (puede estar en bruto o parcialmente trabajada), a fin de lograr un correcto posicionamiento y fijación de la misma.

Cuando la pieza tiene una parte parcialmente trabajada se procura que la fijación y centrado de la pieza en diferentes fases de fabricación sea siempre la misma y, si es posible, orientarla por esta superficie preelaborada. Si la pieza está en bruto debe decidirse, antes de efectuar la operación de mecanizado si se requiere un desbaste previo para que resulte un montaje eficaz, sencillo y seguro.

Secuencia del montaje

El uso de dispositivos de fijación para efectuar las operaciones de montaje no requiere de una secuencia única ni inmodificable. Esta secuencia depende más de la necesidad de garantizar elevada calidad y precisión de la pieza e igualmente de la exigencia de alta productividad. Sin embargo, sea cual fuere la secuencia de montaje, esta debe obedecer a criterios de importancia como son la **precisión**, la **simplificación** de trabajo y la **seguridad**.

COMPONENTES Y ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DE LOS DISPOSITI

Los dispositivos portapiezas se componen de varios elementos que les permiten llevar a cabo el posicionamiento de la pieza en una relación definida con respecto a la herramienta de corte. También garantizan la sujeción de la pieza en oposición a las fuerzas de corte y definen su permanencia en una determinada y precisa localización en la máquina herramienta.

Los elementos constitutivos de un dispositivo portapiezas son:

Los elementos localizadores, que sitúan la pieza en una posición exacta y precisa en el espacio respecto a la herramienta.

- Los elementos direccionadores que pueden orientar la pieza respecto a los movimientos de la herramienta.
- La estructura o cuerpo del dispositivo que soporta las fuerzas y absorbe las vibraciones generadas durante el maquinado.
- Los elementos de sujeción, que agarran la pieza al dispositivo y fijan también el dispositivo a la máquina; actuando contra las fuerzas de corte.
- Los elementos de patronamiento, que permiten el recambio sencillo y preciso, tanto de la posición de la pieza en el dispositivo como de el dispositivo en la máquina.
- Los elementos de transmisión de potencia, que permiten el movimiento solidario de la pieza con el dispositivo, pero sin variar su colocación tecnológica.
- Los elementos de apoyo, que brindan rigidez a la pieza en caso que las fuerzas de corte tiendan a deflectarla.

En la figura siguiente se ilustran los diversos elementos constitutivos del dispositivo para el caso de una prensa sencilla.

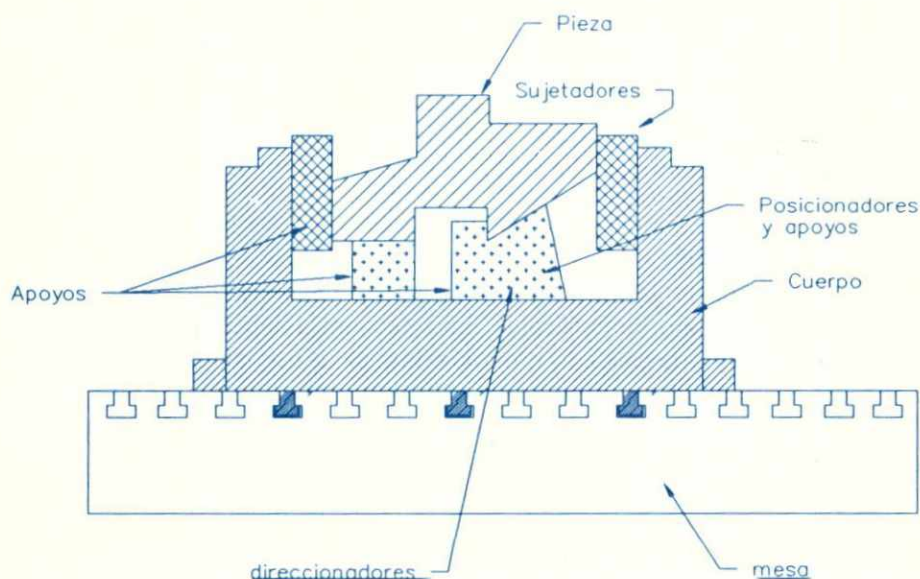


Ilustración 8. Elementos constitutivos de un Dispositivo.

Diseño modular

El problema consiste en definir el procedimiento para fijar las piezas metalmecánicas en máquinas herramientas CNC. Por ello es necesario pensar en dispositivos modulares y con los cuales se puede cubrir una amplia gama de tamaños y formas. De acuerdo con las especificaciones tecnológicas fundamentales que deben satisfacer los dispositivos, es posible configurar las respectivas etapas de su diseño.

ESPECIFICACIONES GENERALES DEL DISEÑO DEL DISPOSITIVO MODULAR

- Modularidad
- Universalidad
- Posibilidad de modificaciones
- Posibilidad de montaje de varias piezas
- Reducción del tiempo de trabajo
- Elevada rigidez
- Evita vibraciones
- Intercambiabilidad
- Capacidad de variar condiciones de trabajo
- colocación y basamento
- Precisión
- Materiales a utilizar de adecuadas propiedades
- Agarre seguro
- Posibilidad de automatización
- Facilidad de reparatronamiento
- Mínimo error
- Garantía de cierre de anillo de fuerzas

Tabla 1.

El uso de los sistemas modulares abarca los trabajos en los Tornos y Fresadoras CNC, en los Centros de Mecanizado, en las Células de Producción y en los Sistemas Flexibles de Manufactura, hasta llegar a su empleo en los equipos de medición y reglaje de herramienta.

La precisión del trabajo metalmecánico en los sistemas modulares varía en el intervalo de 0.008 a 0.050 mm.

Los dispositivos modulares de fijación son normalmente construidos con el sistema de cavidad o con el sistema de agujero de retículo (red y agujeros).

Es importante precisar el alcance de los principales parámetros funcionales del diseño de los dispositivos modulares.

MODULARIDAD

La tecnología modular tiene su fundamento en el agrupamiento de las piezas y los procesos de mecanizado de acuerdo con la similitud de su diseño funcional. De esta manera se genera una similitud en los requerimientos de fabricación que a su vez, exige la semejanza entre los procesos de manufactura y también permite unificar los montajes de localización de las piezas, evitando así la existencia de diferentes versiones constructivas de dispositivos que pueden cumplir el mismo objetivo funcional.

REPATRONABILIDAD

Se define como la facilidad, rapidez y precisión de reglaje de los dispositivos en las máquinas herramientas y la colocación de las piezas en los dispositivos, de tal forma que puedan apropiarse las coordenadas de la máquina. Esta característica permite la reducción de los tiempos muertos, al disminuir considerablemente los tiempos de montaje, y elimina los tiempos de patronamiento del dispositivo en la máquina herramienta.

UNIVERSALIDAD

Esta característica está definida por el número de combinaciones posibles, de los puntos, ejes y planos de referenciación. Entre más combinaciones sea posible realizar empleando un dispositivo este tendrá un grado mayor de universalidad. En las figuras se dan algunos ejemplos y se observa como los grados de libertad que puede tener un dispositivo determinan nuevos elementos de referenciación y por lo tanto, incrementan las combinaciones posibles entre los mismos.

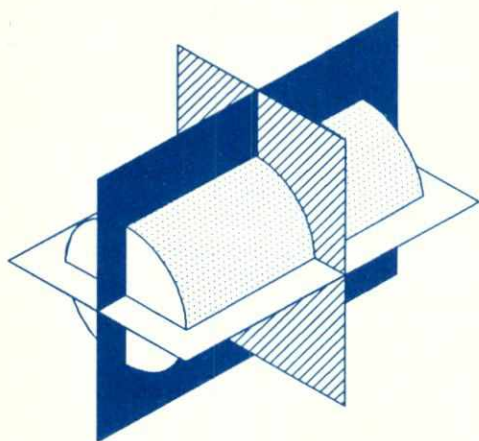
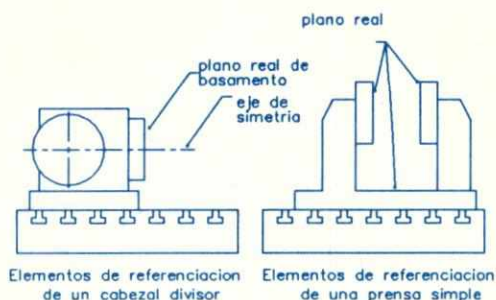


Figura 9. Planos, ejes y puntos de simetría de un cilindro.



Ilustr. 10. Elementos de referenciación de dos dispositivos portapiezas.

Por otra parte debe tenerse presente que, los elementos geométricos utilizados para la localización de la pieza con el dispositivo, como son, los planos, líneas y puntos reales o tangibles, conforman físicamente al dispositivo, y los imaginarios o intangibles quedan definidos implícitamente por la colocación de la pieza en el dispositivo.

En resumen se puede inferir que un dispositivo portapiezas para máquinas herramientas CNC, debe cumplir con las características de universalidad, modularidad y reparabilidad para servir apropiadamente al nivel de esta tecnología.

Todos los elementos constitutivos del sistema modular son cementados, templados y rectificadas y tienen un error máximo de fabricación de 0.01 mm. Para la sujeción de la pieza se utilizan actuadores excéntricos y roscados.

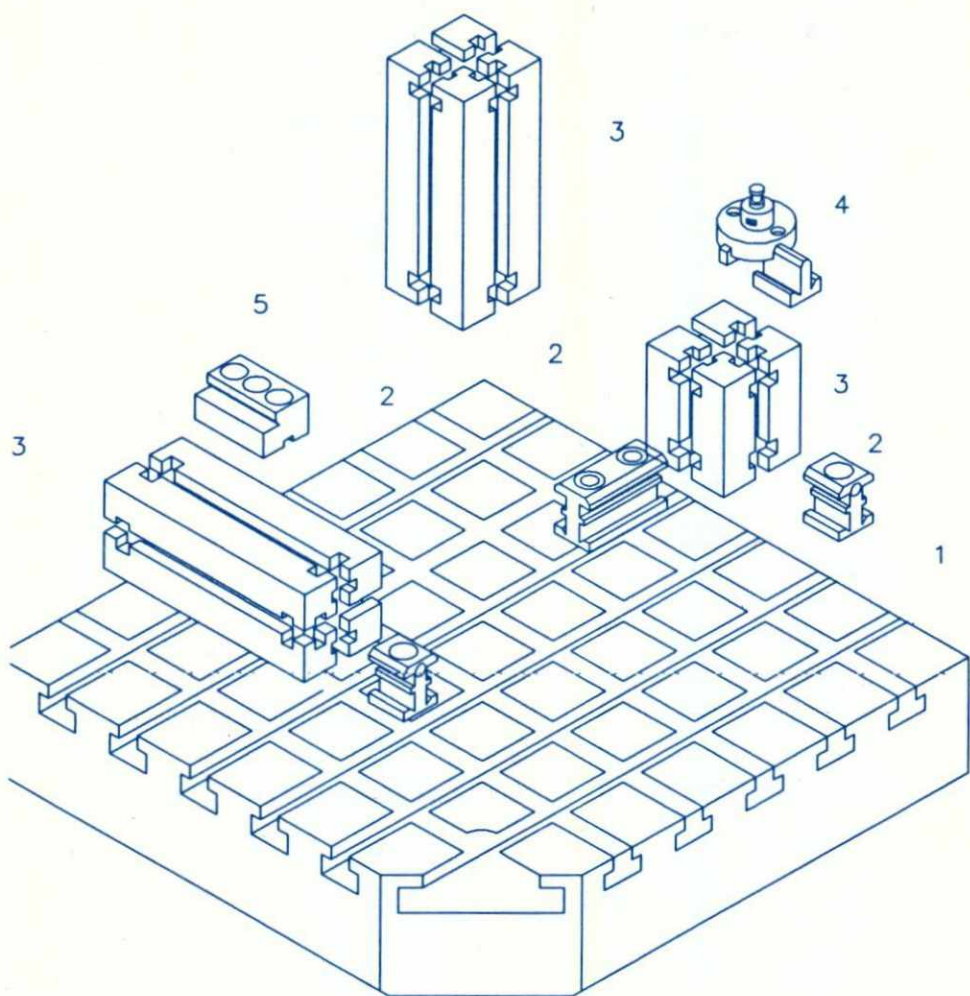


Ilustración 11 Dispositivo modular SISTEM 40 para fresadora y centros de mecanizado CNC. Desarrollado por la firma HALDEX (R.F.A.)

1. Placa portanteranurada
2. Bloque de fijacion de los elementos del sistema tipo "Doble T"
3. Bloque prismáticos con ranuras en "T"
4. Plato divisor de ajuste del "O"

POSICION TECNOLÓGICA

Se procede a obtener las correspondientes proyecciones de las piezas prismáticas en atención a su tamaño, con el propósito de definir los esquemas mas apropiados para su correspondiente posicionamiento y localización tecnológica en el dominio de las coordenadas operativas de la máquina herramienta.

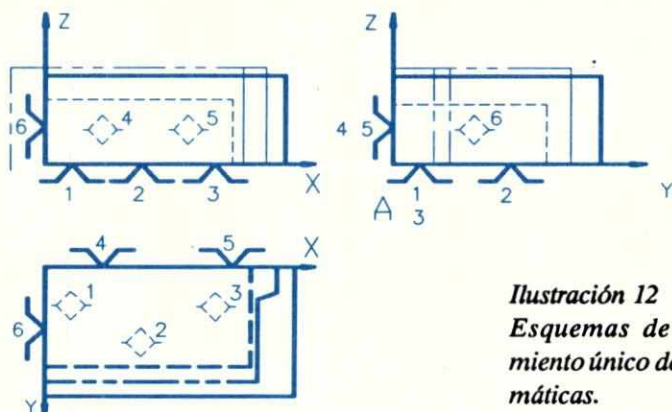


Ilustración 12
Esquemas de posicionamiento único de piezas prismáticas.

Debe hacerse notar que, la unicidad y la invariabilidad del modo de colocación y orientación tecnológica de las piezas, inducen la configuración básica constructiva del dispositivo.

A partir de la determinación del esquema de colocación y orientación tecnológica de la pieza en el campo de coordenadas, se puede proceder a bosquejar los rasgos dominantes que tendría el diseño funcional y constructivo del dispositivo.

ESQUEMA FUNCIONAL DE DISEÑO DEL DISPOSITIVO

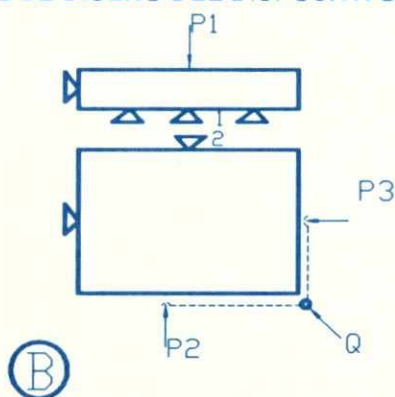


Ilustración 13
Diseño funcional del dispositivo modular reparonable

Con este ejemplo se hace notar la posibilidad de utilización combinada de los patrones geométricos de colocación y referenciación tecnológica en distintas piezas, lo cual determina el nivel de universalidad y flexibilidad operativa del dispositivo. Esta propie-

dad de la flexibilidad tecnológica del dispositivo está definida por la forma constructiva de los elementos de orientación y de posicionamiento de la pieza con relación a las coordenadas de la máquina herramienta.

P1, P2, P3 - Fuerzas activas de agarre y componentes de Q.

Q - Fuerza de sujeción del dispositivo sobre la pieza.

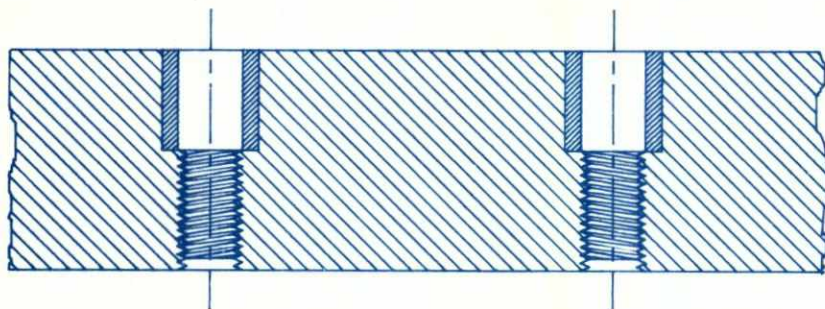


Ilustración 14. Modo de reglaje con paradores de precisión sobre placa reticulada.

NUEVOS METODOS DE REGLAJE Y FIJACION DE DISPOSITIVOS USADOS EN MAQUINAS HERRAMIENTAS CNC

Sistema de fijación MORETTI.

Los sistemas de retículo modular son más fáciles de trabajar, pero están ligados a las dimensiones del retículo; una de sus ventajas radica en la posibilidad de transmisión de las fuerzas en todas las direcciones.

El sistema modular está configurado por variados componentes:

Módulos portapiezas, elementos de fijación de acción vertical u horizontal, prolongación del campo de fijación, elementos de soporte y posicionamiento, elementos separadores, prismas y otras piezas, elementos reticulados para el reglaje del dispositivo con la ayuda de esferas o pasadores guías.

Los agujeros de la retícula están ubicados a 40 o 50 mm. y sirven como punto de referencia y punto de anclaje.

Consta de un manguito de centrado (cementado/templado) de un portarrosca de acero inoxidable, un tapón hermético que protege el manguito no usado y las tolerancias entre agujeros son de mm.

VENTAJAS:

Garantiza centrado de los puntos de la cuadrícula. (puntos de referencia) con tolerancias ± 0.01 mm.

Fijación y Orientación FORKARDT.

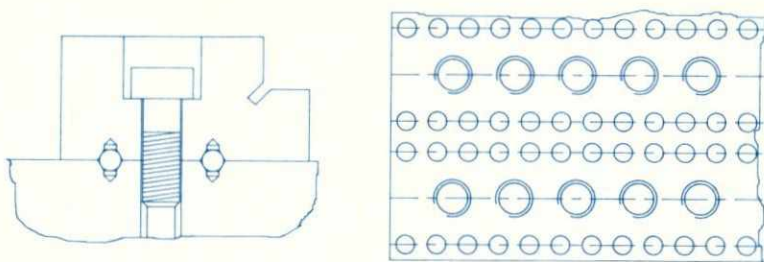


Ilustración 15. Reglaje de dispositivos con esferas en placa reticulada

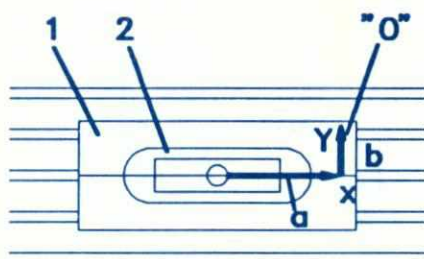
Consiste en agujeros cónicos, tanto en el elemento a fijar como en el módulo donde se va a colocar, que contienen esferas. Cuando por medio de tornillos son sujetados los dos cuerpos modulares, se elimina el juego existente en las esferas y con ella se produce un perfecto centrado. La precisión por posicionamiento repetitivo de un elemento con cuatro bolas de posicionamiento es de ± 0.001 mm.

VENTAJAS:

Debido a la deformación de las paredes del agujero se obtiene:

- Compensación de las tolerancias del agujero de posicionamiento.
- Juego interno cero (0).
- Reducción de las tolerancias de espaciado entre los múltiples agujeros de referenciación de los diferentes elementos.
- Endurecimiento del material por deformación.
- Gran precisión de orientación del dispositivo en la máquina herramienta.

ESQUEMAS APLICADOS DE REGLAJE DEL DISPOSITIVO PORTAPIEZAS CON REFERENCIA AL PUNTO INICIAL "O" EN EL CAMPO DE COORDENADAS DE LA MÁQUINA HERRAMIENTA CNC.



b)

Ilustración 16 Materialización del "O" inicial con eje patrón.

El dispositivo 1 y la pieza 2 son orientadas mediante la utilización de sus superficies dispuestas en la dirección paralela a los desplazamientos de la mesa de trabajo en la máquina herramienta.

La referenciación inicial es realizada en virtud de la coincidencia entre el eje del buje guía patrón, dispuesto sobre un eje calibrado en el husillo de la máquina, con el orificio central de localización de la pieza y de esta manera se determina el punto "O" de la ubicación inicial.

Por su parte, el programa de mando de la máquina se inicializa con el respectivo comando de reglaje y según las coordenadas a (eje x) y b (eje y). A partir de estas nuevas coordenadas, la herramienta ingresa a la zona de corte y está lista para ejecutar el trabajo.

REGLAJE CON PATRON ESCUADRA.

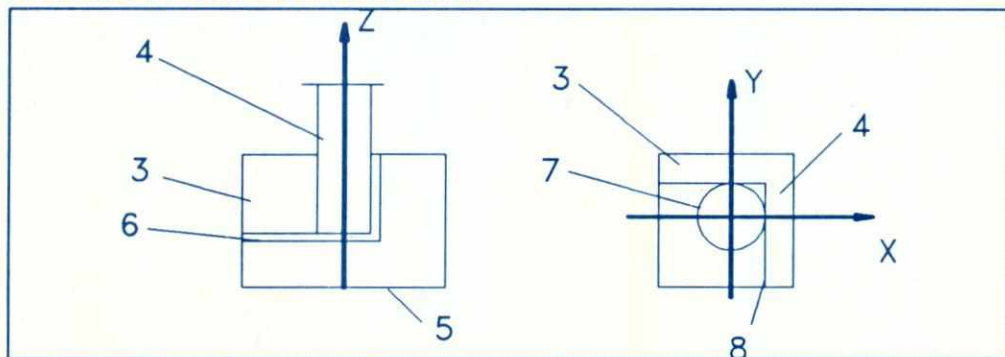


Ilustración 17. Posicionamiento del dispositivo con escuadra guiada.

El reglaje del husillo 4 portafresa con relación al punto "O" inicial, se logra mediante la utilización del patrón escuadra 3 que se fija en el dispositivo 5. La precisión de referenciación y localización entre el dispositivo 5 y el eje 4, insertado en el husillo, se obtiene mediante galgas finas (0.03 mm) que calibran las holguras 7, 8 y 6.

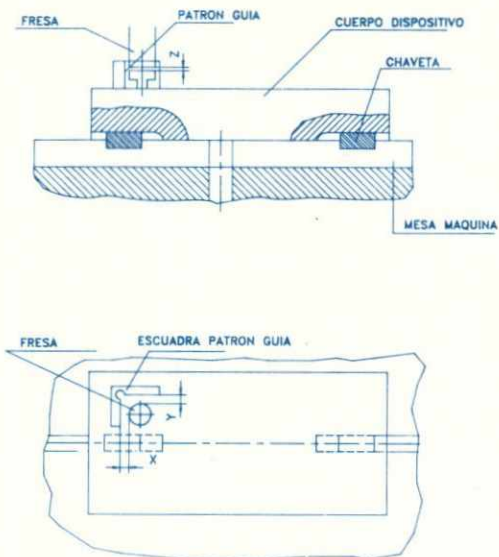
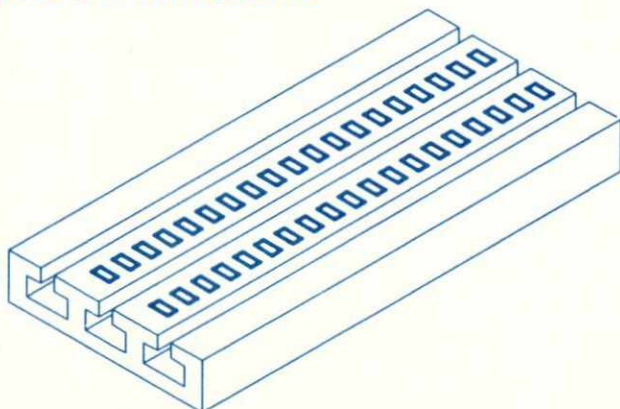


Ilustración 18. Aplicación del reglaje del dispositivo con escuadra guía.....

A continuación se ejemplifica de manera práctica el reglaje del dispositivo mediante el uso del patrón escuadra guía.

REGLAJE CON PLACAS RETICULADAS



Iloustración 19 con la placa reticular

El reglaje del dispositivo portapiezas puede realizarse mediante la utilización de placas reticuladas empotradas en la mesa de trabajo de la máquina.

En este caso puede materializarse la localización del punto "O" inicial con la aplicación del sistema MORETTI (pasadores calibrados), o con el sistema FORKARDT (esferas).

IV

LA PRODUCTIVIDAD Y LOS DISPOSITIVOS EN LA METALMECANICA

En la actividad metalmeccánica contemporánea reviste interés dilucidar la vital incidencia que tiene los dispositivos sobre el incremento de la productividad en las máquinas herramientas CNC.

En este sentido es conveniente retomar la estructura del tiempo tecnológico en la fabricación de una pieza del lote (n).

$T \text{ PIEZA} = T \text{ PRINC.} + T \text{ AUX.} + (T \text{ PRINC. TECN.})/n$

$T \text{ PIEZA} = T \text{ PRINC.} + T \text{ CARRERA VACIO} + T \text{ COLOCACION PIEZA} + T \text{ CAMBIO DE HERRAMIENTA} + T \text{ SERVICIO TECNICO} + T \text{ PREPARACION TECNOLOGICA}/n$

A continuación se orienta sobre la manera de reducir los componentes indirectos del tiempo tecnológico mediante el impacto favorable que producen los diseños mejorados de los dispositivos portapiezas.

T PRINCIPAL:

La elevación de la rigidez y la minimización de las fuerzas centrífugas en los dispositivos permiten incrementar la intensidad del régimen de trabajo (V.S.t). Igualmente la utilización de dispositivos portaherramientas provistos con impulsión autónoma del movimiento de corte, torretas revolver con accionamiento directo de la herramienta, posibilitan concentrar en paralelo las diferentes transiciones de maquinado.

T COLOCACION:

El bloqueo de los seis grados de libertad y la ejecución del maquinado en cuatro y cinco caras de la pieza durante una sola colocación, posibilitan agilizar la rutina de referenciación tecnológica con el uso de dispositivos modulares reajustables. Complementariamente la mecanización de las tareas de apriete y liberación de las piezas en los dispositivos, tiene enorme importancia sobre la productividad.

Similar efecto produce el gobierno automatizado y programado de los dispositivos modulares portapiezas.

Además con la ayuda de dispositivos duplex. O biplazas (pallets, satélites, etc), se traslapan los tiempos de maquinado y de colocación de la nueva pieza.

T PREPARACION TECNOLOGICA:

La posibilidad del rápido repatronamiento y la facilidad de reconfiguración tecnológica del dispositivo, son propiedades tangibles de la elevada modularidad y flexibilidad tecnológica. También es beneficioso el uso de sistemas automatizados especiales para realizar el recambio de los distintos elementos constitutivos del dispositivo.

T CAMBIO DE HERRAMIENTA

El ajuste dimensional de las herramientas puede ser ejecutado fuera de la máquina herramienta, mediante la utilización de dispositivos especiales de patronamiento "pressetting".

A continuación se presentan algunos desarrollos interesantes de Dispositivos modulares con la finalidad de elevar la productividad y la eficiencia metalmeccánica.

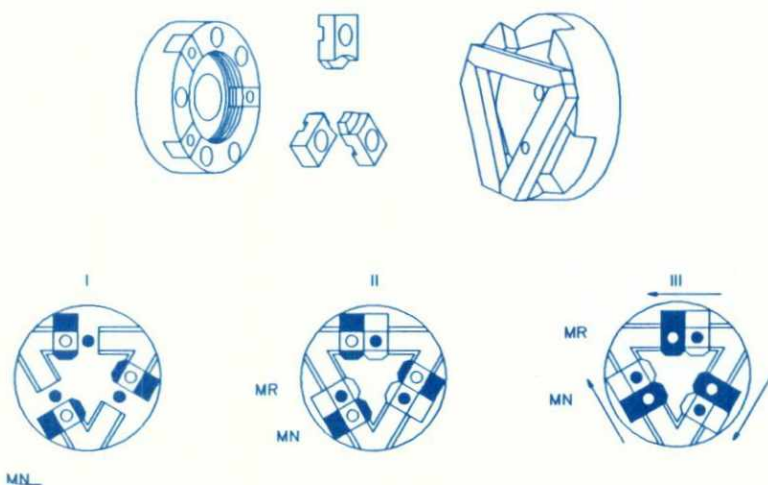


Ilustración 20. Copa con patronamiento y cambio automático de mordazas desarrollado por la firma FORKARDT (R.F.A.) para islas flexibles de manufactura.

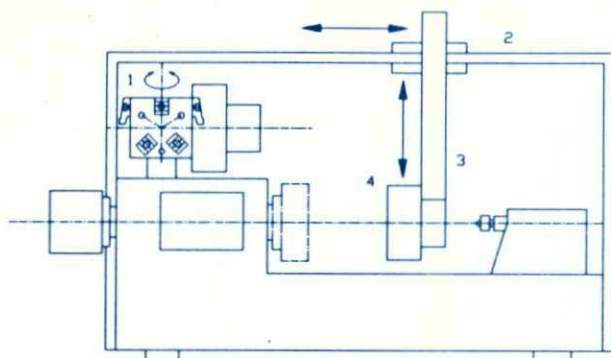


Ilustración 21. Esquema de aplicación industrial del dispositivo automático BWV en maquinado de ejes.

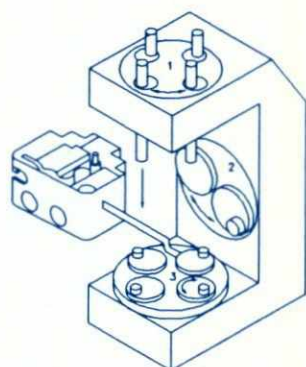


Ilustración 22. Dispositivo estacionario de cabezotes múltiples tipo revolver y con patronamiento programable computadorizado. Desarrollado por el Instituto de Máquinas Herramientas de la Universidad de SHTUTTIGART -R.F.A.

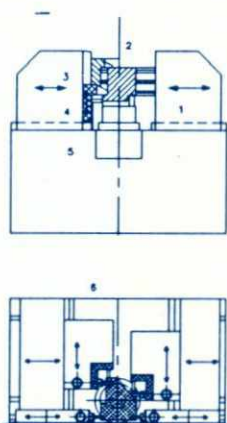
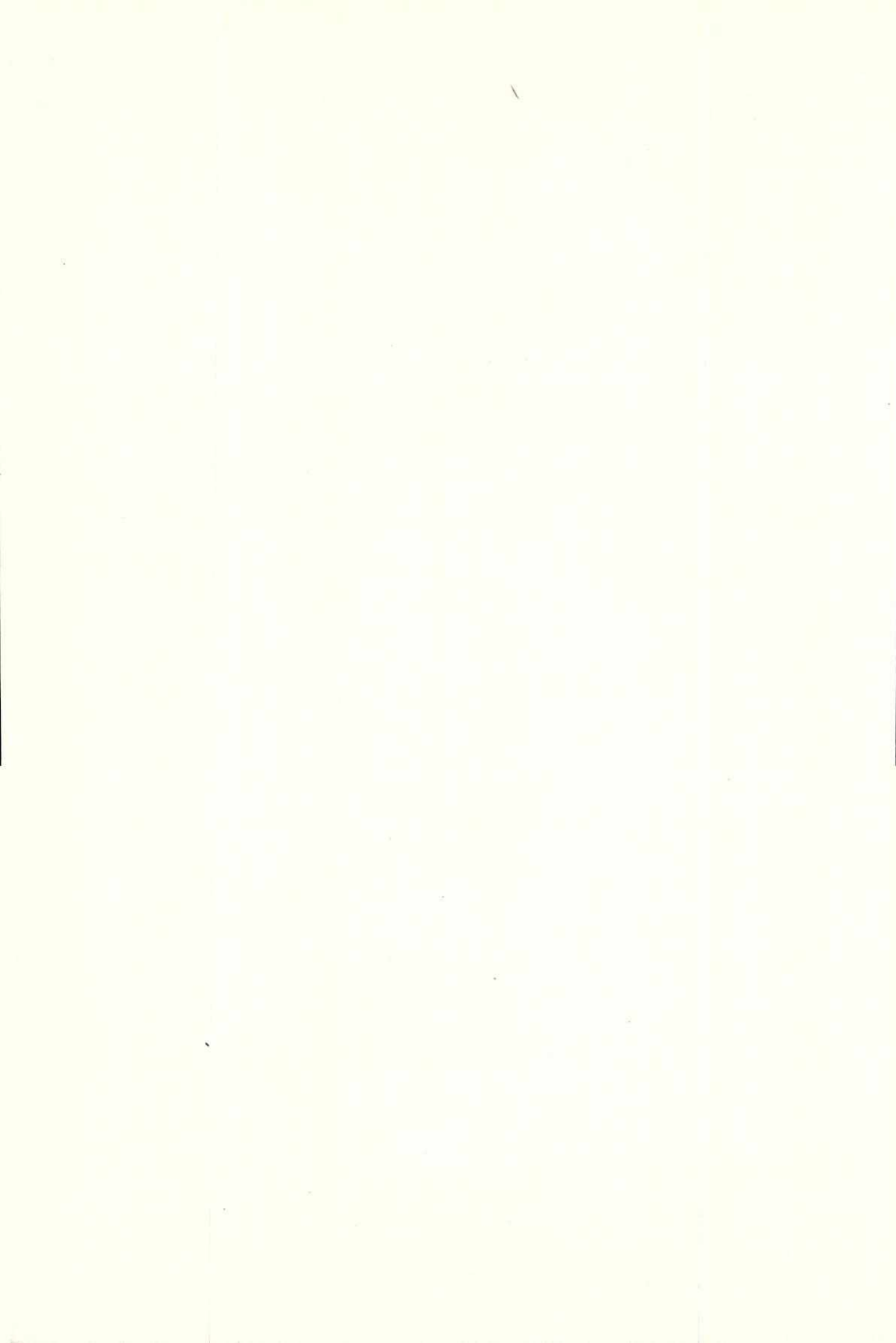


Ilustración 23. Dispositivo estacionario de cabezotes múltiples tipo revólver, con patronamiento programable computadorizado, desarrollado por el Instituto de Máquinas Herramientas de la Universidad SHTUTTIGART -R.F.A.-



V ALGORITMO PARA EL DISEÑO DE DISPOSITIVO AYUDA DEL COMPUTADOR

Tiene particular interés enseñar el método desarrollado por Shurkov.V.N - Loskutov A.E. para adelantar el diseño de dispositivos modulares con la ayuda del CAD.

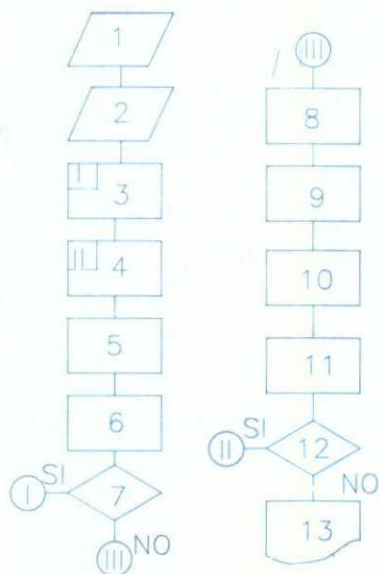


Ilustración 24 Estructura del Algoritmo para diseño del Dispositivo Modular con CAD.

Detalle de los Diferentes Bloques:

1. Datos de diseño de la pieza:

Forma, dimensiones, material, peso, rugosidad, No. de piezas a fabricar.

2. Fases del proceso tecnológico de maquinado:

Especificación de las herramientas de corte, régimen de corte, condiciones de operación de la máquina herramienta.

3. Esquema de referenciación y basamento tecnológico:

Determinación del error de Colocacion Tecnológica mediante la Utilización de los Datos Estadísticos almacenados para los esquemas típicos de basamento y Sujeción.

El error de colocación tecnológica depende del esquema de basamento y de la variación de las medidas y forma de la pieza, como también está determinado por la ubicación de las bases tecnológicas en la pieza.

En la magnitud del error es determinante el valor y el punto de aplicación de las fuerzas de sujeción o de agarre de la pieza.

4. Composición básica del diseño funcional del dispositivo:

Consulta bases de datos preestablecidas.

5. Selección de los componentes constructivos del dispositivo:

Consulta de Base de Datos sobre elementos modulares y ajustables.

6. Análisis del error de colocación tecnológica:

Consulta de programas expertos.

7. Definición de la necesidad de modificar el esquema de basamento.

8. Cálculo de las fuerzas de maquinado:

Datos sobre las herramientas y las condiciones de maquinado.

9. Determinación de la magnitud y del sitio de aplicación de la fuerza de sujeción.

10. Valoración del error por la acción de la fuerza de sujeción.

11. Cuantificación del error generado en la fase de maquinado.

12. Adopción de cambios en el diseño funcional y constructivo en el dispositivo.

13. Organización de la información técnica necesaria para el ensamble operativo del dispositivo modular reajutable y repatronable.

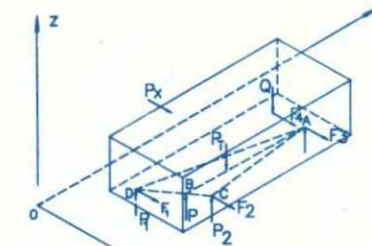
ESQUEMA DE CALCULOS DE LA FUERZA DE SUJECION Q.

Se enseña el subsistema de ecuaciones en el evento de aplicación de la componente P_x de la fuerza de corte.

Recuérdese la existencia de los otros componentes (P_y , P_z , M_x , M_y , M_z).

La pieza está colocada sobre un plano mediante los apoyos D, C, A.

Las ecuaciones de equilibrio estático; forman un sistema hiperestático.



$$\begin{aligned}
 P_x + F_1 + F_2 + F_3 + F &= 0 \\
 P_1 y_1 + P_2 y_2 + P_3 y_3 - Q y_4 - P_T y_T &= 0 \\
 -P_1 x_1 - P_2 x_2 - P_3 x_3 + Q x_4 + P_x z + F_1 z_1 + \\
 F_2 z_2 + F_3 z_3 + F_4 z_4 + P_T x_T &= 0 \\
 -P_x y - F_1 y_1 - F_2 y_2 - F_3 y_3 - F_4 y_4 &= 0
 \end{aligned}$$

Ilustración 25. Esquemas de fuerzas para la sujeción de la pieza en el dispositivo

P1, P2, P3. Reacciones en los Respectivos Apoyos.

F1, F2, F3. Fuerza de fricción en las juntas de la pieza con el elemento de colocación tecnológica.

F4. Fuerzas de fricción en la junta de la pieza con el elemento de sujeción.

PT Fuerza de gravedad o peso de la pieza.

X, Y, Z Coordenadas del punto de aplicación de la carga P_x

X1 - X3, Y1, Y3, Z1 - Z3 Punto de aplicación de las reacciones P1, P2, P3.

X4, Y4, Z4 Parámetros del punto de aplicación de las fuerzas Q y F4.

XT, YT, ZT Parámetros del punto de aplicación de la fuerza PT.

A fin de resolver el subsistema hiperestático (1) se procede a los siguientes reemplazos:

$$F_1(2,3) = K f_1(2,3) \quad P_1(2,3)$$

$$F_4 = K f_4 Q$$

De esta manera el subsistema (1) se modifica así:

$$P_x + K f_1 P_1 + K f_1 P_2 + K f_1 P_3 + f_4 Q = 0$$

$$P_1 y_1 + P_2 y_2 + P_3 y_3 - Q y_4 - P_T y_T = 0$$

$$P_1 (-x_1 + K f_1 z_1) + P_2 (-x_2 + K f_1 z_2) + P_3 (-x_3 + K f_1 z_3) + Q x_4 + P_x z + Q K f_4 z_4 + P_T x_T = 0$$

$$-P_x y - K f_1 P_1 y_1 - K f_1 P_2 y_2 - K f_1 P_3 y_3 - K f_4 Q y_4 = 0$$

K Coeficiente de cálculo igual a 1, o -1.

$f_1 = f_2 = f_3$ Coeficiente de fricción en las juntas de la pieza con los elementos de colocación (referenciación tecnológica).

f_4 Coeficiente de fricción en las juntas de la pieza con el elemento de sujeción.

A partir del subsistema (2) se obtienen diez y seis (16) combinaciones de valores para Q , P_1 , P_2 , P_3 , en función del coeficiente K .

La combinación se considerará óptima cuando el valor de la fuerza Q es mínima.

VT DISEÑO DE DISPOSITIVOS PARA MAQUINAS HERRAMIENTAS CNC DEL CENTRO NACIONAL COLOMBO ITALIANO

La producción industrial moderna se ha caracterizado por un acelerado proceso de desarrollo y sofisticación de sus componentes teóricos y materiales, impuestos por un mercado cada día más exigente.

Por otro lado, la imperiosa necesidad de mejorar la calidad de los productos, como también reducir los costos de producción, induce el uso racional del tiempo de los materiales de las máquinas y de las fuerzas de trabajo.

En este sentido la industria metalmecánica Colombiana ha mostrado su interés en esas novedades tecnocientíficas con el objetivo de mejorar sus condiciones de producción y de esta forma ofrecer mejores productos y mejorar su competitividad. Obviamente no se trata de implantar de una vez por todas una infraestructura tecnológica tan compleja que requiere entre otras cosas, una cultura industrial bastante desarrollada de la que carecen países como Colombia. Se trata de cimentar en forma gradual, las bases de una cultura industrial que le permita al país asimilar en forma eficiente la adquisición y la transferencia de nuevas tecnologías.

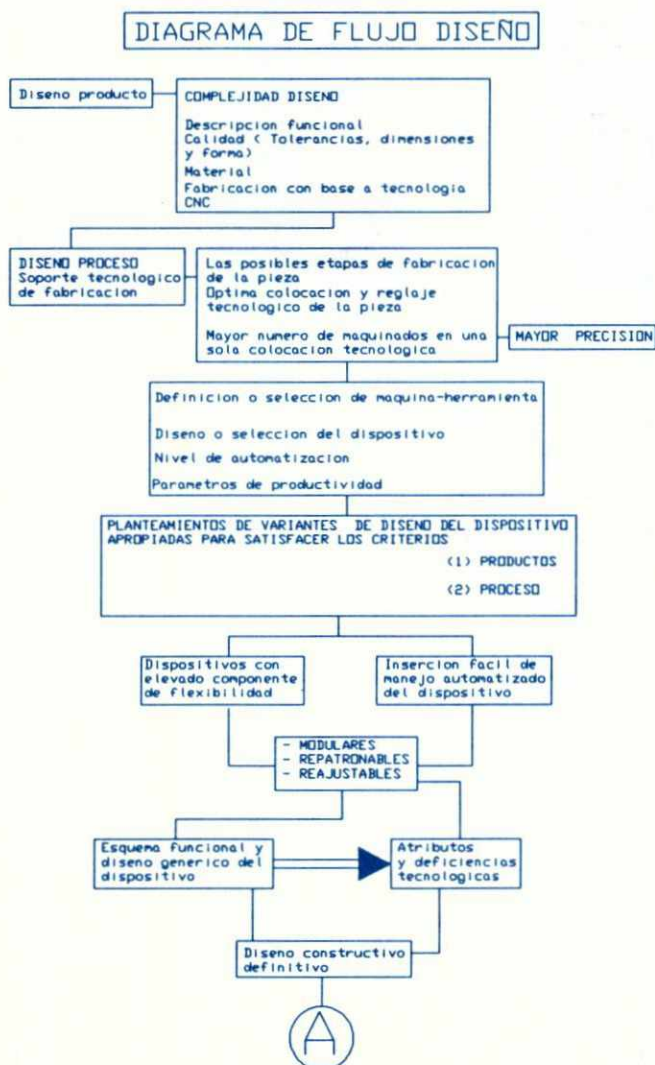
Esta transferencia tecnológica se da en el Convenio SENA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA y específicamente a través del Centro Nacional Colombo Italiano. Es así como a esta institución se la ha dotado de máquinas herramientas CNC, para los cuales su necesidad primordial es complementarlas con los dispositivos de sujeción que cumplan con los requerimientos de versatilidad de las máquinas, tipos de produc-

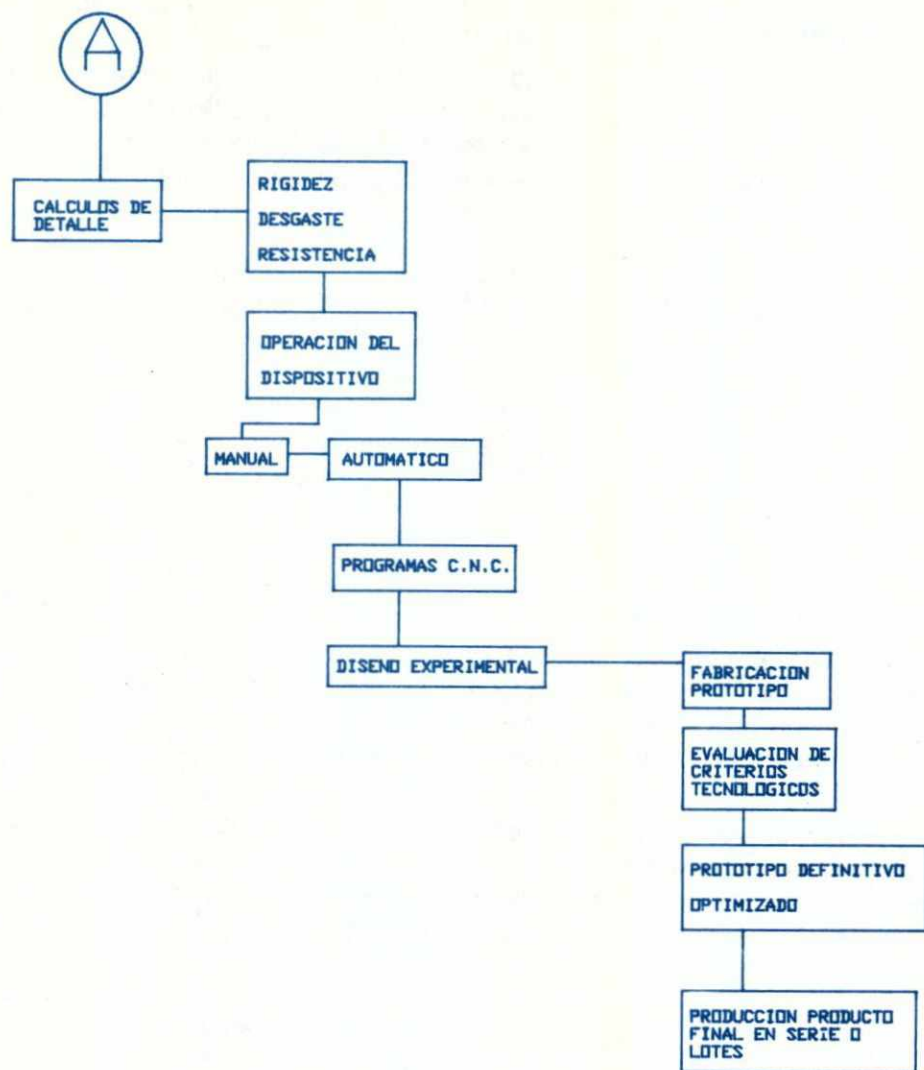
tos y procesos de maquinado que generalmente se dan el país.

El objetivo de este capítulo es presentar la síntesis del dispositivo de sujeción que cumplan con las características de ser modular y en virtud de ello se puede extender a una amplia gama de piezas mecánicas.

Precisamente en el marco del Convenio SENA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA se estimó necesario desarrollar un interesante campo de la tecnología metalmecánica, como es el relacionado con el diseño y la fabricación de dispositivos portapiezas.

Los dispositivos modulares portapiezas diseñados para las máquinas herramientas CNC del Centro Colombiano fueron desarrollados de acuerdo con la metodología de diseño que se sintetiza en el siguiente diagrama de flujo.





PRODUCTOS SELECCIONADOS.

PIEZAS SELECCIONADAS PARA FABRICAR EN LA FRESADORA OERLIKON CNC.

Basados en el planteamiento de la necesidad de un dispositivo de sujeción versátil para una fresadora universal programable, se procede a escoger piezas modelo a trabajar en dicha fresadora y que reúnan una cantidad representativa de operaciones de mecanizado de tal forma que oriente el espacio de fresado de una manera global. Esto es que el dispositivo sirva para ejecutar trabajos de mecanizado en el mayor número de familias de piezas posible y ordenadas según su configuración funcional geométrica.

Soporte para cojinete/ pieza tipo dado.

Este soporte fabricado en hierro fundido ofrece un ejemplo claro de una superficie interior a maquinar tipo semiesférica, así también contiene superficies cilíndricas como es el caso de los taladros que deben practicarse en dos planos perpendiculares. También ofrece una superficie interior de trabajo plano tipo chavetero.

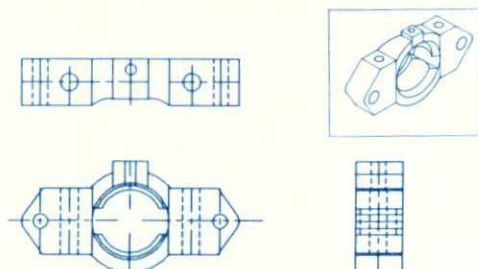


Ilustración 26. Soporte para cojinete

Mordaza movil/ tipo placa.

Esta mordaza fabricada en hierro fundido ofrece superficies de trabajo planas, que se encuentran en planos ortogonales. También presenta superficies cilíndricas (taladros lisos y roscados).

Las superficies de agarre de la pieza en el dispositivo son principalmente caras planas y paralelas; pero también brinda la posibilidad de un agarre sobre superficies cilíndricas.

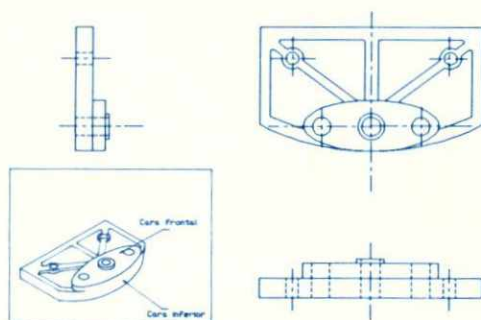


Ilustración 27. Mordaza móvil

Bloque de fijación - tipo carcasa.

La pieza ofrece superficies de maquinado planas y cilíndricas ubicadas sobre tres planos ortogonales. En cuanto a la sujeción, esta pieza ofrece más posibilidades de agarre en comparación con las otras dos. Presenta superficies de sujeción tipo cilíndrica y plana.

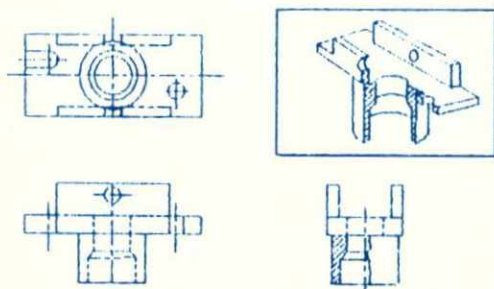


Ilustración 27 A. Bloque de fijación.

PEZAS TÍPICAS PARA ELABORAR EN CENTRO DE MAQUINADO CNC.

Estas se caracterizan por ser del tipo prismático, aunque no necesariamente simétricas y con superficies (planas o no) inclinadas en el espacio tridimensional, por ejemplo carcasas, moldes para inyección de plásticos, matrices de corte, doblado, embutición, palancas, soportes y otras de gran complejidad.

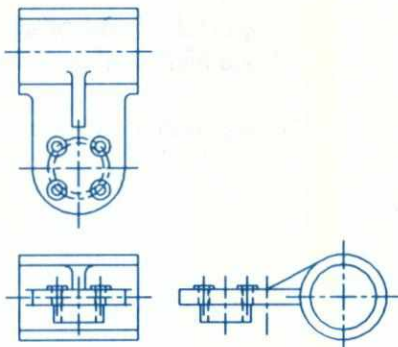


Ilustración 28. Carcasa/tapa

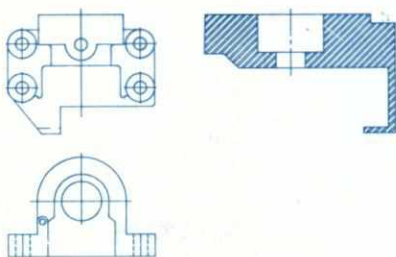


Ilustración 29. Pieza tipo carcasa.

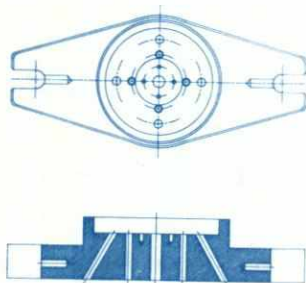


Ilustración 30. Pieza tipo soporte carcasa.

EJEMPLOS DE REFERENCIACION Y LOCALIZACION TECNOLOGICA DE LAS PIEZAS TÍPICAS CON DISPOSITIVOS CONVENCIONALES

A continuación se trata de ilustrar el procedimiento tradicionalmente empleado para la localización, la orientación, el apoyo y la sujeción de las piezas en las máquinas

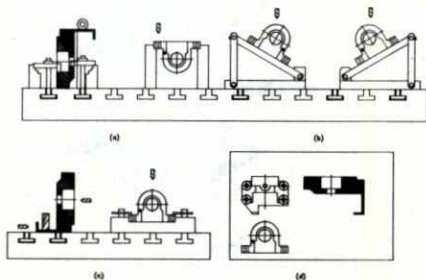


Ilustración 31. Colocación para el maquinado de una pieza.

herramientas a fin de desarrollar su manufactura en forma completa. Es conveniente hacer la simulación gráfica de los diferentes procesos de maquinado para algunas piezas representativas.

En la figura se ilustran los diferentes basamentos requeridos para mecanizar una pieza tipo carcasa soporte:

- (a) planeado de la superficie de apoyo y taladrado de los agujeros verticales.
- (b) taladrado de orificios radiales oblicuos empleando una mesa de senos en dos colocaciones distintas.
- (c) planeado de la superficie frontal y taladrado del agujero central.

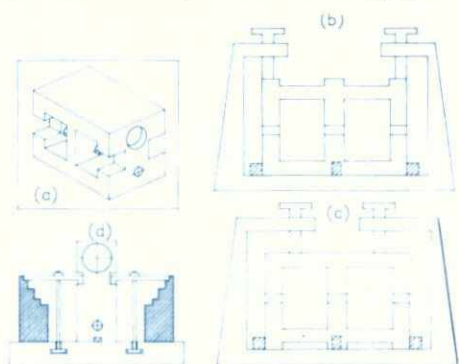


Ilustración 32. Maquinado de pieza tipo carcasa y las colocaciones necesarias.

En la figura se distinguen maquinados necesarios para elaborar una carcasa:

- a) la pieza final.
- b) planeado de las superficies inferiores, empleando un dispositivo especializado tipo bastidor,
- c) luego de posicionar la pieza sobre las superficies recién maquinadas y con el mismo dispositivo se hace el planeado de las superficies interiores.
- d) colocando la pieza directamente sobre la mesa de la máquina y sujetándola con garras, se taladran los agujeros y por último se planea la cara superior de la pieza.

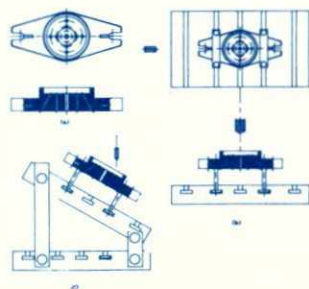


Ilustración 33. Variación de la colocación tenológica de una pieza para el maquinado.

COLOCACION Y SUJECION CONVENCIONAL DE PIEZAS EN FRESADORA OERLIKON CNC.

Maquinado de la pieza tipo 1.

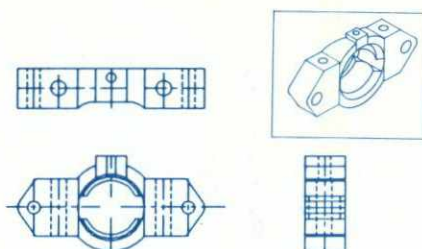


Ilustración 34. Pieza a maquinar

- Primera colocación tecnológica.

Operación : Fresado de forma en el agujero interior y dos taladros de 3/4".

Superficie de apoyo: Superficie posterior.

Superficies de posicionamiento: Laterales, superior e inferior.

Superficies de sujeción: Únicamente la frontal.

Elementos de sujeción: Dos mordazas tipo prisma, dos patinas de apriete, dos topes.

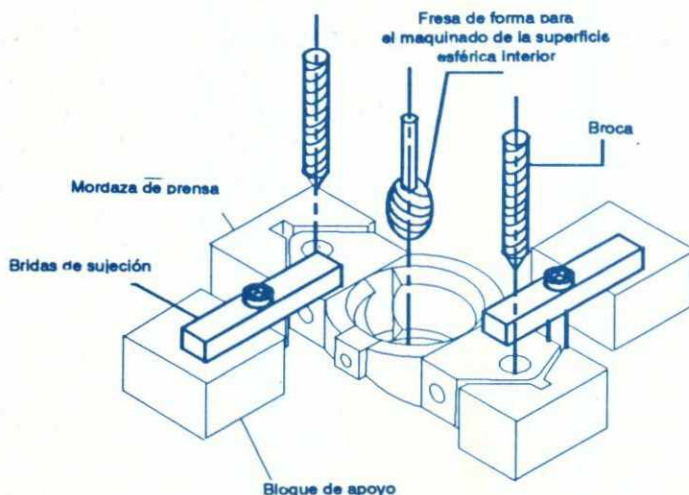


Ilustración 35. Primera colocación tecnológica

- Segunda colocación tecnológica.

Operación: Ejecución de taladros.

Superficie de apoyo: Superficie inferior.

Superficies de posicionamiento: Las dos superficies inclinadas laterales y la inferior.

Superficies de sujeción: Superficies frontal y posterior.

Elementos de sujeción: Dos mordazas tipo prisma.

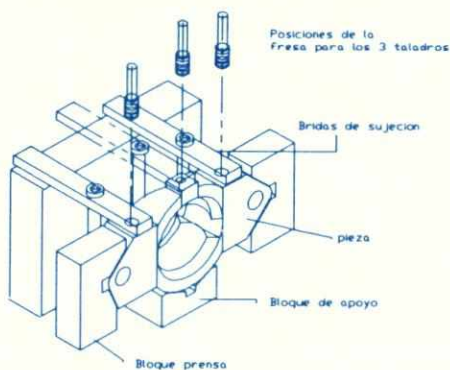


Ilustración 36. Segunda colocación tecnológica

CARACTERISTICAS DE LA MAQUINAS UTILIZADAS

Brevemente se detallan los parámetros geométricos y técnicos de las Máquinas Herramientas CNC para las cuales se diseñan los respectivos dispositivos portapiezas.

Fresadora vertical CNC modelo FB2H, OERLIKON

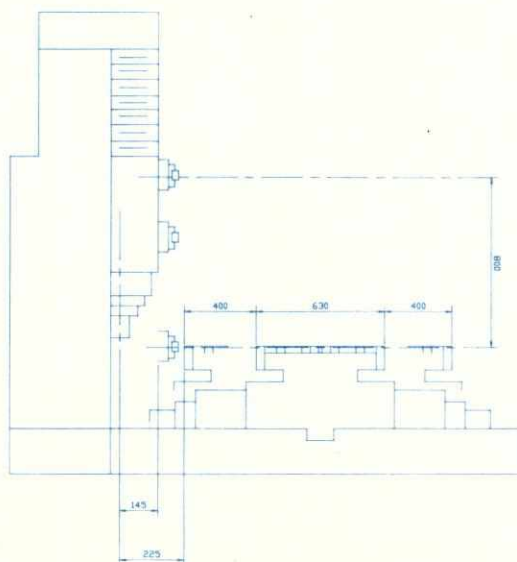


Ilustración 37 Fresadora Oerlikon. Espacio de trabajo

Control numérico ELSAG MACS 504.

Características:

- Mandril montado sobre cojinetes de alta precisión precargados axial y radialmente .
- Bloqueo automático en las tres direcciones.
- Ejes con tornillos de circulación de esferas con doble tuerca, precargadas .
- Motores de corriente continua de magneto permanente.
- Transportador de viruta tipo cadena.

Dimensiones:

- Mesa: 2000 x 630 mm.
Carrera longitudinal, eje X: 1600 mm.
Carrera transversal, eje Y: 800 mm.
Carrera vertical, eje Z: 800 mm.
Carga máxima (centro de la mesa): 2400 da N.
Carga máxima (extremo de la mesa): 1400 da N.
Distancia al eje del mandril: 0-800 mm.
- Avances: 9 - 2000 mm./min. (trabajo).
500 - 5000 mm./min. (rápido).

ESTUDIO DE LA MESA PORTAPIEZAS DE LA MAQUINA FRESADORA CNC

El área disponible sobre la superficie de la mesa es de 0.487 m², la sujeción se hace mediante ranuras en T normalizadas.

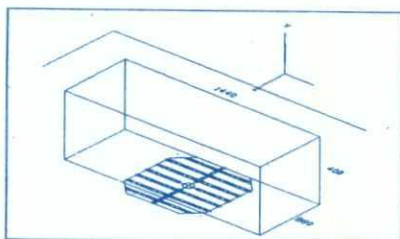


Ilustración 38. Volumen de trabajo con la herramienta más larga en posición horizontal $V = 1.1$ m

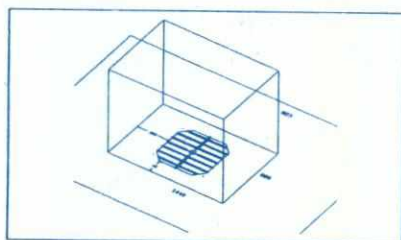


Ilustración 39. Volumen de trabajo con la herramienta más grande en disposición vertical. $V = 0.51$ m³

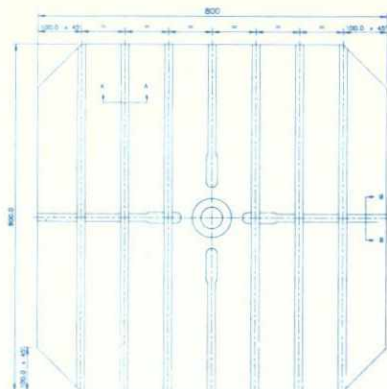


Ilustración 40. Mesa de la máquina tipo PALLET normalizada según ISO de 800x800 con guías en T.

El centro de mecanizado mandelli cnc modelo regent 1001:

Se trata de una máquina muy versátil que está diseñada para realizar el mayor número de operaciones de maquinado posibles en piezas de tipo prismático, o con superficies curvas en el espacio tridimensional, resolviendo la mayoría de los problemas inherentes a la fabricación con arranque de viruta. Entre otras operaciones puede taladrar, alisar, fresar, mandrinar, roscar, escariar, rimar.

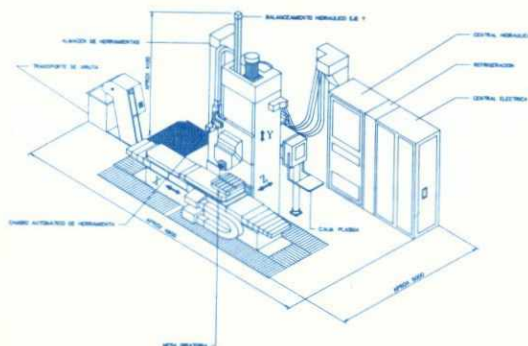


Ilustración 41. Centro de Maquinado MANDELLI

Las siguientes son sus características:

- Estructura monolítica de la base.
- Montante móvil en sentido transversal.
- Cabezal portahusillo con giro automático horizontal/vertical.
- Almacén de 40 herramientas ampliable.
- Cabezal giratorio con planos de trabajo vertical y horizontal.
- Control numérico computarizado modelo plasma.
- 4 ejes X, Y, Z, B, controlados por el CNC.

Movimientos de la máquina

Posee los siguientes movimientos: desplazamientos longitudinales en cada uno de los tres ejes coordenados, giro sobre el eje Y, giro del cabezal de posición vertical a horizontal, recambio automático de herramientas mediante sistema de almacén de cadena, cambio automático de pallets entre las 2 mesas, una en el área de trabajo y la otra fuera de ella. Las características de cada movimiento se dan a continuación :

- **Recorridos** : la máquina posee cuatro grados de libertad que son tres traslaciones a lo largo de los tres ejes coordenados y una rotación en torno a un eje vertical, con las magnitudes siguientes:
eje longitudinal (x), 1450 mm
eje vertical (y), 840 mm
eje transversal (z), 900 mm eje vertical de rotación (b), 360
- **Mesa giratoria**: eje b, 360.000 posiciones angulares
- Pallet intercambiable
- Ejes coordenados
Velocidad de trabajo: 12 a 1200 mm/min
Potencia de los motores eléctricos: 4 Kw en cada eje
Empuje útil: 4 Kw
Precisión de posicionamiento: +/- 0.01 mm
Repetibilidad de posicionamiento: +/- 0.005 mm
Potencia de accionamiento: 14 Kw
Longitud máxima de la herramienta: 550 mm
Potencia total: 45 Kw
- Peso de conjunto 26.000 Kg

Volumen real de trabajo

Se considera como tal a la porción de espacio tridimensional en la que es posible efectuar un recorrido real de maquinado teniendo en cuenta el espacio ocupado por el conjunto del dispositivo portapiezas y por supuesto por la herramienta que se va a emplear.

En la figura se muestra un proceso de fabricación en el centro de maquinado, utilizando las diversas herramientas del carrusel y que son reubicados recambia automáticamente mediante el cambio de la posición horizontal del husillo de a vertical y viceversa. Además, girando la pieza sobre un eje vertical gracias a la capacidad de giro de la mesa se procede a elaborar las siguientes caras de la pieza. También se dispone una mesa auxiliar "pallet" fuera del volumen de trabajo, en donde se monta una pieza en bruto, mientras otra pieza es procesada.

Después de haber efectuado el mecanizado en la primera colocación tecnológica a todo el lote de piezas se dispone el utillaje así:

Los elementos 1 a 5 conservan su colocación, los elementos de posicionamiento 6 y 7 deben tener su vástago posicionador lo suficientemente retirados. A los elementos

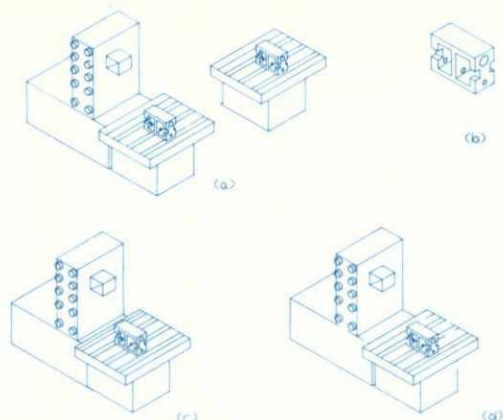


Ilustración 42. Mecanizado empleando un centro de maquinado. A) Pieza en proceso y pieza en espera. B) Pieza. C) y D) Maquinados.

En el centro de mecanizado se puede mantener invariable el sistema de basamento durante toda la manufactura del producto, lo cual va a incidir en la precisión y productividad del proceso. Los maquinados se harán seleccionando la herramienta adecuada para cada operación y se trabajara con la herramienta en posición vertical y horizontal según sea el caso.

VARIANTES DE SUJECION MODULAR EN LA FRESADORA CNC

En primer lugar es necesario detallar el montaje de la pieza de acuerdo con las exigencias de calidad del proceso de manufactura.

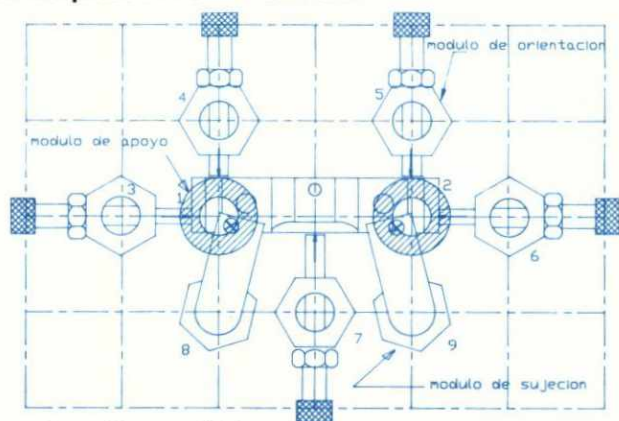


Ilustración 43. Primera colocación tecnológica.

Sobre la mesa reticulada se colocan los elementos de apoyo 1 y 2 y los elementos de posicionamiento 3,4 y 5. Luego se localiza la pieza en la ubicación predeterminada por los elementos 3,4 y 5. Con esto se asegura la invariabilidad de la referenciación y colocación tecnológica para el mismo tipo de pieza (producción en serie). Luego se ajustan (graduar) los elementos de posicionamiento 6 y 7 contra la pieza de trabajo,

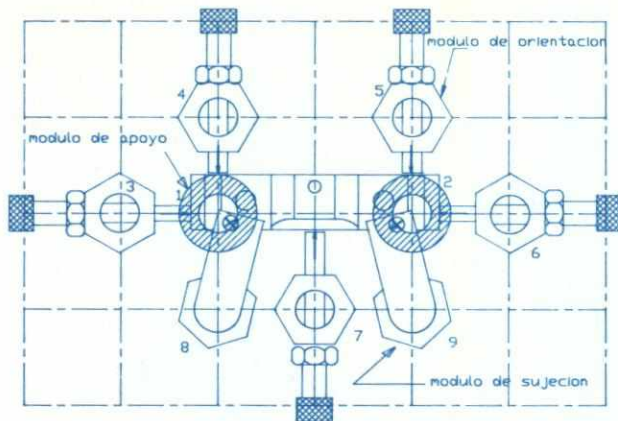


Ilustración 44. Segunda colocación tecnológica.

de sujeción 8 y 9 se incrementa la altura de sus bridas de apriete, girándolas el número de vueltas necesario.

Se coloca la pieza sobre los elementos de apoyo 1 y 2 y restablece su posición mediante los topes de los elementos posicionadores 3, 4 y 5. Una vez referenciada la pieza, se accionan los topes de los elementos 6 y 7 con el fin de inmovilizar la pieza, después de lo cual se aprietan las bridas de los elementos de sujeción 8 y 9 contra la superficie superior de la pieza, con lo que se logra cerrar la cadena de fuerzas en el maquinado.

PREDISEÑOS DE DISPOSITIVOS

A continuación se presenta una serie de esquemas de los prediseños funcionales que pueden responder a los criterios de modularidad.

PARA TRABAJOS DE FRESADO EN MAQUINA CNC

Módulo de soporte basculante

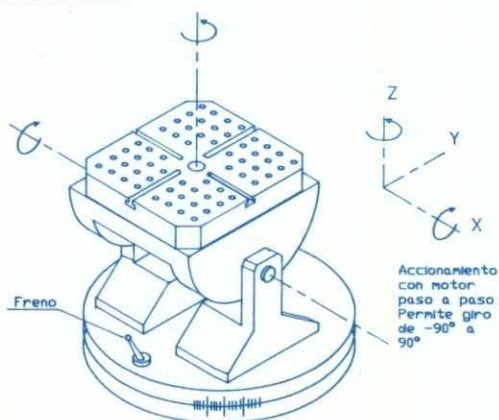
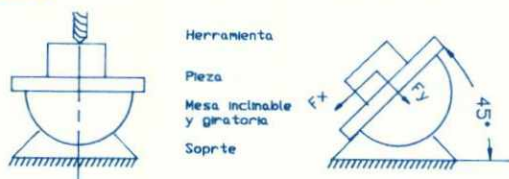


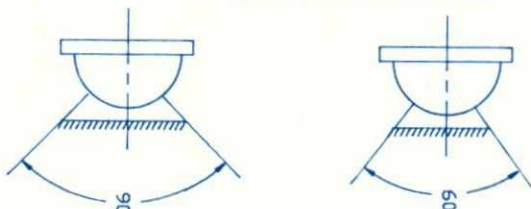
Ilustración 45 Módulo basculante

Módulo sistema rótulo.



1 El dispositivo se ve afectado por fuerzas de mecanizado. El freno y la robustez de la mesa son esenciales.

2 A medida que se aumenta la capacidad de inclinación del dispositivo, la rigidez se ve seriamente afectada.



3 Para un mismo tamaño de mesa a medida que se aumenta el ángulo de inclinación de la mesa, la altura del dispositivo aumenta severamente.

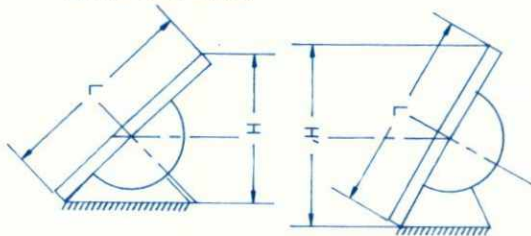


Ilustración 46. Módulo sistema rótulo

Módulo de soporte horizontal y giratorio

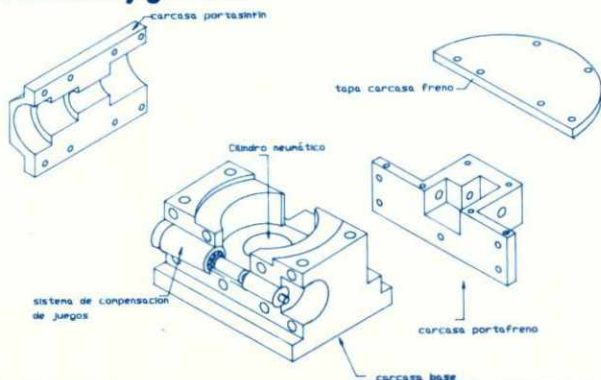


Ilustración 47. Soporte horizontal y giratorio

EVALUACION CUALITATIVA DEL DISPOSITIVO MODULAR RETICULADO NO ESTACIONARIO

PREDISEÑO 1	
VENTAJAS Sistemas con dos ejes de rotación 360 en el eje Z y 180 en el horizontal. El centro de la placa es hueca en caso de que las piezas a maquinar tengan forma intrincada o en caso de necesitar hacer agujeros pasantes. Es de tipo universal y aumenta versatilidad a la fresadora.	DESVENTAJAS Gran altura y baja rigidez
PREDISEÑO 2	
VENTAJAS Sistemas de gran versatilidad en sus posiciones por la combinación simultanea de dos giros. Presenta gran rigidez durante el trabajo.	DESVENTAJAS Complejidad del dispositivo. Elevados costos Excesiva altura
PREDISEÑO 3	
VENTAJAS Ofrece giro sobre el eje Z realizandose las operaciones de mecanizado sobre las cinco (5) caras de un cubo. Sencilla construcción en relación con las otras.	DESVENTAJAS El giro de la mesa encuentra su aplicación especialmente cuando en la fresadora esta montada el cabezal universal con husillo en disposición horizontal.

CUADRO DE EVALUACION COMPARATIVA .

En la siguiente ilustración se comparan los diferentes dispositivos teniendo en cuenta los parámetros de evaluación predeterminados, con el fin de elegir más fácilmente la alternativa óptima.

TABLA COMPARATIVA DE LOS DIFERENTES DISPOSITIVOS	UNIVERSALIDAD Numero de posibles combinaciones	MODULARIDAD Numero de posibles configuraciones	REPATRONABILIDAD Numero de elementos
MESA DE SENOS	1	1	0
DIVISOR VERTICAL	5	1	1
PALLET ROTOTRASLANTE	6	2	1
DIVISOR BASCULANTE	12	7	4

Cuadro comparativo de las diferentes alternativas de solución.

Funcionamiento del dispositivo para la fresadora C.N.C.

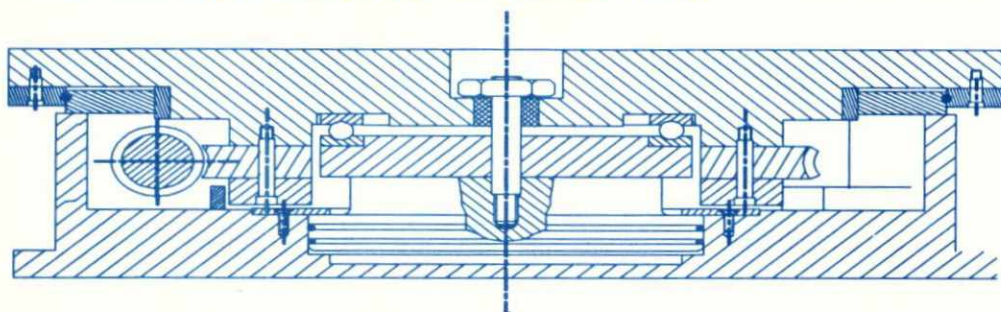


Ilustración 48. Mesa giratoria

La mesa de posicionamiento proporciona un giro de 360° al rededor del eje vertical (eje Z) siendo posible trabajar las cuatro (4) caras laterales de un cubo imaginario así como su cara superior. Este giro está dado por una transmisión sinfín corona de accionamiento previsto para acoplar con un motor paso a paso y por medio de una reducción de engranajes. Teniendo en cuenta que el juego del sinfín-corona debe ser controlado, para garantizar la precisión en el giro de la mesa, se ha implementado un sistema de compensación de juegos.

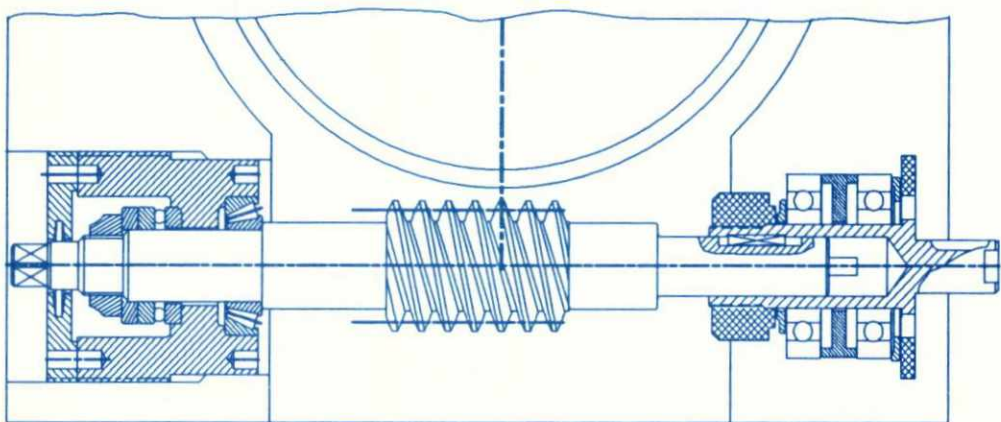


Ilustración 49. Transmisión sinfín corona

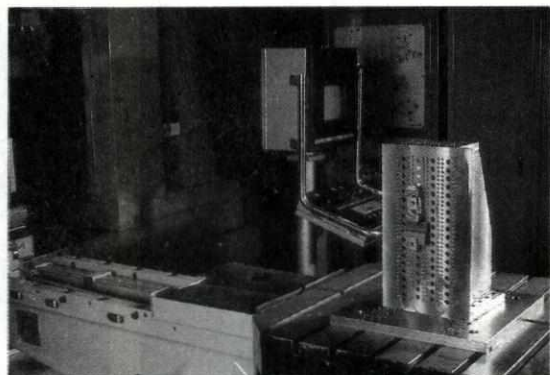
De otro lado, con el fin de eliminar la fricción durante el giro, se ha provisto el dispositivo de un sistema neumático que levanta la mesa a una microdistancia que le permita girar. El giro de la mesa se apoya en un rodamiento axial de bolas.

Durante el mecanizado de las piezas se debe evitar el giro de la mesa, lo cual se logra por medio de un freno de cinta activado neumáticamente.

PROTOTIPOS FUNCIONALES DISEÑADOS
Y CONSTRUIDOS EN EL CENTRO NACIONAL
COLOMBO - ITALIANO; CONVENIO SENA -
UNIVERSIDAD NACIONAL



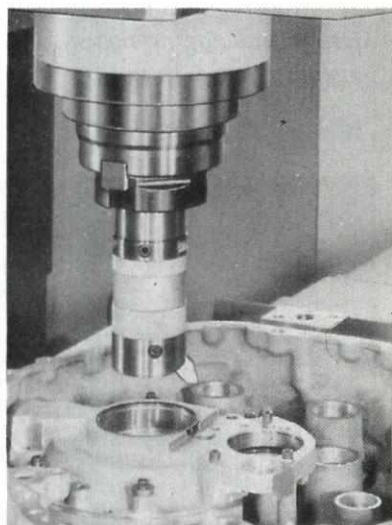
*DISPOSITIVO CON DIVISOR
BASCULANTE. Sistema de mon-
taje que ofrece dos grados más de
libertad - Posición vertical.*



*DISPOSITIVO DE BLOQUE RETICULADO.
Sistema de reglaje FORKAROT ofrece mayor pre-
cisión y repatronamiento.*

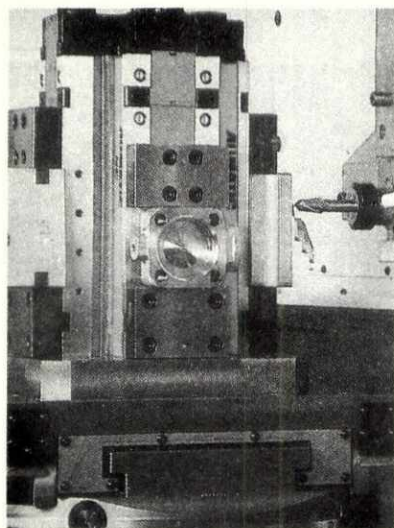


*DISPOSITIVO DE COPA PARA TORNO
C.N.C. Con sistema de patronamiento y mando
automático en el montaje de piezas.*

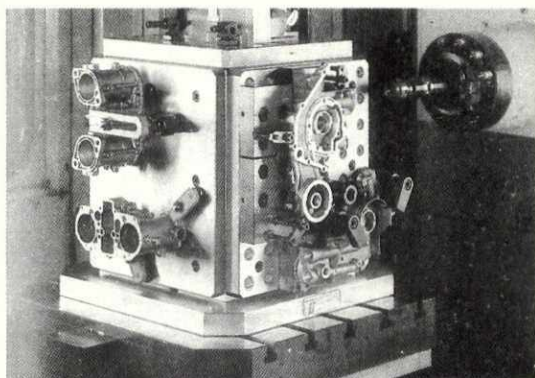


*Montaje de pieza mecánica para un
fresado - con pinzas, topos, bridas,
tornillos de sujeción.*

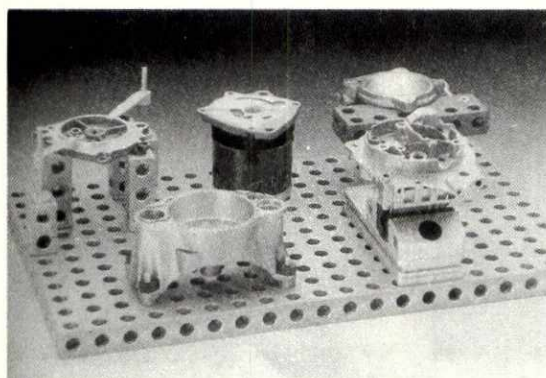
DISPOSITIVOS MODULARES DE APLICACION INDUSTRIAL



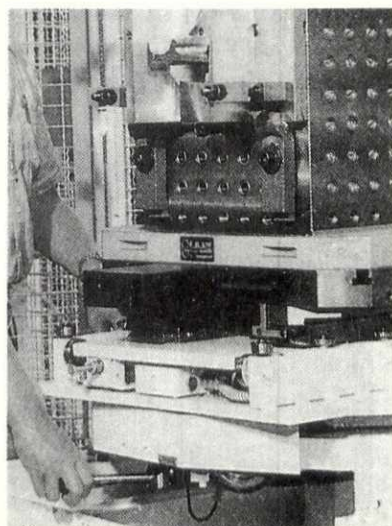
Montaje de elementos mecánicos con diversa configuración sobre bloques reticulados de aplicación industrial.



Montaje de elementos mecánicos diversos sobre bloque reticulado prismático de aplicación industrial, dispuesto en un centro de mecanizado C.N.C.



Montaje de elementos mecánicos con diversa configuración sobre bloques reticulados de aplicación industrial.



Montaje de elementos mecánicos diversos sobre bloque reticulado prismático de aplicación industrial, dispuesto en un centro de mecanizado C.N.C.

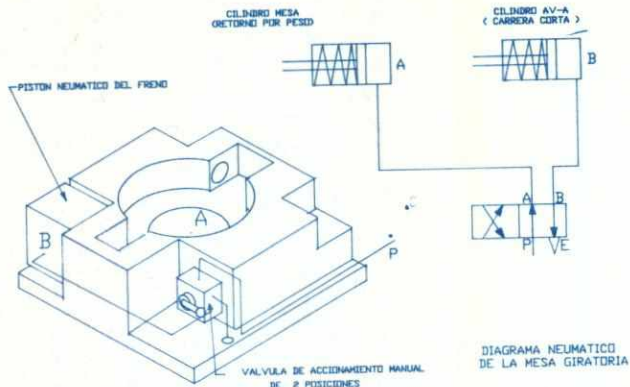


Ilustración 50. Circuito neumático mesa giratoria.

MONTAJE EN LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS

Se presenta en detalle el modo de disposición del dispositivo en la Fresadora CNC e igualmente se muestra el montaje de piezas en el módulo reticulado.

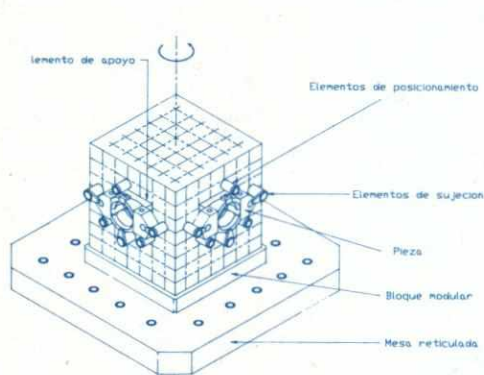


Ilustración 51. Montaje de Piezas en dispositivos modulares.

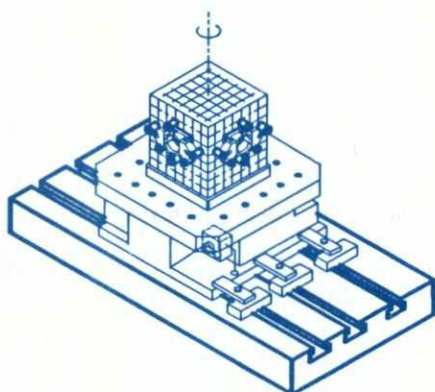


Ilustración 52. Esquema de sujeción del dispositivo en la fresadora

PREDISEÑOS DEL SISTEMA PORTAPIEZAS PARA CENTRO DE MECANIZADO

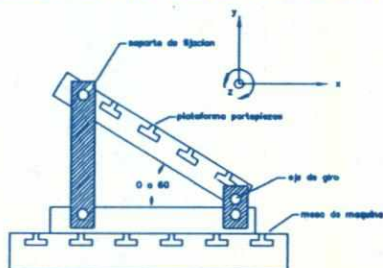


Ilustración 53. Mesa de senos, esquema del diseño funcional.

Divisor vertical

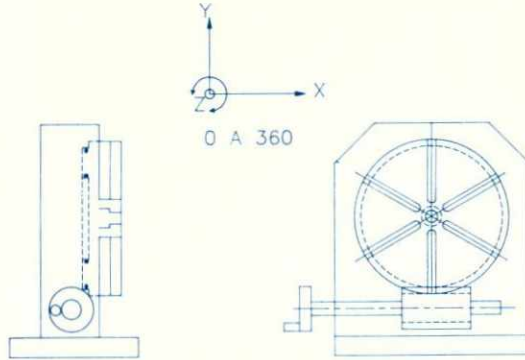


Ilustración 54. Dispositivo divisor vertical, a) vista lateral, b) vista frontal.

Pallet rototraslante

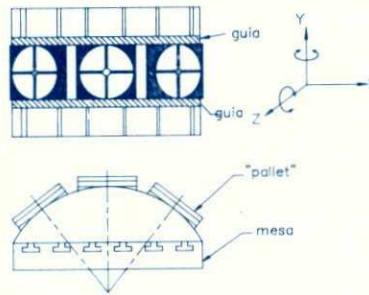


Ilustración 55. Pallet rototraslante.

Divisor basculante

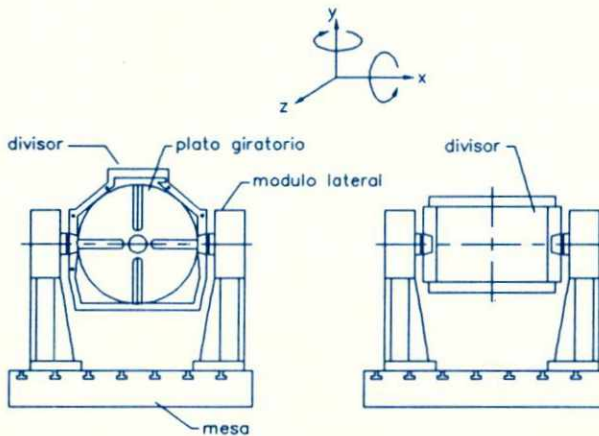


Ilustración 56. Divisor vasculante.

ALTERNATIVAS SELECCIONADAS PARA EL CENTRO DE MECANIZADO.

Tomando como base los parámetros de evaluación ya mencionados, se puede concluir indiscutiblemente que el dispositivo que posee más ventajas comparativas es el DIVISOR BASCULANTE, ya que cumple mejor con las restricciones y exigencias planteadas para una máquina de la naturaleza del centro de maquinado.

DIVISOR BASCULANTE

Funcionamiento del dispositivo:

Se trata de un dispositivo con dos grados de libertad que son dos giros, el uno alrededor de un eje horizontal y en un ángulo de 150 y, el otro giro de 360 en torno a un eje perpendicular al anterior que cambia de orientación en el espacio. El posicionamiento es de tipo continuo y el movimiento de los dos ejes es discreto es realizable mediante un mecanismo sinfín-corona. El bloqueo de los movimientos se ejecuta mediante un sistema de frenos que pueden ser de accionamiento manual o neumático, En la figura se ilustra el diseño funcional de este dispositivo en dos posibles posiciones; una con el divisor basculante ubicado verticalmente, y la otra horizontalmente.

Se prevé la construcción modular que permite emplear cada uno de los módulos para hacer diferentes configuraciones (figura) de montaje según las necesidades, lo que provee al dispositivo de gran versatilidad evitando la compra o fabricación de dispositivos diferentes, pues este los puede reemplazar.

En la figura siguiente se muestran las posibles configuraciones de aplicación tecnológica del dispositivo.

En A está armado parte del conjunto (módulos laterales) con un montaje entre puntas. En B esta ensamblado todo el conjunto con la mesa giratoria en posición vertical. En C se emplea un solo módulo lateral, en D aparece la mesa giratoria utilizándose en colocación horizontal (a la izquierda) y vertical.

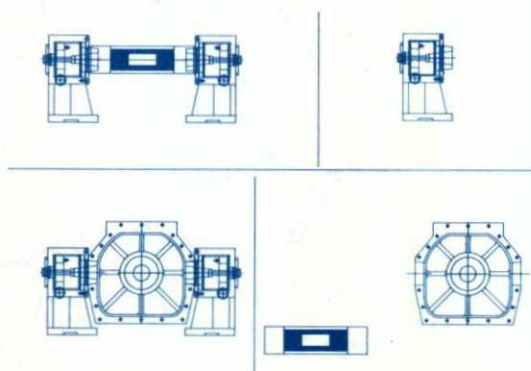


Ilustración 57. Diferentes configuraciones del divisor basculante.

ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL DIVISOR BASCULANTE.

En las siguientes figuras se muestran los principales partes de este dispositivo.

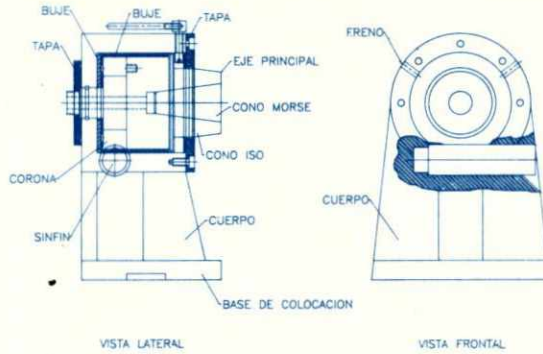


Ilustración 58. Módulo lateral, vistas frontal y lateral mostrando los principales componentes.

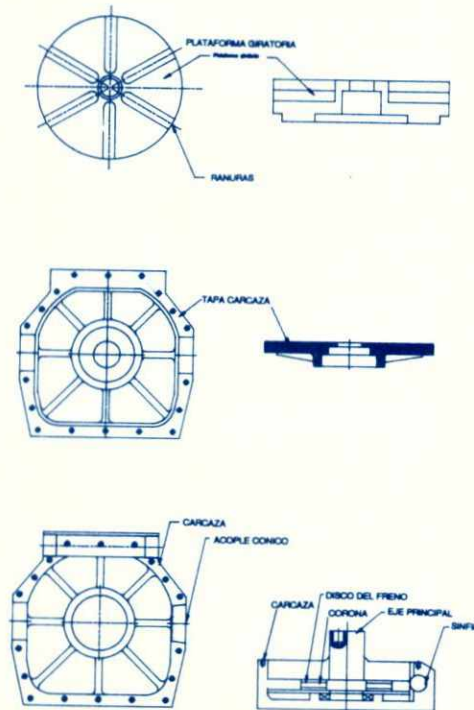


Ilustración 59. Módulo central (componentes). Izquierda: vista de techo, Derecha: vista lateral.

MONTAJE DE PIEZAS EN EL DIVISOR BASCULANTE

Se presentan algunas ilustraciones de las posibles aplicaciones tecnológicas del Divisor Basculante.

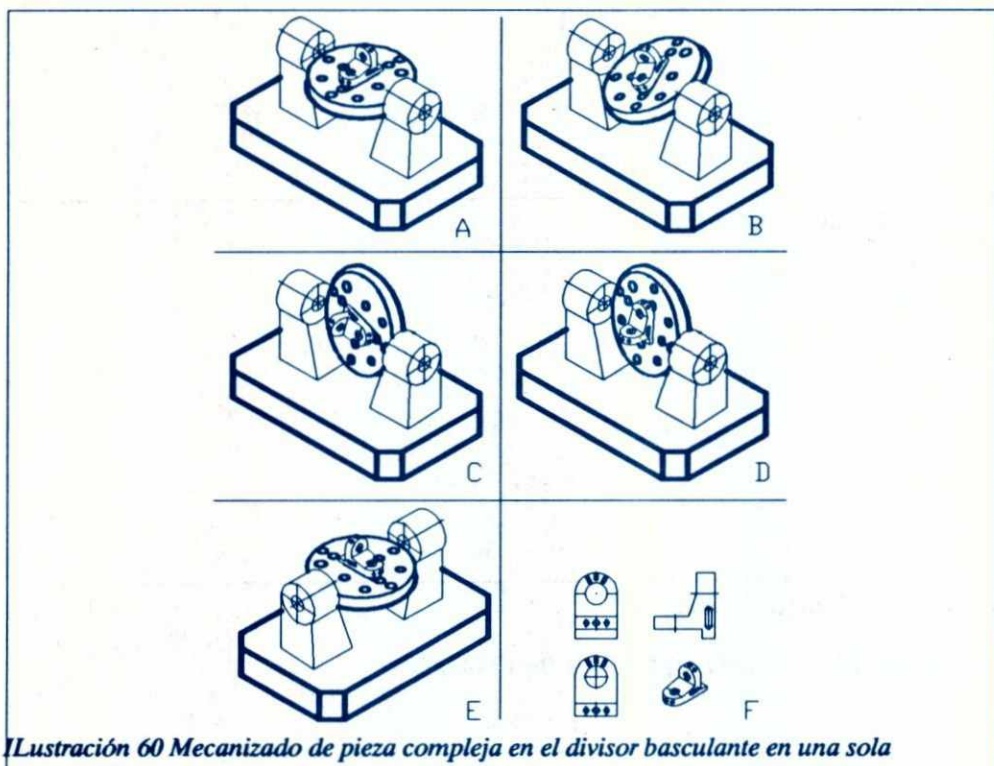


Ilustración 60 Mecanizado de pieza compleja en el divisor basculante en una sola

PREDISEÑOS FUNCIONALES DE BLOQUES RETICULADOS

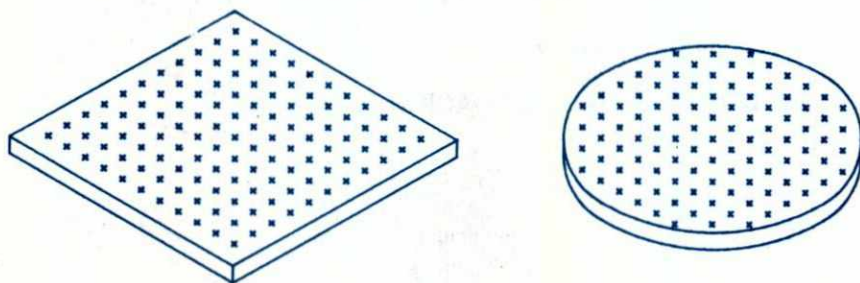


Ilustración 61. Bloques reticulados 1. Placa cuadrada, 2. Placa circular

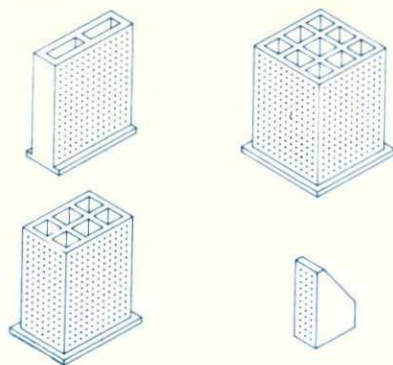


Ilustración 62. Bloques reticulados.

PLACA CUADRADA

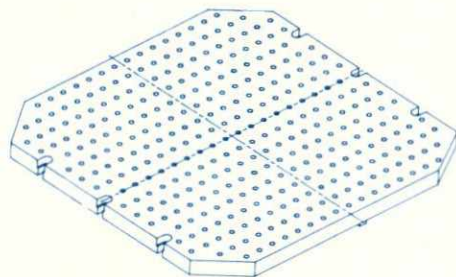


Ilustración 63. Placa cuadrada.

COLUMNAS DE CUATRO (4) CARAS DE FIJACION

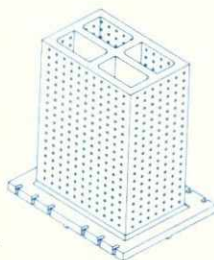


Ilustración 64 Columna de cuatro caras.

COLUMNA DE DOS (2) CARAS DE FIJACION

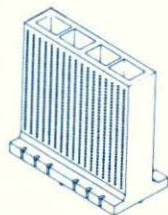


Ilustración 65. Columna de dos caras.

SOPORTE PRISMÁTICO.

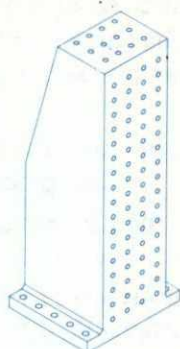


Ilustración 66. Soporte prismático

EVALUACION CUALITATIVA DE LOS PREDISEÑOS FUNCIONALES DE BLOQUES RETICULADOS.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
ALTERNATIVA 1 Placa cuadrada	
<ul style="list-style-type: none"> ● Trabaja las cinco caras de una pieza ● Permite usar todas las posibilidades de la máquina ● Piezas de gran volumen 	<ul style="list-style-type: none"> ● Volumen de trabajo restringido
ALTERNATIVA 2 Placa circular Diam. 1240 mm.	
<ul style="list-style-type: none"> ● Permite maquinar piezas de distintas formas ● Permite trabajar piezas con una base mayor que en la cuadrada 	<ul style="list-style-type: none"> ● Puede presentar problemas por quedar fuera del área de mesa original
ALTERNATIVA 3 Columna de dos caras	
<ul style="list-style-type: none"> ● Es posible fijar un gran número de piezas pequeñas ● Ofrece un mayor tiempo para que sean montadas otras piezas en el pallet auxiliar. 	<ul style="list-style-type: none"> ● La longitud de la herramienta que va a trabajar debe ser menor a 400 mm.
ALTERNATIVA 4 Columna rectangular	
<ul style="list-style-type: none"> ● Permite fijar cuatro piezas relativamente grandes ● Uno de los módulos más versátiles 	<ul style="list-style-type: none"> ● Permite trabajar máximo tres caras de una pieza
ALTERNATIVA 5 Columna cuadrada	
<ul style="list-style-type: none"> ● Muy similar al anterior, pero más versátil 	<ul style="list-style-type: none"> ● Permite trabajar máximo tres caras de una pieza
ALTERNATIVA 6 Soporte prismático	
<ul style="list-style-type: none"> ● En la parte superior, tiene una superficie donde es posible fijar las prensas en forma rápida, fácil y precisa ● Mayor precisión en los mecanizados 	

La selección del soporte prismático se basa en otras ventajas adicional es como: Ofrecimiento de dimensiones apropiadas para alojar los accesorios y los elementos del dispositivo, lo cual permite disponer piezas con una amplia gama de formas y tamaños en diferentes posiciones.

Resolución del problema de posicionamiento rápido y de precisión, alta flexibilidad, modularidad y rendimiento económico con gran precisión y velocidad de montaje.

Posibilidad de instalar en cualquier otra máquina cuya mesa tenga similares características a las del centro de mecanizado.

Estabilidad al ser sometidos a elevados esfuerzos sin peligro de fallas o deflexiones considerables. Otra gran ventaja del sistema de retículo es la posibilidad de resistir esfuerzos en todas las direcciones.

Por otra parte ha sido seleccionado el sistema de reglaje FORKARDT de bolas porque ofrece mayores ventajas sobre el sistema de posicionamiento con simple reticulado en cuanto a la precisión y repatronamiento se refiere.

Escogencia de accesorios auxiliares de fijacion para los bloques reticulados.

Se puede deducir que es posible usar cualquier sistema de fijación auxiliar sobre los módulos base. Simplemente deben ser adaptados al sistema de posicionado por bolas, es decir, su superficie de apoyo sobre los módulos deben llevar agujeros cónicos que alojen las bolas y que garantizan durante el apriete el posicionamiento correcto y preciso.

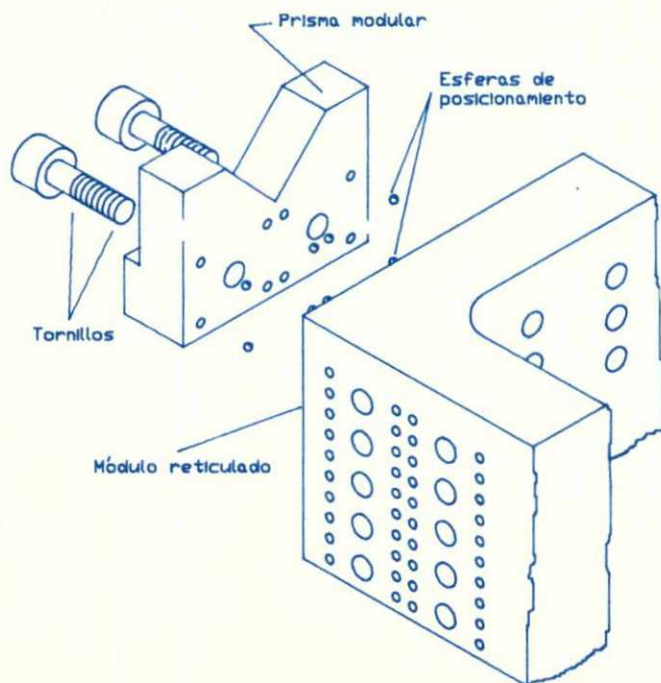


Ilustración 67. Sistemas auxiliares de fijación

DISPOSICION DEL BLOQUE RETICULADO EN EL CENTRO DE MAQUINADO

La aplicación y el montaje tecnológico del Bloque Reticulado se ejemplifica a continuación.

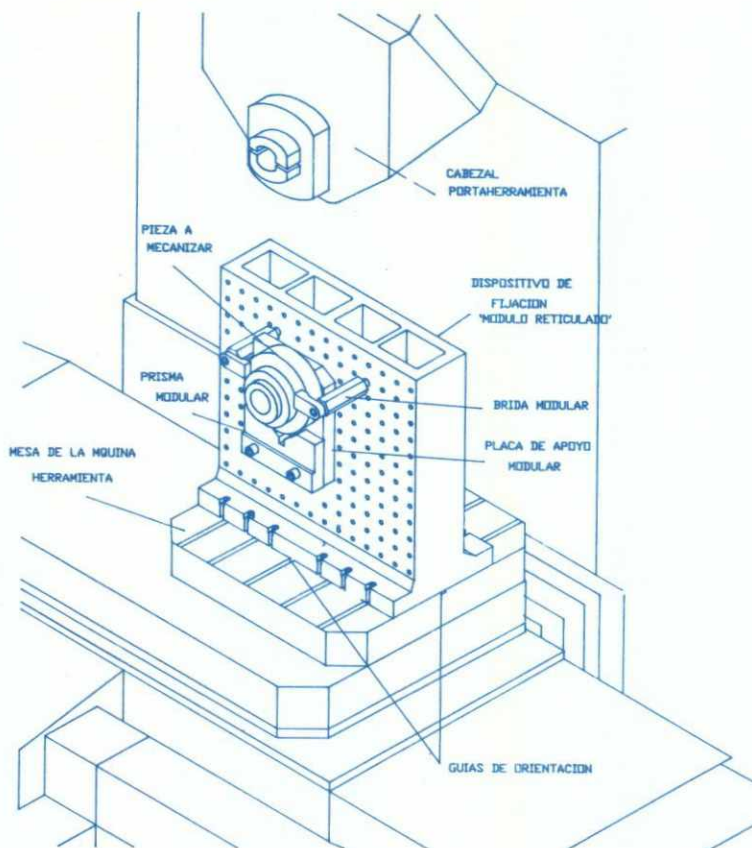


Ilustración 68. Montaje de los módulos reticulados para centro de mecanizado CNC.



WII

DISEÑOS DE DISPOSITIVOS DE SUJECION PARA UNA CELULA FLEXIBLE DE MANUFACTURA

PRODUCTOS SELECCIONADOS(Piezas tipo)

Se consideran las piezas factibles a trabajar en la célula dada su complejidad por la forma, la manera de maquinado, la operación y la colocación tecnológica.

En cada una de las figuras se indican las superficies a trabajar, las operaciones tecnológicas a realizar y los modos de colocación requeridos, para cada una de las piezas.

Mordaza móvil

Obtenido en hierro fundido; seleccionada por la complejidad en el taladrado y el roscado de sus agujeros, como el maquinado de las superficies planas, y todo ello previsto para ejecutar una sola operación y colocación tecnológica.

CENTRO DE MECANIZADO

Intercambiabilidad
1, 2, 3, 4.

-Basamento
colocación: base de la
cara A
orientación: simetría eje
X
apoyo: 4 prismas

-Trabajo
rectificado
roscado
cilindrado
refrentado

-Invariabilidad
agarre:mismo prisma

Esquema lineal resultante

-plano implícito (4 pris
mas)
-línea real (existe con
tacto prisma
-punto real (4 prismas)

(P1, L1, Po1)

Segunda colocación

(P1, L1, Po1)

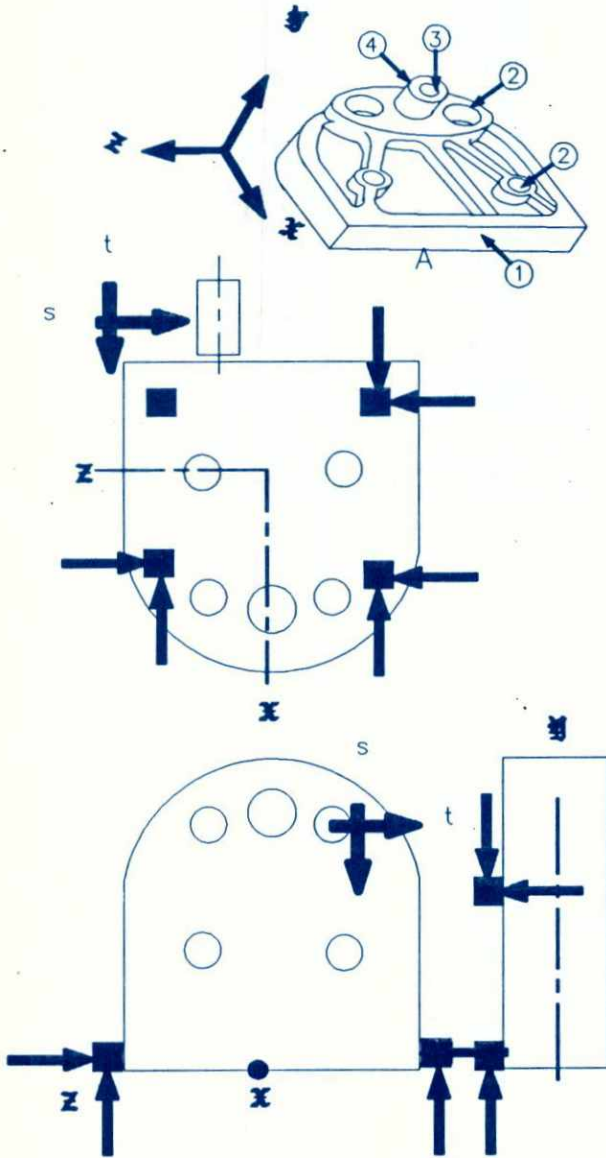


Ilustración 69. Esquema lineal de la mordaza móvil.

SOPORTE COJINETE

Fabricado en hierro fundido; seleccionada por la viabilidad de usar dos operaciones tecnológicas (torno y centro de mecanizado) en una sola colocación tecnológica para la elaboración de agujeros y superficies de alojamiento del cojinete.

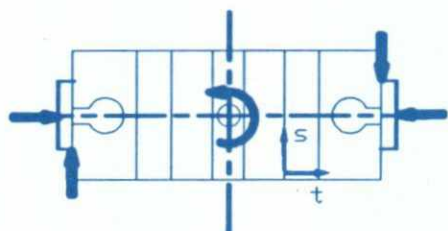


TORNO.

Intercambiabilidad en los agujeros, alojamiento, chavetero y ranuras.

-Basamento colocación sobre mordazas, orientación según eje de la pieza.

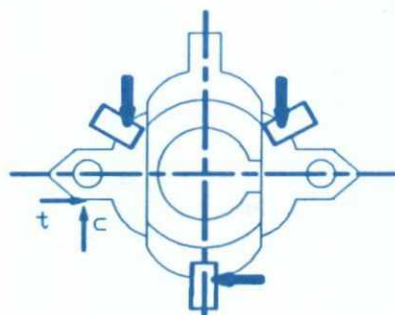
Apoyo dado por la mordaza.



-Trabajo maquinado en las superficies de intercambiabilidad.

-Invariabilidad dada mediante giro de la mordaza.

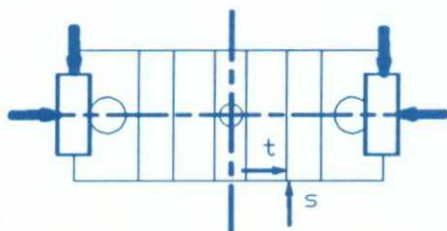
Esquema lineal resultante (P2, L1, Po1).



CENTRO DE MECANIZADO.

-Basamento sobre la mesa, orientación por centrador.

Apoyo dado por las pinzas.



-Trabajo fresado del chavetero y de la ranura.

Esquema lineal resultante (P1, L1, Po1).

Ilustración 70. Esquema lineal soporte cojinete.

PIEZA TIPO TAPA

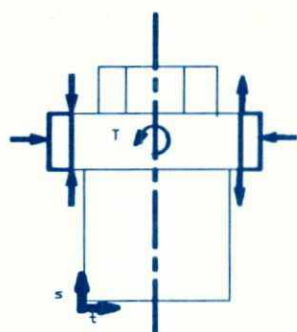
Material fundición; seleccionada por su operación compleja de roscado interior y exterior por lo que da la posibilidad de hacer versátil el elemento de sujeción.



TORNO.

Intercambiabilidad en el agujero interior, en el agujero superior y en el roscado exterior.

-Basamento
colocación sobre mordazas, apoyo dado por la mordaza, orientación según el eje de la pieza.

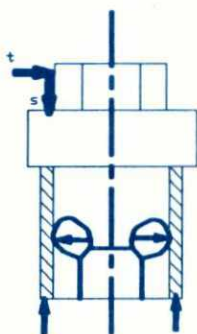


Agarre por la superficie circular mayor.

-Trabajo
cilindrado del agujero interior, roscado agujero superior y superficie exterior.

-Invariabilidad lograda por el giro de la mordaza.

Esquema lineal resultante (P1, L1, Po1).



CENTRO DE MECANIZADO.

-Basamento
colocación en la base de la mesa, agarre interior, orientación por centrador.

-Trabajo
fresado de la cara exagonal.



Esquema lineal resultante (P1, L2, Po1).

Ilustración 71. Esquema lineal de las piezas tipo tapa.

CARACTERISTICAS DE LA ISLA

Es un sistema completamente automático para el mecanizado con arranque de viruta controlado desde un tablero CNC 2500 y está compuesto básicamente por cuatro máquinas, a saber:

- torno
- centro de mecanizado
- robot de manipulación
- robot de medición

La isla es operada por actuadores hidráulicos, neumáticos y eléctricos. Además, están provistas de sistemas de lubrico-refrigeración del corte y evacuación de virutas.

Los controles se encuentran en la parte exterior. Por su parte, las máquinas herramientas (torno y centro de mecanizado), poseen tableros de control independiente que permiten su operación por fuera de la unidad central.

La disposición de las máquinas en la isla de trabajo se muestra en la Figura 72.

CARACTERISTICAS DE LAS MAQUINAS

La célula flexible de manufactura está constituida por:

Torno de brida pequeña GEMINI, CNC, dos ejes

- sistema de control continuo (CNC) sobre dos ejes
- diámetro máximo rotativo sobre el carro longitudinal 465 mm -en la versión rápida con cabeza mandril de 18,4 Kw (25 HP)
- el diámetro máximo autocentrante y de torneado es de 200 mm aproximadamente, potencia de motor de C.C. de 18,4 Kw, gama de revoluciones con potencia constante de 900-3.600 rpm
- asiento cónico interior boca mandril, cono Morse N 6
- orificio de paso en el mandril 57
- velocidad de rotación del mandril:
Gama normal 40-135-2.000 rpm
Gama rápida 70-266-3.475 rpm
- recorrido máximo en el eje Z (longitudinal) 400 mm
- recorrido máximo en el eje X (transversal) 250 mm

El espacio vital de trabajo se muestra en la Figura 72.

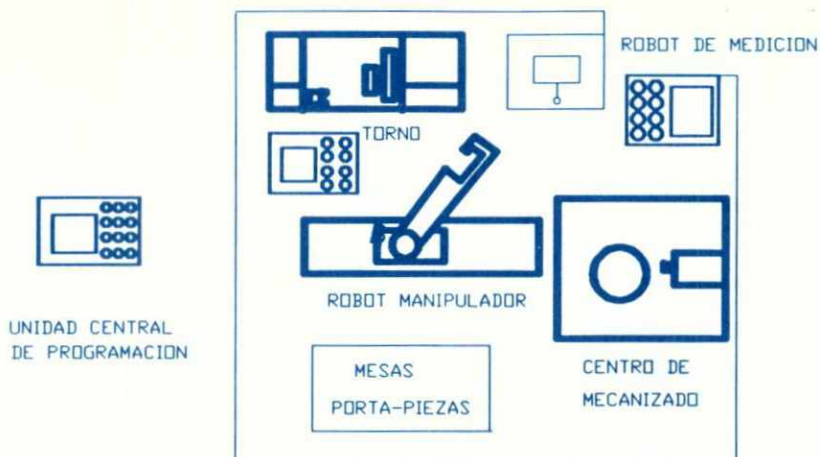


FIGURA 1. Disposición general de las máquinas en la isla de trabajo.

Ilustración 72 Disposición general de las máquinas en la isla de trabajo

Centro de mecanizado cnc-msr-5 (mandril horizontal)

Eje X (sección inferior de la corredera en forma de cruz)

- recorrido de trabajo 600 mm
- avance de trabajo mm/min 0-20.000
- precisión de posicionamiento corredera 0,01 mm
- precisión de repetición de posicionamiento 0,008 mm
- sistema de bloqueo de hojas (bloqueo mecánico, desbloqueo hidráulico)

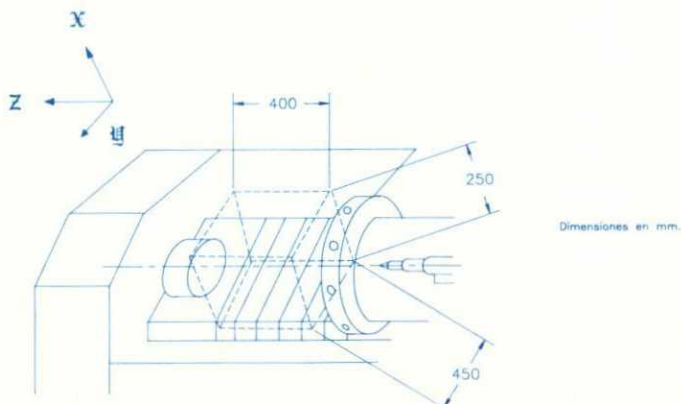


Ilustración 73. Volumen de trabajo en el torno.

Eje Y (sección superior de la corredera en forma de cruz)

- recorrido de trabajo 300 mm
- avance de trabajo mm/min 0-20.000
- precisión de posicionamiento corredera 0,01 mm
- precisión de repetición de posicionamiento 0,008 mm
- sistema de bloqueo eje de hojas (bloqueo mecánico, desbloqueo hidráulico) mas un freno en el servo-motor
- equilibrio hidráulico (acumulador mas cilindro)

Eje Z (grupo cabeza porta-mandril en el sentido transversal)

- recorrido de trabajo 350 mm
- avance de trabajo mm/min 0-20.000
- 2-precisión de posicionamiento corredera cabeza mandril 0,01mm
- precisión de repetición de posicionamiento 0,008 mm
- sistema de bloqueo eje, de hojas (bloqueo mecánico, desbloqueo hidráulico)
- potencia de motor C.C. de mando mandril 12,5 Kw (16,8 Hp)
- gama de velocidades del mandril 40-8.000 rpm

El espacio vital de trabajo se muestra en la Figura.

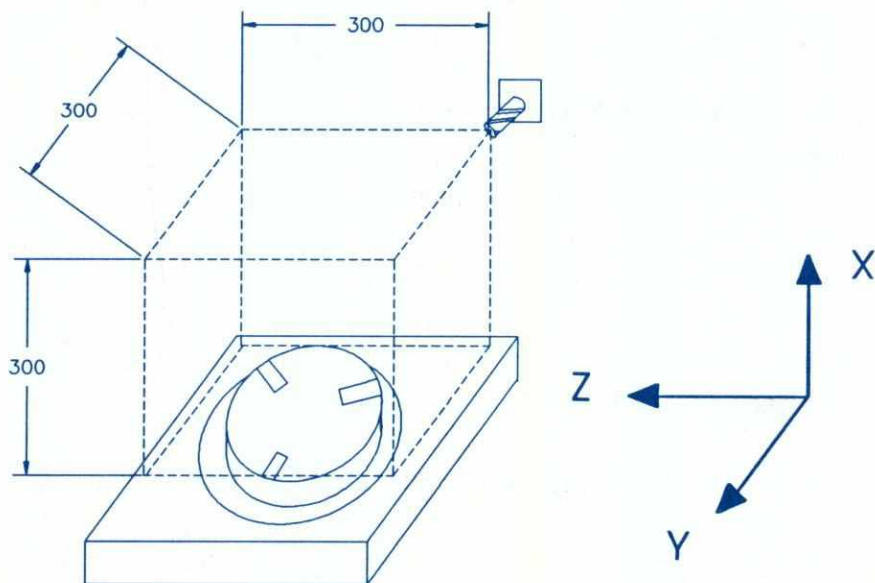


Ilustración 74. Volumen de trabajo en el Centro de mecanizado.

Almacén de herramientas:

- tipo de cadena rotatoria montado lateralmente sobre el soporte situado en el suelo
paso de la cadena 85 mm
- capacidad del almacén 18 herramientas
- dimensiones máx. diametral herramientas consecutivas 80 mm
- dimensiones máx. diametral 150 mm para herramientas no consecutivas
- peso máximo herramientas mas porta-herramientas 8 DaN
- longitud máxima útil herramienta de boca mandril 250 mm
- tiempo de cambio de herramienta 3 s
- tiempo de cambio de herramienta de viruta a viruta 7 s

Mesa rotatoria:

- mesa con pasaje aceite mando equipo 400 * 400 mm
- velocidad angular rápida 6 vueltas/min
- velocidad angular lenta 0-6 vueltas/min
- bloqueo mesa hidráulico
- útil de rotación 360
- posicionamientos 360.000
- precisión de posicionamiento 8"
- precisión de repetición 4"
- máximo par de torsión con eje bloqueado 30 DaN

Robot smart modelo 750 (manipulador de la pieza)

- tipo electro-mecánico
- configuración articulada antropomórfica
- 7 grados de libertad
- alcance horizontal 2.062 mm
- alcance vertical 3.243 mm
- precisión de repetición 0,4 mm
- capacidad de carga 50 kg

Robot de medición vir-800, speroni (control de calidad)

- carreras
X: 500 mm
Y: 800 mm
Z: 800 mm
- palpador tridimensional de contacto espacial con puntas intercambiables.

- CPU de 256 Kb de memoria MOS
- unidad de doble floppy disk 0,4 Mb
- memoria de masa de 10 Mb.
-

Mesas de colocacion.

Dispuestas con el fin de abastecer el material en bruto y recibir las piezas maquinadas. Se caracterizan por estar conectadas al centro de control, mediante sensores de posición que permiten la ubicación y orientación del robot en cuanto a manipulación de piezas.

PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION

A continuación se presentan varios prediseños de los dispositivos para las Máquinas Herramientas de la Isla flexible desarrollados con base en los criterios de productividad, universalidad y reparabilidad.

Alternativas para el torno GEMINI

Plato modular para Pieza tipo Carcasa :

Diseñado para ser montado directamente sobre el torno o sobre el plato anterior. Sujeta las piezas mediante dados desplazados a través de las guías.

Plato de mordazas independientes.



Ilustración 75. Plato modular para piezas tipo carcasa.

La mordaza es giratoria (accionada con sinfín corona) y acomoda mejor la pieza a trabajar. La mordaza independiente puede reconvertirse en autocentrante.

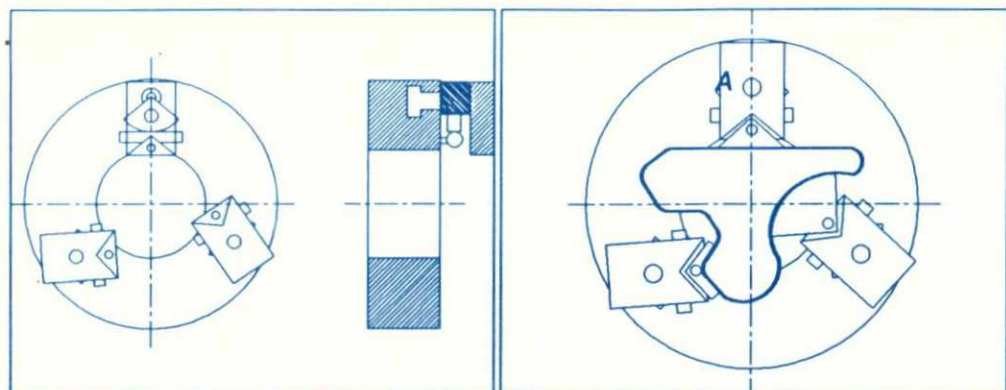


Ilustración 76. Copa de mordazas independientes. *Ilustración 77 Autocentrado de una pieza asimétrica.*

Plato con mordazas giratorias independientes

Consta de mordazas giratorias que permiten el trabajo de cuatro (4) caras en la pieza en una sola posición tecnológica. Además hay dispuestas dos (2) mordazas adjuntas que aseguran la sujeción correcta de la pieza y que serán retiradas cuando la pieza requiera rotarse.

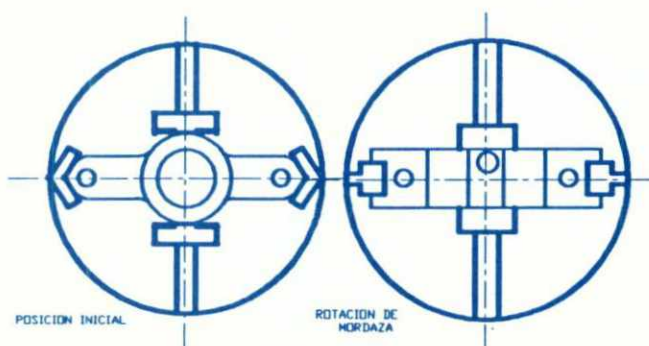


Ilustración 78. Plato de mordazas giratorias independientes.

Plato de mordazas autocentrantes (fig 89 y 90)

Para el diseño del dispositivo se exige el maquinado de piezas tipo cruceta, bridas, tuberías en T, etc. Para satisfacer este propósito tecnológico se opta por el montaje de un plato de mordazas autocentrantes y desplazables a lo largo de las guías que permitan el posicionamiento y el giro de la pieza, gracias a un mecanismo automático de acomodamiento.

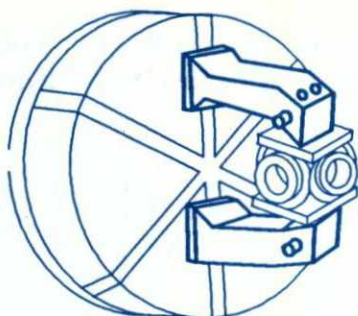


Ilustración 79. Plato de mordazas independientes.

Para el plato de mordazas independientes se presenta la siguiente configuración constructiva.

Centrado de la pieza por tornillo, los portamordazas montados sobre las agujas o pasadores, como también sobre un plato reticular. Los dados y las mordazas son intercambiables.

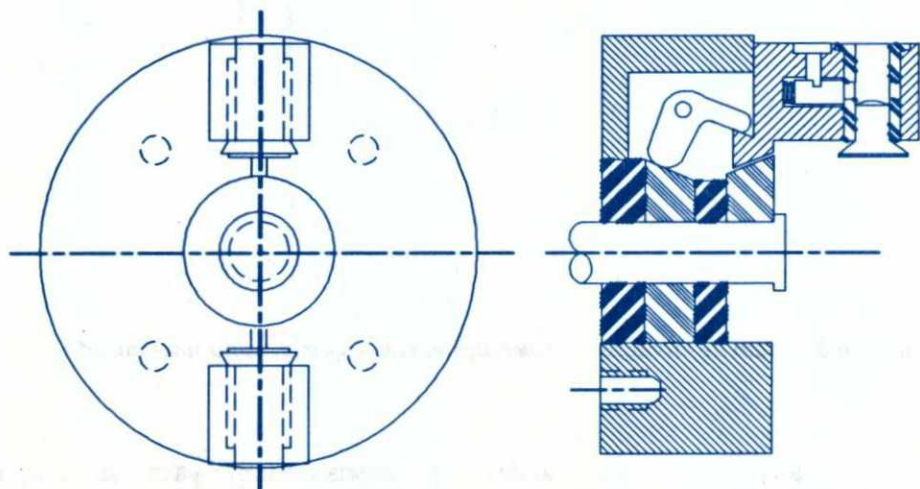


Ilustración 80. Plato autocentrante para maquinado de piezas tipo cruceta.

DISEÑO CONSTRUCTIVO DEFINITIVO DEL PLATO DE MORDAZAS INDEPENDIENTES CON ACCIONAMIENTO SINCRONIZADO PARA EL TORNO GEMINI

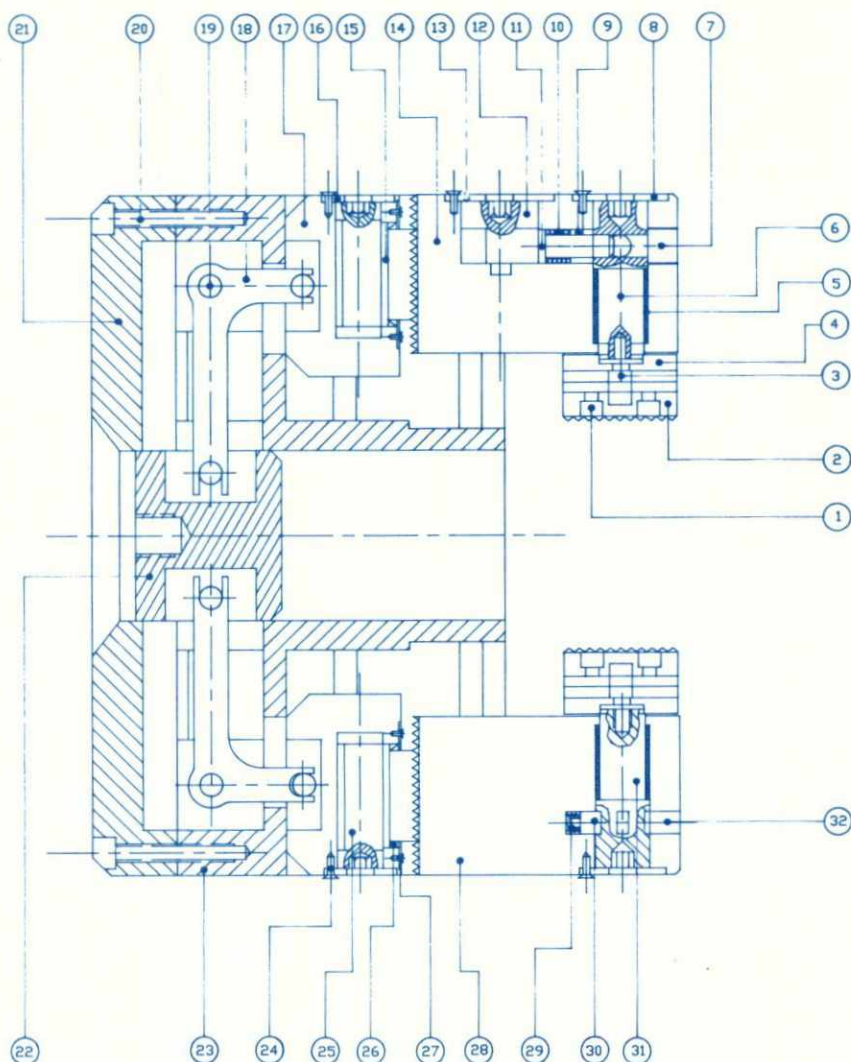


Ilustración 81. Plato de mordazas independientes con accionamiento sincronizado.

En virtud de la versatilidad que presenta la copa original del torno, ya que esta desplazó al plato flexible de cuatro módulos, dadas sus propiedades ergonómicas de posicionamiento de las mordazas, que la facilitan para funcionar como copa autocentrante y de mordazas independientes, se diseña el plato de mordazas independientes con

de mordazas independientes, se diseña el plato de mordazas independientes con accionamiento sincronizado y automático (Figura 81), como la mejor solución para aumentar la versatilidad del torno.

Los elementos constructivos del mismo son:

- las mordazas (que son intercambiables)
- el portamordaza o mordaza falsa
- la cruceta giratoria
- el pasador y elemento accionador del mismo
- el posicionador del conjunto mordaza
- el actuador
- el pistón transmisor del movimiento.

El pistón con carrera libre de 30 mm transmite su movimiento a través del actuador al posicionador de la mordaza; el movimiento se hace inherente al conjunto portamordaza donde la pieza es sujeta o aflojada según sea el movimiento de entrada al pistón. Este accionamiento es automático

Las condiciones del diseño permiten trabajar cuatro caras de una pieza (equivale a cuatro giros de 90 cada uno), en una sola posición tecnológica. El conjunto en general está diseñado para funcionamiento a baja o media revolución en el torno. Para piezas tipo cruceta, en T, en L, y en general piezas con caras a 90, 180 perpendiculares al eje de revolución.

La pieza montada es trabajada en su primera cara, luego viene la inmovilización de la copa del torno, giro manual de la pieza en virtud del portamordaza, y queda así posicionada la segunda cara para ser trabajada.

A continuación se presenta una valoración cualitativa de la copa con accionamiento sincronizado y diseñada para el torno GEMINI de la Isla Flexible en el Centro Colombo-Italiano del SENA:

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> ● El trabajo de piezas de forma compleja en una colocación tecnológica ● Posibilidad de ampliar el número de caras trabajadas, disminuyendo el ángulo de giro. <ul style="list-style-type: none"> 90 ° para cuatro caras 60 ° para seis caras 45 ° para ocho caras 30 ° para doce caras ● Aumento de la posibilidad de diferentes trabajos según la versatilidad del torno y de la torreta de ocho herramientas. ● Trabajo de piezas de un mínimo de dimensionamiento a un máximo provisto por el posicionador del conjunto mordaza. 	<ul style="list-style-type: none"> ● La baja revolución de trabajo ● El accionamiento manual de la cruceta y liberador del pasador, así como del posicionador del portamordaza, que involucra la pérdida de tiempo en producción

ALTERNATIVAS PARA EL ROBOT MANIPULADOR (SMART MODELO 750).

Antes de plantear las alternativas de solución para cualquier pinza manipuladora se deben definir una serie de factores. Estos factores son:

- piezas a manipular, considerándose el peso, el tamaño, la forma, los cambios en la forma, las tolerancias y la condición superficial
- método de actuación
- transmisión de potencia
- problemas de posicionamiento como longitud de los dedos, repetibilidad, etc.
- entorno operativo, referido a temperatura y humedad controladas y suciedad en bajo nivel
- materiales constructivos -otros aspectos como conexión al robot, pinzas de repuesto, mantenimiento, servicio, etc..

Además se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- superficie de agarre de la pieza debe ser diferente a la de agarre en el plato de sujeción, o debe estar fuera de la interferencia con éste
- el cambio de dimensión de la pieza y en particular de la zona de agarre de la pinza. Este cambio se da por el proceso de mecanizado
- se considera las posibles deformaciones o arañazos en la pieza durante el agarre
- selección de la mayor dimensión como zona de agarre de tal forma que se favorezca la estabilidad de la pieza durante su posicionamiento

En general por estar sometido a desgaste se sugiere la utilización de dedos con almohadillas elásticas o dedos de alineación automática. Además, esta consideración permite la intercambiabilidad para diferentes modelos de piezas.

Para determinar la magnitud de la fuerza de agarre y en últimas el diseño mecánico de la pinza se debe hacer un análisis que involucra los siguientes factores:

- peso de la pieza (para el robot SMART esta no debe exceder 50 kg)
- velocidades y aceleraciones de desplazamiento
- tipo de agarre, si este es por fricción o constricción de la pieza
- coeficiente de fricción entre el objeto y los dedos.

Pinza de agarre exterior (version a).

Basada en el mecanismo del pantógrafo con configuración en X, la pieza es sujeta y apoyada sobre cuatro puntos fijos, es liberada mediante un movimiento de tracción hacia atrás.

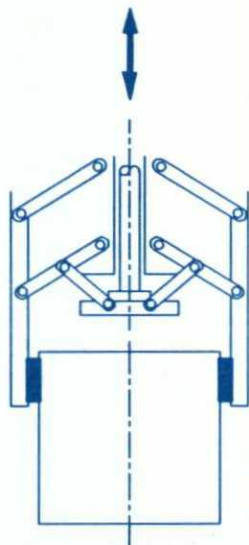


Ilustración 82. Pinza de agarre exterior versión A

Pinza de agarre interno (versión a).

Utiliza como mecanismo funcional el de superficies deslizantes, su sujeción se realiza por un movimiento de tracción hacia adelante y es liberada por un movimiento inverso ayudado por un resorte. Este bosquejo se muestra en la Figura.

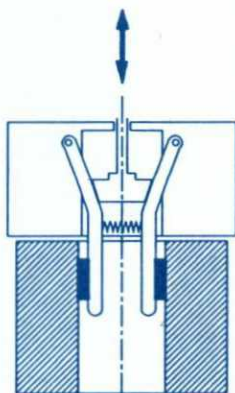


Ilustración 83. Pinza de agarre interior Versión A.

Pinza de agarre interno (version b).

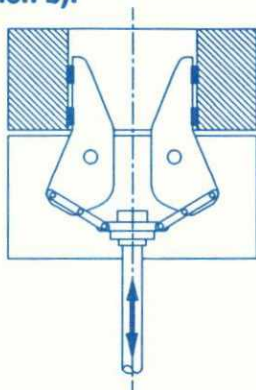


Ilustración 84. Pinza de agarre interior Versión B

Utiliza el mecanismo de pantógrafo para la sujeción de la pieza, con un movimiento de tracción hacia atrás, en virtud que el dedo de agarre gira alrededor de un punto fijo. Este esquema es mostrado en la Figura.

PINZA DE AGARRE MIXTO.

Combina las dos posibilidades anteriores, su mecanismo de funcionamiento se basa en engranes-cremalleras, activados mediante movimientos hacia adelante y hacia atrás de la cremallera central. Los dedos son patronables al tamaño de la pieza, así como a la configuración de agarre (interno o externo). Solución mostrada en la Figura

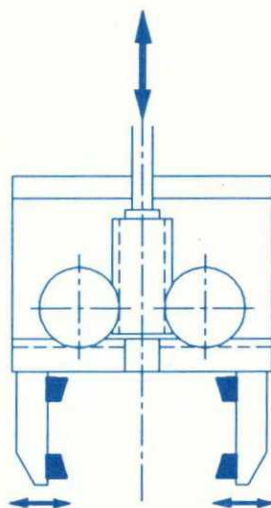


Ilustración 85 Pinza de agarre mixta.

DISEÑO DEFINITIVO DE LA PINZA INTERCAMBIABLE SELECCIONADA PARA EL ROBOT MANIPULADOR DE AGARRE MIXTO

A partir de la evaluación de la pinza del robot SMART y de acuerdo al análisis de evaluación de las alternativas, la pinza intercambiable de agarre mixto es tomada como solución óptima, dada la morfología de las piezas tipo y la dificultad de versatilizar las alternativas con mecanismo de pantógrafo.

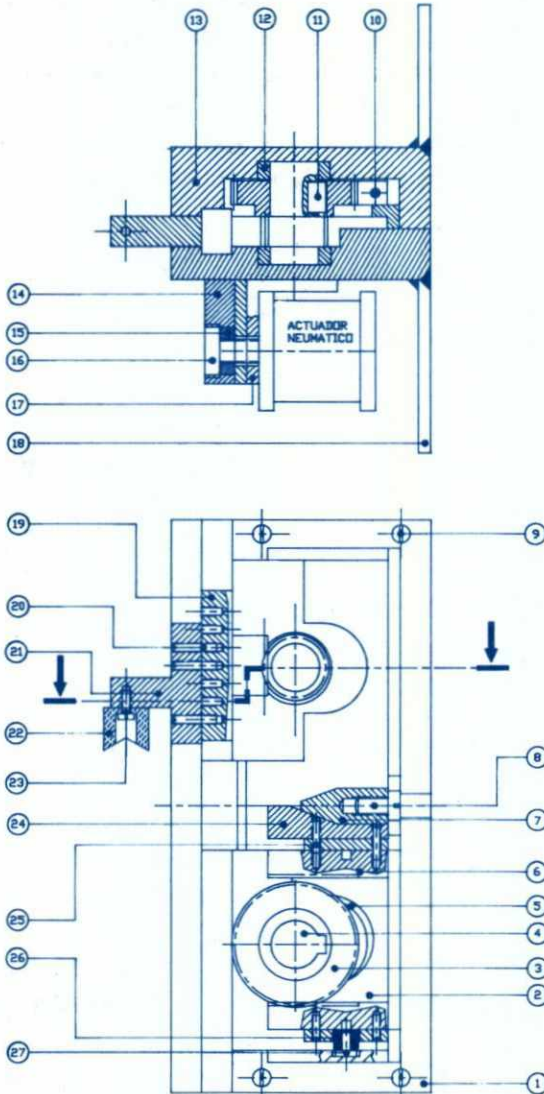


Ilustración 86. Pinza manipuladora para el robot.

Los elementos constructivos son:

- dedos intercambiables
- cremallera deslizante (portadora de los dedos)
- engranes
- actuador dentado.

El actuador dentado transmite su movimiento lineal, producido por el mecanismo neumático del robot, al par de engranes que a su vez lo transmiten a las cremalleras deslizantes, lográndose la sujeción o liberación de la pieza manipulada; los dedos son repartronables a lo largo de las cremalleras, siendo además de diferentes longitudes y configuraciones.

Es importante reseñar brevemente algunos criterios de la evaluación cualitativa del diseño de la pinza intercambiable para el robot SMART 750.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">-Fácil repartronamiento para diferentes tamaños de piezas.-Intercambiabilidad de los dedos.-Sujeción de una gran gama de piezas.-No alteración del mecanismo constitutivo del robot.-Cambio rápido de la configuración del tipo de agarre.	<ul style="list-style-type: none">-Complejidad constructiva de las partes motrices.-Configuración de carreras para un tamaño máximo y mínimo en las piezas.

VARIANTES DE DISEÑO DEL DISPOSITIVO PORTAPIEZAS PARA EL CENTRO DE MECANIZADO.

Las razones tenidas en cuenta son la intercambiabilidad de las piezas semejantes con el modelo lineal de las mordazas, la colocación, la orientación y la referenciación tecnológica debe acometerse cumpliendo los criterios de modularidad y repartronabilidad del dispositivo.

Base giratoria con mecanismo basculante:

Consta de una base modular giratoria en dos planos, para trabajar piezas con diferente grado de inclinación su accionamiento es por medio del mecanismo sinfín corona.



Ilustración 87. Base giratoria con mecanismo basculante

Su desventaja radica en el uso de dados y varillas roscadas como medios de sujeción lo que no da versatilidad acorde con el rango y tipo de maquinaria existente en la célula.

Mesa compuesta de doble plato

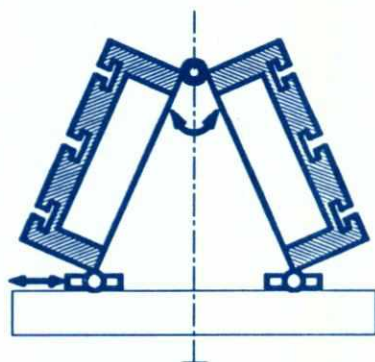


Ilustración 88. Mesa compuesta por doble plato

Consta de una base modular giratoria en dos planos para trabajar piezas con diferente grado de inclinación. Según el tamaño del mismo puede darse posibilidad de trabajar y soportar dos piezas. Consiste en dos platos que se desligan sobre la mesa del centro de mecanizado, teniéndose diferentes inclinaciones por medio del acople de un cilindro hidráulico a la máquina.

Se considera como desventaja el tamaño del dispositivo y el espacio vital del movimiento dentro del centro de mecanizado.

Mesa de pinzas intercambiables diseñada para el centro de mecanizado de la isla flexible.

Se desarrolla este tipo de diseño dado que se aprovecha las condiciones de espacio, transmisión de movimiento y fácil acondicionamiento al dispositivo, ofrecidos por el centro de mecanizado. También se tiene en cuenta el hecho de la intercambiabilidad de las mismas pinzas (que se aumenta), y el aprovechamiento de diferentes platos modulares acoplables en el Centro de Maquinado.

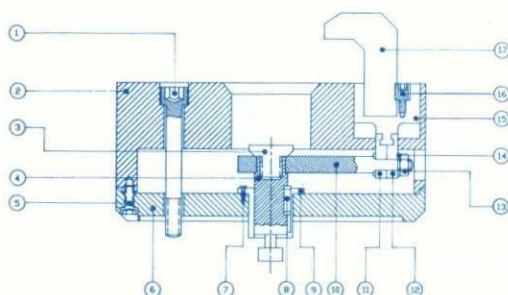


Ilustración 89. Mesa de pinzas intercambiables para el Centro de mecanizado

Los elementos constructivos del dispositivo son:

- tapa superior
- portapinzas
- pinzas intercambiables
- actuador
- sujetador de la pinza intercambiable
- pistón
- tapa inferior.

La entrada de movimiento, totalmente automático, proviene del cilindro actuador y es transmitido a la leva actuadora que se desplaza en el interior de la copa. El desplazamiento de la leva provoca la caída de la pinza intercambiable que sujeta la pieza a maquinar.

Para la mesa de pinzas intercambiables se ha establecido una primera aproximación con relación a sus atributos y deficiencias de diseño.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">-Intercambiabilidad de la pinza y el logro con ella del aumento de la gama de piezas a trabajar.-La poca o nula modificación a la base sustentadora del plato en el centro de mecanizado.-El logro de mayor versatilidad con este dispositivo respecto al existente.-La utilización de pinzas con agarre lateral, frontal o interior.	<ul style="list-style-type: none">-Intercambiabilidad manual de la pinza.-Sujeción de piezas de altura diferente pero diámetro constante o no mayor al obtenido por el plato (excepto si el agarre es interno a la pieza).-Posible interferencia de las pinzas en el maquinado de algunas piezas.



APROXIMACION AL CALCULO DE DETALLE DE LOS DISPOSITIVOS DISEÑADOS

Tiene interés reseñar en forma breve aspectos genéricos referidos al cálculo en detalle de los dispositivos. Con este propósito se ejemplifica algunos procedimientos del cálculo mecánico, para el evento de dos de los dispositivos portapiezas diseñados para Máquinas Herramientas CNC del Centro Colombo-Italiano.

PLATO DE MORDAZAS INDEPENDIENTES CON ACCIONAMIENTO SINCRONIZADO PARA TORNO GEMINI

-fuerzas de inercia.

Para poder calcular el centro de masa de la copa, esta se esquematiza en la Figura.

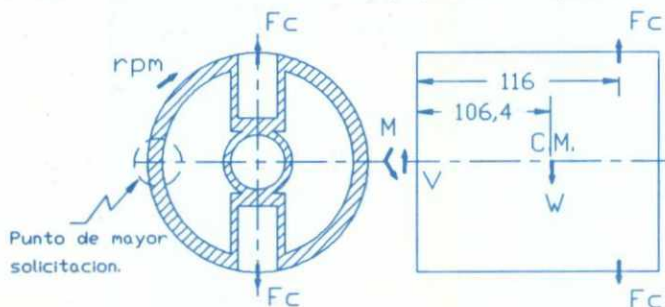


Ilustración 90. Esquema general de fuerzas en la copa.

CM =	Centro de masa.	
Fc =	Fuerza centrífuga	
M =	Momento	
W =	Peso	
Diámetro rotativo		300. mm
Potencia motor		18.4 Kw
RPM		120-500
Peso máximo de pieza a maquinar		50. Kg
Material del cuerpo de la copa		Acero fundido AISI 4140 Hb 450
Sy		1585 Mpa

Centro de masa:

$$X = (\sum Xi \cdot mi) / mt = (\sum Xi \cdot Vi) / Vt$$

Dada la simetría Y se encuentra en el centro de giro de la copa.

Fuerza centrífuga

$$F_c = mr\omega^2$$

$$F_c = 31.126,41 \text{ N}$$

$$\text{Area del punto crítico} = 10 \cdot 164 = 1640 \text{ mm}^2$$

$$\delta = F_c / A = 18,98 \text{ MPa}$$

Para el material dado $S_y = 1585 \text{ MPa}$, no se presenta la falla debido a las fuerzas de inercia

Fuerzas debidas al peso de la pieza.

En la Figura 91 se muestra el nuevo centro de masa, considerando la presencia de la pieza a mecanizar.

Plato de mordazas independientes con accionamiento sincronizado por torno gemini.

$$X = (\sum Xi \cdot Vi) / Vt = 166,0 \text{ mm}$$

$$F_c = 73.142,22 \text{ N}$$

por lo tanto el δ es:

$$\delta = 73.142,22 \text{ N} / 1,64 \cdot 10^{-06} \text{ m}^2 = 44,6 \text{ MPa}$$

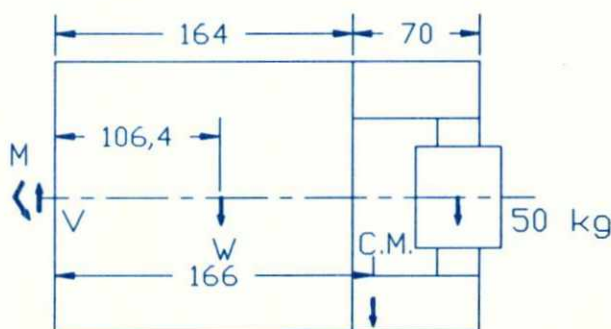


Ilustración 91. Esquema general de fuerzas debidas al peso de la copa.

Por criterio de resistencia la copa no presenta falla por fuerzas inerciales.

Análisis de Rigidez.

En la Figura 92 se aprecia el sentido y carácter de las fuerzas que actúan en la copa. El comportamiento de este elemento corresponde al de una viga empotrada, donde

$$Y_{\text{máx.}} = Fl^3/3EI$$

$$Y_{\text{máx.}} = 0,06 \mu\text{m}$$

La copa no presenta falla por rigidez, debido a la acción de su propio peso y la fuerza de inercia y por tanto la concepción dimensional permanece inmodificada.

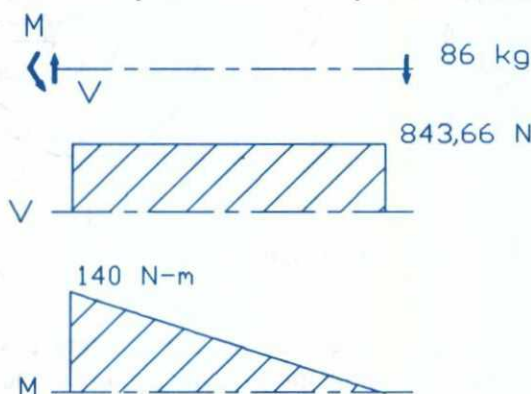


Ilustración 92. Esquema del cortante y del momento en la copa.

Análisis de Rigidez considerando las Fuerzas de Corte.

En este tópico se considera las fuerzas producidas por el torneado cilíndrico, se tiene en cuenta los cambios de sección que presenta la copa a lo largo, se considera régimen de corte extremo con las siguientes características: diámetro máximo de la pieza a maquinar de 100 mm régimen de corte, avance $S = 0,21$ mm/vuelta, profundidad de corte $t = 1$ mm posición de la pieza a trabajar a 254 mm medidos desde la base de la copa tipo de material a maquinar, acero al carbono de rotura $\sigma = 75$ kg/mm, con coeficientes de mecanizado $C_p = 85$, $X_p = 1$, $Y_p = 0,7$.

El cálculo de las fuerzas de corte se hace a partir de la potencia que transmite el motor y de las rpm.

$$F_z = N/(w*r) = 7.028 \text{ N}$$

$$F_y = 12.778 \text{ N}$$

$$F_x = C_p * D^{X_p} * t^{Y_p} * S^{Z_p} = 5.587 \text{ N}$$

trasladando cada una de estas fuerzas al centro de la copa y según la estática se tiene:

$$F_z = 7.028 \text{ N}, T_z = 702,8 \text{ N*m}$$

$$F_x = 5.587 \text{ N}, M_x = 558,7 \text{ N*m}$$

$$F_y = 12.778 \text{ N}.$$

Estas fuerzas se consideran actuando en la copa y a través de dos cambios de sección, ilustradas en la Figura 86, donde los cálculos de inercia se efectúan con respecto a los ejes de la copa, se considera también el giro gradual de la copa y de esta manera se analiza el cambio que se produce en la rigidez por cada variación angular.

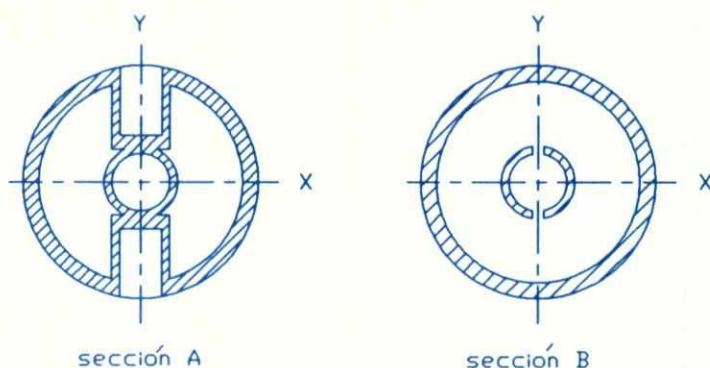


Ilustración 93.. Secciones de inercia de la copa.

El análisis de deflexión en la copa se presenta por la combinación de esfuerzos en dos planos, en uno de los cuales (plano Y-Z) adquiere el comportamiento de viga empotrada con carga en su extremo (Fz).

En el plano X-Z, el comportamiento presentado es el de una viga empotrada con carga (Fy) y un momento flector (Mx) en su extremo. Para el plano donde actúa Fz la deflexión máxima es dada por:

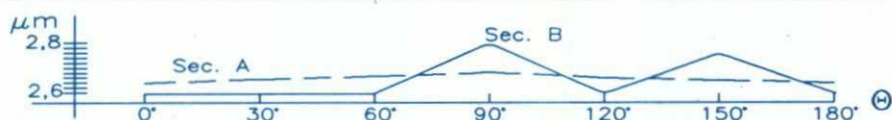
$Y_{\text{máx}} = (F \cdot L^3) / (3 \cdot E \cdot I_x)$ para el plano donde actúan la fuerza Fy y el momento Mx, la expresión dada para la deflexión máxima es:

$$Y_{\text{máx}} = (M \cdot L^2) / (2 \cdot E \cdot I_y) + (F \cdot L^3) / (3 \cdot E \cdot I_y).$$

Considerando que la copa es simétrica, entonces el ciclo calculado corresponde a la variación angular de 0 a 180, los distintos valores de deflexión máxima y cambios de inercia, así como de cambio angular son mostrados en la Tabla 2.

TABLA 2. Variación de la rigidez en función del ángulo de giro de la copa. (secciones A y B).

⊙	PLANO Y - Z				PLANO X - Z				Y _{max}	
	SECC. A		SECC. B		SECC. A		SECC. B		Y _A μm	Y _B μm
	I _X	Y	I _X	Y	I _Y	Y	I _Y	Y		
0°	1,7218	1,666	1,7636	1,041	1,7389	2,42	1,7684	2,40	2,640	2,600
30°	1,7264	1,064	1,7662	1,041	1,7346	2,42	1,7648	2,377	2,6456	2,596
60°	1,7346	1,059	1,7672	1,040	1,7261	2,434	1,7648	2,381	2,6547	2,598
90°	1,7389	1,060	1,7684	1,040	1,7618	2,44	1,7636	2,40	2,6700	2,800
120°	1,7389	1,056	1,7672	1,041	1,7218	2,44	1,7648	2,381	2,6592	2,598
150°	1,7206	1,064	1,7648	1,041	1,7346	2,42	1,7672	2,377	2,6546	2,763
180°	1,7218	1,666	1,7636	1,041	1,7389	2,42	1,7684	2,40	2,640	2,600



DISPOSITIVO MODULAR PORTAPIEZAS PARA FRESADORA CNC OERLIKON

Fundamentalmente su cálculo se orienta a responder las exigencias de Rigidez en función de las fuerzas actuantes durante el maquinado.

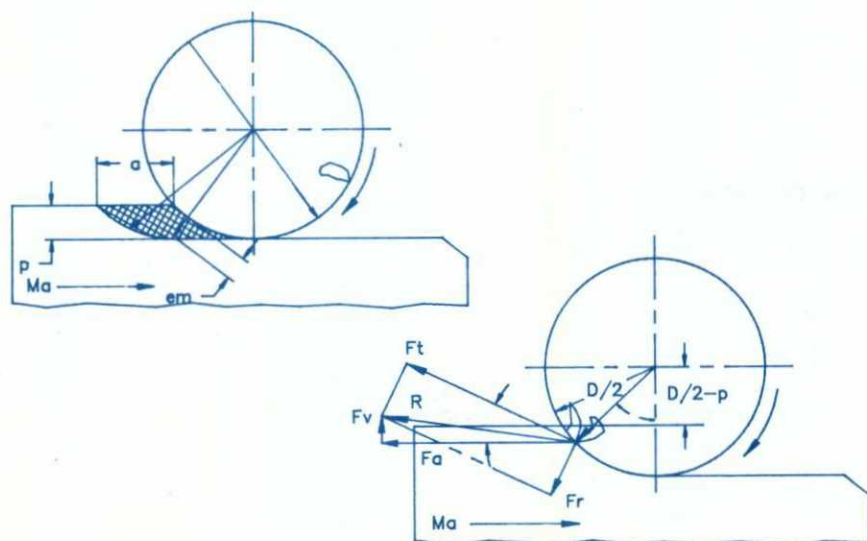


Ilustración 93. Fuerzas de corte.

Fuerzas de Corte y Potencia de Corte en el Fresado.

Se ilustra de manera simplificada de cuantificación de la fuerza de corte.

$$P = pf = (C/\alpha^k)f$$

p = Fuerza específica de corte

f = Area promedio de Sección Transversal de Corte

a = Espesor Promedio de Corte, $a = Sz \sqrt{t/D}$

f = $(B \cdot t \cdot Sz \cdot Z) \pi D$

C = Coeficiente que depende de las características del material mecanizado. Por ejemplo para Acero con $\sigma t = 75 \text{ kg./mm}^2$,
C = 210

K = Exponente que depende del tipo de fresado y del material de la pieza

k = 0,18 / 0,45

B = Ancho de fresado

t = Profundidad de corte

Sz = Avance por diente

Z = Número de dientes de la fresa

D = Diámetro de la fresa

La expresión de la Fuerza Tangencial de Fresado será:

$$P = \frac{C \cdot B \cdot Sz^{(1-k)} \cdot t^{(1-k/2)} \cdot Z}{\pi D^{(1-k/2)}} \text{ KG}$$

Potencia de Corte

La potencia de Corte en el fresado, se establece así:

$$N = \frac{P \cdot v}{6.120} \text{ kW}$$

v = Velocidad de Corte en el fresado (Mt/min.)

Reemplazando P, obtendremos N

$$N = \frac{C \cdot B \cdot t^{(1-k/2)} \cdot Sz^{(1-k)} \cdot D^{k/2} \cdot v \cdot Z}{6.120 \cdot 10^3} \text{ KW}$$

DETERMINACION DE LAS FUERZAS EN EL FRESADO

Datos:

Material a maquinar ASI 329

Ancho de planeado 20 mm

Profundidad de Corte 2 mm

Diámetro de la fresa 300 mm (especificación comercial de la Herramienta)

Velocidad de Corte 100 m/min v

Avance por diente S_z 0.15 mm/diente

$n = 4$

$Z = 35$

Siguiendo las especificaciones expuestas tenemos:

$e = 1.62 \times 10^{-2}$ mm

$K_s = 621.07$ Ks/mm²

$F_c = F_t = 2021.85$ Kg

$N = 106.1$ RPM

$P_o = 15.03$ Kw

CALCULO DE LA RIGIDEZ DEL SISTEMA.

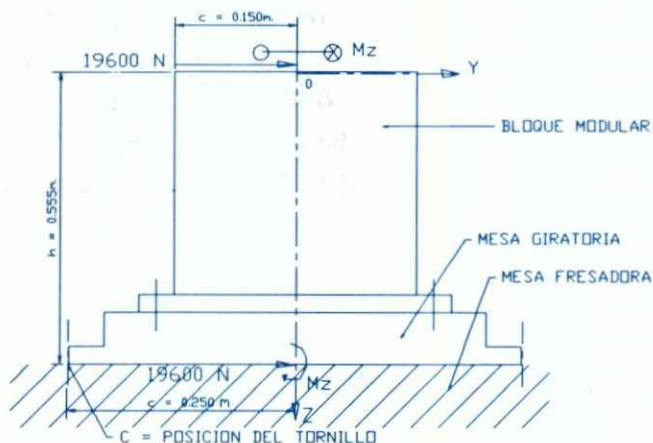


Ilustración 94. Fuerzas aplicadas en el dispositivo

$$EI \frac{d^2x}{dz^2} = M(z) \quad M(z) = P \cdot Z$$

$$EI \frac{dx}{dz} = P \cdot \frac{z^2}{2} + C_1 \quad (1)$$

$$EI \frac{x}{z} = P \cdot \frac{z^3}{6} + C_1 \cdot z + C_2 \quad (2)$$

z

6

Para $Z = L$ $dx/dz = 0 \rightarrow$ de (1) $C_1 = 1/2 PL^2$

Para $Z = L$ $X = 0 \rightarrow$ de (2) $C_2 = 1/3 PL^3$

$P = 19.6 \cdot 10^3$

$z = 0$

$L = 0.555 \text{ m}$

$I = 1.023 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$

$E = 200 \cdot 10^9 \text{ Pa}$

Obtenemos:

$EI = p/2 (Z^2 - L^2)$

$x = P(z^3 - 3L^2z + 2L^3)/6EI$

Máxima deflexión $x = 0.068 \text{ mm}$

PUNTO	A	B	C	TOTAL
d[m]	0.447	0.350	0.555	-
r[m]	0.225	0.175	0.275	-
I[m ⁴]	$1.02 \cdot 10^{-3}$	$2.08 \cdot 10^{-5}$	$9.13 \cdot 10^{-5}$	-
J[m ⁴]	$1.18 \cdot 10^{-3}$	$2.08 \cdot 10^{-5}$	$9.13 \cdot 10^{-5}$	-
σ [MPa]	2.00	76.45	50.10	-
τ [MPa]	0.67	46.40	26.50	-
σ_{\max} [MPa]	2.20	98.34	58.72	-
δ [mm]	0.0013	0.0170	0.0160	0.0340

BIBLIOGRAFIA

- CORDOBA NIETO, Ernesto "EL ESTADO TECNOLOGICO DE LA IDUSTRIA METALMECANICA COLOMBIANA, UN PROBLEMA DE OBSOLESCENCIA?. Bogotá, 1990.
- CORDOBA NIETO, Ernesto. "Cuestiones Teóricas de Maquinado". Bogotá, 1988.
- DIVISION DE MECANICA, Manual de instrucción, uso y manutención. Máquina Centro de torneado de control numérico GEMINI tipo nuevo. Torino. 1988
- C.E.C.S.A, Diseño de herramientas y dispositivos sujetadores de piezas. México: C.E.C.S.A, 1988.
- COMAU. DIVISIONE ROBOTICA. Documentazione di macchina e installazione. Catalogo SMART 5.50R-6.50R. Torino. 1987 SHIGLEY, Joseph. Diseño en Ingeniería Mecánica. Méjico McGraw Hill. 1985.
- BEER. Ferdinand P. Mecánica de materiales. Méjico: McGraw Hill 1985.
- PARETO, Luis. Formulario de Mecánica. España: Ediciones CEAC, 1985.
- FORKARDT, C. H. Dibujo y diseño de ingeniería. Méjico. Ed. McGraw - Hill. 1973.
- MORETTI. Portapezzi a reticolo calibrato modulari. Italia
- DIEKHOFF SCHULZE, M. Attrezzature di fissaggio. A prova Ed. < Ercole >. Publicación técnica. Italia.

REVISTAS

- IPE INTERNATIONAL, Industrial Production Egeineering Ago-Sep-Nov/90, Jun- Jul-Oct-Dic//89, Feb/85, Jun/87, Dic/88, U.S.A.
- TECNOLOGIE MECCANICHE, Mar-Sep/90, May/89, Abr-Ago- Dic/88, Jun/88, Jun-Oct/87 May-Oct/87, En/86 Milan Italia
- UTENSILI, No.5,7 Año XI Milano: Ed ETM May/89, Ago/89, /87, /88. Italia
- M&E MAQUINAS Y EQUIPOS Nros. 342 a 344 España
- TM INTERNATIONAL May/89, Abr-Jun-Ago/88, Jun/87. Italia
- CHEVALIER, A. Montajes de mecanizado. Revista tecnología de las fabricaciones mecánicas. París. Fascículo 19. Ed.TEA.
- STANKI - INSTRUMENT No. 8,2/1990; 5/1989; 11,7,1/1988; 8,6/1984 Moscu - URSS

TESIS DE GRADO

I. Diseño de Dispositivos de Sujeción para un Célula Flexible de Manufactura (Isla del Centro Colombo Italiano)

Ingenieros JAIRO ALBERTO ARAQUE GONZALEZ
 LIBARDO EULICES MONTANO RAMIREZ
 HERNANDO RODRIGUEZ RODRIGUEZ

Director: ING. ERNESTO CORDOBA NIETO

II. Diseño de Dispositivos de Sujeción de Piezas para un Centro de Mecanizado "Mandelli".

Ingenieros: CARLOS AUGUSTO CARDENAS CRISTANCHO
 MOISES RODRIGUEZ JIMENEZ

Director: ING. ERNESTO CORDOBA NIETO

III. Diseño de Dispositivo Portapiezas para Centro de Maquinado CNC.

Ingeniero: FRANCISCO ROBERTO NARVAEZ AREVALO

Director: ING. ERNESTO CORDOBA NIETO

IV. Diseño de Dispositivo Portapiezas para Fresadora Universal con Control Numérico.

Ingenieros: DEMETRIO MEDINA LOPEZ
 HECTOR HUGO CASTAÑEDA CRUZ

Director: ING. ERNESTO CORDOBA NIETO

CATALOGOS

FORKDART SPANNTTECHNIK INTERNATIONAL "Sistemas Modulares"

HILMA "Sistemas Reticulados" R.F.A

