

11126
63



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

MAQUINAS DE CNC EN EL DISEÑO DE
SISTEMAS PRODUCTIVOS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
MIGUEL ARMANDO MOLINA MOCTEZUMA

ASESOR: ING. EUSEBIO REYES CARRANZA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2003

2



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES**

**TESIS CON
PUNTA DE ORO**

U. N. C. FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES
ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Máquinas de CNC en el Diseño de Sistemas Productivos".

que presenta el pasante: Miguel Amardo Molina Moctezuma
con número de cuenta: 9561372-9 para obtener el título de :
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 19 de Mayo de 2003

PRESIDENTE	<u>Lic. Ramón Corona Paredes</u>	
VOCAL	<u>Ing. Raúl Marcos Bogard Sierra</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Eusebio Reyes Carranza</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Corina Adriana Sandoval García</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Gabriela López Sánchez</u>	

3

Este trabajo de tesis lo dedico a todas aquellas personas que de un modo u otro estuvieron involucradas en mi formación profesional y humana durante toda mi carrera, desde párvulos hasta la titulación, y que además influyeron en mi vida académica y personal hasta el punto en que este trabajo se concluyó.

Agradezco y dedico en primer lugar a mis padres: **Aurora Moctezuma y Miguel Armando Molina**, quienes me han apoyado a lo largo de mi trayectoria de vida.

También a mi hermano: **Manuel Fernando**, quien me ha ayudado en mucho durante la elaboración de esta tesis.

Especialmente a mi prometida: **Maria Guadalupe Pacheco**, quien me ha impulsado desde que nos conocemos y me ha dado ánimos para seguir adelante.

Y entre otros que espero no omitir, aquellos quienes me acompañaron en la carrera:

VINNIE, ZOMBIE, YEYO, MIGUELON, GERARDO, MANOLO "EL LOCO", JORGE VARGAS, Erick "butkus", RENNE "RAINS", MANTA, REINALDO, SONY, ISO, ALINE MORAN, "EL POLLO", GEORGETTE DUPRAZ, MARCO TULIO, PAOLA TICOZZI, A EUSEBIO REYES (MI ASESOR Y AMIGO) Y A YUNUÉN☼ Y TODOS LOS QUE COMO ELLA SE VAN SIN PODER TERMINAR, PERO QUE SIGUEN CON NOSOTROS, EN NUESTRA MEMORIA.

Dedicated to all pioneers

INDICE

Introducción	1
Capítulo 1. SISTEMAS PRODUCTIVOS.	3
1.1 ¿Qué es un sistema productivo?	4
1.2 Tipos de producción.	5
1.3 La planta	7
1.31 Ubicación de la planta	7
a) Decisiones	7
b) Ubicación de los mercados	8
c) Ubicación de los materiales	9
d) El transporte	9
e) Mano de obra	10
f) Clima	11
g) Selección de la comunidad	11
1.32 Distribución de la planta*	13
a) Tareas en el planeamiento de distribución	15
b) Necesidades de una nueva disposición	16
c) Principales tipos de distribuciones	17
d) Análisis productivos-Volumen de producción	21
e) Modelos de distribución bi y tridimensionales	29
1.33 Equipamiento	30
1.4 El factor humano	31
1.41 Aspectos psicológicos	31
1.42 Aspectos físicos	32
1.43 El hombre y la máquina en el diseño de un sistema productivo.	35

* Este tema se extrajo deapuntes de Diseño de Sistemas Productivos.



Capítulo II. MAQUINAS DE CNC.	37
II. Control Numérico.	38
Breve historia del control numérico.	39
II.1 Ventajas de las máquinas de CNC.	41
II.2 Nomenclatura de ejes y movimientos	42
II.3 Clasificación de tipos de control	45
II.3.1 Control numérico punto a punto	46
II.3.2 Control numérico paraxial	46
II.3.3 Control numérico continuo	47
II.3.4 Interpolación lineal	49
II.3.5 Interpolación circular	50
II.4 Sistemas de programación	50
II.4.1 Sistema incremental	50
II.4.2 Sistema absoluto	51
II.4.3 Programación manual	53
a) Introducción	53
b) Definición de los ejes	53
c) Los bloques	55
d) Las direcciones	56
e) Códigos	57
f) Ciclos fijos	59
Capítulo III. PRODUCCION DE PIEZAS DE AJEDREZ	64
III.1 Tipo de Producción	65
III.2 Maquinaria que se utilizan	67
III.3 Diseño y programa de la pieza	68
CONCLUSIONES	71
TABLAS DE MATERIALES	72
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	74

INTRODUCCION

Para el eficiente diseño de un sistema productivo se deben optimizar los tiempos y la calidad de la producción y para tal efecto se tiene que optimizar el proceso en sí buscando que el producto resultante sea exactamente lo que el cliente necesita.

A través de la historia de la humanidad se han desarrollado muchos métodos, procesos y materiales, y junto con todo esto, máquinas que ayudan a conseguir el objetivo: el producto final.

Desde la revolución industrial, las máquinas han jugado un papel importante en las empresas de todo tipo, principalmente las fábricas. Hemos encontrado gran utilidad en el empleo de máquinas que auxilian en la transportación de materiales o productos terminados o en proceso, en los mismos procesos o en la preparación de éstos. Podemos decir entonces que la tecnología y la ciencia han avanzado exponencialmente gracias al fenómeno de retroalimentación, esto es, el mismo avance permite desarrollar nuevas máquinas que facilitan el avance que permite desarrollar a su vez nuevas máquinas, y así podíamos seguir un número n de veces que puede tender a infinito.

Actualmente, la mayoría de los procesos se basan en operaciones hechas por máquinas que no requieren gran atención en su manejo durante la operación: las máquinas de control numérico. Estas han sido una de las herramientas de los sistemas de producción más útiles puesto que pueden automatizar procesos tediosos, pesados o peligrosos para el hombre hasta lograr la sustitución de la intervención humana en éstos, aunque no por completo, ya que no hay que dejar de lado el factor humano.

El diseño de un sistema productivo sustentado en métodos o sistemas de este tipo, denominados "sistemas de manufactura flexible", debe basarse en filosofías de calidad que permitan a los operarios de las máquinas adaptarse a tal sistema, para tal efecto, es necesario tener en cuenta la cultura con la que se va a trabajar y procurar que al seleccionar el personal éste se adapte a nuestras filosofías y viceversa.

Antes de considerar este punto, se debe tomar en cuenta también el tipo de costumbres que tienen las personas que podrían llegar a trabajar para nosotros, si resultaría bueno o malo poner una planta en un lugar o en otro, ventajas y desventajas de las ubicaciones posibles, como se va a equipar a planta, etc...

En este trabajo de tesis se desarrollan los datos pertinentes al desarrollo de sistemas productivos y las máquinas de control numérico que permitirán al lector la fácil comprensión de la relación entre las materias a las que se refieren estos temas. Además, se presenta la teoría básica para desarrollar sistemas productivos, y el manejo de las máquinas de control numérico, específicamente el torno, que es el que se emplea en el proceso que se presenta como ejemplo.

El primer capítulo trata acerca del diseño de sistemas productivos, y abarca desde definiciones y conceptos básicos hasta su relación con la materia de robótica, particularmente con el tema de control numérico, pasando por temas referentes a las bases del diseño de sistemas de producción, sus elementos, los tipos de sistemas que existen, y los estudios previos a la puesta en marcha de una planta, se toca el tema del factor humano en el sistema productivo y la relación del hombre y la máquina en la producción.

En el segundo capítulo se presenta al control numérico, qué es, para qué sirve, las máquinas de control numérico, cómo funcionan algunas de ellas y cómo se programa una máquina de control numérico. Se podrá apreciar que en este capítulo se concentra la atención en el funcionamiento y la programación de estas máquinas, lo cual ayudará a identificar su importancia en la producción.

En el tercer capítulo se ve un ejemplo de cómo se relacionan directamente robótica y diseño de sistemas productivos como materias comunes del plan de estudios, y se desarrolla un proceso que se lleva a cabo casi en su totalidad con máquinas herramientas de control numérico, además de que aquí se encontrarán también las instrucciones que se han de programar en un torno específico de control numérico para obtener por resultado las piezas que se presentan en este trabajo.

Al final se encuentran unas tablas útiles para el trabajo de maquinado de diversos tipos de materiales que indican el avance y velocidad de corte óptimos para la correcta manufactura y acabado de piezas en dichos materiales.

El lector, máxime el alumno, encontrará en este trabajo una guía para auxiliarse en la comprensión de los temas de las materias a las que estos refieren, y la interrelación existente entre estas dos, así como también podrá utilizarla como guía temaria para futuros trabajos o desarrollo de proyectos.

CAPITULO 1

SISTEMAS PRODUCTIVOS

I. SISTEMAS PRODUCTIVOS

1.1 ¿QUÉ ES UN SISTEMA PRODUCTIVO?

Casi todas las empresas tienen dos objetivos básicos, producción y mercadotecnia, proporcionar productos y servicios es la meta.

En cualquier actividad de producción, la primera preocupación del gerente de producción es la de proporcionar insumos. Estos incluyen materias primas, maquinaria, suministros de operación, productos semiterminados, edificios, energía y mano de obra. Una vez que los insumos han sido conjuntados ocurre la creación del valor.

Entre las cosas que se debe tener especial atención cuando se fabrican los productos o servicios está la programación cronológica de los trabajos en las máquinas, la asignación de personal para los trabajos a realizar, el control de la calidad en la producción, el mejoramiento de los métodos para ejecutar los trabajos y el manejo de los materiales dentro de la compañía.

El objetivo de las actividades de la producción es maximizar el valor creado. La diferencia entre el valor de lo que entra y el valor de lo que sale es el valor creado mediante las actividades de la producción. A la larga debe haber utilidades para la empresa, por lo que las actividades de la producción deben maximizar el valor de lo creado dentro de los límites de los precios de venta competitivos y el costo de la producción, esto es, sueldos y salarios, costo de los materiales y de la energía, consideraciones ambientales y políticas gubernamentales entre otras.

Se puede considerar al sistema de producción como la armazón o esqueleto de las actividades dentro del cual puede ocurrir la creación del valor.

En un extremo del sistema se encuentran los insumos o entradas, en el otro están los productos o salidas, conectando las entradas y las salidas existen una serie de operaciones o procesos, almacenamientos e inspecciones.

La producción de cualquier producto o servicio puede observarse en términos de un sistema de producción. Por ejemplo, un fabricante de muebles requiere insumos tales como madera, pegamento, tornillos, clavos, pintura, barniz, tintes, papel de esmeril, sierras, prensas, formas y trabajadores, así como otros factores de la producción. Una vez adquiridos estos insumos pueden almacenarse hasta que se necesiten, luego se presentan varias operaciones tales como aserrar, clavar, lijar, pintar, mediante las cuales los insumos se convierten en productos tales como sillas, mesas, gabinetes. Después de las operaciones de acabado se hace una inspección final (la inspección también puede hacerse durante las operaciones intermedias del proceso) luego los productos se colocan en el almacén de artículos terminados hasta que son enviados al cliente.

1.2. TIPOS DE PRODUCCIÓN

Aún cuando los sistemas de producción varían con las diferentes industrias y empresas, puede aplicarse el concepto de un sistema de producción a cualquier actividad cuyos resultados sean productos o servicios.

La mayoría de los sistemas completos están formados por subsistemas y quizá por sistemas paralelos. Si el sistema de producción de insumos, almacenamientos, inspecciones, operaciones y productos se considera como esqueleto de la operación de la producción, en forma análoga puede considerarse el sistema de información como su sistema nervioso, ya que incluye los procedimientos, papeleo y dispositivos empleados para transmitir la información.

El sistema de información proporciona una serie de canales por medio de los cuales pasa la información de un lado a otro entre los implicados de las operaciones de la producción.

Los subsistemas son sistemas más pequeños que forman parte de los sistemas totales de producción. Por ejemplo, en muchas firmas existen subsistemas cuidadosamente diseñados, tales como sistemas para control de la producción, sistemas para control de inventarios y sistemas para control de calidad.

El desarrollo y mejoramiento de subsistemas como los anteriores dieron origen a un campo de actividad industrial conocido como diseño de sistemas. Las personas comprometidas en este tipo de trabajo reciben el nombre de analistas de sistemas, o ingenieros de sistemas o diseñadores de sistemas.

En algunas grandes empresas, el sistema de producción puede formar en sí parte de un sistema más grande. Por ejemplo, un importante fabricante de automóviles tiene un sistema para extraer mineral de hierro, un sistema para el transporte del mineral, un sistema para la fabricación de acero, un sistema para hacer partes de automóviles, un sistema para ensamblar los automóviles, un vasto sistema para distribuir los automóviles, que comprende a todos los distribuidores del país.

Aún cuando todos los sistemas de producción difieren en algo, existen dos tipos básicos de sistemas de producción: Uno de ellos está basado en la producción intermitente y otro en la producción continua. Ejemplos de la producción intermitente serían un taller de ebanistería que trabaja sobre pedido, un taller mecánico en general y el contratista de edificios. Ejemplos de producción continua serían las refinerías de petróleo, las plantas de productos químicos, las plantas de papel y cartón y las plantas de producción en masa. Aunque algunas compañías no pueden clasificarse estrictamente como dedicadas exclusivamente a la producción intermitente o continua, estos dos tipos básicos sirven como modelos con relación a ciertas observaciones que pueden hacerse.

El sistema continuo rinde, por lo general un costo unitario menor por el producto o servicio producido que el sistema intermitente. Esto se debe a economías de escala que permiten descuentos en cantidad, especialización del trabajo y máquinas con propósitos especiales.

Los costos de almacenamiento por unidad, por lo común son más bajos en un sistema de producción continua, debido a que la materia prima se almacena durante un periodo muy corto y los inventarios de artículos en proceso se mueven por la planta con mucha rapidez. La mayoría de los gerentes de las plantas por procesos continuos también procuran que los productos terminados se lleven inmediatamente a los clientes, de manera que las bodegas no estén saturadas con los productos que se hacen con prontitud.

El tiempo requerido para la producción generalmente es menor en los sistemas de producción continua que en los sistemas de producción intermitente. En una planta de autos o de papel los productos se mueven con rapidez en el proceso de la producción. En las operaciones de una línea de ensamble como la que se encuentra en la producción en masa, no es raro encontrar productos que salen de la línea de ensamble con pocos minutos de intervalo.

Por otra parte, los productos en un sistema intermitente de producción, por lo general están en un estado de terminación parcial durante varios días o varias semanas.

En la mayoría de los sistemas de producción continua se utiliza un equipo de trayectoria fija para el manejo de materiales. El equipo de trayectoria fija incluye transportadores, tolvas y rieles.

Por lo general existe una marcada diferencia entre las cantidades de dinero invertido en el sistema de producción intermitente y continuo, debido a la maquinaria para propósito especial, equipo de trayectoria fija para el manejo de materiales, y los costosos mecanismos de control, así como también al mayor ámbito de operaciones, el sistema de producción continua requiere una mayor inversión que el sistema de producción intermitente.

Los problemas relativos a los sistemas de producción pueden dividirse en dos áreas generales, una de ellas comprende los problemas relacionados con el diseño de sistemas productivos, y el otro implica problemas relacionados con la planeación, el análisis y el control de las operaciones de producción.

1.3. LA PLANTA.

La planta es, si no la parte más importante de un sistema de producción, si es de las primeras partes que se debe tomar en cuenta, ya que de esto dependen en gran medida los demás factores de producción y elementos de nuestro sistema.

Los factores más importantes que se deben considerar de una planta son su ubicación, distribución y equipamiento. Estos puntos se exponen a continuación.

1.31 UBICACION DE PLANTA.

Una de las principales decisiones que debe tomarse es respecto al sitio en el que debe ubicarse la planta de producción. Para tomar esta decisión deben tomarse en cuenta factores como la ubicación de los mercados, la ubicación de los materiales, instalaciones para el transporte, la ubicación de los suministros de mano de obra, fuentes de energía, disponibilidad de agua, instalación para la eliminación de desperdicios, clima, características de la comunidad, reglamentos gubernamentales, impuestos, costos de los terrenos, capital disponible etc. Una vez que se ha tomado la decisión, que se ha construido la planta, que se hayan instalado las máquinas y se hayan contratado trabajadores, es muy difícil cambiar la ubicación, además, la ubicación de la planta tiene una influencia directa sobre los costos de operaciones y sobre la efectividad de la mercadotecnia. Por otra parte, una vez que se ha decidido sobre la ubicación de la planta, por lo general la empresa permanece en este sitio durante muchos años, ya que el costo de cambio de ubicación resulta muy alto, tanto en lo económico como en el tiempo.

Los errores en la decisión en el campo de la ubicación de la planta suelen conducir a problemas a largo plazo que son muy difíciles de solucionar, es por esto que tales decisiones deben hacerse con mucho cuidado y deben implicar predicciones a largo plazo, así como el análisis de las relaciones actuales de todos los factores implicados en esta decisión.

a) DECISIONES.

Los gerentes de una empresa comercial pueden enfrentarse a problemas relativos a la decisión sobre la ubicación de la planta, y generalmente tiene varias alternativas, entre las que se pueden presentar:

1. Continuar produciendo en la planta actual y trabajar por subcontratos los pedidos adicionales.
2. Pueden ampliar la planta en el lugar que ahora ocupa.
3. Pueden conservar la presente planta y al mismo tiempo construir una nueva planta o plantas en cualquier otro lugar.
4. Pueden vender la planta con que ahora cuentan y reubicar toda la operación en una nueva planta.

Si se toma la decisión de construir una nueva planta en otro lugar, entonces se hace necesario un complejo análisis. Este debe comenzar con la acumulación de datos referentes a los requisitos para la ubicación de una empresa.

- ¿Cuales son los mercados que serán servidos por la firma?,
- ¿Cuales son los métodos de transporte necesarios?,
- ¿Donde se encuentran las fuentes de las materias primas requeridas para la empresa?,
- ¿Que tipo de mano de obra se necesita?,
- ¿Cuanto terreno se necesitará para la planta y para una futura expansión?,
- ¿Que tipo de energía se requiere para el proceso de producción?,
- ¿Se requieren condiciones climatológicas especiales?.

Las respuestas a estas preguntas fijan la escena de la fase inicial de la decisión sobre la ubicación de la planta.

En esta fase, la administración se dedicará a seleccionar la región donde se habrá de ubicar la planta. Una vez hecha esta selección se debe seleccionar una comunidad en particular, y finalmente, el sitio en particular de esta comunidad.

A continuación se exponen una serie de criterios y factores relacionados con la selección del área de ubicación de una planta nueva:

b) LA UBICACIÓN DE LOS MERCADOS.

El ubicar las plantas cerca de los mercados para sus productos y servicios es de capital importancia en la decisión sobre la ubicación de una planta. Si los costos de transporte asociados con el movimiento del producto de la planta a los mercados es un gran porcentaje del costo total del producto, entonces puede ser conveniente construir la planta cerca de sus mercados.

En algunos casos, lo perecedero del producto requiere que la planta esté situada cerca de los mercados, si el producto terminado es frágil y la compañía no quiere arriesgar grandes embarques, es también importante estar cerca de los mercados. Otra clase de productos que hacen que sea mas conveniente situar la planta cerca de los mercados son los que aumentan en volumen, peso o fragilidad durante el proceso de fabricación.

Además de los costos de transportación, de la caducidad, el volumen, el peso y la fragilidad, existen otras situaciones que obligan a considerar en la ubicación de la planta cerca de su mercado. En algunas compañías, los servicios son el principal artículo de su sistema de producción. Así, las tiendas de abarrotes, las estaciones de gasolina, los hospitales, restaurantes, hoteles y talleres de reparación están ubicados cerca del mercado local, como primera consideración. Incluso las industrias pesadas como la del acero se enfrentan a consideraciones de servicio, las acerías dedicadas al acabado de acero laminado, en barras y

en productos de alambre, regularmente se sitúan cerca de sus clientes en vez de hacerlo cerca de sus fuentes de abastecimiento de materias primas. Sin embargo, las plantas que elaboran productos semiterminados, como lingotes, suelen ubicarse cerca de su fuente de materias primas por otras razones.

En otros casos puede diseñarse el sistema de producción para artículos hechos sobre pedido. En estos casos es esencial el estrecho contacto con los clientes, ya que la mayoría de los pedidos son hechos según especificaciones del cliente, y con frecuencia son alteradas sobre la marcha. Lo mismo aplica a las compañías que se dedican a la construcción.

Si el producto es relativamente barato y los costos de transportación aumentan en forma importante el precio de venta, es conveniente una ubicación cercana a los mercados.

c) LA UBICACIÓN DE LOS MATERIALES

Los insumos de los sistemas de producción incluyen muchos tipos de materiales: materia prima, suministros, artículos semiterminados, partes, equipo y herramientas. Para muchas compañías, la ubicación de estos materiales es un factor importante en las decisiones sobre la ubicación de la planta. Algunas compañías se mudan a áreas industriales bien desarrolladas para estar cerca de los proveedores, casas de repuestos, proveedores de equipo nuevo y usado, proveedores de herramientas. Sin embargo, estas condiciones se presentan cuando se está tomando la decisión con relación a determinada comunidad o sitio de la comunidad.

El mayor impacto de la materia prima sobre las decisiones de ubicación de la planta se presenta en las industrias extractivas.

Otro factor importante al respecto es el número de materias primas requeridas. Estas quizá no se encuentren en el mismo lugar y dificulten la decisión sobre la ubicación de la planta en el lugar correcto. En este caso, se debe evaluar cual es el material que menos cantidad requiere o que resulte más fácil o económico transportar.

d) EL TRANSPORTE

Las facilidades de transporte son necesarias para que las operaciones de un sistema productivo sean económicamente óptimas.

Es necesario tener en cuenta todas las opciones de transporte con que se cuenta para el manejo de materias primas y productos terminados y semiterminados que entren y salgan de la planta cuando se diseña un sistema productivo. Los medios de transporte se pueden dividir en acuáticos, terrestres y aéreos. A continuación se presentan algunos ejemplos de éstos con una breve reseña histórica de su empeño y evolución a través de las últimas décadas.

Haciendo un repaso de la historia industrial se puede ver que uno de los más importantes medios de transporte fue el acuático. Este influyó de manera importante en la ubicación de las operaciones de fabricación. La razón de esto es que el transporte por agua era y sigue siendo la forma de transporte menos costosa por tonelada-milla, aunque en la actualidad resulta ser uno de los medios más lentos de transporte.

Con la aparición de los ferrocarriles se expandió la actividad industrial a los lugares que no estaban servidos por rutas acuáticas. En la actualidad este medio de transporte abarca casi todo el continente. El costo por tonelada-milla es más alto que el del transporte acuático, pero esto se compensa con mayor flexibilidad y rapidez de embarque. Posteriormente surgieron los camiones y estos sustituyeron en parte a los vagones. Actualmente resulta conveniente para algunos casos combinar ambos medios de transporte, lo que puede resultar en un transporte rápido, económico y flexible. Los camiones son más flexibles que los ferrocarriles en términos de rutas, tránsito urbano y horarios.

A la combinación de trailers y trenes en un servicio de transporte se le conoce como piggy-back service (servicio de retransferencia), con este sistema los camiones se cargan en la planta, llevan la carga al ferrocarril, se cargan en plataformas y van por riel hasta su destino en donde se descargan con tractores hasta su punto final.

Otro interesante medio de transporte son los ductos, estos se usan para transportar fluidos o materiales pulverizados. La ventaja de los ductos es un bajo costo por tonelada-milla.

El método de transporte más recientemente desarrollado son las líneas aéreas, estas son el medio de transporte más rápido pero su costo es el más elevado. Sin embargo, para algunas empresas es necesario el empleo de este medio de transporte, y por tal motivo tienen que tomar en cuenta la cercanía de un aeropuerto al buscar la ubicación de una planta.

e) MANO DE OBRA.

Uno de los principales insumos de los sistemas de producción es el potencial humano. Cuando una empresa considera una nueva ubicación necesita contestar a varias preguntas relacionadas con la mano de obra para poder tomar una decisión sobre la ubicación de la planta.

En términos de empleados potenciales en un sitio propuesto (el número de estos), las empresas suelen considerar zonas en las cuales habrá tres o cuatro veces el número de solicitantes que se requerirá para la fuerza de trabajo. Esto permite selectividad en la formación de la fuerza de trabajo productora. Deben evitarse las zonas en las cuales es reducido el número de empleados potenciales, o aquellas en las que no puedan atraerse fácilmente a empleados de fuera del área.

El número de empleados potenciales disponible no es un indicador adecuado de la fuerza de trabajo en sí, ya que con frecuencia una empresa requiere de mano de obra especializada.

Lo que las empresas hacen en estos casos es ir a donde está la mano de obra necesaria y que se ofrezca al menor costo.

El grado de sindicalismo y las actitudes empresa-trabajador son un indicador para el establecimiento de una planta, ya que en lugares donde las relaciones de las empresas con los trabajadores son desfavorables indica que habrá problemas con la actitud de los trabajadores en esta región y no conviene establecerse ahí.

Otro factor importante es el nivel de sueldos y prestaciones. Este factor es mas importante en algunas empresas que en otras debido a los costos de mano de obra y materia prima del producto.

Otro aspecto del suministro de mano de obra que vale la pena mencionar es el índice de ausentismos y rotaciones. Si una zona en particular tiene un alto índice de ausentismos y rotaciones es muy probable que una nueva firma que se ubique ahí sufra el mismo problema entre su fuerza de trabajo.

f) CLIMA.

Hay dos factores importantes respecto del clima que las compañías necesitan evaluar antes de tomar la decisión de ubicarse en un lugar determinado; Primero, el clima debe ser favorable para que los trabajadores permanezcan en su lugar de trabajo y puedan trabajar satisfactoriamente su jornada; Segundo, algunas empresas requieren cierto clima por motivos de su producción, por ejemplo, las condiciones de temperatura afectan en gran medida las producciones agrícolas.

Actualmente se cuentan con dispositivos de control de temperatura que hacen posible crear el clima deseado dentro de la planta, pero por supuesto genera un gasto extra de producción y la fuerza laboral requeriría implementar estos mismos dispositivos en sus viviendas, en ciertos casos.

g) SELECCIÓN DE LA COMUNIDAD.

Aparte de los factores antes mencionados se debe tomar en cuenta dentro de la comunidad seleccionada los siguientes factores:

1. Preferencias administrativas.
2. Facilidades de la comunidad.
3. Gobierno e impuestos de la comunidad.
4. Disponibilidad de terrenos e infraestructura.
5. Financiamiento.

Las **preferencias administrativas** suelen presentar un papel importante en esta decisión. En la actualidad muchas plantas están ubicadas en ciertos lugares por que sencillamente es el lugar donde vivía el fundador, o por que un cambio de ubicación significaría una ruptura de lazos de larga permanencia con la comunidad. En algunas compañías, la ubicación de sucursales esta relacionada con las preferencias personales de los gerentes. Aunque rara vez se menciona en los círculos comerciales, las esposas de los gerentes desempeñan una función influyente en algunas de estas decisiones.

Las **facilidades de la comunidad** deben ser investigadas cuando se toman decisiones sobre la ubicación de una planta, ya que el bienestar de los empleados que van a ser cambiados a esta comunidad es un factor de suma importancia en el éxito de la operación del sistema de producción.

La lista de facilidades de la comunidad que debe ser considerada incluye, entre otras cosas, iglesias, escuelas, centros comerciales, instalaciones médicas, alojamientos residenciales, oportunidades para divertirse, protección policiaca y de bomberos, oportunidades culturales, servicios.

Las vías de comunicación son, tal vez, el aspecto más importante de esta decisión que se debería considerar, no solo respecto de la vida suburbana sino de la planta en si. Una comunidad conveniente debe contar con carreteras y calles adecuadas, así como un buen servicio de transporte público.

Respecto al **gobierno de la comunidad** se debe tomar en cuenta la situación política de todos los lugares potenciales, incluso si otras consideraciones apoyan un emplazamiento en particular, el conocimiento de la situación política y de los prejuicios locales puede ayudar a tomar decisiones. Los **impuestos** son otro factor en el que se debe poner especial atención, ya que estos pueden llegar a ser un impedimento para que la empresa crezca, debido a que pueden ser tan altos que las ganancias de la empresa se vayan en impuestos.

Es recomendable también verificar que la ubicación propuesta no infrinja algún reglamento local de construcción. Debe hacerse un estudio no solo de los estatutos apropiados, sino también de cualquier reglamento especial que se refiera a la descarga de los efluentes de la planta y a la presencia de "leyes no escritas" sobre derechos naturales en las inmediaciones.

Debemos buscar una comunidad que disponga de suficientes **terrenos** en las condiciones que se requieren para poder elegir el terreno que por su tamaño, vías de comunicación, servicios, (entre otros) convengan, pensando siempre en una posible expansión futura de las instalaciones. En este caso, no solo debe considerarse la geología del área, es decir, si el subsuelo podrá soportar las cargas a las que será sometido, sino también si las situaciones climáticas (humedad, temperatura) afectarán adversamente la manufactura. Las técnicas modernas de construcción permiten superar casi cualquier desventaja del terreno y del clima, pero el costo puede ser elevado y una localidad diferente podría evitar un costo inicial inflado.

Al decir de la **infraestructura** hay 5 servicios públicos principales que se necesitan considerar, y son:

1. gas.
2. electricidad.
3. agua.
4. drenaje.
5. retiro de basura.

Ciertas industrias utilizan cantidades considerables de agua (para preparación de alimentos, lavanderías, galvanoplastia, etc); otras emplean grandes cantidades de electricidad para procesamiento químico; y así sucesivamente. Se debe hacer una evaluación de los requerimientos de estos servicios y extrapolarla lo más posible. La subestimación de las necesidades de cualquiera de los servicios puede resultar en extremo costosa e inconveniente.

Los gobiernos y las autoridades ofrecen a menudo concesiones especiales, **financiamientos**, préstamos a interés bajo, rentas bajas y otros incentivos con la esperanza de atraer industrias a ciertas localidades. Como estas áreas con frecuencia tienen reservas de mano de obra, tales ofrecimientos pueden ser de lo más atractivos.

I.32 DISTRIBUCION DE PLANTA

Una buena distribución de planta es un factor importantísimo en la gestión económica de una empresa. No debe subestimarse la importancia de una adecuada planeación de esta función pues el recorrido de los materiales puede considerarse como la espina dorsal de los procesos productivos y, por lo tanto, debe ponerse atención para evitar que, debido a la dinámica industrial, los equipos se conviertan en un conjunto desordenado de hombres y máquinas que no asegure la eficiencia esperada de un sistema industrial racionalmente organizado.

Existen dos tipos de problemas, según se trate de planear la disposición de una fábrica nueva o de mejorar la disposición existente. El segundo, tradicionalmente se presenta debido a que las disposiciones no van cambiando de acuerdo a un plan sino que van agregando máquinas en donde se encuentra espacio.

Al cabo de un tiempo de esta "sin política", se llega a una disposición, por supuesto no óptima, que agrega mucho tiempo al contenido original del trabajo.

Antes de seguir con el tema conviene aclarar que esta verdadera función dentro de la Ingeniería Industrial recibe varias denominaciones en el uso diario, generalmente sinónimos entre sí. Entre ellos podemos mencionar:

- 1.- Disposición o distribución de equipo.
- 2.- Plant Lay Out.
- 3.- Lay Out.
- 4.- Distribución de planta.
- 5.- Planeación de talleres, etc.

Como en toda actividad humana, deben definirse de entrada los objetivos de la función:

- 1.- Facilitar el proceso de manufactura.
- 2.- Minimizar los movimientos de materiales.
- 3.- Mantener una flexibilidad adecuada.

Al hablar de flexibilidad, queremos indicar que la disposición debe ser tal, que no nos ahogue ante cualquier variación que tenga el plan de producción. Por lo tanto, existen dos tipos de flexibilidad, a saber:

- A. En la cantidad (por expansiones o aumentos de volumen)
- B. Calidad (por cambios de diseño o productos fabricados)

- 4.- Asegurar una alta rotación de materiales en proceso.

Ello traerá como consecuencia una disminución de los inventarios, lo que significa menores activos y, por lo tanto mayor rentabilidad de la inversión.

- 5.- Minimizar la inversión en equipos.
- 6.- Utilización lo más racional posible del espacio disponible.
- 7.- Utilización más eficiente de la mano de obra.

No hay que olvidar que los elementos de la producción son tres: Mano de obra, equipos y materiales. Se puede tener una idea de la importancia del tema que estamos tratando si vemos que los tres intervienen dentro de los objetivos.

8.- Asegurar la eficiencia, seguridad y comodidad de los ambientes de trabajo.

Este punto ha dado origen a una nueva ciencia denominada **ERGONOMIA**.*

Si bien a través de los objetivos puede visualizarse el campo que abarca el tema, conviene especificarlo un poco más. Es evidente que es tarea conjunta de varios departamentos de Ingeniería y de la Dirección. Llegar a la Dirección pues determina la capacidad económica de la planta para cumplir con el plan de venta.

En cuanto al área de producción, el Lay Out orienta el flujo de los materiales y gobierna los gastos de mano de obra, combustible, equipo de movimiento de materiales, depreciaciones, etc. En el caso de organizaciones grandes puede decirse que el planteamiento de las disposiciones coordina las funciones de venta, finanzas, producción, ingeniería y dirección para lograr la rentabilidad deseada.

a) TAREAS EN EL PLANEAMIENTO DE DISTRIBUCIONES.

Evidentemente, el tamaño y las actividades del departamento de Lay Out, varía mucho con el tipo y tamaño de organización. Si se trata de una empresa pequeña que no tiene un Ingeniero Industrial, la responsabilidad debe asignarse al departamento de Ingeniería o al en cargado de producción.

No obstante lo dicho al principio, como referencia, puede indicarse las siguientes tareas que se producen aproximadamente en el orden citado.

- 1.- Obtención de datos básicos: (Análisis de productos y volúmenes de producción, frecuencia de cambio de diseño, submontaje final, estándares de producción, etc.)
- 2.- Planear el recorrido de los materiales y la forma en que se le moverá.
- 3.- Planear centros de trabajo (ayudándose con las técnicas del estudio de métodos y medidas de trabajo). Definimos como centro de trabajo el espacio total para realizar una tarea y, para su cálculo, debe considerarse la superficie para llevar a cabo la tarea, más el espacio para el desenvolvimiento del operario, más espacios para acceso y salida de materiales, más espacio para mantenimiento y varios.
- 4.- Requisitos de inventarios (volúmenes de almacenaje y áreas requeridas)
- 5.- Planear servicios auxiliares (Aire comprimido, calderas, energía, agua, etc.)

* Vocbto derivado de dos palabras griegas que significan "Las costumbres y leyes del trabajo".

- 6.- En base a los datos anteriores, elaborar un plan maestro de Lay Out.
- 7.- Someter el plan del punto anterior a la consideración y aprobación de la gerencia y de los interesados (producción, almacén, ingeniería, etc.)
- 8.- Colaborar activamente en la instalación de las disposiciones propuestas.
- 9.- Proveer los controles necesarios para verificar que una vez que se puso en marcha la disposición, los trabajos se realicen de acuerdo con los planes.

b) NECESIDADES DE UNA NUEVA DISPOSICIÓN.

El problema de ineficiencia de las disposiciones existentes es que hay ciertos indicadores de la situación que no se destacan directamente en la contabilidad de la empresa, es por esto que deben ser fácilmente determinados por el Departamento de Ingeniería Industrial. Entre los más comunes podemos mencionar:

1.- Departamento de recepción.

- A. Congestión de materiales.
- B. Problemas administrativos en el departamento.
- C. Demoras en los camiones proveedores.
- D. Excesivos movimientos con la mano o de remanipuleo.
- E. Necesidad de horas extras.

2.- Almacenes.

- A. Demoras en los despachos.
- B. Daños a materiales almacenados.
- C. Áreas congestionadas.
- D. Pérdidas de materiales.
- E. Control de inventarios insuficiente.
- F. Elevada cantidad de personal (No olvidar que es indirecto).
- G. Piezas obsoletas en inventarios.
- H. Falta de materiales o piezas solicitadas por producción y/o mantenimiento.

3.- Departamento de producción.

- A. Frecuentes redistribuciones de los equipos.
- B. Operarios calificados que muevan materiales.
- C. Material en el piso.
- D. Quejas de capataces por falta de espacio.
- E. Congestión en pasillos.
- F. Disposición inadecuada del centro de trabajo.
- G. Llevar el material a mano al área de trabajo.
- H. Tiempos de movimiento de materiales grandes con respecto al tiempo de procesamiento.
- I. Máquinas paradas en espera del material a procesar.
- J. Frecuentes interrupciones en la producción por fallas de algunas máquinas.

4.- EXPEDICIÓN.

- A. Mala comunicación con el departamento de producción. (Defecto bastante común).
- B. Demoras en los despachos.
- C. Roturas o pérdidas de materiales, etc.

5.- AMBIENTE.

- A. Condiciones inadecuadas de iluminación, ventilación, ruido, limpieza, etc.
- B. Muchos accidentes.
- C. Alta rotación del personal.

6.- GENERALES.

- A. Programa de producción desorganizado.
- B. Poco interés del personal.
- C. Muchos gastos indirectos.

c) PRINCIPALES TIPOS DE DISTRIBUCIONES.

Principalmente existen tres formas para distribuir las máquinas:

- 1.- Por posición fija.
- 2.- Por proceso
- 3.- Por producto o disposición en línea.

En el Lay-Out por Posición fija el componente principal permanece fijo y los elementos de la producción, esto es, mano de obra, materiales y equipo concurren a él. Como ejemplo de este tipo de disposición podemos mencionar la fabricación de barcos, grandes turbogeneradores, locomotoras, etc.

En el Lay-Out por proceso todas las operaciones del mismo proceso se agrupan en un área. Por ejemplo todas las operaciones de torneado o de soldadura, se hacen en un departamento donde únicamente se hace ese tipo de operación (torneado o soldadura).

El Lay-Out por producto o en línea, es aquél en el cual un producto se produce en un área. Si el producto es normalizado y fabricado en grandes cantidades es, evidentemente, el más conveniente. Es el utilizado para la fabricación de automóviles, artículos y empresas manufactureras similares, que se caracterizan por la producción en masa.

La mayoría de las fábricas, han adoptado un sistema híbrido.

A continuación enumeraremos las principales ventajas de ambos métodos.

1.- Ventajas del lay out por proceso.

- A. Menores inversiones en máquinas debido a la menor duplicación de las mismas.
- B. Mayor flexibilidad. Se asignan los trabajos de acuerdo a las disposiciones.
- C. Los supervisores y capataces se hacen especialistas en un área, lo cual redundará en una mejor calidad. Los operarios son mecánicos más que obreros.
- D. Los costos de producción, dentro de la serie pequeñas, se mantienen bajas.
- E. Las fallas de algún equipo no para todas las actividades siguientes pues el trabajo puede pasar a otra máquina sin alterarse mayormente la producción.

2.- Ventajas del lay out por Producto.

- A. El recorrido del trabajo se hace mediante rutas mecánicamente directas que disminuyen el tiempo y las demoras en la producción.
- B. Menor movimiento de materiales en virtud de menores distancias entre puestos de trabajo.
- C. Mejor coordinación de la producción debido a su secuencia lógica y ordenada.

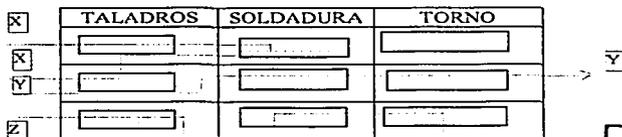
D. Menores cantidades de materiales en proceso.

E. Menor espacio ocupado por unidad de producción debido a la concentración de la fabricación.

F. Control de producción simplificado. Menores registros e inspecciones. Pocas órdenes de trabajo. Costos administrativos más bajos.

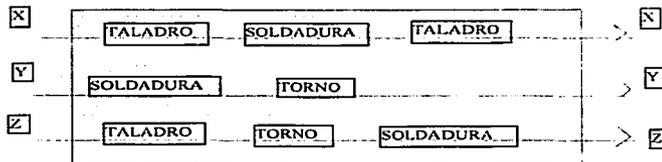
Veamos un ejemplo gráfico para ilustrar claramente la diferencia entre los dos sistemas.

PIEZA	Operación 1	Operación 2	Operación 3
x	Taladro	Soldadura	Taladro
y	Soldadura	Torno	
z	Taladrado	Torneado	Soldadura



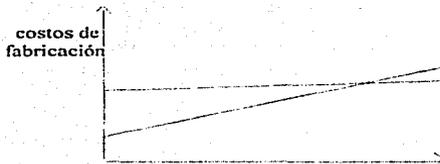
DISPOSICION POR PROCESO

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



DISPOSICIÓN POR PRODUCTO

En cuanto a los costos de fabricación, la representación gráfica es la siguiente:



Como norma general se tenderá a utilizar, siempre que sea posible, una disposición por producto o línea. Existen tres requisitos que deben cumplirse para que sea ventajosa:

1.- CANTIDAD ECONÓMICAMENTE JUSTIFICABLE.

Las series de producción deben ser grandes para compensar los mayores gastos iniciales.

2.- POSIBILIDAD DE BALANCEAR LA LÍNEA.

Si la operación 1 lleva el doble de tiempo que la operación 2, el equipo, el operador y los demás factores asociados a la operación 2, estarán desocupados la mitad del tiempo, lo cual resultará muy costoso. Sin querer entrar en la resolución de este tipo problema, diremos que se resuelve a través de técnicas de Investigación de Operaciones y en casos complejos, mediante el uso de computadoras. Para atacar el problema se necesita como mínimo información sobre:

A. VOLÚMENES DE PRODUCCIÓN.

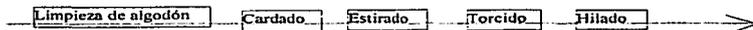
B. LISTAS DE OPERACIONES, SU SECUENCIA Y PORCENTAJE ESTÁNDAR DE DEFECTUOSOS.

C. TIEMPOS REQUERIDOS POR CADA OPERACIÓN.

Se suele hablar de dos modelos diferentes según se trate del balanceo de una línea de ensamble o de balanceo de una línea de fabricación, si bien la práctica muchas veces es dificultoso distinguir entre una y otra.

En el trabajo diario muchos encargados de producción resuelven el problema comenzando por el final de la línea y de acuerdo con los datos mencionados en A, B y C, van programando en su balanceo hacia el principio de la línea.

Consideremos el ejemplo. Se trata de balancear una línea de producción para obtener 10,000 kgs. diarios de algodón. El proceso es:



Sabiendo que al final deben salir 10,000 kgs./día y con la producción de cada hiladora (supongamos 100 kgs./día), determinamos que necesitamos 100 máquinas. Conociendo a través del Departamento de Ingeniería Industrial que un operario puede atender, por ejemplo 13 máquinas, determinamos que necesitamos 7.6 operarios. Lógicamente, tomaremos 8 y al que esté con menos carga de trabajo se le asignan algunas tareas extras como son limpiezas, lubricaciones, movimiento de materiales, etc.

Pasamos entonces a torcido donde, con el porcentaje estándar de defectuoso de hiladores (5%), determinamos que deben salir 10,500 kgs./día. Repitiendo el razonamiento, se determinan máquinas y operarios necesarios.

De esta manera, se avanza hacia el principio de la línea hasta completar el balanceo.

Es de hacer notar que el ejemplo se sacó de la realidad industrial, buscando un caso que es una disposición por proceso alineado.

3.- CONTINUIDAD DE LA PRODUCCIÓN.

La fluidez de la producción en línea supone que cada operación continúa funcionando individualmente, ya que si el movimiento de materiales se tiene en cualquier operación, en la línea no se produciría nada a partir de ese punto. Esto es importante de considerar ya que dificultades menores que pudieran causar una parada de la producción, provocarían dificultades mayores al final.

d) ANÁLISIS PRODUCTOS-VOLUMEN DE PRODUCCIÓN.

Quando vimos tareas en el planeamiento dirigido que todo Lay-Out comenzará con el análisis de los productos y los volúmenes de producción.

En casi todas las industrias hay una relación desproporcionada entre la variedad de productos fabricados y sus ventas. Es decir que, por ejemplo, el 20 % de la variedad de los productos fabricados representan el 80 % de las ventas.

Esta desproporción es bien conocida por analistas de mercado y tiene en el caso de control de producción una gran importancia en especial en Control de Inventarios y por ello se han desarrollado técnicas como la Regla 20/80, el Método ABC, etc. que tiene en cuenta las relaciones volumen-variedad. Para el encargado del Lay-Out este análisis tiene también un significado específico, ya que, constituye la base para decidir el tipo de Lay-Out que se

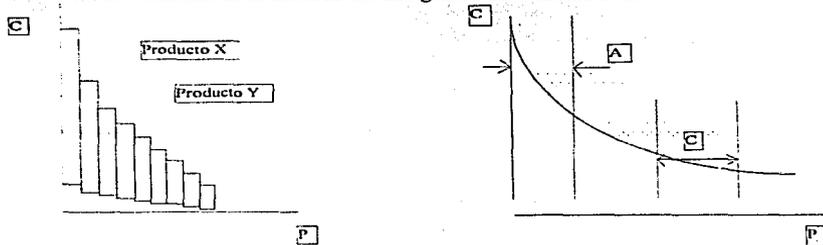
instalará, es decir, si se basará en una línea, en una distribución por proceso o en un sistema mixto.

Generalmente este análisis consiste en:

1.- dividir o agrupar los diferentes productos, partes o materiales.

2.- Clasificarlos en orden de volumen decreciente no acumulativo.

A fin de visualizar estos datos se usa una gráfica denominada P-C.



Gráfica P-C típica

El gráfico P-C típico se aproxima a una hipérbola asintótica hacia los ejes. En general, las cantidades no se expresan en dinero sino en volumen, pieza, peso, etc.

El gráfico P-C muestra una relación fundamental en el Lay-Out a planearse. En el extremo izquierdo, grandes cantidades de pocos artículos que se fabrican en volúmenes pequeños.

Ellos nos indican como más adecuados, métodos de disposiciones por proceso. Además, la parte izquierda nos recomienda usar equipos de movimiento de materiales automáticos y especializados, mientras que, para los productos de la derecha, tendrían que ser más flexibles y universales.

Como consecuencia de esto, tenemos que la producción puede dividirse en dos tipos principales y resulta más conveniente realizar dos disposiciones de equipo, que un Lay-Out general.

En cuanto a los productos comprendidos en la zona media se deberá hacer un híbrido con una línea de producción modificada.

En consecuencia, el análisis producto-cantidad lleva a la separación de los departamentos de producción en dos tipos.

- 1.- Productos de alta producción y poca variedad.
- 2.- Productos de baja producción y gran variedad.

En el análisis y trazo de curvas P-C se sobreentiende que estamos hablando de productos o procesos que no son enteramente desiguales. Es decir, que no haremos un estudio de este tipo mezclando televisores y zapatos, por ejemplo.

Algunas industrias, entre las que podemos citar la automotriz, han logrado gran diversidad de productos no obstante tener métodos de producción normalizados. Los cambios consisten en color, accesorios, vestiduras, ornamentos, marcas, etc. No debemos olvidar que el automóvil, según los psicólogos, es una continuación de nuestra personalidad.

Recordamos sin mayor esfuerzo que decimos "los frenos me andan mal", "se me rompió el espejo". Siendo así, es evidente que todos deseamos un coche que no sea exactamente igual al resto. En consecuencia lo que hacen las empresas de automóviles es cambiar algo, que así no afecta el valor económico de la casa, si cambia el valor de estima y no afectan la disposición de la planta.

En el gráfico P-C, esto significa mover artículos desde la zona C a la zona A, con lo que los incrementos resultantes en cantidades, justifican no sólo una producción en línea sino también una extensa automatización.

Al Planear las disposiciones sobre la base de la curva de P-C deben considerarse dos factores:

- 1.- Cambios que afectan la cantidad.
- 2.- Cambios en los productos que afectan el diseño.

Los cambios en la cantidad pueden preverse a muy largo plazo, debe suponerse que no afectarán mayormente al Lay-Out en un tiempo prudencial.

De todas maneras y por ambas causas, siempre es preferible dejar un margen suficiente para futura ampliaciones o cambios de diseño que constituya en el fondo una razonable flexibilidad.

Veremos a continuación tres procedimientos para facilitar la ubicación de las máquinas o de los departamentos. Cada caso en particular, indicará cuanto puede usarse uno u otro. No debemos olvidar que el Lay-Out es tanto un arte como una ciencia y que la aplicación del sentido común debe estar siempre presente en el analista. Tampoco debemos olvidar los millones de horas hombre que se pierden anualmente por disposiciones inadecuadas.

1.- **DIAGRAMA DE BLOQUES.**- Es un procedimiento que se utiliza para las disposiciones por proceso. Por ejemplo consideremos la fabricación de 3 productos:

PRODUCTO OPERACIÓN	A	B	C
1	Torno	Fresadora	Torno
2	Fresadora	Pulido	Fresadora
3	Pulido	Torno	Torno
4	Taladro	Pulido	Taladro
5	Torno	Fresadora	Fresadora
6	Inspección	Inspección	Inspección

Los tres productos salen del almacén de Materia Prima y, luego de la inspección, van al almacén de productos terminados.

A continuación se asignan un número a cada departamento. En nuestro caso (1) Almacén de materia prima, (2) torno, (3) fresado, (4) pulido, (5) taladro (6) inspección y (7) almacén de producto terminado.

Se hace a continuación un cuadro que se llama secuencia.

Producto	Secuencia	Volumen en unidades equivalentes.
	1 2 3 4 5 6 7 8	
A	1 2 3 4 5 2 6 7	1
B	1 3 4 2 4 3 6 7	3
C	1 2 3 2 5 3 6 7	2

Luego se construye un cuadro Sumario. Es del tipo

A	DE	Sector			
		1	2	3	4
	1				
	2				
	3				
	4				300

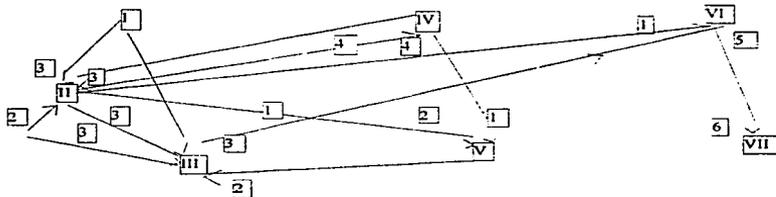
Esto indica que del sector 2 al sector 4, donde transportarse 300.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

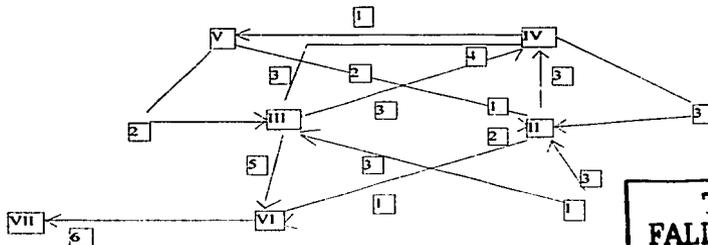
En nuestro caso el cuadro queda:

A	DE	1	2	3	4	5	6	7
1		XX	-	-	-	-	-	-
2		3	XX	2	3	1	-	-
3		3	3	XX	3	2	-	-
4		-	3	4	XX	-	-	-
5		-	2	-	1	XX	-	-
6		-	1	5	-	-	XX	-
7		-	-	-	-	-	6	XX

Se pinta un bloque por cada sección que interviene, se los numera al azar y se indica el tráfico entre sección.



Se busca entonces, ubicar los bloques tratando de minimizar los movimientos. En nuestro caso quedaría:



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

El último paso es verificación física de las cosas. Recordar que el Departamento 1 y 7 deberán tener fácil comunicación con el exterior.

II **DIAGRAMA PROGRESIVO.** Ejemplo de una planta con un solo acceso y con los siguientes departamentos.

- 1) Almacén de materia prima.
- 2) Almacén de producto terminado.
- 3) Sector A. Gaseoso que afecta la materia prima pero no al producto terminado.
- 4) Sector B. Mantenimiento crítico.
- 5) Sector C. Tiene que estar en continuo contacto con laboratorio.
- 6) Sector D. Administración.
- 7) Sector E. Laboratorio.
- 8) Sector F. Mantenimiento planeado.

El proceso es 1 - 3 - 5 - 2

DEFINIMOS RELACIONES:

*A = Absolutamente necesario que estén cerca.

*B = Especialmente importante que estén cerca.

I = Importante que estén cerca.

O = Importancia ordinaria.

U = Sin importancia.

*X = Necesario que estén lejos.

* Son relaciones críticas. Se deberá explicar el motivo por el cuál se les consideró así.

A continuación llenamos un cuadro de relaciones interdepartamentales.

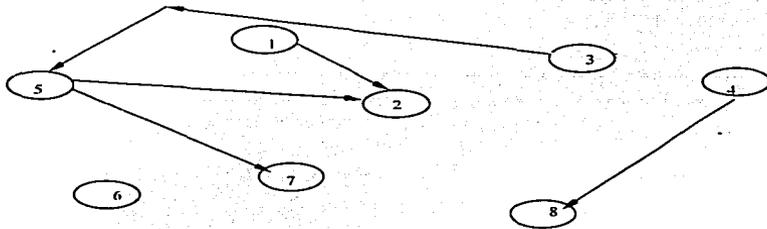
1.- Almacén de materia prima										
2.- Almacén de prod. term.	Λ/1	X/2								
3.- Sector A Gaseoso	U	U	U							
4.- Sector B Mant. crítico	I	Λ/4	O	O						
5.- Sector C Contacto con Lab.	E/8	Λ/6	X/7	E/5	Λ/3					
6.- Sector D Administración	U	U	U	I	U					
7.- Sector E Laboratorio	I	Λ/10	O	Λ/9	I					
8.- Sector F Mant. planeado	U	U								

Los números debajo de las relaciones críticas, por ejemplo Λ/1, se usan para explicar por qué se le consideró así.

En nuestro ejemplo:

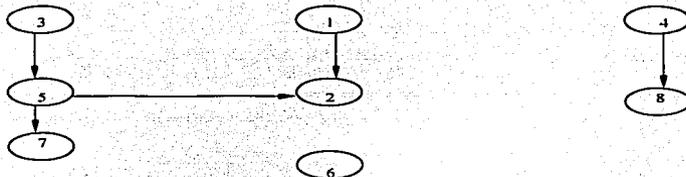
Es así debido a que la planta tiene un solo acceso y por lo tanto será conveniente que los almacenes estén cerca entre sí y cerca del único acceso.

Luego, ubicamos círculos al azar (uno representando cada sección) e introducimos las relaciones tipo A.

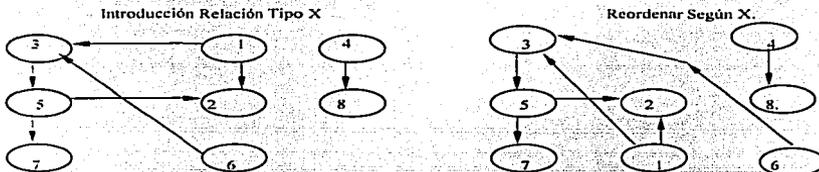


**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

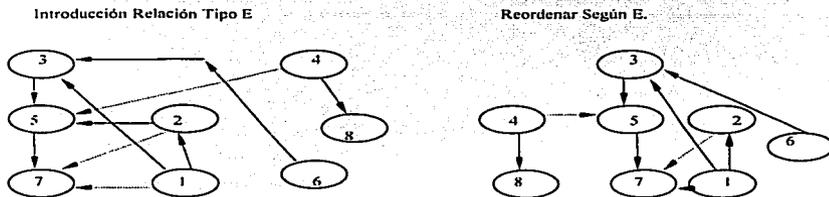
El segundo paso consiste en reordenar según A. (En nuestro caso acercamos el 3 y 7 al 5 y el 8 lo mantengo cerca de 4). Nos queda:



El tercer paso consiste en introducir en la figura anterior las relaciones tipo X (línea doble) y el cuarto paso es reordenar según X. Nos queda :



Luego introducimos las relaciones tipo E y reordenamos según ellas manteniendo por supuesto las restricciones de las relaciones A y X.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Luego seguimos con las relaciones tipo I y O, que en lo general no se hacen, pues no permiten mejorar debido a las restricciones ya impuestas. Posteriormente, se ubican geográficamente los sectores, con sus dimensiones reales y de acuerdo con el último diagrama obtenido. Se deberá realizar el recorrido de materia prima para constatar que no haya incongruencias.

Los factores que se analizan son: Control, Supervisión, Seguridad, etc. A cada uno de estos factores se les da una calificación de 1 a 4 en función de su importancia. Por ejemplo si el aspecto control es muy importante, le damos un peso de 4. Si la seguridad no es problema, le damos un peso de 1. A su vez, calificamos, para las diferentes alternativas, que tanto cumplen, por ejemplo, con la facilidad de control. Si es una disposición óptima en ese sentido, le asignamos 4 puntos, 3 puntos si es buena y así decreciendo.

Veamos una tabla de ejemplo:

FACTOR	PESO	DISPOSICIÓN	
		A	B
CONTROL	4	4/16	3/12
SUPERVISIÓN	3	2/6	2/6
SEGURIDAD	3	2/6	2/6
SUMA		28	24

De acuerdo con esta tabla, será más conveniente la disposición A.

El proceso para su realización, consiste en multiplicar el peso del factor por la calificación que le asignamos.

e) MODELOS DE DISTRIBUCIÓN BI Y TRIDIMENSIONALES.

Son de gran utilidad práctica pero debe entenderse que dichos modelos deben estar basados en cálculos técnicos perfectamente desarrollados y que, por lo tanto, no son más que una visualización de ellos. Podemos realizar plantillas de máquinas, equipo de movimiento de materiales, personal o materiales.

Sus ventajas más importantes son:

- 1.- La gran flexibilidad que presentan y de ahí su ventaja sobre el dibujo común.
- 2.- Facilidad de visualización sobre todo para personas no técnicas, que muchas veces son las que deciden.

Hay estándares sobre su realización hechas por A.S.M.E. (American Society of Mechanical Engineers), en donde se describen colores, escalas más apropiadas, tipos de línea, etc. En compañías importantes donde hay un departamento que se dedica a estudiar continuamente las disposiciones, se hacen plantillas de todos los departamentos, máquinas e instalaciones.

Los tableros que contienen las plantillas suelen hacerse modulares a efecto de poder sacar cualquier sección que interese en su momento dado.

Los modelos tridimensionales si bien permiten una mayor visualización tienen el inconveniente del costo y la laboriosidad.

1.33 EQUIPAMIENTO

En los sistemas de producción convencionales, usados en la mayor parte de las factorías del mundo, las máquinas-herramientas del mismo tipo están agrupadas, siendo cada máquina manejada independientemente. Las operaciones de maquinado necesarias para la fabricación de una pieza se dividen en un número de operaciones independientes cada una de las cuales se puede efectuar mas eficientemente en una máquina en particular. A fin de lograr una mayor eficacia, muchos trabajadores se organizan de tal manera que grupos de piezas que requieren operaciones similares se manufacturan en un grupo de máquinas localizadas adyacentemente. Así, por ejemplo, si para el maquinado total de un grupo de piezas fuera necesario realizar operaciones de fresado, torneado y perforado, parece lógico que se alcanzaría mayor eficacia si todas las máquinas-herramienta necesarias para realizar estas operaciones estuvieran agrupadas. La conveniencia de realizar estas tres operaciones en una única máquina herramienta, unida a numerosos y nuevos requisitos que día a día aparecían, forzó a la utilización de nuevas técnicas que permitiesen sustituir al operario humano en lo mas posible. De este modo se introdujo la Automática en los procesos de fabricación, aparición que viene impuesta por:

- a) Necesidad de fabricar productos que no se podían conseguir en cantidad y calidad suficiente sin recurrir a la automatización del proceso de fabricación.
- b) Necesidad de obtener productos hasta entonces imposibles o de muy difícil fabricación, por ser excesivamente complejos para ser controlados por un operador humano.
- c) Necesidad de fabricar productos a precios suficientemente bajos.

Para solucionar estos problemas el hombre ha ideado, de acuerdo con cada problema particular, numerosos dispositivos automáticos de tipo mecánico, electromecánico, neumático, hidráulico, electrónico, etc.

El equipamiento de las plantas de producción, por ende, varía de acuerdo a las necesidades de la empresa y la naturaleza de su producto o servicio, pero depende en gran medida de la automatización de procesos y de máquinas que faciliten el trabajo a los operarios permitiendo una producción mayor en menos tiempo y un mejor servicio.

Factores como la rapidez y la flexibilidad de los procesos exigen el empleo de las máquinas automáticas o automatizadas según sea el caso.

1.4 FACTOR HUMANO.

Al diseñar un sistema de producción es necesario tomar en cuenta a la fuerza de trabajo. Las consideraciones del diseño deben incluir los aspectos psicológicos del diseño de la tarea y ambiente de trabajo, los aspectos físicos en materia del puesto a desarrollar que proporcionen las características ergonómicas adecuadas y la seguridad del trabajador, y las reglamentaciones gubernamentales, y en su caso, sindicales que afecten la adquisición y ubicación de mano de obra.

1.4.1 ASPECTOS PSICOLÓGICOS.

Muchos tipos de puestos, particularmente líneas de ensamble y trabajos de oficina resultan rutinarios y repetitivos, y debido a esto, los trabajadores desarrollan apatía, aburrimiento y frustración sobre su trabajo, y pierden el interés por sus puestos o los abandonan.

Es por esto que se deben tomar en cuenta elementos como variedad en el trabajo, desarrollo de interrelaciones entre las tareas, la participación del trabajador en el diseño del contenido de trabajo, flexibilidad de horarios, entre otros. Un incremento de trabajo remarcaría la expansión del contenido de la tarea, añadiendo variedad y reto. Este incremento debe hacerse tomando en cuenta la perspectiva del trabajador, de modo que este encuentre la tarea interesante y alentadora. Hay que considerar el límite de esta acción ya que el trabajador puede sentir que la tarea es muy compleja o exigente si esta tiene demasiada variedad.

Resultaría una herramienta muy útil en el diseño de un sistema apreciar la contribución de un trabajador al total del proceso en la producción del servicio o producto completo y es igualmente importante hacérselo notar al trabajador. Con este fin se pueden implementar programas educativos, organizarse excursiones en la planta para los empleados nuevos, o implementarse un programa de rotación de tareas.

Esta última opción resulta ser la más recomendable en materia de productividad como se puede ver en las filosofías de calidad de Justo a Tiempo.

El trabajador debe ser incluido en la acción de desarrollar el contenido de trabajo y como será ejecutado, esto puede ser mediante un sistema activo de sugerencias que nos permita conocer la opinión de los obreros respecto de sus puestos y la manera en que se desarrollan.

Involucrar al trabajador en la planeación de los procesos y tareas nos permite ver el proceso desde dentro al mismo tiempo que se presta para que el empleado conozca el total del proceso y como se relaciona su labor con el conjunto.

Las personas enfrentan diversas necesidades sociales como aceptación e interacción, necesidades que deben ser cubiertas al diseñar el sistema de producción en elementos como proporcionar lugares de trabajo donde las personas puedan comunicarse e interactuar.

De no satisfacerse tal necesidad pueden generarse conductas negativas entre los trabajadores.

Existen otros tipos de necesidades psicológicas que deben cubrirse como las necesidades del ego, estas son las necesidades de respeto, y de estima y valor personal. La de respeto podría lograrse al brindarle oportunidad al individuo de desarrollar normas de calidad y de ejecución que pudieran ser juzgadas favorables ya sea por sus mismos compañeros, superiores, o el mismo cliente, y que esta retroalimentación sea constante.

Pudiera preestablecerse una frecuencia y contenido para tal retroalimentación solo si se tuviera la certidumbre de las reacciones generales del grupo. En casos individuales es más difícil lograr esta interacción debido a que las necesidades de cada individuo son diferentes.

La necesidad de valor personal se refleja en la necesidad de sentir que el trabajo ejecutado es valioso e importante, persiguiendo esta meta se pueden ofrecer incentivos y recompensas a la planta laboral y reconociendo los esfuerzos y no solo los objetivos logrados.

En el diseño del trabajo existen muchas ventajas respecto de dar a los trabajadores libertad en la manera de ejecutar sus labores y uno de estos sistemas es el de horario flexible, en el que los horarios de trabajo son flexibles con un tiempo central común donde todos están presentes, o la rotación de turnos que permita a los empleados presentarse en uno u otro horario.

I.42 ASPECTOS FISICOS.

La **temperatura** es un factor altamente influyente en la productividad del trabajador debido a que las altas temperaturas producen agotamiento y desgaste físico del individuo, sin mencionar la tendencia a permanecer inactivo para mantener la homeostasis de 37 grados centígrados, y en el caso contrario de una temperatura fría, el desgaste físico es mayor ya que el cuerpo gasta mucha energía para mantenerse caliente.

Cuando el ser humano no se encuentra a una temperatura agradable le resta efectividad como componente de un sistema de producción, es por esto que resulta conveniente implementar dispositivos de control de temperatura como calefacción y aire acondicionado. Instalar estos dispositivos resulta fácil en oficinas, no así en áreas de producción, ya que algunas de éstas áreas comprenden grandes edificios regularmente abiertos por ambos lados para permitir movimiento de los medios de transporte y tienen techos elevados, lo cual permite que el calor generado en el área se eleve por arriba de los trabajadores.

La **humedad** es otro factor del ambiente que debe cuidarse en las áreas de trabajo, ya que esta tiene el efecto de intensificar las temperaturas desagradables o incómodas. De igual modo que con los dispositivos de control de clima, las posibilidades de implementar dispositivos que controlen este factor son mayores en áreas de oficina que en áreas de producción.

Grosso modo, el control de ambiente en un medio de trabajo implica la consideración del nivel de temperatura, la humedad relativa y el flujo de aire. Es difícil indicar normas precisas para el control de ambiente de trabajo, ya que los niveles apropiados de temperatura, humedad y flujo de aire dependen de la naturaleza del trabajo que se trate, de las condiciones externas y de la preferencia de los trabajadores.

El **ruido** se puede definir como un sonido desarticulado y confuso no deseado, como una forma de sonido es el resultado de variaciones en la presión del aire. Puede provenir de la dicción humana, operaciones de máquinas, vibración y reverberación de superficies reflectantes. Es común que las personas se habitúen a los ambientes ruidosos dentro de límites razonables, pero cuando el ruido es muy alto puede resultar molesto y hasta doloroso. La prolongada exposición al ruido puede provocar la pérdida de la audición.

La medida estándar para el ruido (igual que para todos los sonidos) es el decibel. Esta unidad de medición es una relación logarítmica de los niveles de un sonido específico a un estándar que está definido como el nivel de sonido audible más bajo.

A continuación se ejemplifican algunos niveles de sonidos típicos y la escala de decibelios que les corresponde:

DECIBELES	ACTIVIDAD
130	Se aproximan al umbral del dolor
130	Motor a chorro a 30 m.
120	Aviones de hélice
110	Cepillo, cierra circular
80	Tornos, tráfico pesado
70	Departamento mecanográfico
60	Oficina típica, conversación
40	Oficina tranquila
20	Conversación en voz baja.

Una exposición prolongada al nivel de 100 decibelios o más es condicionante del desarrollo de pérdida auditiva. Para reducir este riesgo se recomienda el uso de tapones de oídos o cubiertas auditivas acústicas.

Otra medida de acción sería eliminar o disminuir las vibraciones de las fuentes generadoras de ruidos, esto se logra reemplazando o ajustando partes móviles de las máquinas, lubricándolas o instalando dispositivos amortiguadores de ruido y vibración. Si ninguna de estas medidas fuese factible, se puede optar por aislar un edificio separado de las máquinas productoras de ruido.

Al igual que con el ruido, es difícil determinar las cantidades estándares requeridas para la **iluminación** del área de trabajo, ya que cada persona se adecua a diferentes intensidades de luz, sin embargo, hay recomendaciones diversas de intensidad de luz para diferentes tipos de trabajos. La intensidad de luz se da en medidas de candela-pie, que representa la

cantidad de luz proyectada sobre un tablero de un pie cuadrado a una distancia de un pie de una vela estándar.

A continuación se mencionan algunas de las recomendaciones de iluminación:

Candelas-pie	APLICACIÓN
5	Pasillos y áreas de almacenamiento
20	Escaleras, ascensores, lavatorios
50	Operaciones de máquina, trabajo general de oficina
70	Lectura de material manuscrito
100	Montaje, acabado fino, archivo y selección
150	Cifras tabuladas, operaciones de máquinas comerciales
200	Trabajos de precisión, dibujo de detalle.

Estas recomendaciones se hacen en base a estudios realizados que demostraron que el trabajo de estos tipos realizado con niveles más bajos de iluminación que los marcados pueden llevar a la fatiga o a la constante incurrencia en errores al desempeñar las labores, lo mismo ocurre en caso de ser niveles más altos de iluminación.

También es preciso mencionar que la manera óptima de iluminar el área de trabajo es sobre el área de trabajo y no sobre la línea de visión del trabajador.

Hay que poner especial atención al respecto en las superficies del área de trabajo, ya que una superficie reflejante puede producir molestias o inclusive los mismos efectos de fatiga aún cuando la fuente de luz sea la adecuada. Las paredes en colores sobrios y claros disminuyen estos efectos ya que decremantan los reflejos.

Usar luz natural de sol en el área de trabajo resultaría en cierta manera inconveniente, ya que implica gastos en ventanas que requieren limpieza, mantenimiento y reparaciones, además de que su intensidad no es constante pudiendo fluctuar entre las 8000 candelas-pie en un día soleado de verano a las 50 candelas-pie en un día nublado y lluvioso, no obstante, la iluminación natural tiene un efecto psicológico positivo en los empleados.

Si las áreas de trabajo están completamente cerradas puede producir una sensación de claustrofobia en los empleados o ciertas molestias por la impresión de encierro.

Como ya mencionamos anteriormente, el **color** del área de trabajo tiene un cierto efecto sobre las personas que en esta laboran. Son aconsejables los colores claros por que reflejan mejor la luz y mejoran el nivel de iluminación al aplicarse a paredes y techos.

Las combinaciones de colores hacen también del área de trabajo un lugar más agradable para laborar, ya que le quitan la monotonía a la vista y esto ayuda a que no caigan en el aburrimiento los empleados.

Para la mayoría de la gente, los colores verdes y azules (conocidos como colores frescos) y el beige resultan tener un efecto sedante o no enfadoso, e tanto que los colores cálidos como el rojo y el anaranjado resultan llamativos y excitan los sentidos, induciendo eventualmente fatiga.

Otro modo de empleo de colores en el área de trabajo, es la asignación de colores de las máquinas del proceso productivo. Para estas es preferible usar colores opacos y lisos para reducir los reflejos. Uno de los colores mas empleados es el verde claro, pues este resulta sedante y sobrio.

Un tercer uso del color es para la seguridad en la planta acorde al código de colores. El equipo de emergencia generalmente se pinta de rojo. Las zonas de peligro potencial como pasillos, barandales, las orillas de los andenes, pozos de elevadores y escaleras suelen pintarse de amarillo, este color también se usa en crucesos y pasos estrechos. El código de colores también sirve para diferenciar entre dispositivos que resulten similares, como es el caso de las tuberías, donde para diferenciar una tubería de agua de una de gas se suele usar el color rojo para la de gas y azul para la de agua.

I.43 EL HOMBRE Y LA MAQUINA EN EL DISEÑO DE SISTEMAS.

Parte del éxito de un sistema productivo consiste en tener en cuenta a la hora del diseño la distribución de carga de trabajo que puede dividirse entre el hombre y la máquina y el trabajo que pueden hacer conjuntamente. Si se trata de esfuerzos grandes o prolongados es mejor emplear máquinas que hagan este tipo de trabajos, ya que la fuerza que estas pueden emplear es mucho mayor que la que un hombre pudiera. Lo ideal para trabajos repetitivos que pudieran llegar a aburrir al obrero es mejor usar una máquina que se puede programar para que haga el trabajo y lo repita una y otra vez. Lo mismo es sugerible para los trabajos de precisión que se necesiten hacer rápido o que pudieran cansar la vista de una persona. En todos estos casos, el factor humano está de todos modos presente, pues se requiere de alguien que programe y supervise la máquina.

Hay casos en los que resulta conveniente combinar esfuerzos humano y de máquinas, como cuando el trabajo a realizar requiere cierta variación o una apreciación del desarrollo, es cuando el trabajo puede ser hecho por personas auxiliadas por máquinas simples que potencialicen su fuerza o por máquinas más complejas que le den precisión a un trabajo que requiera ojo crítico o continua supervisión apreciativa. Ejemplos de estos casos serían el diablito o el montacargas para desplazar materiales o productos por la planta, operación que requiere de grandes esfuerzos y apreciación, o complejos robots que auxilien a los laboratoristas de industrias farmacéuticas a dosificar o mezclar químicos que pudieran resultar peligrosos o que requieran un impulso constante y uniforme al mezclarse, esta operación requiere cierta precisión y también apreciación del desarrollo de la mezcla y las reacciones.

Para los puestos que requieren de pensamiento, el hombre resulta superior a las máquinas, aunque se auxilie de herramientas como las computadores, donde puede almacenar información que tal vez le resulte difícil imposible memorizar, o que le ayude a

proporcionar datos meramente aleatorios, campo en el que psicológicamente el hombre resulta no muy útil debido a que pudiera tener algunas tendencias o preferencias y la máquina no. Fuera de esto, la creatividad aún es monopolio de los hombres y los trabajos como la publicidad, diseño de productos o sistemas, gerencias, investigaciones y otros por el estilo solo pueden ser desarrollados por personas.

Otra característica que hace superior o preferible al hombre sobre las máquinas para algunos puestos es su flexibilidad y costo. Viéndolo como elemento productivo, el hombre es una unidad portátil con autocontrol y autodirección que puede aprender. Una máquina con estas capacidades resultaría muy costosa.

CAPITULO 2

MAQUINAS DE CNC

II. CONTROL NUMERICO

El control numérico o CN es un sistema de automatización de las máquinas herramientas que controla sus acciones, tales como:

- Los movimientos de los carros o el cabezal;
- El valor y el sentido de las velocidades de avance y de corte;
- Los cambios de herramientas;
- Las condiciones de funcionamiento de la máquina, en cuanto a su modo de trabajar o en cuanto a su estado de funcionamiento.

Por otro lado, el control numérico coordina otras funciones que le son propias como el control de flujos de información, el control de sintaxis y el diagnóstico de funcionamientos, entre otras.

La información necesaria para la ejecución del trabajo de una pieza se denomina "programa", y es escrito en un lenguaje especial (código) por medio de caracteres alfanuméricos.

La aplicación más conocida del control numérico, y que es de interés particular en éste caso, es su aplicación auxiliar en la manufactura. Otras aplicaciones del control numérico que cabe mencionar son la automatización de un proceso de fabricación y el gobierno de mecanismos de otro tipo como en la aeronáutica, las telecomunicaciones o la exploración espacial.

Para auxiliarse en diferentes situaciones el hombre ha creado diversos dispositivos de tipo mecánico, electrónico, neumático, hidráulico, etc. Una condicionante del desarrollo de la automatización en un comienzo, fue incrementar la productividad. Conforme se fue desarrollando la automatización nuevos factores influyeron en esto, factores como la precisión, la rapidez y la flexibilidad, los cuales son de gran importancia para las industrias de todo tipo hoy en día. En todo caso, se diseñan dispositivos especializados en optimizar alguno de estos factores independientemente o un conjunto de ellos.

En sí, el Control Numérico se define como la técnica que controla las acciones de las máquinas por medio de instrucciones en forma de código alfanumérico. Estas instrucciones codificadas se suministran a la máquina como bloques de información y cada bloque es interpretado por la máquina como una instrucción para realizarse.

Este tipo de programa se llama programa de pieza y es uno de los principales componentes de un proceso de CAD/CAM.

CNC utiliza los principios esenciales del control numérico tradicional, pero emplea un programa almacenado para realizar las funciones básicas.

BREVE HISTORIA DEL CONTROL NUMÉRICO

Aunque el control numérico es una técnica relativamente joven, su evolución ha conocido ya varias fases.

En la historia del control numérico se pueden distinguir cuatro generaciones:

- En la primera, la lógica de control estaba basada en tubos electrónicos y relés. Esta era la tecnología de las primeras máquinas con control numérico.
- Mas tarde, y hasta 1965, la lógica del control fue elaborada a partir de semiconductores: transistores, diodos y tiristores. Se pudo de esta forma construir equipos de control más compactos.
- Inmediatamente después, y disponiendo siempre de los semiconductores, ciertas combinaciones de elementos lógicos fueron englobados en un mismo soporte, lo que le valió el nombre de circuitos integrados. Esto hizo que los equipos de control fueran todavía más funcionales, más compactos y se pudieran aumentar las posibilidades por un costo relativamente módico. Son las máquinas de la tercera generación.
- En la cuarta generación, que está situada entre los años 1974 y 1975, la lógica del tratamiento fue confiada a una computadora: en principio una minicomputadora, hoy día, una microcomputadora. Se ha llegado así a la lógica por software o lógica programada. En efecto, la lógica del equipo de control no está realizada por montaje de elementos digitales, sino por programación de una computadora.

Se trata de esta forma del CNC (Computer Numerical Control) o del control numérico con lógica programada.

Por otro lado, se podría mencionar como uno de los más distinguidos antecesores del control numérico a un instrumento automatizado a base de un rollo de papel perforado que controlaba la secuencia de acción de un teclado, y se trata de una pianola que data de la década de 1860. Tiempo después se vio la utilidad que este tipo de máquinas podía tener en la industria. El primer intento del que se tiene registro es el de Jacquard Lomm, en 1801, quien ideó una máquina textil que realizaba diferentes tipos de tejidos sin más que modificar un programa introducido en la máquina a través de tarjetas perforadas. Posteriormente se volvió un rollo de cinta perforada que permitía ampliar la instrucción a un ciclo repetitivo.

El primer intento de aplicar las técnicas de control numérico como ayuda a la mecanización de piezas tuvo lugar en 1942, por una imposición de la industria aeronáutica militar. La viabilidad fue el factor que, inicialmente condicionó la aplicación de las técnicas del control numérico en la mecanización de piezas.

En 1942, la Bendix Co. Tiene problemas con la fabricación de una leva tridimensional para el regulador de una bomba de inyección para motores de avión. El perfil tan especial de dicha leva es prácticamente imposible de realizar con máquinas comandadas manualmente. La dificultad provenía de combinar los movimientos del útil simultáneamente según varios ejes de coordenadas, hallando el perfil deseado. Se acordó entonces confiar los cálculos a una máquina automática que definiera gran número de puntos de la trayectoria, siendo el útil conducido sucesivamente de uno a otro.

En 1947, John Pearsons, constructor americano de hélices de helicóptero, concibe un mando automático con entrada de informaciones numéricas.

Antes, en su afán por controlar la forma de las hélices, así como su paso, Pearsons debía utilizar un gran número de plantillas y su realización estaba lejos de ser rápida y económica.

La idea de utilizar cartas perforadas en un lector que permitiera traducir las señales de mando a los ejes, permite a Pearsons desarrollar su sistema Digiton.

En esta época la Fuerza Aérea de los Estados Unidos estaba preocupada por la fabricación de estructuras difíciles de trabajar por copiado y susceptibles de ser modificadas rápidamente. Gracias a su sistema, Pearsons obtiene un contrato y el apoyo del Massachusetts Institute of Technology (M.I.T.) en su laboratorio de servomecanismos.

El gobierno americano apoya la iniciativa para el desarrollo de una fresadora de tres ejes en contornoado mandado por control digital.

En 1953, después de cinco años de puesta a punto, el M.I.T. utiliza por primera vez la apelación de "Numerical Control".

En 1956, la U.S.A.F. hace un pedido de 170 máquinas de control numérico a tres grandes constructores americanos:

- Cincinnati Milling Machine Company.
- Giddin & Levis
- Kearney & Trecker

Paralelamente a esta evolución, ciertos constructores se interesan por el desarrollo de máquinas para trabajos más simples, tales como taladros, mandrinado y punteado, que no requieren ningún movimiento continuo, pero si un posicionamiento preciso.

De aquí que, en contra de lo que pudiera parecer, el control numérico "punto a punto" hizo su aparición más tarde que el "control numérico en contornoado", y más tarde aparecería el control numérico paraxial.

De esta forma se ha visto que la necesidad industrial de la aeronáutica fue la que creó la demanda de sistemas continuos complejos. El paso de complejos a simples revolucionó los procesos de fabricación.

En 1960, también en el M.I.T. se realizaron las primeras demostraciones de control adaptable, un perfeccionamiento del control numérico que permite, además, la autorregulación de las condiciones de trabajo de las máquinas.

A finales de 1968 tuvieron lugar los primeros ensayos de control numérico directo (DNC).

En general, el incremento en la utilización de máquinas herramientas con control numérico se debe a que un gran número de problemas que se consideraban bien resueltos por los métodos de trabajo clásicos, pueden tener una respuesta ventajosa desde el punto de vista técnico mediante la utilización de dichas máquinas.

II.1. VENTAJAS DE LAS MÁQUINAS DE CNC

El CNC presenta diversas ventajas sobre el tradicional control numérico, entre estas podemos mencionar:

- a) Los programas de pieza se pueden introducir y editar directamente en la unidad de máquina, sin tener que pasar por el proceso inicial de cinta de papel perforada.
- b) El programa de pieza compuesto se puede almacenar en la memoria del ordenador y ejecutarse como un ciclo de producción completo.
- c) El programa de pieza CNC solo necesita ser cargado una vez para cualquier número de ejecuciones del programa que se desee.
- d) El software CNC puede contener procedimientos automáticos para rutinas de maquinados comunes (ciclos preestablecidos), los cuales se pueden activar mediante simples instrucciones del programa.
- e) El software CNC puede incluir facilidades de compensación de herramientas que permiten una versatilidad en el tamaño de las herramientas en la producción de un componente en particular.
- f) CNC permite comunicación directa con otro sistema informático, tal como una base de datos CAD, con ordenadores centrales de control numérico directo DNC.

Por otro lado, desde el punto de vista de la producción, las máquinas herramientas con CNC presentan otro tipo de ventajas, como:

- a) Reducción de los tiempos de los ciclos operacionales. Las causas principales de la reducción al mínimo de los tiempos superfluos son:
 - Trayectorias y velocidades mas precisas y fáciles de ajustar que en las máquinas convencionales.
 - Menor revisión constante de los planos y hojas de instrucciones.
 - Menor verificación de medidas entre operaciones.
- b) Ahorro de herramientas y utillaje. El ahorro en concepto de herramientas se obtiene como consecuencia de la utilización de herramientas más universales. En cuanto al ahorro de utillajes, se obtiene por el menor número de operaciones en máquinas distintas.
- c) Mayor precisión e intercambiabilidad de las piezas.
- d) Reducción del porcentaje de piezas defectuosas.
- e) Reducción del tiempo de cambio de pieza (SMED).
- f) Reducción del tamaño de lote.
- g) Reducción del tiempo de inspección. Debido a que la probabilidad de obtención de piezas defectuosas disminuye, se pueden ahorrar inspecciones intermedias entre ciclos.

Aunque el CNC se ha orientado fundamentalmente a las máquinas-herramientas de arranque de viruta, su utilización no queda restringida a estas operaciones.

II.2. NOMENCLATURA DE EJES Y MOVIMIENTOS.

Tanto la complejidad del programa de pieza como la forma del componente terminado están determinados por el número de ejes de la máquina-herramienta.

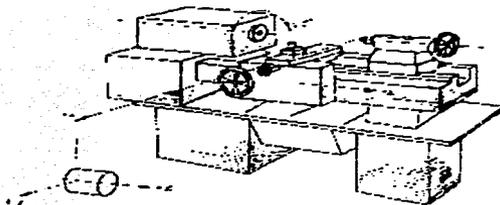
Las máquinas de control axial en 2D tiene sus movimientos a lo largo de dos ejes simultáneamente, las aplicaciones típicas son torneado y oxicorte.

Las máquinas de control axial en 3D proporcionan movimientos de herramientas programables a lo largo de tres ejes simultáneamente, se pueden utilizar para cortes complejos en perfiles en 3D, pero su capacidad se limita en la variación del ángulo relativo de trabajo.

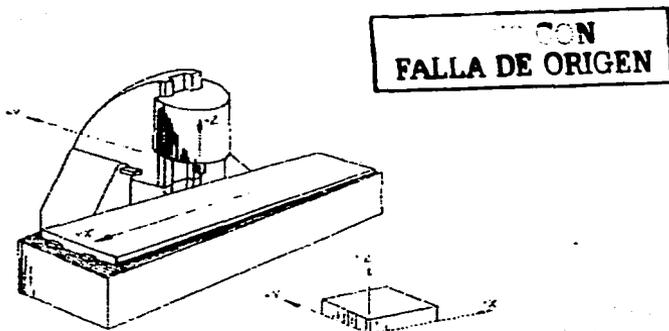
A continuación se mencionan algunas máquinas que trabajan con CNC:

- Taladradoras
- Fresadoras
- Tornos
- Centros de mecanizado
- Rectificadoras
- Punzonadoras
- Máquinas de electroerosión
- Soldadoras
- Máquinas de oxicorte
- Dobladoras
- Bobinadoras
- Manipuladores
- Robots
- Etc.

Las siguientes ilustraciones presentan algunas máquinas con los sistemas de ejes y movimientos normalizados.



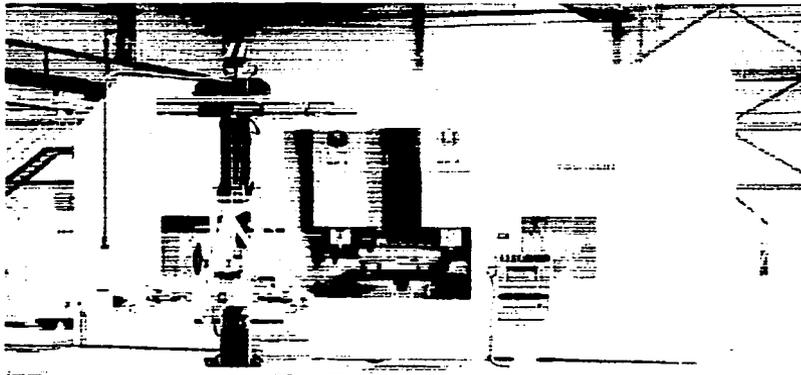
Torno.



Fresadora de bancada de husillo vertical.

FIG. II.2_1

Fig. II.2_2 Tornos verticales



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.3. CLASIFICACION DEL TIPO DE CONTROL.

Como consecuencia de las diferencias entre las máquinas a automatizar, de las dificultades técnicas en el diseño de las unidades de control y de condicionamientos económicos, se han originado diversas formas de control numérico, que pueden ser clasificadas en tres tipos:

1. Control numérico punto a punto.
2. Control numérico paraxial.
3. Control numérico continuo.

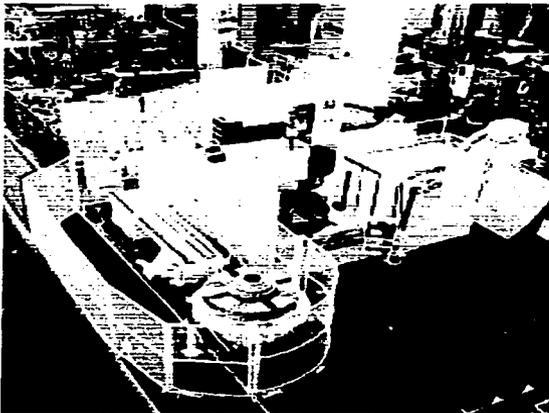


Figura II.3_1.Torno POWERTURN de la empresa TOSHULIN.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.3.1. CONTROL NUMÉRICO PUNTO A PUNTO.

Mediante este sistema se controla el posicionamiento de la herramienta en los sucesivos puntos donde deben efectuarse una o varias operaciones de mecanizado. La trayectoria para pasar de un punto al siguiente no es relevante puesto que las funciones de posicionamiento y de mecanizado son distintas.

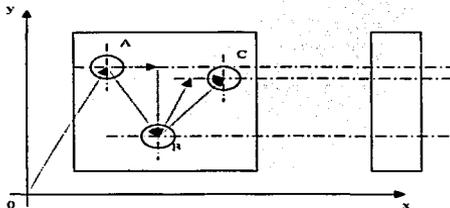


FIG. II.3.1_1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En este caso, para desplazarse a los puntos A, B y C, el útil puede seguir varias trayectorias, ya sean desplazamientos efectuados según direcciones paralelas, es decir, primero $0 - X$ y $0 - Y$, o a la inversa; o de otro modo, desplazamientos dando una orden simultánea a los dos ejes, pero sin existir coordinación alguna en los sistemas de mando de cada uno de los motores. La trayectoria se aproxima a grados.(fig. II.3.1_1)

Las principales aplicaciones de esta forma de programación son en punteadoras, taladros, punzonadoras y mandrinadoras.

II.3.2. CONTROL NUMERICO PARAXIAL

Con este sistema es posible controlar, además de la posición del elemento desplazable, la trayectoria seguida por el mismo según la dirección de los ejes coordenados.

Esta posibilidad se ofrece generalmente como una opción adaptable a un sistema de posicionado "punto a punto".

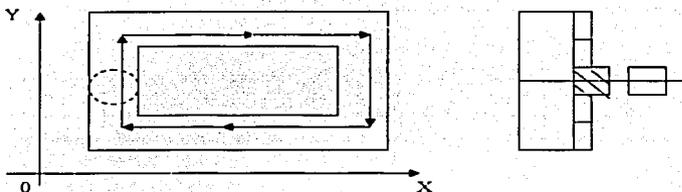


FIG. 11.3.2_1

Una aplicación corriente de este tipo de sistema, dentro de cualquier máquina-herramienta, se halla en la taladradora-fresadora. En cualquier caso, el fresado sólo puede realizarse según trayectorias rectilíneas paralelas a alguno de los ejes coordenados.

11.3.3. CONTROL NUMÉRICO CONTINUO

En los sistemas de posicionado continuo, los desplazamientos del elemento desplazable son controlados en todo momento, de manera que las posiciones sucesivas del mismo deben corresponder siempre a la trayectoria preestablecida.

Se consigue este resultado relacionando entre sí los movimientos elementales realizados según los distintos ejes coordenados, de que estos movimientos elementales sigan cada uno una ley prescrita por una trayectoria común.

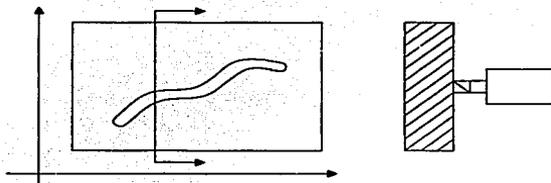


FIG. 11.3.3_1

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Algunos ejemplos de máquinas que utilizan este sistema son fresadoras, tornos, centros de mecanizado, máquinas de electroerosión, máquinas de oxicorte, mesas de dibujo automáticas, etc.

Las órdenes de desplazamiento son comunicadas al elemento desplazable bajo forma de componentes de un vector que permite alcanzar un punto próximo.

La curva elemental descrita por este elemento será entonces un segmento de recta. Cuando se requiera seguir un contorneado cualquiera, se descompondrá en segmentos elementales llamados incrementos. Su número dependerá de la precisión con que se quiera efectuar el trabajo. Si es elevada, el número de incrementos será grande.

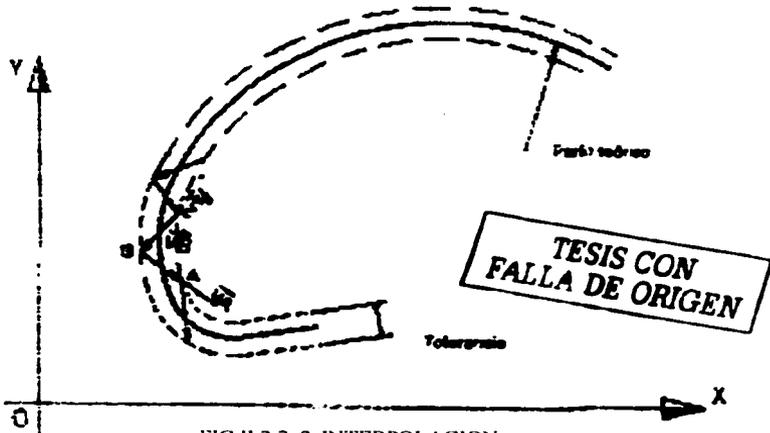


FIG II.3.3_2 INTERPOLACION

Esta descomposición de la curva en segmentos se llama interpolación. Es necesario sincronizar las velocidades siguiendo las direcciones $0 - X$ y $0 - Y$ a fin de definir correctamente los vectores VA , VB , etc. La curva real es así situada en el interior de una zona delimitada por dos curvas paralelas y donde la anchura está definida por la precisión de mecanizado.

En el caso de un desplazamiento continuo en el plano, se sincronizarán dos ejes, utilizando una "máquina de dos ejes". Para un mecanizado en el espacio se utilizará una máquina de tres ejes.

11.3.4. INTERPOLACION LINEAL.

Descompone un segmento recto. Es suficiente con indicar las coordenadas de las extremidades del segmento.

El equipo de control, al recibir instrucción en forma de función G ($G01$, $G02$, etc.), pasa la instrucción a la tarjeta destinada exclusivamente a este tipo de cálculo y manda desplazarse a los motores X y Y de forma sincronizada hasta alcanzar la posición B siguiendo una línea recta.

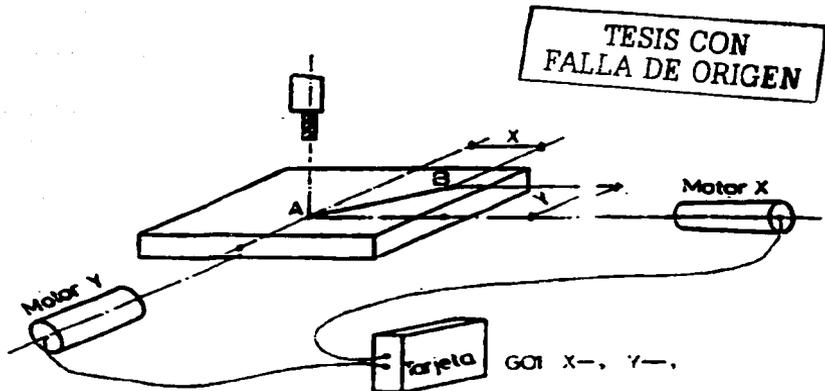


FIG.11.3.4.1 INTERPOLACION LINEAL.

11.3.5. INTERPOLACION CIRCULAR

Descompone un arco de circunferencia conociendo los elementos necesarios para definirlo, frecuentemente se define el arco con el punto inicial, punto final y centro.

En este caso, al recibir la información en forma de función G, la tarjeta manda movimientos sincronizados a los motores X y Y teniendo en cuenta un punto (I, J) que es el centro del arco.

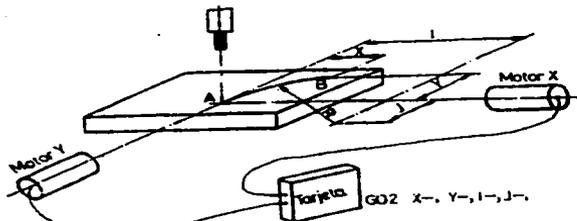


FIG. 11.3.5_1 INTERPOLACION CIRCULAR

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

11.4. SISTEMAS DE PROGRAMACION

Existen dos tipos de programación, el sistema incremental o relativo y el sistema absoluto. Ambos sistemas tienen aplicaciones en la programación CNC, y la mayoría de los mandos en herramientas de las máquinas construidas hoy son capaces de manejar la programación incremental y absoluta.

11.4.1 SISTEMA INCREMENTAL

En el sistema incremental todas las dimensiones se establecen punto a punto, esto es, siempre se utiliza el punto anterior como el origen referencial para programar el siguiente movimiento. (figura y cuadro 11.4_1)

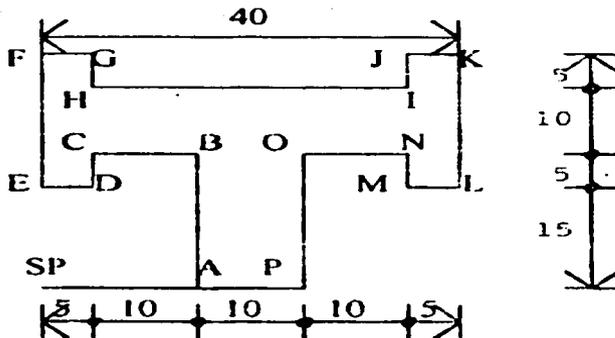
II.4.2. SISTEMA ABSOLUTO

En el sistema absoluto todas las dimensiones o puntos se miden con respecto al cero o punto de referencia que se fija desde el inicio.

En el ejemplo de la figura y cuadro 2.3 a. se muestra el análisis de los movimientos en el sistema incremental, donde se puede observar como característica de este sistema que la sumatoria de los movimientos es igual a cero. Mientras que en el análisis de movimientos del sistema absoluto se observa como característica el movimiento hacia $X = 0$ y $Y = 0$ con lo que se le indica a la máquina que regrese al origen.

En la fresadora, para indicar que estamos trabajando en el sistema incremental se utiliza el código G91 y para el sistema absoluto se utiliza el código G90.

En el torno, para indicarle a la máquina que se utiliza el sistema incremental se cambia a las letras U y W, y para el sistema absoluto se utilizan las letras X y Z.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura II.4_1

a) Sistema incremental

Movimientos	X	Y
SP → A	15	0
A → B	0	20
B → C	-10	0
C → D	0	-5
D → E	-5	0
E → F	0	20
F → G	5	0
G → H	0	-5
H → I	30	0
I → J	0	5
J → K	5	0
K → L	0	-20
L → M	-5	0
M → N	0	5
N → O	-10	0
O → P	0	-20
P → SP	-25	0
Suma	0	0

b) Sistema absoluto

Movimientos	X	Y
SP → A	15	0
A → B	15	20
B → C	5	20
C → D	5	15
D → E	0	15
E → F	0	35
F → G	5	35
G → H	5	30
H → I	35	30
I → J	35	35
J → K	40	35
K → L	40	15
L → M	35	15
M → N	35	20
N → O	25	20
O → P	25	0
P → SP	0	0

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Cuadro 11.4_1

II.4.3. PROGRAMACION MANUAL

a) INTRODUCCION

Este apartado esta dedicado particularmente a la programación manual del torno y su objetivo es mostrar las diferentes funciones que estas maquinas tienen para poder desarrollar programas para la elaboración de diversas piezas.

Se parte de un plano que debe cubrir las etapas necesarias para mecanizar las piezas. (cálculos geométricos, procesos de mecanizado, selección de herramientas, etc.) y, posteriormente, realizar el programa con un código que sea legible tanto para el programador como para la máquina a programar. Por lo tanto, esta etapa se dedica sobre todo al estudio de un código de programación.

Por lo general, para la realización del programa es necesario conocer o establecer:

- El plano de la pieza y numero de piezas, así como la lista de herramientas disponibles, para poder establecer el proceso de mecanizado.
- Las características de la máquina en lo referente a potencias, velocidades, dimensiones admisibles, precisión, etc.
- Las características del control numérico: tipo de control, numero de ejes, formato de bloque, lista de funciones codificadas, entre otras.

El código lo comprende el conjunto de datos que el control necesita para mecanizar la pieza. Estos datos deben suministrarse al control numérico en un lenguaje que aquel conozca, es decir, en lenguaje máquina.

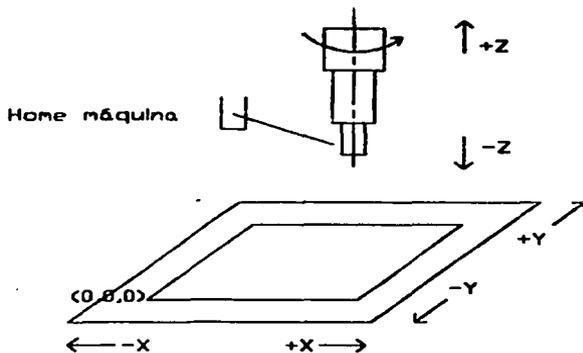
De cualquier manera, y salvando las pequeñas diferencias existentes entre sí, los conocimientos teóricos sobre el tema que a continuación se exponen son aplicables a cualquier torno que trabaje con CNC.

b) LOS EJES, SU IDENTIFICACION Y CONFIGURACION.

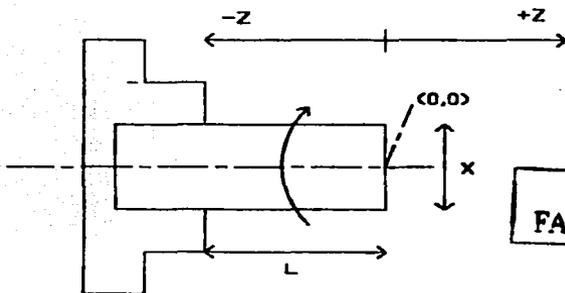
Todas las máquinas herramientas tienen mas de una posibilidad de movimiento y es importante identificarlos de manera individual. Existen tres planos en los cuales pueden tener movimiento, y son, a saber:

- Plano longitudinal
- Plano transversal
- Plano vertical

A cada uno de ellos se le asigna una letra y se identifica como un eje, así se tienen los ejes X, Y y Z. La figura II.4.3_1 muestra la identificación de ejes en una fresadora y un torno.



Identificación de ejes para la fresadora



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Identificación de ejes para el torno
figura II.4.3_1

- El eje Z: siempre es paralelo al principal movimiento de giro de la máquina. El sentido positivo del eje Z incrementa la distancia entre la pieza y la herramienta. En el sistema de programación incremental este eje se indica con la letra W en vez de Z.
- El eje X: siempre será paralelo a la principal superficie de trabajo de la máquina y perpendicular al eje Z. En las máquinas en que las piezas y herramientas no son giratorias, el eje X es paralelo a la dirección principal de corte y su sentido positivo coincide con el sentido de corte; por ejemplo, el cepillo. Cuando se utiliza el sistema incremental, a la máquina se le indica este eje con la letra U.
- El eje Y: siempre será perpendicular a los ejes X y Z.

c) LOS BLOQUES.

Al conjunto de informaciones que corresponde a una misma fase del mecanizado se le denomina "bloque" o secuencia. Este conjunto de informaciones son interpretadas por la máquina. La distribución de informaciones dentro de un bloque o secuencia de programa está caracterizada por el formato. El formato de programación puede ser fijo o variable.

Un formato fijo es aquel en el cual el número de caracteres y su función, definida por el emplazamiento de un carácter en el interior del bloque, son constantes. El significado de un conjunto de cifras, depende de su situación dentro de un bloque de programa. Un carácter es el símbolo utilizado para representar una información, ya sea numérica (cifras de 0 a 9), ya sea alfanumérica (con letras de la A a la Z). Este formato fijo es tremendamente rígido y, en la actualidad, está en desuso.

En cada bloque perteneciente a un programa de formato variable, puede haber un número variable de instrucciones. Cada instrucción se compone de una letra llamada dirección, y de una parte numérica, constituida por un cierto número de cifras decimales. La dirección identifica el significado de la parte numérica. Las cifras decimales pueden indicar la amplitud de los desplazamientos, las velocidades de avance, indicaciones auxiliares para el control (aplicar refrigerante, cambio de útil, etc.), correcciones de herramienta, etc.

El formato de programación de un equipo de control numérico suministra al programador las reglas del juego, es decir, la forma en que aquél debe realizar la programación en el lenguaje máquina.

Los sistemas de codificación para una máquina de CNC son:

- Código ASCII (Código estándar americano para intercambio de información).
- ISO (Organización de estándares internacional).
- Código EIA (Asociación Industrial de Electrónica).

Una secuencia o bloque de programa debe contener todas las funciones geométricas, funciones máquina y funciones tecnológico del mecanizado. El formato de una instrucción indica la forma en que esta instrucción debe ser correctamente escrita. Cada instrucción consta de una letra, que puede ser mayúscula o minúscula, según utilicemos el código ISO o EIA, signo y cifras. Cada letra, llamada dirección, va seguida de una o dos cifras decimales.

Los bloques , por lo general comienzan con una letra (N) y un número de secuencia. Ejemplo de bloque:

N040 GOO X25 Z2

d) LAS DIRECCIONES

Como ya se dijo con anterioridad las direcciones son letras. Aunque cada fabricante de equipos de control numérico utiliza sus propias direcciones, a continuación se dan los caracteres más comúnmente utilizados como dirección, indicando su significado en cada caso.

- 1). N es la dirección correspondiente al número de bloque o secuencia. La dirección N, normalmente, va seguida de un número de tres o cuatro cifras (formato N03 o N04). En el caso del formato N03, el número máximo de bloques que puede programarse es de 1000 (N000 hasta N999). El número de bloque es la primera instrucción de cada secuencia de programa.
- 2). X, Y, Z son las direcciones correspondientes a las cotas según los ejes X, Y, Z de la máquina herramienta.
- 3). G es la dirección correspondiente a las funciones preparatorias. Estas funciones preparatorias se utilizan para informar al control de las características de la operación del mecanizado. Dependiendo de las diferentes casas comerciales, las funciones preparatorias se utilizan para programar funciones, tales como: forma de la trayectoria, corrección de la herramienta, parada temporizada, ciclos automáticos ó fijos y programación absoluta o incremental.
- 4). M es la dirección correspondiente a las funciones misceláneas o complementarias. Se usan para indicar a la máquina-herramienta que debe realizar operaciones tales como: parada programada, rotación del husillo hacia la derecha o izquierda, cambio de útil, etc. Normalmente, la dirección M va seguida de un número de dos cifras, lo que permite programar hasta 100 funciones auxiliares diferentes. Algunas funciones M son reconocidas por el control, debiendo las restantes decodificarse externamente.
- 5). F es la dirección correspondiente a la velocidad de avance. Normalmente, va seguida de un número de cuatro cifras que indica la velocidad de avance en mm/min. A veces se utiliza la instrucción F0000 para programar la velocidad máxima de la máquina (posicionamiento).

En algunos equipos la velocidad de avance se puede expresar en mm/vuelta, a través de una función preparatoria.

6). S es la dirección correspondiente a la velocidad de rotación del husillo. Actualmente, la velocidad de giro del husillo se programa directamente, en revoluciones por minuto.

7). T es la dirección correspondiente al número de herramienta. Actualmente y fundamentalmente en equipos de control numérico para tornos, bajo la dirección T se programan independientemente el número de herramienta y el número de corrección de la herramienta.

Además de estas direcciones prácticamente normalizadas y, por tanto, comunes a todos los equipos de control numérico, existen otras posibles direcciones no universales y que para cada equipo de control numérico tienen un significado diferente.

Un formato de programación manual utilizando algunas de las direcciones normalizadas antes mencionadas sería:

```
N030 M03 S1500  
N040 G00 X25 Z2
```

e) CODIGOS

Los programas son creados en la unidad CNC usando códigos G, M, y algunos especiales como lenguaje de programación, estos códigos se explican brevemente a continuación.

CODIGOS ESPECIALES.

El lenguaje CNC usa códigos especiales, los cuales controlan las velocidades del husillo, la pieza, la herramienta o la mesa de trabajo, o indican la herramienta que se desea utilizar. Los principales códigos especiales son los siguientes:

CODIGO S

Este código se utiliza para programar la velocidad del husillo en la fresadora y la velocidad de la pieza en el torno (las unidades se traducen en RPM).

CODIGO F

El código F se usa para programar la velocidad de la herramienta en el caso del torno, y la velocidad de la mesa en el caso de la fresadora. (las unidades se dan en mm/min ó plg/min).

CODIGO T

Este código se utiliza para indicar el número de herramienta en un carrusel. La herramienta se coloca en una posición en particular en el carrusel y se puede utilizar en el momento que sea necesario. Cuando se usa conjuntamente con el código M06 se activa el cambio de herramienta, por ejemplo, M06 T01.

CODIGOS G

Indican una función preparatoria, esto es, un cambio en la operación a realizar, en general el código G hace referencia al modo y forma de realizar los desplazamientos y trayectorias lineales o circulares. Hay dos tipos de códigos G, a saber, modal y no modal; los códigos G modal se retienen en memoria hasta que otro código G del mismo grupo lo modifique; los códigos G no modales son aquellos que solo actúan en la línea de información en que aparecen. A continuación se muestra una lista de los códigos G más utilizados:

- G00 Interpolación lineal al máximo avance de la herramienta (sin arranque de viruta).
- G01 Interpolación lineal a un avance determinado (con arranque de viruta).
- G02 Interpolación circular a un avance determinado con sentido horario.
- G03 Interpolación circular a un avance determinado con sentido antihorario.
- G04 Extensión de tiempo. Se programa con la literal "X" expresada en segundos.
- G20 Programación en el sistema inglés (plg).
- G21 Programación en el sistema métrico (mm)
- G28 Regreso de la herramienta a casa o posición de origen de la herramienta (home).
- G40 Cancela compensación de la herramienta.
- G41 Aplica compensación de la herramienta a la izquierda.
- G42 Aplica compensación de la herramienta a la derecha.
- G70 Ciclo de acabado.
- G71 Define un ciclo de cilindrado.
- G72 Define un ciclo de careado.
- G76 Ciclo de roscado.
- G90 Programación de movimientos en el sistema absoluto.
- G91 Programación de movimientos en el sistema relativo o incremental.
- G98 Define avance por minuto (mm/min).
- G99 Define avance por revolución (mm/rev).

CODIGOS M

Se utilizan para programar funciones especiales de la máquina. Un carácter M se define como una función miscelánea. Precede a datos numéricos para preparar al sistema de control para operaciones como encender o apagar el husillo o el flujo de refrigerante, entre otras. Los códigos M más utilizados son:

- M00 Paro del programa.
- M01 Paro opcional (planeado).
- M02 Fin del programa.
- M03 Giro del husillo en sentido horario.
- M04 Giro del husillo en sentido antihorario.
- M05 Paro del husillo.
- M06 Cambio automático de la herramienta.
- M07 Refrigerante 2 encendido.
- M08 Refrigerante 1 encendido.
- M09 Refrigerante apagado.
- M10 Sujetar.
- M11 Soltar.
- M13 Giro del husillo en sentido horario y refrigeración en marcha.
- M14 Giro del husillo en sentido antihorario y refrigeración en marcha.
- M30 Fin del programa, pero la máquina queda lista para volver a ejecutar el programa.
- M98 Llamado de un subprograma ya elaborado.
- M99 Fin del subprograma

f) CICLOS FIJOS (canned cycles)

Los "canned cycles" o ciclos preestablecidos son secuencias fijas de operaciones que pueden ser realizadas con un código G sencillo; se utilizan para reducir el tiempo de programación en operaciones repetitivas y comúnmente usadas. Estos ciclos reducen el número de pasadas para maquinar una pieza, esto quiere decir que, utilizando un ciclo preestablecido se van a emplear menos bloques de información para realizar el programa de la pieza que se va a maquinar. Dentro de estos ciclos se cuentan: ciclo de cilindrado o torneado, ciclo de careado o refrentado, ciclo de roscado, ciclo de acabado y ciclo de barrenado.

CICLO DE ACABADO (G70).

Este ciclo normalmente se utiliza después de los ciclos de desbastado, que son los ciclos G71 y G72.

El ciclo G70 permite al programador seleccionar una parte del programa de mecanizado para realizar en el momento oportuno con la herramienta que para ello se especifique.

Generalmente, el ciclo G70 se emplea para la operación propia de acabado, siendo corriente utilizarlo tras la selección de una nueva herramienta y siempre a continuación de la operación de desbaste.

El ciclo de acabado se programa en un solo bloque como se indica a continuación:

N... G70 P... Q...

Donde: P - Siguiente numero progresivo después de G70
Q - Ultimo bloque donde termina el ciclo.

CICLO DE CILINDRADO (G71).

En este ciclo, la mayor parte del desbastado es en el eje "Z". En su programación será necesario indicar las distintas pasadas de desbastado, profundidad de corte, velocidad de avance y la velocidad de giro del husillo.

Este ciclo se programa en dos bloques como se muestra a continuación:

N... G71 U... R...
N... G71 P... Q... U... W... F...

Donde:

En el primer bloque:

U - Profundidad de corte en el eje "X"
R - Desahogo de la herramienta

En el segundo bloque:

P - Siguiente numero progresivo después de G71
Q - Ultimo bloque donde termina el ciclo.
U - Tolerancia de acabado en el eje "X"
W - Tolerancia de acabado en el eje "Z"
F - Velocidad de avance.

CILCO DE CARÉADO O REFRENTADO (G72).

En este ciclo, igual que en el de cilindrado, se tienen que definir el número de pasadas de desbastado que se descan, la profundidad de corte, la velocidad de avance y la velocidad de giro del husillo.

Igual también que en el ciclo anterior, su programación se define en dos bloques como se define a continuación:

```
N... G72 W... R...  
N... G72 P... Q... U... W... F...
```

Donde:

En el primer bloque:

W - Profundidad de corte en el eje "Z"
R - Desahogo de la herramienta

En el segundo bloque:

P - Siguiete numero progresivo después de G72
Q - Último bloque donde termina el ciclo.
U - Tolerancia de acabado en el eje "X"
W - Tolerancia de acabado en el eje "Z"
F - Velocidad de avance.

CICLO DE BARRENADO (G74).

En este se puede realizar el barrenado de una pieza por medio de pequeños incrementos y retrocesos de la herramienta para tener un desahogo de la misma.

Este ciclo se define en dos bloques como se define a continuación:

```
N... G74 R...  
N... G74 X... Z... P... Q... R... F...
```

Donde:

En el primer bloque:

R - Valor de retracción

En el segundo bloque:

X - Profundidad final en el barreno
Z - Profundidad final del barreno
P - Paro en tiempo entre 1000
Q - Incremento en el punteo entre 1000
F - Velocidad de avance.

CICLO DE ROSCADO MULTIPLE (G76).

Este ciclo permite realizar la mecanización de roscas cilíndricas o cónicas partiendo de una programación muy sencilla.

Con este ciclo, previa indicación de los datos necesarios el CNC calcula la profundidad de las distintas pasadas hasta la finalización de la rosca.

El ciclo se define en dos bloques como se muestra a continuación:

```
N... G76 P021560 Q... R...  
N... G76 X... Z... R0.0 P... Q... F...
```

Donde:

En el primer bloque:

P - Los primeros dos dígitos corresponden al número de pasadas de acabado, los siguientes dos dígitos al ángulo de salida de la herramienta, y los últimos dos dígitos al ángulo entre flancos.
Q - Profundidad de corte en milésimas.
R - Tolerancia de acabado.

En el segundo bloque:

- X - Diámetro de núcleo o fondo.
- Z - Longitud de la rosca.
- R - 0.0 (para una rosca recta).
- P - Altura o profundidad de la rosca en milésimas.
- Q - Profundidad de corte en la primera pasada en milésimas.
- F - Paso de la rosca.

CAPITULO 3

PRODUCCION DE PIEZAS DE AJEDREZ

CAPITULO III. PRODUCCIÓN DE PIEZAS DE AJEDREZ

III.1 Tipo de producción.

Producir tableros y piezas de ajedrez es un proceso que se puede hacer mediante producción continua o intermitente. En ambos casos, lo más conveniente es la producción de las piezas mediante fabricación flexible o sistema de manufactura flexible.

¿Que es un sistema de manufactura flexible?

Los sistemas de manufactura flexible son procesos bajo control automático capaces de producir una variedad de productos dentro de una gama determinada. Esta tecnología ayuda a optimizar la fabricación con mejores tiempos de respuesta, menor costo unitario y calidad más alta, mediante mejores sistemas de control y gestión.

Este sistema de fabricación esta formado por máquinas e instalaciones técnicas enlazadas entre sí por un sistema común de transporte y control, de forma que existe la posibilidad, dentro de un margen determinado, de realizar diversas tareas correspondientes a piezas diferentes sin necesidad de interrumpir el proceso de fabricación para el reequipamiento del conjunto.

Una manera de definir breve y concretamente los sistemas de manufactura flexible sería como sigue:

Son sistemas de producción controlados por una computadora central y que son capaces de producir o procesar una amplia variedad de piezas.

Algunas ventajas de los sistemas de manufactura flexible es que se adaptan fácilmente a filosofías diversas de calidad como el Just In Time y que la flexibilidad del proceso reduce al mínimo los tiempos de preparación de máquinas, se automatizan almacenes, transporte, mantenimiento de máquinas y se flexibiliza la mano de obra permitiendo la rotación de puestos y especialización de la mano de obra.

La ingeniería del proceso de una fábrica de manufactura flexible se parece muy poco a la de una fábrica convencional. El trabajo de puesta a punto de una fábrica flexible es grande y conlleva varias funciones importantes:

1. Revisión de herramientas, fijaciones y utillajes para estandarización y conseguir reducir al mínimo los tiempos de cambio de pieza y cambio de herramienta; ello implica muchas veces el rediseño de gran número de estos elementos de fabricación. Así se reducen los tiempos muertos y, por lo tanto, los cortes fijos del mecanizado de piezas, con lo que se reduce el lote económico de fabricación-objetivo a una pieza.
2. Revisión de todos los ciclos de operaciones para adaptarlos, por un lado a nuevas máquinas, por otro a nuevos sistemas que exige la flexibilidad de los talleres que recogen la existencia de máquinas y secuencias alternativas como norma, no como excepción.
3. Planificación de los puestos de trabajo, zonas de carga y descarga, almacenes también, transporte, definición de manipuladores y robots.
4. Inclusión en el proceso de operaciones de inspección y control, y de estaciones de verificación automática.
5. Programación de máquinas herramienta, elementos de manutención y transporte y, en general, de todo sistema de control del taller.

Como mencionamos al principio de este capítulo, la manufactura flexible trabaja tanto en procesos continuos como en procesos intermitentes, a continuación se muestra una tabla comparativa del funcionamiento de la manufactura flexible en ambos casos:

Puntos fuertes	Planificación a medio y largo plazo. Fijación de estándares	Control de flujo de materiales. Responsabilidad del operario.
Flujo de fabricación	Operaciones separadas una semana	Operaciones concatenadas Minutos
Tiempo característico	Amplifica los cambios	Indiferente a los cambios
Estabilidad de la programación.	Más ordenes de trabajo.	Sin ordenes de trabajo
Control curso fabricación	Ordenes de cantidades pequeñas.	Límites fijos.
Inventario	Mayor	
Espacio	Mayor	
Mano de obra	Mayor	
Equipo		Mayor

El trabajo que normalmente se asigna a un sistema de manufactura flexible es mecanizar o conformar pequeños lotes de un determinado tipo de piezas en forma totalmente automática. Para ello deben ser complementados algunos de los aspectos tecnológicos de las máquinas de control numérico convencionales incluidas en la célula mediante componentes y dispositivos que permitan realizar la preparación automática de los medios de producción, la manipulación automática de piezas, mordazas y elementos de medida, el control automático de seguridad en la calidad, y supervisión y diagnóstico automatizados de la realización del proceso. Así, los componentes básicos de un sistema de manufactura flexible serían los mencionados a continuación:

COMPUTADORA CENTRAL.

La computadora central ejerce el control del sistema completo de computadoras en el sistema, coordina el sistema de producción, monitorea el sistema ante cualquier ruptura de herramientas, maquinaria o transportes y alerta a los supervisores de esa contingencia. También determina el trabajo de cada máquina y las rutas de transporte de los productos a la máquina apropiada para optimizar la producción y el uso de ellas.

MAQUINAS CONTROLADAS NUMERICAMENTE.

Este es el elemento mas característico y representativo de una sistema de manufactura flexible. Se trata de la máquina herramienta que se encarga del trabajo de maquinado dentro del sistema y puede ser una máquina NC (control numérico), DNC (control numérico directo), CNC (control numérico por computadora) o una combinación de estas.

En toda instalación de fabricación flexible, desde la mas pequeña célula, hasta el taller mas complejo, el elemento básico es la máquina herramienta de control numérico en general con computadora integrada (CNC).

SISTEMAS PARA EL MANEJO DE MATERIALES.

Un elemento común en los actuales sistemas de producción lo constituyen los robots industriales, que cuentan con un elevado grado de flexibilidad y adaptabilidad a las variaciones del entorno. Estas características les permiten ser utilizados cada vez más en una amplia gama de actividades. Se trata de los mecanismos que se encargan de abastecer de piezas a las máquinas para que trabajen en forma automática y continua.

Los robots trabajan directamente con las máquinas de CNC o bien se utilizan directamente para la mecanización de piezas. Para conseguir un desarrollo de la fabricación automática exento de problemas, los robots industriales precisan de sensores. Con su ayuda se pueden detectar y corregir inmediatamente situaciones problemáticas o de peligro, y evitar daños mayores o detener la producción.

SISTEMAS PARA EL TRANSPORTE DE MATERIALES.

Por lo que se refiere a los elementos de transporte, su objetivo es el transporte de piezas entre células y almacenes. Existen diversos dispositivos que se pueden clasificar en dos grandes grupos: bandas transportadoras y vehículos automáticamente guiados (AGV). Entre los primeros se encuentran las soluciones clásicas como las bandas transportadoras, rodillos, dispositivos neumáticos, etc. Se trata en general de sistemas muy rígidos, aunque controlables, si se desea, por computadora. Los segundos, por el contrario, aportan un elevado grado de flexibilidad al sistema, cuentan con caminos prefijados por carriles, cable enterrado, o marcas ópticas, que les permiten llevar a cabo la tarea encomendada, bajo el control de la computadora que lleva el propio vehículo. Son vehículos autopropulsados mediante un sistema de baterías situadas a bordo y motores de tracción controlados también por una computadora a bordo.

III.2 MAQUINARIA QUE SE UTILIZA.

De lo anterior se puede apreciar que el proceso ideal para fabricar piezas de ajedrez es mediante manufactura flexible, debido que da la flexibilidad de producir no solo en base a un diseño en particular, sino que se pueden hacer las variaciones en el diseño de las piezas que el cliente exija, ya sea para un solo juego de piezas (intermitente) o un lote de muchos tableros completos (continua: series pequeñas y repetitivas).

Además de que mediante manufactura flexible el tiempo en el que se terminan las piezas es mucho menor que mediante cualquier otro método de fabricación.

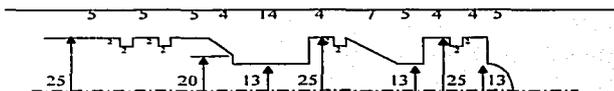
Por esto, entendemos que la maquinaria requerida para producir eficientemente piezas de este tipo son máquinas herramientas de control numérico, particularmente tornos, debido a la naturaleza de las piezas en cuestión.

Para los fines que a esta tesis competen se utilizó un torno BENFORD didáctico, mismo que se encuentra en el laboratorio de manufactura de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 4.

La pieza que se eligió para ejemplificar el proceso es una torre de ajedrez. Bien pudo tratarse de cualquier otra pieza que requiriera precisión hasta en milésimas de pulgada, ya que este tipo de máquinas herramienta trabajan con esta precisión seleccionando la herramienta adecuada y elaborando correctamente el programa necesario para tal fin.

III.3 DISEÑO Y PROGRAMA DE LA PIEZA.

El diseño de la pieza en cuestión se llevó a cabo procurando utilizar el mayor número de comandos y códigos posible tomando en cuenta también la estética de la pieza para el fin que se requiere. El material que se empleó para maquinarse la pieza fue latón (tentativamente aluminio) en barra de una pulgada de diámetro. A continuación se muestra el diseño y programa* de la pieza:



```
BILLET X25 Z80;  
TOOLDEF T01 T03 T05;  
N010 G21;  
N020 M06 T01;  
N030 M03 S1200;  
N040 G00 X25 Z2;  
N050 G71 U1.0 R0.5;  
N060 G71 P70 Q120 U0 W0 F50;  
N070 G00 X0;  
N080 G01 Z0;  
N090 G03 X13 Z-5 R10 F30;  
N100 G01 X25 F50;  
N110 Z-70;  
N120 G00 X26;  
N130 G28 U0 W0;  
N140 M06 T03;  
N150 G00 X26 Z-15;  
N160 G01 X23;  
N170 Z-15;  
N180 G00 X25;  
N190 Z-15;  
N200 G01 X21;  
N210 Z-21;  
N220 G00 X24;  
N230 Z-15;  
N240 G01 X21;  
N250 Z-21.5;  
N260 G00 X22;  
N270 Z-15;  
N280 G01 X19;  
N290 Z-21;  
N300 G00 X20;  
N310 Z-15;  
N320 G01 X17;  
N330 Z-19.5;  
N340 G00 X18;
```

* El programa puede desarrollarse en q-basic y guardarse con extensión .fnl en modo de solo texto para que lo pueda leer el torno.

N350 Z-15;
N360 G01 X15;
N370 Z-19.5;
N380 G00 X16;
N390 Z-15;
N391 G01 X14.3;
N392 Z-19.7;
N393 G00 X15;
N394 Z-15;
N395 G01 X13.6;
N396 Z-20;
N397 G00 X14;
N398 Z-15;
N400 G01 X13;
N410 Z-20;
N420 X25 Z-27;
N430 G00 X26;
N440 Z-33;
N450 G01 X23;
N460 Z-49;
N470 G00 X25;
N480 Z-33;
N490 G01 X21;
N500 Z-47;
N510 G00 X22;
N520 Z-33;
N530 G01 X19;
N540 Z-45;
N550 G00 X20;
N560 Z-33;
N570 G01 X17;
N580 Z-43;
N590 G00 X18;
N600 Z-33;
N610 G01 X15;
N620 Z-41;
N630 G00 X16;
N640 Z-33;
N650 G01 X13.2;
N660 Z-39;
N670 G00 X26;
N680 G28 U0 W0;
N690 M06 T01;
N700 G00 X6 Z-39;
N710 G01 X18;
N720 Z-47;
N730 G00 X19;
N740 Z-39;
N750 G01 X16;
N760 Z-47;
N770 G00 X17;
N780 Z-49;
N790 G01 X13.2;
N800 Z-47;
N810 X20;
N820 X25 Z-51;
N830 G28 U0 W0;

INFORMACION NO DADA
DE LA POLICIA

N840 M06 T05;
N850 G00 X27 Z-33;
N860 G01 X13;
N870 Z-45;
N880 G00 X27;
N890 Z-9;
N900 G01 X21 F30;
N910 G00 X26;
N920 Z-27;
N930 G01 X21;
N940 G00 X26;
N950 Z-56;
N960 G01 X21;
N970 G00 X26;
N980 Z-03;
N990 G01 X21;
N1000 G00 X26;
N1010 G28 U0 W0;
N1020 M30;

La pieza terminada se ve como se muestra a continuación:



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONCLUSIONES

Las materias que se tratan en este trabajo de tesis guardan una estrecha relación desde el punto de vista de la industria moderna, ya que los sistemas de producción actuales se apoyan o se basan incluso en máquinas controladas numéricamente y robots que efectúan los trabajos de forma más rápida, eficiente y económica, además de que resulta más seguro para el personal que en las empresas labore debido a que las máquinas ejecutan las labores repetitivas o pesadas del proceso.

No podemos dejar de lado el aspecto cotidiano, que deja ver el hecho de que las máquinas se están volviendo indispensables para todo tipo de procesos, incluso en los menesteres caseros y los educacionales.

Del trabajo presente se puede desprender, entre otras conclusiones, los hechos factibles de comodidad al utilizar máquinas automatizadas y la productividad de los procesos que las emplean, la cual es por mucho superior a la de los procesos que aún no las utilizan.

También podemos apreciar la eficacia de los sistemas basados en máquinas de control numérico (y robots). Esta se debe en gran medida a que además de ser más rápidos los tiempos de elaboración, proceso o maquinado, se puede obtener una precisión difícil de lograr por medio de métodos tradicionales.

Respecto de la interrelación de materias podemos ver que no solo estas materias se concatenan sino que todo el plan de materias de la carrera está encerrado en un concepto global que permite la interacción de los diversos campos de estudio a que este refiere, sin embargo sería de gran utilidad someter a revisión y cambio el plan de estudios de manera que se puedan desarrollar trabajos o tareas que involucren varias materias en un solo tema de investigación, lo cual podría llevar a los alumnos a desarrollar mayor interés y sobre todo fomentar en ellos la creatividad.

Es claro que el ejercicio de la carrera no exige la aplicación del total de las materias cursadas en la misma, pero es importante preparar a las nuevas generaciones para el desarrollo de ideas que conlleven a la creación de nuevas tecnologías.

TABLAS DE MATERIALES

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLA 1

MATERIAL	Unid	Avance en mm/rev					
		0.1	0.2	0.4	0.8	1.6	3.2
		Velocidad de corte en mm/min					
Acero moldeado	SS		34	25	19	14	11
	S	118	100	85	71	24	20
Aceros aleados	SS		24	17	12	8.5	6
	S	150	118	95	75	24	20
Aceros inoxidables	SS		16	11	8	5.6	
	S	95	75	60	50	16	13
Otros aceros aleados	SS		9.5	6			
	S	60	48	38	32	10	8
Ac. de herramientas	SS						
	S	50	40	32	27	8.5	6.7
Ac. duro al Mn.	SS						
	S	40	32	25	20	6.7	5.3
Fundición maleable	SS		43	28	20	13	9
	S	106	90	75	63	53	
Aleaciones de Cu Latón	SS		125	85	56	36	
	S	600	530	450	400	355	
Aleaciones de Al	SS	100	67	45	30		
	S	224	190	160	140	118	

TABLA 2

Metal	VELOCIDAD m/min
Aluminio y aleaciones	305-915
Latón	215
Bronce al Silicio	65
Fundición de hierro (semidura)	75-105
Fundición de hierro maleable	60
Acero dulce	80
Acero de medio carbono, normalizado	60
Acero de alto carbono, normalizado	45
Acero muy duro	25
Acero inoxidable	45

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

CALIDAD GERENCIAL

Carlos Echevarne
Ediciones Macchi

LA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL administración

Keith Lockyer
Edit. AlfaOmega
1995, 1a. edición en español

EL CONTROL NUMÉRICO EN LAS MÁQUINAS HERRAMIENTA

Ing. Juan González Núñez
Compañía Editorial Continental S.A. de C.V.
México, 2ª. Edición, 1990

NUMERICAL CONTROL PROGRAMMING manual CNC and APT/compactII

George C. Stanton
Prentice-Hall USA 1988

PRODUCCIÓN conceptos, análisis y control

Richard J. Hopeman
C.E.C.S.A. México

Traducción de la segunda Edición en inglés

INGENIERÍA DE MANUFACTURA

Daniel T. Koenig
Publicaciones Marcombo S.A. 1990

PLANEACIÓN DE PROCESOS

Mark A. Curtis
Limusa Noriega Editores 1996, México
Primera edición.

KAIZEN la clave de la ventaja competitiva japonesa

Masaaki Imai
C.E.C.S.A. México.

PRINCIPIOS DE INGENIERÍA DE MANUFACTURA

Chiles, Black, Lissaman, Martin
C.E.C.S.A. México

ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN E INVENTARIOS

Donald W. Fogarty
C.E.C.S.A. México
Segunda edición, 19ª. Impresión en español

COMPUTER NUMERICAL CONTROL

Herman W. Pollac
Prentice-Hall USA

COMPUTER NUMERICAL CONTROL OF MACHINE TOOLS

G.E. Thyer
Editorial NEWNES 2a. edición en inglés.

