

01173



DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
Facultad de Ingeniería

1
20)

APLICACIONES DEL CAD/CAM AL DISEÑO MECANICO

CUITLAHUAC OSORNIO CORREA

TESIS

PRESENTADA A LA DIVISION DE ESTUDIOS DE
POSGRADO DE LA

FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

COMO REQUISITO PARA OBTENER
EL GRADO DE

MAESTRO EN INGENIERIA
(M E C A N I C A)

CIUDAD UNIVERSITARIA
1994

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

APLICACIONES
DEL CAD/CAM
AL DISEÑO MECANICO

cuitláhuac osornio c.

Dedico el presente trabajo a:

Mis padres Miguel y María y mis queridos hermanos quienes me han dado todo con amor.

Rosy quien de manera callada, pero siempre eficaz me ha apoyado y animado en todo.

Mis maestros quienes desinteresadamente me han transmitido parte de su sabiduría.

Dios a quien le debo lo que soy.

INTRODUCCION

El diseño asistido por computadora **CAD** es un elemento fundamental en la nueva tecnología de los sistemas de manufactura integrados por computadora **CIMS**. Es evidente que la competitividad de las sociedades industriales se verá afectada muy fuertemente por la forma en que se implemente el uso de las computadoras en las áreas del diseño y la manufactura.

El diseño asistido por computadora **CAD** ha sido uno de los términos más frecuentemente utilizados en el ámbito de la ingeniería. Se considera también como uno de los elementos más importantes de la ingeniería asistida por computadora **CAE**.

El uso de los sistemas **CAD** ha significado un avance muy grande en el desarrollo del diseño en la ingeniería mecánica. Hay dos áreas que enfatizan las enormes ventajas que proporciona el **CAD** al proceso del diseño:

1.- La interacción inmediata del diseñador con la computadora que le permite hacer cambios y modificaciones en el diseño en tiempo real de manera rápida y económica. Por ejemplo se puede hacer el dibujo de un componente de máquina en el plano, luego extruirlo para darle un carácter tridimensional y obtener su aspecto y características de masa y volumen en unos cuantos segundos.

En conjunción con periféricos como las máquinas Estereolithográficas, se puede obtener un modelo o prototipo del mismo en unas cuantas horas.

2.- Empleando paquetería de software para análisis por elementos finitos **FEA**, el diseñador es capaz de realizar análisis de esfuerzos, deformaciones y fallas por fatiga en los elementos previamente dibujados en el **CAD** mediante simulación gráfica en la computadora, permitiendo predecir sus posibles fallas y eficiencia en el funcionamiento aún sin haberlo fabricado.

Esto permite hacer cambios en el diseño en las etapas más tempranas del mismo con los consiguientes ahorros de tiempo y dinero.

La manufactura asistida por computadora **CAM** es otro de los componentes básicos del **CAE** y es altamente interdependiente del **CAD**. Por medio del **CAM** es posible llevar a cabo la manufactura de los elementos diseñados en el **CAD**. Es posible la comunicación entre ambos por medio del postprocesador que convierte los datos de la geometría del dibujo en códigos entendibles por las máquinas de control numérico **CNC** de manera que una geometría creada en un **CAD** es "traducida" por el postprocesador del **CAM** y ejecutada por una máquina **CNC** como puede ser un molde o pieza de una máquina.

Las ventajas de tener implementado el sistema **CAD/CAM** en el diseño permite gran rapidez en el mismo así como mejoramiento en la calidad del producto y una gran capacidad de modificar el diseño en cualquier momento.

El objetivo de este trabajo es poner de relieve las características del diseño moderno.

En el primer capítulo se plantean recomendaciones, principios, reglas y axiomas que hay que tomar en cuenta para lograr una práctica eficiente del diseño.

En el capítulo 2 se habla más ampliamente de los conceptos modernos introducidos en la manufactura debidos a la incursión de las computadoras en el proceso del diseño.

En el capítulo 3 se expone ampliamente Qué es el **POSTPROCESADOR**, sus características, configuración y variables, así como los procedimientos que se llevan a cabo para poder establecer la comunicación con el **CAD**.

Finalmente en el capítulo 4 se presenta un ejemplo de diseño y manufactura de un dado de extrusión donde se utilizan los principios mencionados en los capítulos anteriores.

El deseo del autor es que quien tome este trabajo como fuente de información, pueda realizar un diseño óptimo y a la vez pueda desarrollar el proceso de CAD/CAM para dicho diseño mecánico desde la conceptualización hasta la manufactura.

INDICE

INTRODUCCION **II**

CAPITULO I DISEÑO PARA LA MANUFACTURA

1.1	INTRODUCCION	2
1.2	JUSTIFICACION Y ORGANIZACION DEL FEM	3
1.3	PRINCIPIOS Y REGLAS	5
1.4	AXIOMAS RELATIVOS AL DFM	9
1.5	DISEÑO PARA EL ENSAMBLAJE	10
1.6	CONCLUSIONES	15

CAPITULO II LA COMPUTACION EN LA MANUFACTURA

2.0	INTRODUCCION	19
2.1	MAQUINAS DE CONTROL NUMERICO	19
2.2	CIM MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADORA	33
2.3	CAD DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA	34
2.4	CAM MANUFACTURA ASISTIDA POR COMPUTADORA	41
2.5	TECNOLOGIA DE GRUPOS	47
2.6	CELDAS DE MANUFACTURA	49
2.7	SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE	50

CAPITULO III EL POSTPROCESADOR

3.1	INTRODUCCION	56
3.2	ELEMENTOS DEL POSTPROCESADOR	58
3.3	FORMATEO DE VARIABLES	66

3.4	LISTA DE INICIALIZACION	69
3.5	AYUDAS PARA LA CORRECCION	70
3.6	DEFINICION DE PREGUNTAS	71
3.7	TABLAS DE BUSQUEDA	72
3.8	LISTA DE CADENAS	75
3.9	POSTLINES (SUBROUTINAS Y PROCEDIMIENTOS)	76
3.10	SUBROUTINAS	79
3.11	PROCEDIMIENTOS	80
3.12	SISTEMAS DE PREGUNTAS	85
3.13	EJEMPLO DE UN POSTPROCESADOR	89
3.14	POSTPROCESADOR PARA EL CONTROL EMCOTRONIC	102

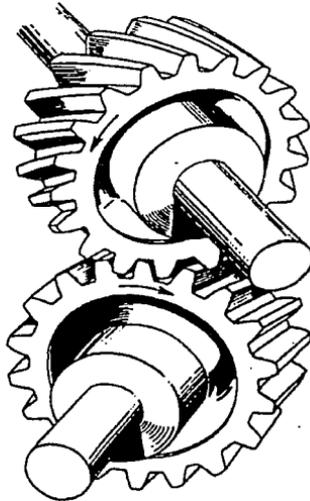
CAPITULO IV APLICACIONES DE LAS HERRAMIENTAS CAD/CAM AL PROCESO DEL DISEÑO

4.1	EL DADO DE EXTRUSION, PLANTEAMIENTO DE LA NECESIDAD	117
4.2	EL PROCESO DE EXTRUSION, OBTENSION DE INFORMACION	117
4.3	MODELADO EN 3D DEL DADO, DE ACUERDO A LA FORMA ACTUAL	142
4.4	ANALISIS DETALLADO DEL DISEÑO	174
4.5	PLANEACION DE LA MANUFACTURA DEL DADO, ELABORACION DEL PROTOTIPO	175
4.6	PRUEBAS DEL DADO REDISEÑADO EN EL PROCESO DE ELABORACION DE SOLDADURA ACTUAL	179
4.7	RESULTADOS	180
BIBLIOGRAFIA		184
APENDICE A		A1
APENDICE B		B1

LISTA DE SIMBOLOS	DEFINICIONES	SECCION
CAD	Diseño Asistido por Computadora	2
CAM	Manufactura Asistida por Computadora	2
CIM	Manufactura Integrada por Computadora	2
CNC	Control Numérico Computarizado	2
DFA	Diseño para el Ensamble	2
DFF	Diseño para la Fabricación	2
DFM:	Diseño para la Manufactura	2
FMS	Sistemas de Manufactura Flexible	2
GT	Tecnología de Grupos	2
NC	Control Numérico	2
α	Semiángulo del Dado	4.2.3
a	Constante de la Fórmula de Kudo	4.2.3
Af	Area Final a la Salida del Dado	4.2.3
Ao	Area Inicial del Lingote	4.2.3
B	Constante de Fricción	4.2.3
b	Constante de la Fórmula de Kudo	4.2.3
D	Diámetro interno del contenedor	4.2.3
k	Constante de Extrusión	4.2.3
L	Longitud del Lingote	4.2.3
μ	Coefficiente de Fricción	4.2.3
η	Razón de Trabajo Ideal al Real	4.2.3
P	Fuerza de Extrusión	4.2.3
p	Presión en el Flujo	4.2.3
Pd	Fuerza para provocar la Extrusión	4.2.3
Pe	Fuerza de Extrusión	4.2.3
Pf	Fuerza de Fricción entre el Contenedor y el Lingote	4.2.3
R	razón de Extrusión	4.2.3
r	Reducción Friccional en Area	4.2.3
σ	Esfuerzo Desarrollado en el Proceso	4.2.3
σ_0	Esfuerzo Básico de Flujo	4.2.3
τ_1	Esfuerzo de Fricción	4.2.3
Up	Energía Necesaria por Unidad de Volumen	4.2.3
V	Volumen del Material	4.2.3
b	Ancho de la Viga	4.3.1.1.2.1
db	Diámetro del Lingote	4.2.4
de	Diámetro de Extrusión	4.2.4
E	Módulo de Elasticidad del Extensómetro	4.3.1.1.2.1
ϵ_1	Deformación Unitaria	4.3.1.1.2.1
Ei	Voltaje de Entada	4.3.1.1
Eo	Voltaje de Salida	4.3.1.1
$\dot{\epsilon}_T$	Velocidad de Deformación	4.2.4
FEA	Análisis por Elementos Finitos	4.3.1.1
h	Peralte de la Viga	4.3.1.1.2.1
M	Momento Flector en la Viga	4.3.1.1.2.1
P	Carga Aplicada	4.3.1.1.2.1
σ	Esfuerzo Axial	4.3.1.1.2.1
Sg	Factor de Galga	4.3.1.1.2.1
v	Velocidad del Embolo	4.2.4
x	Posición del Extensómetro desde el Extremo	4.3.1.1.2.1
y	Distancia medida desde el Eje Neutro de la Viga	4.3.1.1.2.1

CAPITULO I

DISEÑO PARA LA MANUFACTURA



CAPITULO I

DISEÑO PARA LA MANUFACTURA

1.1 INTRODUCCION

Un sistema de manufactura involucra un gran número de procesos distintos o etapas que en forma individual o general, afectan el costo del producto, su calidad y productividad de todo el sistema propiamente dicho. Las interacciones entre las facetas del sistema de manufactura son complejas y las decisiones que se tomen en un aspecto particular tienen repercusiones que se extienden a otras más (figura 1). En su sentido más amplio, el diseño para la manufactura, DFM, está involucrado en la comprensión de estas interacciones y utiliza estos conocimientos para optimizar el sistema de manufactura con respecto al costo, calidad y productividad de un producto. Más específicamente, DFM está interesado en comprender cómo el diseño de un producto interactúa con otros componentes del sistema de manufactura y en definir alternativas en el diseño de un producto que faciliten la optimización global del sistema de manufactura como un todo.

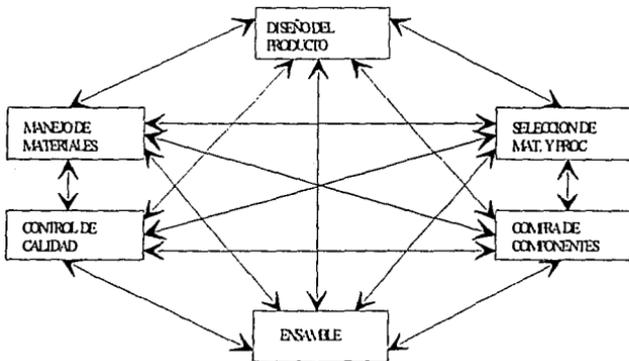


Figura 1.1 Interacciones que se presentan en los procesos de manufactura según Stoll.



DFM puede dividirse en un conjunto de subáreas (Stoll, 1986):

Diseño para la fabricación, **DFF**, que involucra el diseño de los componentes de un producto de manera que sean compatibles con el método de fabricación (es decir, diseño para la fundición, conformado, inyección en molde, etc.). El **DFF** siempre ha sido una parte importante en el diseño de un producto, especialmente en las industrias que hacen productos en forma masiva. Experiencias recientes con métodos de manufactura flexible, sin embargo, han demostrado que el diseño de un producto y su manufactura interactúan de muchas formas que se extienden más allá que sólo la fabricación de partes. Por ejemplo, el **DFM** muestra cómo existe gran interrelación entre el diseño del producto, su fabricación y el ensamblaje. A esta área particular se le conoce como el diseño para el ensamblaje **DFA**, y tiene que ver con la reducción del número de partes y la forma de las mismas para facilitar su ensamblaje. Otras áreas del **DFM** incluyen consideraciones en el diseño del producto que impactan en el manejo de los materiales, inspección durante el proceso y la calidad.

1.2 JUSTIFICACION Y ORGANIZACION DEL DFM.

El **DFM** es una nueva forma de visualizar un problema antiguo. Para apreciar el problema y comprender dónde está situado actualmente el **DFM** y qué es lo que se debe hacer en el futuro, es necesario ver brevemente la práctica tradicional de algunas de las actividades desarrolladas en el **DFM**. La importancia de la posibilidad de manufactura en el diseño de un producto ha sido reconocida desde hace mucho tiempo. Es bien sabido el hecho de que hasta un 80% de las decisiones que se toman sobre un producto se llevan a cabo en la etapa del diseño (Lotter, 1984). Debido a este hecho, la mayoría de las decisiones se basan en tres factores: la función del producto, vida útil y costo de sus componentes (Riley, 1983). De estos tres factores, el costo es el más relevante.

Existen dos técnicas muy útiles para el ingeniero de diseño para enfrentar el costo de los componentes.

Estas son:

Ingeniería de valor e Ingeniería de producibilidad.

El objetivo fundamental de la **Ingeniería de Valor** es el obtener el máximo rendimiento por costo unitario. El valor de un producto es la razón de su rendimiento contra su costo. En una máquina o producto muy complejo cada componente contribuye al costo y rendimiento del sistema completo. Al hacer un análisis de valor se busca simplificar los diseños para que reduzcan el costo, pero que conserven la función original del producto.

La **Ingeniería de Valor** se interesa primeramente en la función propiamente dicha y el costo.

La **Ingeniería de Producibilidad**, por otro lado se interesa en saber si las partes se pueden producir, ensamblar y probar para que cumplan con las especificaciones requeridas, con las técnicas disponibles, a costos adecuados para que los productos sean competitivos en el mercado (Howell, 1982).

Supuestamente el ingeniero de diseño se enfoca principalmente en que su diseño cumpla con las funciones especificadas, pero es obvio que se debe cuidar el aspecto del costo de su manufactura.



En la década de los ochenta, la implementación de nuevas tecnologías para la manufactura puso de manifiesto la necesidad de su implementación para estar a nivel mundial en productividad y competencia. La necesidad del cambio se puede apreciar observando el modelo clásico de manufactura de la figura 2.2.1. En este modelo la conceptualización, el diseño y las pruebas se desarrollan antes de diseñar el proceso de manufactura y la planeación de la producción. La experiencia con las nuevas tecnologías para la manufactura han comprobado que el diseño, la selección de los procesos de manufactura y la planeación para la producción deben desarrollarse en forma paralela y concurrente. Por lo tanto en el diseño de un producto donde se desea utilizar las nuevas tecnologías para la manufactura, es esencial tomar en cuenta las interacciones entre el producto y el proceso de manufactura desde el inicio. La conceptualización del producto y del proceso de manufactura a emplear deben manejarse de manera paralela y concurrente para lograr un sistema de manufactura integrado y óptimamente configurado que sea idóneo desde el punto de vista del producto en sí como del proceso de manufactura a emplear.

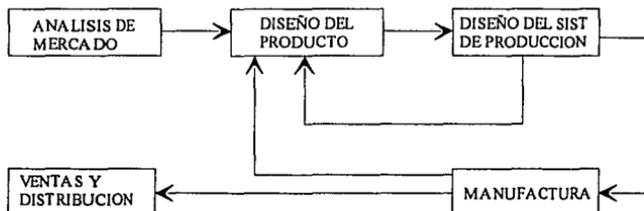


Figura 2.2.1 Modelo de manufactura clásico.

Cuando se procede con el modelo clásico, el resultado que se obtiene es un sistema de manufactura no muy adecuado, ya que si se diseña el proceso de manufactura en forma posterior al diseño del producto, resulta difícil adaptarlos entre sí con el consiguiente desperdicio de tiempo y dinero provocado por las adaptaciones posteriores, que se pudieran haber evitado si se hubieran considerado ambas al mismo tiempo. Hay que tener en cuenta que habrá que afrontar costos extras y pérdida de eficiencia ya que los problemas continuarán a lo largo de la vida útil del producto.

El concepto de DFM toma en cuenta estos principios básicos:

- * El diseño es el primer paso en la manufactura de un producto.
- * Toda decisión tomada en el proceso del diseño, si no se hace con cuidado, provoca costos extras en la manufactura y pérdida de productividad.
- * El diseño del producto debe encajar adecuadamente con las tecnologías avanzadas como manufactura flexible, ensamblaje, control de calidad, manejo de materiales, etc. para lograr los beneficios que brindan estos métodos.

El DFM trata de involucrar todas las actividades mencionadas lo más temprano posible en el proceso del diseño para garantizar que los cambios que haya que hacer se realicen al mínimo costo y máximo ahorro de tiempo



Por medio de la experiencia en la implementación del DFM, conjuntamente con las restricciones que impone el método clásicos, se ha visto que el DFM se puede desarrollar de muchas formas diferentes. Una de ellas es implementar el DFM usando un conjunto adecuado de principios y reglas para orientar el diseño del producto y luego rediseñarlo por medio de un método adecuado. Esto se puede lograr muy rápidamente con el uso de herramientas CAD.

1.3 PRINCIPIOS Y REGLAS

Estos principios ayudan al equipo de diseñadores que desean lograr un sistema de manufactura eficiente. Estos principios se han ido conjuntando a través de artículos (Lewis,1986), cursos (Altamuro, 1985) y reportes técnicos (Boothroyd y Dewhurst, 1983).

Muchos de ellos han sido aprendidos en forma empírica.

1.3.1 PRINCIPIOS PARA UNA MANUFACTURA EFICIENTE.

La finalidad de presentar estos principios es el mostrar cómo se pueden usar para ayudar a un equipo de desarrollo de nuevos productos.

1.3.1.1. MINIMIZAR EL NÚMERO DE PARTES.

Si se minimiza el número de componentes de un producto, a su vez todo disminuye: tiempo dedicado al diseño, menor número de dibujos, vendedores etc.

Se puede pensar en eliminar una parte si:

- * No realiza movimientos relativos.
- * No requiere ajustes periódicos
- * No requiere ser fabricada de un material diferente.

Debe tenerse en consideración que la reducción de partes no debe llevar formas complejas que conduzcan finalmente a un encarecimiento del producto. La mejor manera de eliminar partes es definir un concepto de diseño que involucre el uso de menos partes. Una estructura continua conduce a una alta resistencia y gran ligereza (Chow, 1978).

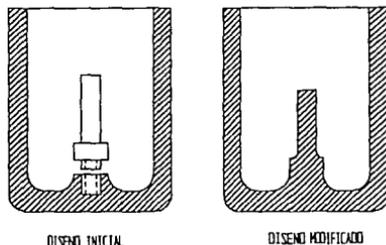


Figura 1.3.1 Rediseño para lograr alta resistencia y disminución del número de partes.



1.3.1.2 DESARROLLAR UN DISEÑO MODULAR.

Un módulo es un componente formado a su vez por otros elementos que se interconecta como un todo a los demás subsistemas del producto (Chow, 1978). El diseño modular tiene la habilidad de estandarizar la diversidad porque permite que el diseño sea particularizado con el uso de diferentes componentes estándar. Esta característica permite evadir la obsolescencia ya que con sólo cambiar algún módulo rediseñado y actualizado y combinarlo con los demás se pueden actualizar las características del diseño anterior. Cuando se trabaja con los módulos, si éstos se dañan, el proceso de reparación puede ser muy fácil pues consistirá sólo en reemplazar los módulos dañados. También, si los componentes son modulares, se facilitará el proceso del ensamble. Sin embargo, no debe optarse por este tipo de diseño a menos que se justifique su implementación.

1.3.1.3 USAR COMPONENTES ESTANDARIZADOS.

El costo de un componente estándar siempre será menor que aquel fabricado exprofeso. Es más confiable porque ha sido probado más veces. Se puede disponer de él en cualquier momento y en cualquier cantidad. El proveedor se responsabiliza más por el componente estándar a la vez que se esfuerza más por superarse.

1.3.1.4 DISEÑAR PARTES QUE SEAN MULTIFUNCIONALES.

Siempre que sea posible se deben combinar funciones. Por ejemplo diseñe una parte que a la vez de servir como resorte, haga las veces de elemento estructural.

1.3.1.5 DISEÑE PARTES QUE TENGAN USOS MÚLTIPLES.

Un ejemplo de esto pueden ser los tornillos en un ensamble. De preferencia siempre deben ser del mismo tamaño, tipo de rosca, resistencia etc. Las familias de partes estandarizadas se deben utilizar siempre que sea posible en los productos existentes y en los de desarrollo.

1.3.1.6 DISEÑE PARTES QUE SEAN FÁCILES DE FABRICAR.

Este principio requiere que cada parte se diseñe usando el material menos costoso que satisfaga los requerimientos para los que fue diseñado. Esto implica también que se seleccione el mejor proceso de fabricación. Se debe evitar, siempre que sea posible hacer procesos innecesarios como pintado, acabado fino etc. Además se deben seleccionar materiales que no requieran trabajos posteriores como tropicalizados, pintura etc. Esto se basa en el principio de que se debe seleccionar el proceso más adecuado que finalmente contribuya al menor costo final del producto.



1.3.1.7 EVITE EL USO DE ENSAMBLES CON TORNILLOS SIEMPRE QUE SEA POSIBLE.

En un proceso automatizado o manual el uso de tornillos es desfavorable ya que implica una orientación adecuada, una introducción y apriete bajo ciertas normas. En vez de ello pueden utilizarse ensamblajes autofijantes.

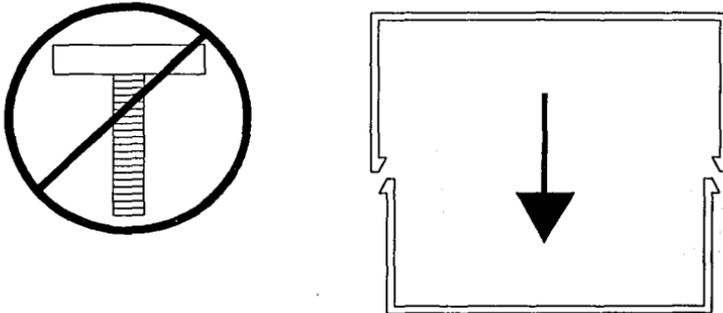


Figura 1.3.1.7 Se recomienda usar el mínimo número de tornillos y optar por un montaje como el mostrado.

1.3.1.8 MINIMIZAR LAS DIRECCIONES DE ENSAMBLE.

Todas las partes deben ser ensambladas en una sola dirección. Otras direcciones implican mayor uso de tiempo, estaciones de transferencia y de inspección. La calidad del producto también disminuye. La mejor dirección para el ensamblaje es de arriba hacia abajo.



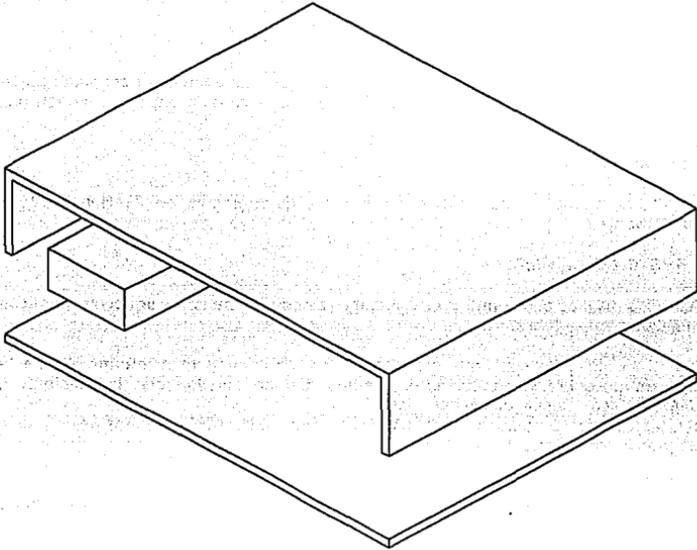


Figura 1.3.1.8 Ensamblaje de arriba hacia abajo.

1.3.1.9 MAXIMIZAR LAS TOLERANCIAS.

Tomando en cuenta que las piezas no siempre son idénticas y perfectamente hechas, un desalineamiento o una tolerancia muy rígida puede provocar excesiva fuerza de ensamble, falla en el proceso de automatización. Para evitar esto se debe considerar la tolerancia adecuada cuando se selecciona el proceso de fabricación y el de ensamble. Se pueden seleccionar sensores táctiles, sistemas de visión.

Cuando se diseña para el buen ensamble se incluye el uso de chafletes para una inserción fácil, dispositivos direccionadores, radios amplios, etc. Una buena táctica es usar uno de los componentes, de preferencia el más grande, como bloque de inserción al cual se le van a colocar las demás partes en el ensamble y evitar el uso de un chasis que no sea más que eso. La parte básica a la cual se le ensamblarán las demás debe ser lo más rígida que sea posible, debe contar con dispositivos guías para facilitar el acomodo de todos los componentes. Se debe tomar en cuenta la fuerza de gravedad como facilitadora del acomodo de las partes.

1.3.1.10 MINIMIZAR EL MANEJO DE COMPONENTES.

La posición es la suma de localización y orientación. Cualquier cambio de la posición implica un gasto adicional. Por tanto las piezas se deben diseñar de manera que tomen fácilmente su posición correcta y en el proceso de producción mantener su posición una vez que ésta se ha alcanzado. Mientras mayor sea el número de posiciones diferentes requeridas en el proceso de producción, mayor será el costo de la misma, mayor el riesgo para la calidad y menor la velocidad de producción. Para facilitar la orientación, las piezas deben ser lo más simétricas que sea posible.



1.4 AXIOMAS RELATIVOS AL DFM.

Por definición, un axioma debe ser aplicable en cualquier decisión que deba tomarse en el proceso de manufactura. Aunque se han propuesto un gran número de ellos, éstos se han reducido a los propuestos por Yashura y Suh (1980).

1.4.1 PRIMER AXIOMA:

En un buen diseño la independencia de los requerimientos de funcionalidad se mantiene invariablemente.

1.4.2 SEGUNDO AXIOMA:

De entre los diseños que cumplen con el primer axioma, el mejor es aquel que contiene la mínima información.

Estos dos axiomas implican que los diseños que contengan más información de la necesaria resultan en un sobrediseño, mientras que los que no cuentan con la suficiente información simplemente son soluciones inaceptables.

Existen también los Corolarios del Diseño (Yasuhara y Shu 1980). Algunos de los más importantes se exponen a continuación:

- 1.- Separe las partes o aspectos de una solución, si éstos lo están en el diseño de productos o sistemas.
- 2.- Integre los requerimientos funcionales en una única parte o solución, si pueden satisfacerse independientemente en la solución propuesta.
- 3.- Minimice el número de requerimientos y restricciones.
- 4.- Siempre que sea posible, utilice partes estandarizadas e intercambiables.
- 5.- Haga uso de la simetría para reducir al mínimo la información requerida.
- 6.- Haga uso racional de la energía y los materiales.

Estos principios conducen por lo general a buenos resultados y por lo mismo ofrecen un camino que parte de lo general a lo específico, evitando empezar por los detalles.

Para ilustrar cómo los axiomas antes mencionados redundan en una mejora del proceso de manufactura, es importante analizar cómo se hacía anteriormente la distribución de la información. Antes toda la información se diseñaba para estar contenida en el hardware, ahora la mayoría de ella está contenida en el software. Lo más adecuado seguramente es hacer una distribución balanceada entre los dos. La mejor decisión será el uso de dispositivos mecánicos y computacionales. Tal razonamiento puede aplicarse también a la disyuntiva de usar para el ensamble un brazo robotizado tipo escara o uno articulado. Es claro que el brazo escara es más simple, barato y eficaz si se aplica el principio de ensamble en forma de arriba hacia abajo.



1.5.DISEÑO PARA EL ENSAMBLE.

Después de que se han fabricado las piezas individuales de un producto, éstas deben ensamblarse para tener el dispositivo final. El ensamblaje es una fase importante en el proceso de manufactura. Deben tomarse en cuenta aspectos como la facilidad del proceso y el costo del mismo. Muchos productos se diseñan previendo que en un momento dado se van a desarmar para proporcionar servicio o reacondicionamiento.

Existen muchos métodos para el ensamblaje. Este se puede llevar a cabo por medio de tuercas y tornillos; para ello se requieren perforaciones o barrenos que se pueden efectuar por taladrado o punzonado que necesariamente deben acompañarse por otras operaciones. Cuando se realizan estas perforaciones se presenta la concentración de esfuerzos con la consiguiente disminución de su resistencia a la fatiga y acortamiento de su vida útil. También se deben tomar en cuenta las ventajas que se tienen como la posibilidad de armado y desarmado con facilidad. Pueden utilizarse adhesivos como método de ensamblaje. Actualmente son muy comunes en la industria automotriz y en la aviación. No tienen que hacerse perforaciones, pero no tiene la característica de poder hacer y deshacer el ensamble.

Otra forma de clasificar el proceso del ensamblaje es que puede ser manual o automatizado. La selección de un método u otro depende de factores tales como la complejidad del producto o del número de partes que se van a ensamblar y del costo relativo de la maquinaria en el caso del ensamblado a máquina. En la forma manual pueden admitirse márgenes de tolerancia ya que en su momento el operario puede hacer movimientos varios e imprevistos o hacer modificaciones menores. En el ensamblaje automático las partes deben tener tolerancias reducidas y uniformes.

Al diseñar un producto debe tomarse en cuenta la fase del ensamble ya que este afecta el costo total de la manufactura en forma considerable y variable. Al diseñar se recomienda, tomando en cuenta el proceso de ensamblaje (Kenneth Crow 1991), lo siguiente:

- 1.- Diseñar el producto de manera que se ensamble con facilidad. Muchas veces el modificar la forma de la partes puede facilitar el ensamblaje, ya sea que éste sea manual o automático.
- 2.- Diseñar partes de uso múltiple, de manera que se puedan usar en diferentes líneas de productos lo cual redundará en la fabricación de un número menor de partes en general.
- 3.- Tomar en cuenta las capacidades y limitaciones de los procesos de manufactura en lo referente a la consistencia en acabados, forma y tolerancias.
- 4.- Minimizar el número de partes. Reduciendo el número de partes, tiempo y costo del proceso se reduce también.



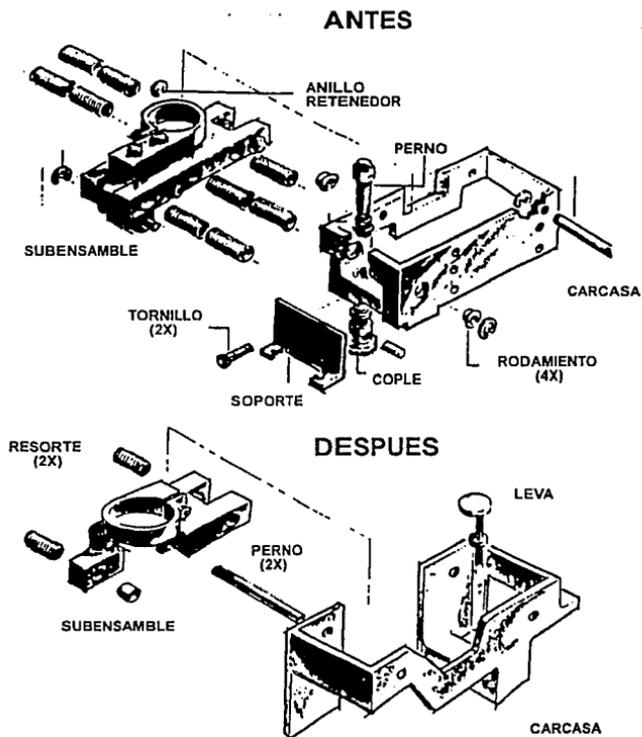


Figura 1.5.1 .4 Minimizando el número de partes se facilita el proceso de fabricación.

5.- Se debe tener una estructura o bastidor básico donde se vayan insertando los diferentes componentes. La posición elemental recomendada es la horizontal.



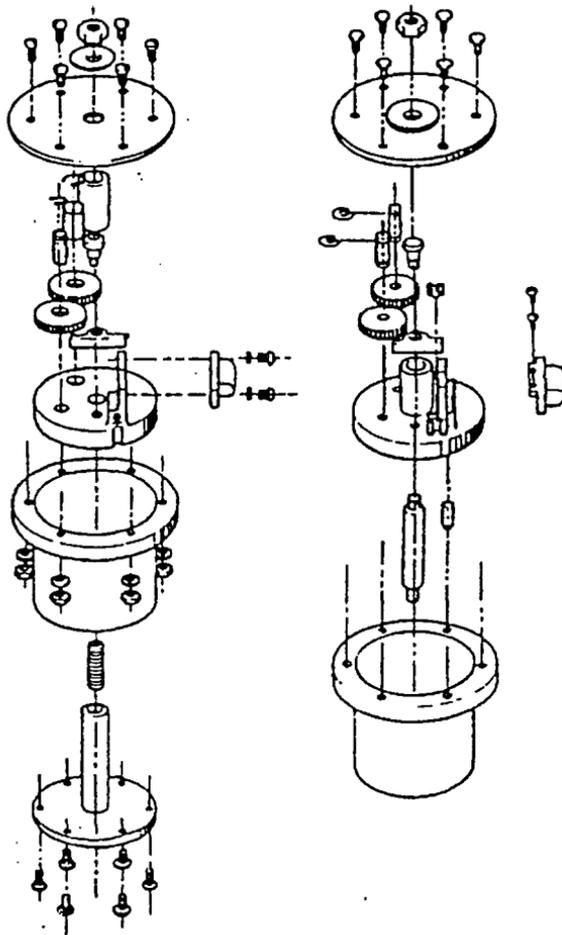


Figura 1.5.1.6 Planos de ensamble de una pieza, antes y después del rediseño.



6.- El producto se debe diseñar para que pueda ensamblarse por planos. Que cada parte se coloque de arriba hacia abajo y que nunca se desplace horizontalmente.

7.- Tratar de facilitar el ensamblaje haciendo chafanes a la entrada de barrenos, lo cual ayuda a guiar a las piezas a su posición correcta.

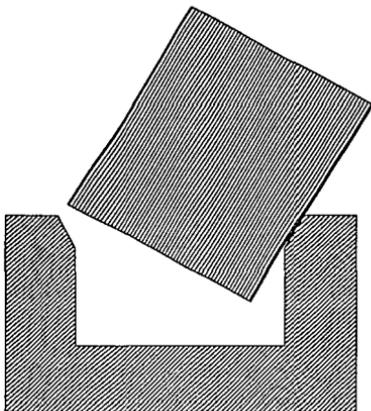


Figura 1.5.1.7 El chafán facilita el montaje de tornillos y piezas en general.

8.- Diferenciar adecuadamente unas piezas de otras para evitar confusión entre piezas muy similares.

9.- Se recomienda diseñar las piezas en forma simétrica con el fin de evitar problemas de orientación durante su acomodo.



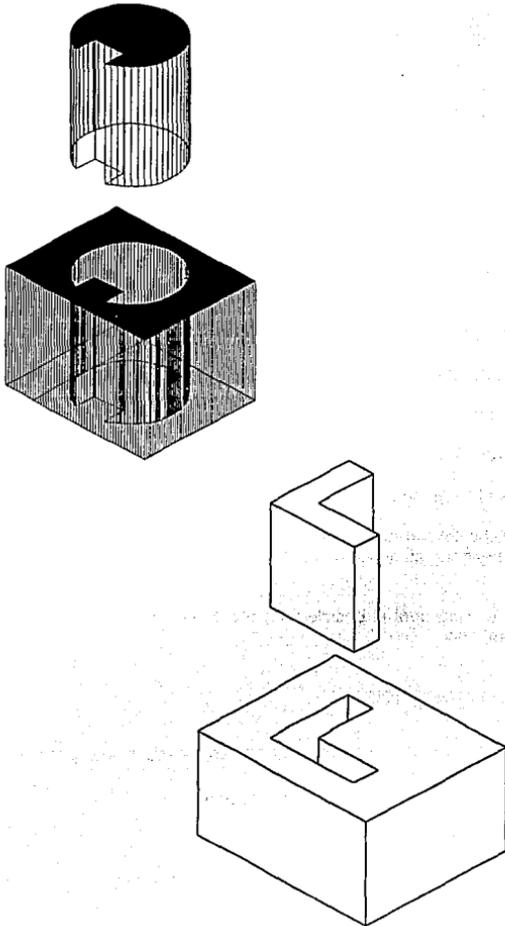


Figura 1.5.1.9 Piezas simétricas facilitan el ensamblaje.

Finalmente, el ingeniero de diseño debe ser consciente del dinero y del tiempo que se puede ahorrar si se pone más empeño en el diseño del producto, de su fabricación y ensamblaje que conduzcan a diseños de calidad.



1.5.1 DISEÑO PARA EL ENSAMBLE COMO PARTE DEL DFM.

Una de las subáreas en el DFM es la concerniente al ensamblaje. En el estudio de los métodos para evaluar la mejor manera de llevarlo a cabo está el realizado por Boothroyd y Dewhurst en 1983.

Los criterios más importantes desarrollados por ellos se presentan a continuación.

1.5.2. SELECCIÓN DEL METODO DE ENSAMBLAJE.

Existen tres métodos para el ensamblaje. El manual, el automático de propósito especial y el ensamblaje programable automatizado. Sólo se requiere información básica para decidir cuál será el más conveniente. La información requerida es el volumen de producción, número de partes en el ensamble, si es un solo producto o más.

1.5.3 DISEÑO PARA EL ENSAMBLAJE MANUAL.

La evaluación básica consiste en considerar el tiempo de ensamble ideal y compararlo con el real en un producto específico. Para calcular el tiempo ideal para el ensamblaje, el mínimo número de partes se determina haciendo las siguientes preguntas:

- * ¿Esta parte se mueve con relación a las demás partes ya ensambladas ?
- * ¿La parte que se va a ensamblar es de diferente material que las ya colocadas ?
- * ¿ La pieza por ensamblar debe colocarse separadamente porque de otra forma sería imposible armar y desarmar las otras piezas ?

Después de hacer estas evaluaciones se considera el posible rediseño de las partes y se compara la eficiencia en tiempo con el análisis anterior.

1.5.4 DISEÑO PARA EL ENSAMBLE AUTOMÁTICO.

El análisis para el ensamble automático consiste en estos cuatro pasos:

- * Estime el costo del manejo y orientación del producto.
- * Estime el costo de la inserción de la parte.
- * Decida si la parte se debe separar de las demás en el ensamblaje.
- * Combine los pasos 1-3 para estimar el costo total del ensamble.

1.6 CONCLUSIONES.

DFM es un tópico que involucra varias disciplinas y puntos de vista. Este método es la base para lograr minimizar los costos de manufactura, asegurar la calidad de los productos elevando la productividad por medio del uso del tecnología avanzada en la manufactura. DFM es una filosofía que forma parte de un nuevo lenguaje común entre la investigación, el diseño y la manufactura



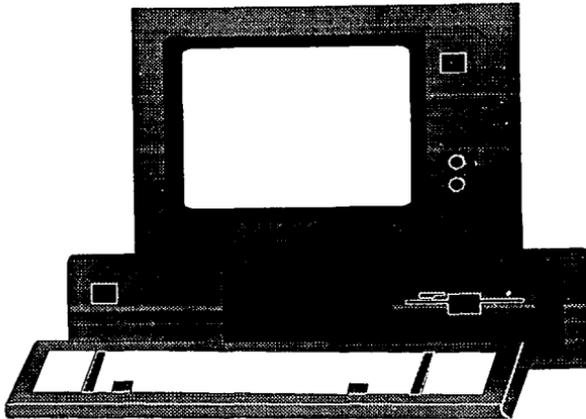
REFERENCIAS

- Altmuro V. (1985). Design for Robotic and Automatic Assembly
- Boothroyd G. y Dewhurst P. (1983) Design for Assembly.
- Chow W.W. (1978). Cost Reduction in Product Design.
- Howell V.W. (1982). Are Producibility and Productivity Correlated ?.
- Kennet Crow (1991). Diseño de Fabricación y Ensamblaje.
- Lewis G. (1986). Design to Reduce Assembly Cost
- Riley F.J. (1983). Assembly Automation.
- Stoll W.H. (1986). Product Design for Efficient Manufacture.
- Yasuhara M. y Suh N.P. (1980) A Quantitative Analysis of Design Based on Axiomatic Approach In Computer Applications in Manufacturing Systems.



CAPITULO II

LA COMPUTACION EN LA MANUFACTURA



CAPITULO II

LA COMPUTACION EN LA MANUFACTURA

INTRODUCCION.

Pocos avances han sido tan significativos en la manufactura como el de las computadoras. Iniciando con el dibujo por computadora, que ha reemplazado rápidamente a los restiradores, el uso de las computadoras se ha extendido al diseño y a la manufactura y últimamente a los sistemas CIM (sistemas de manufactura integrados por computadora). El uso de las computadoras cubre un amplio rango de aplicaciones que incluyen el control y la optimización de procesos de manufactura, manejo de materiales, ensamblaje inspección y control de calidad automatizados.

2.1. MAQUINAS DE CONTROL NUMERICO (NC).

El control numérico (NC) es un método de control de los movimientos de una máquina herramienta por medio de instrucciones codificadas en forma numérica. El sistema interpreta esos datos y los convierte en datos de salida (movimientos de sus partes), como son cambios de herramientas, velocidades del husillo, movimientos de la pieza o la herramienta por diferentes trayectorias específicas, activar o desactivar suministro de fluidos refrigerantes, etc. como se observa en la Figura 2.1.

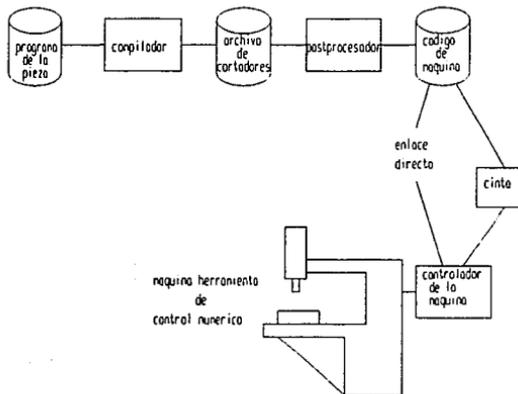


Figura 2.1 Arreglo de una máquina NC.



En la forma tradicional se eligen primero los parámetros del proceso (como velocidad de corte, profundidad de corte, si requiere fluido lubricante, etc.), se determina la secuencia de operaciones en el proceso, la forma de sustentar la pieza y luego se procede a maquinarse la pieza. Dependiendo de la forma de la pieza y las tolerancias exigidas se requiere que el operario tenga una destreza determinada. El procedimiento particular dependerá también del propio operario, ya que a causa de los propios errores humanos, las partes producidas por el mismo individuo, no necesariamente son idénticas día a día y hora a hora. Si se pretende incrementar la calidad del producto y reducir los costos de la manufactura, tales variaciones y sus repercusiones en el propio producto resultan inaceptables. Tal situación puede eliminarse por medio del control numérico.

Una máquina de NC, es capaz de hacer cientos de piezas similares o diferentes con tan sólo cambiar el programa de maquinado. En el control numérico, la base de datos involucra todos los aspectos de la operación de maquinado como posicionamiento, velocidad, alimentación, etc. Todos estos datos pueden almacenarse en un disco floppy, cinta magnética o papel. Todos esos datos almacenados se pueden cargar en el control de la máquina cuantas veces se desee. Este procedimiento evita el reacondicionar la máquina para un diferente proceso. Las operaciones pueden ser tan complejas como un torneado de un eje con diámetros diferentes, barrenos, careados, etc.

El control numérico ha tenido un gran impacto en los procesos de manufactura, en particular en áreas como:

- Centros de maquinado.
- Fresadoras, tornos, taladros y rectificadoras.
- Maquinados por medio de rayos láser.
- Cortadoras por chorro de agua.
- Soldadoras por arco, cortadoras con acetileno.
- Operaciones de ensamblaje.

Ver figura 2.1.2

Las máquinas de NC se usan extensamente en producción de artículos en cantidad pequeña y mediana (500 partes o menos), en pequeñas y grandes industrias.

También se maneja la opción de convertir las máquinas convencionales a NC.

Las figuras 2.1 muestran máquinas usadas en CNC: torno, taladro, fresadora y sus sistemas de ejes



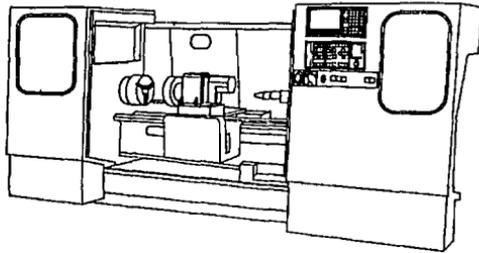
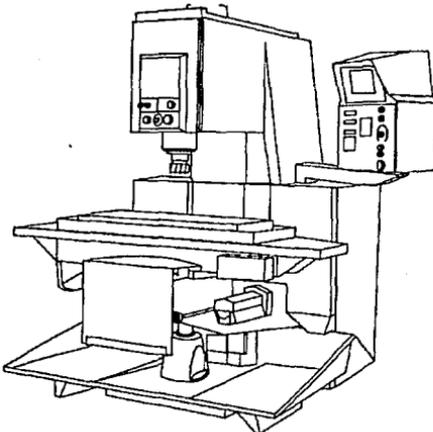


FIGURA 2.1.1 TORNO Y FRESADORA DE CONTROL NUMERICO (tomado de Computer Aided Manufacturing Tien-Chien Chang Prentice Hall 1991)



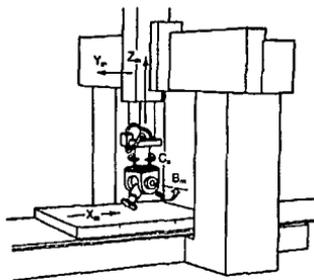


Fig. 2.1.3 Centro de Maquinado CNC de 5 ejes

2.1.1 DESARROLLO HISTORICO.

El concepto básico del Control numérico se implementó inicialmente en las primera décadas del siglo XIX, cuando se usaron tarjetas perforadas para controlar automáticamente algunas máquinas. Posteriormente se usaron cintas perforadas en las pianolas.

El control del movimiento de una máquina-herramienta por medio de estos principios se llevó a cabo en los años cuarenta por J. Parson quien intentó maquinar los álabes de las hélices de los helicópteros (Manufacturing engineering and Technology S. Kalpakjian 1992). El primer prototipo de una máquina NC se hizo en Instituto de Tecnología de Massachusetts en 1952. Esa máquina fue una fresadora vertical de dos ejes. La información se le proporcionó por medio de cinta de papel perforada. El experimento inicial fue exitoso al realizar operaciones de maquinado repetitivas y precisas sin la intervención de ningún operario.

2.1.2 VENTAJAS Y LIMITACIONES.

El control numérico tiene las siguientes ventajas sobre los métodos convencionales en el control de una máquina:

- 1.- Flexibilidad de operación y habilidad de producir formas complejas con buena precisión, repetibilidad, desperdicio mínimo de material, altos niveles de producción, eficiencia y calidad.
- 2.- Costo reducido del herramental.
- 3.- Los ajustes a la máquina son sencillos ya que para ello se emplean las computadoras y lectoras digitales.
- 4.- Se pueden llevar a cabo más operaciones en cada paso comparadas con las que se pueden realizar en una máquina convencional. Se facilitan los cambios en el diseño y se reducen los inventarios.

5.- Los programas se desarrollan rápidamente y se pueden utilizar todas las veces que se desee. Se reduce el consumo de papel.

6.- Se pueden producir los prototipos más rápidamente.

7.- No se requieren operarios con mucha habilidad.

Las limitaciones más importantes son el alto costo de la inversión inicial, la necesidad de la programación, el mantenimiento especializado. Ya que los equipos de NC son muy especializados, éstos resultan muy costosos en sus reparaciones. Estas limitaciones se ven ampliamente compensadas con las grandes ventajas que proporcionan las máquinas NC desde el punto de vista económico a mediano plazo.

2.1.3 EL CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO.

Al introducir el hardware para el control se pasó a las máquinas CNC. El control numérico computarizado CNC, es un sistema en el que una microcomputadora o microprocesador, es una parte integral del panel de control de la máquina. La parte de programación puede prepararse en un lugar distante y simularse para garantizar su adecuado funcionamiento. También el propio operario puede programar directamente en el control de la máquina las operaciones de ésta o hacer correcciones a programas ya existentes, almacenarlos o llamarlos en el momento que desee. La figura 2.1.3. muestra el sistema CNC.

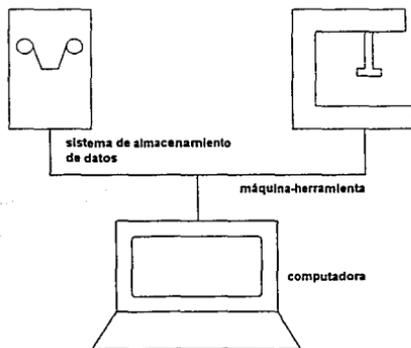


Figura 2.1.3 Arreglo de un a máquina CNC.

Se pueden enumerar las ventajas de los sistemas CNC con respecto a los sistemas NC, éstas son:

- Se incrementa grandemente la flexibilidad. En la máquina se puede producir cierta parte, y en seguida otras con formas diferentes a precio reducido.
- Se logra mucha mayor precisión debido a la mayor cantidad y velocidad de las operaciones realizadas por la computadora.
- Mayor versatilidad. La edición y realización de los programas, modificación y simulación de los mismos es mucho más simple.



2.1.4 PRINCIPIOS DE LAS MAQUINAS DE NC.

Los elementos básicos de operación de una máquina NC, se presentan en la fig.2.1.4.1.

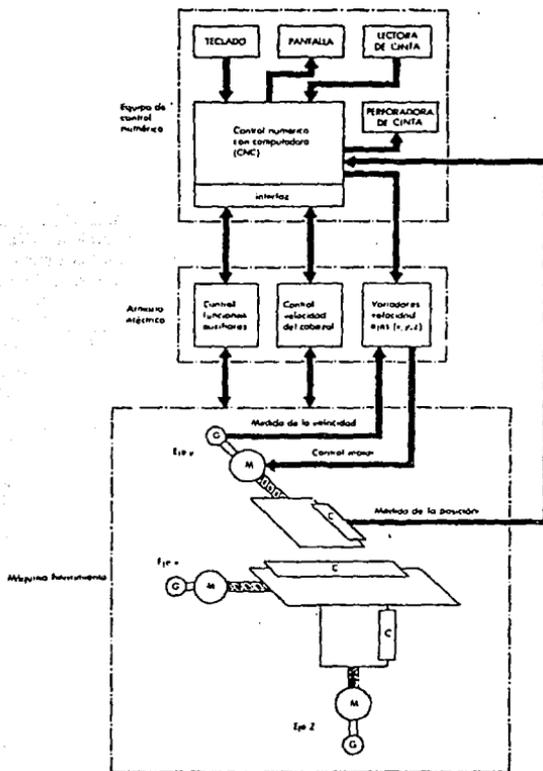


FIGURA 2.1.4.1 Elementos básicos de operación de una máquina CNC.



Los elementos funcionales en el control numérico y componentes involucrados son:

1.- **Datos de entrada:** La información numérica se lee y almacena en una cinta o en la memoria de la computadora.

2.- **Procesamiento de los datos:** Los programas se interpretan y desarrollan en el procesador de la computadora.

3.- **Datos de salida:** La información de salida es transmitida por medio de comandos de pulsos a los servomotores, fig 2.1.4.2. El servomotor mueve la mesa donde está montada la pieza en una cierta posición, por medio de movimientos lineales o circulares por medio de motores de paso, tornillos de potencia y otros dispositivos.

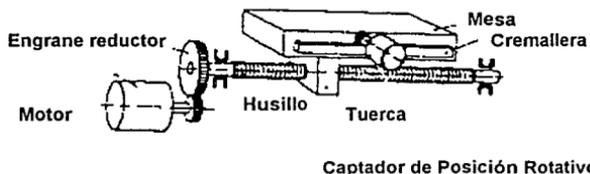
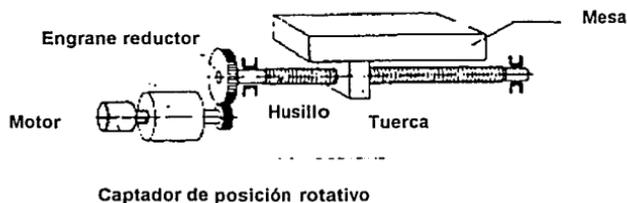


FIGURA 2.1.5 Servomotores de una máquina NC.

2.1.5 TIPOS DE CIRCUITOS PARA EL CONTROL.

Una máquina de NC puede ser controlada por medio de dos tipos de control: de circuito abierto y de circuito cerrado. En el de circuito abierto se le da la señal al servomotor, pero los movimientos y la posición final no se revisan para saber si se lograron. En el sistema de circuito cerrado sí se analizan los resultados de los movimientos por medio de sensores apropiados y de ser necesario con la retroalimentación se hacen las correcciones pertinentes. Es claro que el sistema de circuito cerrado es más complejo y costoso, ver figura 2.1.5.



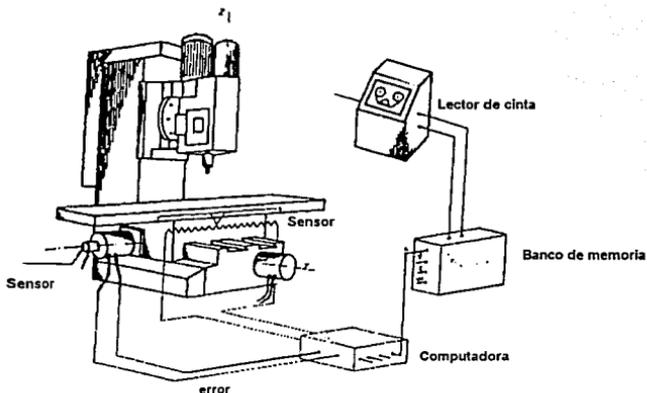


Figura 2.1.5 Máquina NC en circuito cerrado.

La medición de la posición se puede llevar a cabo por métodos directos o indirectos. En el método directo, se tiene una escala en la mesa de la máquina y un sensor va detectando la posición real a cada momento. En el método indirecto un contador o encoder interpreta el desplazamiento de translación como movimientos rotativos.

2.1.6 SISTEMAS DE CONTROL.

Existen dos tipos básicos de sistemas de control en el NC: De punto a punto y de contorno.

En el sistema punto a punto cada eje de la máquina se controla independientemente por medio de tornillos de avance y dependiendo del tipo de máquina el movimiento puede ser a diferentes velocidades. La máquina se mueve inicialmente a máxima velocidad para reducir el tiempo de movimiento no productivo y se desacelera cuando alcanza el punto programado. En operaciones como taladrado o punzonado, el avance y el corte se hacen en forma secuencial. La trayectoria seguida de una posición a otra es importante sólo en un aspecto: El tiempo. Este debe ser minimizado por eficiencia.

Los sistemas punto a punto se recomiendan en operaciones como barrenado, punzonado y fresado en línea recta.

En los sistemas de contorno, conocidos también como de trayectoria continua, la posición y la operación de corte se controlan a lo largo de toda su trayectoria pero pueden hacerse a diferentes velocidades. Ya que la herramienta corta a la vez que avanza a lo largo de una trayectoria; es importante controlar la sincronización de velocidades y movimientos. Este tipo de control se utiliza en fresadoras, rectificadoras, centros de maquinado, tornos y equipos para soldar, ver figura 2.1.6.1.

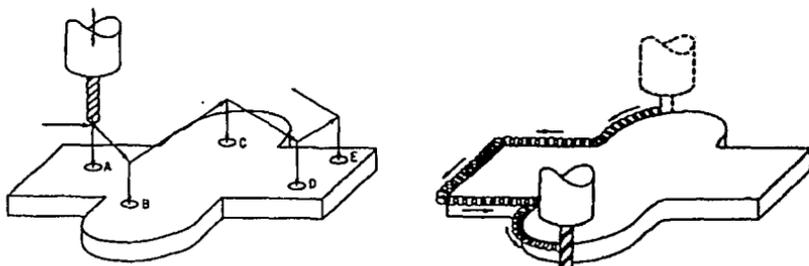


Figura 2.1.6.1 Movimiento punto a punto y de trayectoria continua en CN. (Tomado de Computer Aided Manufacturing, Chang)

El movimiento a lo largo de una trayectoria, o interpolación, sucede de manera incremental. En la fig.2.6.1.2 se pueden apreciar estos movimientos. En las interpolaciones el punto que se toma en cuenta es el centro de rotación de la herramienta. Se deben hacer compensaciones en los diámetros y longitud de las herramientas e incluirlos en los programas mismos.

En la interpolación lineal, la herramienta se mueve en línea recta desde el inicio hasta el final en dos o tres ejes. Teóricamente se puede producir cualquier tipo de perfil por este método, haciendo incrementos entre puntos muy cercanos. Eso implica el manejo de una gran cantidad de información. En la interpolación circular, la información que se requiere son las coordenadas de los puntos extremos, las coordenadas del centro, el radio y la dirección de la herramienta a lo largo del arco. En la interpolación parabólica y cúbica la trayectoria se aproxima por curvas de mayor orden. Este método es efectivo en máquinas de 4 y 5 ejes y es particularmente adecuado para lograr formas complicadas.



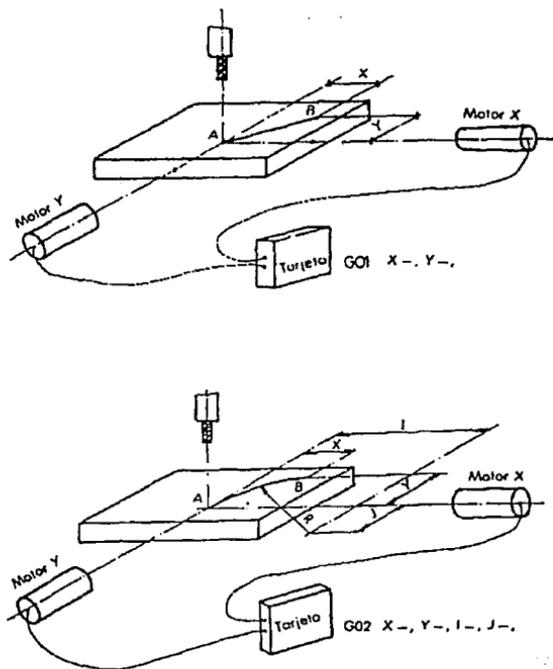


Figura 2.1.6.2 Interpolación lineal y circular.

2.1.7 LA PRECISIÓN EN EL CONTROL NUMÉRICO.

La precisión en la posición de las máquinas de NC se define por qué tan precisamente la máquina puede alcanzar una posición en un sistema de coordenadas. Una máquina de NC normalmente tiene una precisión de al menos 0.0001 in ó 3 μm .

La repetibilidad, definida como la cercanía o coincidencia de movimientos de posicionamiento repetidos bajo las mismas condiciones de operación de la máquina, es usualmente de 0.0003 in.

La resolución, definida como el más pequeño incremento de movimiento de los componentes de la máquina, es de alrededor de 0.0001 in.

La rigidez de la máquina y el juego entre los dientes de los engranes y tornillos de avance,

también son importantes para la precisión total de la máquina. Una rápida respuesta a un movimiento pedido depende de la inercia de las partes y del mínimo valor de la fricción.

2.1.8 PROGRAMACION DE LAS MAQUINAS DE NC.

Un programa de control numérico consiste de una secuencia de instrucciones que hacen que la máquina de NC lleve a cabo ciertas operaciones, donde el maquinado es la operación más frecuente. La programación de la máquina puede llevarse a cabo manualmente o por medio de paquetería de software .

El programa contiene instrucciones; éstas pueden ser de tipo geométrico que se refieren al movimiento relativo entre la pieza y la herramienta y de proceso que se refieren a la velocidad del husillo, avance, herramental etc. También se tienen instrucciones de movimiento que se refieren al tipo de interpolación y de movimiento rápido o lento. Hay otros comandos como el de prendido/apagado para el refrigerante, rotación del husillo, sentido de rotación del mismo, cambio de herramienta, etc.

2.1.9 PROGRAMACION MANUAL.

La programación manual consiste en el desglose de movimientos y operaciones que debe llevar a cabo la máquina, así como la secuencia de herramientas necesaria para maquinar una pieza de acuerdo a un dibujo para fabricación. Una hoja de programación contiene la información necesaria para llevar a cabo operaciones como herramientas de corte, velocidad del husillo, alimentación, profundidad de corte, fluidos de corte, posiciones relativas de la pieza y sus movimientos. En base a estos datos se prepara el programa. El programa debe desarrollarse por alguien que tenga conocimientos del proceso de maquinado que se pretende realizar y que sea capaz de entender, leer y modificar el mismo; debe ser una persona que esté familiarizado con las máquinas herramientas. En principio un operador hábil puede ser capacitado para realizar esta función. Este tipo de actividad es tediosa y requiere mucho tiempo, se recomienda para operaciones sencillas como movimientos de punto a punto.

2.1.10 PROGRAMACION POR PAQUETERIA DE SOFTWARE.

Este tipo de programación involucra el uso de lenguajes de programación simbólicos que determinan los puntos de coordenadas de los vértices, aristas y superficies de las piezas. Este es un medio de comunicación con la computadora e involucra el uso de caracteres simbólicos. El programador describe el componente que va a ser procesado en ese lenguaje y la computadora lo convierte en comandos para la máquina NC.

El primer lenguaje desarrollado con este fin es el APT (herramientas programadas automáticamente).

El uso de este tipo de ayudas se recomienda porque reduce el tiempo empleado para la programación, reduce además la posibilidad de error humano, se puede visualizar la secuencia de operaciones en pantalla y ayuda a reducir costos en general.



El uso de estos compiladores ayuda también en mejoramiento de la calidad del producto y permite tener las instrucciones para el maquinado más rápidamente.

Es necesario aclarar que en la paquetería de CAD-CAM actual está ya incluida esta parte de la programación, ya que en esos programas de software se incluyen los **postprocesadores** que traducen las formas del modelo a instrucciones para la máquina NC. Ejemplo de ello son los programas como MASTERCAM, SMARTCAM, etc.

2.1.11 EJEMPLO DE UN PROGRAMA PARA NC.

El objetivo de este programa es realizar un careado y un cilindrado en el torno EMCO de CNC.

El material a maquinar es aluminio, la cantidad de material a dejar en la última pasada 0.01", cantidad de material a eliminar en cada pasada 0.15", velocidad del husillo: 800 css, posición de "home" X5, Z10, penetración 0.005 pul/rev, vector de entrada X-5, Z0, vector de retracción X0,Z0, inicio de la secuencia 100, incremento de 2.

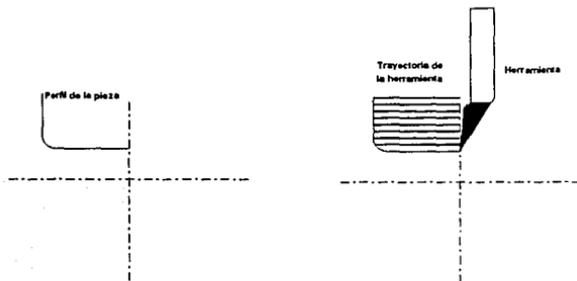


FIGURA 2.1.11.1 GEOMETRÍA Y TRAYECTORIA DE LA PIEZA A MAQUINAR

Con la geometría planteada se genera el código de máquina que es el programa que usa el torno CNC para obtener el perfil deseado.

PROGRAM LISTING

```

%
N100G50X10.0000Z10.0000
N102G50S5000
N104G00M25
N106G96S800M03
N108G0X3.8000Z0.0000
N110G1X3.7000F0.0100
N112G1Z-.1.9900
N114G1X4.0000
N116G1X4.0200
N118G0Z0.0000
N120G0X3.5000
N122G1X3.4000
N124G1Z-.1.9900
N126G1X3.7200
N128G0Z0.0000
N130G0X3.2000
....
N140G0X2.9000
N142G1X2.8000
N144G1Z-.1.9900
N146G1X3.1200
N148G0Z0.0000
N150G0X2.6000
N152G1X2.5000
N154G1Z-.1.9900
N156G1X2.8200
N158G0Z0.0000
N160G0X2.3000
N162G1X2.2000
N164G1Z-.1.9895
N166G2X2.2190Z-.1.9900I0.0095K0.0990
N168G1X2.5200
N170G0Z0.0000
N172G0X2.1200
N174G1X2.0200
N176G1Z-.1.8905
N178G2X2.2190Z-.1.9900I0.0995K0.0000
N180G1X2.2200
N182G0X4.0800
N184X10.0000Z10.0000T0100
N186M30
%
```

Donde los códigos **G** empleados significan:

G00 marcha rápida

G01 Interpolación lineal



- G02 Interpolación circular en el sentido horario
- G03 Interpolación circular en sentido antihorario
- G84 ciclo de cilindrado
- G94 Iniciación del avance (1/100 pulg por minuto)

2.1.12 DISEÑO BASADO EN LA MANUFACTURA CNC.

Se tiene que considerar un proceso particular en el diseño cuando éste se vaya a llevar a cabo en máquinas CNC (B.A. Hodgson y G. Pitts, 1989).

El diseñador debe procurar:

- a.- Preparación de la máquina herramienta, usando una sola herramienta.
- b.- Preparación de la máquina herramienta, usando el mínimo número de herramientas.
- c.- El mínimo número de preparaciones de la misma máquina.
- d.- El mínimo número de transferencias entre diferentes máquinas herramientas.

Como se puede apreciar el tema común es el tener el mínimo número de arreglos de la máquina para el proceso de la manufactura. La regla de oro que el diseñador debe tener siempre en mente es que nunca se debe desviar del EJE PRIMARIO de movimiento. Este concepto es válido tanto para el torno como para la fresadora. En la figura 2.1.12 se pueden observar cuáles diseños son correctos de acuerdo a esta regla.

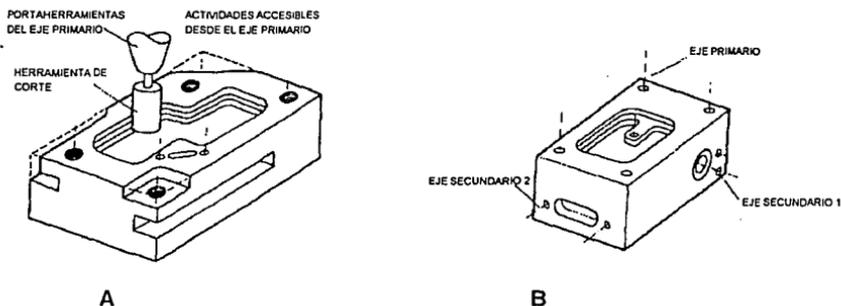


Figura 2.1.12 Maquinado según un eje primario en A, más de un eje en B.

2.2 CIM (MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADORA)

El CIM consiste en la organización computarizada de todos los aspectos del diseño, planeación, manufactura y distribución de un producto. El CIM es una metodología y un propósito más que una red de computadoras integradas como centros de información. Ya que el CIM comprende la información total de toda la empresa, éste puede ser muy oneroso en su implementación.

Los sistemas CIM, constan de varios subsistemas que se integran en un todo. Los subsistemas comprendidos son planeación y apoyo, diseño del producto, planeación del proceso de manufactura, proceso de control, sistemas de monitoreo y el proceso de automatización. La organización del sistema está hecha de tal manera que los datos generados por un subsistema son los datos de entrada a otro subsistema. Los subsistemas por lo general se dividen en subsistemas de planeación y de operación. Los de planeación incluyen actividades tales como programación, requerimientos de materiales, contabilidad, etc. Figura 2.2

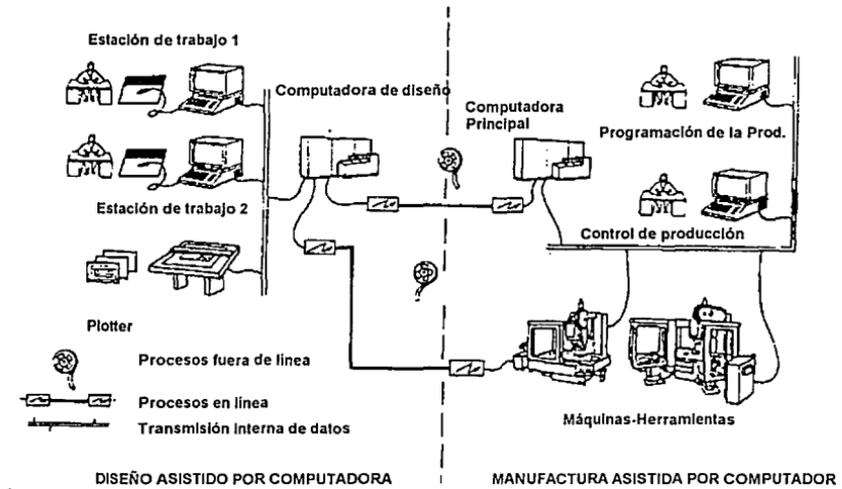


Figura 2.2 Organización del CIM en planta.(Fuente Flexible Automation.

The international CNC Reference Book).

Los de ejecución u operación incluyen producción, control del proceso, manejo de materiales, pruebas e inspección.

La efectividad del CIM, depende en gran medida de un buen sistema de comunicación que involucra computadoras, máquinas y sus controles.



Los beneficios del CIM son, (Kalpakjian,1992) entre otros:

- Capacidad de respuesta cuando se requiere producir artículos en pocas cantidades en respuesta a los cambios de la demanda.
- Mejora la calidad y uniformidad de la producción a través de un mejor control en el proceso.
- Uso óptimo de los materiales y las máquinas así como del personal; reduce los inventarios y mejora la productividad.
- Mejora el control de la producción y su supervisión resultando en menores costos de los productos.

Un CIM eficiente requiere una base de datos única que sirve para todo el sistema. La base de datos debe tener en forma detallada todo lo relativo a los productos, diseños, máquinas, procesos, materiales, producción, finanzas, inventario, etc.

La base de datos consiste de los siguientes tópicos que se clasifican como técnico y no técnicos:

- a.- Datos del producto como: forma, dimensiones, especificaciones.
- b.- Datos de producción tales como proceso de manufactura.
- c.- Datos de tipo operacional como programación, tamaño de lotes, requerimientos para el ensamble
- d.- Recursos disponibles como capital, maquinaria, personal y sus habilidades.

2.3 C A D (DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA).

En la práctica tradicional de la ingeniería, el dibujante utiliza un restirador y el equipo propio para el dibujo, lo cual resulta ser tedioso y no muy preciso. Las actividades como la edición y revisión de planos de dibujo, modificación y optimización de los mismos se realizan de manera muy limitada. En este caso, los procesos de prueba y error ampliamente difundidos en la práctica tradicional de la ingeniería, se vuelven muy largos.

El CAD involucra el uso de la computadora para hacer dibujos de los diseños. El CAD está con mucha frecuencia asociado en forma interactiva con otros sistemas como el modelado de partes o componentes. En ellos se simplifica el análisis de esfuerzos, deformaciones, deflexiones y distribución de temperatura. Manejo y almacenamiento de información en el caso de las máquinas CNC.

En un paquete de CAD se puede hacer toda clase de trazos como líneas, círculos, etc. Estos después se editan con las modificaciones que se requieran para actualizar los dibujos, reeditarlos etc. Los planos para la manufactura se pueden producir con vistas, acotaciones, instrucciones, en dos y tres dimensiones, en explosión y parte por parte con tan sólo pedirlo al archivo correspondiente. La comunicación del diseño es muy rápida y puede hacerse a través de modem, disquette o papel.



2.3.1 VENTAJAS DEL USO DE LOS SISTEMAS CAD.

Cuando se usa un sistema CAD, el diseñador puede conceptualizar el objeto que se va a diseñar más fácilmente en la pantalla de la computadora, considerar alternativas en el diseño y modificarlo rápidamente para lograr los requerimientos o cambios necesarios. El diseño final se puede someter a análisis de tipo ingenieril como análisis de esfuerzos y deformaciones, optimización, transferencia de calor etc. La rapidez con la que esos cálculos pueden llevarse a cabo es sorprendente.

Por medio de estos sistemas, se pueden producir dibujos para el taller con gran precisión y claridad. La edición de los mismos es muy variada y sin límites como tamaños, tolerancias, instrucciones para el maquinado, lista de materiales, forma de ensamble. Con toda esa base de datos se pueden establecer criterios de comparación entre varias alternativas de diseño.

Una importante ventaja del CAD es que en el caso de la programación de las máquinas de CNC, se puede describir la trayectoria de la herramienta en el torneado, fresado y taladrado. Se puede prevenir un posible choque entre la herramienta y el bastidor o el soporte de la pieza. La trayectoria de la herramienta se puede modificar en cualquier momento.

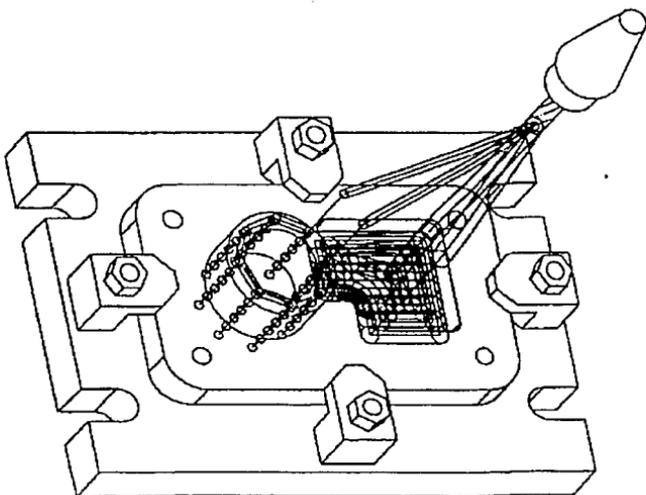


Figura 2.3.1 Generación y simulación de la trayectoria de la herramienta por medio de CAD.
Tomado de Computer Aided Manufacturing, Tien-Chien.

Dada la gran variedad de productos basados en sistemas CAD, surge un problema de importancia que es la comunicación, es decir, el intercambio de información entre los diferentes dispositivos que intervienen. La necesidad de estandarizar esa comunicación dio origen al sistema IGES (initial graphics exchange specification).



2.3.2 ELEMENTOS DE UN SISTEMA CAD.

El proceso de diseño en los sistemas CAD consiste de cuatro fases (Dieter, 1993).

2.3.2.1 MODELADO GEOMETRICO.

En el modelado geométrico, un objeto o cualquiera de sus partes se describe en forma de un modelo matemático. El diseñador en primer lugar construye el modelo en base a líneas, puntos, superficies y sólidos en dos o tres dimensiones; con este modelo se crea una base de datos que se almacena en la memoria de la máquina.

El modelo se puede representar en tres formas diferentes. La primera es la representación por medio de líneas (wire frame), todas las líneas son visibles como líneas sólidas. Esta imagen del modelo puede llegar a ser confusa, particularmente en modelos muy complejos. Una alternativa a este problema es utilizar varios colores de líneas para diferenciar las distintas partes del conjunto. Otra forma de presentar el modelo es por medio de superficies, en éste las superficies visibles se exhiben en el modelo. Otra forma es el modelo sólido en el que se muestran todas las superficies aunque la base de datos describen un volumen interior.

Las tres formas de representar modelos wireframe son de 2D, 2 1/2 D y 3D. En 2D el modelo muestra el perfil del objeto. La imagen de 2 1/2 D puede obtenerse con un dibujo en el plano y después hacer una "extrusión", es decir, mover el objeto sobre el eje "z" para darle una elevación, o simplemente rotar un objeto en 2D alrededor de su propio eje. Figura 2.3.2.1.1.

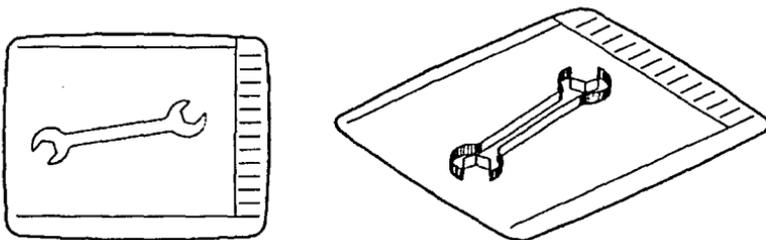


Figura 2.3.1.1. Extrusión de 2D para hacer un sólido, tomado del Manual de Autocad Versión 11.

Los modelos en tres dimensiones se obtienen por medio de sumas booleanas de sólidos estandarizados como conos, esferas, cilindros llamados primitivos (como en AME de AUTOCAD). El modelado con sólidos representa un gran ahorro de tiempo ya que de ellos se pueden obtener rápidamente las vista ortogonales para planos individuales. Dentro de las desventajas está la necesidad de más memoria. Ver figura 2.3.2.1.

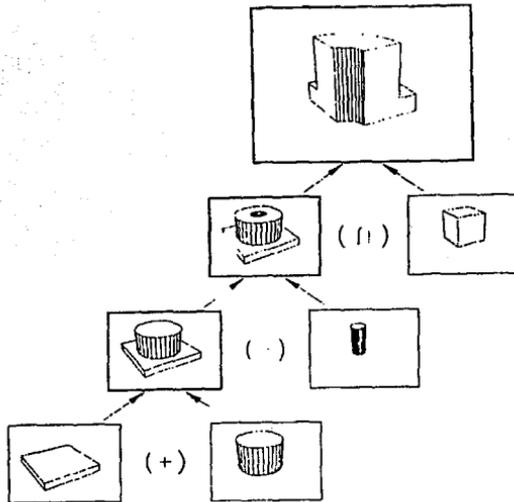


Figura 2.3.2.1. Operaciones booleanas de sólidos . Tomado de Autocad Versión 11.

2.3.2.2. ANALISIS Y OPTIMIZACION DEL DISEÑO.

Una vez que se ha realizado el modelado geométrico, se procede a un análisis de tipo ingenieril. Esta fase puede consistir de análisis de esfuerzos, deformaciones, deflexiones, vibraciones, transferencia de calor, distribución de temperatura, fundición, solidificación y tolerancias por el método de elementos finitos (FEM). Actualmente existen varios paquetes comerciales como EL COSMOS que son capaces de hacer los análisis mencionados de manera rápida y confiable lo cual contribuye a que el diseñador pueda hacer las simulaciones necesarias antes de pasar a la producción del dispositivo objeto del diseño. Figura 2.3.2.2.



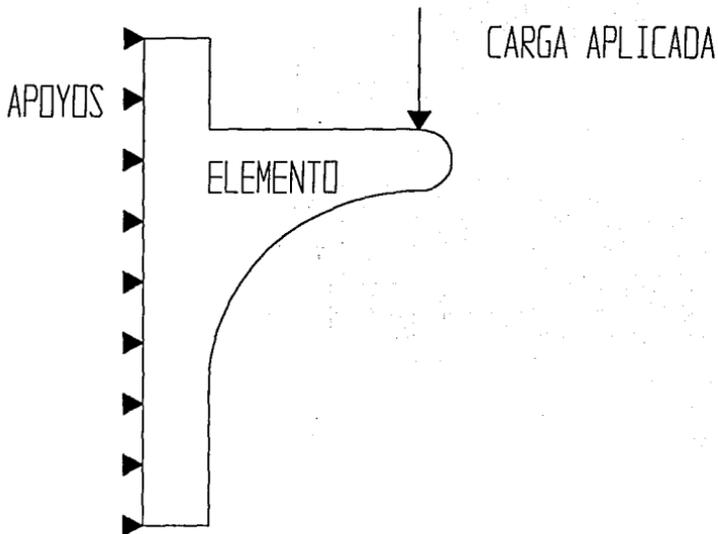


Figura 2.3.2.2. Modelo a analizar en un Sistema por Elementos Finitos

2.3.2.3. REVISION Y EVALUACION DEL DISEÑO.

Una fase importante del diseño es la revisión y evaluación para detectar alguna posible interferencia entre alguno de los componentes para evitar posibles problemas durante el maquinado o ensamblado de las partes y constatar que se cumple adecuadamente el movimiento deseado de las mismas como por ejemplo los mecanismos. Esto se puede lograr si se dispone de algún software que tenga la capacidad de dar animación. Durante la fase de evaluación, la parte se dimensiona adecuadamente y queda lista para el proceso de manufactura.

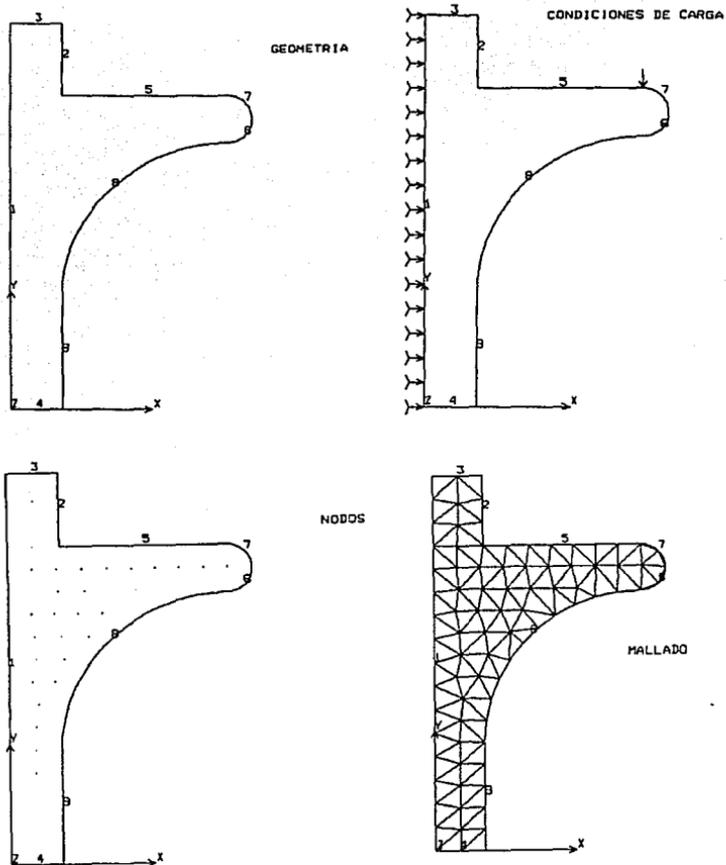


Fig. 2.3.2.3. Diferentes pasos a seguir para el modelado en el FEM.

2.3.2.4 DOCUMENTACION Y DIBUJOS.

Ya que se han realizado las fases anteriores el diseño es reproducido por medio de impresora o plotter. Se puede imprimir el dibujo en la forma que se requiera como vistas de planta, derecha, izquierda en explosión, detalles específicos de la pieza, etc. Figura 2.3.2.4.

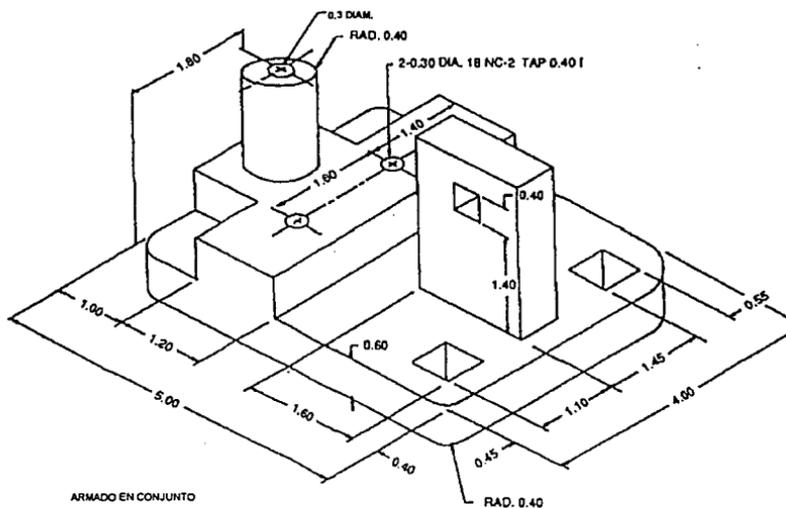


Figura 2.3.2.4 Ejemplo de un dibujo en AUTOCAD.



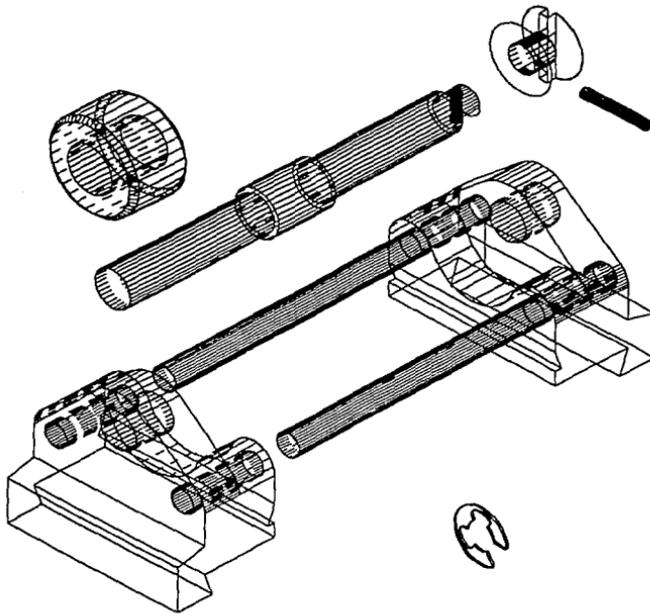


Figura 2.3.2.5 Prensa en explosión (dibujo realizado en CADKEY)

2.4 CAM (COMPUTED AIDED MANUFACTURING).

(MANUFACTURA ASISTIDA POR COMPUTADORA).

Manufactura asistida por computadora es el uso de las computadoras y la tecnología de las mismas (máquinas CNC) para desarrollar todas las fases involucradas en la fabricación de un producto incluyendo los procesos, la planeación, maquinados, programación, la organización y el control de calidad. Debido a que por lo general se trabajan en mancuerna el CAD y el CAM, normalmente se habla de los sistemas CAD-CAM. Esta combinación permite transferir información desde el diseño geométrico hasta la planeación y programación de la manufactura en forma directa. La base de datos generada en el CAD, es tomada por el CAM que la procesa y transforma en datos e instrucciones para operar y controlar la maquinaria para la producción, manejo de materiales, ensamble y control de calidad. El desarrollo e implementación del CAD-CAM ha tenido su mayor impacto en la manufactura ya que estandariza el producto, reduce el gran trabajo que implica el diseño como son las pruebas sobre el prototipo, lo cual resulta en reducción de costos e incremento de la productividad.

Dentro de las aplicaciones típicas del CAD-CAM, se tiene, entre otras, las siguientes:

- 1.- Programación de las máquinas CNC y los robots industriales.
- 2.- Diseño de moldes para fundición
- 3.- Diseño de moldes para troquelado y estampado.
- 4.- Diseño de herramientas y electrodos.
- 5.- Inspección y control de la calidad.
- 6.- Planeación y programación de la producción.

2.4.1 APLICACION DEL CAD-CAM A LA FABRICACION DE UNA PIEZA.

Se desea manufacturar una pieza como la mostrada en la fig.2.4.1.1

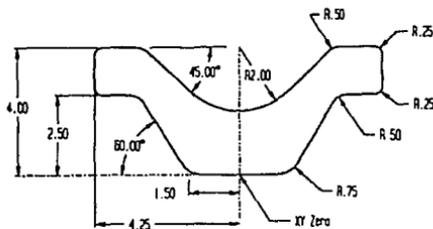


Figura 2.4.1.1 Pieza a diseñar y fabricar en CAD-CAM

El proceso empieza en dibujar el contorno en un CAD como CADKEY, AUTOCAD o el MASTERCAM. Los dos primeros son sólo paquetes de cad, pero el último es un software que consta de CAD - CAM. La figura 2.4.1.2 muestra la geometría creada en MASTERCAM.



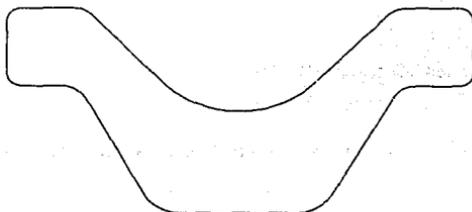


FIGURA 2.4.1.2 GEOMETRIA DE LA PIEZA A FABRICAR

En seguida se selecciona la forma de maquinado a realizar que en este caso es generar un contorno.

- Se selecciona la ruta a seguir.
- Se definen los parámetros como:
 - La manera en que se acerca la herramienta al contorno
 - La compensación de la herramienta
 - El número de la herramienta
 - El diámetro del cortador
 - La velocidad de avance
 - La velocidad del husillo
 - La posición del origen

A continuación se calcula la trayectoria de la herramienta como se muestra en la figura 2.4.1.3 donde se observan las trayectorias programadas hasta llegar al acabado final

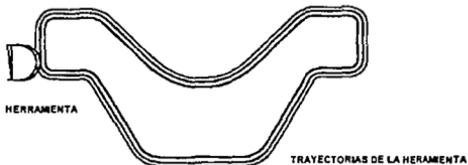


FIGURA 2.4.1.3 Trayectorias de la herramienta alrededor del contorno.

Se crea el archivo NCI propio del software empleado del cual el postprocesador edita el código NC de la máquina donde se va a hacer el maquinado, en este caso un centro de maquinado EMCO.

En seguida se presenta el código NC generado por el postprocesador.

%0000	psof
N0100 G54	psof
N0110 G97 S1000 G71 T0121 G40	psof
N0120 G00 X-5.250 Z.100 M08	psof
N0130 G00 X2.250 Z-5.250 F2	prapid
N0140 G01 Z-5.000 G98 F10	plin
N0150 G03 X2.750 Z-4.500 I.500 G99 F1	pcir
N0160 G01 X3.750	plin
N0170 G02 X4.250 Z-4.000 K.500	pcir
N0180 G01 Z-3.036	plin
N0190 G02 X4.030 Z-2.505 I-.750	pcir
N0200 G01 X2.763 Z-1.237	plin
N0210 G03 X2.250 Z0.000 I1.237 K1.237	pcir
N0220 G03 X2.763 Z1.237 I1.750	pcir
N0230 G01 X4.030 Z2.505	plin
N0240 G02 X4.250 Z3.036 I-.530 K.531	pcir
N0250 G01 Z4.000	plin
N0260 G02 X3.750 Z4.500 I-.500	pcir
N0270 G01 X2.750	plin
N0280 G02 X2.250 Z4.000 K-.500	pcir
N0290 G01 Z3.232	plin
N0300 G03 X2.125 Z3.016 I-.250	pcir
N0310 G01 X.250 Z1.933	plin
N0320 G02 X-.250 Z1.067 I.500 K-.866	pcir
N0330 G01 Z-1.067	plin
N0340 G02 X.250 Z-1.933 I1.000	pcir
N0350 G01 X2.125 Z-3.016	plin
N0360 G03 X2.250 Z-3.232 I-.125 K-.216	pcir
N0370 G01 Z-4.000	plin



N0380 G02 X2.750 Z-4.500 I.500	pcir
N0390 G03 X3.250 Z-5.000 K-.500	pcir
N0400 G01 Z-5.250	plin
N0410 G01 X2.250 Z-5.150 G98 F10	plin
N0420 G01 Z-4.900	plin
N0430 G03 X2.750 Z-4.400 I.500 G99 F1	pcir
N0440 G01 X3.750	plin
N0450 G02 X4.150 Z-4.000 K.400	pcir
N0460 G01 Z-3.036	plin
N0470 G02 X3.960 Z-2.576 I-.650	pcir
N0480 G01 X2.692 Z-1.308	plin
N0490 G03 X2.150 Z0.000 I1.308 K1.308	pcir
N0500 G03 X2.692 Z1.308 I1.850	pcir
N0510 G01 X3.960 Z2.576	plin
N0520 G02 X4.150 Z3.036 I-.460 K.460	pcir
N0530 G01 Z4.000	plin
N0540 G02 X3.750 Z4.400 I-.400	pcir
N0550 G01 X2.750	plin
N0560 G02 X2.350 Z4.000 K-.400	pcir
N0570 G01 Z3.232	plin
N0580 G03 X2.175 Z2.929 I-.350	pcir
N0590 G01 X.300 Z1.846	plin
N0600 G02 X-.150 Z1.067 I.450 K-.779	pcir
N0610 G01 Z-1.067	plin
N0620 G02 X.300 Z-1.846 I.900	pcir
N0630 G01 X2.175 Z-2.929	plin
N0640 G03 X2.350 Z-3.232 I-.175 K-.303	pcir
N0650 G01 Z-4.000	plin
N0660 G02 X2.750 Z-4.400 I.400	pcir
N0670 G03 X3.250 Z-4.900 K-.500	pcir



N0680 G01 Z-6.150	plin
N0690 G01 X2.250 Z-6.125 G98 F10	plin
N0700 G01 Z-4.875	plin
N0710 G03 X2.750 Z-4.375 I.500 G99 F1	pcir
N0720 G01 X3.750	plin
N0730 G02 X4.125 Z-4.000 K.375	pcir
N0740 G01 Z-3.036	plin
N0750 G02 X3.942 Z-2.594 I-.625	pcir
N0760 G01 X2.674 Z-1.326	plin
N0770 G03 X2.125 Z0.000 I1.326 K1.326	pcir
N0780 G03 X2.674 Z1.326 I1.875	pcir
N0790 G01 X3.942 Z2.594	plin
N0800 G02 X4.125 Z3.036 I-.442 K.442	pcir
N0810 G01 Z4.000	plin
N0820 G02 X3.750 Z4.375 I-.375	pcir
N0830 G01 X2.750	plin
N0840 G02 X2.375 Z4.000 K-.375	pcir
N0850 G01 Z3.232	plin
N0860 G03 X2.188 Z2.907 I-.375	pcir
N0870 G01 X.313 Z1.825	plin
N0880 G02 X-.125 Z1.067 I.437 K-.758	pcir
N0890 G01 Z-1.067	plin
N0900 G02 X.313 Z-1.825 I.875	pcir
N0910 G01 X2.188 Z-2.907	plin
N0920 G03 X2.375 Z-3.232 I-.188 K-.325	pcir
N0930 G01 Z-4.000	plin
N0940 G02 X2.750 Z-4.375 I.375	pcir
N0950 G03 X3.250 Z-4.875 K-.500	pcir
N0960 G01 Z-5.125	plin
N0970 M09	peof



N0980 G00 X0.000 Z0.000 peof

N0990 M30 peof

2.5 TECNOLOGIA DE GRUPOS.

Existen actualmente dos sistemas tradicionales para la producción de piezas: De línea y Funcional.

Los cambios en el mercado y la necesidad de producir económicamente por lotes, tuvo como consecuencia que se desarrollara un sistema que tuviera las ventajas de la producción en línea sin perder la versatilidad del sistema funcional. Estos nuevos conocimientos con respecto a la colocación de la maquinaria y administración de la producción, se conoce como **Tecnología de Grupos**.

La Tecnología de Grupos (Karpajian, 1992) es un concepto de fabricación que trata de aprovechar la semejanza que tienen algunos conjuntos de piezas para diseñarlas y procesarlas con ahorro de tiempo y mínimo costo.

En muchas empresas se fabrican grandes cantidades de piezas y aunque muchas de ellas tienen notoria semejanza en forma y método de manufactura, cada una de ellas se visualiza como una entidad separada y se procesa por lotes separados lo cual implica duplicación de actividades y redundancias. La semejanza entre estas piezas, sugiere que debe haber beneficios considerables si se clasifican y codifican esas partes en familias. Por medio de un análisis se demostró que el 90% de las 3000 piezas que se hacen en una fábrica se podía clasificar en 5 grandes familias de partes. El procedimiento consiste en descomponer el dispositivo en sus componentes e identificar las partes semejantes.

Este método de fabricación se hace más atractivo cuando se fabrican una gran variedad de productos en pequeños lotes.

El Grupo Tecnológico tiene los siguientes conceptos básicos:

- Las piezas fabricadas en una empresa tienen características comunes que permiten agruparlas en familias.
- La semejanza de piezas se puede aprovechar para integrar un grupo de máquinas que puedan realizar todas las operaciones de una determinada clase de pieza.
- El GT requiere un nuevo tipo de relación entre los departamentos de la empresa.

En la implementación de GT se puede recomendar la siguiente metodología :

- Entendimiento y apoyo de la organización.
- Formación de las familias de piezas.
- Análisis de la maquinaria existente.
- Fijación de reglas de colaboración con otros departamentos.



- Selección inicial de la primera familia a producir.
- Implementación del primer grupo.
- Análisis.
- Planeación e implementación de otros GT.

2.5.1 VENTAJAS DE LOS GRUPOS TECNOLOGICOS. (Mariuz Bednarek, 1992)

A.- EN EL DISEÑO:

- 1.- La buena preparación del sistema de clasificación y códigos, facilita el proceso del diseño y la creación de diferentes bases de datos útiles en dicho proceso.
- 2.- La clasificación que implica el proceso de estandarización, significa reducción de variantes en el diseño y eliminación de las repeticiones, finalmente facilita el desarrollo del diseño.
- 3.- Reducción de los costos de diseño.
- 4.- La clasificación y estandarización facilitan la estimación de:
 - Métodos de manufactura.
 - Métodos de diseño.
 - Métodos de ingeniería.
- 5.- Los cambios propuestos por el departamento de diseño, se aplican más rápidamente en el sistema.

B.- EN PLANEACION Y PROGRAMACION DE LA PRODUCCION.

- 1.- La clasificación y los códigos bien preparados provienen de la posibilidad de estandarizar los procesos de producción y facilitan la preparación de un sistema de búsqueda de información para diseño de los procesos de manufactura.
- 2.- La estandarización de los procesos de manufactura hace que los diseños de los dispositivos y la herramientas para los mismos también lo estén con lo cual se facilita la programación de CNC y reducen los tiempos para los cambios.
- 3.- Se reducen los inventarios por disminución de las rutas de transporte y el tiempo de espera.
- 4.- Se balancea mejor la producción.
- 5.- Se utiliza la maquinaria de manera más eficaz.



C.- EN LA PRODUCCION.

- 1.- Familias de partes mejoran los métodos de manufactura.
- 2.- Familias de piezas mejoran el "Lay-out" de la planta.
- 3.- Familias de piezas mejoran la utilización del área de trabajo.
- 4.- La estandarización en general reduce el tiempo unitario.
- 5.- Se reduce la cantidad de mano de obra.
- 6.- Se reduce la variedad de tipos de materia prima.

2.6 CELDAS DE MANUFACTURA

El concepto de los Grupos Tecnológicos se puede implementar efectivamente en las celdas de manufactura. La celda de manufactura es una pequeña unidad compuesta por una sola o varias estaciones de trabajo en un sistema de manufactura (D.J.Williams,1988). Las estaciones de trabajo usualmente constan de una máquina o varias en la que cada una desarrolla una función sobre la pieza. Las máquinas pueden modificarse, cambiar diferentes herramientas y reagruparse en diferentes líneas de productos dentro de la misma familia de partes. Las celdas de manufactura son especialmente efectivas en la producción de familias de partes que tienen una demanda constante. Las máquinas que más comúnmente se colocan en las celdas de manufactura son tornos, centros de maquinado, fresadoras, taladros, rectificadoras. Las máquinas mencionadas pueden ser máquinas especiales o del tipo CNC

Las celdas de manufactura pueden tener un cierto grado de automatización para:

- a.- Cargar y descargar el material en bruto y las piezas terminadas.
- b.- Cambiar herramental.
- c.- Transferir piezas de una estación de trabajo a otra. Esta actividad puede hacerla el mismo operario o por medio de un sistema de robot localizado en la parte central de la celda.

La celda de manufactura debe ser atendida por un operario que se encarga de supervisar todas las máquinas de la celda. Esta actividad es tan variada que realmente no causa tedio en el operario y éste llega a ser multifuncional con lo que se logra un incremento en la productividad.



2.6.1 DISEÑO DE UNA CELDA DE MANUFACTURA.

Debido a las características únicas de las celdas de manufactura, el diseño e implementación en las plantas tradicionales requiere una reorganización de las líneas de flujo de productos. Las máquinas deben ordenarse a lo largo de una línea en forma de "U", de "L" o en un circuito cerrado (Moshe Shoham 1982). En una celda de manufactura donde un operador es el que maneja los materiales, la forma de "U" es la más conveniente y eficiente, ya que así el operador tiene acceso a todas las máquinas de manera rápida y directa. Cuando el manejo de materiales se lleva a cabo en forma mecanizada, el arreglo lineal o en circuito cerrado es la más eficiente. La selección de las máquinas que van a formar la celda, la manera de manejar los productos y la distribución de los equipos va a depender de la cantidad de piezas a manufacturar, su tipo, forma, tamaño y peso.

Ante los rápidos cambios en las demandas del mercado y la necesidad de mayor variedad de productos en pequeñas cantidades, la flexibilidad en la manufactura se vuelve indispensable. Las celdas de manufactura pueden hacerse flexibles usando máquinas de CNC, centros de maquinado y robots industriales para el manejo de los materiales. Un ejemplo de una celda de manufactura flexible (FMC) se observa en la fig. 2.6.1.

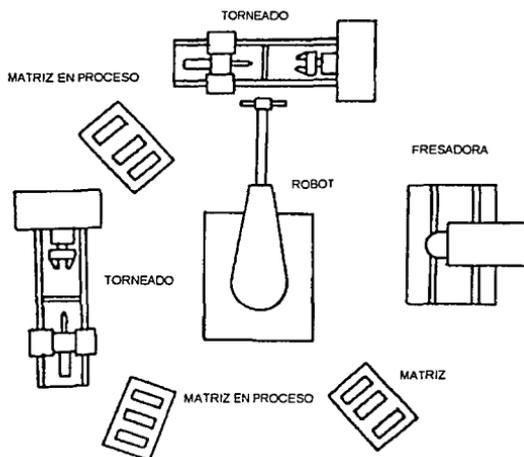


Figura 2.6.1 Celda de manufactura flexible tipo "O" (Tomado de Fundamentals of Robotics)

2.7 SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE.

Un sistema de manufactura flexible (FMS), involucra el uso de equipo automatizado. Este sistema se utilizó por primera vez en 1960. Consiste de un conjunto de celdas de manufactura, controladas por un sistema de robot que carga y descarga, un conjunto de máquinas de CNC conjuntamente con un sistema automatizado para el manejo de los materiales, todos controlados por una



computadora central. Este sistema tiene un alto grado de automatización que es capaz de optimizar cada paso en el proceso de la manufactura. Cada paso puede involucrar una o más operaciones tales como maquinados, rectificados, corte, formado, tratamiento térmico, etc. Las aplicaciones más comunes del FMS son los maquinados y los procesos de ensamble.

Los sistemas FMS representan un alto grado de eficiencia y sofisticación. Su flexibilidad es tal que pueden manejarse una gran variedad de configuraciones de los productos y puede llevarse a cabo en cualquier orden.

Al hacer una comparación con los sistemas convencionales, se denotan los siguientes beneficios(D.J. Williams, 1988):

- a.- Las partes pueden producirse en cualquier momento, en lotes pequeños y a bajo costo.
- b.- Se reducen substancialmente los inventarios y el trabajo directo con un ahorro de entre 80 y 90% con respecto a los sistemas convencionales.
- c.- El tiempo de utilización de las máquinas llega a ser hasta del 90%.
- d.- Reducción del tiempo necesario para en hacer cambios a los productos.
- e.- La calidad de los productos es más uniforme.

2.7.1 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA FLEXIBLE.

Los elementos básicos de un FMS son centros de maquinado, sistemas de transporte de materiales automatizado, sistema de control. Los tipos de máquinas dependerán del producto que se esté fabricando. Para operaciones de maquinado, normalmente se tienen centros de maquinado de 2 a 5 ejes, tornos, fresadoras, taladros, prensas, y y rectificadoras todos CNC. Se pueden considerar también equipos de inspección como máquinas de coordenadas, ensamble y limpieza. Otros tipos de operaciones incluyen máquinas para corte y doblado de láminas metálicas, punzonado, corte y formado de las mismas, tratamientos térmicos, etc. Las estaciones de trabajo se organizan de tal manera que haya mayor eficiencia en la producción, un buen flujo de materiales, partes y productos en el sistema. Figura 2.7.1.



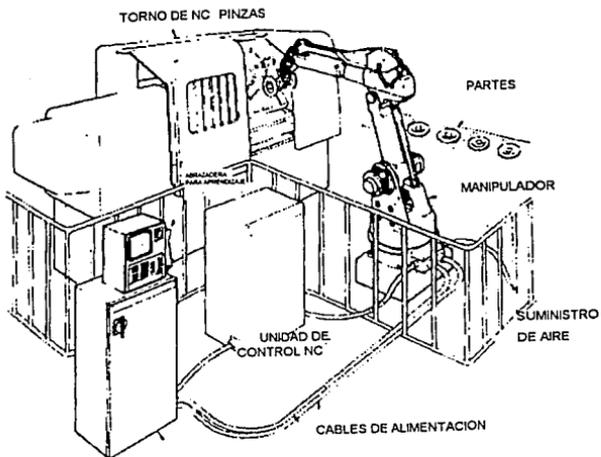
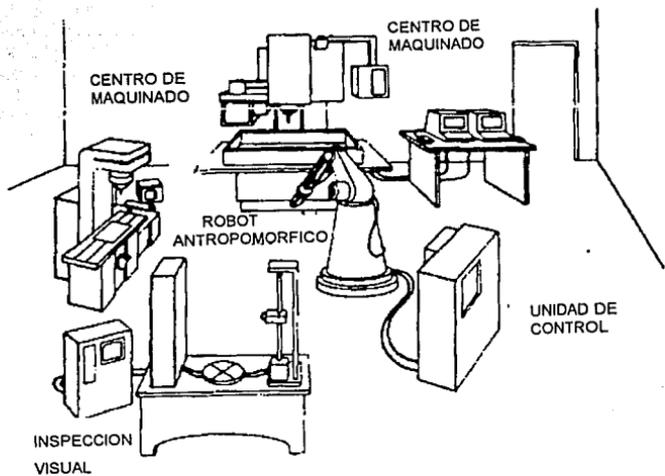


Figura 2.7.1 Sistema de manufactura flexible(Tomado de P.K. Wright).



Los sistemas FMS, se caracterizan como su nombre lo dice por su flexibilidad, por lo que el manejo de los materiales, su almacenamiento y distribución son muy importantes. El manejo de materiales es controlado por una computadora central y se lleva a cabo por medio de robots, bandas transportadoras y vehículos guiados. El sistema debe de ser capaz de transportar la materia prima, las piezas de una máquina a otra en el orden adecuado y en cualquier momento. La computadora central es el cerebro del sistema, maneja las máquinas, la distribución de materiales y establece la comunicación entre los diversos componentes y el usuario, actualiza la información, forma y modifica la base de datos existente.

2.7.2 PROGRAMACION DEL FMS.

Tomando en cuenta la gran inversión inicial que implica la instalación de un sistema FMS, es esencial establecer una distribución eficiente de los equipos. Es por lo tanto un punto crucial hacer una correcta planeación de la producción, así como la correcta distribución de las máquinas. Debe considerarse que la programación del FMS es realmente dinámico. La programación de este sistema debe especificar muy claramente los tipos de operación que se van a llevar a cabo en cada pieza e identificar las máquinas o celdas de manufactura que se van a usar. La programación dinámica debe ser capaz de adaptarse a los cambios en el producto y por lo tanto ser capaz de adaptarse en tiempo real.

2.7.3 JUSTIFICACION ECONOMICA DEL FMS.

Tomando en cuenta los costos tan grandes que implica la instalación de un sistema flexible de manufactura, es recomendable hacer un análisis minucioso del factor costo-beneficio antes de tomar cualquier decisión al respecto. Tal análisis debe incluir factores tales como el costo del capital, energía, materiales, mano de obra, estudio de mercado para el que estos productos se van a dirigir (Karpajian, 1992). Otros factores a considerar también son el tiempo requerido para instalar y poner en marcha el sistema. El personal que va a operar el sistema debe ser altamente calificado y debe incluir ingenieros de manufactura, ingenieros de mantenimiento e ingenieros en sistemas y programadores.

El lugar donde se considera que es más efectivo el uso de estos sistemas es en la producción de lotes de piezas en volumen medio. Los altos volúmenes de producción y con pocos cambios se efectúan mejor en sistemas lineales y rígidos. Volúmenes bajos con amplia variedad de partes, pueden producirse mejor en maquinaria convencional, con o sin control numérico. Se recomienda también el uso de FMS cuando el volumen de producción anual está entre 15 000 a 35 000 piezas.

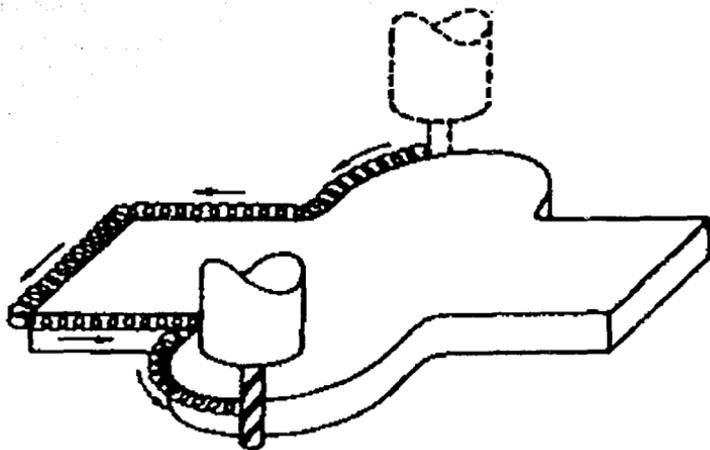
REFERENCIAS

Tien-Chien Chang	Computer Aided Manufacturing	Prentice Hall 1991
Kalpakjian	Manufacturing Engineering and Technology S.	Addison Wesley 1992
Tien-Chien	Flexible Automation.	The international CNC Reference Book, 1991
Dieter	Computer Aided Manufacturing,	Mc.Graw Hill 1993
Autodesk	AME de Autocad Versión 12	Autodesk 1992
Taylor	Computer-Aided design	Addison Wesley, 1992
Chang	Computer-Aided Manufacturing	Prentice Hall, 1992
M. Bednarek, 1992	Tecnología de Grupos	1988
Burbidge	The Introduction Of Group Tecology	Wiley 1988
Moshe Shoham 1982	Fundamentals of Robotics	Eshed Robotec 1982
P.K. Wright	Manufacturing Intelligence	Addison Wesley, 1988
Polywka John	Programming of CNC Machines	Industrial Press 1992



CAPITULO III

EL POSTPROCESADOR



CAPITULO III

EL POSTPROCESADOR

3.1 INTRODUCCIÓN.

Cuando se trabaja con sistemas CAD/CAM en manufactura, se realiza el proceso del diseño de alguna pieza mecánica en un paquete de CAD y posteriormente se lleva a cabo el maquinado en una máquina-herramienta de CNC.

Para lograr que la pieza se maquine y tenga las dimensiones previstas en el CAD, es necesario comunicar el CAD con el CAM, es decir, que a partir del modelo del CAD, se debe generar el código de NC que al momento de cargarse en la memoria de la máquina-herramienta genere la pieza. Para que eso sea posible es necesario tener un "traductor" que convierta la geometría generada en CAD a código NC. A este "traductor" se le llama postprocesador.

El postprocesador se utiliza para convertir los archivos NCI a formatos de código específico para un control NC específico. El postprocesador consiste de 2 archivos; el archivo del controlador (MP.EXE) y un archivo específico (ejemplo: MPFAN.PST). El archivo específico proporciona un medio para cambiar la forma en que los programas NC se escriben para un control específico. Se pueden crear archivos específicos para cada control particular.

Un archivo NCI representa la trayectoria de una herramienta en forma genérica o intermedia.. Estos archivos se crean cada vez que el usuario selecciona una opción desde el menú de "Toolpaths" por primera vez. Una vez que se ha abierto un archivo NCI, el usuario puede programar una operación.

El sistema escribirá cada operación en el archivo NCI abierto, en dos secciones.

Primeramente se escribe la información de encabezado. La información del encabezado se utiliza para dar salida a los movimientos de los ejes, número de herramienta, la posición inicial, número de programa, etc. Esta información da de alta la mayoría de los datos formateados por el post.

En segundo lugar, se escriben los movimientos de los ejes.

Una vez que se ha programado la trayectoria total de la herramienta, el usuario debe cerrar el archivo NCI. Para cerrar ese archivo se selecciona "End program" del menú "Toolpaths". Los archivos NCI deben cerrarse antes de ser procesados, filtrados o editados por el post.



3.1.1 LECTURA DEL ARCHIVO .PST.

El archivo del controlador (MP.exe) lee el archivo específico y memoriza los formatos de línea y de las variables. Por ejemplo:

f5 2.1 Establece que el formato número 5 tendrá 2 cifra enteras y na decimal

fnt F5fr Establece el formato de la variable "fr" a la "F" además del formato 5.

También establece el formato de línea por ejemplo para un movimiento lineal en la dirección Z, así:

```
gzrapid          #Movimiento lineal sólo en el eje z. con desplazamiento rápido.
                 n,sccomp,sgcode,z,fr
```

ejemplo: N100 G41 G00 Z1.0

3.1.2 CREACION DE UN ARCHIVO NC.

El post crea un archivo NC con un nombre especificado por el usuario. El archivo NC por default se forma con el nombre del archivo NCI, con extensión NC (ejemplo: T.NCI.... T.NC).

3.1.3 LECTURA DEL ARCHIVO NCI Y SU ESCRITURA EN UNO NC.

El post lee el archivo NCI operación por operación y reacciona como sigue.

Lee la información del encabezado para la operación corriente

```
1011
0.0.0.0.0.0.0.0.0.
1012
1 420000000
1013
0 0.250.000010
1001
1111100 2 1 21 1 0 1000 10.40 1.5 -2.121.0.0.0.02.
```

Ahora carga los valores en la variable del post apropiada(t = número de herramienta =1).

Le da formato a las variables convirtiéndolas en strings, basados en el formato de las variables, definidos previamente(fmt T4t).

Escribe las variables formateadas en el archivo NC usando el formato "start of file".

Lee las líneas del movimiento de los ejes:

0 código G.



0 1.5-2.121. -2. cc x y z fr

carga los valores leídos en la variable del procesador adecuado(x =coordenada $x=1.5$).

Le da formato a la variable convirtiéndola a strings basados en el formato de la variable definido previamente.

Escribe las variables formateadas en el archivo NC usando el formato pzrapid.

Se leen, formatean y escriben las líneas de movimiento de los ejes hasta que aparece una nueva operación de encabezado o cuando se llega al fin del archivo NCI.

3.2 ELEMENTOS DEL POSTPROCESADOR.

3.2.1 VARIABLES.

Las variables son nombres usados para tomar valores numéricos, por ejemplo, la variable "rpm" puede usarse para almacenar el valor de la velocidad angular del husillo del chuck a la hora de programar una operación; la variable "tool" puede usarse para guardar el valor del número de la herramienta.

Se le pueden asignar valores a una variable en dos formas:

- Manualmente por el usuario a través de asignaciones ($X= 1.23$), inicialización ($X:1.23$), o por medio de fórmulas ($XY= X+Y$).

- Automáticamente por el postprocesador a través de cálculos internos usando datos de lectura directamente desde un archivo NCI.

3.2.1.1 VARIABLES PREDEFINIDAS.

El archivo del controlador MP.EXE proporciona un gran número de variables predefinidas.

Las siguientes variables se leen directamente desde el archivo NCI calculadas en base a los datos leídos directamente desde el mismo archivo.

a;b;c; Rotación del eje en grados.

arcrad Esta variable toma el radio del arco actual.

axis Esta variable controla la rotación del eje cuando se usan los planos de la herramienta.

(0= ninguno, 1=X, 2=Y, 3=Z).



azero, bzero czero

Esta variables establecen el estado inicial de las coordenadas iniciales de los ejes.

cc Valor de la compensación de la herramienta leída directamente del archivo NCI (0, 40, 41, 42 o 140).

ccomp Compensación de la herramienta en el estado del control.(0=off, 1=cancel, 2 =left, 3= right, 4=cancel with the last move)

cantext Esta variable toma el estado del texto enlatado de un movimiento lineal o de un arco (0=ninguno, 1= texto almacenado 1, 2= texto 2, 3= texto almacenado 3). Para llamar a un texto almacenado el usuario debe definir y llamar a una subrutina. Cantext se asocia a un movimiento lineal o a un arco por medio del menú "change".

DEFINICION DE LA SUBROUTINA

LLAMADO DE LA SUBROUTINA.

pcan #Canned text cantext=0,1,2,3

pin # Movimiento lineal a velocidad dada

if cantext = 1, "MD1"

n, scomp, scode, x,y,z ,fr, pcan

if cantext = 2, "cantext2"

pcir # interpolación circular

if cantext = 3, "cantext3"
sgcode,x,y,z,i,j,k,

n,sgplane, scomp,

fr, pcan

coolant Define el estado de activación del refrigerante (0= off, 1= on)

date Esta variable define la fecha actual (forma dd,mm,yy) Esta variable no lleva formato.

deg2rad Esta variable toma los valores que se van a convertir de grados a radianes (0.01745...=pi/180).

dirchg Esta variable se hace igual a cero cuando los ejes X;Y y Z permanecen iguales. La dirección del eje X cambia cuando la herramienta se mueve desde X1.0Y2.0 (+) a X2.0Y2.0 (+) a X1.5Y2.0 (-). **dirchg** se pone en uno cuando se registra un cambio de dirección.



- depth** Esta variable toma el valor de la coordenada Z de la cota actual (sólo para el barrenado).
- drillcyc** En un ciclo enlatado de barrenado (0=simple, 1=tocar la superficie, 2= con corte de viruta 3= corte sin atravesar el material, 4= barrenado pasando el mateial de lado a lado).
- drillcur** Esta variable se hace igual a uno cuando en un ciclo de barrenado se ha establecido (si no es así se hace cero).
- dwell** Esta variable toma el valor del tiempo de reposo en el ciclo de barrenado.
- e** (fin de línea). Todo postline de un procedimiento produce un bloque de comandos en el archivo NC. Las líneas de las subrutinas no, ya que individualmente se consideran como líneas parciales ya que inividualmente no forman un bloque. La función de la variable "e" es expresar una alimentación de línea para una subrutina. La última línea de una subrutina no requiere la "e" ya que el bloque se forma por el procedimiento que maneja la subrutina.
- ea, eo** Estas variables definen el final de un ángulo en grados y el final de un octante de un arco.
- eob** Si debe aparecer un caracter especial al final de cada línea del código NC , eob puede establecerse. Normalmente esta variable se establece en el procedimiento "pheader".
- eob=36 N100(1)X1.Y2.Z5. "S" será añadido al final de cada línea.**
- first tool** El número de la primera herramienta que se usa en el programa es asignado con esta variable.
- Esta variable se usa comúnmente al final del programa para cambiar a la primera herramienta para que se use en el programa cuando éste sea corrido nuevamente.
- fr** Denota la velocidad del movimiento de la herramienta.



frplunge Esta variable toma el valor de la velocidad en el ciclo de barrenado.

gcode Define el código "G" de la operación actual (leído del archivo NCI).

0= rápido, 1= avance, 2= arco en sentido del reloj, 3= arco en sentido contrareloj,
11= eje 5, 80= canelado del barrenado, 81= inicio del barrenado, 100= agujero de barreno.

i,j,k Estas variables toman la descripción X,Y,Z del centro de un arco. Inicialmente, el formato uno se asigna a todas las variables. La única ocasión en que se puede corregir para i, j, y k es cuando el centro del arco es absoluto (arctype =1). Cuando se selecciona algún centro de arco de forma incremental, la opción "d" o "delta", se debe seleccionar. Estas variables no son de salida si su valor es cero.

Nota: Estas variables se escalan con "scalex", "scaley" y "scalez".

initht Esta variable toma la altura inicial en un ciclo de barrenado.

mi1-mi10, mr1-mr10

Con estas variables se designan los valores de los enteros misceláneos de 1 a 10.. Esos valores son introducidos por el usuario en el prompt siguiente de los parámetros del NC:

Misc. integer = 0.0000

n número secuencial. Esta variable se incrementa internamente por el postprocesador cada vez que el post encuentra una " n " o una variable que esté relacionada con "n" con alguna relación variable (0=n). La secuencia empieza en la variable "seqno" y se incrementa en el valor "seqinc". El valor de "n" regresa al valor de "seqno" cuando ésta excede el valor "seqmax".

nchar, nchaux, nchsub

Estas variables toman el número total de caracteres escritos en los archivos NC(nchar), AUX (nchaux) y SUB(nchsub) en ese punto en el post.



next_tool

En un programa se utiliza esta variable para seleccionar el cambio de las herramientas antes de que se llame a tal o cual herramienta. Esta variable sólo es válida si "dnxtool" es igual a uno.

no Esta variable se proporciona por conveniencia para el establecimiento de variables. Por ejemplo, para establecer "omitz", se puede establecer "omitz =0 u "omitz = no". A esta variable no se le da formato y no se debe reasignar.

opcode

Esta variable toma el código de operación corriente. Este código define el tipo de operación que está siendo procesada. Códigos de operación: 1= contorno 2D, 2 = contorno en 3D , 3 = barrenado, 4 = cajeado, 5 = superficie reglada, 6 = barrido en 2D, 7 = barrido en 3D, 8 = superficie de revolución , 9 = redondeo de superficies superiores, 10 = coons , 11= fileteado.

peckclr

Con esta variable se asigna el retraimiento en el ciclo de barrenado.

peck1 Con esta variable se asigna el primer incremento en el retraimiento del ciclo de barrenado.

peck2 Con esta variable se asignan los subsecuentes retraimientos en el ciclo de barrenado.

pi Esta variable toma el valor de π (3.1416).

plane Esta variable toma el plano de fresado de la operación actual o movimiento circular.

(0= XY, 1 = YZ, 2 = XZ).

prognam Esta variable se asigna automáticamente al nombre del programa NC.

progno En esta variable se da el número de programa como se define en los parámetros del archivo NC.



prv [var] Todas las variables tienen un valor previo disponible. Para acceder ese valor se añade un "prv pretxt" al nombre de la variable.

N100G00X1.000Y1.000Z0,100 prv_X = 0.000, prv_Y = 0.000, prv_Z = 0.000

N102G01Z-0.500F10.0 prv_X = 0.000, prv_Y = 0.000, prv_Z = 0.100

N104X2.000Y-1.256F5.0 prv_X = 1.000, prv_Y = 1.000, prv_Z = 0.100

qtoolpin/qtoolopt

Con esta variable se establece el plano de la herramienta(qtoolpin) o la utilidad para la optimización de la herramienta.

rad2deg

Esta variable toma el valor requerido para convertir radianes a grados ($57.295779\dots = 180/\pi$).

refht Esta variable toma la altura de referencia en el ciclo de barrenado.

retr Esta variable toma la cantidad del retraimiento en el ciclo de barrenado.

rotaxis

Esta variable toma el valor de rotación para los ejes (0 = ninguno, 1 = paralelo a y, 2 = paralelo al eje x).

rotdia Esta variable define el diámetro para rotación del eje (establecido al inicio de cada operación).

seqno, seqinc

Estas variables toman el número secuencial de inicio y el del incremento como lo establece el usuario en los parámetros de NC (si seqno es igual a 100 y seqinc es igual a 2, entonces n es igual a 100. 102 104, 106, etc.)

sa,so Estas variables toman el inicio de un ángulo en grados y el inicio del octante de un arco.

si (sa = 0) entonces so = 0 Si (sa > 0) y (sa < 90) entonces so = 1

si (sa = 90) entonces so = 2 Si (sa > 90) y (sa < 180) entonces so = 3

si (sa = 180) entonces so = 4 Si (sa > 180) y (sa < 270) entonces so = 5

si (sa = 270) entonces so = 6 Si (sa > 270) y (sa < 360) entonces so = 7



ss Esta variable se usa para definir la velocidad del husillo para la operación actual.

Ej: S1200.

sweep

Esta variable toma el valor del recorrido, en grados, de un arco.

t Esta variable toma el nombre de la herramienta actual.

tlngo Esta variable toma el número de la longitud de la compensación de la herramienta usado para "Define tools" o los parámetros NC . (se usa con G43 y la compensación de la longitud de la herramienta en el control Fanuc y compatibles).

tloffno El número de la compensación del diámetro de la herramienta se establece en " define tools " o en el archivo de parámetros NC. Este valor se usa más comúnmente para activar la compensación del diámetro del cortador en el control.

tcr Esta variable toma el radio de la esquina de la herramienta.

time Esta variable toma el tiempo actual en el formato 24hs. A esta variable no se le da formato.

tldia, tlradi

Estas variables almacenan los valores del diámetro y radio respectivamente de la herramienta actual.

tlplnno

Esta variable toma el número correspondiente al plano de la herramienta en uso.

(1 = planta, 2 = plano frontal, 3 = plano lateral).

tox, toy, toz

Estas variables toman las coordenadas X,Y,Z del origen del plano de la herramienta.



whatline

Esta variable es un contador interno de movimiento lineal del post. A esta variable se le asignan los valores de 1 a 4 cuando se lee el archivo NCI. Se accesan diferentes procedimientos basados en este valor. Si esta variable toma el valor de uno el post usa "plin1" para escribir un movimiento lineal en el programa NC. Si toma el valor de dos, entonces "plin2" toma vigencia, y si la variable toma el valor de tres o cuatro entonces se actualiza "plin". Esta variable se puede desactivar (relacionada con alguno de los cuatro valores posibles) estableciendo "whatno" en el valor uno. En ese caso el post escribe todos los movimientos lineales con "plin".

whatno

Esta variable controla el uso de "plin1", "plin2" y "plin". Si whatno es igual a 1, el post usará "plin" para escribir los movimientos lineales.

x, y, z Estas variables toman las coordenadas "X", "Y", "Z" de una nueva posición. "x", "y" y "z" se escalan por medio de "scalx", "scaly" y "scalz". Cuando no se especifica ese valor de escala se supone igual a 1.

u, v, w Estas variables toman los valores de coordenadas de la posición final del vector del eje de la herramienta para 4ejes.

xc, yc Estas variables toman el valor de las coordenadas absolutas del centro del arco en curso.

xh, yh, zh

Estas variables que denotan "home position" se requieren cuando se plantea un cambio de herramienta o el final del programa y posicionamiento.

xr, yr, zr

Estas variables toman la primera posición x,y,z en el programa NC (zr = penetración rápida).

yes Esta variable se tiene disponible para configuración de variables (yes = 1). Por ejemplo se puede establecer "omitz = 1" "omitz = yes).



3.2.2 VARIABLES DEFINIDAS POR EL USUARIO.

Estas se utilizan para definir variables no predeterminadas como por ejemplo `chgx` o `maxarcfr`. Estas variables pueden representar cambios de una coordenada X a la posición siguiente cuando la herramienta sigue una trayectoria y se especifica una velocidad de avance máxima predefinida. Este tipo de variables se establecen como sigue:

EJEMPLO NUMERICO. (si la variable no se va a escribir en el archivo NC).

1. Inicializar `maxarcfr` en diez

2. Uso de la variable en procedimientos o subrutinas.

(si `fr` es mayor que `maxarcfr` entonces escribe con `maxarcfr`)

(si `fr` es menor o igual a `maxarcfr`, entonces, escribe con `fr`)

`maxarcfr :10`

`pcir # interpolació circular`

`if fr > maxarcfr, n, sgcode, x,y,z,i,j,k,maxarcfr`

`if fr <= maxarcfr, n, sgcode, x,y,z,i,j,k,fr`

EJEMPLO ALFABETICO (si la variable se va a escribir en el archivo NC).

1. Crear un nuevo formato o usar el existente (00.00).

`fs 5 2.3`

2. Asignar prefijo (W) y formato #5 a la variable `chgx`:

`fmt W 5 chgx`

3. Establecer fórmula global para asignar valor a `chgx`

`chgx = abs (x-prv_x)`

4. Poner la variable `chgx` en el archivo NC en un

procedimiento o subrutina :

`prpos # subrutina de reposicionamiento`

`(N124G00Z0.1)`

`n, "G00", *z,e`

`(N126G12W1.2)`

`n, "G012",chgx,e`

`(N128G01Z-0.5)`

`n, "G01", *z, fr`

La longitud máxima para una variable definida de esta forma es de 15 caracteres.

3.3 FORMATEO DE VARIABLES.

El formateo de una variable se lleva a cabo en dos pasos.



Primero, el usuario debe definir un nuevo formato o seleccionar uno numérico ya existente. Esto se lleva a cabo usando un establecimiento de formato (fs).

En segundo lugar, el establecimiento de formato definido o seleccionado debe asignársele a la variable. Una asignación de formato lleva a cabo esta tarea, además permite al usuario agregar un prefijo hasta de 15 caracteres al principio de la variable.

Por ejemplo, para asignarle un formato "X011.3400" a la variable predefinida "x", se tiene:

1. Definir un formato numérico: fs 1 2.4lt

fs	comando para establecimiento de formato.
1	número de formato (usado para llamar al formato)
2.4lt	formato:
2	dos lugares antes del punto decimal.
.	incluye el punto decimal.
4	4 lugares después del punto decimal.
1	dejar los ceros iniciales. (no quitar, si X00.12).
1	dejar los ceros finales.(no quitar, si X12.1000).

2. Asignación el formato numérico a la variable. fnt X 1 x

fnt	comando para asignación de formato.
X	prefijo que se añade antes del valor("X" también aceptado).
1	número del formato numérico.
x	variable a ser formateada.

3.3.1 ESTABLECIMIENTO DE FORMATOS FS

El establecimiento de formatos se usa para definir formatos numéricos.

fs-1-+3.4ltnd

fs	*	comando para el establecimiento de formato.
-	*	espacio(s) usado(s) para separar fs del número de formato.
1	*	número del formato.
-	*	espacio(s) utilizado(s) para separar el número de formato de su definición.



+	•	signo más si es positivo(si hay espacio implica signo no positivo).
3	•	número de espacios antes del punto decimal.
.		separador, puede ser punto decimal o coma.
4	•	número de lugares después del punto decimal.
2		dígito fraccional, 2 ó 5 (2= .02, .04, .06 / 5= .05, .10, .15 / si no aparece=.01,.02...).
l		dejar los ceros al inicio.
t		dejar los ceros terminales.
n		valor no modda(Debe especificarse aún cuando éste no cambie).
i		valor incremental.
d		valor del incremento.

3.3.2 FORMATO DE ASIGNACION.

El formato de asignación define el formato de una variable NC asignando un formato numérico y un prefijo.

fnt-"X"-l-x

fnt	•	comando para asignación de formato.
_	•	espacios usados para separar "fnt" del prefijo.
"		marca de acotación opcional
X		prefijo (hasta cinco caracteres).
"		marca de acotación opcional.
_	•	espacios utilizados para separar el prefijo del número de establecimiento de formato.
l	•	número del establecimiento del formato.
_	•	espacios utilizados para separar el establecimiento de formato de la variable.
x	•	variable predefinida u otorgada por el usuario.



EJEMPLOS DE FORMATEO DE VARIABLES.

VALOR	FS	FMT	RESULTADOS	COMENTARIOS
x=2.7491	G 1 2.3	fml X 1 x	X2.749	
t=1	G 2 3 01	fml T 2 t	T001	formato entero.
x = 3.23	G 3 +3,2f	fml "X" 3 x	X_+003,23	
G = 10	G 4 3.1f	fml F 4 G	F10.0	
s = 5.1	G 5 22f	fml S 5 s	S510	valor de escala * 100
n = 10	G 6 30in	fml N 6 n	N010	
x = 3.23	G 1 2.3	fml "X" 1 x	_X3.23	se agrega un espacio

3.4 LISTA DE INICIALIZACION

Todas las variables se inicializan con valor cero (excepto la fecha, hora, pi, deg2rad, rad2deg, yes).

Sin embargo el usuario puede hacer una lista de inicialización particular. Las variables pueden reinicializarse estableciendo "variable: value". Al reinicializar una variable, ésta toma el valor asignado al al inicio del proceso (antes de leer el archivo NCI). Las variables pueden reinicializarse en el valor de otra variable (nn: n).

Ejemplos:

```
maxseq      :9999
omitseq     :no
frapid      :300
breakares   :no
usecandrill :yes
usecanpeck  :yes
```

- La lista de inicialización debe colocarse antes de la definición de procedimientos o subrutinas en el archivo PST.

- Los establecimientos de inicialización no son válidos en subrutinas y procedimientos.

- Las definiciones alfabéticas pueden incluirse en la lista de inicialización.



3.4.1 RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES (FÓRMULAS).

Una variable puede relacionarse con otra variable o con una fórmula estableciendo una relación en la lista de inicialización. (ejemplo: $abc = def$ o $abc = def + 1$). Cada vez que el argumento de la parte izquierda (ejem: abc) de una variable se define por un procedimiento o subrutina, su valor se actualiza o iguala al valor del argumento de la parte derecha. (en el ejem: def o $def + 1$)

$abc = def$

ppmm # línea miscelánea

$def = 1$ $abc = 0, def = 1$ (abc no es igual a def hasta que abc se escribe).

n, abc $abc = 1, def = 1$ (una vez escrita, abc es igual a def).

3.4.2 FUNCIONES MATEMATICAS.

Se pueden introducir las funciones conocidas de seno, coseno, tangente y sus inversas, raíz cuadrada, elevación al cuadrado y además las siguientes:

round(X) redondea un número real al número más cercano definido.

int(X) Quita la parte real de un número y lo acerca al número definido.

frac(X) regresa la parte decimal a un número definido.

fsg2(X) regresa a 0 o 1 si el argumento es cero o no cero respectivamente.

fsg3(X) regresa 0, 1, 2 si el argumento es negativo, cero, positivo.

flook (n,v) busca en la tabla de funciones el valor más cercano.

frange (n,v) busca en la tabla de funciones el valor máximo del intervalo que sea igual o menor .

3.5 AYUDAS PARA CORRECCION

Las variables " bug1", "bug2", "bug3", "bug4" y "whatno", ayudan al usuario a corregir el postprocesador desplegando datos en la pantalla.



BUG1 Asignándole a esta variable el valor uno, despliega el código NC en la pantalla, asignándole el número dos, despliega el código NC y los caracteres guía. Si se le asigna el valor de cero no despliega nada.

bug1 = 1

N150 G01 X1.3865 Y0.2302

BUG2 Estableciendo el valor de esta variable entre 40 y ochenta despliega en pantalla el nombre del procedimiento o subrutina usada para formatear cada línea del código NC . Si se quiere omitir esta información, se le da el valor de cero.

bug1 = 1

bug2 = 60 (columna 60)

N150 G01 X1.3865 Y0.2302 plin

BUG3 Estableciendo su valor en uno añadirá el valor de la variable "whatline" al final de cada línea del código NC desplegado en la pantalla. (0 = no, 1 = yes).

bug1 = 1

bug2 = 60 (columna 60)

bug3 = 1

N150 G01 X1.3865 Y0.2302 plin 4

BUG4 Dándole el valor de uno a esta variable despliega el número de la línea del archivo NCI correspondiente al final de cada línea del código NC desplegado en pantalla (0=no. 0=yes).

bug1 = 1

bug2 = 60 (columna 60)

bug3 = 1

bug4 = 1

N150 G01 X1.3865 Y0.2302 plin 4 11

3.6 DEFINICION DE PREGUNTAS.

Las preguntas se definen usando la función "FQ". Estas preguntas se pueden incluir en cualquier postline insertando una "q", seguida por el número de definición de la pregunta (ejem: "q2" para la pregunta número 2).

FQ_#_VAR_PROMT

FQ	-	La palabra "FQ".
-	-	espacio



#	-	Número de la pregunta (1 - 32000)
..	-	Espacio.
VAR	-	Se asigna una entrada a esta variable (no caracteres).
_	-	Espacio.
PROMT	-	Texto desplegado en la pantalla para indicar al usuario (longitud máx 30).

Ejemplo:

FQ lseqno Introduzca el número de inicio de secuencia.

psof # Número de inicio del archivo para herramienta no-cero

q1 # pide al usuario el primer número para la secuencia.

3.7 TABLAS PARA BUSQUEDA

La función "fltbl" define una tabla para las funciones "flook" y "frange". Estas funciones permiten seleccionar un número de entre una lista de enteros. Aunque estas tablas de búsqueda se forman sólo con enteros, el valor de retorno proporcionado por las tablas son números reales.. Estas tablas de búsqueda se pueden utilizar también para limitar el rango de los reales.

3.7.1 DEFINICIÓN DE LA TABLA

fltbl	number	items
	code 1	match 1
	code 2	match 2
fltbl	comando que especifica la tabla de búsqueda.	
number	número de la tabla de 1 a 32000.	
item	número de elementos en la tabla.	
code 1	primer código de la tabla.	
code 2	segundo código en la tabla.	
match 1	primera equivalencia en la tabla.	
match 2	segunda equivalencia en la tabla.	



3.7.2 FUNCIONES DE LA TABLA

Estas funciones permiten al usuario el acceso a las tablas de búsqueda.

target = command (number , value)

target	variable a la que se le asigna el código de regreso
command	comando flook o frange
number	número de la tabla de 1 a 32000.
value	variable o valor numérico que se va a comparar con los elementos del al tabla.

FLOOK

Busca el equivalente (match) más cercano (columna 2) al valor (value) y regresa un código (columna 1).

Ejemplo:

flook	1	12	tabla número uno con 12 componentes.
	58	64	variable sscode = 58, si ss es menor de 64, igual a 64 o más cercano a 64 que a 90.
	59	90	variable sscode = 59, si ss es más cercano a 90 que a 64 o 112.
	63	112	variable sscode = 63, si ss es más cercano a 112 que a 90 o 180.
	64	180	variable sscode = 64 , si ss es más cercano a 180 que a 112 o 224.
	65	224	variable sscode = 65 , si ss es más cercano a 224 que a 180 o 356.
	66	356	variable sscode = 66 , si ss es más cercano a 356 que a 224 o 450.
	67	450	variable sscode = 67 , si ss es más cercano a 450 que a 356 o 710..
	73	710	variable sscode = 73 , si ss es más cercano a 710 que a 450 o 900.
	74	900	variable sscode = 74 , si ss es más cercano a 900 que a 710 o 1400.
	75	1400	variable sscode = 75 , si ss es más cercano a 1400 que a 900 o 1800.
	76	1800	variable sscode = 76 , si ss es más cercano a 1800 que a 1400 o 2800.
	77	2800	variable sscode = 77 , si ss es mayor a 2800.

sscode = flook (1,ss).

si ss = 24 entonces sscode = 58.

si ss = 425 entonces sscode = 67

si ss = 700 entonces sscode = 73.



si `ss = 1150` entonces `sscode = 74`.

si `ss = 5000` entonces `sscode = 77`.

Prevalece el límite inferior.

FRANGE

Busca el equivalente (match) mayor (columna 2) que sea menor o igual al valor (value) y regresa un código (columna 1).

Ejemplo:

<code>flktbl</code>	1	12	tabla número uno con 12 componentes.
	58	64	variable <code>sscode = 58</code> , si <code>ss</code> es menor de 90.
	59	90	variable <code>sscode = 59</code> , si <code>ss</code> es menor que 112 y mayor o igual a 90.
	63	112	variable <code>sscode = 63</code> , si <code>ss</code> es menor que 180 y mayor o igual a 112.
	64	180	variable <code>sscode = 64</code> , si <code>ss</code> es menor que 224 y mayor o igual a 180.
	65	224	variable <code>sscode = 65</code> , si <code>ss</code> es menor que 356 y mayor o igual a 224.
	66	356	variable <code>sscode = 66</code> , si <code>ss</code> es menor que 450 y mayor o igual a 356.
	67	450	variable <code>sscode = 67</code> , si <code>ss</code> es menor que 710 y mayor o igual a 450.
	73	710	variable <code>sscode = 73</code> , si <code>ss</code> es menor que 900 y mayor o igual a 710.
	74	900	variable <code>sscode = 74</code> , si <code>ss</code> es menor que 1400 y mayor o igual a 900.
	75	1400	variable <code>sscode = 75</code> , si <code>ss</code> es menor que 1800 y mayor o igual a 1400.
	76	1800	variable <code>sscode = 76</code> , si <code>ss</code> es menor que 2800 y mayor o igual a 1800.
	77	2800	variable <code>sscode = 77</code> , si <code>ss</code> es mayor o igual a 2800

`sscode = frange(1,ss).`

si `ss = 24` entonces `sscode = 58`.

si `ss = 425` entonces `sscode = 66`

si `ss = 700` entonces `sscode = 67`.

si `ss = 1150` entonces `sscode = 74`.

si `ss = 5000` entonces `sscode = 77`.



3.8 LISTA DE CADENAS (STRING).

Estas listas se utilizan para seleccionar cadenas (arreglos alfanuméricos) en base a valores numéricos. Una lista consta de dos o más definiciones de cadenas, una variable objeto y un formato para selección.

sm09	M09	elemento de la lista (0).
sm08	M08	elemento de la lista (1).
scool		variable objeto.
fstrsel	sm09 coolant scool	formato para selección del string.

3.8.1 DEFINICIONES DE CADENAS.

La definición de una cadena consta de dos partes, una etiqueta de inicio de la cadena con la letra "s" (sm09) y un grupo de caracteres separados de la etiqueta por un espacio (M09). Las definiciones de cadena se usan más frecuentemente como parte de una lista, pero pueden usarse en forma independiente, especificando su etiqueta, en un procedimiento o en una subrutina. Siempre que se encuentra una etiqueta de cadena en un postline de un procedimiento o una subrutina se emite una cadena de salida al archivo NC.

Por ejemplo, si se procesa el postline "n,sm09", su código NC correspondiente deberá de ser "N100M09". Sin embargo hay que notar que cuando la cadena se usa de esta forma , es no modal.

3.8.2 LA VARIABLE OBJETO.

La segunda parte de una lista de cadenas es la variable objeto. Esta es la última variable que aparece en la lista de cadenas y no tiene valor asignado (scool). Cada vez que se encuentra la variable objeto en un procedimiento o subrutina se accesa a la tabla de cadenas. La variable objeto es asociada con una cadena basada en el valor actual de la variable del selector. Por ejemplo, si la variable del selector "coolant" se hace igual a uno, entonces la variable objeto "scool" se hace igual a la cadena asociada al elemento número uno o M08. Si "coolant" se hace cero, entonces "scool" se hace igual a M09.

3.8.3 DECLARACION DE LA CADENA

La declaración de la cadena, fstrsel, relaciona la variable objeto con la lista de cadenas. Se tienen tres partes en la declaración: "label_selector_target". "Label" es el nombre de la primera cadena en la lista. "Target" se refiere a la variable objeto. "Selector" indica a qué número de elemento se le asignará la variable objeto. Por ejemplo, examinemos la lista de cadenas siguiente:

sg00	G00	Elemento de la lista(0).
sg01	G01	Elemento de la lista (1).
sg02	G02	Elemento de la lista.(2).
sg03	G03	Elemento de la lista(3).



```

sgcode                               Variable objeto.

fstrsel      sg00 gcode sgcode      Etiqueta, selector, objeto

plin        # Movimiento lineal de una línea, a determinada velocidad.

            n, sgcode, x, y, z, fr

```

El postprocesador lee la variable global "gcode" desde el archivo NCI. Supongamos que su valor es uno. Un valor de uno en gcode le indica al postprocesador que edite el procedimiento "plin". Cuando la variable "sgcode" se encuentra en el procedimiento, éste accesa la lista de cadenas asignada a él (fstrsel sg00 gcode sgcode). El postprocesador usa la variable del selector (sgcode) para asignar el elemento uno (G01) a la variable objeto (sgcode). N100 G01X1.Y1.F1.2

3.9 POSTLINES (SUBROUTINAS Y PROCEDIMIENTOS).

La definición de una subrutina o un procedimiento consiste de uno o más "postlines". Un postline representa una línea o parte de una línea de un código NC. Los procedimientos se predefinen por el postprocesador y se accesan directamente. Las subrutinas se invocan por los postlines dentro de un procedimiento o dentro de otra subrutina.

Los postlines se forman con una colección de argumentos separados por comas. Si un postline es demasiado largo para colocarse en una sola línea, éste se debe continuar en la siguiente línea terminando la primera línea con una coma. Los argumentos de un postline pueden ser de diferentes tipos; declaraciones booleanas, fórmulas, cadenas, cadenas forzadas, cadenas literales, nombres de procedimientos y subrutinas, funciones, variables, variables forzadas, fórmulas forzadas y caracteres especiales.

3.9.1 ARGUMENTOS DE LOS POSTLINES.

Definición Booleana	if VAR1 OP VAR2,	
Fórmula	fr2 = fr - 1000	
String	sgcode	empieza con la letra s
String literal	"M08"	entrecomillado
String forzado	*sgcode	con un asterisco antepuesto.
Procedimiento o subrutina	pcool	empieza con la letra p.
Función	fleader	empieza con la letra f.
Variable	ss	puede empezar con cualquier letra.
Variable forzada	*ss	con un asterisco antepuesto.
Fórmula forzada	!height	resuelve para una variable.
Variable relacionada	x2	variable relacionada a una fórmula.
Caracter especial	10	equivalente decimal o código de caracter.



3.9.1.1 PROPOSICIONES BOOLEANAS.

Si aparece una proposición booleana en un postline, ésta debe de ser el primer elemento en el postline. Sólo una proposición de este tipo puede aparecer en un postline. Sin embargo, puesto que un postline puede llamar a otro, el usuario puede plantear varias condiciones booleanas(y, o , ..) anidando varias proposiciones booleanas. Por ejemplo, para plantear "si (d >1) y (d <30)" , se puede hacer uso de una subrutina adicional para plantear la segunda condición, pt1: "si d > 1, pt2" y pt2: "si d < 30, pdoit ".

IF :

La declaración después de la coma se ejecuta, si el resultado de la expresión booleana es verdadera.

WHILE:

La declaración después de la coma se repite continuamente hasta que la expresión booleana sea falsa.

CMD_VAR1_OP_VAR2,

CMD	-	La palabra "if" o "while".
	-	Espacio.
VAR1	-	Primera variable que será comparada con la segunda variable.
	-	Espacio.
OP	-	Operador booleano que puede ser "<",">","=" etc.
	-	Espacio.
VAR2	-	Segunda variable que se va a comparar con la primera.
	-	Espacio.
,	-	Coma.

Un condicionante booleano puede ser seguido de una fórmula u otro argumento , pero no por ambos.

3.9.1.2 ASIGNACIONES O FORMULAS.

Las asignaciones o fórmulas se ejecutan al tiempo que se van encontrando en un procedimiento o subrutina. El formato de presentación es " variable = valor ". El argumento del lado derecho de la igualdad debe ser un valor numérico o una fórmula. Por ejemplo: "prt = 3" , " prt = x+y".

Cuando se utiliza una asignación en un postline debe estar solo o después de un condicionamiento booleano. No debe existir ningún otro argumento conjuntamente con una fórmula o signación.



3.9.1.3 STRING Y STRING LITERAL.

Una etiqueta de string como sg00 en la definición del string "sg00 G00 ", puede usarse como argumento de un postline. Sin embargo, usualmente sólo aparecen como argumentos de postline las etiquetas de strings objeto. El string objeto en turno está referenciado a una función de string seleccionada. Otros strings pueden expresarse como strings literales, al ponerlos entre comillas. Los strings literales siempre son no modales.

3.9.1.4 STRINGS FORZADOS.

Un string seleccionado tiene la modalidad de la variable usada para seleccionarlo. Por ejemplo, si el string "sgcode", es el string objeto de una función de string, la variable del string seleccionado es "gcode" y "gcode" tiene un formato modal, entonces el string objeto, también es modal. Algunas veces, el string objeto debe ser nomodal. En esos casos, la variable objeto "sgcode" se fuerza (hacerla no modal) anteponiéndole un asterisco (*sgcode).

3.9.1.5 PROCEDIMIENTO / SUBROUTINA.

Una etiqueta de procedimiento o subrutina puede ser el argumento para otro procedimiento o subrutina. Normalmente, sólo las subrutinas se usan como argumentos de los postlines, pero también pueden serlo los procedimientos. El número de ellos en forma anidada es ilimitado. Sólo hay que cuidar cerrar adecuadamente los ciclos.

3.9.1.6 FUNCION (FLEADER).

La función de postline "fleader" indicará la forma de salida. Las variables "idrcode" y "ncldr" definen el carácter guía para la salida y el número de caracteres para la salida. Si estas variables se asignan globalmente desde la lista de inicialización

3.9.1.7 VARIABLE, VARIABLE FORZADA Y FORMULA FORZADA.

Un nombre de una variable, usado como argumento de un postline, resultará como salida de una variable. Si la variable es modal y no ha tenido cambios desde que apareció por última vez, ésta no aparecerá. La variable podrá ser forzada a salir (hecha no modal) precediéndola de un asterisco. Siempre que una variable se asocia con una fórmula por medio de una variable de enlace en la lista de inicialización, la fórmula se procesa antes de que aparezca la variable. El usuario puede forzar al postprocesador a trabajar la variable de enlace (fórmula global) sin sacar la variable si se antepone a la variable el signo "!". Esta acción es usual al manejar variables que posteriormente se usarán como premisas booleanas o funciones seleccionadas.

3.9.1.8 VARIABLES ASOCIADAS.

Cada vez que una variable es localizada en un procedimiento o una subrutina o si la variable se asocia a una fórmula en la lista inicial, el valor de esa variable se calcula en base a la fórmula a la que se asocia. Por ejemplo, supongamos la variable "x" igual a 1.0 y "y" es igual a 9, y si se tiene la fórmula "abs(x-y)" ha sido asociada a la variable "x2" como "x2 =abs(x-y)".



plin #movimiento lineal a determinada velocidad

n,scomp,sgcode,x2,y,z,fr

N100 G01 X1. Y9.

El postprocesador encuentra la variable "x2" en el procedimiento "plin" y la asignación de la fórmula "x2 = abs(x-y)" para el cálculo de x2.

3.10 SUBRUTINAS

Una subrutina se forma con un grupo de postlines definidos por el usuario. Toda subrutina se designa con una etiqueta que empieza con la letra "p" y no debe exceder de 15 caracteres en tamaño. La subrutina se llama insertando su etiqueta en un postline o procedimiento o en otra subrutina. La función principal de una subrutina es insertar un grupo de códigos NC definidos por el usuario en otro postline.

Los postlines de subrutinas no terminan automáticamente con un CR o LF; si se desea CR o LF, pueden expresarse en el postline de una subrutina con la variable "c".

Una subrutina puede llamar a otras subrutinas pero la subrutina a la que se llame debe listarse arriba de la que la llama en el archivo del usuario.

Ejemplo 1:

3.10.1 DEFINICIÓN DE LA SUBRUTINA.

pcan # Subrutina de texto enlatado (cantext = 0,1,2,3)

if cantext = 1, "M11" Si la variable "cantext" es 1 emita un "M11" al programa NC.

if cantext = 2, "M12" Si la variable "cantext" es 2 emita un "M12" al programa NC.

if cantext = 3, "M13" Si la variable "cantext" es 3 emita un "M13" al programa NC.

Si la variable "cantext" es 0 no habrá valor de salida para pcan.

3.10.2 DEFINICIÓN DE PROCEDIMIENTO. (PARA LLAMAR A UNA SUBRUTINA).

plin # Movimiento lineal a velocidad dada.

n,scomp,sgcode, x, y, z, fr, pcan Llama a la subrutina pcan como última operación.

N100 G41 G01 X1.2 Y-0.159 Z.1 M11

ESTE TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA



3.11 PROCEDIMIENTOS

Los procedimientos son secuencias de operaciones predefinidas, proporcionadas por el postprocesador, para dar formato a las áreas más comunes de un programa NC, tales como el inicio de un archivo, cambio de herramientas y ciclos enlatados.

3.11.1 ENCABEZADO DE ARCHIVO (PHEADER).

El contenido del procedimiento "pheader" se escribe al principio del programa NC, inmediatamente después de "pheader". El postprocesador elaborará la salida "psof0" si el número de herramienta es 0, si es diferente, emitirá "psof".

```
psof # Inicio de archivo para número de herramienta diferente de 0

progn                                01234
n,"G00G40G80G90"                    N100G00G40G80G90
n,"M06",L                             N102M06T2
n,sscode,spdlon                      N104S200M03
```

3.11.2 CAMBIO DE HERRAMIENTA (PTLCHG0, PTLCHG).

El contenido de este procedimiento se escribe entre dos cualesquiera operaciones. El postprocesador emitirá "ptlchg" si el número de la herramienta ha cambiado, de otra forma emitirá "ptlchg0".

```
ptlchg #cambio de herramienta

n,"G28H00M05"                        N214G28H00M05
n,"M06",L                             N216M06T5
n,sscode,spdlon                      N218S100M03
```

3.11.3 FIN DE ARCHIVO (PEOF0, PEOF).

El contenido de este procedimiento se escribe hasta el final del programa NC después del último movimiento lineal o circular ("pcancelc" se emite antes de este procedimiento). Este procedimiento sacará un "peof0" si el número de herramienta es igual a cero, de otra forma escribirá "peof".

```
peof # Final de archivo para número de herramienta diferente de cero

n,"G28M05"                            N440G28M05
n,"M30"                                N442M30
```

3.11.4 MOVIMIENTO LINEAL CON DESPLAZAMIENTO RAPIDO (PRAPID).

Este procedimiento establece el formato usado para producir un movimiento rápido en XY o XYZ.

Se lleva a cabo después de plin1 y plin2.



3.11.5 MOVIMIENTO LINEAL SOBRE EL EJE Z CON DESPLAZAMIENTO RAPIDO (PZRAPID).

Este procedimiento establece el formato usado para producir un movimiento rápido a lo largo del eje Z. Este formato prevalece sobre los procedimientos `plin` y `plin2` cuando el movimiento lineal es el primero o segundo movimiento lineal después del del archivo o cambio de herramienta.

3.11.6 MOVIMIENTO LINEAL A VELOCIDAD DADA (PLIN).

Este procedimiento establece el formato para producir un movimiento lineal en XY o XYZ a una velocidad determinada (después de `plin1` y `plin2`).

Este procedimiento se activa siempre que "whatline" es mayor que dos o cuando "whatno" es igual a uno.

3.11.7 PRIMERO Y SEGUNDO MOVIMIENTO LINEAL DESPUES DEL INICIO DEL ARCHIVO .

Estos procedimientos (`plin1` y `plin2`) se utilizan para establecer el formato del primero y segundo movimiento después del inicio del archivo (`psof0` o `psof`) o del cambio de herramienta (`ptlch0` o `ptlch`), si éstos son movimientos lineales en XY o XYZ (`feed` o `rapid`).

Estos procedimientos se activan cuando "whatline" se hace igual a uno (`plin1`) o dos (`plin2`) y "whatno" es igual a cero.

3.11.8 MOVIMIENTO LINEAL EN Z A VELOCIDAD DADA (PZ).

Este procedimiento establece el formato para producir un movimiento al lo largo del eje Z solamente. Este formato prevalecerá sobre las cuestiones `plin1` y `plin2` cuando el movimiento lineal es el primero o segundo movimiento después del inicio del archivo o del cambio de herramienta.

Este procedimiento se activa cuando "whatline" es mayor que dos o "whatno" es igual a uno.

3.11.9 PRIMER MOVIMIENTO LINEAL EN EL EJE Z SOLAMENTE (PZ1).

Este procedimiento reemplaza a los procedimientos `plin1` y `plin2` cuando el primer o segundo movimiento lineal después del inicio del archivo o cambio de herramienta tiene lugar sólo a lo largo del eje Z.

Este procedimiento se activa siempre que "whatline" se iguala a uno y "whatno" se iguala a cero.

3.11.10 INTERPOLACION CIRCULAR (PCIR).

Este procedimiento establece el formato usado para producir movimientos en forma de arco en el sentido manecillas o contrario (después de `pcir1` y `pcir2`).

Este procedimiento se activa siempre que "whatline" es mayor que dos o "whatno" es igual a uno.

3.11.11 PRIMERA Y SEGUNDA LINEA (PCIR1 Y PCIR2) DESPUES DEL INICIO DEL ARCHIVO.



Estos procedimientos se usan para establecer el primero y segundo movimientos después del inicio del archivo (psof0 0 ps0f) o del cambio de herramienta (ptlchg0 o ptlchg), si éstos son movimientos circulares. Estos procedimientos se activan cuando "whatline" es igual a uno (pcir1) o a dos (pcir2) y "whatno" es igual a cero.

3.11.12 CICLOS DE BARRENADO ENLATADOS (PDRILL, PPECK, PCHPBRK, PTAP, PBORE1, ETC)

Estos procedimientos se usan para definir el código apropiado para inicializar un ciclo enlatado de barrenado. Estableciendo las variables "usecandrill", "usecanpeck", etc en uno o "yes", se activan estos ciclos enlatados. De no ser así, el ciclo se escribirá de manera larga a base de movimientos lineales simples.

pchpbrk # Ciclo enlatado de pequeño intervalo

n, sg00, *x, *y	N100G00X1.Y1
n, *lgh, *inlht	N110G43H01Z1
n, sdrill, *x, *y, *z, *refht, *peckincr1, *dwell, *frplung	N120G73G99X4.298Y1.8Z-1.R.1Q.05P5F3 0

3.11.13 CICLOS ENLATADOS MISCELANEOS.

Estos procedimientos se utilizan para definir los ciclos enlatados misceláneos uno y dos. Especificando las variables "usecanmisc1" y "usecanmisc2" en el valor uno o "yes" se activan esos ciclos.

DEFINICION DE CICLOS ENLATADOS PROPIOS.

FORMATO DE TEXTO DEL ARCHIVO	VARIABLES CORRESPONDIENTES	PARAMETROS
2380 Cycle = Bolt hole	dirllcyc (drill: 0.5, misc: 6.7)	Cicle = Bolt Hole
2381 Feedrate	frplunge (establece los parámetros NC)	Dwell = 0.000
2382 Dwell	dwell	Rapid Depth = 0.1000
2383 Rapid depth	inlht	G code = 1.000
2384 G code	refht	Depth = Absolute
2385 Depth	depth (coordenada Z del primer punto)	Depth = -0.5000
2386 Radius	peck1	Radius = 2.0000
2387 Peck increment	peck2	Peck increment = 0.1000
2388 Starting angle	peckcir	Starting angle = 45.0000
2389 Number of holes	retr	Number of holes = 8.0000

x,y (coordenadas X,Y del primer pto.)



ARREGLOS PARTICULARES DE ARCHIVOS EN EL POSTPROCESADOR.

Variables Definidas por el Usuario	Fórmulas	Formatos	Asignaciones	Resultados
bean	bean = peckcir	fs 5 1.3	fint A 5 beang	A45.
berad	berad = peck1	fs 5 1.3	fint R 5 berad	R1.25
bpeck	bpeck = peck2	fs 5 1.3	fint K 5 bepeck	K.1
bgecode	bgecode = reftt	fs 6 1	fint G 6 begecode	G1
bccir	bccir = initht	fs 5 1.3	fint W 5 bccir	W.1
bcholes	bcholes = retr	fs 7 1.2t	fint H 7 bcholes	H8.05
pmisc	# Ciclo de agujeros para pernos(misc. # 1)			
	n, "(0)", *x, *y, *initht			
	n, "(5)", *x, *y, *z, beang, berad, *firplunge, bgecode, bccir, bpeck, bcholes			

NC OUTPUT

N 102(5)X1.Y1.Z-.5A45.R2.F5.G1W.1K.1H8.O5

3.11.14 BARRENADO CON UN CICLO COMUN (PDRILL_2. PPECK_2, PCHKBRK_2, ETC.).

Estos procedimientos se usan para dar formato a puntos adicionales cuando se utilizan ciclos enlatados.

```
pchbrk      # Ciclo enlatado con pequeño intervalo
            n, sg00, *x, *y, initht          N100G00X1.Y1.Z1.
            n, sdrill, *x, *y, *z, *reftt, *peckiner1.... N120G73G99X4.298Y1.8Z-1.R1Q.05P5F5.0
                                                    N130X5.12Y2.125
```

```
pchbrk_2 # Ciclo enlatado de barrenado con movimiento entre agujeros
            N140X4.2891
            n, x, y                          N150X2.1Y2.1875
```

Para repetir el ciclo enlatado completo hay que llamar al procedimiento "Current drill cycle".

```
pchbrk      # Ciclo enlatado de barrenado, movimiento entre agujeros.
            N100G00X1.Y1.Z1.
            N120G73G99X4.298Y1.8Z-1.R1Q.05P5F5.0
            N130G00X5.12Y2.125Z.1
            N140G73G99X5.12Y2.125Z-1.R.1Q.05P5F5.0
```



3.11.15 CANCELACION DEL CICLO ENLATADO DE BARENADO (PCANCELDC).

Este procedimiento establece el formato usado para cancelar cualquier ciclo enlatado.

pcanceldc	# Cancelación de un ciclo enlatado	N120G73G99X4.298Y1.8Z-1.R.1Q05PF5.0
	n,"G80"	N130X5.12Y2.125
		N140G80

3.11.16 CANCELACION DE LA COMPENSACION DE LA HERRAMIENTA (PCANCELCC).

Este procedimiento se realiza después del último movimiento circular o lineal y antes del movimiento de retracción final.

3.11.17 FORMATO DE LA TABLA DE HERRAMIENTAS (PTOOLTBL).

Este procedimiento establece el formato de la lista de herramientas generado por el comando "bldnxtool" (build next tool table). La tabla o lista de herramientas puede generarse y no necesariamente escribirse en el programa NC definiendo el "tooltable" en uno o "no". La lista existirá en la memoria permitiendo el uso de las variables first_tool y next_tool.

APLICACION DEL ARCHIVO PST	SALIDA EN NC
bldnxtool: yes	TOOL T01 = 0.250 DIA
tooltable: yes	TOOL T02 = 0.375 DIS.
	TOOL T05 = 1.125 DIA.
ptooltbl	# Formato lineal de la tabla
	TOOL T02 = 0.375 DIA.
	"TOOL", t, "=", tldia, "DIA". TOOL T10 = 0.500 DIA.

3.11.18 ROTACION ALREDEDOR DE UN SOLO EJE DESDE EL PLANO DE LA HERRAMIENTA.

(prot).

Con este procedimiento se establece la forma para rotar alrededor de un solo eje (indexing) entre operaciones. La rotación se puede llevar a cabo alrededor de los ejes X, Y o Z. (axis: 0 = no hay rotación, 1 = X, 2 = Y, 3 = Z). La magnitud de la rotación se le asigna a la variable "c".



3.11.18.1 ROTACION ALREDEDOR DE UN SOLO EJE

Top, Front, Bottom, Back (rotación alrededor del eje X, axis=1 y c=90).

Top, R:Side, Bottom, L:Side (rotación alrededor del eje Y, axis=2 y c=90).

Top (0°), Top (15°), etc. (rotación alrededor del eje Z, axis=3 y c=15).

3.11.18.2 ROTACION ALREDEDOR DE VARIOS EJES

Rotación de la parte superior a la frontal (alrededor del eje X) y de la parte frontal a la lateral (alrededor de Z)

prot # Rotación alrededor de un solo eje

n, c

N150 A20

3.12 SISTEMA DE PREGUNTAS.

La sección de preguntas se lee al inicio del sistema cuando se cambia un postprocesador usando "NC utils - Post proc - Change" o cuando se edita el postprocesador usando el comando " File - Edit - PST".

Estas preguntas permiten al usuario hacer pequeños cambios a la configuración cargando un postprocesador diferente. Por ejemplo, el sistema carga los parámetros de comunicación (preguntas 80-89) en la memoria permitiendo al usuario transmitir y recibir programas. Si el usuario tiene dos tipos de controles, por ejemplo un Fanuc11m y un Dynapath System 20, entonces el sistema requerirá dos archivos PST diferentes, el "MPFAN11M" y el "MPDP20". Cada archivo PST contendrá diferentes arreglos de los parámetros de comunicación dependiendo de los requerimientos de cada control. El usuario debe cargar en la memoria los parámetros de comunicación apropiados para cada control (archivo PST) antes de intentar la comunicación con cualquier control.

3.12.1 AVANCE RAPIDO (# 38).

Esta pregunta establece el avance rápido usado para calcular el tiempo del ciclo en la función "backplotting" del sistema.

3.12.2 CAMBIO DE TOLERANCIA (# 70).

Aquí se especifica qué tan cerca se deben considerar los puntos extremos de la entidades para un cambio automático. El valor por "default" es 0.0002. Es necesario tener cuidado de no establecer este valor en una cantidad que no pueda manejar el controlador NC.



3.13.3 POSICION X,Y,Z DEL ORIGEN (HOME) POR DEFAULT (# 71, # 72, # 73).

Los valores por default para la posición del origen deben colocarse en la posición que con más frecuencia se utilice. Estos valores aparecerán en pantalla cada vez que se haga la verificación de parámetros.

3.12.4 LONGITUD MINIMA DE ARCO

Esta pregunta permite establecer la longitud mínima de un arco que se puede mandar al programa NC. Si la longitud del arco es menor que la especificada, el postprocesador emitirá un mandato para generar un movimiento lineal en vez de un arco.

3.12.5 COMANDOS PARA INICIO Y SALIDA (# 78, # 79)

Por medio de estas preguntas se establece el programa de aplicación "C-Hook" para que se ejecute al inicio y al final del sistema.

3.12.6 PARAMETROS DE COMUNICACION (# 81-89).

Estos parámetros se utilizan para transmisión y recepción. La pregunta 80 especifica el número asignado al puerto de comunicación si éste se especifica por medio de NCCONFIG. Por medio de las preguntas 81 a 84 se establece la velocidad de comunicación (en baud), la paridad, número de bits y los bits de paro respectivamente. En las preguntas 85 (alimentadores de línea delgados?) y 89 () se determina si cada línea. La pregunta 86 "detención al final de una línea" se pone en cero en casi todos los controles. La pregunta 87, "ASCII;EIA, or Binary", se establece en ASCII en la mayoría de los controles. Si se utiliza EIA, se debe contestar Y a la pregunta 85. En la pregunta 88 se establece si deben aparecer en la pantalla o no.

3.12.7 DRIVES Y SUBDIRECTORIOS PARA LOS PROGRAMAS NC (# 90)

Esta pregunta permite al usuario salvar los programas NC para cada postprocesador (PST files) Endiferentes subdirectorios. Por ejemplo, se pide contestar a esa pregunta así: C:\NC\PRGMS\ para colocar todos los programas procesados en ese directorio. Se debe asegurar que se coloque la diagonal invertida para indicar la ruta.

El directorio especificado debe ser creado manualmente por el usuario.

3.12.8 POSTPROCESADOR EJECUTABLE (# 91).

El postprocesador ejecutable determina cuál archivo de controlador (COM o EXE) se debe usar al procesar un archivo. En ocasiones un mismo archivo *.POST se usa para más de un controlador. Para utilizar el lenguaje propio de un post de una fresadora, esta pregunta debe contestarse con "MP".



3.12.9 NOMBRE DEL POSTPROCESADOR DE REVERSA.

El sistema ejecuta este postprocesador de reversa cuando utiliza el comando "NC Utils-Post proc - Reverse". El postprocesador de reversa por default es RPOST.

3.12.10 NUMERO DE LUGARES PARA ANALISIS (#97) / ARCHIVOS NCI (#98).

Esta pregunta establece el número de lugares después del punto decimal desplegados al analizar y que se escriben en un archivo NCI (Defaults: Analize = 4, archivos NCI=5).

3.12.11 TOLERANCIAS EN EL SISTEMA

Esta pregunta establece las tolerancias del sistema (default: 0.00005). Por medio de esta tolerancia se controla qué tan precisamente el sistema hará los cálculos. Si se tiene una tolerancia pequeña se aumenta la precisión del sistema mientras se disminuye su velocidad.

3.12.12 VELOCIDAD MAXIMA DEL HUSILLO (# 103).

Esta pregunta establece el límite de la velocidad del husillo cuando ésta se recalcula en "Define Tools" o en la lista de parámetros NC.

3.12.13 NUMEROS DE SECUENCIA (# 103).

La secuencia de los números y su incremento en la secuencia se establece con las preguntas 104 y 105. El número de lugares para la secuencia es tres, pero puede cambiarse para coincidir con el tipo de control de que se trate sólo con modificar la definición de su formato asignado a la variable "n".

3.12.14 TIEMPO PROMEDIO PARA EL CAMBIO DE LA HERRAMIENTA (# 107).

En esta pregunta se establece el tiempo, en segundos, para que cualquier máquina realice el cambio de la herramienta.

3.12.15 LIBRERIA DE HERRAMIENTAS POR DEFAULT (#110).

En esta pregunta se toma el nombre de la librería de herramientas por default utilizado por el sistema.

3.12.16 NUMERO MAXIMO DE HERRAMIENTAS (# 111).

En esta pregunta se especifica el número máximo de herramientas que una librería de herramientas es capaz de contener.

3.12.17 DESPLEGADO DE LA HERRAMIENTA (# 190 - 196).

Esta pregunta establece cuál será la herramienta de default y muestra la trayectoria de la herramienta.

3.12.18 REDEFINICION DE LA TRAYECTORIA DE LA HERRAMIENTA (# 197).

Esta pregunta establece el estado de default para la exhibición de la trayectoria de la herramienta por medio de un switch (yes: on, no: off). Cuando ese switch está en "on" el archivo NCI mostrará la



trayectoria de la herramienta en color. Esta función sólo estará disponible durante la creación de la trayectoria o hasta antes de seleccionar el fin del programa. Esta opción se puede activar o desactivar en cualquier momento, siempre que el sistema esté en modo gráfico.

3.12.19 NUMEROS REALES MISCELANEOS (# 201-210)/ ENTEROS (# 301- 310).

Estas preguntas establecen los valores de default de las variables misceláneas reales y enteras de uno a diez (mrl-mr10 y ml-mil0). Estos valores de default se pueden modificar introduciendo nuevos valores de la manera siguiente:

Misc. real [1] = 0.0000 Misc. integer [1] = 0

Los nuevos valores se envían al archivo NCI al inicio de cada operación. Cada valor será asignado a la variable correspondiente al ejecutar el postprocesador.

3.12.20 PARAMETROS DE DEFAULT PARA LA TRAYECTORIA DE LA HERRAMIENTA (#1001-1221).

Estas preguntas establecen los valores de default de los parámetros para cada función de la trayectoria. conjuntamente con los parámetros generales del archivo NC., que son comunes para todas las funciones de la trayectoria. Esta preguntas pueden sacarse del archivo NEWQ.PST si no se tienen disponibles.

EJEMPLO 1

PARAMETROS NC	NUMERO DE PREGUNTA
Compensación de la herramienta en el control = off	1005
Giro del cortador en las esquinas agudas	1014
Compensación de la herramienta en la computadora = left center	1002 y 1003
Librería de herramientas: TOOLS.TL Material: ALUM-S	Leer del MATERIAL.DOC.
Número de herramienta = 0 "offset" del diámetro = 0 "offset" de logitud	=0 Leer de la librería de herramientas.
Diámetro del cortador= 0.0000	Leer de la librería de herramientas.
Cantidad que hay que dejar en reserva=0	1004
Velocidad = 0.000, velocidad de avance=0, velocidad del husillo=0	Leer de la librería de herramientas.
Refrigerante = off	1015
Penetración rápida = 0	1012
Número de inicio de secuencia = 100 incremento = 2 Programa n= 0	104 y 105
No rotación de los ejes	1010 y 1011



Arreglo lineal: Nx, Ny=1 1 Dx, Dy = 0.0000 0.0000	1016 - 1019
Cortes en profundidad: burdo:1 cortar a 0.0000 acabado: 0 corta a 0.0000	1020 - 1023
Posición del origen = X0.000 Y0.0000 Z0.0000	71-73
Misc. real [1]=0.0000 Misc. integer [1] = 0	301-310 y 201- 210
Tool Plane: OFF Tool Offset: 0.0000 Acabado: 0 corta a 0.0000	1000 - 1009
Display: Tool (estático, puntos extremos, correr, retrasar = 0) Toolpath	190 - 196

EJEMPLO 2

PARAMETROS DE CONTOR EN 2D	NUMEROS DE PREGUNTAS
Dirección de línea entrada / salida = perpendicular	1028
Longitud de línea entrada / salida = 0.1000	1024
Radio de arco entrada / salida = 0.1000 Angulo = 90.000	1025 y 1026
Número de cortes burdos = 0	1040
Espaciamiento entre cortes burdos = 0	1041
Número de pasadas de acabado = 1	1042
Espaciamiento entre las pasadas de acabado = 0	1043

3.13 EJEMPLO DE UN POSTPROCESADOR .

Este postprocesador se elaboró para operar en un control Heidenhain.

3.13.1 PRIMERA PARTE:

ESTABLECIMIENTO DEL FORMATO DE VARIABLES.

Se tienen ocho formatos diferentes, por ejemplo el "fs 6 2 0ln"

fs 6 indica el establecimiento de formato número seis.

2 0 indica que tendrá dos lugares antes del punto decimal, cero lugares después del punto decimal, ln que dejará los ceros del principio y que es una variable no modal.



```

# -----
# FORMAT STATEMENTS - SECTION ONE (l=incr., n=nonmodal, l=leave ldg., t=leave trlg.)
# -----
fs 1 +1.3l
fs 2 +1.3ln
fs 3 4 0
fs 4 2 0n
fs 5 3.1t
fs 6 2 0ln
fs 7 3 0ln
fs 8 4 0n

```

3.13.2 SEGUNDA PARTE:

ASIGNACION DE FORMATOS.

Aqui se define el formato NC que tendrá cada variable. Por ejemplo "fmt X 1 i"

fmt es el comando para asignación de formatos.

X forma que tendrá la variable en el archivo NC.

1 tipo de establecimiento de formato (fs), en este caso será de formato tipo l definido en la parte uno.

i variable predefinida o asignada por el usuario, en este caso indica la coordenada "i".

VALOR	FS	FMT	RESULTADO
h=52	fs 6 2 0ln	fmt H 6 h	H52
fr= 12	fs 5 3.1t	fmt F 5 fr	F012.0
coolan=1	fs 4 2 0n	fmt C 4 coolant C4	



FORMAT ASSIGNMENTS - SECTION TWO

```

fmt X 1 i
fmt Y 1 j
fmt Z 1 k
fmt 7 n
fmt "CALL" 4 t
fmt " " 4 ll
fmt R 2 tidia
fmt R 2 strad
fmt L 2 lingo
fmt H 6 h
fmt F 5 f
fmt F 5 f2
fmt S plane
fmt M 3 cc
fmt S 3 ss
fmt 7 wcs
fmt 7 drillcyc
fmt M 4 srange
fmt M 4 sscode
fmt 4 gcode
fmt DEPTH 2 deplh
fmt "SET UP" 2 reht
fmt P 2 dwell
fmt Z 2 inhl
fmt Q 2 peckinert
fmt PECKG 2 peckinaz2
fmt C 4 coolant
fmt F 5 fplunge
fmt 8 ccomp
fmt 8 selcc
    
```

3.13.3 TERCERA PARTE:

LISTA DE INICIALIZACION

Todas las variables se inicializan en cero, por lo que si el usuario requiere empezar con otro valor debe hacer esta lista.

Ejemplo:

yes = 1

no = 0

En estas dos primeras se define que "yes" equivale a uno y "no" a cero, lo cual indica que al definir alguna variable de inicialización si ésta es prendido o apagado se puede responder a ella con 0,1, no y yes, según sea el caso.

fmax: 300

Se establece que la variable fmax tenga un valor desde el inicio de 300.

wcs = mil

En el caso de iniciar algún valor desde una variable debe utilizarse el signo "=".



```

# -----
# INITIALIZATION LIST - SECTION THREE (formulas - use ":" instead of "=" to initialize variables)
# -----
plane      : 0      # Initialize plane code to suppress first G17
spaces    : 1
yes       : 1
no        : 0
seqmax    : 999    # Max. sequence no.
omitseq   : no     # Omit sequence no.?
frrapid   : 300    # Rapid feedrate? 300.0
fmax      : 300    # Maximum feedrate? 300.0
ssmax     : 3000   # Maximum spindle speed? 3000
breakarcs : no     # Break arcs into quadrants? no
arctype   : 1      # Arc center 1=abs, 2=inc, 3=st-cen, 4=unsigned inc.
ncidr     : 20     # No. of leader characters
ldrcode   : 65     # Leader character dec. equiv.
sbidxtool : yes    # Build next tool table
tooltable : 2      # tool table
usecandrill : yes
usecanpeck : yes
usecanchip : yes
usecantap  : yes
usecanbore1 : yes
usecanbore2 : yes
usecanmisc1 : no
usecanmisc2 : no

```

3.13.4 PARTE CUATRO:

AYUDAS PARA DETECCION Y REMOCION DE ERRORES.

Por medio de estas ayudas el usuario detecta y corrige posibles errores en el post al desplegarse éste en la pantalla conjuntamente con los códigos NC , nombres de procedimiento etc.

```

bug1      : l muestra el post en pantalla
bug2      : 60 añade etiqueta del postline en cada línea en la colimna 60.
bug3      : l indica qué línea del procedimiento emite el código NC.
bug4      : l despliega qué línea del NCI le corresponde a cada línea NC desplegada.
whatno    : yes ignora las ramificaciones de whatline.

```



```

# -----
# DEBUGGING AIDS - SECTION FOUR
# -----
bug1      : 1      # 1 = Output post to screen - 2 = output leader to screen
bug2      : 60     # Add postline label to each line at column 'bug2'
bug3      : 1      # Add whatline to each line
bug4      : 1      # Add NCI line number to each line
whatno    : yes    # Ignore whatline branches to plin1 etc.?
    
```

3.13.5 PARTE CINCO:

DEFINICION DE PREGUNTAS.

Se pueden hacer preguntas con la función "fq" y se introduce la pregunta como texto.

Este texto aparece en pantalla en el momento de especificar valores de variables al configurar el postprocesador, por ejemplo ¿velocidad del husillo?

sq 1 seqno Pide introducir el número inicial para una secuencia.

```

# -----
# QUESTION DEFINITIONS - SECTION FIVE
# -----
fq 1 seqno Enter starting sequence number?
    
```

3.13.6 PARTE SEIS:

DEFINICION DE LAS TABLAS DE BUSQUEDA.

La función "fktbl" define una tabla de búsqueda para las funciones "flook" y "frange". Es una manera para seleccionar un número de una lista de enteros.

Ejemplo:

fktbl	1	12	tabla número 1 con 12 dígitos.
	58	63	la variable es igual a 58 si otra variable es menor que 90.
	59	90	la variable es igual a 59 si otra variable es menor que 112 pero mayor que 90
	63	112	la variable es igual a 63 si otra variable es menor que 180 pero mayor que 112.



```
#
# LOOKUP TABLE DEFINITIONS - SECTION SIX (for math functions FLOOK and FRANGE)
#
tbl# 3 12 # Lookup table number and number of entry pairs
58 83 # Code 1 (output) Match 1
69 90 # Code 2 Match 2
63 112 #
64 100 #
86 224 #
88 336 #
87 450 #
73 710 #
74 900 #
75 1400 #
76 1800 #
77 2800 #
```

3.13.7 PARTE SIETE:

LISTAS DE ARREGLOS DE CARACTERES (STRINGS).

Estos arreglos deben empezar con la letra S.

La lista de arreglos se utiliza para seleccionar un arreglo de caracteres basado en un valor numérico.

Una lista de este tipo consiste en dos o más definiciones de arreglos una variable objeto y un establecimiento seleccionado para el arreglo.

Ejemplo:

sg00 L Si se encuentra en un postline "sg00" se emitirá un L en el código NC.

sg40 "RO" Si se encuentra "sg40", se producirá "RO" en el código NC.

sg83 G83G99 Si se encuentra "sg83", se editará G83G99 en el código NC:

```
# STRING LISTS - SECTION SEVEN (string labels must start with "s")
#
sg00 L # Linear movement at rapid feedrate G code
sg01 L # Linear movement at feedrate G code
sg02 C # Circular interpolation CW G code
sg03 C # Circular interpolation CCW G code
sgcode # Target string for linear/circular motion G code
fstrsel sg00 gcode sgcode # Select motion G code string

sm09 M09 # Coolant off "M09"
sm08 M08 # Coolant on "M08"
smcool # Coolant code target string
fstrsel sm09 coolant smcool # Boolean handles modality

spdlsel = coolant * 3 + #sg3(ss) # Spindle on selector based on (coolant: 0=off, 1=on)
sm04 4 # Spindle reverse - no coolant "04"
sm05 5 # Spindle off - no coolant "05"
sm03 3 # Spindle forward - no coolant "03"
sm04c 4 # Spindle reverse - with coolant "04"
sm05c 5 # Spindle off - with coolant "05"
sm03c 3 # Spindle forward - with coolant "03"
spdlon # Target Spindle-on M-string
fstrsel sm04 spdlsel spdlon

scc0 "unch" # cutter compensation state not changed
sg40 "R0" # cancel cutter compensation
sg41 "RL" # cutter compensation left
sg42 "RR" # cutter compensation right
sg140 "R0" # last linear move - cancel cutter comp
sccomp
fstrsel scc0 s4loc sccomp
```



sg17	G17	# XY plane code
sg19	G19	# XZ plane code
sg18	G18	# YZ plane code
sgplane		# Workplane G code
fsrsel	sg17 plane sgplane	# Select work plane G code
sg53	G53	# Work coordinate system G code #1
sg54	G54	# Work coordinate system G code #2
sg55	G55	# Work coordinate system G code #3
sg56	G56	# Work coordinate system G code #4
sg57	G57	# Work coordinate system G code #5
sg58	G58	# Work coordinate system G code #6
sg59	G59	# Work coordinate system G code #7
sgwcs		# Work coordinate system G code
fsrsel	sg53 wcs sgwcs	
drilset = drilcyc*2 + fsq2(dwell)		# 16 possible combinations (drilcyc = 0..7, dwell = 0 or non-zero)
sg81	G81G99	# drill - no dwell
sg82	G82G99	# drill - with dwell
sg83	G83G99	# peck drill - no dwell
sg83d	G83G99	# peck drill - with dwell
sg73	G73G99	# chip break - no dwell
sg73d	G73G99	# chip break - with dwell
sg84	G84G99	# tap
sg84d	G84G99	# tap (must be here for selector to work)
sg85	G85G99	# bore #1 - no dwell
sg89	G89G99	# bore #1 - with dwell
sg86	G86G99	# bore #2 - no dwell
sg86d	G86G99	# bore #2 - with dwell
sgm1	GGG99	# misc #1 - no dwell
sgm1d	GGG99	# misc #1 - with dwell
sgm2	GGG99	# misc #2 - no dwell
sgm2d	GGG99	# misc #2 - with dwell
sgdral		# Target drill cycle G code
fsrsel	sg81 drilset sgdril	# Drill cycle G string select
sgaccel	G8	# Axis acceleration code
sgdecel	G9	# Axis deceleration code
sgacc		
fsrsel	sgaccel d.rchg sgacc	# Select accel/decel code with dir. chg. flag

3.13.8 PARTE OCHO:

SUBROUTINAS.

Una subrutina consiste de un grupo de postlines definidos por el usuario. Debe empezar con "p".

El objetivo de una subrutina es incertar un grupo de códigos NC en otros postlines.

Ejemplo:

pcan Subrutina de texto enlatado (cantext = 0,1,2,3).

if cantext = 1, "M01" Si la variable "cantext" = 1, emitir un M01 en el código NC.

if cantext = 2, "cantext2" Si la variable "cantext" = 2, emitir cantext2 en el código NC.

if cantext = 3, "cantext3" Si la variable "cantext" = 3, escribir cantext3 en el código NC.



```

#
# SUBROUTINES - SECTION EIGHT (labels starting with "p" End a line with ";" to continue on the next li
#
pcc      # Cutter comp
         if ccomp = 1, selcc = ccomp
         if ccomp = 2, selcc = ccomp
         if ccomp = 3, selcc = ccomp
         sccomp

ptr      # Feedrate
         if fr = 0, fr2 = fr
         if gcode = 0, fr2 = 3333 #Rapid feedrate
         *fr2

pfilncomp # Tool length compensation
         "G43", 'h

pcool    # Coolant on/off - in. off (coolant = 0)
         if coolant <-> prv_coolant, n, smcool

pcan     # Canned text - canext = 0, 1, 2, 3
         if canext = 1, "M01" #optional stop
         if canext = 2, "canext2"
         if canext = 3, "canext3"

psg00    # Output "G00" via string select function to maintain modality
         gcode = 0
         *sgcode

pcircw   # Circular interpolation clockwise
         n, "CC", i, j, k, e
         n, sgcode, x, y, z, "DR-", pcc, ptr, "M", spdlon

pcirc    # Circular interpolation counter clockwise
         n, "CC", i, j, k, e
         n, sgcode, x, y, z, "DR+", pcc, ptr, "M", spdlon

```

3.13.9 PARTE NUEVE:

PROCEDIMIENTOS.

Los procedimientos son rutinas predefinidas contenidas en el postprocesador que dan forma a las áreas más comunes del programa NC como son el archivo de inicio, cambios de herramienta y ciclos enlatados.

Ejemplo:

psof0 Inicio de archivo con número de herramienta cero

psof

psof Inicio de archivo para número de herramienta no-cero

q1

if ccomp 0, selecc = ccomp



n,"TOOL", t, "Z", *ss

q1 pide al usuario el primer número para iniciar secuencia.

pcir interpolación circular.

if gcode = 2, pcircw

si la variable gcode es igual a 2 hace la interpolación circular en sentido manecillas.

if gcode = 3, pcirc

si la variable gcode es igual a 3 hace la interpolación circular en sentido manecillas.

PROCEDURES - SECTION NINE (names are pre-assigned)

pheder	# File header time date "O BEGIN PGM", INCH"	
ps00	# Start of file for tool zero ps0f	
ps0f	# Start of file for non-zero tool number q1 f'comp 0, s'loc = comp n,"TOOL", t, "Z", *ss	
ptchg0	# N# tool change	
ptchg	# Tool change n,"TOOL", t, "Z", *ss	
pe00	# End of file for tool zero pe0f	
pe0f	# End of file for non-zero tool	
prapid	# Linear line movement - at rapid feedrate n, sgcode, x, y, z, pcc, pl, "M", s'plon	
pzrapid	# Linear movement in Z axis only - at rapid feedrate n, sgcode, z, "HD", pl, "M", s'plon	
pln	# Linear line movement - at feedrate n, sgcode, x, y, z, pcc, pl, "M", s'plon	
pz	# Linear movement in Z axis only - at feedrate n, sgcode, z, "RD", pl, "M", s'plon	
pcir	# Circular interpolation if gcode = 2, pcircw if gcode = 3, pcirc	
pdrl	# Canned Drill Cycle peckinc2 = 1.5 * depth #peck increment must be greater than the depth of the hole ppeck	
ppck	# Canned Peck Drill Cycle n, s'del, "1 0", "PECK1111" n, s'del, "1 1", reB n, s'del, "1 2", depth n, s'del, "1 3", peckinc2 n, s'del, "1 4", dwell n, s'del, "1 5", ff	
pcrpbk	# Canned Chip Break Cycle pdrill	
ptap	# Canned Tap Cycle pdrill	



3.13.10 PARTE DIEZ:

SISTEMA DE PREGUNTAS.

Estas preguntas permiten al usuario hacer algunos cambios a la configuración al cargar diferentes postprocesadores.

Ejemplo:

38. Rapid feedrate? 300.0

Avance rápido? 300

104 Default starting sequence number? 10

Número de inicio de secuencia por default? 10.

```

# -----
# SYSTEM QUESTIONS - SECTION TEN
# -----
38. Rapid feedrate? 300.0
70. Chaining tolerance? 0.0002
71. Default X home position? 0.0
72. Default Y home position? 0.0
73. Default Z home position? 0.0
74. Minimum arc length? 0.0002
78. Name of startup C-Block program?
79. Name of exit C-Block program?
80. Communications port number for receive and transmit (1 or 2)? 1
81. Baud rate (110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400)? 1200
82. Parity (E/O/N)? E
83. Data bits (7 or 8)? 7
84. Stop bits (1 or 2)? 2
85. Strip line feeds? N
86. Delay after end of line (seconds)? 0.0
87. Ascii, Etc, or Binary (A/E/B)? A
88. Echo keyboard to screen in terminal emulation? n
89. Strip carriage returns? N
90. Drive and subdirectory for NC programs and Material file?
91. Name of executable post processor? MP
92. Name of reverse post processor? RPOST
97. Number of places after decimal for analyze (2-6)? 5
98. Number of places after decimal for NCI files (3-7)? 7
99. System tolerance? 0.00005
103. Maximum spindle speed? 5000
104. Default starting sequence number? 10
105. Default sequence number increment? 10
107. Average time for tool change (seconds)? 2.0
110. Default tool library? TOOLS
111. Maximum number of tools? 100
150. Display the tool? y
191. Display the toolpath? y
192. Default tool display: 1 = animated, 2 = static? 2
193. Default tool display: 1 = interpolate, 2 = endpoints? 2
194. Default tool display: 1 = run, 2 = step? 1
195. Default tool display step size? 0.1
196. Default tool display delay? 0.0
197. Repeat the toolpath? y
201. Default index start angle? 0.0
202. Default index incremental angle? 0.0
210. Miscellaneous real variable 10 (mr10)? 0.0
301. Default Work Coordinate System (0=GS3, 1=GS4 to 6=GS9)? 1
302. Default Use automatic indexing (1=Yes, 0=No)? 0
303. Default number of Index repetitions? 1
306. Default check for axis change of direction (0=No, 1=Yes)? 0
310. Default value of miscellaneous integer 10? 0

```



```

# General NC parameters
1001. Display solid toolpath (y = solid, n = striped)? y
1002. Cutter compensation in computer (L, R or blank)? L
1003. Compensate to tip? n
1004. Amount of stock to leave? 0.0
1005. Cutter compensation in control (L, R or blank)?
1006. Default tool plane (0 = none, 1 = T, 2 = F, 5 = S)? 0
1007. Tool origin: X? 0.0
1008. Tool origin: Y? 0.0
1009. Tool origin: Z? 0.0
1010. Rotary axis (X, Y or blank)?
1011. Rotary axis diameter? 2.0
1012. Rapid depth? 0.0

1014. Roll cutter around (0 = no, 1 = sharp, 2 = all) corners? 1
1015. Coolant on? n
1016. Number of times to step and repeat in X? 1
1017. Amount to step and repeat in X? 0.0
1018. Number of times to step and repeat in Y? 1
1019. Amount to step and repeat in Y? 0.0
1020. Number roughing depth cuts? 1
1021. Amount of roughing depth cut? 0.0
1022. Number of finishing depth cuts? 0
1023. Amount of finishing depth cut? 0.0
1024. Entry line length? 0.0
1025. Entry arc radius? 0.0
1026. Entry arc angle? 90.0
1027. Use "infinite" look-ahead in cutter compensation? y

# Contour
1040. Number of roughing cuts? 0
1041. Rough cut amount? 0.0
1042. Number of finish cuts? 1
1043. Finish cut amount? 0.0

# Drilling
1050. Drilling cycle (0=drill,1=peck,2=c.b.,3=tap,4=b1,5=b2,6=m1,7=m2)? 0
1051. Dwell? 0.0
1052. Initial height? 0.0
1053. Reference height? 0.0
1054. Use incremental depth? y
1055. Incremental drill depth? 0.0
1056. First peck increment? 0.1
1057. Subsequent peck increment? 0.1
1058. Peck clearance? 0.01
1059. Retraction amount? 0.0
    
```



Pocket

1070. Cutting method (0 = zig-zag, 1 = spiral out, 2 = spiral in)? 0
 1071. Find multiple collapse points for spiral pocket? y
 1072. Roughing angle for zig-zag pocketing? 0.0
 1073. Roughing step over? 0.1
 1074. Number of finish passes? 0
 1075. Finish pass step over? 0.0

Ruled surface

1080. Cutting method (0 = zig-zag, 1 = one way, 2 = circ., 3 = EDM)? 0
 1081. Across cut distance? 0.05
 1082. Taper angle for 5 axis cutting? 0.0
 1083. Constant Z cutting? n
 1084. Initial Z for constant Z cutting? 0.0
 1085. Final Z for constant Z cutting? -1.0
 1086. Z increment for constant Z cutting? -0.25

Swept surface

1095. Translate the across contour for 3d swept? n
 1096. Along cut distance? 0.1
 1097. Across cut distance? 0.1
 1098. Cutting method (0=zig,1=one w,2=circ,3=5 zig,4=5 one,5=5 circ)? 0
 1099. Cutting direction (0 = along, 1 = across)? 0

Surface of revolution

1110. Step over? 0.1
 1111. Concave (y/n)? y
 1112. Retract to the reference height? n
 1113. Reference height for surface of revolution? 0.1

Projection

1120. Minimum step size? 0.001
 1121. Maximum step size? 100.0
 1122. Maximum error? 0.0002
 1123. Step over for project onto surface? 0.02
 1124. Does the toolpath lie partially off the surface? n

Lofted surface

1130. Along cut distance? 0.1
 1131. Across cut distance? 0.1
 1132. Cutting method (0=zig,1=one w,2=circ,3=zig,4=one,5=circ,5)? 0
 1133. Cutting direction (0 = along, 1 = across)? 0

Coons

1140. Along cut distance? 0.1
 1141. Across cut distance? 0.1
 1142. Blending (0 = lin, 1 = par, 2 = cubic, 3 = cubic w. slope match)? 0
 1143. Cutting method (0=zig,1=one w,2=circ,3=zig,4=one,5=circ,5)? 0
 1144. Cutting direction (0 = along, 1 = across)? 0
 1145. Number of along patches? 1
 1146. Number of across patches? 1



Flowline (surface)

- 1160. File options (1 = surface, 2 = ofs, 3 = both, 4 = nci, 5 = ofs & nci)? 4
- 1161. Stepping method (1 = distance, 2 = chord. dev and scallop height)? 2
- 1162. Step distance in along direction? 0.05
- 1163. Step distance in across direction? 0.05
- 1164. Maximum chordal deviation? 0.1
- 1165. Maximum scallop height? 0.001
- 1166. Cutting method (0 = zig zag, 1 = one way, 2 = circular)? 0
- 1167. Cutting direction (0 = along, 1 = across)? 0

Fillet

- 1180. Starting fillet radius? 0.1
- 1181. End fillet radius? 1.0
- 1182. Surface selection (1=IF,2=IF,3=IF,4=F,5=L,6=I)? 1
- 1183. Cutting method (0 = one way, 1 = zig zag)? 1

Roughing

- 1190. Cutting direction (-1 = CCW, 1 = CW)? -1
- 1191. 1 = Pocket at each level, 2 = contour only? 2
- 1192. 1 = mountain, -1 = cavity? 1
- 1193. Cut top down (y/n)? y
- 1194. Z step increment? 0.1
- 1195. Top clearance? 0.01
- 1196. Amount of stock to leave on bottom? 0.05

Recomp

- 1200. Write the NCI file? y
- 1201. Cutting method (0=zig,1=one w.,2=circ.,3=5 zig,4=5 one,5=5 cir)? 0
- 1202. Cutting direction (0 = along, 1 = across)? 0

Reverse surface

- 1210. Surfaces to reverse (1 = surf and ofs, 2 = surf, 3 = ofs)? 1
- 1211. Write the NCI file (y/n)? y
- 1212. Cutting method (0=zig,1=one w.,2=circ.,3=5 zig,4=5 one,5=5 cir)? 0

Gouge checking

- 1220. Perform gouge check in the along direction (y/n)? y
- 1221. Method for gouge elimination (1 = closest approach, 2 = proj. plane)? 1



3.14 POSTPROCESADOR PARA EL CONTROL EMCOTRONIC

3.14.1 EL POSTPROCESADOR PARA EL TORNO EMCO

Customization file for EMCO Lathe

Outputs the tool number after the first rapid position move

Commands:

oldvars = use old tool number, spindle speed and home position

newvars = use new tool number, spindle speed and home position

force_x, force_y, force_z = force x, y or z to appear the next time

Variables:

n = sequence number

prog_n = program number

prog_name = program name

s = spindle speed

smax = maximum spindle speed

t = tool number

t1 = tool number + #60 (without "T" prefix)

t2 = tool number + #61 (without "T" prefix)

special_2 = G94 for IPM, G95 for IPR

special_3 = longitudinal turning cycle

xr, zr = rapid position

xh, zh = home position



coolant_on = M8 if coolant used, null if coolant not used

coolant_off = M9 if coolant used, null if coolant not used

spindle_on = M3 if spindle speed is zero or positive,

M4 if spindle speed is negative

misc_r1 - misc_r99 = miscellaneous real variables

misc_i1 - misc_i99 = miscellaneous integer variables

canned_2 - canned_9 = used for misc. canned cycles (q. 7 and 8)

0. File header

"%"

1. Miscellaneous drilling cycle #1

2. Start of file

" N` G` X` Z` F` H "

n, " 90 "

n, "M06", xh, ', ', zh, t

n, "M03"

n, special_2

3. Tool change

n, "M05"

n, "M00"

n, "M06", xh, ', ', zh, t

n, "M03"

n, spindle_on

n, special_2



4. Miscellaneous drilling cycle #2

n, "00", prev_x, '0000'

n, "M05"

n, "M30"

" ", 34, "I"

5. End of file

n, "00", prev_x, '0000'

n, "M05"

n, "M30"

" ", 34, "I"

6. Null tool change**7. Canned text 1****8. Canned text 2****9. Canned text 3****16. Spindle forward**

"M03"

17. Spindle reverse

"M04"

18. Spindle off (spindle speed = 0)

"M05"

20. Is X modal? n**22. Is Z modal? n****23. Are the g codes modal? n****30. Delete the decimal point? y**

31. Delete leading zeros? n
32. Delete trailing zeros? n
33. English or Metric format (E/M) ? E
34. Places before decimal point for reals? 0
35. Number of places for G and M codes? 2
36. Places after decimal for feedrate ? 3
37. Scale factor for feedrate ? 1
38. Rapid feedrate? 300.0
39. Add spaces to the program? n
41. Break arcs into quadrants? y
42. Arc center a=absolute, b=incremental, d=unsigned inc., e=radius? d
43. Break arcs into two pieces if greater than 180 degrees? n
48. Sign of X (P = positive, N = negative, E = either)? p
49. Output X as a diameter or radius (D/R)? d
50. Use canned cycle for drilling? y
51. Use canned cycle for peck drilling? y
52. Use canned cycle for chip break? y
53. Use canned cycle for tap? n
54. Use canned cycle for longitudinal turning? y
55. Use canned cycle for reaming? y
56. Use question 1 for misc #1? n
57. Use question 4 for misc #2? n
60. Amount to add to t to obtain t1? 0
61. Amount to add to t to obtain t2? 0
62. Value of t1 at t = 0? 0



63. Value of t2 at t = 0? 0
70. Chaining tolerance? 0.0002
80. Communications port number for receive and transmit (1 or 2)? 1
81. Baud rate (110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600)? 300
82. Parity (E/O/N)? N
83. Data bits (7 or 8)? 7
84. Stop bits (1 or 2)? 2
85. Strip line feeds (Answer Y for EIA - Y/N)? N
86. Delay after end of line (seconds)? 0.0
87. Ascii, Eia, or Binary (A/E/B)? A
90. Drive and subdirectory for NC programs and tool files?
91. Name of executable post processor? EMCOT
92. Name of reverse post processor? RFANUC6T
93. Drive and subdirectory for tool files? C:\NC
100. Number of places for sequence numbers? 3
102. Display positive x Below or Above the z axis (A/B)? A
103. Maximum spindle speed? 5000
104. Default starting sequence number? 1
105. Default sequence number increment? 1
106. Threading feedrate in IPM? 80.0
130. Finishing: entry vector: x component? 0.0
131. z component? 0.0
132. feedrate (- = IPR, 0 = rapid, + = IPM)? -0.01
135. Finishing: retraction vector: x component? 0.0



- 136. z component? 0.0
- 137. feedrate (- = IPR, 0 = rapid, + = IPM)? 0.0
- 140. Grooving: entry vector: x component? -0.05
- 141. z component? 0.0
- 142. feedrate (- = IPR, 0 = rapid, + = IPM)? -0.01
- 145. Grooving: retraction vector: x component? 0.0
- 146. z component? 0.0
- 147. feedrate (- = IPR, 0 = rapid, + = IPM)? 0.0
- 150. Roughing: entry vector: x component? -0.05
- 151. z component? 0.0
- 152. feedrate (- = IPR, 0 = rapid, + = IPM)? -0.01
- 155. Roughing: retraction vector: x component? 0.0
- 156. z component? 0.0
- 157. feedrate (- = IPR, 0 = rapid, + = IPM)? 0.0
- 190. Display the tool? y
- 191. Display the toolpath? y
- 192. Default tool display: 1 = animated, 2 = static? 1
- 193. Default tool display: 1 = interpolate, 2 = endpoints? 2
- 194. Default tool display: 1 = run, 2 = step? 1
- 195. Default tool display step size? 0.1
- 196. Default tool display delay? 0.1
- 201. Default value of miscellaneous real 1? 0.0
- 210. Default value of miscellaneous real 10? 0.0
- 211. Miscellaneous real variable 11 (misc_r11)? 0.0
- 299. Miscellaneous real variable 99 (misc_r99)? 0.0



- 301. Default value of miscellaneous integer 1? 0
- 310. Default value of miscellaneous integer 10? 0
- 311. Miscellaneous integer variable 11 (misc_i11)? 0
- 399. Miscellaneous integer variable 99 (misc_i99)? 0
- 411. Output the tool number after first rapid move? n
- 412. Output blanks instead of G, X, Y, N, ...etc.? n
- 420. Miscellaneous yes/no question 20? n
- 505. Symbol for lead? E
- 510. Miscellaneous string 10? STRING 10

3.14.2 EL POSTPROCESADOR PARA EL CENTRO DE MAQUINADO EMCO

Customization file for EMCO M1

Commands:

oldvars = use old home position and misc. variables

newvars = use new home position and misc. variables

force_x, force_y, force_z = force x, y or z to appear the next time

Variables:

h = tool number for tool length compensation

n = sequence number

n_forced = forced sequence number (output even if q 28 answered n)

prog_n = program number

prog_name = program name

f = feedrate

s = spindle speed



t = tool number

t1 = tool number + #60 (without "T" prefix)

t2 = tool number + #61 (without "T" prefix)

first_tool = first tool number (without "T" prefix)

next_tool = next tool number (without "T" prefix)

t_offset, d_offset = tool diameter offset number (without "T" prefix)

l_offset = tool length offset number (without "T" prefix)

coolant_on = M8 if coolant used, null if coolant not used

coolant_off = M9 if coolant used, null if coolant not used

spindle_on = M3 if spindle speed is zero or positive,

M4 if spindle speed is negative

special = first tool_n with 'T' prefix

special_1 = work coordinate system (G53-G59) uses misc_ints[1]

xr, yr, zr = rapid position

xh, yh, zh = home position

prev_x, prev_y, prev_z = previous x, y, z position

misc_r1 - misc_r99 = miscellaneous real variables

misc_i1 - misc_i99 = miscellaneous integer variables

canned_2 - canned_9 = variables for misc #1 and misc #2 drilling

cc = cutter compensation in control

0. File header

"%"

1. Start of file for tool zero or misc #1 drilling cycle

"O00", prog_n, ''

n, '', special_1, '', t, s, spindle_on



n, " G00", cc, xr, yr, zr

2. Start of file for non-zero tool number

"O", prog_n, ''

n, '', special_1, '', t, s, spindle_on

n, " G00", cc, xr, yr, zr

3. Tool change

n, "M05"

n, '', special_1, '', t, s, spindle_on

n, "G00", cc, xr, yr, zr

4. End of file for tool zero or misc #2 drilling cycle

n, " M05"

n, " M30"

34

5. End of file for non-zero tool

n, " M05"

n, " M30"

34

6. Null tool change

7. Canned text 1

8. Canned text 2

9. Canned text 3

10. Cancel cutter compensation

"G40"

11. Cutter compensation left



"G41"

12. Cutter compensation right

"G42"

13. Tool length compensation

14. Coolant on

"M08"

15. Coolant off

"M09"

16. Spindle forward

" M03"

17. Spindle reverse

" M04"

18. Spindle off

" M05"

20. Is X modal? y

21. Is Y modal? y

22. Is Z modal? y

23. Are the g codes modal? y

24. Are the xy (or yz or xz) coordinates modal in arc milling? y

25. Are the g codes (G02 and G03) modal in arc milling? y

28. Output sequence numbers? y

29. Output z (answer "n" for a laser cutter)? y

30. Delete the decimal point for reals (X, Y, Z...)? n

31. Delete leading zeros? y

32. Delete trailing zeros? y



33. English or Metric format (E/M)? E
34. Places before decimal point for reals (X, Y, Z)? 0
35. Number of places for G and M codes? 1
36. Places after decimal for feedrate ? 2
37. Scale factor for feedrate ? 10
38. Rapid feedrate? 300.0
39. Add spaces to the program? y
41. Break arcs into quadrants? n
42. Arc center a=absolute, b=incremental, d=unsigned inc., e=radius? b
43. Break arcs into two pieces if greater than 180 degrees? n
47. Output G40 after, rather than with, the last linear or arc move? y
50. Use canned cycle for drilling? y
51. Use canned cycle for peck drilling? y
52. Use canned cycle for chip break? n
53. Use canned cycle for tap? n
54. Use canned cycle for bore #1? n
55. Use canned cycle for bore #2? n
56. Use question 1 for misc #1? n
57. Use question 4 for misc #2? n
60. Amount to add to t to obtain t1? 0
61. Amount to add to t to obtain t2? 0
62. Value of t1 at t = 0? 0
63. Value of t2 at t = 0? 0
70. Chaining tolerance? 0.0002



- 71. Default X home position? 0.0
- 72. Default Y home position? 0.0
- 73. Default Z home position? 0.0
- 80. Communications port number for receive and transmit (1 or 2) ? 1
- 81. Baud rate (110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600)? 300
- 82. Parity (E/O/N)? E
- 83. Data bits (7 or 8)? 7
- 84. Stop bits (1 or 2)? 1
- 85. Strip line feeds? N
- 86. Delay after end of line (seconds)? 0.0
- 87. Ascii, Eia, or Binary (A/E/B)? A
- 88. Echo keyboard to screen in terminal emulation? n
- 89. Strip carriage returns? N
- 90. Drive and subdirectory for NC programs?
- 91. Name of executable post processor? EMCOM1
- 92. Name of reverse post processor? RPOST
- 100. Number of places for sequence numbers? 4
- 104. Default starting sequence number? 10
- 105. Default sequence number increment? 10
- 110. Default tool library? TOOLS
- 120. Build a table of next tools? n
- 190. Display the tool? y
- 191. Display the toolpath? y
- 192. Default tool display: 1 = animated, 2 = static? 2
- 193. Default tool display: 1 = interpolate, 2 = endpoints? 2



- 194. Default tool display: 1 = run, 2 = step? 1
- 195. Default tool display step size? 0.1
- 196. Default tool display delay? 0.0
- 201. Default value of miscellaneous real 1? 0.0
- 210. Default value of miscellaneous real 10? 0.0
- 211. Minimum arc length? 0.0002
- 299. Miscellaneous real variable 99 (misc_r99)? 0.0
- 301. Default Work Coordinate System (0=G53,1=G54 to 6=G59)? 1
- 310. Default value of miscellaneous integer 10? 0
- 311. Miscellaneous integer variable 11 (misc_i11)? 0
- 313. Number of digits for tool number? 4
- 314. Tool number format (1 = n, 2 = n * 101, 3 = 100 * n + o, 4 = o)? 3
- 315. Maximum spindle speed? 4000
- 399. Miscellaneous integer variable 99 (misc_i99)? 0
- 411. Output G99 instead of G98 in drilling? y
- 412. Output G98/G99 in drilling? y
- 413. Output G40 after Z retraction move? y
- 414. Output optional space after sequence number? y
- 420. Miscellaneous yes/no question 20? n
- 505. Miscellaneous string 5? STRING 5
- 510. Miscellaneous string 10? STRING



REFERENCIAS:

MASTERCAM DESIGN REFERENCE MANUAL VERSION 4 1992

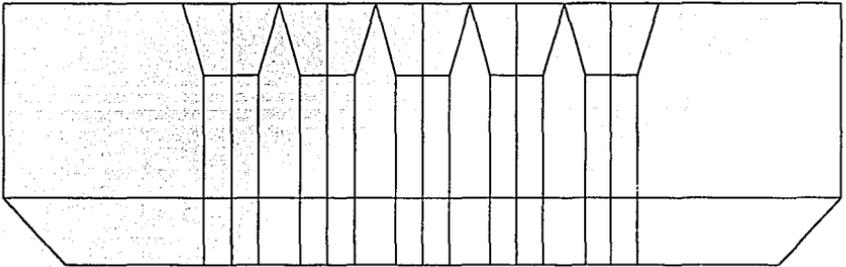


CAPITULO IV

**APLICACION DE LAS HERRAMIENTAS CAD/CAM AL
PROCESO DEL DISEÑO.**

(CASO PRACTICO)

**DISEÑO Y FABRICACION DE UN DADO DE
EXTRUSION PARA LA FABRICACION DE
BARRAS DE SOLDADURA DE SECCION
RECTANGULAR.**



4.1 EL DADO DE EXTRUSION, PLANTEAMIENTO DE LA NECESIDAD**4.1.1 OBJETIVO:**

Se desea producir barras de soldadura plata de sección rectangular de 3 x 3 mm de lado por el proceso de extrusión. Se parte de una barra de fundición de 40 mm de diámetro y 150 mm de altura.

Así mismo se desea reducir el desperdicio que se produce y evitar el agrietamiento resultante en el dado debido a la excesiva concentración de esfuerzos.

4.1.2 ESPECIFICACIONES.**4.1.2.1. MATERIAL:****SOLDADURA PLATA**

Plata	4.8% - 5.2 %	promedio	5.036%
Fósforo	5.8% - 6.2%	promedio	5.95%
Cobre	balance		balance.

4.1.3 HERRAMIENTAS**PRENSA HIDRÁULICA**

- Marca:	Hidromex.
- Capacidad:	300 ton.
- Diámetro de émbolo:	2"
- Carrera del émbolo:	18"

4.2 EL PROCESO DE EXTRUSION. OBTENCION DE INFORMACION.

La extrusión es un proceso por el cual un bloque de material se reduce en su sección transversal forzándolo a pasar a través de un dado para darle una forma predeterminada.

Este proceso en muchas ocasiones se hace en caliente ya que esto facilita el formado dándole más fluidez al material a procesar.

La forma de extrusión que nos ocupa es la llamada "extrusión directa". En esta forma de extrusión, el lingote de metal se coloca en un contenedor o camisa y se presiona contra el dado de extrusión que tiene la forma que se pretende obtener al salir el material ya formado.

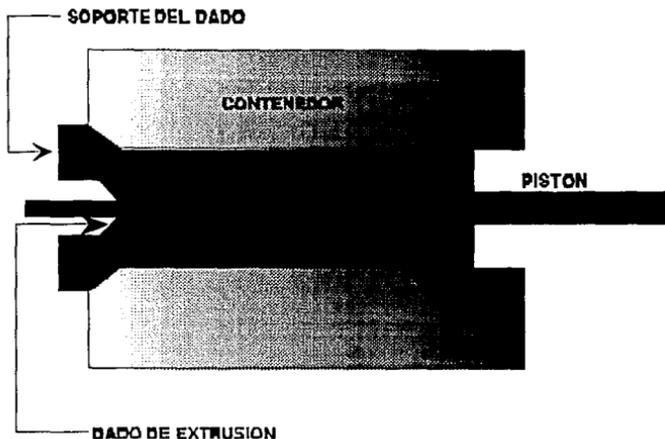


Figura 4.2.1 Proceso de Extrusión Directa

La extrusión por lo general se lleva a cabo en prensas hidráulicas que pueden ser horizontales o verticales, con capacidades de entre 3 y 20 MN.

La velocidad de aplicación de la fuerza de la prensa es una variable importante. Se recomienda una velocidad más alta a medida que aumente la temperatura de extrusión para evitar el enfriamiento excesivo del material a extruir. Varios autores (w. johnson y h. kodo, "The mechanics of metal extrusion" Manchester U. Press 1962) recomiendan velocidades de 0.4 a 0.6 m/s para materiales refractarios. En metales como cobre y aluminio se recomiendan velocidades de unos cuantos mm/s.

Formas en los dados de extrusión:

En primer lugar se tienen los de cara plana. En éstos el propio metal de trabajo forma zonas muertas donde el material permanece estacionario y se originan de manera espontánea formas angulares provocando que el resto del material fluya a través de ellas.

En segundo lugar están los dados en los que a la entrada de los orificios se hacen ángulos de entrada a los mismos, que le dan una forma cónica lo cual combinado con una buena lubricación produce excelentes resultados ya que esas formas cónicas facilitan el flujo del material. Se recomiendan valores de entre 30° y 60° para el semiángulo α en el proceso de extrusión.

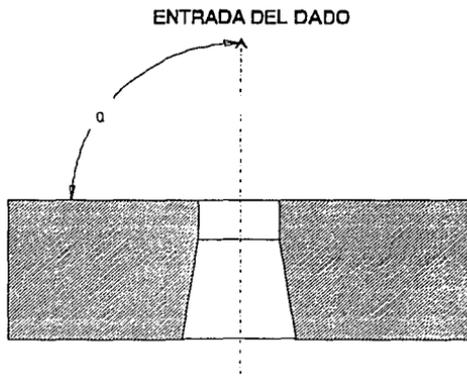


FIG 4.2.2 DADO DE EXTRUSION DE CARA PLANA ($\alpha = 90^\circ$)

Se recomienda también tener un buen equipo para la carga del lingote en la prensa, además de un buen precalentamiento del contenedor o camisa.

Es una buena práctica también colocar un trozo de carbón entre el metal y el émbolo ya que así se reduce el material de desperdicio que queda en el contenedor sin ser extruido.

4.2.2 EXTRUSION EN CALIENTE

Las variables más importantes en este proceso son: (Dieter, Mc Graw Hill, 1988)

- 1.- El tipo de extrusión (directa o indirecta).
- 2.- La razón de extrusión R .
- 3.- La temperatura de trabajo.
- 4.- La velocidad de deformación $\dot{\epsilon}$.
- 5.- Las condiciones de fricción en el proceso.

1.- En la extrusión directa se requiere una gran fuerza para iniciar el proceso, pero una vez iniciado el mismo, su continuación puede llevarse a cabo con menos fuerza, como se observa en la figura 4.1.3.3

2.- La razón de extrusión es la razón del área original del lingote a la del material ya extruido:

$$R = A_0/A_f \quad 4.1$$

Este valor es de aproximadamente 40:1 para la extrusión en caliente.

Se tiene también otra expresión que se llama reducción friccional en área : $r = 1 - A_f/A_0$, entonces

$$R = 1 / (1 - r). \quad 4.2$$

En base a lo anterior se define también la velocidad de extrusión como:

$$\text{velocidad del émbolo} \times R \quad 4.3$$

También la presión de extrusión se puede expresar como el \ln de la razón de extrusión. La fuerza de extrusión se da como :

$$P = k A_0 \ln (A_0/A_f) \quad 4.4$$

donde k es una constante de extrusión que depende del esfuerzo de flujo y la fricción.

3.- Si bien es cierto que la extrusión en caliente reduce el esfuerzo para el flujo del material, también provoca oxidación en el material, reblandecimiento del herramental y dificultad para la lubricación. Por lo anterior se debe usar la temperatura más baja posible que a la vez proporcione suficiente plasticidad. La temperatura más alta que se puede alcanzar es la de fusión del material. Se debe considerar además que en el mismo proceso de extrusión se provoca una elevación de temperatura que se agrega a la ya existente por lo que debe vigilarse atentamente la temperatura real con la que se trabaja.

4.- Al incrementarse la velocidad del proceso (Cockroft Met. Mater, 1969), se incrementa también la presión de trabajo. Si la velocidad es lenta se presenta un enfriamiento pronunciado lo cual implicará la elevación de la fuerza de extrusión. Entre más alta es la temperatura del lingote, mayor es el efecto de una baja velocidad de extrusión.

Se requieren altas velocidades de extrusión cuando se tienen aleaciones de alta resistencia que también requieren altas velocidades de extrusión.

Los valores adecuados para la combinación de velocidad y temperatura se seleccionan a base de pruebas.

Para una presión dada, la razón de extrusión, que puede calcularse, se incrementa al elevarse la temperatura

Para una temperatura dada, se puede obtener una mayor razón de extrusión con una presión mayor.

La mayor temperatura recomendable es la que sea más cercana al punto de fusión.

La elevación de temperatura debida al proceso de extrusión se determina por la velocidad de extrusión y la cantidad de deformación (razón de extrusión).

El rango aceptable para la extrusión es la región bajo la curva en la zona de presión constante del diagrama velocidad-presión, FIG 4.2.3

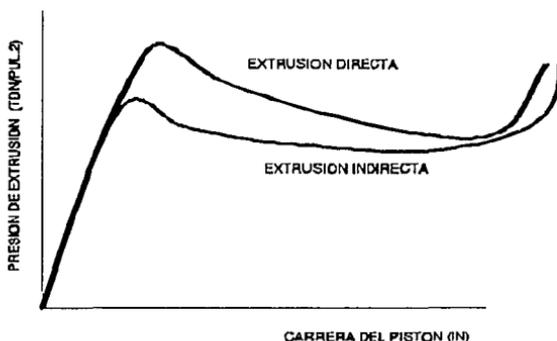


FIG 4.2.3 Curvas de comportamiento de la extrusión Directa e Indirecta (modelo indicativo) (Dieter, Mechanical Metallurgy, M.H. 1992).

4.2.3 ANALISIS DEL PROCESO DE EXTRUSION.

La presión en el proceso de extrusión.

El trabajo necesario para el proceso se define como:

$$Up = \sigma \int d\varepsilon = \sigma \int_{A_0}^{A_f} \frac{1}{A} dA = \sigma \ln \frac{A_f}{A_0} = -\sigma \ln R \quad 4.5$$

donde Up es la energía necesaria por unidad de volumen.

$$\text{El trabajo total: } W = Up V = V \sigma \ln R = p AL \quad 4.6$$

Considerando que $\sigma \ln R = p$ y $AL = V$

En que σ se define como el esfuerzo para lograr el flujo.

$$\text{Así: } p = V/(AL) \sigma \ln R = \sigma \ln R \quad 4.7$$

si se considera un factor de eficiencia en el proceso η como la razón del trabajo ideal al real, se tiene:

$$p_e = p/\eta = \sigma/\eta \ln R \quad 4.8$$

A través de experimentos algunos autores han propuesto ecuaciones análogas a la 4.8 en las que se incluye también el esfuerzo creado por la fricción en el material y en las paredes del contenedor.

DePierre (ASME.Eng. In., vol 96 pp 912-916, 1974) mostró que la fuerza de extrusión P_e es la suma de la fuerza para provocar la extrusión P_d más la fuerza de fricción entre el contenedor y el lingote a extruir P_f .

Suponiendo que τ_f es el esfuerzo de fricción mencionado, la presión requerida para vencer la fricción se define como:

$$p_f [\pi D^2/4] = \pi D \tau_f L \quad 4.8.1$$

$$\text{entonces } P_e = P_d + P_f = P_d + (4 \tau_f L)/D \quad 4.8.2$$

Donde:

τ_i = esfuerzo de corte uniforme entre el lingote y el contenedor.

L = longitud del lingote en el contenedor.

D = diámetro interno del contenedor.

Sachs (O. Hoffman y G. Sachs, "introduction to the Theory of Plasticity for Engineers" McGraw Hill)

propone la siguiente ecuación para tomar en cuenta la fricción de Coulomb:

$$P_d = \sigma \left((1+B)/B \right) (1-R^B) \quad 4.9$$

donde

$$B = \mu \cot \alpha;$$

α : semiángulo del dado;

R: razón de extrusión: A_0/A .

Otros autores como Johnson y Kudo (The Mechanics of Metal Extrusion, Manchester U.Press), proponen una solución de la forma:

$$P_d = \sigma_0 (a + b \ln R) \quad 4.10$$

dándole valores típicos de $a = 0.8$ y $b = 1.5$.

Kudo hizo experimentos en extrusión a través de agujeros cuadrados y con un semiángulo $\alpha = 90^\circ$ ($2\alpha = 180^\circ$) y obtuvo la expresión:

$$P_d = \sigma_0 (1.06 + 1.55 \ln R) \quad 4.11$$

De Pierre (V. De Pierre J. Lubr. Technol.) usó otra expresión en la que además consideró la extrusión en caliente:

$$P_d = \sigma_0 (a + b \ln R) + m k \cos \alpha \ln R \quad 4.12$$

donde

$m = \tau_i / k$ siendo τ_i el esfuerzo cortante entre el material y el contenedor.

De Pierre diseñó la siguiente tabla para los valores de α , a y b.

α	a	b
30	0.419	1.006
45	0.659	1.016
60	0.945	1.034

FIG 4.2.4 VALORES DE α , b y c.

4.2.4 ANALISIS DE LA VELOCIDAD DE DEFORMACION

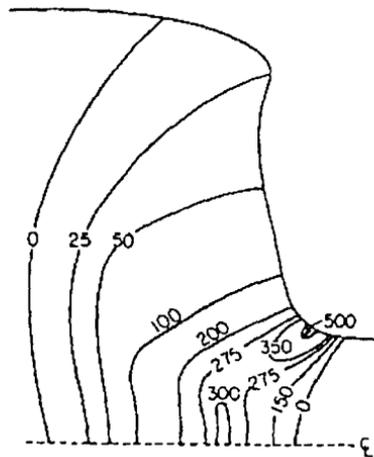


FIG 4.2.5 DISTRIBUCION DEL RANGO DE DEFORMACION EN UN LINGOTE DE ACERO (Tomado de T.H.C. Childs, Met. Technol, vol1, p 306, 1974)

La figura 4.2.5 muestra el resultado del análisis de un experimento de extrusión (sección transversal) en que se tiene un diámetro d_b (diámetro de lingote) y un diámetro medido después de la extrusión.

Existe un máximo local muy cerca del punto de salida en contacto con la pared y otro a lo largo de la línea de centros.

La velocidad de deformación para la extrusión (Dieter Plastic Forming of Metals, Mc Graw Hill, 1988) se define como el tiempo necesario para que el material pase a través de un volumen en forma de cono truncado de la zona de deformación definida por d_b y d_e . (diámetro del lingote y el diámetro de extrusión)

Para un ángulo de generatriz de 45° se tiene:

$$V = \pi h/3 (d_b^2 + de^2 + d_b de) /4 \quad 4.13$$

siendo $h = (d_b - de) /2 \quad 4.14$

entonces $V = \pi/24 (d_b^3 - de^3) \quad 4.15$

Para una velocidad del émbolo de la prensa v , el volumen extruido por unidad de tiempo es

$$vA = v \pi d_b^2 / 4 \quad 4.16$$

y la velocidad para llenar el volumen en la zona de deformación es :

$$V / (v (\pi d_b^2 / 4)) = (d_b^3 - de^3) / (6 v d_b^2) \quad 4.17$$

si $d_b \gg de \quad (d_b^3 - de^3) / d_b^2 = db \quad \text{y se tiene } t = d_b / 6v \quad 4.18$

la velocidad de deformación se da como:

$$\dot{\epsilon}_t = \epsilon / t = 6 v \ln R / d_b \quad 4.19$$

y en general para cualquier ángulo α :

$$\dot{\epsilon}_t = (6 v d_b^2 \ln R \tan \alpha) / (d_b^3 - de^3) \quad 4.20$$

4.2.5 DESARROLLO DEL PROCESO

En un horno de inducción se calienta el material hasta una temperatura de aproximadamente 600°C para lograr una alta capacidad de maleabilidad para la extrusión. Una vez alcanzada esa temperatura se translada la pieza hasta la prensa hidráulica para su extrusión. Se coloca en una cámara de aproximadamente 40 mm de diámetro, dejándola disponible para que empiece el citado proceso de extrusión. Debido al intercambio de calor con el medio, la temperatura mencionada de 600°C en este momento ya ha bajado hasta aproximadamente 580°C. Se baja el émbolo de la máquina y empieza el proceso de extrusión. De esta manera se logra extruir material a través de un dado de 40 mm de diámetro y espesor de 22 mm con barrenos para la extrusión de 3 mm de lado ya que se desea que esa soldadura tenga esas dimensiones, es decir, se desea producir barras de soldadura de sección cuadrada con lado de 3 mm.

El resultado obtenido por este procedimiento es poco eficiente ya que se logra sólo procesar el 60% del material cargado en la prensa hidráulica, el resto se saca como desperdicio y se envía nuevamente a la fundición. El problema no sólo se restringe a esta ineficiencia, además el dado de extrusión sufre de un agrietamiento que es notorio en la cuarta o quinta ocasión que se carga en la prensa y que el material pasa a través de los orificios de extrusión.

El problema a resolver es doble:

Por un lado es necesario evitar el desperdicio de material.

Por otro lado hay que rediseñar el dado para disminuir los esfuerzos generados en él, cambiando la distribución de los barrenos de extrusión y/o modificando otras variables del diseño original.

4.2.6 ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO ACTUAL DEL DADO DE EXTRUSION.

Al introducir los datos de las variables usados en el proceso se obtuvieron los resultados teóricos siguientes:

Primeramente presento un lista de las variables que se introducen a las fórmulas:

- v (velocidad de desplazamiento del émbolo de la prensa columna I) = 50 mm/s, 25 mm/s y 10 mm/s.
- D (diámetro del lingote que se va a extruir columna B) = 40 mm
- σ (esfuerzo de flujo para el material que se va a extruir a 600°C columna K) = 460 MPa.
- L (longitud del lingote columna L) = 150 mm.
- R (razón de extrusión, en este caso varía según el número de orificios de extrusión, se da en la columna G de la tabla de EXCEL).
- α (valor del semiángulo en el orificio de extrusión columna S) = 60°
- A (área del lingote de extrusión columna C) = 0.00125664 m².

Para el análisis se introdujeron todos los datos y las fórmulas la propuesta por Sach, Kudo y De Pierre en una hoja de cálculo (EXCEL 4.0) con la finalidad de poder ir cambiando algunos valores y ver su efecto en el comportamiento general del proceso y a la vez hacer sugerencias de modificación de algunas variables que mejoren el proceso.

Los resultados obtenidos se graficaron para poder visualizar con mayor facilidad el efecto obtenido al variar el número de orificios de extrusión [columna A], así como el esfuerzo cortante generado en el interior del material extruido [columna V] que varía al modificar el coeficiente μ [columna S] lo cual se logra al agregar un lubricante al material a extruir, tal lubricante puede ser vidrio. Otras variables que se fueron modificando en el análisis fueron la velocidad de extrusión [columna I].

Los resultados se obtuvieron al introducir las fórmulas de la 4.1 a la 4.20.

Se graficó en primer lugar la presión contra el número de barrenos a diferentes velocidades: 10, 25 y 50 mm/s de acuerdo a cada una de las teorías mencionadas.

El mejor resultado se obtuvo para un dado de 21 barrenos con velocidades de 10 , 25 y 50 mm/s.

Las mencionadas bases de datos y gráficas se muestran a continuación.

Los resultados de las columnas AD, AE y AH nos muestran la fuerza necesaria para extruir el lingote para diferentes números de barrenos según el criterio de Sachs.

Para extruir a velocidad de 10 mm/s se requiere una fuerza de 49.3 toneladas métricas.

Para extruir a velocidad de 25 mm/s se requiere una fuerza de 56.6 toneladas métricas.

Para extruir a velocidad de 50 mm/s se requiere una fuerza de 62.8 toneladas métricas.

Los resultados mostrados en las columnas AO, AQ y AS se refieren a la teoría de Kudo:

Para extruir a velocidad de 10 mm/s se requiere una fuerza de 58.0 toneladas métricas.

Para extruir a velocidad de 25 mm/s se requiere una fuerza de 66.6 toneladas métricas.

Para extruir a velocidad de 10 mm/s se requiere una fuerza de 82.8 toneladas métricas.

Los resultados de la fórmula propuesta por DePierre aparecen en las columnas: AV, AY y BB:

Para extruir a velocidad de 10 mm/s se requiere una fuerza de 55.86 toneladas métricas.

Para extruir a velocidad de 25 mm/s se requiere una fuerza de 64.0 toneladas métricas.

Para extruir a velocidad de 50 mm/s se requiere una fuerza de 71.11 toneladas métricas.

Si consideramos que la recomendación para el proceso de extrusión es la de usar una fuerza de entre 40 y 80 toneladas, la mejor velocidad para aprovechar de la mejor manera la capacidad de la prensa y lograr un acabado de la barra de soldadura es la de 50 mm/s aún cuando haya que manufacturar el dado con un acero con mayor resistencia de fluencia, por ejemplo un 1040 templado y revenido a 400F cuya resistencia de fluencia alcanza 593 Mpa.

DEFINICION DE LAS VARIABLES DE EXTRUSION

CELDA	VARIABLE	FORMULA	FORMULA DE ACUERDO A LA CELDA
A	No DE BARRENOS	N	A
B	DIAMETRO DEL BILLET	D=0.4 m	B
C	AREA TRANSVERSAL DEL BILLET	A=3.1416*D ² /4	C
D	LONGITUD DEL BILLET	0.15 m	D
E	AREA DE BARRENO	SE=10 m	E
F	AREA DE BARRENOS	S ² E=6	F
G	RAZON DE EXTRUSION	R=A/A0	G
H	LOGARITMO NATURAL DE R	LN R	H
I	VELOCIDAD DEL EMBOLO V10	v=10 E-3 m	I
J	VELOCIDAD DE DEFORMACION	e10=6 ^v *LN R/D	6 ^v *H/B
K	ESFUERZO DE EXTRUSION	so=40*(e) ^{0.15}	40 ^v *0.15
L	LONGITUD DEL BILLET	L	L
M	RAZON DE EXTRUSION A LA B	R*B	G ^v *U
N	PRESION PARAEXTRUIR	Pd10 = [(1+B)/B] ^v *(R*B)	K ^v *[(1+U)/U] ^v *(1+G ^v *U)
O	PRESION PARA VENCER EL ROZAMIENTO	Pf10 = 4*Ti/D*B	4 ^v *D/B
P	PRESION TOTAL PARA LA EXTRUSION	Pe10 = Pd + Pf	N+O
Q	COMPONENTE DE LA ECUACION DE SACHS	(1+B)/B	(1+B)/B
R	COEFICIENTE DE FRICCION	μ=0.1	R
S	SEMIANGULO DEL DADO EN GRADOS	α=60	S
T	SEMIANGULO DEL DADO EN RADIANES	α=1.0472	T
U	VALOR DE B		R*W
V	ESFUERZO CORTANTE POR ROZAMIENTO	τ=σ(3)/0.15	K(3 ^v *0.6)
W	COTANGENTE DEL ANGULO	1/TAN (α)	1/Tan (T3)
X	COMPONENTE DE LA ECUACION DE SACHS	1-R*B	1-G ^v (U)
Y	VELOCIDAD DE DEFORMACION PARA V DE 25mm/s	e 25 = (6 ^v *25 ^v *LN R)/D	[(6 ^v *H/B)] ^v *2.6
Z	VELOCIDAD DE DEFORMACION PARA V DE 50mm/s	e 50 = (6 ^v *50 ^v *LN R)/D	[(6 ^v *H/B)] ^v *5
AA	ESFUERZO DE EXTRUSION PARA V= 25 mm/s	so = 40 * (e) ^{0.15}	40 * Y * L
AB	PRESION DE EXTRUSION PARA V25	Pd25 = [(1+B)/B] ^v *(R*B)	AA ^v * [(1+U)/U] ^v * (1-G ^v (U))
AC	PRESION TOTAL DE EXTRUSION TOTAL PARA V25	Pe25 = Pd25 + Pf25	AB + AJ
AD	FUERZA PARA EXTRUSION PARA V10	F10 = PE10 * A	P * C 1000/9.86
AE	FUERZA PARA EXTRUSION PARA V25	F25 = Pe25 * A	AC * C * 1000/9.81
AF	PRESION PARA EXTRUSION PARA V50	Pd50 = [(1+B)/B] ^v *(R*B)	ABS (AI * Q * X)
AG	PRESION TOTAL PARA EXTRUSION PARA V50	Pe50 = Pd50 + Pf50	AF + AK
AH	FUERZA PARA EXTRUSION PARA V50	F50 = Pe50 * A	AC * C * 1000/9.81
AJ	ESFUERZO DE EXTRUSION PARA V50	Pd50 = [(1+B)/B] ^v *(R*B)	40 * Z * L
AJ	ESFUERZO DE FRICCION PARA V25	Pf25 = 4*Ti/L/D	[4 * AA / (3 ^v *.6)] * D/B
AK	ESFUERZO DE FRICCION PARA V50	Pf50 = 4*Ti/L/D	[4 * AI / (3 ^v *.6)] * D/B
AL			
AM	ESFUERZO DE EXTRUSION PARA V10 DE KUDO	Pdk10 = [1.06 + 1.65 LN R]	K * (1.06 + 1.65 * H)
AN	ESFUERZO TOTAL DE EXTRUSION V10 DE KUDO	Fek10= Pdk10 + Pfk10	AM + O
AO	FUERZA DE EXTRUSION V10 DE KUDO	Fk10 = Pdk10 * A	AN * C
AP	ESFUERZO TOTAL DE EXTRUSION V25 DE KUDO	Fek25 = [1.06 + 1.65 LN R] + Pfk25	AA * (1.06 + 1.65 * H) + AJ3
AQ	FUERZA DE EXTRUSION V25 DE KUDO	Fk25 = Pek25 * A	AP * C 1000/9.81
AR	ESFUERZO TOTAL DE EXTRUSION V50 DE KUDO	Fek50 = [1.06 + 1.65 LN R] + Pfk50	AI * (1.06 + 1.65 * H) + AK
AS	FUERZA DE EXTRUSION V50 DE KUDO	Fk25 = Pek25 * A	AR * C 1000/9.81
AT	ESFUERZO DE EXTRUSION V10 DE DePierre	Pdp10 = [0.945 + 1.034 LN R] + mk*cot α*LN	so [0.945 + 1.034 * H] + V * W * H
AU	ESFUERZO TOTAL DE EXTRUSION V10 DE DePierre	Pep10 = Pdp10 + Pfp10	AT + O
AV	FUERZA DE EXTRUSION DE DePierre V10	Pep10 * A	AU * C 1000/9.81
AW	PRESION DE EXTRUSION DE DePierre V25	Pdp25 = [0.945 + 1.034 LN R] + mk*cot α*LN	AA * (0.945 + 1.034 * H) + AJ * W * H
AX	PRESION TOTAL DE EXTRUSION DE DePierre V25	Pe25 = Pdp25 + Pfp25	AW + AJ
AZ	FUERZA DE EXTRUSION DE DePierre V25	Pe25 * A	AX * C 1000/9.81
AY	ESFUERZO DE EXTRUSION V50 DE DePierre	Pdp50 = [0.945 + 1.034 LN R] + mk*cot α*LN	AI * (0.945 + 1.034 * H) + [AU/(3 ^v *.6)] * W * H
BA	ESFUERZO TOTAL DE EXTRUSION V50 DE DePierre	Pep50 = Pdp50 + Pfp50	AZ + AK
BB	FUERZA DE EXTRUSION DE DePierre V50	Pe50 * A	BA * C * 1000/9.81
BC			

VARIABLES DE EXTRUSION

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	No. BARRENOS	D BILLET	A. BILLET	LONG B.	A. BARRENO	AREA TOTAL	R=Ao/af	L _u R.	V. DE EX	V. DEF 10
2		METROS	METROS 2	METROS	METROS 2	METROS 2			M/S	1/s
3	1	0.04	0.00125664	0.15	0.000009	0.000009	139.63	4.94	0.01	7.41
4	2	0.04	0.00125664	0.15	0.000009	0.000018	69.81	4.25	0.01	6.37
5	3	0.04	0.00125664	0.15	0.000009	0.000027	46.54	3.84	0.01	5.76
6	4	0.04	0.00125664	0.15	0.000009	0.000036	34.91	3.55	0.01	5.33
7	5	0.04	0.00125664	0.15	0.000009	0.000045	27.93	3.33	0.01	4.99
8	6	0.04	0.00125664	0.15	0.000009	0.000054	23.27	3.15	0.01	4.72
9	7	0.04	0.00125664	0.15	0.000009	0.000063	19.95	2.99	0.01	4.49
10	8	0.04	0.00125664	0.15	0.000009	0.000072	17.45	2.86	0.01	4.29
11	9	0.04	0.00125664	0.15	0.000009	0.000081	15.51	2.74	0.01	4.11
12	10	0.04	0.00125664	0.15	0.000009	0.00009	13.96	2.64	0.01	3.95
13	11	0.04	0.00125664	0.15	0.000009	0.000099	12.69	2.54	0.01	3.81
14	12	0.04	0.00125664	0.15	0.000009	0.000108	11.64	2.45	0.01	3.68
15	13	0.04	0.00125664	0.15	0.000009	0.000117	10.74	2.37	0.01	3.56
16	14	0.04	0.00125664	0.15	0.000009	0.000126	9.97	2.30	0.01	3.45
17	15	0.04	0.00125664	0.15	0.000009	0.000135	9.31	2.23	0.01	3.35
18	16	0.04	0.00125664	0.15	0.000009	0.000144	8.73	2.17	0.01	3.25
19	17	0.04	0.00125664	0.15	0.000009	0.000153	8.21	2.11	0.01	3.16
20	18	0.04	0.00125664	0.15	0.000009	0.000162	7.76	2.05	0.01	3.07
21	19	0.04	0.00125664	0.15	0.000009	0.000171	7.35	1.99	0.01	2.99
22	20	0.04	0.00125664	0.15	0.000009	0.00018	6.98	1.94	0.01	2.91
23	21	0.04	0.00125664	0.15	0.000009	0.000189	6.65	1.89	0.01	2.84

VARIABLES DE EXTRUSION

	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1	ESF. EXTRUSION	LONG B.	R^B	Pd 10	Pf 10	Pe 10	(1+B)/B	Mu	ALFA G	ALFA R	Mu/COT A	SIGMA/(3^5)
2	σ	METROS		Mpa	Mpa	Mpa		μ	GRADOS	RADIAN		Mpa
3	40.51	0.15	1.33	244.90	350.84	595.74	18.32	0.10	60.00	1.05	0.06	23.39
4	39.60	0.15	1.28	201.55	342.97	544.52	18.32	0.10	60.00	1.05	0.06	22.86
5	39.01	0.15	1.25	177.41	337.85	515.26	18.32	0.10	60.00	1.05	0.06	22.52
6	38.56	0.15	1.23	160.82	333.93	494.75	18.32	0.10	60.00	1.05	0.06	22.26
7	38.18	0.15	1.21	148.27	330.69	478.96	18.32	0.10	60.00	1.05	0.06	22.05
8	37.86	0.15	1.20	138.22	327.91	466.13	18.32	0.10	60.00	1.05	0.06	21.86
9	37.58	0.15	1.19	129.87	325.45	455.32	18.32	0.10	60.00	1.05	0.06	21.70
10	37.32	0.15	1.18	122.74	323.23	445.97	18.32	0.10	60.00	1.05	0.06	21.55
11	37.09	0.15	1.17	116.54	321.20	437.73	18.32	0.10	60.00	1.05	0.06	21.41
12	36.87	0.15	1.16	111.06	319.31	430.37	18.32	0.10	60.00	1.05	0.06	21.29
13	36.67	0.15	1.16	106.15	317.55	423.71	18.32	0.10	60.00	1.05	0.06	21.17
14	36.48	0.15	1.15	101.72	315.90	417.62	18.32	0.10	60.00	1.05	0.06	21.06
15	36.30	0.15	1.15	97.68	314.33	412.02	18.32	0.10	60.00	1.05	0.06	20.96
16	36.12	0.15	1.14	93.98	312.84	406.82	18.32	0.10	60.00	1.05	0.06	20.86
17	35.96	0.15	1.14	90.56	311.41	401.97	18.32	0.10	60.00	1.05	0.06	20.76
18	35.80	0.15	1.13	87.39	310.05	397.43	18.32	0.10	60.00	1.05	0.06	20.67
19	35.65	0.15	1.13	84.43	308.73	393.16	18.32	0.10	60.00	1.05	0.06	20.58
20	35.50	0.15	1.13	81.66	307.46	389.12	18.32	0.10	60.00	1.05	0.06	20.50
21	35.36	0.15	1.12	79.06	306.23	385.29	18.32	0.10	60.00	1.05	0.06	20.42
22	35.22	0.15	1.12	76.61	305.03	381.65	18.32	0.10	60.00	1.05	0.06	20.34
23	35.09	0.15	1.12	74.30	303.87	378.17	18.32	0.10	60.00	1.05	0.06	20.26

VARIABLES DE EXTRUSION

	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH
1	COT (A)	1-R^B	V.DEFZ5	V. DEF50	ESF25	Pd25	Pe25	Pe*Arca=F10	Pe*Arca=F25	Pd 50	Pe 50	Pe*Arca=F50
2			1/S	1/S	Mpa	Mpa	Mpa	Ton m	Ton m	Mpa	Mpa	Ton m
3	0.58	-0.33	18.52	37.04	46.48	280.98	683.51	76.31	87.56	311.77	758.41	97.15
4	0.58	-0.28	15.92	31.84	45.44	231.25	624.75	69.75	80.03	256.58	693.21	88.80
5	0.58	-0.25	14.40	28.80	44.76	203.55	591.17	66.00	75.73	225.85	655.95	84.03
6	0.58	-0.23	13.32	26.65	44.24	184.52	567.64	63.38	72.71	204.74	629.84	80.68
7	0.58	-0.21	12.49	24.97	43.81	170.12	549.53	61.35	70.39	188.76	609.75	78.11
8	0.58	-0.20	11.80	23.60	43.44	158.59	534.81	59.71	68.51	175.96	593.41	76.01
9	0.58	-0.19	11.22	22.45	43.12	149.00	522.40	58.33	66.92	165.33	579.64	74.25
10	0.58	-0.18	10.72	21.45	42.82	140.83	511.68	57.13	65.54	156.26	567.74	72.73
11	0.58	-0.17	10.28	20.56	42.55	133.71	502.23	56.07	64.33	148.36	557.26	71.38
12	0.58	-0.16	9.89	19.77	42.30	127.42	493.78	55.13	63.25	141.38	547.88	70.18
13	0.58	-0.16	9.53	19.06	42.07	121.79	486.13	54.28	62.27	135.14	539.40	69.10
14	0.58	-0.15	9.20	18.41	41.85	116.71	479.15	53.50	61.38	129.50	531.65	68.10
15	0.58	-0.15	8.90	17.81	41.64	112.08	472.72	52.78	60.55	124.36	524.52	67.19
16	0.58	-0.14	8.62	17.25	41.45	107.83	466.76	52.11	59.79	119.64	517.90	66.34
17	0.58	-0.14	8.37	16.73	41.26	103.90	461.20	51.49	59.08	115.29	511.73	65.55
18	0.58	-0.13	8.12	16.25	41.08	100.26	455.99	50.91	58.41	111.25	505.95	64.81
19	0.58	-0.13	7.90	15.79	40.90	96.87	451.09	50.36	57.78	107.48	500.51	64.11
20	0.58	-0.13	7.68	15.36	40.73	93.69	446.45	49.85	57.19	103.96	495.37	63.46
21	0.58	-0.12	7.48	14.96	40.57	90.71	442.06	49.35	56.63	100.65	490.49	62.83
22	0.58	-0.12	7.29	14.57	40.41	87.90	437.88	48.89	56.09	97.53	485.85	62.24
23	0.58	-0.12	7.10	14.21	40.26	85.25	433.89	48.44	55.58	94.59	481.43	61.67

VARIABLES DE EXTRUSION

	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT
1	ESF.DE 50	Pf 25	Pf 50		Pdk 10	Pek 10	Pek*A=Fk10	Pek 25	Pek*A=F25	Pek 50	Pek*A=F50	Pdp 10
2	Mpa	Mpa	Mpa		Mpa	Mpa	Ton m	Mpa	Ton m	Mpa	Ton m	Mpa
3	51.57	402.53	446.64		353.08	703.92	90.17	807.63	103.46	1093.53	140.08	311.87
4	50.42	393.51	436.62		302.61	645.58	82.70	740.70	94.88	987.75	126.53	267.34
5	49.66	387.63	430.10		273.57	611.42	78.32	701.50	89.86	926.18	118.64	241.72
6	49.09	383.12	425.10		253.20	587.12	75.21	673.63	86.29	882.59	113.06	223.74
7	48.61	379.41	420.99		237.54	568.23	72.79	651.95	83.51	848.82	108.73	209.92
8	48.20	376.22	417.45		224.84	552.75	70.81	634.19	81.24	821.25	105.20	198.72
9	47.84	373.40	414.31		214.18	539.62	69.12	619.13	79.31	797.94	102.21	189.31
10	47.51	370.85	411.49		204.99	528.22	67.66	606.04	77.63	777.75	99.63	181.20
11	47.22	368.52	408.90		196.93	518.12	66.37	594.46	76.15	759.92	97.34	174.09
12	46.94	366.36	406.50		189.75	509.07	65.21	584.07	74.82	743.97	95.30	167.76
13	46.68	364.34	404.26		183.29	500.85	64.16	574.64	73.61	729.53	93.45	162.05
14	46.44	362.44	402.16		177.42	493.32	63.19	566.00	72.50	716.33	91.76	156.87
15	46.21	360.64	400.16		172.03	486.36	62.30	558.02	71.48	704.18	90.20	152.12
16	45.99	358.93	398.26		167.07	479.91	61.48	550.62	70.53	692.92	88.76	147.74
17	45.78	357.30	396.45		162.46	473.87	60.70	543.69	69.65	682.41	87.42	143.67
18	45.58	355.73	394.70		158.17	468.21	59.98	537.20	68.81	672.58	86.16	139.88
19	45.38	354.22	393.03		154.14	462.87	59.29	531.07	68.03	663.32	84.97	136.33
20	45.20	352.76	391.41		150.36	457.82	58.65	525.27	67.29	654.58	83.85	132.99
21	45.01	351.34	389.84		146.80	453.02	58.03	519.77	66.58	646.30	82.79	129.85
22	44.84	349.97	388.32		143.42	448.46	57.45	514.53	65.91	638.44	81.78	126.87
23	44.67	348.64	386.84		140.23	444.10	56.89	509.53	65.27	630.94	80.82	124.05

VARIABLES DE EXTRUSION

	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB
1	Pep 10	Pep*A=F10	Pdp 25	Pep 25	ep*A=F2	Pdp 50	Pep 50	ep*A=F5
2	Mpa	Ton m	Mpa	Mpa	Ton m	Mpa	Mpa	Ton m
3	662.71	84.89	357.82	760.35	97.40	397.02	843.66	108.07
4	610.31	78.18	306.73	700.23	89.70	340.34	776.96	99.53
5	579.56	74.24	277.33	664.96	85.18	307.72	737.81	94.51
6	557.67	71.44	256.71	639.83	81.96	284.83	709.94	90.94
7	540.62	69.25	240.85	620.27	79.46	267.24	688.23	88.16
8	526.63	67.46	228.00	604.22	77.40	252.98	670.43	85.88
9	514.76	65.94	217.20	590.60	75.65	241.00	655.31	83.94
10	504.43	64.62	207.90	578.75	74.14	230.68	642.16	82.26
11	495.28	63.44	199.74	568.26	72.79	221.62	630.52	80.77
12	487.07	62.39	192.47	558.83	71.59	213.56	620.06	79.43
13	479.61	61.44	185.93	550.27	70.49	206.30	610.57	78.21
14	472.77	60.56	179.98	542.43	69.48	199.70	601.86	77.10
15	466.45	59.75	174.53	535.18	68.55	193.66	593.82	76.07
16	460.58	59.00	169.50	528.44	67.69	188.08	586.34	75.11
17	455.09	58.30	164.84	522.14	66.88	182.90	579.35	74.21
18	449.93	57.63	160.49	516.22	66.13	178.07	572.78	73.37
19	445.06	57.01	156.42	510.63	65.41	173.56	566.58	72.58
20	440.45	56.42	152.59	505.35	64.73	169.31	560.72	71.83
21	436.07	55.86	148.98	500.32	64.09	165.30	555.14	71.11
22	431.90	55.33	145.56	495.54	63.48	161.51	549.83	70.43
23	427.92	54.82	142.32	490.97	62.89	157.92	544.76	69.78

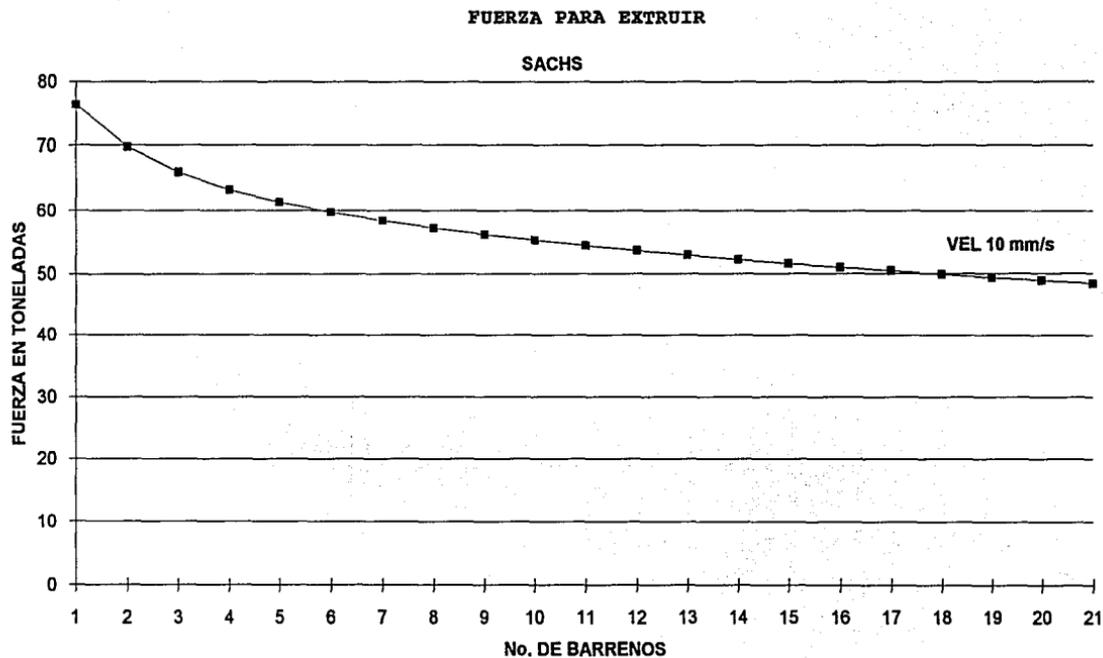


Fig 4.2.6.1 Fuerza para Extruir a 10 m/s según Sachs

FUERZA PARA EXTRUSION

SACHS

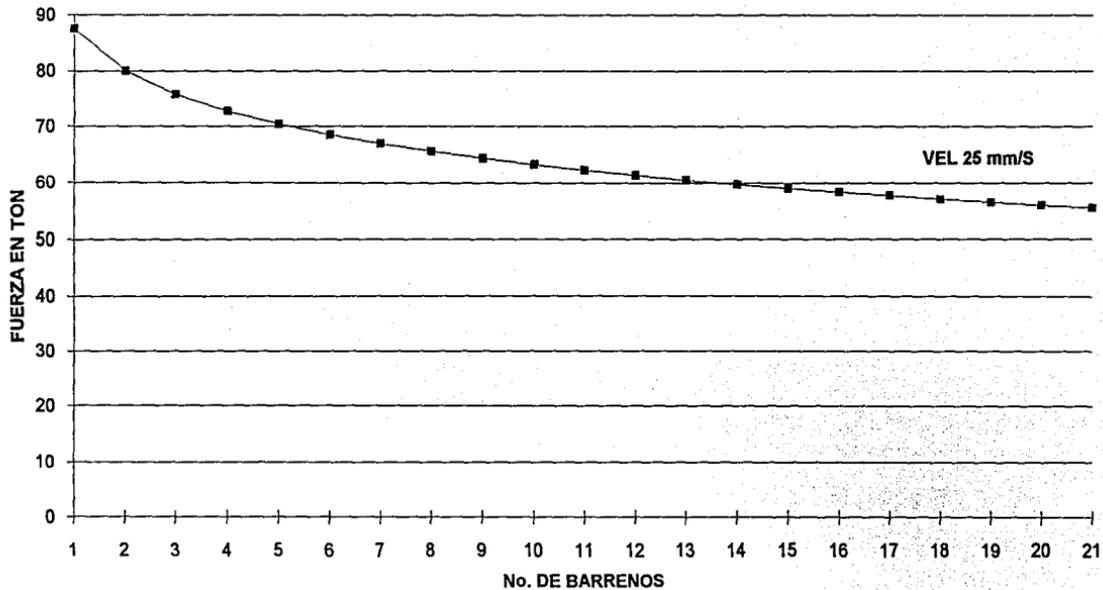


Fig 4.2.6.2 Fuerza para Extruir a 25 m/s según Sachs

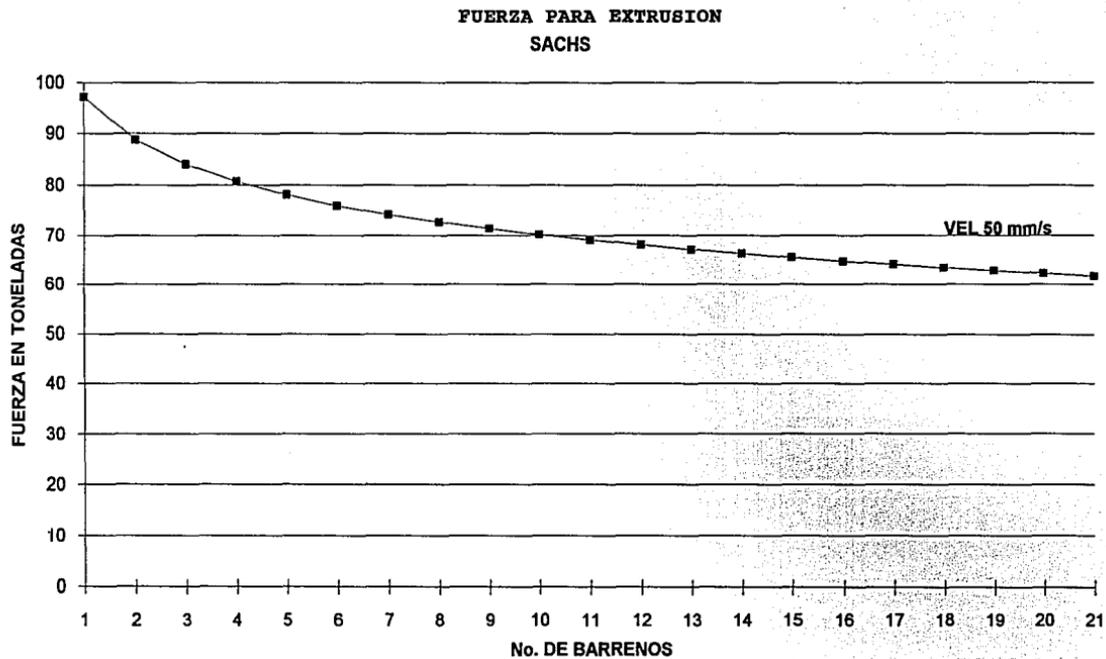
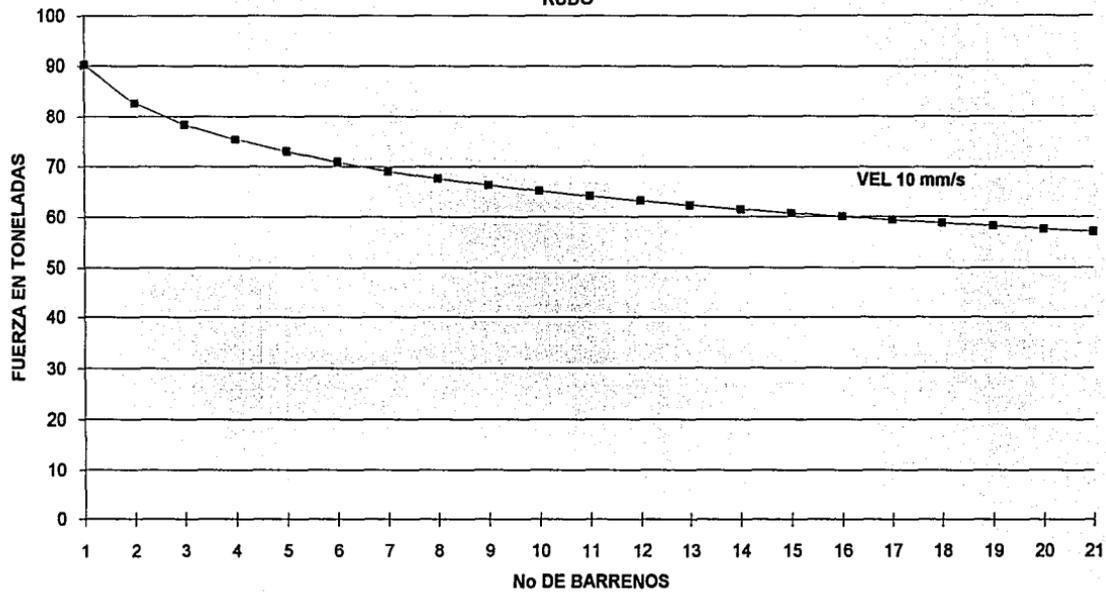


Fig 4.2.6.3 Fuerza para Extruir a velocidad de 50 m/s según Sachs

FUERZA PARA EXTRUSION

KUDO



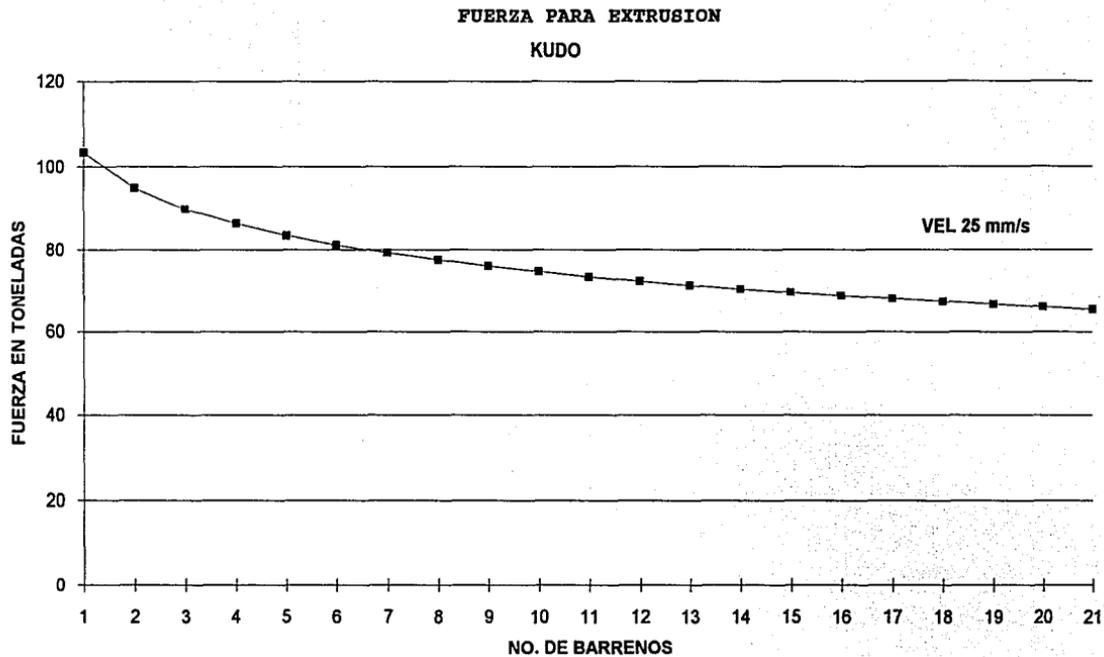


Fig 4.2.6.5 Fuerza para Extruir a velocidad de 25 m/s según Kudo

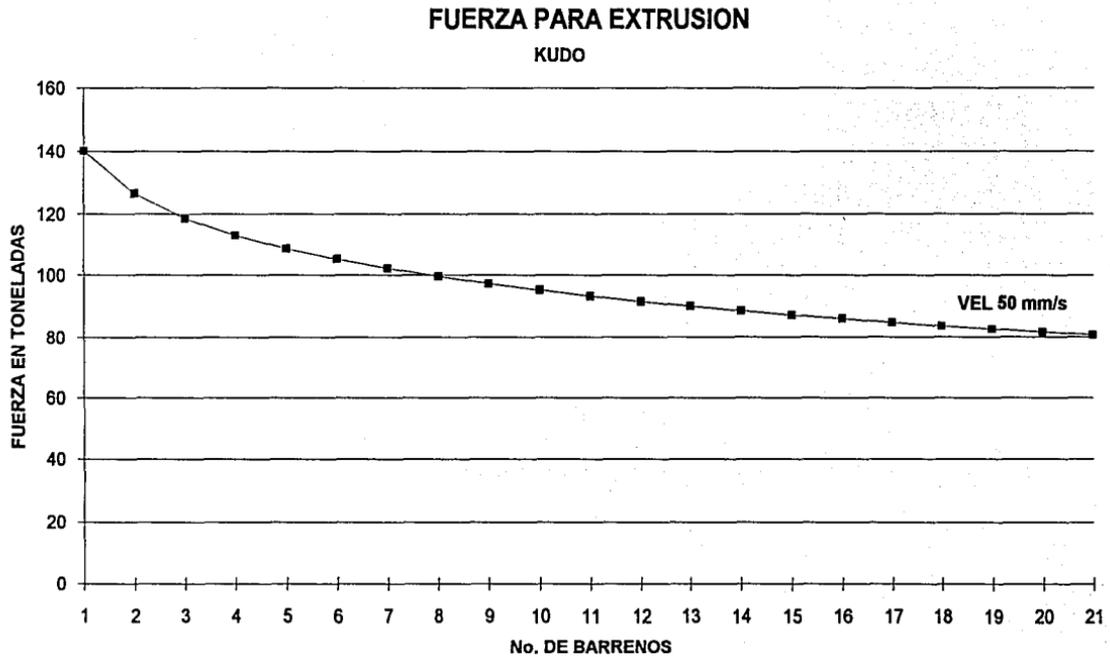


Fig 4.2.6.6 Fuerza para Extruir a velocidad de 50 m/s según Kudo

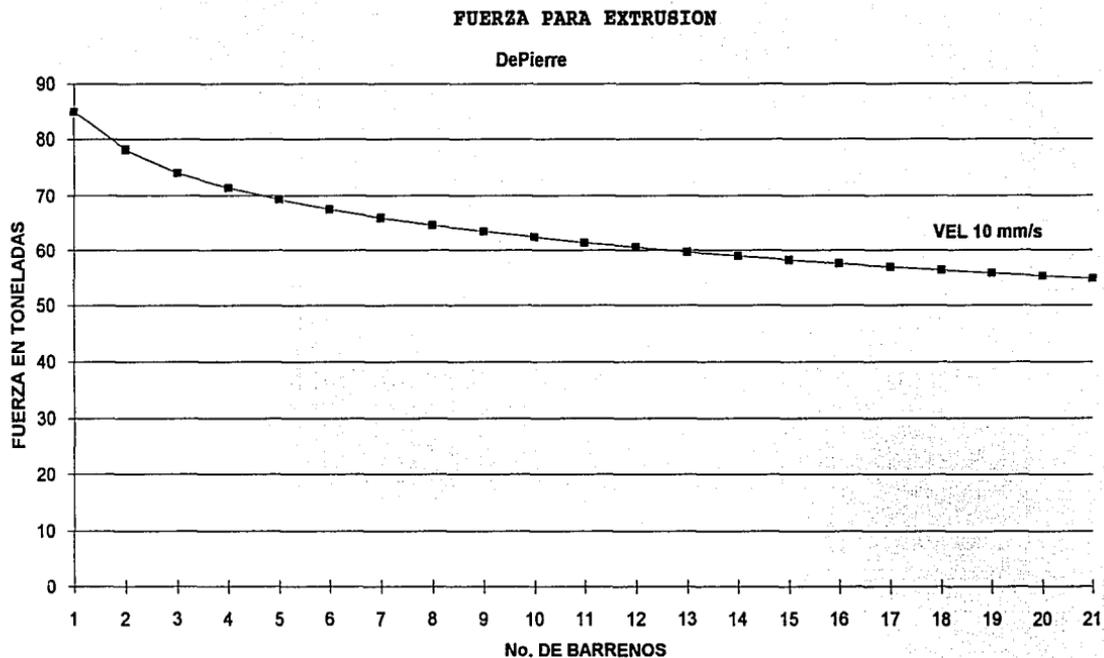


Fig 4.2.6.7 Fuerza para Extruir a velocidad de 10 m/s según DePierre

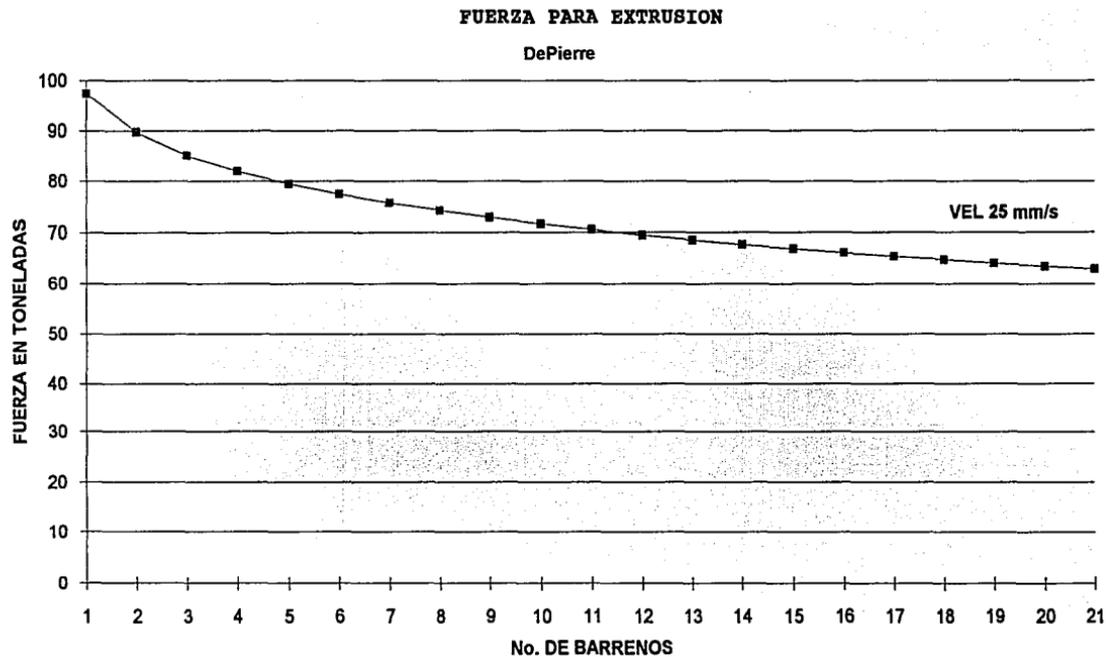


Fig 4.2.6.8 Fuerza para Extruir a velocidad de 25 m/s según De Pierre.

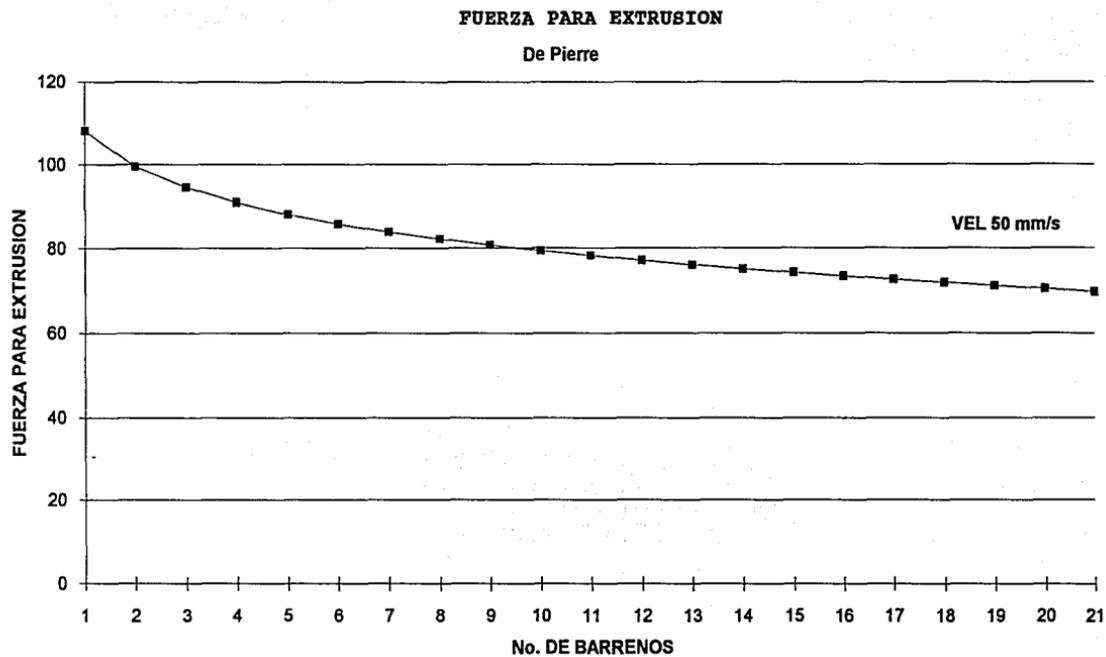


Fig 4.2.6.9 Fuerza para extruir a velocidad de 50 m/s según DePierre.

4.3 MODELADO EN 3D DEL DADO, DE ACUERDO A SU FORMA ACTUAL. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS DEL DISEÑO

El modelado del dado se hace en un programa para dibujo que sea capaz de generar sólidos de tres dimensiones.

El software utilizado es el AUTOCAD versión 11 utilizando el AME (advanced modeling extension).

El procedimiento para el modelado del dado de extrusión es el siguiente:

- 1.- Generar un cilindro de las dimensiones máximas del dado:
 - Diámetro: 66 mm
 - Altura: 22 mm.
- 2.- Hacer el chafilán superior a 5 mm de la superficie lateral y superior.
- 3.- Generar prismas rectangulares de 3 mm de lado y con una altura de 22 mm. en los lugares elegidos para los barrenos de extrusión.
- 4.- Restar al sólido principal todos los prismas rectangulares para obtener las partes huecas que son los barrenos para la extrusión ;a este paso se le conoce como sumas booleanas de sólidos.
- 5.- Se pueden hacer varias configuraciones para poder probarlas y determinar la más eficiente.

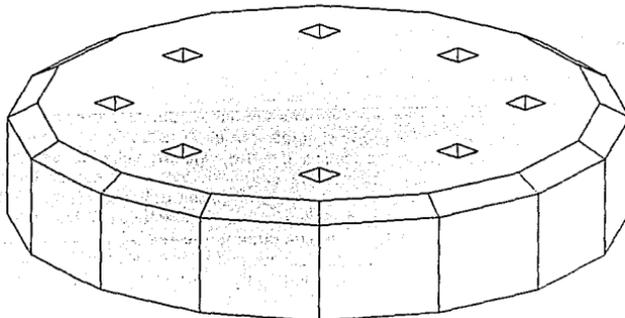


FIGURA 4.3.1 Dado de Extrusión Modelado en AUTOCAD VERSION 11.
La parte señalada muestra la zona de entrada del material.

4.3.1 ANALISIS DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES EN DADO DE EXTRUSION POR EL METODO DEL ELEMENTO FINITO.

Para hacer el análisis de esfuerzos y deformaciones del dado de extrusión se escogió el paquete de software llamado "COSMOS".

4.3.1.1 VALIDACION DE COSMOS

El software de COSMOS es un programa líder en su campo para el Análisis por Elementos Finitos (FEA) desarrollado por la empresa SRAC (Structural Research and Analysis Corporation). Actualmente se utiliza en un gran número de universidades y empresas de diseño alrededor de todo el mundo.

Este programa para FEA consta de un Preprocesador, un generador de malla, un modelador y un Postprocesador.

El equipo humano de soporte para el desarrollo del Software está integrado por 25 ingenieros, diez de los cuales tiene Doctorado en Ingeniería Mecánica y trece tienen Maestría en Ingeniería Mecánica.

Las principales características del programa son:

- Análisis de estructuras
- Análisis de Transferencia de Calor
- Análisis de Fluidos.
- Análisis de Flujos Magnéticos y Eléctricos.

Determina :

- Esfuerzos
- Deformaciones
- Desplazamientos.
- Fuerzas.
- Distribución de temperatura.

Todo lo anterior nos demuestra que es un programa confiable. Sin embargo para determinar el grado de confiabilidad de los resultados proporcionados por el postprocesador fue necesario hacer una validación de los mismos con la fabricación de una viga en voladizo instrumentada con Straingages siguiendo el método experimental de cargar la viga y observar los cambios de resistencia en los sensores y en consecuencia el voltaje de salida del puente de resistencias y así poder determinar los esfuerzos en un punto dado por medio del Factor de Galga, sometiendo a la viga a una carga de valor conocido (1 Kg.). Posteriormente se realizó el análisis de la viga en voladizo en un modelo en el Cosmos para analizar los esfuerzos calculados en el programa y compararlos con los obtenidos con la viga instrumentada y además con la Teoría de Vigas de la Mecánica de Materiales.

4.3.1.1.1 OBJETIVO

El objetivo ya mencionado fue el de comparar los resultados proporcionados por el programa con los obtenidos al realizar una prueba experimental del estado de esfuerzos y deformaciones en una viga en voladizo instrumentada con Medidores de deformación.

4.3.1.1.2 VIGA INSTRUMENTADA CON MEDIDORES DE DEFORMACION

Se seleccionó una viga en voladizo de aluminio con dimensiones: 114 x 3.2 x 25 mm de largo, alto y ancho respectivamente.

Por ser hecha de aluminio se seleccionaron medidores de deformación específicos para el grado de deformación esperada.

Se preparó la superficie hasta lograr un acabado a espejo para tener la adherencia adecuada entre los medidores y la viga.

Se seleccionó un lugar adecuado para la ubicación de los medidores de deformación (88 mm del extremo libre).

Se hizo el alambrado correspondiente colocando el arreglo tanto en la parte anterior como en la posterior de la viga como se muestra en las figuras Fig 4.3.1.1.2.1 y 2.

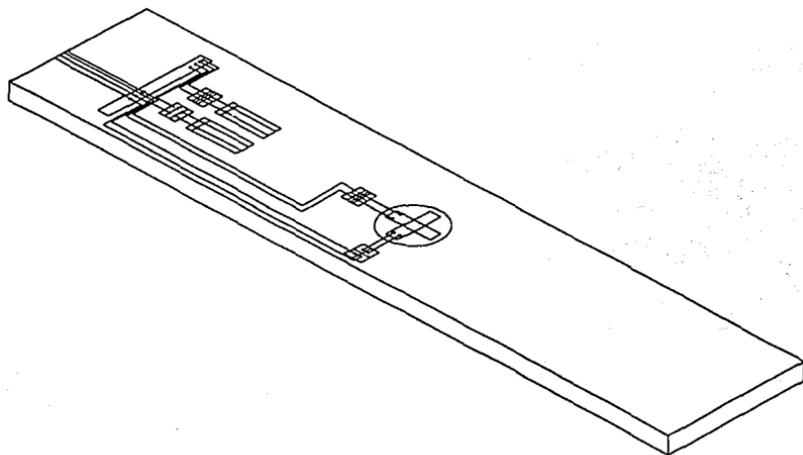


Fig 4.3.1.1.2.1 Arreglo de los strain gages en la viga de prueba.

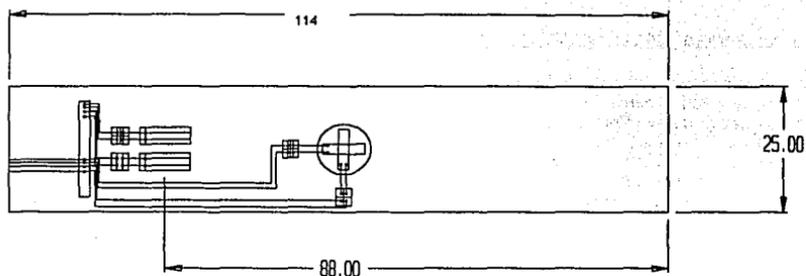


Fig 4.3.1.1.2. 2 Distancias consideradas para la colocación de los sensores.

La colocación de los sensores y la disposición del puente es como se muestra en la Fig 4.3.1.1.2.3.

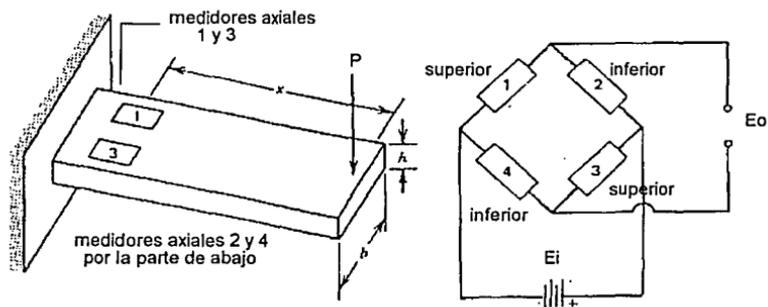


Fig 4.3.1.1.2. 3 Disposición de sensores en el puente y en la viga.

Una vez instrumentada la viga, se recubre con acrílico para evitar que se dañe la instalación con facilidad.

4.3.1.1.2.1 LAS PRUEBAS

Se armó el puente para realizar la medición correspondiente.

Se colocó la viga haciendo un apoyo de empotramiento y se fueron colocando los pesos en el extremo libre, es decir a 88 mm de la ubicación de los straingages en el siguiente orden:

- 1.- 200g
- 2.- 300g
- 3.- 500g
- 4.- 1000g
- 5.- 1500g
- 6.- 2500g
- 7.- 3500g

Los pasos de la prueba se hicieron 6 veces en orden ascendente y descendente. Se obtuvieron los resultados siguientes que sirvieron para saber las características del instrumento.

PESO APLICADO EN g	Eo1 (volts)	Eo2 (volts)	Eo3 (volts)	Eo4 (volts)
200	0.137	0.143	0.133	0.137666667
400	0.273	0.279	0.27	0.274
900	0.615	0.623	0.609	0.615666667
1400	0.963	0.97	0.946	0.959666667
2400	1.652	1.657	1.623	1.644
3400	2.358	2.344	2.298	2.333333333

Base de datos de las lecturas obtenidas al probar el modelo.

Como la resistencia de los cuatros medidores de deformación es la misma, se utiliza la siguiente ecuación (Measurement Systems. Doebelin 1988) para la determinación del voltaje de salida:

$$E_o = [6 S_g P x E_i] / [E b h^2]$$

donde

Eo =	Voltaje de salida	x volts
Sg =	Factor de galga	2
P =	Carga aplicada	9.81 N
x =	Posición del extensómetro desde el extremo	88 mm
Ei =	Voltaje de entrada	6 volts
E =	Módulo de elasticidad del material	71000 Mpa
b =	Ancho de la viga	25 mm
h =	Alto de la viga (peralte)	3.2 mm

De acuerdo con los datos proporcionados, el voltaje de salida resulta de 0.0005699 Volts.

Entonces $E_o = 0.569$ mv.

Sensibilidad = 0.569 mv / Kg.

Doebelin (Measurement Systems, Mc Graw Hill, 1988) plantea la ecuación:

$$e_1 = 6M/Ebh^2; e_1 = 6Px/Ebh^2; \text{ pero de la ley de Hook } \sigma = E\epsilon; \text{ por lo tanto } \sigma = 6Px/bh^2.$$

$\epsilon_1 = 6M/Ebh^2$; $c_1 = 6Px/Ebh^2$; pero de la ley de Hook $\sigma = E\epsilon$; por lo tanto $\sigma = 6Px/bh^2$.

Por lo que de lo calculado podemos obtener el valor del esfuerzo en el punto donde está colocado el strainage como:

$$\sigma = (6 \cdot 9.81 \cdot 88) / (25 \cdot 3.2^2) ; \sigma = 20.23 \text{ Mpa. Para una carga } P \text{ de } 9.81 \text{ N}$$

A continuación presento un resumen de resultados para la calibración del instrumento y la comprobación del comportamiento lineal, rango de salida, exactitud y repetibilidad.

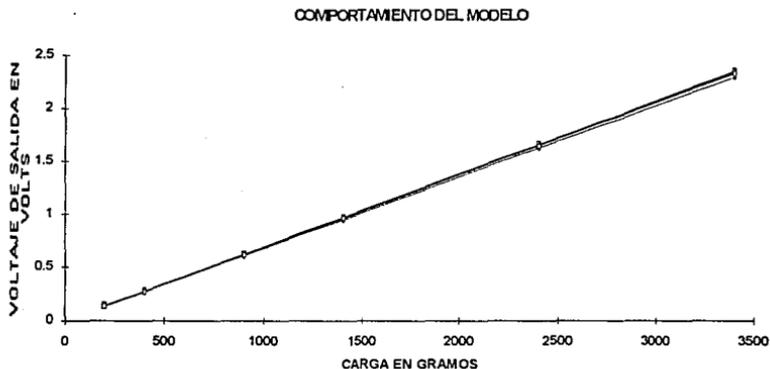


Fig 4.3.1.1.2. 4 Gráfica en que se aprecia el comportamiento lineal del modelo.

4.3.1.1.3 ANALISIS EN EL COSMOS.

Se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

- 1.- Geometría: Se dibujó el contorno de la viga con las dimensiones señaladas anteriormente, se definieron las curvas al unir los puntos y posteriormente se definió la frontera como una superficie.
- 2.- Tipo de Elementos: Estos se declararon como "Shell4", es decir elementos de tipo cascarón de cuatro nodos; material aluminio con módulo de elasticidad 71 000 Mpa. Como la viga finalmente se estableció como una superficie en el plano, se debió especificar el ancho de valor 25 mm.
- 3.- Mallado: En la dirección x se colocaron 200 nodos, y en la dirección y 5 nodos, dando un total de 1206 nodos y 1000 elementos. En la fig. 5 se muestra una parte del mallado sobre la viga.
- 4.- Condiciones de Frontera: Desde luego se empotró en el extremo izquierdo y se aplicó la fuerza en la dirección y negativa en el extremo libre.

5.- Resultados: La posición de los straingages corresponde a una distancia de 88 mm desde el extremo libre que coincide con el nodo No.1060 y 1061 el cual tiene un valor de esfuerzo de $\sigma = 21.57$ y 21.42 Mpa. respectivamente, figura 6.

4.3.1.1.4 TEORIA DE VIGAS

La Teoría de Vigas (Popov, Introducción a la Mecánica de sólidos, Cap 6, 1982) establece que para obtener el esfuerzo por flexión en una viga en un punto específico, basta con conocer el momento flector aplicado en ese punto M, la posición del punto de análisis con respecto al eje neutro y , el momento de inercia del área de la sección transversal I , los cuales se relacionan en la fórmula:

$$\sigma = M y / I$$

En el caso de la viga se tiene:

$$M = P L; P = 9.81 \text{ N}, L = 88 \text{ mm}; \text{ Entonces } M = 9.81 * 88 = 863.28 \text{ N mm.}$$

$$y = 3.2/2 = 1.6 \text{ mm.}$$

$$I = b h^3/12; I = 25 * 3.2^3/12 = 68.26 \text{ mm}^4.$$

Entonces:

$$\sigma = 863.28 * 1.6 / 68.26 = 20.23 \text{ Mpa.}$$

4.3.1.1.5 COMPARACION DE RESULTADOS

Método de Medición con Straingages	Cosmos	Teoría de Vigas
s = 20.23 Mpa	s = 21.42 Mpa	s = 20.23 Mpa

4.3.1.1.6 CONCLUSIONES

Como se puede ver de los resultados, la diferencia máxima entre la teoría de vigas y el Cosmos es de un 5.8%, mientras que la que hay entre Cosmos y la proporcionada por las deformaciones medidas con los Straingages es también de 5.8 % por lo que podemos tener un grado de confiabilidad de al menos 94 % de los resultados que proporcione el Cosmos.

En el mencionado programa de software para análisis de esfuerzos y deformaciones por el método del elemento finito FEM, se pueden llevar a cabo estos análisis de placas, vigas, volúmenes de sólidos y de fluidos en forma estática y dinámica. Además se pueden incluir condiciones de temperatura.

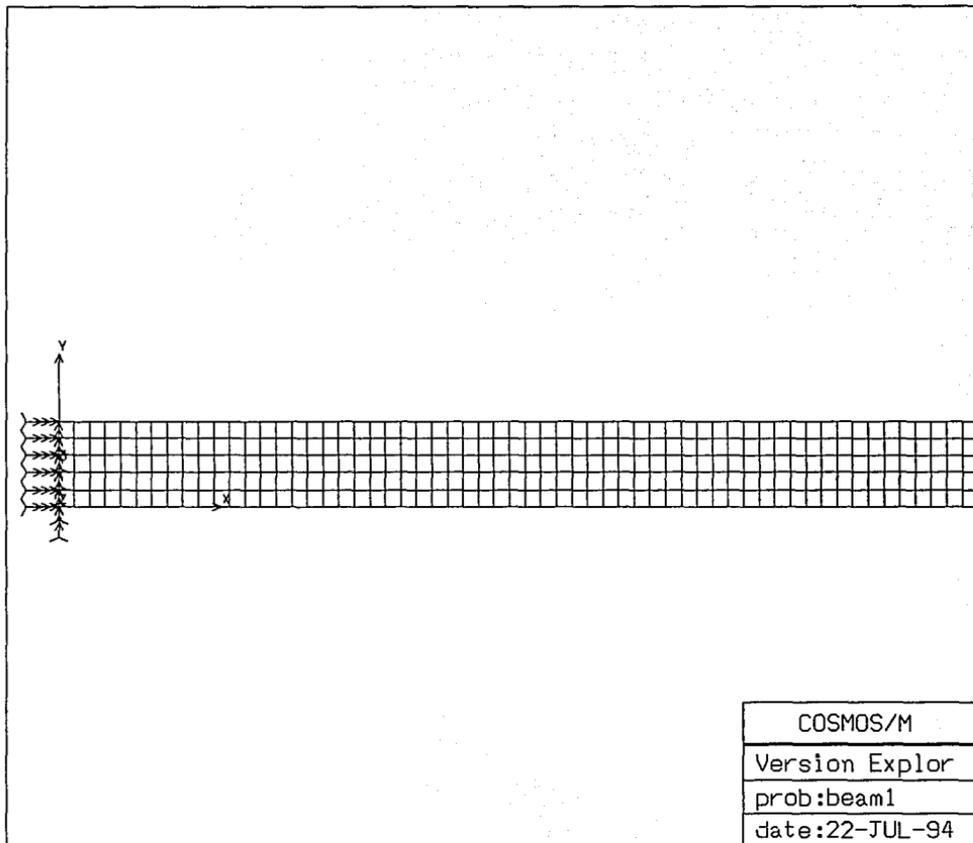


Fig. 4.3.1.1.3.5. Mallado de la Viga.

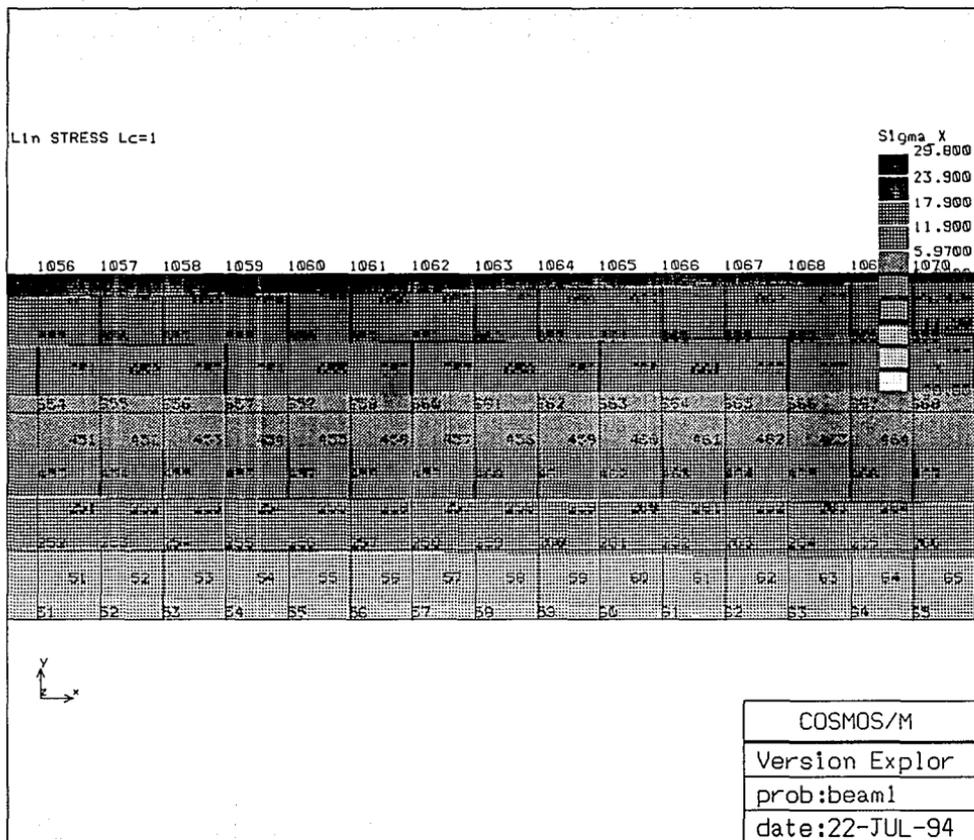


Fig. 4.3.1.1.3.6. Estado de esfuerzos en elementos y nodos.

Node	Load case					
	SIG_X	SIG_Y	SIG_Z	1 Top Face TAU_XY	Layer 1 TAU_XZ	TAU_YZ
1050	2.188e+01	1.473e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
1051	2.174e+01	1.464e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
1052	2.159e+01	1.454e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
1053	2.144e+01	1.444e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
1054	2.129e+01	1.434e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
1055	2.114e+01	1.424e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
1056	2.100e+01	1.414e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
1057	2.085e+01	1.404e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
1058	2.070e+01	1.394e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
1059	2.055e+01	1.384e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
1060	2.040e+01	1.374e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
1061	2.026e+01	1.364e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
1062	2.011e+01	1.354e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
1063	1.996e+01	1.344e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
1064	1.981e+01	1.334e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
1065	1.967e+01	1.324e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00

Hit <Esc> to abort or any other key to continue

Page 1

Node	Load case					
	SIG_X	SIG_Y	SIG_Z	1 Top Face TAU_XY	Layer 1 TAU_XZ	TAU_YZ
45	-2.188e+01	-1.473e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
46	-2.174e+01	-1.464e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
47	-2.159e+01	-1.454e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
48	-2.144e+01	-1.444e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
49	-2.129e+01	-1.434e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
50	-2.114e+01	-1.424e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
51	-2.100e+01	-1.414e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
52	-2.085e+01	-1.404e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
53	-2.070e+01	-1.394e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
54	-2.055e+01	-1.384e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
55	-2.040e+01	-1.374e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
56	-2.026e+01	-1.364e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
57	-2.011e+01	-1.354e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
58	-1.996e+01	-1.344e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
59	-1.981e+01	-1.334e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
60	-1.967e+01	-1.324e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
61	-1.952e+01	-1.314e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
62	-1.937e+01	-1.304e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
63	-1.922e+01	-1.294e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00
64	-1.907e+01	-1.284e+00	0.000e+00	-5.807e-02	0.000e+00	0.000e+00

Fig. 4.3.1.1.3.7. Detalle del estado de esfuerzos en nodos y elementos.



4.3.1.2 MODELADO DEL DADO DE EXTRUSION

En el modelo que se quiere analizar del dado de extrusión se llevó a cabo un estudio preliminar del estado de esfuerzos y deformaciones en el dado sin tomar en cuenta aspectos de temperatura con el fin de indagar si la temperatura a que se lleva a cabo el proceso es determinante en el comportamiento y falla del citado dado .

El dado de extrusión se definió de la siguiente forma:

Dimensiones:

- diámetro:	40 mm
- altura:	22 mm
- barreno para extrusión:	3 mm de lado

Material:

- acero H12	Módulo de elasticidad $E = 209 \text{ KN/mm}^2$.
-------------	---

Variables :

- presión:	460 Mpa - 550 Mpa
- velocidad de extrusión	10, 25 y 50 mm/s

El proceso del modelado debe llevarse a cabo en varios pasos lógicos:

- 1.- Se dan un conjunto de puntos que después sirven de referencia para definir las curvas que serán las fronteras del sólido y la zona de barrenos.
- 2.- Se definen contornos formados por curvas y por medio de éstos se conforman las regiones formadas por éstos. La región posteriormente se va a dividir en elementos y se le asignarán nodos donde se van a aplicar las fuerzas o presiones. Los resultados de esfuerzos y deformaciones estarán definidos en los nodos.
- 3.- Se especifican las condiciones de frontera que en nuestro caso implica tener empotrada la placa en todo su perímetro, ya que en el momento de la extrusión el punto de apoyo es precisamente alrededor de todo su perímetro.
- 4.- Se aplican las fuerzas o presiones que en este caso son las proporcionadas por la prensa.
- 5.- Una vez terminado el modelado se pide al programa que haga la malla correspondiente para la ubicación de los nodos y elementos. Se puede elegir la cantidad de nodos por elemento. Se recomienda tener cuidado y tomar un valor de equilibrio para lograr un buen tamaño para los elementos, así como exactitud y al mismo tiempo impedir que el problema se complique más allá de lo necesario.

6.- En este momento se puede llevar a cabo el **ANALISIS ESTÁTICO** del modelo completo, donde si se detecta algún error, se detiene el proceso. El error puede deberse a un mal modelado del sistema .

7.- Finalmente, se activa la representación gráfica de los esfuerzos y deformaciones para poder visualizar los resultados del análisis.

4.3.2 RESULTADOS

A continuación se presenta el resultado obtenido al analizar un dado de los actuales con seis barrenos para la extrusión.

Los barrenos se colocan en un círculo de radio 20 mm, tienen 3 mm de lado y longitud total de 22 mm.

En el modelado del sistema se considera que se desarrolla un estado de esfuerzos plano por lo que el elemento se considera uno del tipo "SHELL3T" que implica la consideración de un estado plano de esfuerzos, aunque el elemento es de espesor considerable.

Se aplica una fuerza tal que provoque el máximo esfuerzo permisible para el material que es de 460 a 550 Mpa.

En lo referente a las condiciones de frontera, se considera que el diámetro exterior del dado no deberá sufrir ningún desplazamiento por lo que se restringen sus movimientos en los tres ejes.

Con los datos anteriores, se genera un modelo como el de la fig. 4.3.2 .1 donde se aprecia el mallado de la región, la presión aplicada en cada elemento y la restricción de desplazamiento.

Al realizar el **ANALISIS ESTÁTICO**, se tiene un modelo con:

- 203 nodos
- 343 elementos
- 930 ecuaciones

En la fig 4.3.2.2 se pueden ver los resultados que en forma gráfica proporciona el programa. El esfuerzo máximo se presenta precisamente en la zona de soporte y tiene un valor de 516 Mpa, que es muy cercano al máximo permisible para el material del dado.

En la fig. 4.3.2.3 se tiene que el desplazamiento máximo es de 3.83 mm.

En las figuras 4.3.2.4 y 4.3.2.5 se presentan los resultados del análisis estático para un dado de 9 barrenos en los que se aprecia que el esfuerzo máximo generado es de 518 Mpa. y la deformación máxima generada es de 3.39 mm

En la figura 4.3.2.6 se observa la deformación de manera exagerada en la dirección Z negativa.

En la fig 4.3.2.7 se tiene un acercamiento de la zona de barrenos y se ve que en ese lugar no se tienen los esfuerzos máximos lo cual nos lleva a pensar que se puede incrementar el número de barrenos sin provocar falla en el dado por exceso de esfuerzo.

En las figuras 4.3.2.8 y 4.3.2.9 se observa el comportamiento con un dado de las mismas dimensiones pero con 19 barrenos.

El dado de comportamiento óptimo es el que se le maquinaron 21 barrenos.

En la figura 4.3.2.10 se presenta la distribución de barrenos, malla generada, la posición de los nodos y las dos regiones generada para hacer el análisis estático así como las restricciones de movimiento en la frontera y la presión aplicada en cada elemento.

Se obtuvieron 197 nodos, 302 elementos, dos regiones y 23 contornos.

En la figura 4.3.2.11 y 4.3.2.12 se ven los resultados obtenidos al realizar el análisis en donde se tuvieron que resolver un total de 894 ecuaciones, dando como resultado que el máximo esfuerzo es de 518 Mpa en la periferia y una deformación máxima de 3.44 mm en la región central.

La figura 4.3.2.13 es un acercamiento para poder apreciar con más detalle la zona de máximo esfuerzo.

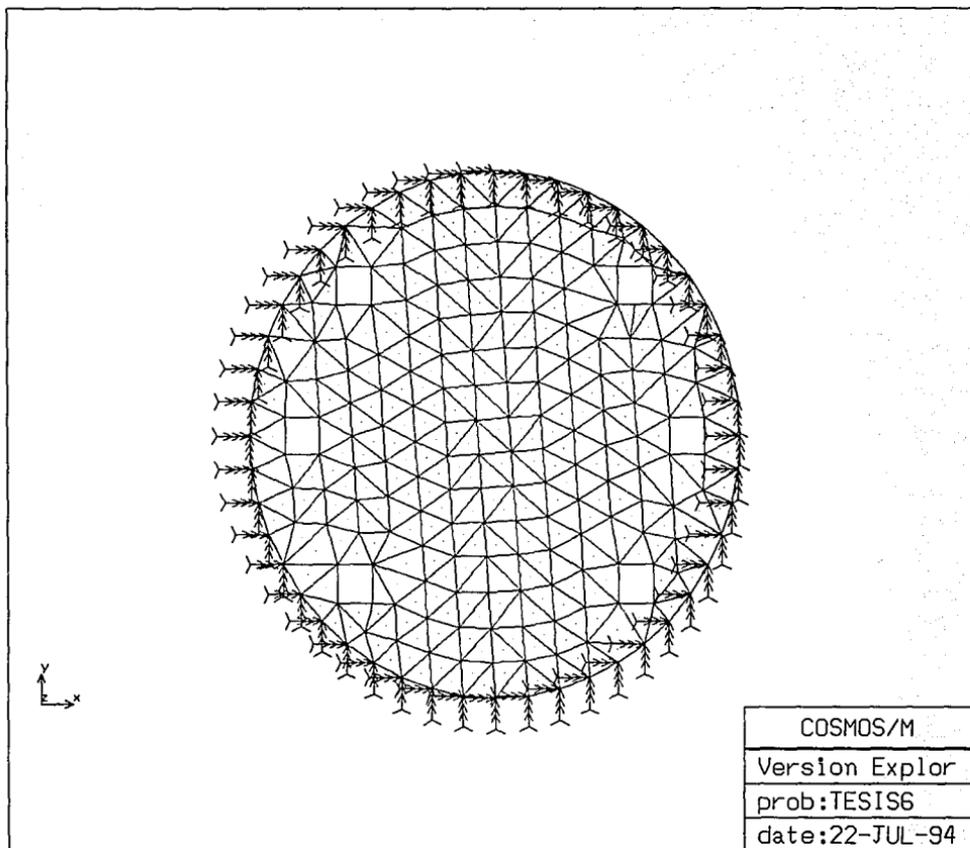


FIGURA 4.3.2.1. Mallado y configuración de un dado de extrusión con 6 barrenos.

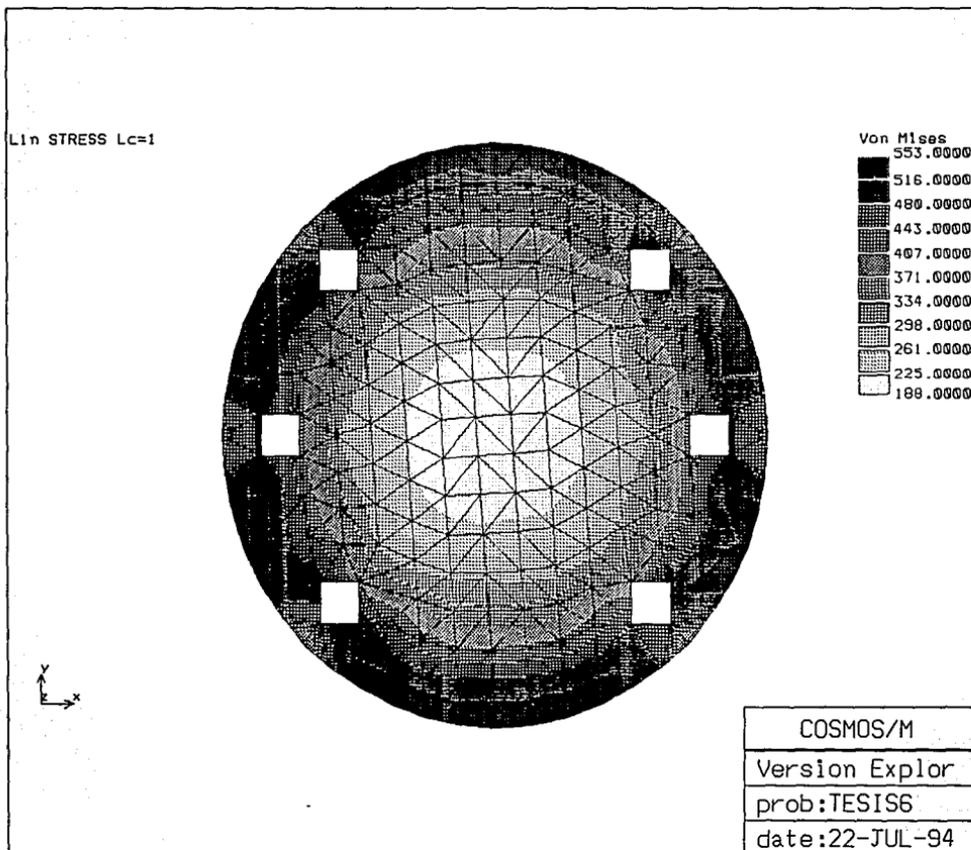


FIGURA 4.3.2.2. Configuración del estado de esfuerzos resultante.

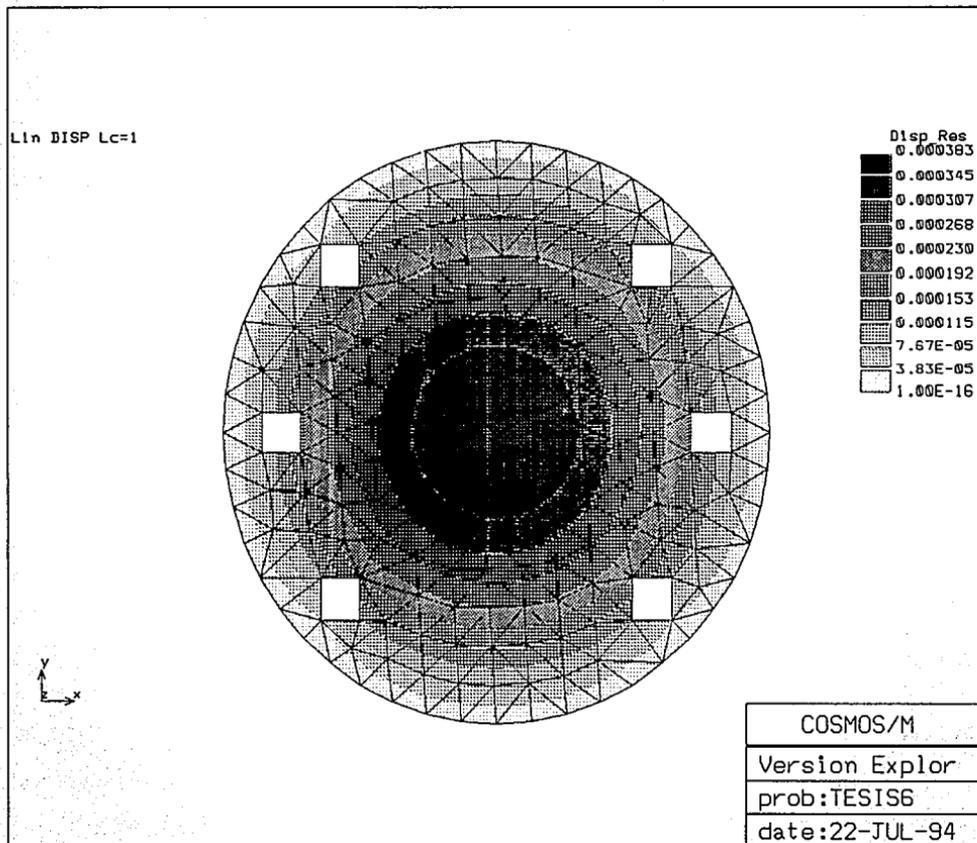


FIGURA 4.3.2.3. Configuración del estado de deformación resultante.

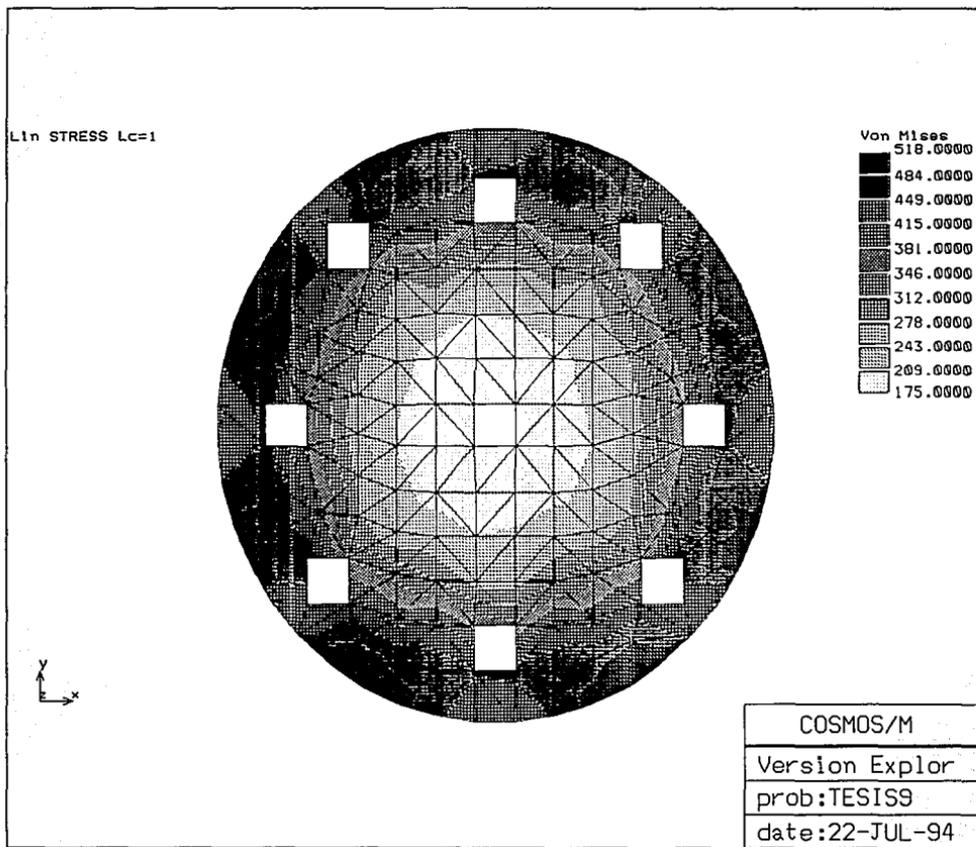


FIGURA 4.3.2.4. Diagrama del estado de esfuerzos resultante en un dado de extrusión con 9 barrenos.

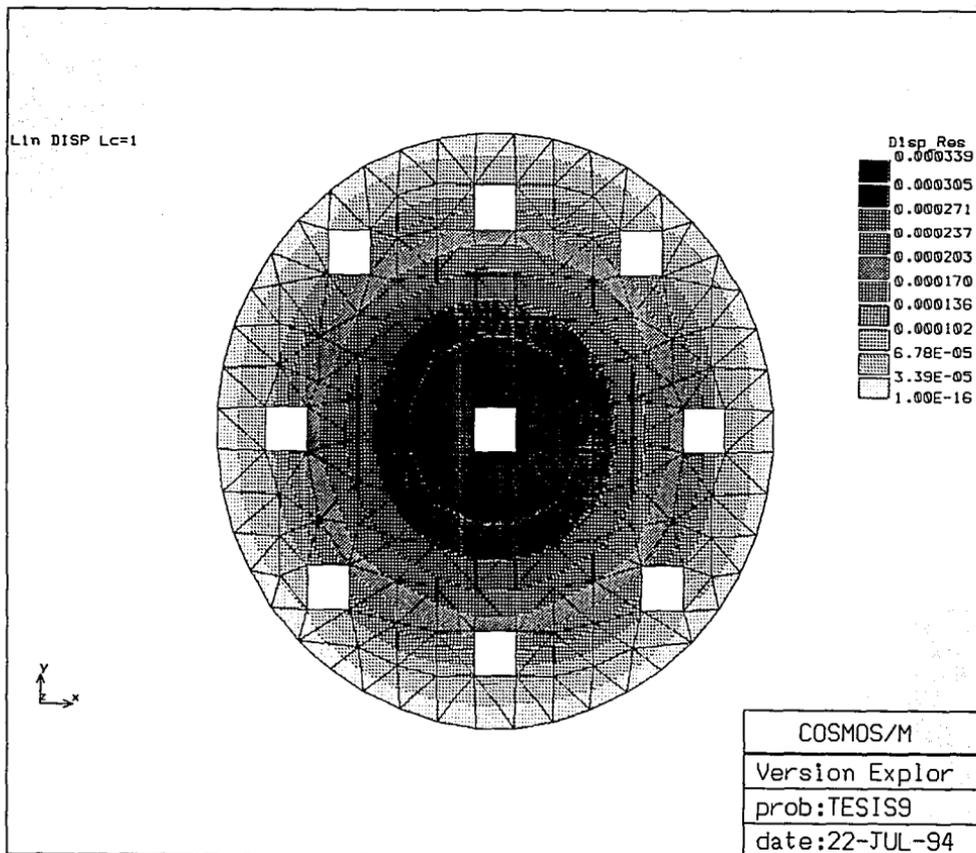


FIGURA 4.3.2.5. Diagrama del estado de deformación resultante en un dado de extrusión con 9 barrenos.

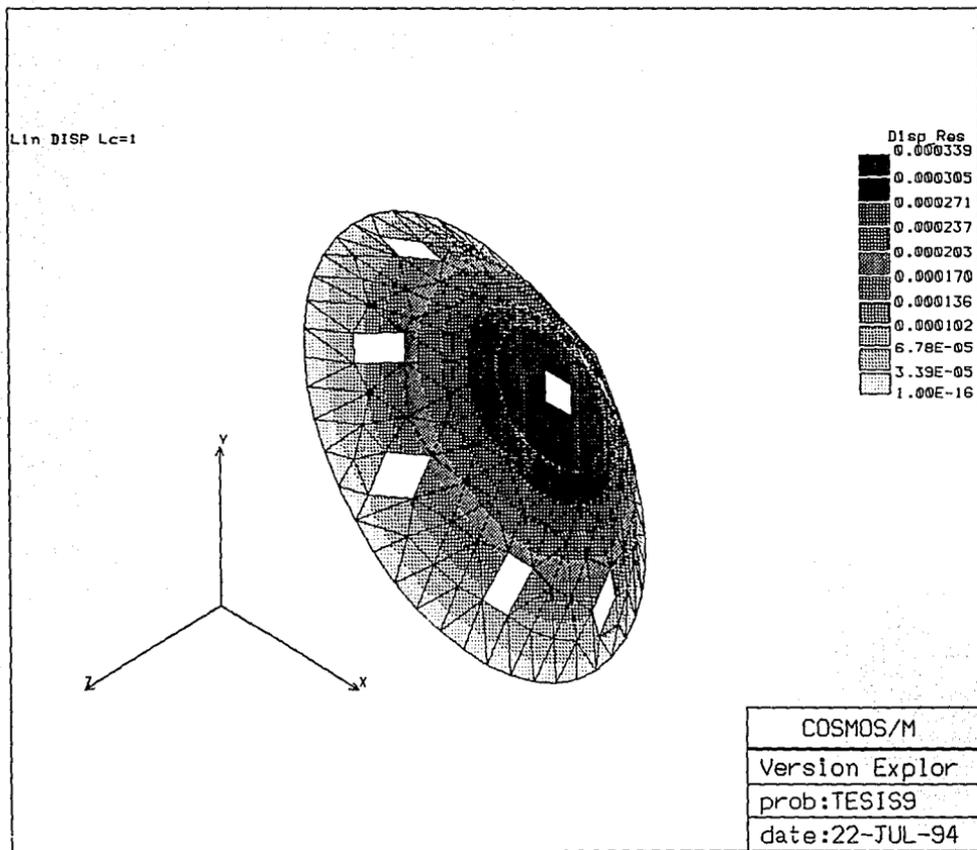


FIGURA 4.3.2.6. Estado de deformación resultante de manera exagerada para apreciar el sentido de la deformación.

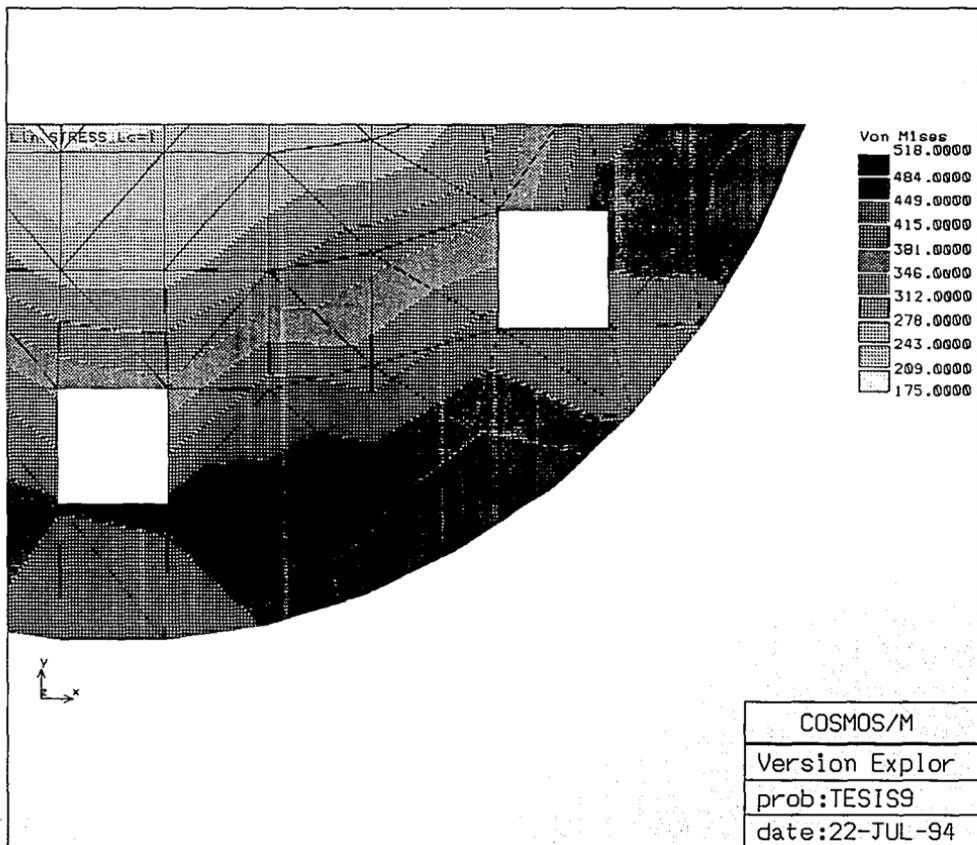


FIGURA 4.3.2.7. Acercamiento del estado de esfuerzos en un dado de extrusión con 9 barrenos que permite apreciar la zona de esfuerzo máximo.

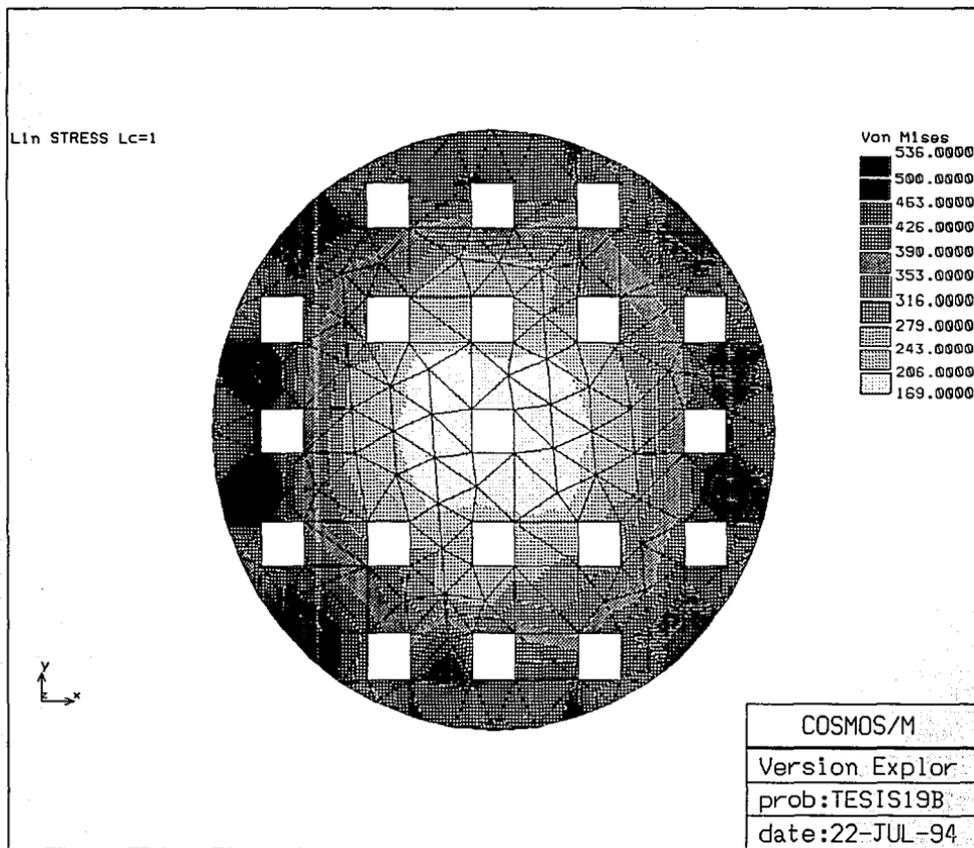


FIGURA 4.3.2.8. Diagrama del estado de esfuerzos en un dado de extrusión con 19 barrenos.

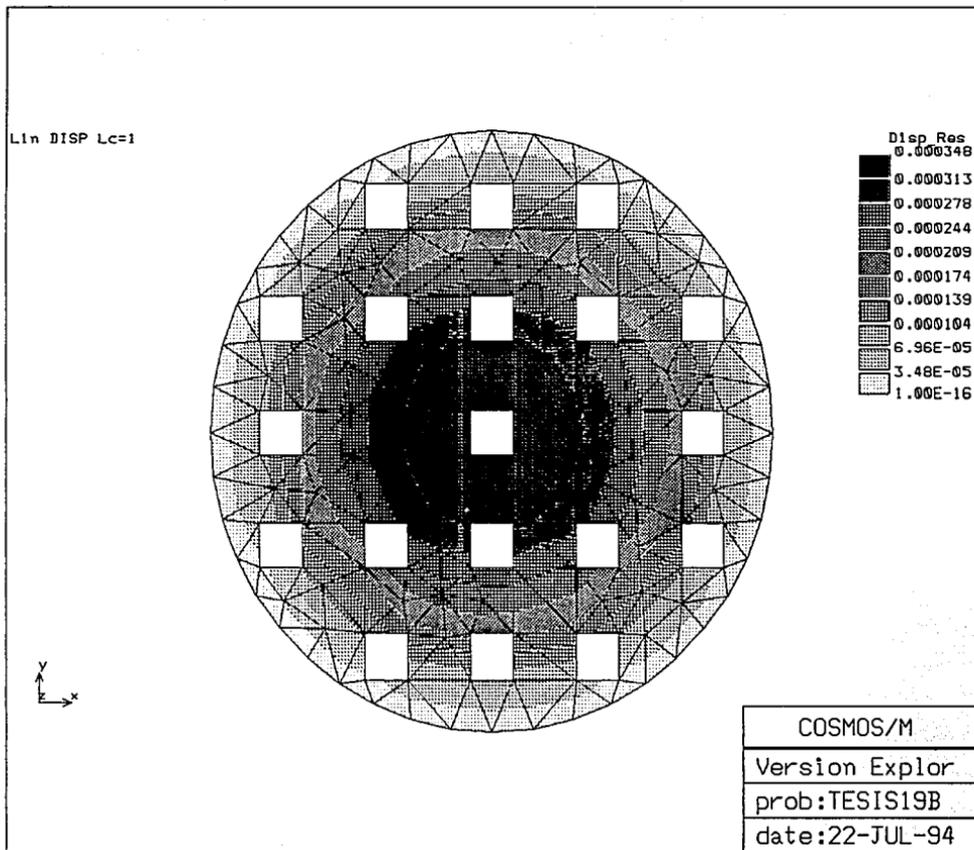


FIGURA 4.3.2.9. Diagrama del estado de deformación en un dado de extrusión con 19 barrenos.

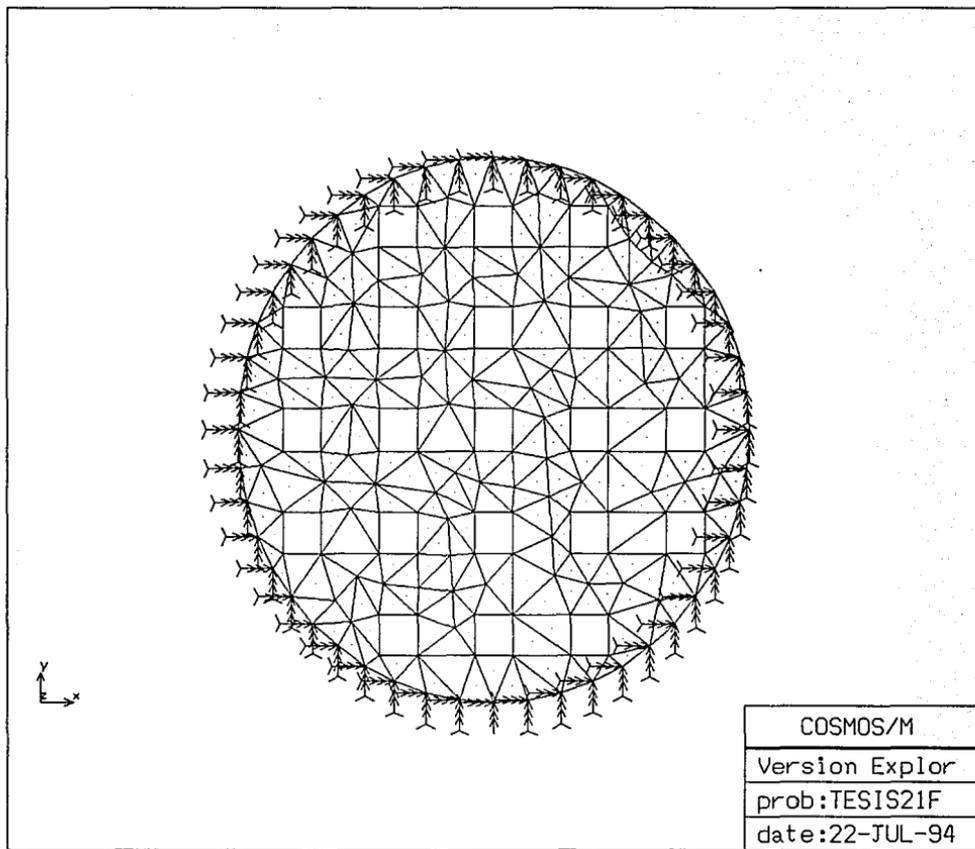


FIGURA 4.3.2.10. Distribución de los barrenos y de las regiones en un dado de extrusión con 21 barrenos.

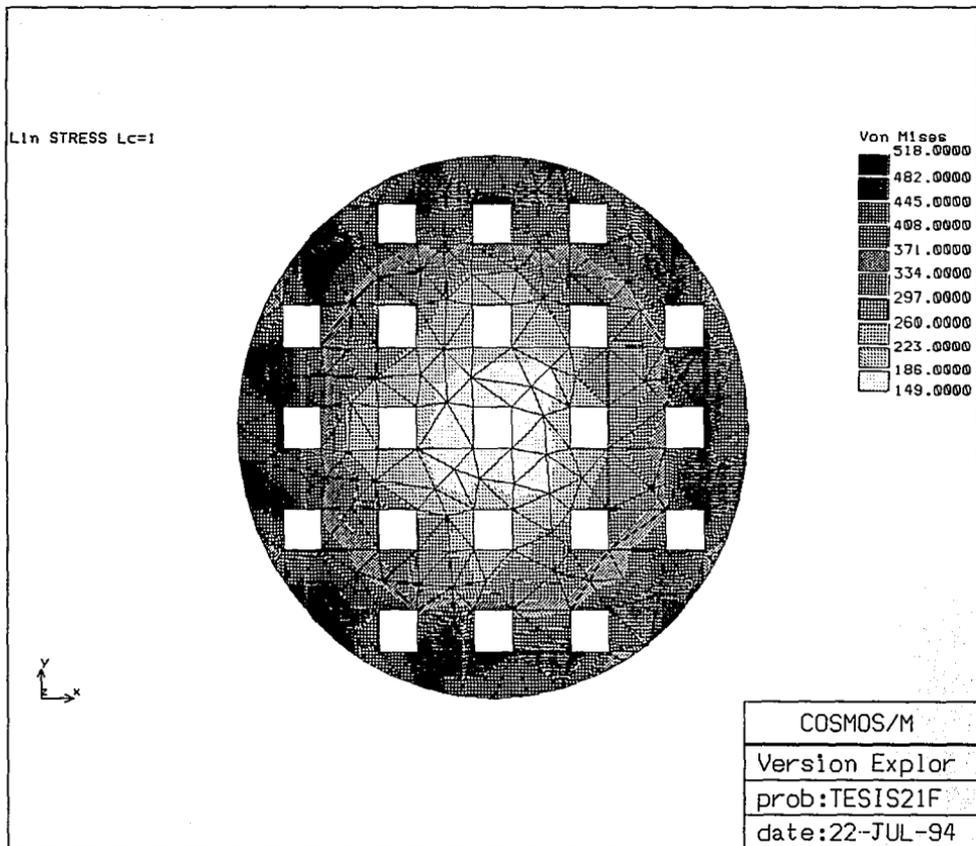


FIGURA 4.3.2.11. Diagrama de distribución de esfuerzos en un dado de extrusión con 21 barrenos.

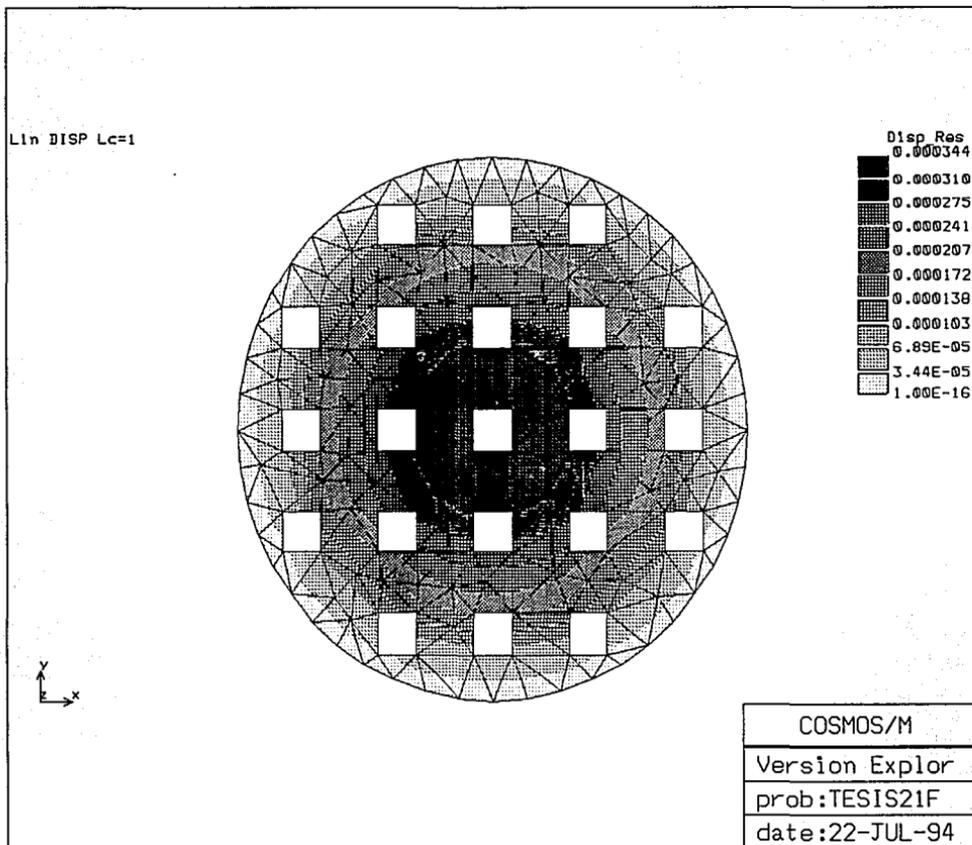


FIGURA 4.3.2.12. Diagrama de distribución de deformaciones en un dado de extrusión con 21 barrenos.

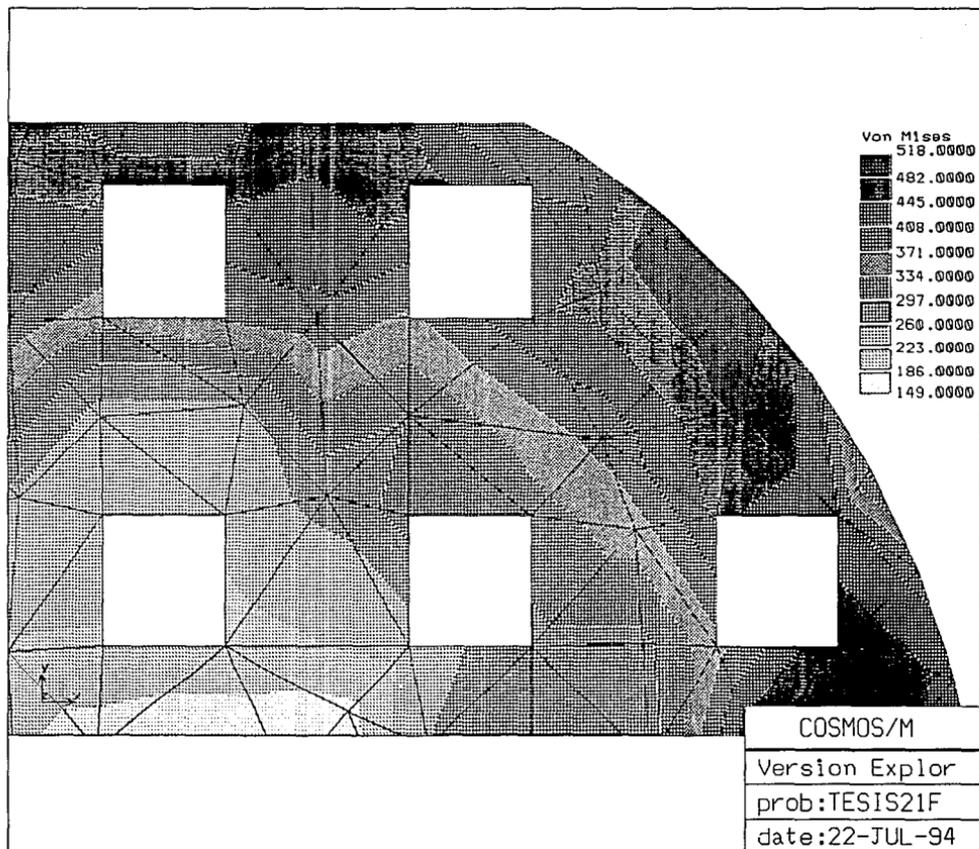


FIGURA 4.3.2.13. Diagrama de distribución de esfuerzos en un dado de extrusión de 21 barrenos. Acercamiento que permite apreciar la zona de máximo esfuerzo.

A continuación se muestran los archivos generados en COSMOS para el análisis del dado de 21 barrenos.

C* COSMOS/M Geostar Explor

C* Problem : tesis21f Date : 09-FEB-94 Time : 16:22:19

C* FILES, TESIS21X.SES,1,1,1,1,

PLANE,Z,0,1,

VIEW,0,0,1,0,

PT,1,45,45,0,

PT,2,90,45,0,

CRPCIRCLE,1,1,2,35,360,4,

PT,7,43.5,46.5,0,

PT,8,46.5,46.5,0,

PT,9,46.5,43.5,0,

PT,10,43.5,43.5,0,

PT,11,34.5,46.5,0,

PT,12,37.5,46.5,0,

PT,13,37.5,43.5,0,

PT,14,34.5,43.5,0,

PT,15,25.5,46.5,0,

PT,16,28.5,46.5,0,

PT,17,28.5,43.5,0,

PT,18,25.5,43.5,0,

PT,19,16.5,46.5,0,

PT,20,19.5,46.5,0,

PT,21,19.5,43.5,0,

PT,22,16.5,43.5,0,

PT,23,52.5,46.5,0,

PT,24,55.5,46.5,0,

PT,25,55.5,43.5,0,

PT,26,52.5,43.5,0,

PT,27,61.5,46.5,0,

PT,28,64.5,46.5,0,

PT,29,64.5,43.5,0,

PT,30,61.5,43.5,0,

PT,31,70.5,46.5,0,

PT,32,73.5,46.5,0,

PT,33,73.5,43.5,0,

PT,34,70.5,43.5,0,

CRPCIRCLE,5,1,2,20,360,4,

PTDEL,31,34,1,

PTDEL,19,22,1,

PT,39,43.5,37.5,0,

PT,40,46.5,37.5,0,

PT,41,46.5,34.5,0,

PT,42,43.5,34.5,0,

PT,43,52.5,37.5,0,

PT,44,55.5,37.5,0,

PT,45,55.5,34.5,0,

PT,46,52.5,34.5,0,

PT,47,34.5,37.5,0,

PT,48,37.5,37.5,0,

PT,49,37.5,34.5,0,

PT,50,34.5,34.5,0,

PT,51,34.5,31.5,0,

PT,52,37.5,31.5,0,

sistema de coordenadas

punto de vista

creación de puntos para generar

la geometría del dado

PT,53,37.5,28.5,0.
 PT,54,34.5,28.5,0.
 PT,55,43.5,31.5,0.
 PT,56,46.5,31.5,0.
 PT,57,46.5,28.5,0.
 PT,58,43.5,28.5,0.
 PT,59,52.5,31.5,0.
 PT,60,55.5,31.5,0.
 PT,61,55.5,28.5,0.
 PT,62,52.5,28.5,0.
 PTDEL,11,29,1.
 PTDEL,39,61,1.
 PTDEL,30,30,1.
 PTDEL,62,62,1.
 PT,39,36,46.5,0.
 PT,40,39,46.5,0.
 PT,41,39,43.5,0.
 PT,42,36,43.5,0.
 PT,43,28.5,46.5,0.
 PT,44,31.5,46.5,0.
 PT,45,31.5,43.5,0.
 PT,46,28.5,43.5,0.
 PT,47,51,46.5,0.
 PT,48,54,46.5,0.
 PT,49,54,43.5,0.
 PT,50,51,43.5,0.
 PT,51,58.5,46.5,0.
 PT,52,61.5,46.5,0.
 PT,53,61.5,43.5,0.
 PT,54,58.5,43.5,0.
 PT,55,43.5,39,0.
 PT,56,46.5,39,0.
 PT,57,46.5,36,0.
 PT,58,43.5,36,0.
 PT,59,43.5,31.5,0.
 PT,60,46.5,31.5,0.
 PT,61,46.5,28.5,0.
 PT,62,43.5,28.5,0.
 PT,63,51,39,0.
 PT,64,54,39,0.
 PT,65,54,36,0.
 PT,66,51,36,0.
 PT,67,51,31.5,0.
 PT,68,54,31.5,0.
 PT,69,54,28.5,0.
 PT,70,51,28.5,0.
 PT,71,36,39,0.
 PT,72,39,39,0.
 PT,73,39,36,0.
 PT,74,36,36,0.
 PT,75,36,31.5,0.
 PT,76,39,31.5,0.
 PT,77,39,28.5,0.
 PT,78,36,28.5,0.
 PT,79,28.5,39,0.
 PT,80,31.5,39,0.

PT,81,31.5,36,0,
 PT,82,28.5,36,0,
 PT,83,58.5,39,0,
 PT,84,61.5,39,0,
 PT,85,61.5,36,0,
 PT,86,58.5,36,0,
 PT,87,43.5,54,0,
 PT,88,46.5,54,0,
 PT,89,46.5,51,0,
 PT,90,43.5,51,0,
 PT,91,51,54,0,
 PT,92,54,54,0,
 PT,93,54,51,0,
 PT,94,51,51,0,
 PT,95,58.5,54,0,
 PT,96,61.5,54,0,
 PT,97,61.5,51,0,
 PT,98,58.5,51,0,
 PT,99,36,54,0,
 PT,100,39,54,0,
 PT,101,39,51,0,
 PT,102,36,51,0,
 PT,103,28.5,54,0,
 PT,104,31.5,54,0,
 PT,105,31.5,51,0,
 PT,106,28.5,51,0,
 PT,107,43.5,61.5,0,
 PT,108,46.5,61.5,0,
 PT,109,46.5,58.5,0,
 PT,110,43.5,58.5,0,
 PT,111,51,61.5,0,
 PT,112,54,61.5,0,
 PT,113,54,58.5,0,
 PT,114,51,58.5,0,
 PT,115,36,61.5,0,
 PT,116,39,61.5,0,
 PT,117,39,58.5,0,
 PT,118,36,58.5,0,
 CRPLINE,9,115,116,117,118,115,
 CRPLINE,13,107,108,109,110,107,
 CRPLINE,17,111,112,113,114,111,
 CRPLINE,21,103,104,105,106,103,
 CRPLINE,25,99,100,101,102,99,
 CRPLINE,29,87,88,89,90,87,
 CRPLINE,33,91,92,93,94,91,
 CRPLINE,37,95,96,97,98,95,
 CRPLINE,41,43,44,45,46,43,
 CRPLINE,45,39,40,41,42,39,
 CRPLINE,49,7.8,9,10,7,
 CRPLINE,53,47,48,49,50,47,
 CRPLINE,57,51,52,53,54,51,
 CR4PT,61,79,80,81,82,
 CRDEL,61,61,1,
 PT,119,28.5,39,0,
 PT,120,28.5,36,0,
 CRPLINE,61,119,80,81,120,119,

trazo de líneas rectas que representan los barrenos para la extrusion (21)

CRPLINE,65,71,72,73,74,71,
 CRPLINE,69,55,56,57,58,55,
 CRPLINE,73,63,64,65,66,63,
 CRPLINE,77,83,84,85,86,83,
 CRPLINE,81,75,76,77,78,75,
 CRPLINE,85,59,60,61,62,59,
 CRPLINE,89,67,68,69,70,67,
 CRDEL,1,4,1,
 CRBRK,7,7,1,2,0,
 CRBRK,5,5,1,2,0,
 CRLINE,95,121,74,
 CRLINE,96,72,10,
 CRLINE,97,8,94,
 CRLINE,98,92,122,
 CRBRK,6,6,1,2,0,
 CRBRK,8,8,1,2,0,
 CT,1,0,3,14,95,68,65,96,52,49,97,36,33,98,94,6,99,7,0,
 CT,2,0,3,14,93,8,100,5,98,34,35,97,50,51,96,66,67,95,0,
 CT,3,0,3,4,9,10,11,12,0,
 CT,4,0,3,4,13,14,15,16,0,
 CT,5,0,3,4,17,18,19,20,0,
 CT,6,0,3,4,21,22,23,24,0,
 CT,7,0,3,4,25,26,27,28,0,
 CT,8,0,3,4,29,30,31,32,0,
 CT,9,0,3,4,41,42,43,44,0,
 CT,10,0,3,4,45,46,47,48,0,
 CT,11,0,3,4,61,62,63,64,0,
 CT,12,0,3,4,37,38,39,40,0,
 CT,13,0,3,4,53,54,55,56,0,
 CT,14,0,3,4,57,58,59,60,0,
 CT,15,0,3,4,69,70,71,72,0,
 CT,16,0,3,4,73,74,75,76,0,
 CT,17,0,3,4,77,78,79,80,0,
 CT,18,0,3,4,81,82,83,84,0,
 CT,19,0,3,4,85,86,87,88,0,
 CT,20,0,3,4,89,90,91,92,0,
 RG,1,10,1,3,4,5,6,7,8,9,10,11,
 RG,2,10,2,12,13,14,15,16,17,18,19,20,
 EGROU,1,SHELL3T,0,0,0,0,1,0,0,
 MPROP,1,EX,209E5,
 MPROP,1,NUXY,,28,
 RCONST,1,1,1,1,1,22,
 MA_RG,1,2,1,0,
 NMERGE,1,213,1,0,0001,0,1,0,
 NCOMPRESS,1,213,1,
 DCR,94,AL,0,94,1,
 DCR,6,AL,0,6,1,
 DCR,99,AL,0,99,1,
 DCR,7,AL,0,7,1,
 DCR,93,AL,0,93,1,
 DCR,8,AL,0,8,1,
 DCR,100,AL,0,100,1,
 DCR,5,AL,0,5,1,
 PRG,1,418,2,1,418,
 C*

definición de los contornos

especificación de la región No. 1
 especificación de la región No. 2
 se define el tipo de elemento
 se especifica el material por medio
 sus constantes elásticas E y v.
 se especifica el espesor del dado
 mallado automático de la región
 eliminación de nodos redundantes

se especifica que el desplazamiento
 de los nodos en toda la periferia se res-
 tringe a cero en los tres ejes.

se especifica la presión en la región 1 y
 en la región 2 de de 418 Mpa.

C* COSMOS/M Geostar Explor
 C* Problem : TESIS21F Date : 09-FEB-94 Time : 17:16:55

ARCHIVO RESUMIDO DE RESULTADOS

```

*
*           C O S M O S / M
*
*           VERSION:  1.65A+
*
*           DISTRIBUTED BY:
*
*           STRUCTURAL RESEARCH AND ANALYSIS CORPORATION
*
*           2951 28th Street suite 1000
*
*           SANTA MONICA, CALIFORNIA 90405
*
*           TEL. NO. (310) 452-2158
*
*           COPYRIGHT 1988 S. R. A. C.
    
```

DATE: 2/ 9/1994 TIME: 17:18:46

TITLE :

SUBTITLE :

CONTROL INFORMATION

```

NUMBER OF LOAD CASES ..... (NLCASE) = 1
SOLUTION MODE ..... (MODEX) = 0
EQ. 0, STATIC ANALYSIS
EQ. 1, BUCKLING ANALYSIS
EQ. 2, DYNAMIC ANALYSIS
THERMAL LOADING FLAG .....(ITHERM) = 0
EQ. 0, NO THERMAL EFFECTS CONSIDERED
EQ. 1, ADD TEMPERATURE EFFECT
GRAVITY LOADING FLAG .....(IGRAV) = 0
EQ. 0, NO GRAVITY LOADING CONSIDERED
EQ. 1, ADD GRAVITY LOADING EFFECT
CENTRIFUGAL LOADING FLAG .....(ICNTRF) = 0
EQ. 0, NO CENTRIFUGAL LOADING CONSIDERED
EQ. 1, ADD CENTRIFUGAL LOADING EFFECT
IN-PLANE STIFFENING FLAG .....(INPLN) = 0
EQ. 0, NO IN-PLANE EFFECTS CONSIDERED
EQ. 1, IN-PLANE EFFECTS CONSIDERED
SOFT SPRING ADDITION FLAG .....(ISOFT) = 0
EQ. 0, NO SOFT SPRING OPTION
EQ. 1, SOFT SPRING ADDED
    
```

SAVE DECOMPOSED STIFFNESS MATRIX FLAG ... (ISAVK) = 0
 EQ. 0, DO NOT SAVE DECOMPOSED K
 EQ. 1, SAVE DECOMPOSED K
 FORM STIFFNESS MATRIX FLAG(IFORMK) = 0
 EQ. 0, FORM STIFFNESS MATRIX
 EQ. 1, USE EXIST DECOMPOSED STIFFNESS MATRIX

TOTAL SYSTEM DATA

NUMBER OF EQUATIONS(NEQ) = 894
 NUMBER OF MATRIX ELEMENTS(NWK) = 68649
 MAXIMUM HALF BANDWIDTH(MK) = 120
 MEAN HALF BANDWIDTH(MM) = 76
 NUMBER OF ELEMENTS.....(NUME) = 302
 NUMBER OF NODAL POINTS.....(NUMNP)= 197
 SIZE OF EACH BLOCK.....(MTBLK)= 313750
 NUMBER OF BLOCKS.....(NBLK) = 1
 MAXIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = 0.716067E+11 (418)
 MINIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = 0.388162E+09 (57)
 LOAD CASE NUMBER..... = 1
 TOTAL STRAIN ENERGY = 0.354416E+02

SOLUTION TIME LOG IN SEC FOR STRESS CALCULATIONS

READING GENERAL INFORMATION AND ELEMENT DATA... = 23
 STRESS CALCULATION AND PRINTOUT = 26
 UPDATING DATABASE = 7
 TOTAL SOLUTION TIME..... = 56

4.4 ANALISIS DETALLADO DEL DISEÑO.

4.4.1 RESULTADOS PROVENIENTES DE LAS PRUEBAS EN DADO MODELADO EN COSMOS.

Al revisar los resultados del análisis realizado en los modelos y lo obtenido del análisis del FEA, podemos deducir que:

- 1.- Se puede usar el dado actual en cuanto a sus dimensiones de diámetro y espesor.
- 2.- Se pueden construir en el dado un máximo de 21 barrenos.
- 3.- De ser posible agregar un lubricante, para mejorar el proceso y disminuir el coeficiente de fricción y al mismo tiempo el esfuerzo cortante entre las paredes de contenedor y el material.
- 4.- Establecer la velocidad de extrusión entre 25 y 50 mm/s.
- 5.- La temperatura recomendada para el proceso es de al menos 580° C.
- 6.- La capacidad de la prensa deberá ser de al menos 80 ton m.

4.4.2 OPTIMIZACION DEL DISEÑO DEL DADO DE EXTRUSION.

Al seguir las recomendaciones señaladas en el punto 4.4.1 se tiene el dado en forma óptima.

De lo anterior se puede ver que entre más barrenos se tienen en el dado en la zona de extrusión, que es en un radio de 20 mm, menor es el esfuerzo generado y menor es la deformación producida.

Físicamente el máximo número posible de barrenos que se pueden maquinar en el dado es 21 tomando en cuenta que se tiene un orificio de entrada de forma circular de diámetro 7 mm que continúa en forma cuadrada de 3 mm de lado y termina en forma circular.

Por lo tanto se concluye en fabricar ese tipo de dado como el de mejor rendimiento.

Estos resultados coinciden también con los análisis llevados a cabo en base la cantidad de fuerza requerida para realizar el proceso de extrusión con diferentes cantidades de orificios de extrusión en el apartado 4.2.

4.5 PLANEACION DE LA MANUFACTURA DEL DADO. ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO

Para cumplir con las recomendaciones para un buen diseño del dado de extrusión, primeramente se debe cuidar que la vena de extrusión sea continua, de manera que el material a extruir no encuentre ningún obstáculo en su recorrido.

Un problema que se tiene en el diseño actual es que se rompe la continuidad al pasar de la forma cónica a la cuadrada.

Este es un problema de manufactura más que de diseño.

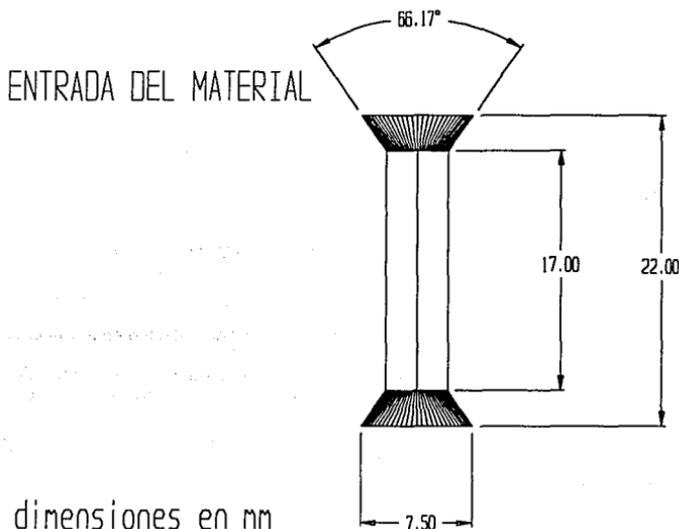


Figura 4.5.1. GEOMETRIA DE LA VENA DE EXTRUSION

En el diseño se planteó la geometría de la fig. 4.5.1. En ella se observa que el ángulo elegido para la entrada del material es de aproximadamente 30°. El diámetro mayor del cono truncado es de 7.5 mm para que en la cara de entrada del material los círculos fueran tangentes. La parte recta se obtiene al prolongar los lados del ángulo mencionado.

DADO DE EXTRUSION REDISENADO

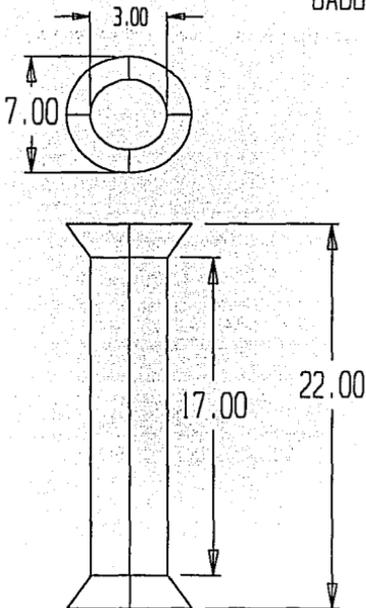


FIGURA.4.5.2. DIFERENTES VISTAS DEL BARRENO DE EXTRUSION

En la manufactura de cada barreno se enfrenta el problema del maquinado del mismo. El reto mayor está en lograr la continuidad al pasar de la forma cónica a la prismática.

Para lograr ese objetivo el maquinado se dividió en dos partes:

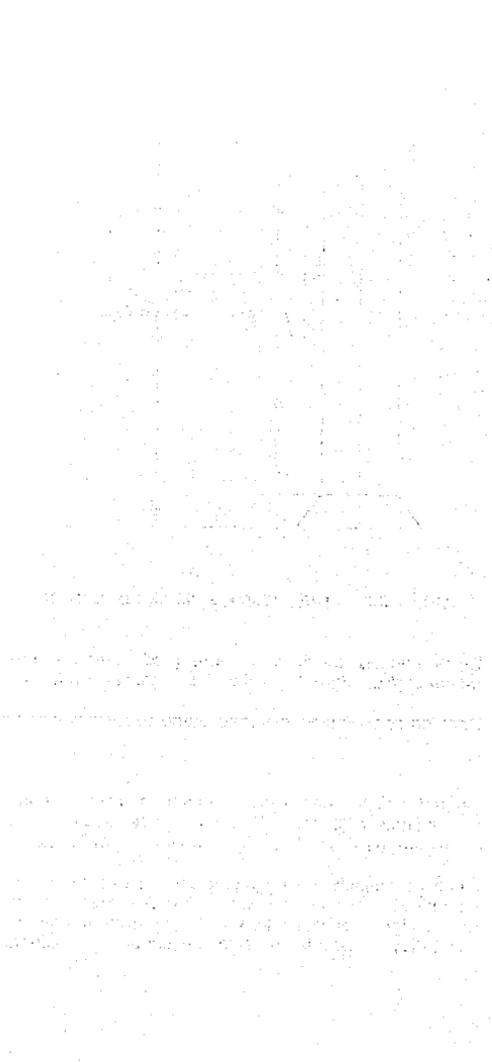
La parte de la entrada del material se maquinó con un herramienta cónica (fresa) hasta una profundidad de 6 mm. Este proceso se hace en dos pasos uno de aproximación a la dimensión final y otro de acabado para lograr una superficie que dé buena fluidez al material a extruir.

La parte prismática se maquina en una electroerosionadora de hilo para lograr perfectamente el cambio de sección donde el hilo maquina una parte circular en el cambio de sección y una parte rectangular en el otro extremo dándole al mismo tiempo un radio de curvatura de 0.01mm en los vértices para evitar la excesiva concentración de esfuerzos.

A continuación se presenta el programa de CNC generado para el maquinado del barreno en la electroerosionadora de hilo.

```

L1=L1/A,45,d,1.5,dir
L3=L1/A,-45,d,1.5,dir
L4=L1/A,225,d,1.5,dir
L5=L1/A,135,d,1.5,dir
MACRO/M1
L1/A,180,D,0,rev
L1/A,45,d,1.5,dir
L1/A,-45,d,1.5,dir
L1/A,225,d,1.5,dir
L1/A,135,d,1.5,dir
li/a,45,d,1.5,dir
li/a,-45,x,0,y,0
rapid/x,7.5,y,0
trasys/x,7.5
TERMAC
MACRO/M2
L1/A,180,D,0,rev
L1/A,45,d,1.5,dir
L1/A,-45,d,1.5,dir
L1/A,225,d,1.5,dir
L1/A,135,d,1.5,dir
li/a,45,d,1.5,dir
li/a,-45,x,0,y,0
TERMAC
off/0,right
reg/0
begin/x,-7.5,y,15
trasys/x,-7.5,y,15
call/2,m1
call/1,m2
rapid/x,-22.5,y,-7.5
trasys/x,-22.5,y,-7.5
call/4,m1
call/1,m2
rapid/x,-30,y,-7.5
trasys/x,-30,y,-7.5
call/4,m1
call/1,m2
rapid/x,-30,y,-7.5
trasys/x,-30,y,-7.5
call/4,m1
call/1,m2
rapid/x,-22.5,y,-7.5
trasys/x,-22.5,y,-7.5
call/2,m1
call/1,m2
end
    
```



El primer bloque especifica la geometría del barreno cuadrado pidiendo primero un trazo a 45° , luego uno a -45° , a continuación otro a 225° y finalmente una más a 135° . Todos se definen a una distancia de 1.5 cm del centro.

El segundo bloque ordena un movimiento rápido con dirección 180 grados y realiza el macro que comprende la repetición de comandos como en el bloque anterior.

En los siguientes bloques se repite lo mismo solamente se define la nueva posición.

Es necesario aclarar que se hizo previo a la electroerosión un maquinado de desbaste en el torno en forma de barreno circular de radio 1.25 cm.

El hilo utilizado como herramienta en la electroerosión es de bronce con diámetro de 0.2 mm.

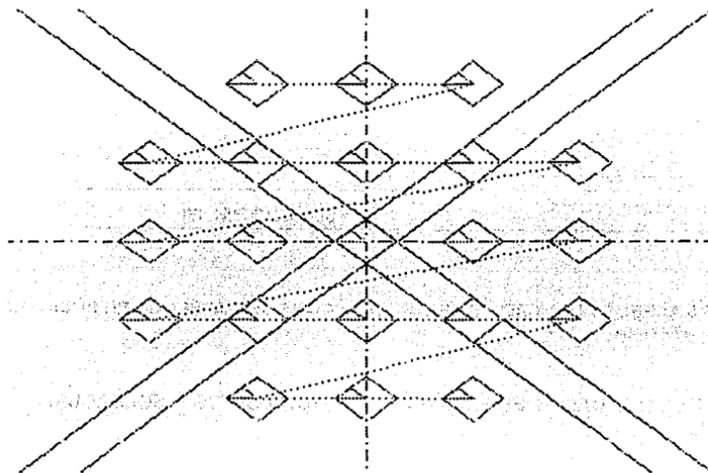


FIG 4.5.4 RUTA DE TRABAJO PARA LA ELECTROEROSIONADORA DE HILO

Se tiene también la hoja del listado de los comandos para la manufactura del dado en el centro de maquinado de control numérico marca EMCO.

Se seleccionó la opción de manufacturarlo en el torno CNC de EMCO.

Este conjunto del programa de manufactura se obtuvo por medio del paquete de software CAD-CAM llamado MASTER-CAM.

La fig.4.5.5 muestra el aspecto del dado propuesto con 21 barrenos para extrusión.

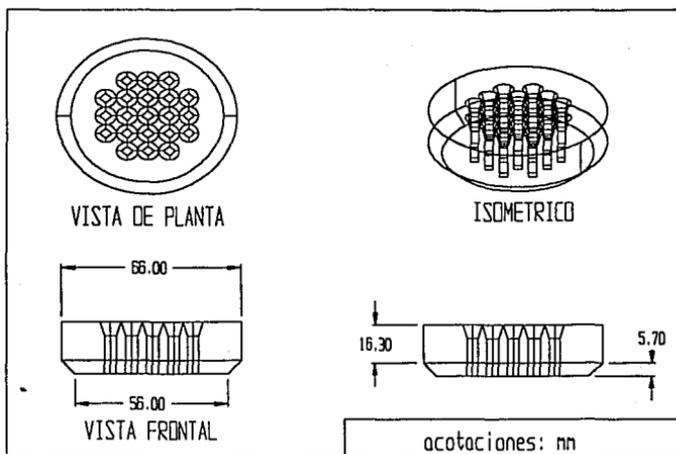


FIG 4.5.5 ASPECTO DEL DADO DE EXTRUSION CON LOS BARRENOS EN POSICION OPTIMA.

4.6 PRUEBAS DEL DADO REDISEÑADO EN EL PROCESO DE SOLDADURA ACTUAL.

Actualmente se están llevando a cabo estas pruebas en el lugar de la empresa que solicitó el servicio: EUTECTIC

Se mandó maquinar el dado con las dimensiones citadas y número de barrenos 21 en la empresa BEUTELSPACHER s.a. de c.v. Como se mencionó anteriormente, desde el punto de vista de la extrusión el de mejor comportamiento es para el máximo número de orificios.

En las gráficas generadas de número de barrenos vs carga requerida para la extrusión se ve que a mayor número de barrenos es menor la fuerza requerida en la prensa.

Algo importante es encontrar un punto de comportamiento óptimo entre el número de orificios, el esfuerzo generado y la fuerza mínima necesaria para la extrusión, todo esto asociado con la duración o vida útil del dado.

4.7 RESULTADOS

4.7.1 PRIMERA PRUEBA:

- 1.- Se obtuvo una mayor rapidez en el proceso de extrusión atribuible al mejor diseño del conducto de extrusión.
- 2.- Hasta el momento de las pruebas no se ha observado ningún inicio de fractura en el dado lo cual puede explicarse por la disminución de esfuerzos en el dado mismo.
- 3.- El residuo de material no extruido que permanece en la camisa es de aproximadamente del 15% el cual es menos de la mitad del residuo con el diseño anterior.
- 4.- Se ha logrado reducir el tiempo empleado en el proceso de la extrusión con lo cual puede asegurarse que el rediseño del dado ha logrado las metas que se habían propuesto al principio que eran:

- reducir la cantidad de desperdicio de material no extruido
- evitar las fracturas en la matriz después de trabajar con dos o tres lingotes
- reducir el tiempo dedicado a extraer el material no extruido
- hacer mejor uso de la prensa dedicada al proceso.

4.7.2 SEGUNDO JUEGO DE PRUEBAS REDISEÑANDO EL CONDUCTO DE EXTRUSION Y AUMENTANDO 2 BARRENOS MAS A LOS 19 ANTERIORES

Se diseñó y fabricó un dado de extrusión de 21 barrenos tratando de utilizar al máximo el área disponible, es decir se agregaron dos barrenos más con respecto al diseño anterior.

Otra característica importante es que se rediseño la vena de extrusión para darle mejor fluidez al recorrido del material a través de la matriz.

Primeramente tiene una forma cónica con ángulo de 60° para guiar al material del lingote a cada uno de los barrenos y reducir así el coeficiente de fricción entre el material y la matriz.

La siguiente parte es de sección cuadrada de 3 x 3 mm en una longitud de 9 mm. Esta es la parte de la matriz que le da la forma final a la barra extruida.

Finalmente hay una sección circular de diámetro 4 mm. Esta sección se diseña así con la finalidad de darle una salida holgada al material ya formado.

La figura 4.7.2 muestra el diseño de la nueva sección descrita previamente.

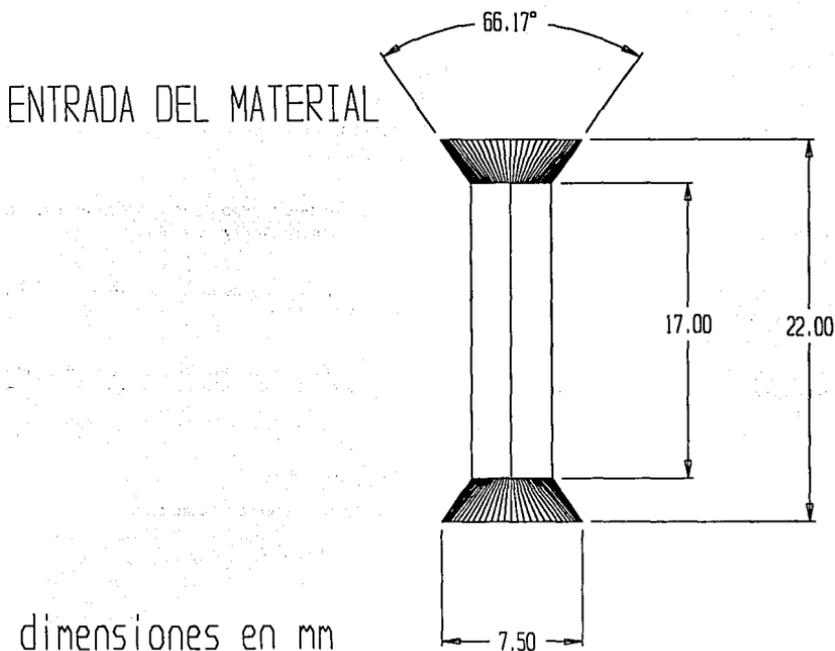


FIGURA 4.7.2 ASPECTO DE LA NUEVA SECCION DEL BARRENO

4.7.2.1 PROCEDIMIENTO

Se preparó el lingote para el proceso calentándolo a una temperatura de 580 °C. La matriz también se le dio un calentamiento previo a una temperatura de 300 °C para evitar un choque térmico. Hay que hacer notar que si no se tiene el calentamiento previo, el producto obtenido presenta discontinuidades en las aristas causadas por la baja temperatura de trabajo.

Se coloca el dado en la máquina, se prepara la camisa, la cual se le calienta también a 300 °C, para introducir el lingote y una vez colocado el pistón en la posición de altura de contacto, se inicia la carrera de avance que dura aproximadamente de 6 a 10 segundos en un recorrido de 15 cm con lo que se logra una velocidad de extrusión de 25 a 50 mm/seg que coincide con la velocidad recomendada para una buena extrusión.

Al terminar la carrera de extrusión se extrajeron las barras del material extruido con los siguientes resultados:

- Se mejoró la superficie del material extruido la cual es lisa y continua.

- En esta matriz se tienen 21 barrenos de salida del material de 3 mm de lado cada uno equivalente a 9 mm² de área cada uno, que representa un total de 189 mm². Se calcula el gasto volumétrico con : $Q = VA$, entonces

$$Q = (10 \text{ mm/seg}) (189 \text{ mm}^2) = 1890 \text{ mm}^3/\text{seg}.$$

Se ve que de esta manera es posible tener para un gasto determinado, una velocidad de extrusión no muy alta, lo cual permite obtener mejores acabados superficiales en el material extruido, ya que se da tiempo a lograr una deformación plástica adecuada en caliente.

- Se cree que se podría tener un acabado superficial de mejor calidad si se agregara el lubricante que se recomendó como el vidrio.

- El proceso también se mejoraría aún más, si se hiciera de manera más continua.

Actualmente, al terminar la extrusión de cada lingote se para el proceso para extraer el resto de material extruido del dado debido a que se tiene un empujador metálico entre el pistón de la prensa y el lingote, el cual al final de la extrusión de cada lingote hay que sacar para introducir el siguiente. Esto se puede evitar al colocar un empujador de carbón en vez del metálico. Si esto se lleva a cabo se evita el enfriamiento del dado y el atoramiento de la última parte de material extruido.

4.7.3 EL COSTO DE MANUFACTURA DEL DADO O MATRIZ

Se calcula de la siguiente manera:

1.- Costo de la preparación a partir del material básico:

Cilindrado, careado y tronzado a partir de una barra de acero H12 de
dimensión a 66 mm de diámetro y 22 mm de espesor. N\$ 100

2.- Costo del barreno cónico de la entrada del material y barreno cilíndrico de salida N\$ 100

3.- Costo del tratamiento térmico (temple y revenido para lograr una dureza de 54 RC) N\$ 100

4.- Costo del formado del barreno cuadrado en la parte intermedia en la
electroerosionadora de hilo, tomando en cuenta 3 horas de maquinado a N\$ 250 N\$ 750

Total N\$ 1 050

Este resultó ser adecuado ya que el anterior proceso de fabricación aunque es de un costo aproximado de N\$ 250, había que reemplazarlo cada 20 Kg de soldadura extruida, en cambio el del nuevo diseño lleva aproximadamente 95 Kg de soldadura extruida y se espera que dure aún más. Se tiene una ventaja adicional con esta nueva matriz ya que permite lograr mejores acabados superficiales con bajas velocidades de extrusión lo cual redundará en menor desgaste del equipo.



REFERENCIAS

W. Johnson y H. Kudo, "The Mechanics of Metal Extrusion" Manchester U. Press 1962

Dieter, Mechanical Metallurgy, Mc Graw Hill, 1988.

Cockroft Met. Mater, 1969.

DePierre , ASME.Eng. In., vol 96 pp 912-916, 1974 .

Sach ,O. Hoffman y G. Sachs, "introduction to the Theory of Plasticity for Engineers"
Mc Graw Hill.

Doebelin, Meashurement Systems. Mc Graw Hill. 1988.

Popov, Introducció a la Mecánica de sólidos, Cap 6, LIMUSA 1982 .

Autocad versión 11, Manual de Usuario. Autodesk 1983

Cadkey versión 6, Manual de usuario.

MasterCam, Manual de usuario.

BIBLIOGRAFIA

- Altmuro V.
Autocad versión 11
Autodesk
Boothroyd G. y Dewhurst P.
Burbidge
Cadkey versión 6
Cockroft
Chang
Chow W.W.
DePierre
Dieter
Dieter
Doebelin
Howell V.W.
Kalpakjian
Kennet Crow
Lewis G.
M. Bednarek
MasterCam
MasterCam
Moshe Shoham
P.K. Wright
Polywka John
Popov
Riley F.J.
Sach
Stoll W.H.
Taylor
Tien-Chien
Tien-Chien Chang
W. Johnson y H. Kudo,
Yasuhara M. y Suh N.P.
- Design for Robotic and Automatic Assembly
Manual de Usuario, Autodesk
AME de Autocad Versión 12
Design for Assembly.
The Introduction Of Group Tecnology
Manual de usuario.
Met. Mater
Computer-Aided Manufacturing
Cost Reduction in Product Design.
ASME.Eng. In., vol 96 pp 912-916
Computer Aided Manufacturing
Mechanical Metallurgy
Meashurement Systems
Are Producibility and Productivity Correlated ?.
Manufacturing Engineering and Technology S
Diseño de Fabricación y Ensamblaje.
Design to Reduce Assembly Cost
Tecnología de Grupos
Manual de usuario.
Design Reference Manual Version 4
Fundamentals of Robotics
Manufacturing Intelligence
Programming of CNC Machines
Introducción a la Mecánica de sólidos
Assembly Automation.
Introduction to the Theory of Plasticity for Engineers
Product Design for Efficient Manufacture.
Computer-Aided Design
Flexible Automation.
Computer Aided Manufacturing
The Mechanics of Metal Extrusion
A Quantitative Analysis of Design Based on
Axiomatic Approach In Computer Applications in
Manufacturing Systems.

APENDICE A

METODO DE ELEMENTOS FINITOS

Los rápidos avances en la ingeniería nuclear y aeroespacial han resaltado la importancia que tiene el análisis de esfuerzos en el proceso del diseño. El diseño en sí es una actividad interdisciplinaria que involucra interacciones de fenómenos físicos como análisis de flujos, comportamiento de sólidos en movimiento, así como aspectos de manufactura de piezas mecánicas. El manejo de todos estos fenómenos en el diseño nos lleva a recurrir a técnicas y métodos de análisis cada vez más complejos como el de elementos finitos (FEM) en la búsqueda de soluciones.

La versatilidad del método de elementos finitos en la solución de problemas prácticos que involucran geometrías complicadas, distribución particular de cargas y restricciones poco comunes, se ha reconocido desde 1956.

Hay dos formas de llevar a cabo el método de los elementos finitos:

El primero consiste en el desarrollo de algoritmos sofisticados como el de alto orden y elementos especiales.

El segundo método es recurrir a un programa de propósito comercial como el ANSYS, NASTRAN o COSMOS.

Estos últimos tienen la ventaja de que son versátiles, de manera que se pueden resolver distintos tipos de problemas ingenieriles. La desventaja es que se requiere de personal capacitado y con bastante experiencia en su manejo.

La capacidad casi ilimitada del FEM en el diseño de elementos de máquinas que tienen geometrías o distribución de cargas complejas lo convierte en una herramienta indispensable en la tecnología CAD.

A.1 LA DISCRETIZACION

El concepto de la discretización fue el principio de la integración en el Cálculo en el cual una cantidad física se determina por la suma de componentes incrementales de valor infinitesimal. Los operadores de diferencias finitas formulados por Newton en el siglo pasado constituyen la base para una poderosa herramienta numérica conocida como el método de diferencias finitas (FDM), que se utiliza ampliamente en los análisis de tipo ingenieril. Su uso se ha visto incrementado con el advenimiento de las computadoras (Tai-Ran Hsu, Computer Aided Design).

Los procedimientos de discretización usados en el método de elementos finitos son similares a los usados en el método de diferencias finitas. Se inicia con la subdivisión de un medio continuo en un número finito de subdominios llamados elementos. Estos elementos se conectan entre sí en las esquinas o en puntos especiales de sus bordes llamados nodos como se muestra en la figura A1. El sólido tiene una forma finita que puede describirse por la frontera Ω y está soportada por los apoyos . El sólido está sometido a diferentes acciones que se denotan por

$\{P\} = P_1, P_2, P_3, \dots$

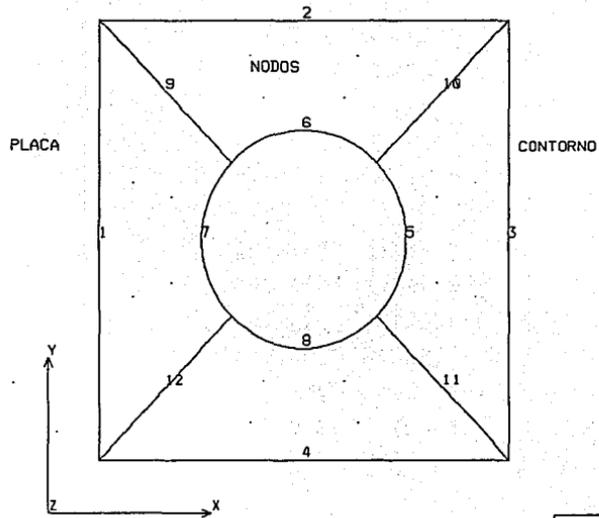
En A.1.1 se observa el contorno y los nodos en una placa cuadrada de acero de 80 x 80 pulgadas con espesor de 2 pulgadas con un barreno al centro de radio 20 pulgadas.

En A.1.2 se tiene la placa con la discretización en elementos cuadrangulares y las reacciones en la parte superior restringiendo el movimiento en X y en Y y en la parte inferior restringiendo todo tipo de movimiento en los tres ejes. Se aplican fuerzas de valor 1000 lb. en la periferia del barreno central en la dirección X.

En A.1.3 se presenta el resultado de los desplazamientos provocados por las fuerzas aplicadas.

En A.1.4 se puede ver la distribución de esfuerzos por la acción de las fuerzas y las restricciones.

A2



COSMOS/M
Version Explor
prob:placa
date:21-JUL-94

Figura A1 Contorno y Nodos en la Placa

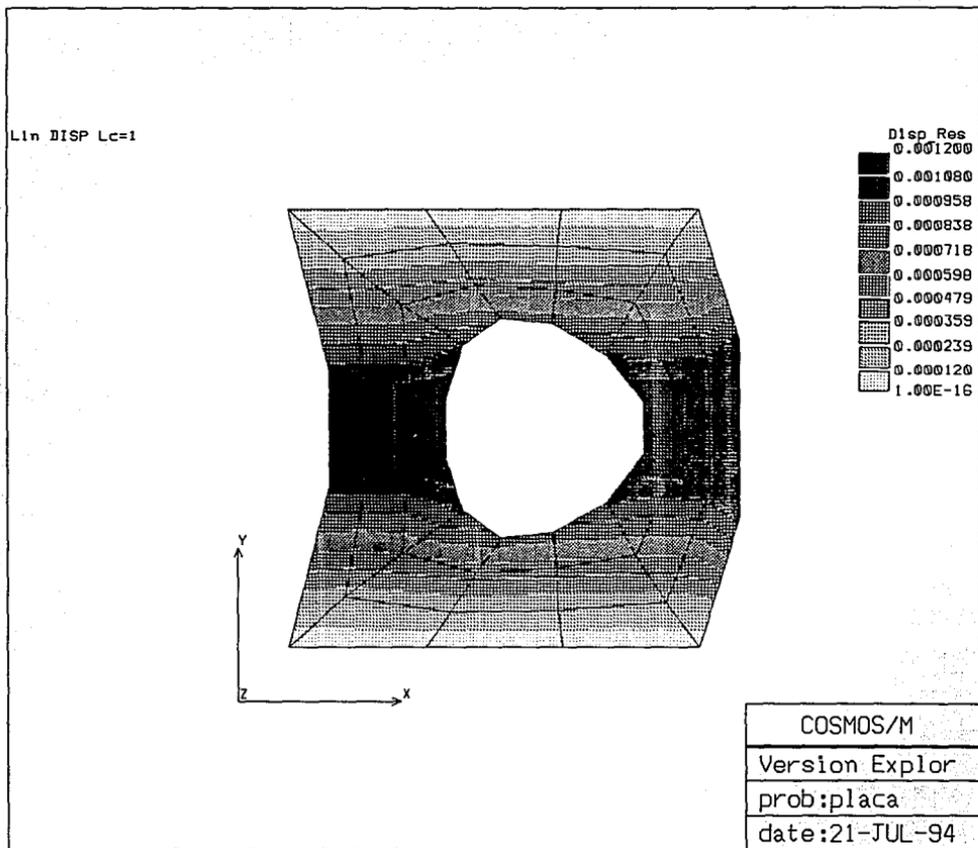


Figura A.1.3

Resultado de Desplazamientos por la Carga Aplicada.

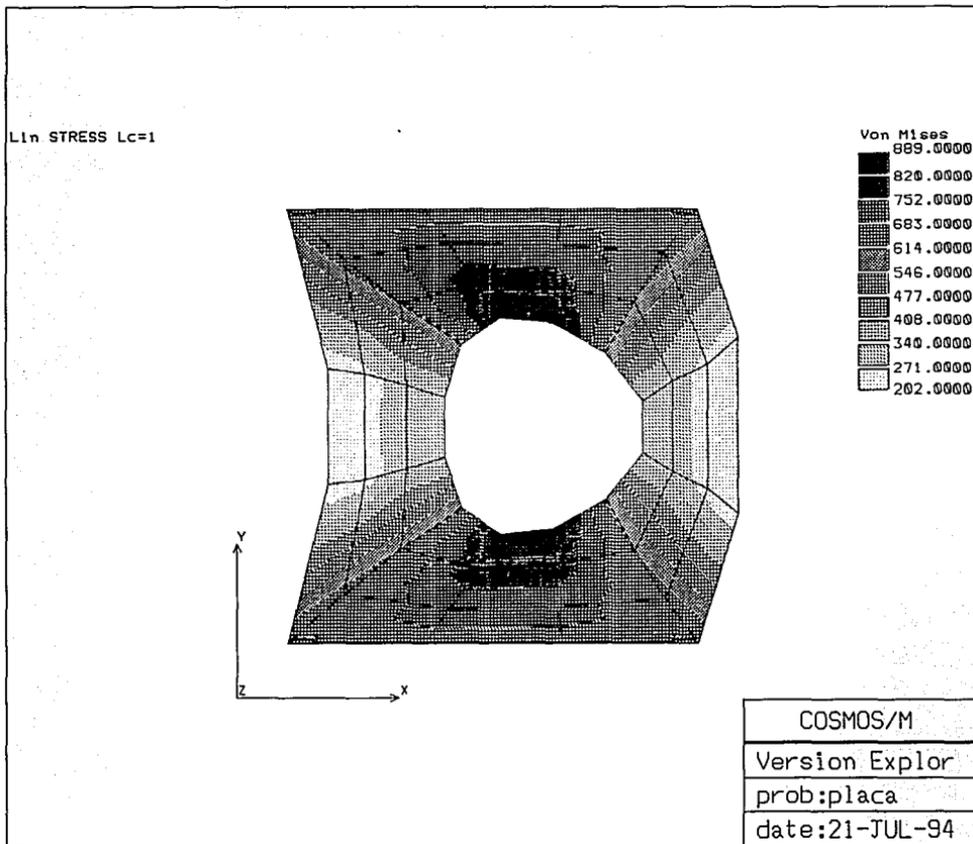


Figura A.1.4

Distribución de Esfuerzos por la Acción de la Carga Aplicada

Debido a la acción de tales fuerzas se presentan las reacciones como deflexiones, desplazamientos, deformaciones, esfuerzos, etc.

Estas se describen como:

$$\{\Phi\} = \Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \dots$$

Al existir un número infinito de puntos en el sólido circundado por Ω y si cada punto tiene un conjunto de valores de $\{F\}$, habrá un número infinito de valores de F a determinar.

El sólido se subdivide en un número finito de subdominios o elementos con ciertas formas, placas triangulares o rectangulares como en este caso. Tales elementos se interconectan por medio de los nodos. Después de tal discretización, el medio continuo original deja de serlo y se convierte en un conjunto de componentes unidos por medio de los nodos. La forma curva que tenía el original se forma por segmentos de rectas. El grado de similitud entre los dos cuerpos depende de qué tantos segmentos se utilicen en el modelo.

La ventaja de la discretización es que el análisis se aplica ahora a elementos individuales de geometría simple y no a todo el cuerpo original de geometría más compleja

Las cantidades físicas $\{\Phi\}$ que se han de determinar en el elemento pueden obtenerse a partir de los valores en los nodos por medio de ciertas funciones de interpolación de la forma:

$$\{\phi\}^e = [N] \{\phi\}^n \quad A.1$$

donde $\{\phi\}^e$ y $\{\phi\}^n$ son las cantidades físicas respectivas en el elemento correspondientes a los nodos y $[N]$ la función de interpolación.

En la formulación de la ecuación para análisis de esfuerzos en sólidos por elementos finitos se utiliza el método de Rayleigh basado en el principio varacional.

En esencia el método consiste en tomar la energía potencial de todos los elementos π de la estructura discretizada en su estado mínimo. Este estado asegura la condición de equilibrio de la estructura deformada.

Tomando en cuenta que los desplazamiento de los elementos $\{U(x,y,z)\}$ se usan como incógnitas primarias y que los valores discretos de esas cantidades son los valores correspondientes en los nodos, la función de la energía potencial debe expresarse en términos de los componentes de los desplazamientos en los nodos $\{u\}$, por medio de una función de interpolación adecuada.

La minimización de las funciones de energía potencial por medio del proceso variacional con respecto a $\{u\}$, se realizará para establecer un conjunto de ecuaciones algebraicas simultáneas para todos los componentes del desplazamiento.

Tomando por ejemplo el elemento en forma de tetraedro de la figura A2, siguiendo el modelo de la ecuación A1, las componentes del desplazamiento en el elemento $\{U(x,y,z)\}$ se pueden expresar en términos de los componentes nodales como:

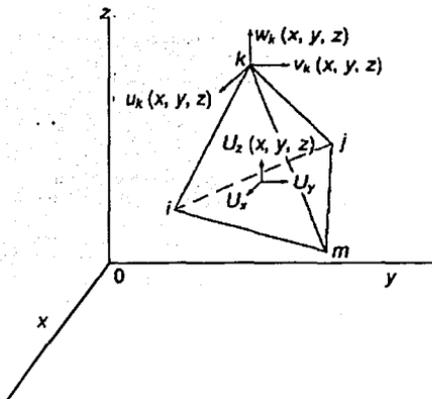


FIG A.2 Elemento en forma de tetraedro

$$\{ U(x,y,z) \} = U_x(x,y,z), U_y(x,y,z), U_z(x,y,z) = [N(x,y,z)] \{ u \} \quad \text{A.2}$$

donde $\{ u \}$ son los desplazamientos de los componentes de los nodos i, j, k y m.

Otra forma de expresar la relación dada por la ecuación anterior es particionar los elementos de la función de interpolación, $[N(x,y,z)]$, en grupos asociados con los componentes de desplazamiento de los mismos nodos.

La ecuación de discretización para el elemento de forma de tetraedro se expresaría como:

$$\{ U(x,y,z) \} = \{ N_i(x,y,z) \ N_j(x,y,z) \ N_k(x,y,z) \ N_m(x,y,z) \} \{ u_i \ u_j \ u_k \ u_m \}^T \quad \text{A.3}$$

Entonces, las componentes de desplazamiento de un elemento se pueden expresar en términos de sus respectivos componentes de desplazamiento nodales como:

$$\{ U(x,y,z) \} = N_i \{ u_i \} + N_j \{ u_j \} + N_k \{ u_k \} + N_m \{ u_m \} \quad \text{A.4}$$

Si suponemos que $\{ \epsilon \}$ y $\{ U \}$ representan los componentes de deformación y desplazamiento respectivamente, se puede establecer la relación:

$$\{ \epsilon \} = [D] \{ U \} \quad \text{A.5}$$

donde $[D]$ es:

$$\begin{bmatrix} \delta/\delta x & 0 & 0 \\ 0 & \delta/\delta y & 0 \\ 0 & 0 & \delta/\delta z \\ \delta/\delta y & \delta/\delta x & 0 \\ 0 & \delta/\delta z & \delta/\delta y \\ \delta/\delta z & 0 & \delta/\delta x \end{bmatrix} \quad \text{A.6}$$

Sustituyendo 2 en 5 resulta la relación las deformaciones y los desplazamientos de los nodos:

$$\{\epsilon(x,y,z)\} = [B(x,y,z)]\{u\} \quad \text{A.7}$$

donde la matriz B tiene la forma de:

$$[B(x,y,z)] = [D][N(x,y,z)] \quad \text{A.8}$$

La relación de elementos de esfuerzo- desplazamiento se puede expresar al sustituir la ecuación 7 en la ecuación de ley de Hook dada por:

$$\{s(x,y,z)\} = [C]\{\epsilon(x,y,z)\} \quad \text{A.9}$$

resultando entonces:

$$\{\sigma(x,y,z)\} = [C][B(x,y,z)]\{u\} \quad \text{A.10}$$

Sustituyendo ahora las ecuaciones 10 y 7 en la de la energía de deformación dada por

$$U(\{\epsilon\}, \{\sigma\}) = 1/2 \int_V \{\epsilon\}^T \{\sigma\} dv \quad \text{A.11}$$

resulta:

$$U(\{u\}) = 1/2 \int_V \{u\}^T [B(x,y,z)]^T [C][B(x,y,z)]\{u\} dv \quad \text{A.12}$$

La energía potencial en un sólido deformado puede evaluarse sumando la energía potencial de la ecuación 12 y el trabajo realizado sobre el elemento por las fuerzas aplicadas. Esta suma puede expresarse como:

$$\pi = U + Wp \quad \text{A.13}$$

donde Wp es el potencial de las cargas aplicadas y W es el negativo del potencial $Wp = -W$

Entonces la energía potencial en cada elemento está dada por $\pi = U - W$

El trabajo realizado sobre el cuerpo por las fuerzas aplicadas tiene la forma :

$$\begin{aligned} W &= \int_V \{U(x,y,z)\}^T \{f\} dv + \int_S \{U(x,y,z)\}^T \{t\} ds \\ &= \int_V \{u\}^T [N(x,y,z)]^T \{f\} dv + \int_S \{u\}^T [N(x,y,z)]^T \{t\} ds \end{aligned} \quad \text{A.14}$$

donde $\{f\}$ es la fuerza de cuerpo

Sumando las ecuaciones 12 y 14 se puede determinar la energía potencial total en cada elemento en términos de los desplazamientos como:

$$\begin{aligned} \pi(\{u\}) &= 1/2 \int_V \{u\}^T [B(x,y,z)]^T [C][B(x,y,z)]\{u\} dv \\ &\quad - \int_V \{u\}^T [N(x,y,z)]^T \{f\} dv \\ &\quad - \int_S \{u\}^T [N(x,y,z)]^T \{t\} ds \end{aligned} \quad \text{A.15}$$

Para el equilibrio se asume que la energía potencial en su mínimo valor.

Tomando en cuenta que $\{u\}$ representa las componentes del desplazamiento en los nodos de cada elemento, todos ellos en el espacio x,y,z, es posible mover ese término fuera de las integrales obteniendo:

$$\left[\int_V [B(x,y,z)]^T [C] [B(x,y,z)] dv \right] \{u\} - \int_V [N(x,y,z)]^T \{f\} dv - \int_S [N(x,y,z)]^T \{t\} ds = 0$$

La última ecuación se puede representar de la forma:

$$[Ke] \{u\} = \{q\} \quad \text{A.16}$$

donde

$$[Ke] = \text{la matriz de rigidez} \\ = \int_V [B(x,y,z)]^T [C] [B(x,y,z)] dv \quad \text{A.17}$$

$$\{q\} = \text{matriz de fuerzas en los nodos} \\ = \int_V [N(x,y,z)]^T \{f\} dv - \int_S [N(x,y,z)]^T \{t\} ds \quad \text{A.18}$$

La expresión A.16 representa un sistema de ecuaciones simultáneas que involucra las incógnitas de los componentes nodales de desplazamiento.

Si se desea analizar un sólido que se carga uniaxialmente de longitud L y sección transversal A por medio del método de elementos finitos, debemos esperar que éste se deforme a lo largo de un solo eje FIG A.4.

Si el desplazamiento a lo largo de la barra lo suponemos como $U(x)$, los desplazamientos nodales serán $\{u\}$ para representar u_1 en el nodo 1 y u_2 en el nodo 2.

La ecuación de discretización será:

$$U(x) = [N(x)] \{u\}$$

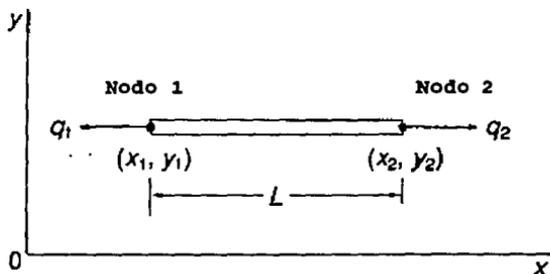


FIG. A.4 ELEMENTO DE TIPO BARRA

La función de interpolación $[N(x)]$ basada en un simple polinomio lineal se puede expresar como:

$$[N(x)] = \{(x - x_2)/(x_1 - x_2) - (x - x_1)/(x_1 - x_2)\}$$

Ahora se puede obtener la matriz [B] como:

$$[B(x)] = \delta/\delta x [N(x)] = \{1/(x_1 - x_2) \quad -1/(x_1 - x_2)\}$$

Tomando en cuenta que los esfuerzos y las deformaciones se van a producir en un solo sentido, la matriz [C] se reduce a la sola constante E que es el módulo de Young del material.

Sustituyendo las expresiones de [N(x)] en la ecuación para [Ke] con $dv = A dx$ y $x_1 - x_2 = -L$, la matriz de rigideces se expresa de la forma:

$$[Ke] = \int_{-L}^L \{-1/L \quad 1/L\}^T E \{-1/L \quad 1/L\} A dx = EA/L \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

Como las fuerzas que actúan en la barra son cargas puntuales, la matriz de fuerzas se reduce a

$$\{q\}^T = [F_1 \quad -F_2]$$

La ecuación entonces para cada elemento de la barra queda como:

$$\frac{EA}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_1 \\ -F_2 \end{bmatrix}$$

ANÁLISIS BIDIMENSIONAL EN SÓLIDOS

Muchos problemas de ingeniería involucran estados de esfuerzo cuya variación es primordialmente en el plano ya que las fuerzas actuantes provocan sus efectos en forma bidimensional. Tal comportamiento puede darse en engranes, levas, placas, etc. Si consideramos que el plano en cuestión es el XY, entonces asumimos que todos los componentes de esfuerzo y deformación en el eje Z son despreciables y se pueden eliminar (Dean L. Taylor, Addison Wesley, 1992).

Las relaciones esfuerzo-deformación pueden expresarse de la forma:

$$(e) \quad \begin{bmatrix} \frac{d}{dx} & 0 \\ 0 & \frac{d}{dy} \\ \frac{d}{dy} & \frac{d}{dx} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U \\ V \end{bmatrix}$$

A.19

donde U y V son los componentes de desplazamiento a lo largo de los ejes x e y.

La matriz $[C]$ que relaciona esfuerzos y deformaciones, toma la forma:

$$[C] = \frac{E}{(1-\nu^2)} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix}$$

A.20

Si consideramos un elemento triangular, con nodos i, j, m como el de la figura A.5, se pueden especificar sus coordenadas por (x_i, y_i) , (x_j, y_j) y (x_m, y_m) .

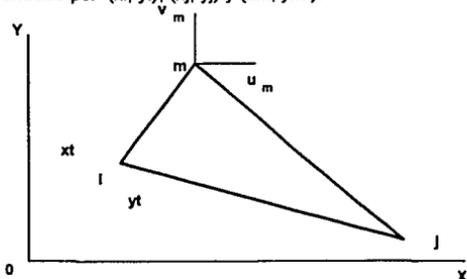


FIG. A.5 ELEMENTO TRIANGULAR PLANO

El sólido sólo se puede deformar en el plano xy , el campo de deformaciones involucra, por lo tanto, componentes de la forma: $u(x,y)$ y $v(x,y)$ que se pueden expresar como:

$$\{U(x,y)\} = \begin{bmatrix} u(x,y) \\ v(x,y) \end{bmatrix} = [N(x,y)] \{u\}$$

A.21

donde:

$\{U(x,y)\}$ = campo de desplazamientos en el elemento.

$\{u\}$ = desplazamiento en los nodos i, j, m

$[N(x,y)]$ = función de interpolación.

La función de interpolación se obtiene con la suposición de que tal función representa la variación de los componentes de desplazamiento en el elemento. Esto depende de la forma en que se espera se comporte el elemento ante las fuerzas y restricciones aplicadas.

Si se considera un comportamiento lineal, se tendrá:

$$u(x, y) = \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 y \quad \text{A.22}$$

para desplazamientos en la dirección x.

$$v(x, y) = \alpha_4 + \alpha_5 x + \alpha_6 y \quad \text{A.23}$$

para desplazamientos en la dirección y.

expresado en la forma matricial se tiene:

$$\{U(x, y)\} = \begin{bmatrix} 1 & x & y & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x & y \end{bmatrix} [\alpha_1 \ \alpha_2 \ \alpha_3 \ \alpha_4 \ \alpha_5 \ \alpha_6]^T \quad \text{A.24}$$

En forma abreviada:

$$\{U(x, y)\} = [R(x, y)]\{\alpha\}$$

donde $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_6$ son constantes arbitrarias que se expresan en términos de los desplazamientos nodales ($u_i, u_j, u_m, v_i, v_j, v_m$).

Al sustituir las coordenadas nodales en las ecuaciones A.22 y A.23 se tiene:

$$u_i = \alpha_1 + \alpha_2 x_i + \alpha_3 y_i \quad v_i = \alpha_4 + \alpha_5 x_i + \alpha_6 y_i$$

$$u_j = \alpha_1 + \alpha_2 x_j + \alpha_3 y_j \quad v_j = \alpha_4 + \alpha_5 x_j + \alpha_6 y_j$$

$$u_m = \alpha_1 + \alpha_2 x_m + \alpha_3 y_m \quad v_m = \alpha_4 + \alpha_5 x_m + \alpha_6 y_m$$

En forma matricial:

$$\{u\} = \begin{Bmatrix} u_i \\ u_j \\ u_m \\ v_i \\ v_j \\ v_m \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_i & y_i & 0 & 0 & 0 \\ 1 & x_j & y_j & 0 & 0 & 0 \\ 1 & x_m & y_m & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x_i & y_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x_j & y_j \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x_m & y_m \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_4 \\ \alpha_5 \\ \alpha_6 \end{Bmatrix}$$

en forma simplificada:

$$\{u\} = [A] \{\alpha\} \quad \text{A.25}$$

Donde $[A]$ involucra sólo coordenadas de desplazamiento.

de la ecuación A.25 se pueden obtener los coeficientes α de la relación:

$$\{\alpha\} = [A]^{-1} \{u\} = [h] \{u\} \quad \text{A.26}$$

donde $[h]$ representa $[A]^{-1}$

sustituyendo A.26 en A.24 se tiene:

$$\{U(x, y)\} = [R(x, y)] [h] \{u\} \quad \text{A.27}$$

Entonces la función de interpolación toma la forma:

$$[N(x, y)] = [R(x, y)] [h] \quad \text{A.28}$$

siendo

$$[R(x, y)] = \begin{bmatrix} 1 & x & y & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x & y \end{bmatrix} \quad \text{A.29}$$

Aplicando las ecuaciones deformación-desplazamiento se tiene

$$\{ \varepsilon \} = \begin{bmatrix} \alpha_2 \\ \alpha_6 \\ \alpha_3 + \alpha_5 \end{bmatrix}$$

Al sustituir A.25 en A.26 se tiene:

$$\{ \varepsilon (x, y) \} = [B(x, y)] \{ u \}$$

A.30

en que

$$[B] = 1/2A \begin{bmatrix} (y_j - y_m) & (y_m - y_i) & (y_i - y_j) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & (x_m - x_j) & (x_i - x_m) & (x_j - x_i) \\ (x_m - x_i) & (x_i - x_m) & (x_j - x_i) & (y_j - y_m) & (y_m - y_i) & (y_i - y_j) \end{bmatrix}$$

donde A es el área comprendida entre los tres nodos.

La función de energía potencial mínima se plantea como:

$$\pi = 1/2 \{ u \}^T \left(\int_V [B]^T [C] [B] dv \right) \{ u \} - \{ u \}^T \int_V [N]^T \{ f \} dv - \{ u \} \int_S [N]^T \{ t \} ds$$

Esto nos lleva a la ecuación de la forma: $[K_e] \{ u \} = \{ q \}$

Una vez evaluada la matriz de rigidez para cada elemento se arma la de todo el sólido.

La ecuación de equilibrio general queda de la forma:

$$[K] \{ u \} = \{ R \}$$

A.31

donde $\{ R \}$ es el vector de fuerza nodal resultante.

El desplazamiento nodal en toda la estructura puede calcularse al resolver sistemas de ecuaciones simultáneas de la ecuación A.31 por métodos como la eliminación de Gauss.

La evaluación de la matriz de rigideces de los elementos de la ecuación A.17, requiere llevar a cabo una integración sobre toda el área del elemento con la suposición de que el espesor w es constante:

Si el tamaño del elemento no es muy grande (Charles E: Knight, PWS-KENT P.C.) la integral anterior se puede simplificar a :

$$[K_e] \cong [B]^T [C][B]wA$$

A.32

donde A es el área del elemento, la matriz [B] es la que relaciona las deformaciones del elemento y los desplazamientos nodales y la matriz [C] es la de las constantes elásticas de la relación esfuerzo-deformación.

Los paquetes de software que se utilizan para análisis por elementos finitos evalúan las integrales de las matrices de rigidez y de fuerza usando métodos de integración numérica como el método de integración de Gauss

APENDICE B

FUNCIONES " G", DISTRIBUCION EN GRUPOS

GRUPO 0	•	G00:	Marcha rápida
		G01:	Interpolación lineal
		G02:	Interpolación circular sentido horario
		G03:	Interpolación circular sentido antihorario
		G04:	Tiempo de espera
		G33:	Roscado en el registro
		G84:	Ciclo de cilindrado
		G85:	Ciclo de roscado
		G86:	Ciclo de ranurado
GRUPO 1	**	G96:	Velocidad de corte constante
		G97:	Programación directa de la velocidad de giro
GRUPO 2	**	G94:	Indicación del avance en mm/min (1/100 inch/min)
		G95:	Indicación del avance en mm/rev (1/1000 inch/rev)
GRUPO 3	**	G53:	Desactivación de desplazamiento 1 y 2
		G54:	Llamada de desplazamiento 1
		G55:	Llamada de desplazamiento 2
GRUPO 4	•	G92:	1.- limitación de la velocidad de giro
			2.- Aplicar desplazamiento 5
GRUPO 5	**	G56:	Desactivación de desplazamiento 3,4,5
		G57:	Llamada de desplazamiento 3
		G58:	Llamada de desplazamiento 4
		G59:	Llamada de desplazamiento 5
GRUPO 6	•	G25:	Llamada de subprograma
		G26:	Llamada de programas de polígonos
		G27:	Salto incondicionado
GRUPO 7	x	G70:	Indicación de medidas en pulgadas
		G71:	Indicación de medidas en mm
GRUPO 8	**	G40:	Supresión de la corrección de la trayectoria de la herramienta
		G41:	Corrección de la trayectoria de la herramienta a la izquierda
		G42:	Corrección de la trayectoria de la herramienta a la derecha

• Activo por registros

** Estado de puesta en marcha

x Estado de puesta en marcha ajustable en el modo de funcionamiento de monitor del operador

01173

2

24)

CONTRIBUCIÓN A LA SIMULACIÓN
MATEMÁTICA DE LA ATMÓSFERA
REACTIVA EN EL PROCESO DE
NITRURACIÓN IÓNICA

VÍCTOR MANUEL ROMERO MEDINA

Certificado de Aprobación:

Dr. Luis Ferrer Argote
Profesor-Investigador

Dr. Francisco Solorio Díaz
Profesor-Investigador

Dr. Armando Bravo Ortega
Profesor-Investigador

Dr. Joaquín Oseguera Peña
Profesor-Investigador

Dr. Alejandro Rodríguez Valdés
Profesor-Investigador

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN