



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

MANUFACTURA FLEXIBLE

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A

JOSÉ DE JESÚS BADILLO SEGOVIA

ASESOR:

DÁMASO VELÁZQUEZ VELÁZQUEZ



FES Aragón

MEXICO 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

ÍNDICE

JUSTIFICACIÓN	1
INTRODUCCIÓN	2

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS DE LA MANUFACTURA FLEXIBLE

1.1. LA TECNOLOGÍA DE GRUPOS	4
1.1.1 CLASIFICACIÓN Y CODIFICACIÓN DE PARTES	4
1.1.2 MANUFACTURA CELULAR	7
1.1.3 BENEFICIOS Y PROBLEMAS DE LA TECNOLOGÍA DE GRUPOS	10
1.2 DEFINICIÓN DE SISTEMA DE MANUFACTURA FLEXIBLE	10
1.2.1 FLEXIBILIDAD Y SISTEMAS AUTOMATIZADOS DE MANUFACTURA	11
1.2.2 INTEGRACIÓN DE LOS COMPONENTES DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA FLEXIBLE	12
1.2.3 APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE	16

CAPÍTULO II

MAQUINAS DE CONTROL NUMÉRICO

2.1 DEFINICIÓN	18
2.2 ¿POR QUÉ SURGE LA NECESIDAD DEL CONTROL NUMERICO?	18
2.3 ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN EQUIPO DE CONTROL NUMÉRICO.	19
2.3.1 ARQUITECTURA GENERAL DEL CONTROL NUMÉRICO	19
2.3.2 SISTEMA DE BUCLE CERRADO	19
2.3.2.1 SENSORES DE POSICIÓN ABSOLUTA	21
2.3.2.2 SENSORES DE POSICIÓN INCREMENTAL.	22
2.3.3 SISTEMA DE BUCLE ABIERTO	22
2.3.4 MOTOR PASO A PASO.	22
2.4 VENTAJAS DE UN EQUIPO DE CONTROL NUMÉRICO	23
2.5 CLASIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTAS DE CONTROL NUMÉRICO	24
2.5.1 CONTROL NUMÉRICO PUNTO A PUNTO	24
2.5.2 CONTROL NUMÉRICO PARAAXIAL	24
2.5.3 CONTROL NUMÉRICO CONTINUO	25
2.6 SITUACIÓN DEL CONTROL NUMÉRICO EN MÉXICO	25
2.7 TENDENCIAS DEL CONTROL NUMÉRICO	25
2.8 ESTRUCTURA DE UN PROGRAMA DE TORNEADO	26
2.8.1 NÚMERO DE SECUENCIA N	26
2.8.2 FUNCIONES PREPARATORIAS G	26
2.8.2.1 FUNCIONES DE MOVILIDAD	26
2.8.2.2 FUNCIONES TECNOLÓGICAS	27

2.8.2.3 FUNCIONES DE CONVERSIÓN	27
2.8.2.4 FUNCIONES DE MECANIZADOS ESPECIALES	27
2.8.2.5 FUNCIONES MODALES.	27
2.8.3 PROGRAMACIÓN DE COTAS X-Z	28
2.8.4 PROGRAMACIÓN DE LA HERRAMIENTA T-D	28
2.8.5 FACTORES TECNOLÓGICOS F-S	28
2.8.5 FUNCIONES MISCELÁNEAS O FUNCIONES DE LA MÁQUINA (M)	29
TABLA CÓDIGOS G PARA FRESADORA	29
TABLA CÓDIGOS M PARA FRESADORA	34
EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN CNC	36
SECUENCIA DEL PROGRAMA PARA FRESADORA	36
TABLA 1 CÓDIGOS G PARA TORNO	37
TABLA 1 CÓDIGOS M PARA TORNO	38
TABLA 2 CÓDIGOS G PARA TORNO	39
TABLA 2 CÓDIGOS M PARA TORNO	40
EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN CNC TORNO	41
SECUENCIA DE PROGRAMA PARA TORNO	41

CAPÍTULO 3

ROBOTS

3.1 DEFINICIONES DE ROBOT	42
3.2 COMPONENTES PRINCIPALES DE UN ROBOT	42
3.2.1 MANIPULADOR O BRAZO	42
3.2.2 CONTROLADOR	43
3.2.3 ELEMENTOS MOTRICES	45
3.2.4 ELEMENTO TERMINAL (GRIPPER)	45
3.3 SENSORES DE INFORMACIÓN	46
3.4 GRADOS DE LIBERTAD	47
3.5 POSICIONAMIENTO	48
3.5.1 COORDENADAS ESFÉRICAS O POLARES	48
3.5.2 COORDENADAS CILÍNDRICAS	48
3.5.3 COORDENADAS CARTESIANAS	49
3.5.4 COORDENADAS ANGULARES	49
3.5.5 SCARA	50
3.6 CLASIFICACIÓN DE LOS ROBOTS	51
3.6.1 MANIPULADORES DE CICLO FIJO Y PROGRAMABLE	51
3.6.2 ROBOT DE APRENDIZAJE	52
3.6.3 ROBOT DE CONTROL NUMÉRICO	52
3.6.4 ROBOT INTELIGENTE	53
3.7 PROGRAMACIÓN USADA EN LA ROBÓTICA	53
3.7.1 PROGRAMACIÓN GESTUAL O DIRECTA	54
3.7.2 PROGRAMACIÓN TEXTUAL	55
3.7.2.1 PROGRAMACIÓN TEXTUAL EXPLÍCITA	55
3.7.2.2 PROGRAMACIÓN TEXTUAL ESPECIFICATIVA	56
3.8 COMANDOS QUE SE UTILIZAN EN LA PROGRAMACIÓN DE LOS ROBOTS	57

EJEMPLO PROGRAMA DE ROBOT	57
SECUENCIA DE UN PROGRAMA	58
PROGRAMACIÓN DEL ROBOT	59

CAPÍTULO 4

SISTEMAS AUXILIARES

4.1 MANEJO DE MATERIALES EN UN SISTEMA DE MANUFACTURA FLEXIBLE	60
4.2 DISEÑO DEL SISTEMA	60
4.2.1 EFECTO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	60
4.2.2 SISTEMA DE MANEJO PRIMARIO	61
4.2.3 SISTEMA DE MANEJO SECUNDARIO	61
4.2.4 CONFIGURACIONES DE LAYOUT DE UN FMS	61
4.2.4.1 EL LAYOUT EN LÍNEA	61
4.2.4.2 LAYOUT DE LAZO	62
4.2.3.3 LAYOUT DE ESCALERA	62
4.2.3.4 LAYOUT DE CAMPO ABIERTO	63
4.2.3.5 LAYOUT CENTRADO EN ROBOT	64
4.3 TRANSPORTADORES	65
4.3.1 TIPOS DE TRANSPORTADORES	65
4.3.2 RUTAS Y OTRAS FUNCIONES	68
4.4 SISTEMAS DE VEHÍCULOS GUIADOS AUTOMÁTICAMENTE (AGVS)	68
4.4.1 APLICACIONES	70
4.4.2 DESARROLLO DE FUNCIONES DE LOS AGVS	71
4.5. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO AUTOMATICO	71
4.5.1 DESARROLLO DE LOS SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO	71
4.5.2 SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE ALMACENAMIENTO Y RECUPERACIÓN (AS/AR)	72
4.5.2.1 COMPONENTES BÁSICOS DE UN AS/AR	73
4.5.2.2 CONTROLES DE AS/AR	73
4.5.2.3 CARACTERÍSTICAS ESPECIALES	73
4.5.2.4 APLICACIONES	73

CAPITULO 5

HERRAMIENTAS DE LA MANUFACTURA FLEXIBLE

5.1 FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA FLEXIBLE	75
5.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	76
5.2.1 TORNO CNC	76
5.2.2 FRESADORA CNC	77
5.2.3 MESA GIRATORIA	78
5.2.4 ROBOT	78
5.2.5 BANDA TRASPORTADORA	80

5.2.6 COMPARADOR ÓPTICO	80
5.2.6 SISTEMA DE CONTROL	81
CONCLUSIÓN	82
BIBLIOGRAFÍA	83

JUSTIFICACIÓN

La investigación propuesta busca mediante la explicación de los conceptos básicos de los sistemas manufactura flexible explicar su funcionamiento. Debido a que los sistemas de manufactura flexible es una tecnología que a futuro puede ser explotada ampliamente, además de todos los beneficios que aporta y entre ellos encontramos, que nos ayuda a tener una mejor calidad, reducimos los costos de fabricación, inventario, además obtenemos un mejor manejo de nuestros materiales. El fin de todos estos beneficio es la satisfacción de los clientes ya que la entrega de los productos ya lleva acabo en los términos, tiempos y con la calidad que ellos requieren.

Por otro, lado tenemos que los sistemas de manufactura flexibles emplean herramientas que benefician a las empresas que la implementan esta tecnología ya que reduce los costos, inventarios, tiempos de entrega, mano de obra, mayor eficiencia de los equipos, además que disminuye los desperdicios.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación expone el tema de los sistemas de manufactura flexible, que se define como un nuevo enfoque de la producción que con la aplicación de la tecnología ha creado sistemas altamente automatizados. Es una filosofía de la producción que se basa en el control efectivo del flujo de materiales a través de una red de estaciones de trabajo muy versátiles y es compatible con diferentes grados de automatización, está integrado por máquinas-herramientas enlazadas mediante un sistema de manejo de materiales automatizado operado automáticamente.

La característica principal de un sistema de manufactura flexible es la automatización, ya que tiene la capacidad de optimizar cada paso de la operación, estos pasos pueden comprender uno o más procesos y operaciones, como son: maquinado, rectificado, corte, formado, manejo de materiales, medición e inspección y ensamble. Se aplica principalmente en operaciones de maquinado y ensamble.

La investigación de este tema se realizó por el interés de conocer y profundizar más el tema y poder conocer los elementos más importantes de la manufactura en un sistema altamente automatizado.

Para ello detallaremos las características de un sistema de manufactura flexible, como son los robots industriales que son los que dan servicio a diversas máquinas, donde para este caso, son máquinas de control numérico: además, se presentaran los sistemas automatizados que manejan los materiales, apreciaremos que estos sistemas que son altamente automatizados, tienen la capacidad de optimizar cada paso de la operación.

En el capítulo 1, se detalla conceptos como tecnología de grupos, clasificación y codificación de partes, manufactura celular, beneficios y problemas de la tecnología de grupos, el concepto de lo que es un sistema de manufactura flexible que a su vez desglosaremos en flexibilidad y sistemas automatizados, integración de los componentes de un sistema de manufactura flexible y aplicaciones de los sistemas de manufactura flexible

En el capítulo 2, se describe la definición de control numérico, se explica por qué surge la necesidad del control numérico, los elementos que lo integran, las ventajas de un equipo de control numérico, las ventajas de los equipos de control numérico, como se clasifican, la situación del control numérico en México.

En el capítulo 3, se define el concepto de robot sus componentes principales, lo que son los sensores de información, sus grados de libertad, el posicionamiento, su

clasificación, la programación que se usa en la robótica y, por último, el lenguaje de programación.

En el capítulo 4, se describe los sistemas auxiliares, algunas de las características que se usan en el manejo de los materiales automáticamente, los sistemas del almacenamiento y sus características.

Y en el capítulo 5, se detalla cuáles son los fundamentos de la manufactura flexible comenzando por el concepto, sus objetivos, sus beneficios, el pensamiento de la manufactura flexible, sus 5 principios y, por último, las herramientas que utiliza.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS DE LA MANUFACTURA FLEXIBLE

1.1. LA TECNOLOGÍA DE GRUPOS

La tecnología de grupos es un enfoque para la producción de partes en cantidades medias. Las partes y los productos en este rango de cantidad por lo general se hacen en lotes. Y la producción en lotes tiene las siguientes desventajas:

- 1) Tiempo de detención para cambios y
- 2) Costos altos de realización de inventarios.

La tecnología de grupos (GT: en inglés group technology) minimiza estas desventajas reconociendo que, aunque las partes son distintas, poseen similitudes. La tecnología de grupos explota las similitudes de las partes utilizando procesos y habilitación de herramientas similares para producirlas. La TG se instrumenta mediante técnicas manuales automatizadas. Cuando se usa automatización, con frecuencia se aplica el término sistema flexible de manufactura.

La tecnología de grupos es un enfoque para manufactura en el cual se identifican y agrupan partes similares para aprovechar sus similitudes en el diseño y la producción. El concepto inicial de la tecnología de grupos data de 1925.

Las similitudes entre las partes permiten clasificarlas en familias. No es extraño que una fábrica que produce 10, 000 partes diferentes sea capaz de agrupar la mayoría de ellas en 20 o 30 familias de partes. En cada familia de partes, los pasos de procesamiento son similares. Cuando estas similitudes se aprovechan en la producción, mejora la eficiencia operativa. En general el mejoramiento se obtiene organizando las instalaciones de producción en celdas de manufactura. Cada celda se diseña para producir una familia de partes (o una cantidad limitada de familias de partes), con lo que sigue el principio de la especialización de las operaciones. La celda incluye equipo especial de producción y herramientas y soportes personalizados para optimizar la producción de las familias de partes. En efecto, cada celda se convierte en una fábrica dentro de la fábrica.

1.1.1 CLASIFICACIÓN Y CODIFICACIÓN DE PARTES

Una característica central de la tecnología de grupos es la familia de partes. Una familia de partes es un grupo de partes que poseen similitudes en la forma geométrica y el tamaño, o en los pasos de procesamiento que se usan en su manufactura. Siempre hay diferencias entre las partes en una familia, pero las similitudes son lo bastante cercanas para poder agrupar las partes en la misma familia. Las figuras 1.1 y 1.2 muestran dos familias de partes distintas. Las de la figura 1.1 tienen el mismo tamaño y forma; sin embargo, sus requerimientos de procesamiento son muy distintos debido a las diferencias en el material de trabajo, las cantidades de producción y las tolerancias de diseño. La figura.1.2, muestra

varias partes con geometrías sustancialmente diferentes; sin embargo, sus requerimientos de manufactura son muy similares.

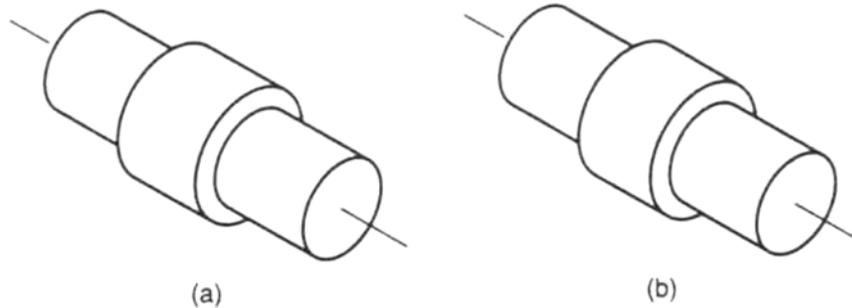


Figura 1.1 Dos parte que tienen forma y tamaño idénticos pero manufactura muy distinta (a) 1000000 unidades/año, tolerancia = 0.010 pulg., acero 1015 CR, chapa de níquel; (b) 100 unidades/año, tolerancia = 0.001 acero inoxidable.

Hay varias formas para identificar familias de partes en la industria. Un método involucra la inspección visual de todas las partes hechas en la fábrica (o fotografías de las partes) y el uso del mejor juicio para agruparlas en familias apropiadas. Otro enfoque, denominado análisis de flujo de producción, usa la información que contienen las hojas de ruta para clasificar las partes. En efecto, las partes con pasos de manufacturas similares se agrupan en la misma familia. El método que probablemente se use más, y también sea el más costoso, es la clasificación y codificación de partes.

La clasificación y codificación de partes implica la identificación de similitudes y diferencias entre las partes para relacionarlas mediante un esquema de codificación común. La mayoría de los sistemas de clasificación y codificación están entre los siguientes:

- 1) Sistemas basados en atributos del diseño de partes,
- 2) Sistemas basados en atributos de la manufactura de partes y
- 3) Sistemas basados tanto en atributos de diseño como de manufactura.

Los atributos comunes de diseño y manufactura que se usan en los sistemas de clasificación y codificación de partes se presentan en la tabla 1.

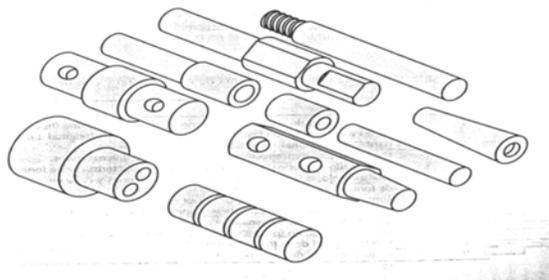


Figura 1.2 Diez partes diferentes en tamaño y forma, pero muy similares en términos de manufactura. Todas las partes se maquinan con torneado a partir de materia prima cilíndrica; algunas partes requieren taladrado o fresado.

TABLA 1 Atributos de diseño y manufactura que se incluyen comúnmente en un sistema de clasificación y codificación de partes.

Atributos de diseño de partes	
Dimensiones principales	Tipo de material
Forma básica externa	Función de la parte
Forma básica interna	Tolerancias
Relación longitud/diámetro	Acabado superficial
Atributos de manufactura de partes	
Proceso principal	Dimensiones principales
Secuencia de operación	Forma básica externa
Tamaño del lote	Relación longitud/diámetro
Producción anual	Tipo de material
Máquinas herramienta	Tolerancias
Herramientas de corte	Acabado superficial

Debido a que cada compañía produce un conjunto único de partes y productos, un sistema de clasificación y codificación que sea satisfactorio para una empresa no es necesariamente apropiado para otra. Cada organización debe diseñar su propio esquema de codificación. Para darnos una idea de lo que esto implica, presentamos la estructura básica de uno de los sistemas de clasificación y codificación de familias en la tabla 2. Este sistema fue desarrollado para partes maquinadas por H. Optiz en Alemania. El número de código básico consta de 9 dígitos, los cuales contienen datos de diseño y de manufactura. Se diferencian partes rotacionales y no rotacionales, al igual que diversas características de partes tales como taladrados internos, roscas y dientes de engranes

Entre los beneficios que se citan con frecuencia para un sistema de clasificación y codificación bien diseñado están las siguientes:

- 1) Facilita la formación de familias de partes
- 2) Permite una recuperación rápida de los dibujos del diseño de una parte
- 3) Reduce la duplicación del diseño debido a que se recuperan diseños de partes similares o idénticos y se reutilizan en lugar de diseñarlos desde el principio
- 4) Promueve la estandarización del diseño
- 5) Mejora la estimación y la cuantificación de costos
- 6) Facilita la programación de partes con control numérico, permitiendo que las partes nuevas usen el mismo programa de las partes ya existentes en la misma familia
- 7) Permite la racionalización y mejoramiento en el diseño de herramientas y soportes y
- 8) Hace posible la plantación de procesos asistidos por computadora (en inglés computer-aided process planning, CAPP).

Los planes de procesos estándar se correlacionan con números de códigos de familias de partes, para que se reutilicen o editen los planes de procesos de partes nuevas de la misma familia.

TABLA .2 Estructura básica del sistema de clasificación y codificación de partes de Opitz.

Dígito	Descripción
1	Clase de forma de una parte: rotacional contra no rotatoria (figura 25.38). Las partes rotacionales se clasifican mediante la relación longitud a diámetro. Las partes no rotacionales por longitud, ancho y espesor.
2	Características de forma externa; se distinguen diversos tipos.
3	Maquinado rotatorio. Este dígito se aplica a características de forma interna (por ejemplo, orificios y roscas) en partes rotatorias y características generales de forma rotacional para partes no rotacionales.
4	Superficies maquinadas en plano (por ejemplo, planos y ranuras).
5	Orificios auxiliares, dientes de engranes y otras características.
6	Dimensiones; tamaño general.
7	Material de trabajo (por ejemplo, acero, hierro fundido o aluminio).
8	Forma original de la materia prima.
9	Requerimientos de exactitud.

1.1.2 MANUFACTURA CELULAR

Para explotar por completo las similitudes entre las partes de una familia, la producción debe organizarse usando celdas de maquinado diseñadas para especializarse en fabricar partes particulares. Un principio que se usa para diseñar una celda de maquinado de tecnología de grupos es el concepto de partes compuestas.

Concepto de parte compuesta. Los miembros de una familia de partes poseen diseño y características de manufactura similares. Por lo general hay una correlación entre las características del diseño de partes y las operaciones de manufactura que producen tales características. Normalmente los orificios redondos se hacen mediante taladrado, las formas cilíndricas se hacen mediante torneado, y así sucesivamente.

La parte compuesta de una familia determinada (no confundirla con una parte hecha de material compuesto) es una parte hipotética que incluye todos los atributos de diseño y manufactura de la familia. En general, una parte individual en la familia tendrá algunas de las características que distinguen a la familia, pero no todas. Una celda de producción diseñada para una familia de partes incluiría las máquinas requeridas para hacer la parte compuesta.

Tal celda sería capaz de producir cualquier socio de la familia con solo omitir las operaciones que correspondieran a las características que no posee la parte particular. La celda también se diseñaría para permitir variaciones de tamaño dentro de la familia, al igual que variaciones en las características.

Como ejemplo, considere la parte compuesta de la figura 1.3(a) que representa una familia de partes rotacionales o giratorias con características definidas en la parte (b) de la figura. Con cada característica se asocia cierta operación de maquinado, tal como se resume en la tabla 3. También se diseñaría una celda de maquinado para producir esta familia de partes con la capacidad de realizar todas las operaciones en la última columna de la tabla.

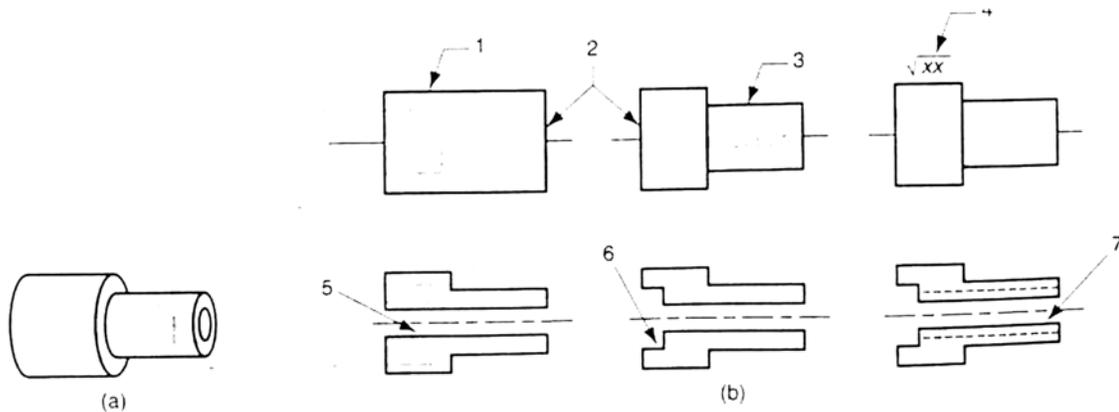


Figura 1.3. Concepto de una parte compuesta (a) la parte compuesta para una familia de partes rotacionales maquinadas (b) las características individuales de la parte compuesta.

TABLA 3 Características de diseño de la parte compuesta de la figura 38.3 y las operaciones de manufactura requeridas para formar tales características.

Etiqueta	Característica de diseño	Operación de manufactura correspondiente
1	Cilindro externo	Torneado
2	Cara del cilindro	Careado
3	Paso cilíndrico	Torneado
4	Superficie lisa	Esmerilado cilíndrico externo
5	Orificio axial	Taladrado
6	Abocardado	Orificio, abocardado
7	Roscas internas	Aterrajaz

Diseños de celdas de maquinado Las celdas de maquinado se clasifican de acuerdo con la cantidad de máquinas y nivel de automatización. Las posibilidades son:

- a) Máquina única,
- b) Varias máquinas con manejo manual,
- c) Varias máquinas con manejo mecanizado,
- d) Celda flexible de manufactura y
- e) Sistema flexible de manufactura. Estas celdas de producción se muestran esquemáticamente en la figura 4.

La celda de máquina única tiene una máquina que se opera en forma manual. La celda también incluiría soportes y habilitación de herramientas para permitir las variaciones de características y tamaños dentro de la familia de partes que produce

la celda. La celda de maquinado requerida para la familia de partes de la figura 1.3 probablemente sería de este tipo.

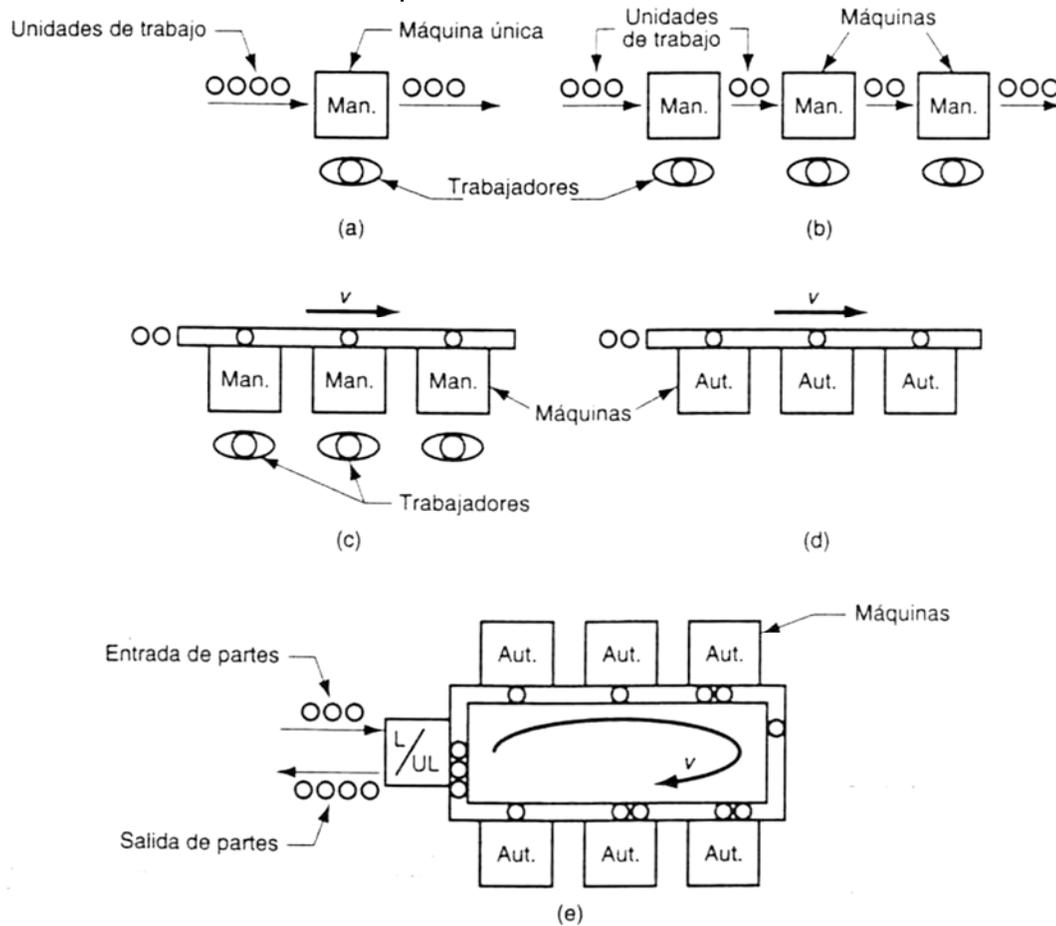


Figura 1.4 Tipos de celdas de maquinado para tecnología de grupos: (a) máquina única, (b) varias máquinas con manejo manual, (c) varias máquinas con manejo mecanizado, (d) celda flexible de manufactura, y (e) sistema flexible de manufactura. Man = operación manual; Aut = estación automatizada.

Las celdas de máquinas múltiples tienen dos o más máquinas que se operan en forma manual. Éstas se distinguen por el método de manejo de partes de trabajo en la celda, manual o mecanizado. El manejo manual significaría que los trabajadores mueven las partes dentro de la celda, por lo general los operadores de máquinas. El manejo mecanizado hace referencia a la transferencia de partes de una máquina a la siguiente. Esto puede deberse al tamaño y al peso de las partes hechas en la celda o simplemente para aumentar la velocidad de producción. El diagrama muestra el flujo de trabajo como lineal; también son posibles otras distribuciones, tales como en forma de U o en ciclo.

Las celdas flexibles de manufactura y los sistemas flexibles de manufactura consisten en máquinas automatizadas con manejo automatizado.

1.1.3 BENEFICIOS Y PROBLEMAS DE LA TECNOLOGÍA DE GRUPOS

La tecnología de grupos aporta beneficios sustanciales a las compañías si éstas tienen la disciplina y perseverancia para instrumentarla. Los beneficios potenciales incluyen:

- 1) La tecnología de grupos promueve la estandarización en la habilitación de herramientas, la instalación de soportes y las disposiciones,
- 2) Se reduce el manejo de material porque las partes se mueven dentro de una celda de maquinado y no dentro de toda la fábrica,
- 3) Son posibles calendarios de producción más sencillos;
- 4) Se reduce el tiempo de producción;
- 5) Se reduce el trabajo en proceso;
- 6) Se simplifica la planeación de los procesos;
- 7) Por lo general mejora la satisfacción de los trabajadores cuando laboran en una celda de tecnología de grupos y
- 8) Se obtiene un trabajo de mayor calidad usando este recurso.

Existen varios problemas para llevar a cabo la tecnología de grupos. Un problema obvio es el reordenamiento de las máquinas para producción en la planta en las celdas de maquinado convenientes. Se requiere tiempo para planear y realizar este reordenamiento y las máquinas no están produciendo durante el cambio. El mayor problema para iniciar un programa de tecnología de grupos es identificar las familias de partes. Si la planta hace 10,000 partes distintas, la revisión de todos los dibujos de partes y su agrupación en familias es una tarea enorme que consume una importante cantidad de tiempo.

1.2 DEFINICIÓN DE SISTEMA DE MANUFACTURA FLEXIBLE

Un sistema de manufactura flexible es una celda de maquinado con tecnología de grupos altamente automatizado que consiste en un grupo de estaciones de procesamiento (generalmente máquinas herramientas CNC, por control numérico computarizado) interconectadas mediante un sistema de automatización de manejo y almacenamiento de materiales, y controladas por medio de un sistema integrado de computadoras. Es capaz de procesar una amplia variedad de estilos de partes simultáneamente bajo un programa de control numérico en diferentes estaciones de trabajo.

El sistema de manufactura flexible se basa en los principios de la tecnología de grupos. Ningún sistema de manufactura puede ser completamente flexible. No es posible producir un rango infinito de productos. Hay límites en el grado de flexibilidad en que puede incorporarse. En consecuencia, un sistema flexible de manufactura se diseña para producir partes (productos) dentro de un rango de estilos, tamaños y procesos. En otras palabras es capaz de producir una familia de partes únicas, un rango limitado de familias de partes. El concepto se originó en los años 70 del siglo XX.

1.2.1 FLEXIBILIDAD Y SISTEMAS AUTOMATIZADOS DE MANUFACTURA

Los sistemas flexibles de manufactura varían en términos de la cantidad de máquinas-herramientas y el nivel de flexibilidad. Cuando el sistema solo tiene algunas máquinas, se usa el término celda flexible de manufactura (en inglés, flexible manufacturing cell: FMC). Tanto las celdas como los sistemas están muy automatizados y se controlan por computadora. Las diferencias entre un sistema de manufactura flexible y una celda de manufactura flexible no son siempre claras, pero en ocasiones se basa en la cantidad de máquinas (estaciones de trabajo) que incluye.

El sistema flexible de manufactura consta de 4 máquinas o más, en tanto que una celda flexible de manufactura consta de 3 máquinas o menos. Sin embargo, esta distinción no está universalmente aceptada y la terminología que se aplica a esta tecnología todavía no se ha desarrollado por completo. Algunos sistemas y celdas altamente automatizados no son flexibles y esto produce confusión en la terminología.

Por ejemplo, una línea de transferencia es un sistema altamente automatizado para manufactura, pero está limitado a la producción masiva de un estilo de parte, por lo cual, no es un sistema flexible.

Para desarrollar el concepto de flexibilidad en un sistema de manufactura, considere una celda que posee dos máquinas herramientas CNC, en las cuales un robot industrial carga y descarga desde un carrusel de partes, tal vez en un ordenamiento como el que se muestra en la figura 1.5. La celda opera sin vigilancia durante largos periodos. En forma cíclica, un trabajador debe descargar partes terminadas del carrusel y sustituirlas con partes de trabajo nuevas. Ésta es en verdad una celda automatizada de manufactura, pero ¿es una celda flexible de manufactura? Se podría decir que sí, que su flexibilidad consiste en las máquinas-herramienta CNC que pueden programarse para maquinarse distintas configuraciones de partes como cualquier otra máquina CNC. Sin embargo, si la celda solo opera en un modo por lotes, en el cual se produce el mismo estilo de parte en varias docenas (o varios cientos) de unidades, esto no puede calificarse como manufactura flexible.

Para calificar a un sistema de manufactura como flexible debe cumplir varios criterios. Las pruebas de flexibilidad en un sistema de producción automatizada son la capacidad de:

- 1) Procesar diferentes estilos de partes, pero no por el modelo de lotes,
- 2) Aceptar cambios en el programa de producción,
- 3) Responder en forma inmediata cuando se presenten averías y errores del equipo en el sistema y,
- 4) Aceptar la introducción de nuevos diseños de partes.

Estas capacidades hacen posible el uso de una computadora central que controla y coordina los componentes del sistema. Los criterios más importantes son el 1) y el

2); los criterios 3) y 4) son más suaves y pueden instrumentarse en distintos niveles de sofisticación.

Si el sistema automatizado no cumple estos cuatro criterios, no debe clasificarse como un sistema o celda flexible de manufactura. De regreso a nuestra ilustración, la celda de trabajo robótico cumpliría el criterio si:

- 1) Maquinara diferentes configuraciones de partes combinadas y no por lotes
- 2) Permitiera cambios en el programa de producción y en la mezcla de partes
- 3) Continuara operando incluso si se descompusiera una máquina; por ejemplo, mientras se repara la máquina descompuesta, su trabajo se reasigna temporalmente a otra máquina y,
- 4) Conforme se desarrollaran nuevos diseños de partes, estos se escribieran fuera de línea programas de partes con control numérico y después se copiaran al sistema para su ejecución.

Esta cuarta capacidad también requiere que la habilitación de herramientas en las máquinas CNC, al igual que el extremo ejecutor del robot, sean convenientes para el nuevo diseño de partes.

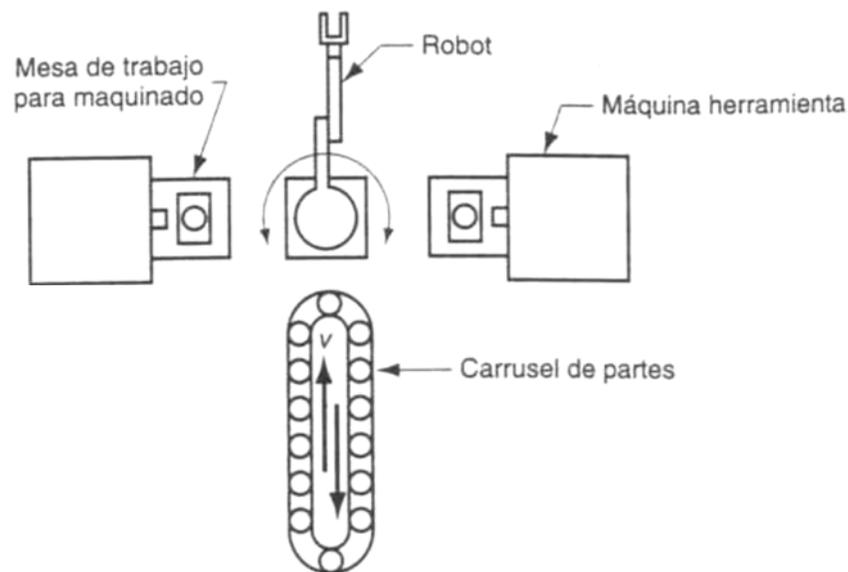


Figura 1.5 celda automatizada con dos máquinas herramientas y un robot.

1.2.2 INTEGRACIÓN DE LOS COMPONENTES DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA FLEXIBLE

Un FMS está formado por un hardware y un software que debe integrarse en una unidad eficiente y confiable. También incluye personal humano. En esta sección examinaremos estos componentes y como se integran.

Componentes del hardware: Un sistema flexible de manufactura incluye estaciones de trabajo, un sistema de manejo de material y una computadora de control central. Las estaciones de trabajo incluyen máquinas CNC en un sistema de tipo maquinado,

además de estaciones de inspección, de limpieza de partes y otras, según sean necesarias. Para un sistema flexible de maquinado, por lo general, se incluye un sistema transportador automatizado bajo piso.

El sistema de manejo de materiales es el medio para mover las partes entre las estaciones. Este sistema incluye una capacidad limitada para almacenar partes. Entre los sistemas de manejo para la manufactura automatizada están los transportadores de rodillos, los carros enganchados en el piso, los vehículos controlados en forma automática y los robots industriales. El tipo más apropiado depende del tamaño y la geometría de partes, al igual que de factores relacionados con la economía y la compatibilidad con otros componentes del FMS. Con frecuencia, las partes no rotacionales se mueven en un FMS sobre "pallets" fijos, por lo que los "pallets" o tarimas están diseñados para el sistema de manejo particular, y los soportes se diseñan para alojar las diversas geometrías de partes en la familia. Las partes rotacionales se manejan mediante robots si el peso no es un factor restrictivo.

El sistema de manejo establece la distribución básica del FMS. Se distinguen cinco tipos de distribución:

- 1) En línea,
- 2) En ciclo,
- 3) En escalera,
- 4) A campo abierto y,
- 5) Celda centrada en un robot.

Los tipos 1), 3) y 4) se muestran en la figura 1.6. Los tipos 2) y 5) se muestran en las figura 4(e) y 5, respectivamente. El diseño en línea usa un sistema de transferencia lineal para mover las partes entre las estaciones de procesamiento y las estaciones de carga/descarga (en inglés, loaded/unloaded: L/UL). El sistema de transferencia en línea generalmente tiene capacidad de movimiento en dos direcciones; de lo contrario, el FMS opera en forma muy parecida a una línea de transferencia, y los diferentes estilos de partes hechos en el sistema deben seguir la misma secuencia básica de procesamiento debido al flujo en una dirección. La distribución en ciclo consiste en un transportador o ciclo con estaciones de trabajo ubicadas en su periferia. Esta configuración permite cualquier secuencia de procesamiento, debido a que es posible acceder a cualquier estación desde otra. Esto también se aplica a la distribución en escalera, en la cual las estaciones de trabajo se ubican en los peldaños de la escalera. La distribución a campo abierto es la configuración de FMS más compleja y consiste en varios ciclos enlazados. Por último, una celda centrada en un robot consiste en un robot cuyo volumen de trabajo incluye las posiciones de carga/descarga en las máquinas en la celda.

El FMS también incluye una computadora central que hace interfaz con otros componentes del hardware. Además de la computadora central, las máquinas individuales y otros componentes generalmente tienen microcomputadoras como sus unidades de control individual. La función de la computadora central es coordinar las

actividades de los componentes para obtener una operación general fluida del sistema. Esta función se realiza por medio del software de aplicación.

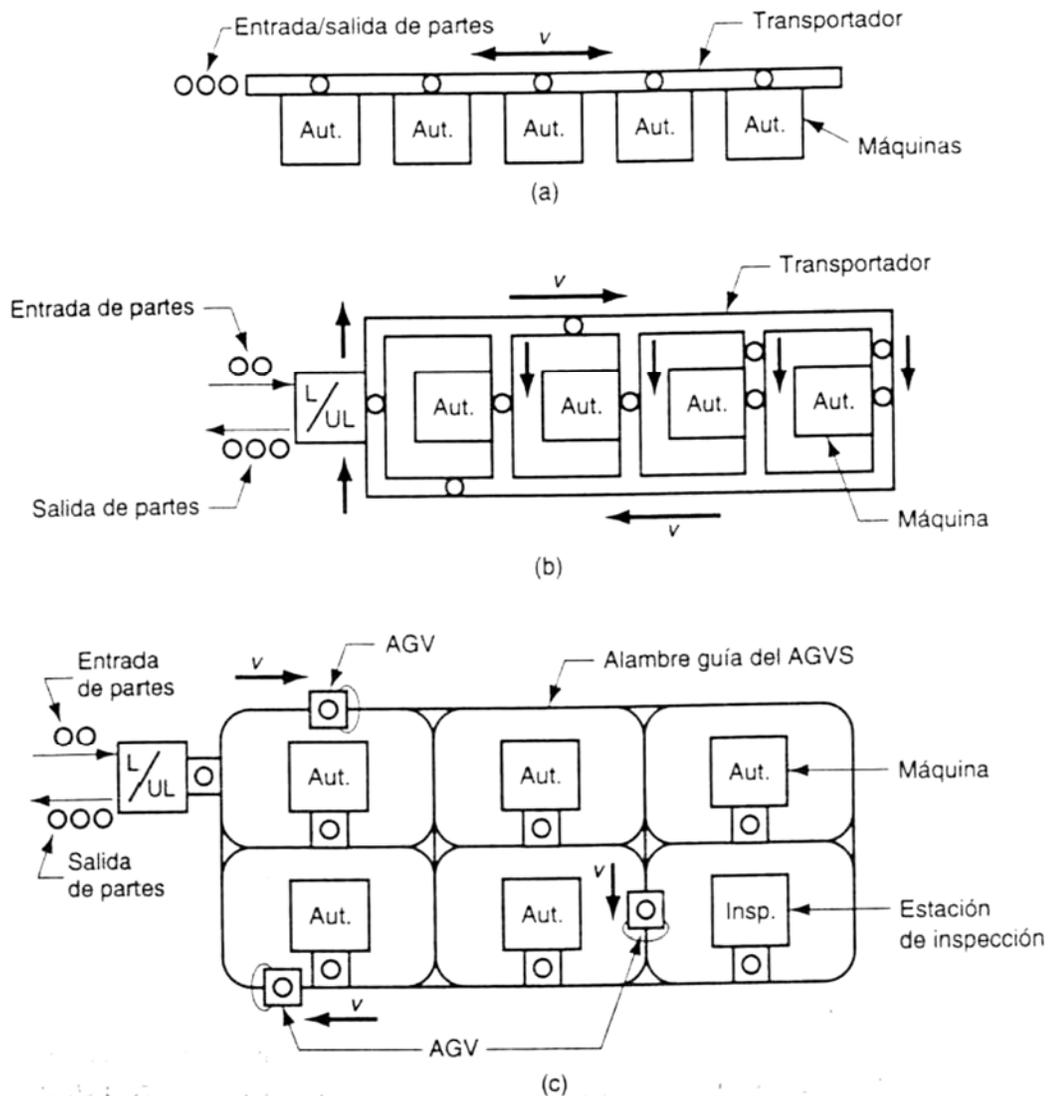


Figura 1.6 Tres de los cinco tipos de distribución de FMS: (a) en Línea, (b) en escalera y (c) a campo abierto. Claves: Aut. = estación automatizada; L/UL = estación de carga/descarga; Insp. = estación de inspección; ACV = vehículo conducido automáticamente; ACVS = sistema vehicular guiado automáticamente.

Software para un sistema flexible de manufactura y funciones de control

El software para un FMS consiste en módulos asociados con las diversas funciones que ejecuta el sistema de manufactura. Por ejemplo, una función implica cargar programas de partes de control numérico (NC) a las máquinas herramienta individuales, otra función se relaciona con el control del sistema de manejo de material, otra se refiere a la administración de las herramientas, y así sucesivamente. La tabla 4 presenta una lista de las funciones incluidas en la operación de un FMS común. Con cada función se asocian uno o más módulos del software. En una

instalación determinada pueden usarse términos diferentes a los de nuestra tabla. Las funciones y los módulos son, en su gran mayoría, para una aplicación específica.

La estructura modular del software de aplicación de un FMS para el control del sistema se ilustra en la figura 1.7. Debe señalarse que un FMS posee la arquitectura característica de un sistema de control numérico distribuido (DNC, por sus siglas en inglés). Igual que en otros sistemas control numérico distribuido, se usan comunicaciones en dos sentidos. Se envían datos y comandos desde la computadora central a las máquinas individuales y otros componentes del hardware, y se transmiten datos acerca de la ejecución y el rendimiento desde los componentes hacia la computadora central. Además, se cuenta con un enlace superior del FMS a la computadora anfitriona de la corporación.

Función	Descripción
Programación de partes por NC	Desarrollo de programas de NC para partes nuevas introducidas en el sistema. Esto incluye un paquete de lenguaje, tal como APT.
Control de producción	Mezcla de productos, programación de maquinado y otras funciones de planeación.
Copia de programas por NC	Los comandos del programa de partes deben copiarse a las estaciones individuales usando DNC.
Control de maquinado	Las estaciones de trabajo individuales requieren controles, por lo general CNC.
Control de partes de trabajo	Vigilar el estado de cada parte de trabajo en el sistema, el estado de los soportes de trinquete, los pedidos en los soportes de los trinquetes para carga/descarga.
Administración de herramientas	Las funciones incluyen control de inventario de herramientas, estado de las herramientas en relación con la duración esperada de ellas, el cambio y reformado de herramientas, y el transporte desde y hacia el esmerilado de herramientas.
Control de transporte	Programación y control del sistema de manejo.
Administración del sistema	Compilación de los reportes de administración sobre el rendimiento (utilización, cuenta de piezas, velocidades de producción, etc.); en ocasiones se incluye la simulación de un FMS.

Tabla 4 Funciones comunes de computadoras instrumentadas mediante módulos de software de aplicación en un sistema de manufactura flexible.

Mano de obra humana: Un componente adicional en la operación de un sistema flexible de manufactura es la mano de obra humana. Entre las actividades que realizan los trabajadores están:

- 1) Cargar y descargar partes del sistema,
- 2) Cambiar y preparar las herramientas de corte,
- 3) Dar mantenimiento y reparar el equipo,
- 4) La programación de partes con control numérico,
- 5) La programación y operación del sistema de computadoras y,
- 6) La administración general del sistema.

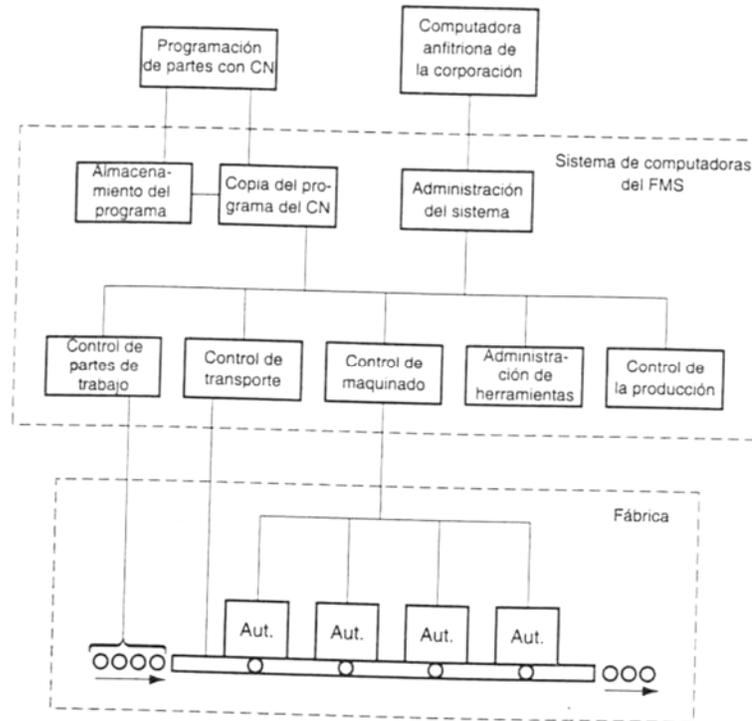


Figura 1.7 Estructura de software de aplicación en un FMS claves Aut.= Estación; automatizada NC = control numérico.

1.2.3 APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE

Por lo común, los sistemas flexibles de manufactura se usan para una producción de volumen medio y variedad intermedia. Si la parte o producto se hace en grandes cantidades sin variaciones de estilo, es más conveniente una línea de transferencia o un sistema similar de producción dedicada. Si las partes se hacen en volumen bajo y variedad alta, serían más convenientes el control numérico o incluso métodos manuales. Estas características de aplicaciones se resumen en la figura 1.8.

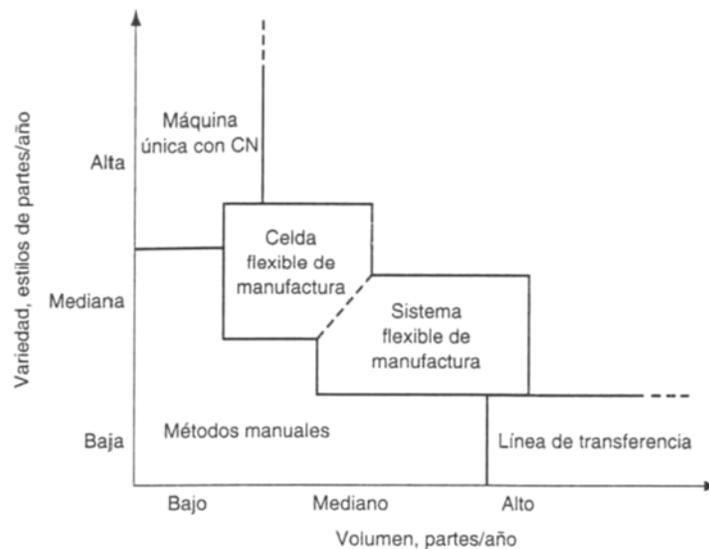


Figura 1.8 Características de las aplicaciones de los sistemas y celdas de manufactura en relación con otros tipos de sistemas de producción.

Los sistemas flexibles de maquinado son las aplicaciones más comunes en la tecnología de un FMS. Debido a la flexibilidad y capacidad implícitas del control numérico por computadora, es posible conectar varias máquinas-herramientas CNC a una pequeña computadora central y diseñar métodos automatizados para transferir las partes de trabajo entre las máquinas. La figura 1.9, muestra un sistema flexible de maquinado que consta de 5 centros de maquinado CNC, y un sistema de transferencia en línea para recoger partes de una estación central para carga/descarga y moverlas a las estaciones de maquinado correctas.

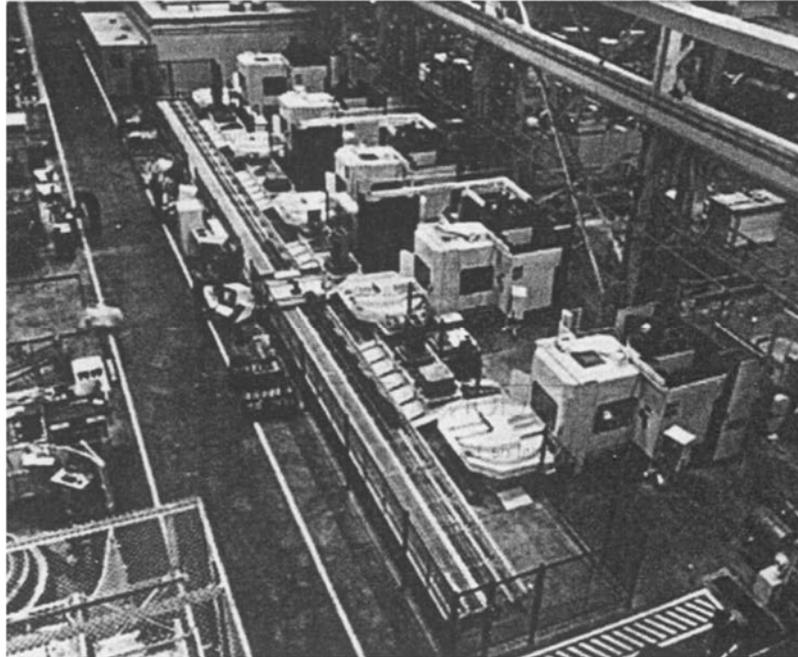


Figura 1.9 Un sistema de manufactura de 5 estaciones

Además de los sistemas de maquinado, se han desarrollado otros tipos de sistemas flexibles de manufactura, aunque el estado de la tecnología en estos procesos no ha permitido su instrumentación de la misma forma que en el maquinado. Los otros tipos de sistemas incluyen el ensamble, la inspección, el procesamiento de láminas metálicas (perforado, corte con cizallas, doblado y formado) y el forjado.

Gran parte de la experiencia en los sistemas flexibles de manufactura se ha obtenido en el área de maquinado. Los beneficios que por lo general aportan los sistemas flexibles de maquinado son:

- 1) Mayor utilización de máquinas que un taller especializado convencional (oscila entre 40 y 50% para las operaciones convencionales de tipo por lotes, y alrededor del 75% para un FMS, debido a un mejor manejo del trabajo, distribuciones fuera de línea y programación mejorada,
- 2) Menor trabajo en proceso debido a la producción continua, en lugar de la producción por lotes,
- 3) Tiempos de manufactura más cortos y,
- 4) Mayor flexibilidad en el programa de producción.

CAPÍTULO 2

MÁQUINAS DE CONTROL NUMÉRICO

2.1 DEFINICIÓN

Control numérico es todo dispositivo electrónico capaz de dirigir posicionamientos de uno o varios órganos mecánicos móviles, de manera que las ordenes relativas a sus desplazamientos son elaborados en forma totalmente automática, a partir de informaciones numéricas y simbólicas definidas por medio de un programa.

La principal aplicación del control numérico es en la industria manufacturera. Las aplicaciones de mayor auge son: torneado, fresado, oxicorte, soldadura, estampado y perforación.

Control numérico es una manera de controlar las acciones de las máquinas por medio de instrucciones en forma de código alfanumérico. Las instrucciones codificadas se suministran a la máquina como bloques de información. Cada bloque se interpreta por la máquina CN como una instrucción para realizar una simple operación.

Por ejemplo, un bloque de instrucción típica podría comandar una máquina de control numérico para mover un eje relativo a la pieza de trabajo en una dirección y distancia establecidas, y a una velocidad y alimentación de ejes también establecidas.

Un programa control numérico es un conjunto de bloques de instrucciones que Comanda la máquina de control numérico para realizar una tarea específica. La tarea más común es el maquinado en el área Ingeniería, y a este tipo de información se le llama programa-pieza.

2.2 ¿POR QUÉ SURGE LA NECESIDAD DEL CONTROL NUMÉRICO?

La conveniencia de llevar a cabo una serie de operaciones en una máquina-herramienta de control numérico, unido a numerosos y nuevos requerimientos que día a día aparecían, forzó la utilización de nuevas técnicas que permitieran sustituir al operador humano. De esta forma se introdujo la automatización en los procesos de fabricación, aparición que viene impuesta por diversas razones:

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

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

Inicialmente, el factor predominante que condicionó la automatización fue el aumento de la productividad. Posteriormente, y debido sobre todo a las nuevas necesidades de la industria, han hecho su aparición otros factores que, tomados en conjunto o individualmente, han llegado a tener enorme importancia. Entre estos nuevos factores se tiene: la precisión, la rapidez y la flexibilidad.

A partir de entonces, todos los dispositivos automatizados ideados por el hombre tienden a optimizar la función de cuatro variables: productividad, precisión, rapidez y flexibilidad. Gracias a estos dispositivos automáticos se han podido fabricar piezas con perfiles complejos que, de otra forma, no podrían jamás haber sido fabricadas.

2.3 ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN EQUIPO DE CONTROL NUMÉRICO

2.3.1 ARQUITECTURA GENERAL DEL CONTROL NUMÉRICO

Todo control numérico debe poseer cuatro subconjuntos funcionales:

- A. Unidad de entrada-salida de datos y visualización.
- B. Unidad de memoria interna e interpretación de órdenes.
- C. Unidad de cálculo.
- D. Unidad de enlace con los elementos mecánicos.

La unidad de entrada de datos , así como la unidad de memoria sirve para introducir los programas en el equipo de control numérico, utilizando un lenguaje específico para el equipo (lenguaje máquina). Estos programas pueden ser introducidos por medio de una computadora en la memoria, que puede ser, de cinta magnética, discos flexibles o la propia memoria del control numérico.

La unidad de cálculo. El control de la máquina contiene un microprocesador también llamado interpolador que efectúa el cálculo de las coordenadas y las suministra a la cadena de control. Estos interpoladores pueden ser lineales, circulares y parabólicos. Cuando los movimientos de los ejes están sincronizados, se habla de una interpolación, en la mayoría de los casos se trata de una interpolación lineal en el plano o en el espacio y circular en un plano.

Las unidades de enlace (control y regulación de los desplazamientos) La regulación de los desplazamientos o de las posiciones de los elementos controlados es la base fundamental de los sistemas de Control numérico, este control se realiza por medio de un sistema de bucle cerrado o por medio de un sistema de bucle abierto.

2.3.2 SISTEMA DE BUCLE CERRADO

Se define como un servomecanismo de posición que consiste en comparar en todo momento la posición del elemento con la orden dada. La señal emitida al motor

siempre es una función directa entre posición y orden. Las máquinas que utilizan este sistema cuentan con dos bucles de retorno de información, donde uno se encarga del control de la posición y el otro controla la velocidad de desplazamiento del móvil. En los sistemas de bucle cerrado se utilizan motores de corriente directa, alterna o hidráulica.

Un servomecanismo es un sistema de control en bucle cerrado en el que la magnitud regulada es una posición mecánica.

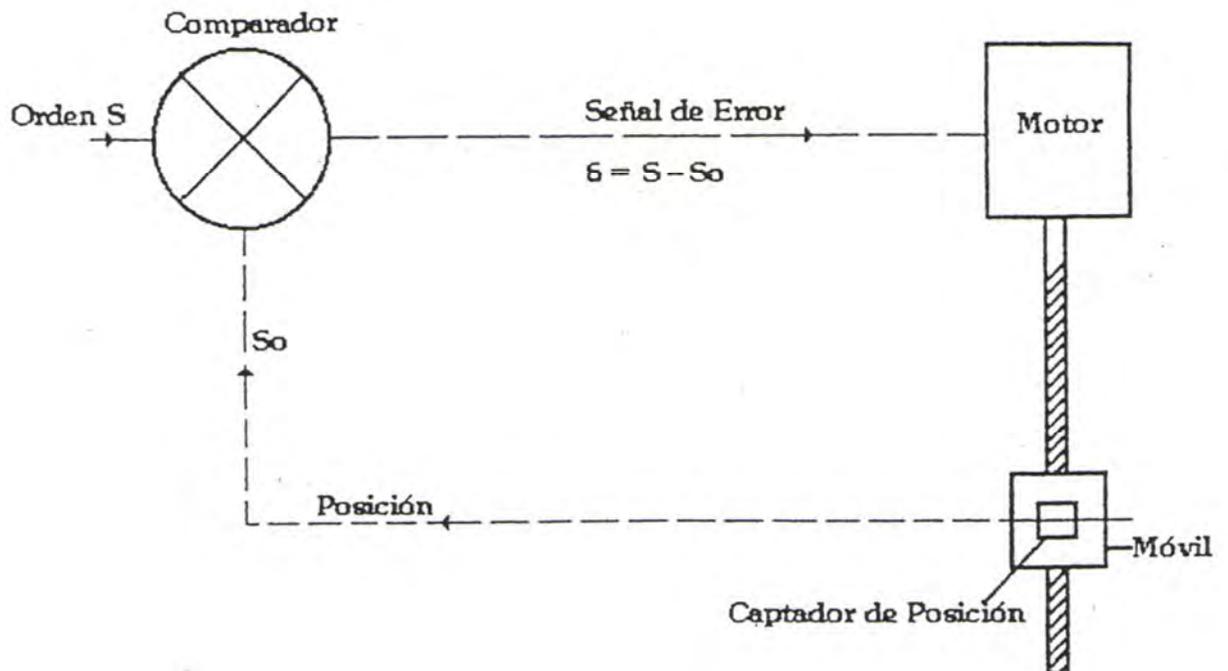


Figura 2.1 Sistema de bucle cerrado

La medida de los desplazamientos o de las posiciones de elementos controlados es la base de los sistemas de control numérico que funcionan en sistema de bucle cerrado a través de un sensor de posición. El papel del sensor de posición es de transformar el desplazamiento de magnitud mecánica en magnitud eléctrica, para ser analizado por el equipo de control numérico y poder ejecutarse.

Un sensor es un transductor que se utiliza para medir una variable física de interés. (Por ejemplo: fuerza, presión, temperatura, velocidad, caudal, etc.), entre otros.

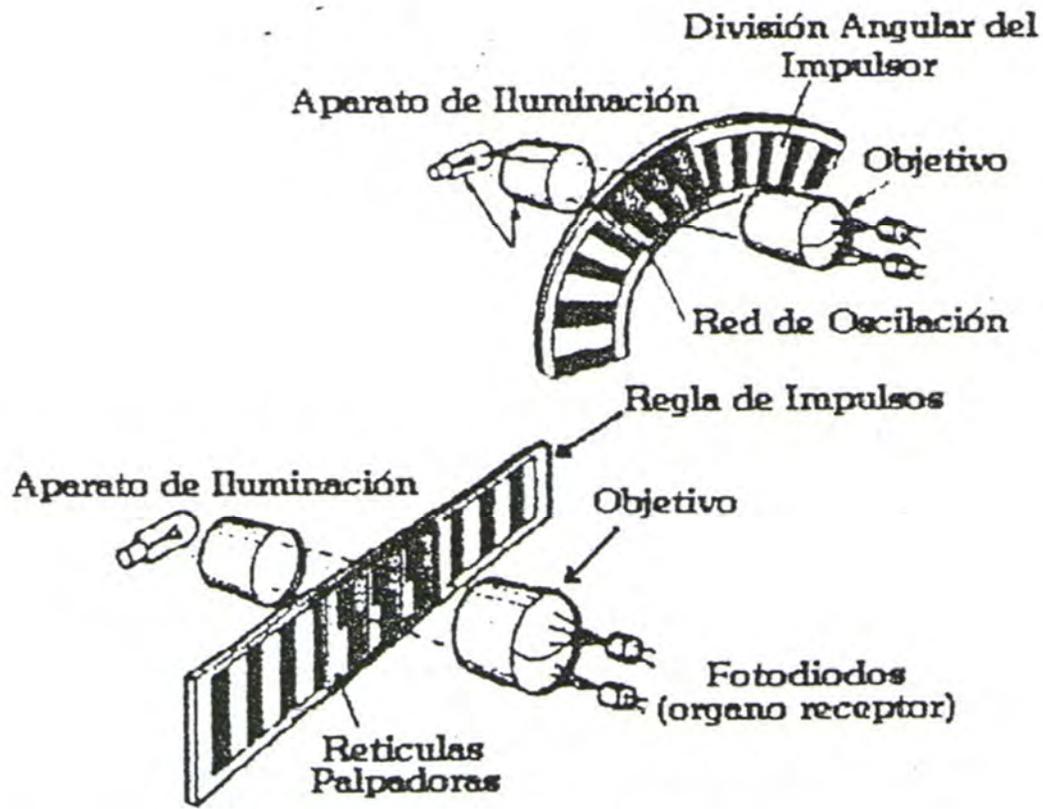


Figura 2.2 Sensores

Algunos de los sensores toman su nombre según la función realizada o la forma de realizar la medición. En las máquinas-herramientas de control numérico se usan sensores de posición absoluta, sensores de posición incremental, etc.

2.3.2.1 SENSORES DE POSICIÓN ABSOLUTA

Los sensores absolutos dan una señal de manera ligada al valor medido, independientemente de toda medida anterior. La existencia de la relación de uno a uno (unívoca) permite referir todos los puntos medidos a un punto fijo llamado origen. Los sensores de posición absoluta pueden ser de tipo analógico o digital.

Los sensores analógicos absolutos se caracterizan por controlar los desplazamientos que efectúan los elementos y a cada desplazamiento le corresponde una variación continua y de uno a uno, es decir, unívoca para cada valor físico, esto implica que a lo largo del recorrido del elemento móvil se ha tenido una resistencia, por lo cual nuestro sensor da una función de recorrido que efectúa en un sentido u otro. La medida en un sensor analógico se realiza en forma continua, es decir, a cada posición del elemento móvil le corresponde una señal eléctrica, inversamente a cada señal eléctrica le corresponde una posición.

Los sensores digitales absolutos, se caracterizan por llevar a cabo sus mediciones en pasos de longitud y cada paso está caracterizado de manera unívoca por un

número codificado, este número codificado está dado en código binario y se puede representar como 2^n .

El número correspondiente a un paso está dado por medio de celdas fotoeléctricas, ya que de acuerdo al registro opaco o transparente se obtiene el estado lógico 0 o 1.

2.3.2.2 SENSORES DE POSICIÓN INCREMENTAL

En estos sensores el campo de medida está dividido en un número entero de pasos o incrementos de longitud de medida en donde no pueden existir diferencias entre unos y otros, en esta clasificación solo se cuenta con sensores digitales. Estos sensores son utilizados en casos donde se da un impulso después de cada desplazamiento incremental, sin la posibilidad de interpolar en cada incremento y sin dar relación unívoca entre la posición y la señal producida, son seriales binarias.

2.3.3 SISTEMA DE BUCLE ABIERTO

Este sistema no cuenta con sensores de posición, ya que la función de medida está a cargo de los motores de accionamiento de paso a paso. Este principio del funcionamiento se aplica en máquinas que trabajan por conteo de impulsos. Entre el generador y el motor se ha dispuesto de un circuito de apertura y cierre. El contador cierra la compuerta cuando ha recibido el número de impulsos correspondientes al desplazamiento por realizar.

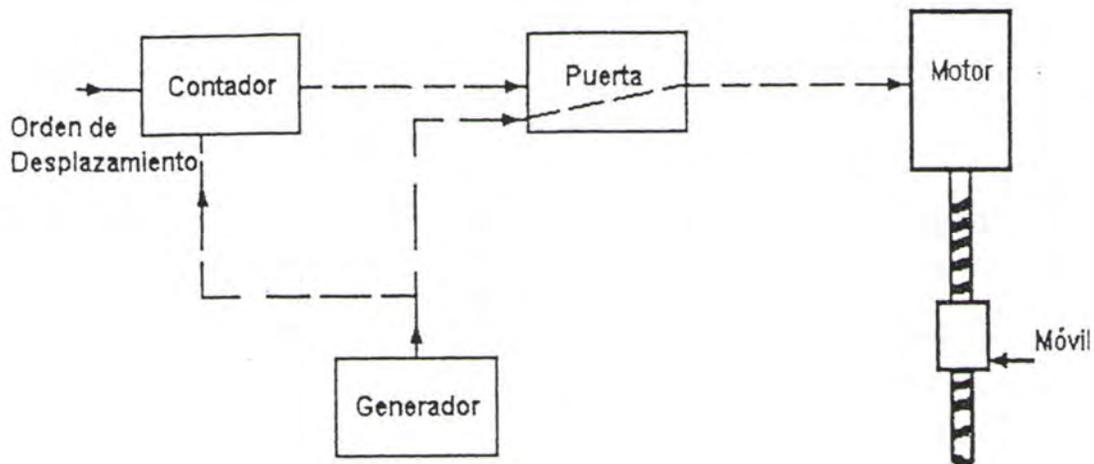
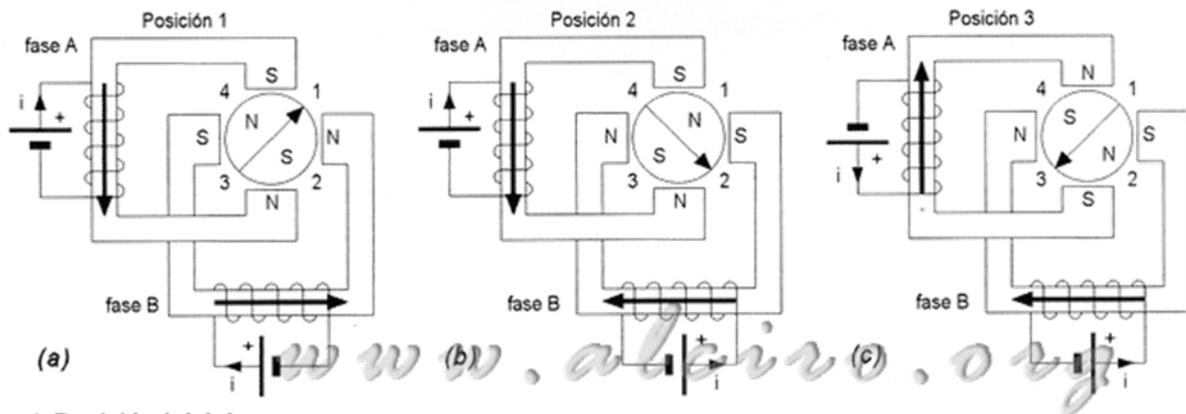


Figura 2.3 Sistema de bucle abierto

2.3.4 MOTOR PASO A PASO

Motor eléctrico utilizado para desplazar los elementos en equipos de control numérico, empleado en un sistema de bucle abierto. En donde el rotor de un motor paso a paso gira un ángulo dado cada vez que recibe un impulso de corriente. Así un ciclo de impulsos determinados se traduce en un número de desplazamientos.



- a) Posición inicial.
- b) Posición después del primer paso.
- c) Posición después del segundo paso.

Figura 2.4 Motor paso a paso de dos polos y dos fases

2.4 VENTAJAS DEL EQUIPO DE CONTROL NUMÉRICO

El control numérico representa la solución ideal dadas las notables ventajas que se obtienen de su utilización. Entre éstas se cuenta con:

- a) La posibilidad de fabricar piezas de gran complejidad, como las superficies tridimensionales necesarias en la fabricación de aviones.
- b) Precisión. Esta ventaja parte de la eliminación de holguras, disminución de fricciones, disminución del desgaste y eliminación de esfuerzos. Las precisiones alcanzadas en las máquinas-herramientas de control numérico van de 1 a 10 μ (micras).
- c) Aumento de la productividad de las máquinas. Este aumento de productividad se debe a la disminución del tiempo total de maquinado en virtud, sobre todo, de la disminución de los tiempos de desplazamiento en vacío, y de la rapidez de los posicionamientos que suministran los sistemas electrónicos de control.
- d) Reducción de controles. Se da fundamentalmente por la gran flexibilidad y repetitividad de una máquina-herramienta con control numérico.
- e) Ahorro en materia prima. En los talleres convencionales se admite un coeficiente de desecho del 3% al 4%. Para las máquinas de control numérico este coeficiente es inferior al 1%, por lo tanto, es evidente el ahorro sobre todo si las piezas son complejas.
- f) Flexibilidad, Ésta es una gran ventaja, ya que los equipos de control numérico cuentan con memoria, dando lugar a un almacenamiento de programas, que en cualquier momento se pueden activar.

2.5 CLASIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTAS DE CONTROL NUMÉRICO

Hoy en día existen tres clases de control numérico, los cuales son:

- a) Control Numérico "punto a punto",
- b) Control Numérico "paraxial" y,
- c) Control Numérico "continuo".

2.5.1 CONTROL NUMÉRICO PUNTO A PUNTO

Este sistema controla el posicionamiento de la herramienta en diferentes puntos. En cada punto realiza una operación específica o varias operaciones a la vez, esto se realiza independiente en cada posicionamiento sin depender uno de otro. Las principales aplicaciones son punteadora, taladrado, punzonado, mandrinado, etc. Figura 2.5

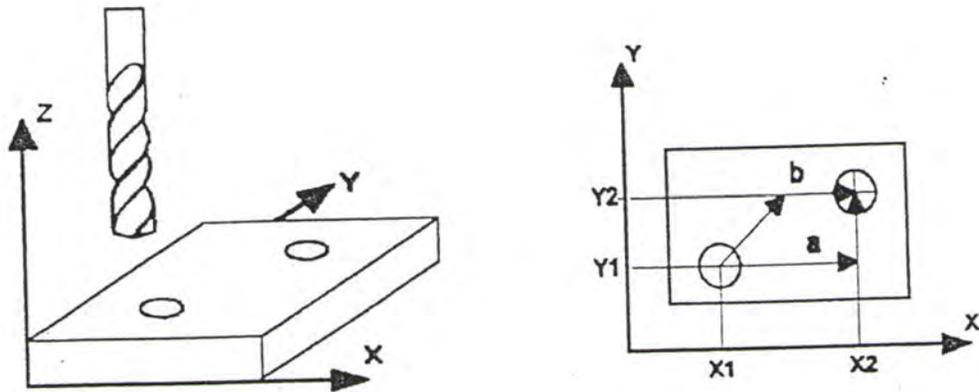


Figura 2.5 Control numérico punto a punto

2.5.2 CONTROL NUMÉRICO PARAAXIAL

Con este sistema es posible controlar, además de la posición del elemento móvil, la trayectoria seguida por el mismo según la dirección de los ejes coordenados. Este control puede desarrollar lo mismo que el control numérico punto a punto, además puede realizar trayectorias rectilíneas en dirección de los ejes de movimientos. Una aplicación es en las fresadoras y taladradoras.

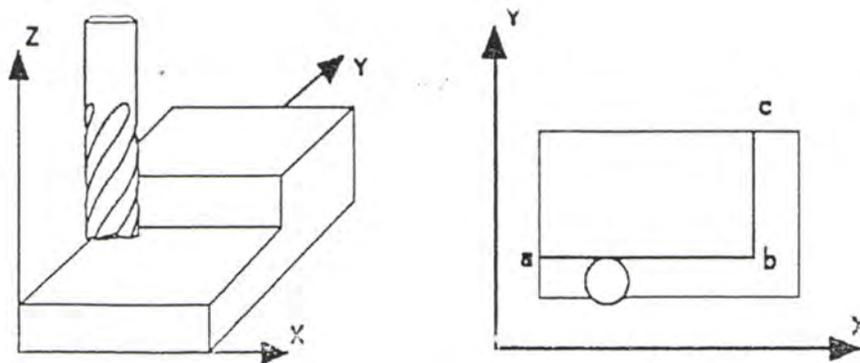


Figura 2.6 Control numérico paraaxial

2.5.3 CONTROL NUMÉRICO CONTINUO

En los sistemas de posicionamiento continuo, los desplazamientos del elemento móvil son controlados en todo momento, de manera que las posiciones sucesivas del mismo deben corresponder siempre a la trayectoria anterior. Esto se consigue relacionando entre sí los movimientos elementales de los ejes coordenados, de tal manera que los movimientos elementales sigan un movimiento para tener una trayectoria común con el resto de los ejes. Principales aplicaciones de este control son: fresadoras, tornos, centros de maquinado, máquinas de electroerosión, oxicorte, mesas de dibujo automáticas, etc.

2.6 SITUACIÓN DEL CONTROL NUMÉRICO EN MÉXICO

En México no se desarrolla esta tecnología, pero se puede adquirir la producida en todo el mundo, desde la más sofisticada hasta la más sencilla. Sin embargo los empresarios mexicanos no han hecho gran inversión en este ramo, por desorientación y falta de capital. El TLC (Tratado de Libre Comercio) es un factor que está obligando a esta modernización, la cual dio un retroceso con la crisis que atraviesa el país. Aunque no se posee con gran cantidad de estos equipos en el país, se cuenta con planes de estudios en las universidades para preparar profesionistas y no necesitar del extranjero en cuanto a mano de obra.

2.7 TENDENCIAS DEL CONTROL NUMÉRICO

Las tendencias de estas máquinas-herramientas de control numérico es: la facilidad de flexibilidad de comunicación con otros equipos para formar celdas de trabajo (computadoras, brazos mecánicos, etc.), mantenimiento más simple, versatilidad para adaptar accesorios.

Por otra parte, es crear un software que nos diagnostique el propio equipo y si es posible que el mismo corrija el problema, sin necesidad de un técnico especializado, lo cual requiere tiempo y costo.

Esta reducción de controles permite prácticamente eliminar toda operación humana posterior, con la consiguiente reducción en costo y tiempos de fabricación.

Crear nuevas técnicas de programación más sencillas que las que existen en la actualidad sin necesidad de recurrir a equipo sofisticado como son los paquetes de manufactura, los cuales crean dicho programa.

El futuro del control numérico puede depender más de los usuarios que de los propios constructores. De hecho, actualmente se realiza investigación a gran escala a fin de desarrollar nuevos tipos de máquinas-herramientas de concepción totalmente distinta a la actual.

Una de las configuraciones que se puede realizar con estas máquinas es un sistema flexible de fabricación, lo cual trae como ventajas una mínima intervención manual,

reducción de tiempo muerto reducción de costos necesarios para la realización de preparativos, mejora de la calidad del producto.

Herramientas Inteligentes. Estas herramientas se les denomina inteligentes, ya que cuentan con un chip, capaz de almacenar información como el tipo de herramienta, nombre de la herramienta, capacidad máxima de velocidad de corte, etc. A esta información se accesa por medio de una computadora, en comunicación serial, se llama serial, porque los bits se reciben uno detrás de otro o “en serie”. La. Hoy día se está adaptando este sistema en el panel de control de máquinas-herramientas de control numérico, donde simplemente al apretar un botón se carga esta información en la memoria de máquina. El lector está ubicado en la torreta porta-herramientas o en el magazine, el cual lleva a cabo la lectura o escritura por medio de ondas electromagnéticas.

Otras funciones de gran importancia del chip dentro de las herramientas inteligentes es indicar la vida útil del inserto o pastilla y emitir una alarma si los parámetros de corte sobrepasan la capacidad del inserto.

2.8 ESTRUCTURA DE UN PROGRAMA DE TORNEADO

La estructura de un programa de torneado está conformado por una serie de secuencias y funciones donde se van programando las tareas que debe realizar la máquina de acuerdo con los parámetros de la pieza y las condiciones tecnológicas de su mecanizado. Existen varios fabricantes de ordenadores para tornos

2.8.1 NÚMERO DE SECUENCIA N

Se denomina secuencia al conjunto de órdenes no contradictorias que se pueden dar de una sola vez a la máquina. Se identifican por la letra N, y en un torno normal se pueden dar hasta 9999 órdenes sucesivas. Si el programa no es muy largo se pueden numerar de 10 en 10, por si es necesario introducir alguna orden complementaria no prevista, así tendremos N10, N20, N30, etc. o podríamos tener, N10, N11, N20, etc.

2.8.2 FUNCIONES PREPARATORIAS G

Bajo la letra G acompañada de una cifra se agrupan una gran variedad de funciones que permiten al torno realizar las tareas adecuadas y necesarias para su trabajo.

Hay cuatro tipos básicos de funciones preparatorias:

- Funciones de movilidad,
- Funciones tecnológicas,
- Funciones de conversión y,
- Funciones de mecanizado especiales.

2.8.2.1 FUNCIONES DE MOVILIDAD

Las funciones de movilidad más importantes son las siguientes:

G00. Desplazamiento rápido. Indica el desplazamiento más rápido posible del carro portaherramientas, desde el punto de referencia al punto donde inicia el trabajo cada herramienta. Actúa al inicio del programa, cada vez que se produce un cambio de herramienta, y al final del programa en el retorno al punto de referencia.

G01. Interpolación lineal. Indica que la herramienta se está desplazando al avance de trabajo programado, permitiendo las operaciones clásicas de cilindrado y refrentado así como el mecanizado de conos.

G02 Interpolación circular a derechas. Se utiliza cuando es necesario mecanizar zonas esféricas o radiales.

G03. Interpolación circular a izquierdas. Se utiliza cuando es necesario mecanizar zonas esféricas vacías, o radios a izquierdas.

Hay otras funciones de movilidad G, menos importantes y que están en función del equipo que se instale en la máquina.

2.8.2.2 FUNCIONES TECNOLÓGICAS

Las funciones tecnológicas son las que se refieren a la forma de programar la velocidad del cabezal y el avance de trabajo. La velocidad de rotación del cabezal se puede programar a las revoluciones por minuto que se desee, para lo cual se antepone la función G97, o se puede programar para que gire a una velocidad de corte constante en m/min. En tal caso se indica con la función G96; igual sucede con el avance de trabajo, si se desea programar el avance en mm/rev, se antepone la función G95 y si se desea trabajar en mm/min se antepone la función G94.

2.8.2.3 FUNCIONES DE CONVERSIÓN

La función más importante de este grupo es la que corresponde al traslado de origen para situar el cero pieza que se realiza mediante la función G59. También existen funciones si el acotado está en pulgadas o en milímetros. Si bien ya tiene preestablecida la que se va a usar normalmente. Otro caso de conversión es si se programa con cotas absolutas o cotas incrementales.

2.8.2.4 FUNCIONES DE MECANIZADOS ESPECIALES

La más popular de estas funciones es la que corresponde a un ciclo de roscado representada por la función G33. Otras funciones de este tipo son las de refrentados, taladrados, roscado con macho, escariado, etc.

2.8.2.5 FUNCIONES MODALES

En los programas de CNC, existen funciones que, una vez programadas, permanecen activas hasta que se programa una función contraria, o el programa se termina. Estas funciones son las llamadas funciones modales. En un bloque se pueden programar tantas funciones como se desee, siempre que no sean incompatibles entre ellas. Por ejemplo, no se pueden programar en un bloque las funciones G00 y G01.

2.8.3 PROGRAMACIÓN DE COTAS X-Z

Se entiende por programación de cotas la concreción en el programa de los recorridos que tienen que realizar las herramientas para conformar el perfil de la pieza de acuerdo con el plano de la misma. La programación se puede hacer mediante coordenadas X y Z o coordenadas polares. También mediante la función G adecuada se pueden programar las cotas tanto en milímetros como en pulgadas. Para hacer una programación correcta de las cotas hay que conocer bien los excedentes de material que hay que remover, para determinar el número de pasadas que hay que realizar así como la rugosidad superficial que deben tener los acabados mecanizados, así como la forma de sujetar la pieza en la máquina y la rigidez que tenga, etc.

2.8.4 PROGRAMACIÓN DE LA HERRAMIENTA T-D

Los tornos de control numérico tienen un tambor frontal donde pueden ir alojados un número variable de herramientas, generalmente de 6 a 20 herramientas diferentes. Las herramientas se programan con una letra T seguida del número que ocupa en el tambor, por ejemplo **T2**, la letra T, es la inicial de esta palabra en inglés (tool). Como cada herramienta tiene una longitud diferente y un radio en la punta de corte, también diferente es necesario introducir en el programa los valores correctores de cada herramienta, para que el programa pueda desarrollarse con normalidad.

Aparte de la longitud de la herramienta, existen unas funciones G para introducir una corrección de acuerdo al valor que tenga el radio de la herramienta en la punta de corte. La compensación del radio de la herramienta tiene una gran importancia en el mecanizado, especialmente en piezas que contengan perfiles irregulares. Las placas de herramientas de torno tienen siempre puntas redondeadas, de esta forma son más rígidas. Cuanto menor es el radio de la punta mayor tendencia presenta a astillarse.

2.8.5 FACTORES TECNOLÓGICOS F-S

Los factores tecnológicos que hay que tener a la hora de elaborar un programa son los siguientes:

- Material de la pieza a mecanizar.
- Tolerancia de cotas y calidad superficial del mecanizado.
- Estructura de la pieza a mecanizar.

Estos factores son los que van a determinar entre otras cosas los siguientes elementos.

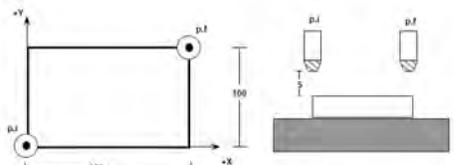
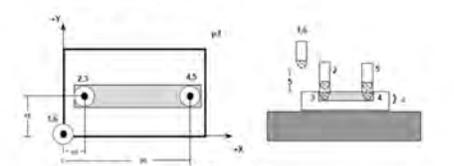
- **Velocidad de corte:** Se programa mediante la letra S, inicial de la palabra inglesa (speed) que significa velocidad, y una cifra que puede referirse a un valor constante de velocidad de corte que queremos mantener en todo el mecanizado, o a una cifra que corresponde a las revoluciones por minuto del cabezal de acuerdo con la velocidad de corte que se funcione y el diámetro de la pieza que se esté torneando. La elección de un sistema de programa u otro se realiza mediante la función G que corresponda.

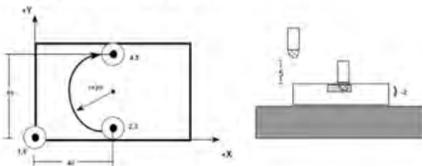
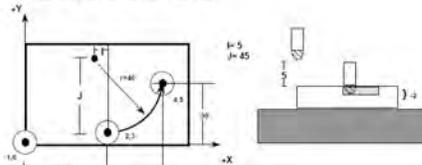
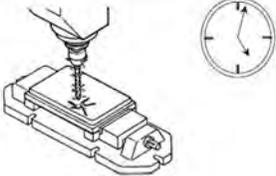
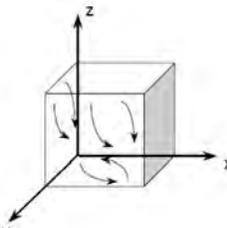
- **Profundidad de pasada:** Este concepto viene determinado por la cantidad de viruta que se tenga que remover y del grado superficial que se tenga que obtener y de la tolerancia de mecanizado del plano.
- **Avance de trabajo:** El avance de trabajo de la herramienta se representa por la letra F, inicial de la palabra inglesa (Feed) que significa avance, seguida de una cifra que puede referirse al avance de la herramienta expresado en mm/rev o en mm/min. En el torneado lo más común es programar el avance expresado en mm/rev. La elección de un sistema de programa u otro se realiza con la función G que corresponda.
- **Refrigerante:** En muchos mecanizados es necesario refrigerar la zona donde está actuando la herramienta, esta función se programa mediante una función auxiliar M.
- **Fijación de la pieza en el cabezal:** En las máquinas de control numérico es muy importante asegurarse que la fijación de la pieza sea lo suficientemente rígida como para poder soportar las tensiones del mecanizado, asimismo se debe prever un sistema rápido y seguro de anclaje de la pieza para eliminar tiempos muertos inactivos de la máquina.

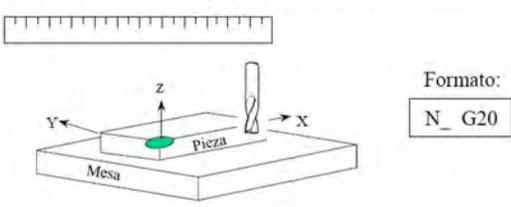
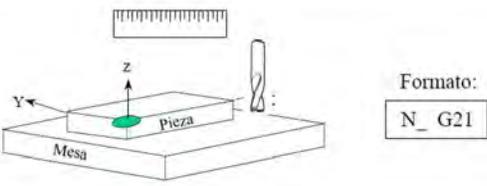
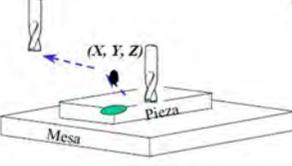
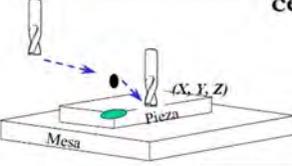
2.8.5 FUNCIONES MISCELÁNEAS O FUNCIONES DE LA MÁQUINA (M)

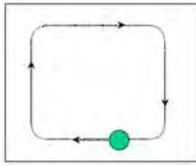
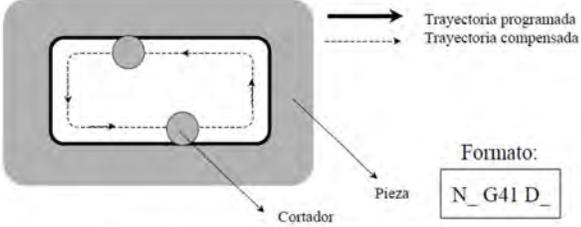
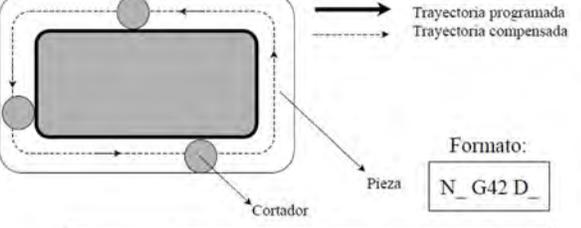
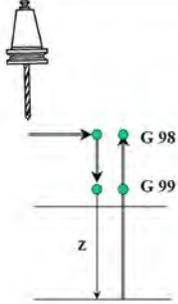
Estos códigos son utilizados para todo aquello que antes no se había tenido en cuenta, algunos códigos controlan el flujo del programa, otros sin embargo, tienen funciones muy especiales, por ejemplo, el encendido de la máquina, el calibrado cuando ésta se enciende, el sentido de giro del mandril, el inicio o la repetición de un bloque de códigos, el control del rociador para el enfriamiento de la herramienta y la pieza que se está trabajando, etc.

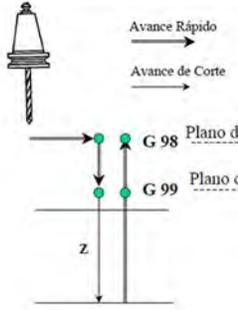
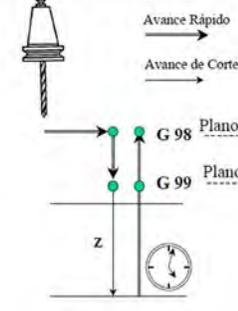
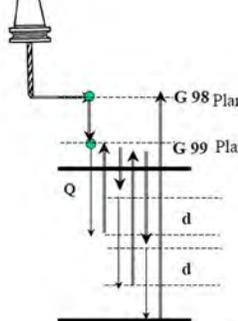
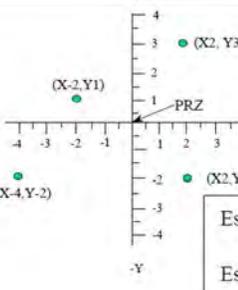
TABLA DE CÓDIGOS G PARA FRESADORA

<p>G00</p>	<p>Avance Rápido</p>	<p>Formato: G00 X__ Y__ Z__ ;</p>  <p>G00 X150 Y100 Z5; G00 Z0;</p>
<p>G01</p>	<p>Interpolación Lineal (Avance De Maquinado)</p>	<p>Formato: G01 X__ Y__ Z__ F__ ;</p>  <p>1 G00 X0 Y0 Z5; 5 G01 Z0; 2 G00 X10 Y15 Z0; 6 G00 X0 Y0 Z5; 3 G01 Z-2 F100; 4 G01 X90;</p>

<p>G02</p>	<p>Interpolación Circular Horaria</p>	<p>Formato: G02 X_ Y_ Z_ I_ J_ K_ R_ F_;</p>  <p>1 G00 X0 Y0 Z5; 2 G00 X40 Y10 Z0; 3 G01 Z-2 F100; 4 G02 X40 Y10 R20;</p> <p>5 G01 Z0; 6 G00 X0 Y0 Z5;</p>
<p>G03</p>	<p>Interpolación Circular Antihorario</p>	<p>Formato: G03 X_ Y_ Z_ I_ J_ K_ R_ F_;</p>  <p>1 G00 X0 Y0 Z5; 2 G00 X40 Y5 Z0; 3 G01 Z-2 F100; 4 G03 X80 Y30 I-5 J45;</p> <p>5 G01 X40 Y30 Z0; 6 G00 X0 Y0 Z5;</p>
<p>G04</p>	<p>Tiempo De Espera</p>	 <p>Formato: N_ G04 P_</p> <p>La herramienta permanece estática en una posición particular por un periodo de tiempo. La letra P designa el tiempo de pausa en segundos.</p>
<p>G17 G18 G19</p>	<p>Selección De Plano De Trabajo</p>	 <p>G17 plano XY</p> <p>G18 plano XZ</p> <p>G19 plano YZ</p>

<p>G20</p>	<p>Sistema De Unidades En Pulgadas</p>	 <p>Formato: N_ G20</p> <p>El sistema de dimensiones y avances se establece en pulgadas.</p>
<p>G21</p>	<p>Sistema De Unidades En Milímetros</p>	 <p>Formato: N_ G21</p> <p>El sistema de dimensiones y avances se establece en milímetros.</p>
<p>G28</p>	<p>Retorno Automático A La Posición Cero</p>	<p>cero</p>  <p>Formato: N_ G28 X_ Y_ Z_</p> <p>Traslada automáticamente la herramienta a la posición de retorno cero predefinida, pasando por un punto intermedio X Y Z. Se utiliza principalmente para el cambio de herramienta.</p>
<p>G29</p>	<p>Retorno Automático De La Posición Cero</p>	<p>cero</p>  <p>Formato: N_ G29 X_ Y_ Z_</p> <p>Traslada automáticamente la herramienta de la posición de retorno cero predefinida, pasando por un punto intermedio X Y Z definido por el código G28 hasta llegar al punto X Y Z definido en el código G29.</p>

<p>G40</p>	<p>Cancelación De La Compensación Del Diámetro</p>	 <p>Formato: N_ G40</p> <p>Cancela cualquier compensación que haya sido aplicada durante el programa y actúa como una seguridad para cancelar cualquier ciclo de compensación aplicado por programas previos.</p>
<p>G41</p>	<p>Compensación Hacia La Izquierda Del Cortador</p>	 <p>Formato: N_ G41 D_</p> <p>Compensa al cortador una distancia especificada hacia el lado izquierdo de la trayectoria programada.</p>
<p>G42</p>	<p>Compensación Hacia La Derecha Del Cortador</p>	 <p>Formato: N_ G42 D_</p> <p>Compensa al cortador una distancia especificada hacia el lado derecho de la trayectoria programada.</p>
<p>G80</p>	<p>Cancelación De Ciclos</p>	 <p>Formato: N_ G80</p> <p>Cancela cualquier ciclo de taladrado que se haya programado anteriormente.</p>

<p>G81</p>	<p>Ciclo De Taladrado</p>	 <p>Avance Rápido Avance de Corte</p> <p>Formato: N_ G81 X_ Y_ Z_ R_ F_</p> <p>G 98 Plano de inicial (última posición en Z antes del ciclo) G 99 Plano de retracción</p> <p>Z</p> <p>X_ Y_ : Localización del agujero Z_ : Profundidad del agujero R : Plano de retracción F : Avance</p>
<p>G82</p>	<p>Ciclo De Taladro Con Pausa</p>	 <p>Avance Rápido Avance de Corte</p> <p>Formato: N_ G82 X_ Y_ Z_ R_ P_ F_</p> <p>G 98 Plano de inicial (última posición en Z antes del ciclo) G 99 Plano de retracción</p> <p>Z</p> <p>X_ Y_ : Localización del agujero Z_ : Profundidad del agujero R : Plano de retracción P_ : Pausa (En segundos) F : Avance</p>
<p>G83</p>	<p>Ciclo De Taladro Profundo</p>	 <p>Formato: N_ G83 X_ Y_ Z_ R_ Q_ F_</p> <p>G 98 Plano de inicial (última posición en Z antes del ciclo) G 99 Plano de retracción</p> <p>Q d d</p> <p>X_ Y_ : Localización del agujero Z_ : Profundidad del agujero R : Plano de Retracción Q_ : Profundidad por picoteo F : Avance d : Distancia de seguridad</p>
<p>G90</p>	<p>Sistema Coordinado Absoluto</p>	 <p>Formato: N_ G90</p> <p>Establece al sistema de dimensiones en modo absoluto. Este modo utiliza como punto de referencia el punto cero de la pieza.</p>

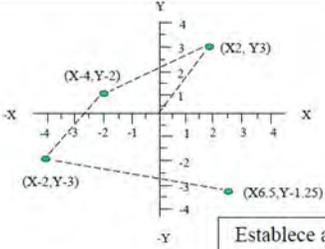
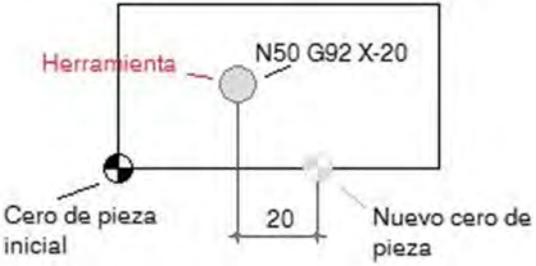
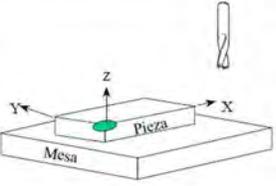
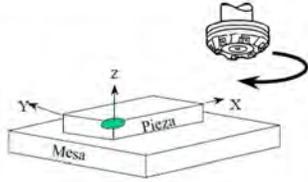
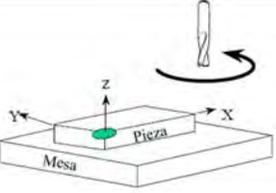
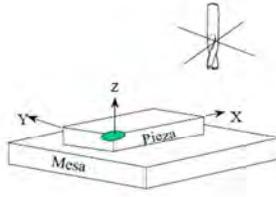
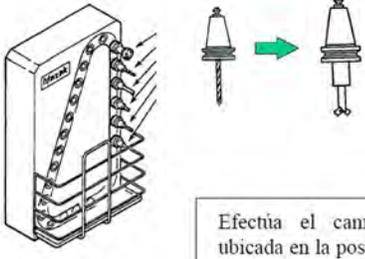
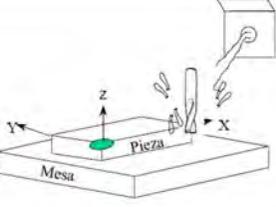
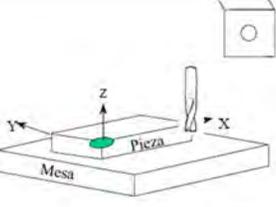
<p>G91</p>	<p>Sistema Coordenado Incremental</p>	 <p>Formato: N_ G91</p> <p>Establece al sistema de dimensiones en modo incremental. Este modo utiliza la posición actual como punto de referencia para el siguiente movimiento.</p>
<p>G92</p>	<p>Traslado de origen de coordenadas</p>	

Tabla Códigos M

<p>M02 M30</p>	<p>Fin Del Programa</p>	 <p>Formato: N_ M02 N_ M30</p> <p>M02 Concluye la ejecución del programa y resetea al Control Numérico (Corta Energía). M30 Termina y Resetea el programa de CNC.</p>
<p>M03</p>	<p>Giro Del Husillo A Favor De La Manecillas Del Reloj</p>	 <p>Formato: N_ M03 S_</p> <p>Establece el giro del husillo en dirección de las manecillas del reloj (CW)</p>

<p>M04</p>	<p>Giro Del Husillo En Contra De Las Manecillas Del Reloj</p>	 <p>Formato: N_ M04 S_</p> <p>Establece el giro del husillo en dirección contraria al giro de las manecillas del reloj (CW)</p>
<p>M05</p>	<p>Paro Del Husillo</p>	 <p>Formato: N_ M05</p>
<p>M06</p>	<p>Cambio De Herramienta</p>	<p>M06 TXX Cambio de herramienta</p>  <p>Formato: N_ M06 TXX</p> <p>Efectúa el cambio de herramienta ubicada en la posición XX del almacén del magazine de herramientas.</p>
<p>M08</p>	<p>Encendido Del Sistema Refrigerante</p>	 <p>Formato: N_ M08</p> <p>Enciende la descarga del refrigerante</p>
<p>M09</p>	<p>Apagado Del Sistema Refrigerante</p>	 <p>Formato: N_ M09</p> <p>Apaga la descarga del refrigerante</p>

EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN CNC

Se maquina una pieza en un una máquina EMCO, la cual se indica en la figura 2.7 con todas sus dimensiones, utilizando los códigos

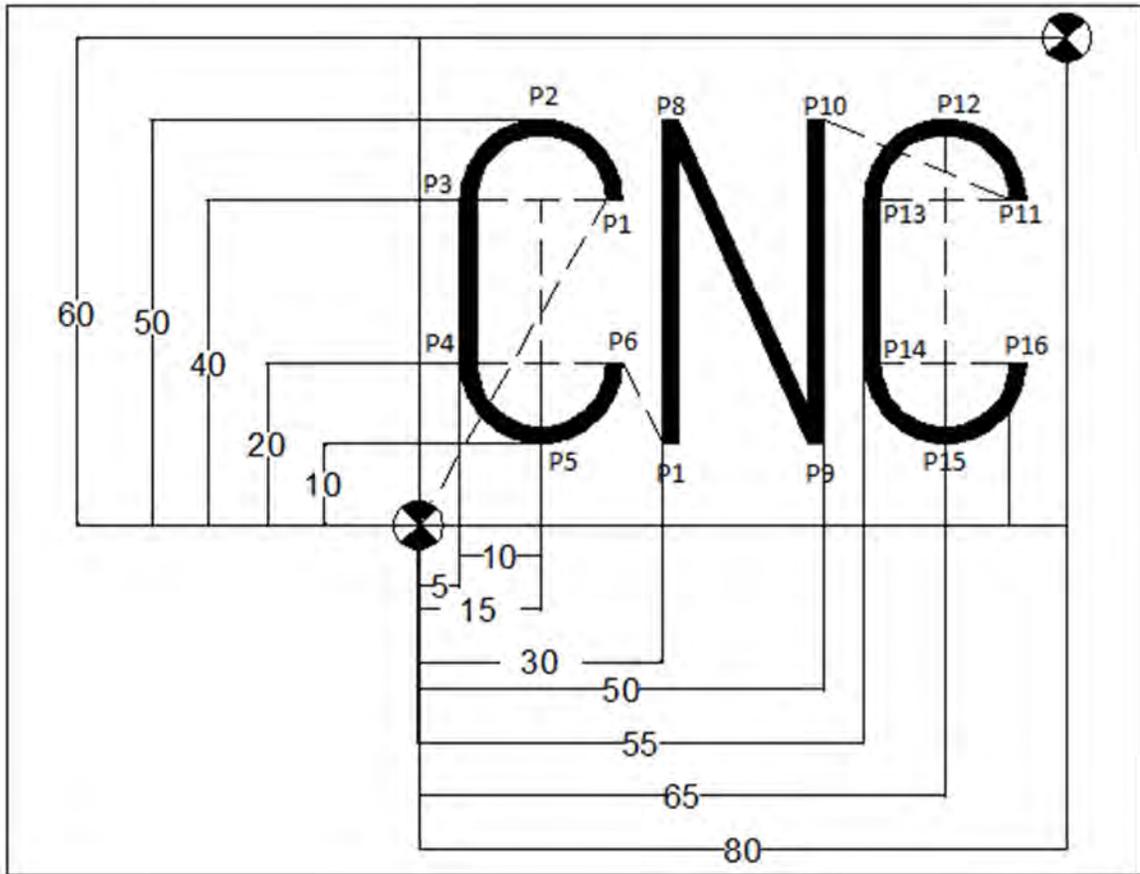


Figura 2.7 Pieza Que Se Elaborará En La Fresadora Cnc

- Modo absoluto cortador de vástago de 5mm de diámetro
- Profundidad de corte 2 mm
- Material acrílico de 80 x 60 x 6 mm
- Iniciar el maquinado en P1

SECUENCIA DEL PROGRAMA PARA FRESADORA

```

N00 G92 X 8000 Y 6000 Z 5000
N01 G40
N02 M06 D 250 $ 1500 Z 0 T01
N03 M03
N04 G00 X 2500 Y 4000 Z 5000
N05 G00 X 2500 Y 4000 Z 100
N06 G01 X 2500 Y 4000 Z -200 F80
N07 G03 X 1500 Y 5000 Z -200 F150
N08 G03 X 500 Y 4000 Z -200 F150
    
```

N09	G01	X 500	Y 2000	Z -200	F150
N10	G03	X 1500	Y1000	Z -200	F150
N11	G03	X 2500	Y 2000	Z -200	F150
N12	G01	X 2500	Y 2000	Z 100	F150
N13	G00	X 3000	Y 1000	Z 100	
N14	G01	X 3000	Y 1000	Z -200	F80
N15	G01	X 3000	Y 5000	Z -200	F150
N16	G01	X 5000	Y 1000	Z -200	F150
N17	G01	X 5000	Y 5000	Z -200	F150
N18	G01	X 5000	Y 5000	Z 100	F150
N19	G00	X 7500	Y 4000	Z 100	
N20	G01	X 7500	Y 4000	Z -200	F80
N21	G03	X 6500	Y 5000	Z -200	F150
N22	G03	X 5500	Y 4000	Z -200	F150
N23	G01	X 5500	Y 2000	Z -200	F150
N24	G03	X 6500	Y 1000	Z -200	F150
N25	G03	X7500	Y 2000	Z -200	F150
N26	G00	X 7500	Y 2000	Z -	
				2000	
N27	G00	X 6000	Y 6000	Z 5000	
N28	M05				
N29	M30				

TABLA 1 DE CÓDIGOS G PARA TORNO

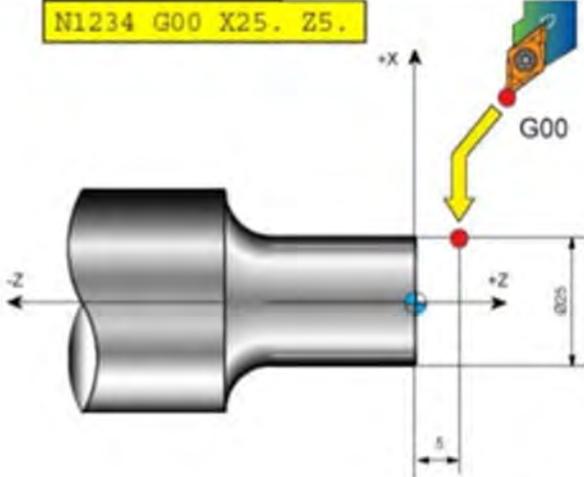
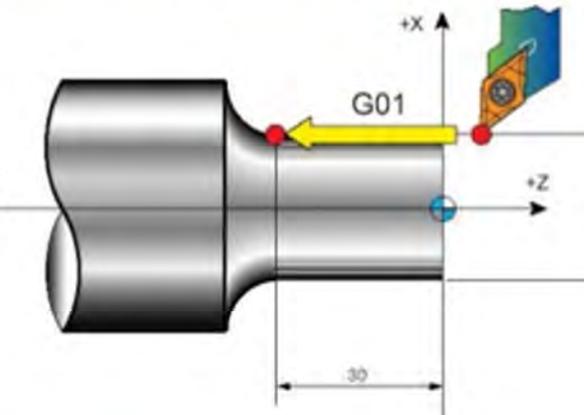
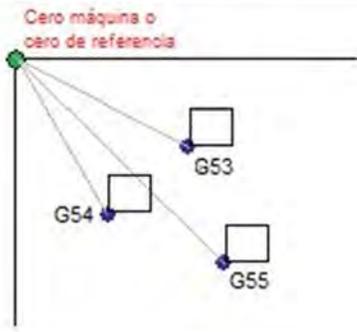
G00 Posicionamiento rápido	G49 Velocidad de avance programable
G01 Interpolación Lineal	G50 Carga de longitudes de herramienta
G02 Interpolación Circular en sentido horario	G53 Traslado de origen
G03 Interpolación Circular en sentido antihorario	G54 Traslado de origen
G04 Temporización	G55 Traslado de origen
G05 Arista matada	G56 Traslado de origen
G06 Interpolación Circular con centro en absolutas	G57 Traslado de origen
G07 Arista viva	G58 Traslado de origen
G08 Arco tangente a la trayectoria anterior	G59 Traslado de origen
G09 Interpolación Circular definida por tres puntos	G70 Programación en pulgadas
G10 Anulación imagen espejo	G71 Programación en milímetros
G11 Imagen espejo en eje X	G72 Escalado definido por K
G12 Imagen espejo en eje Y	G73 Giro de sistema de coordenadas
G13 Imagen espejo en eje Z	G74 Búsqueda de cero máquina
G17 Plano XY	G75 Trabajo con palpador
G18 Plano XZ	G75 N2 Ciclos fijos de palpador
G19 Plano YZ	G76 Creación de bloques
G20 Llamada a sub-rutina standard	G79 Ciclo fijo definido por el usuario
G21 Llamada a sub-rutina paramétrica	G80 Anulación de ciclos fijos
G22 Definición de sub-rutina standard	G81 Ciclo fijo de taladrado
	G82 Ciclo fijo de taladrado con temporización
	G83 Ciclo fijo de taladrado profundo
	G84 Torneado de tramos curvos

<p>G23 Definición de sub-rutina paramétrica G24 Final de definición de sub-rutina G25 Llamada incondicional G26 Llamada condicional si igual a 0 G27 Llamada condicional si distinto de 0 G28 Llamada condicional si menor G29 Llamada condicional si mayor o igual G30 Visualizar error definido por K G31 Guardar origen de coordenadas G32 Recuperar origen de coordenadas G33 Roscado electrónico G36 Redondeo controlado de aristas G37 Entrada tangencial G38 Salida tangencial G39 Achaflanado G40 Anulación de compensación de radio G41 Compensación de radio a la izquierda G42 Compensación de radio a la derecha G43 Compensación de longitud G44 Anulación de compensación de longitud G47 Bloque único G48 Anulación de bloque único</p>	<p>G85 Ciclo fijo de escarificado G86 Ciclo fijo de mandrilado con retroceso en G00 G87 Ciclo fijo de cajera rectangular G88 Ciclo fijo de cajera circular G89 Ciclo fijo de mandrilado con retroceso en G01 G90 Programación en absolutas G91 Programación en incrementales G92 Desplazamiento programado del punto de referencia G93 Coordenadas polares G94 Avance en mm/min G95 Avance en mm/rev G96 Avance constante G97 Avance del tipo constante G98 Vuelta al plano de seguridad G99 Vuelta al plano de referencia</p>
---	--

TABLA 1 DE CÓDIGOS M PARA TORNO

<p>M00 Parada opcional M01 Parada opcional M02 Reset del programa M03 Hacer girar el husillo en sentido horario M04 Hacer girar el husillo en sentido antihorario M05 Frenar el husillo M06 Cambiar de herramienta M07 Abrir el paso del refrigerante B M08 Abrir el paso del refrigerante A</p>	<p>M09 Cerrar el paso de los refrigerantes M10 Abrir mordazas M11 Cerrar mordazas M13 Hacer girar el husillo en sentido horario y abrir el paso de refrigerante M14 Hacer girar el husillo en sentido antihorario y abrir el paso de refrigerante M30 Finalizar programa y poner el puntero de ejecución en su inicio</p>
--	--

TABLA 2 DE CÓDIGOS G PARA TORNO

<p>N1234 G00 X25. Z5.</p> 	<p>G00 POSICIONAMIENTO RÁPIDO</p>
<p>N1234 G01 X25. Z-30. F0.2</p> 	<p>G01 INTERPOLACIÓN LINEAL</p>
<p>Cero máquina o cero de referencia</p> 	<p>G53–G59 TRASLADO DE ORIGEN</p>
<p>Esta función se utiliza de idéntica manera que la instrucción G70. Lo único que cuando programamos G71 le indicamos al control que la representación de las medidas será en milímetros.</p>	<p>G71 PROGRAMACIÓN EN MILÍMETROS</p>

	<p>G84 TORNEADO DE TRAMOS CURVOS</p>
	<p>G92 DESPLAZAMIENTO PROGRAMADO DEL PUNTO DE REFERENCIA</p>
	<p>G96 AVANCE CONSTANTE</p>

TABLA 2 CÓDIGOS M PARA TORNO

	<p>M04 giro del arranque del cabezal lo da en sentido contrario, es decir, hacia la izquierda.</p>
<p>Sirve cuando tenemos que cambiar la herramienta, o cuando hagamos una operación con la torreta y necesitemos que el cabezal este quieto.</p>	<p>M05 frenar el cabezal</p>

Sirve para cortar la salida de refrigerante, cuando ya no es necesario.	M09 cortar la salida de refrigerante
Sirve para darle fin al programa saliendo y volviendo al inicio del mismo. También sirve para detener el giro del cabezal.	M30 fin al programa

EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN CNC

Se maquina una pieza en un maquina EMCO, la cual se indica en la figura con todas sus dimensiones, además de explica el programa paso a paso, utilizando los códigos.

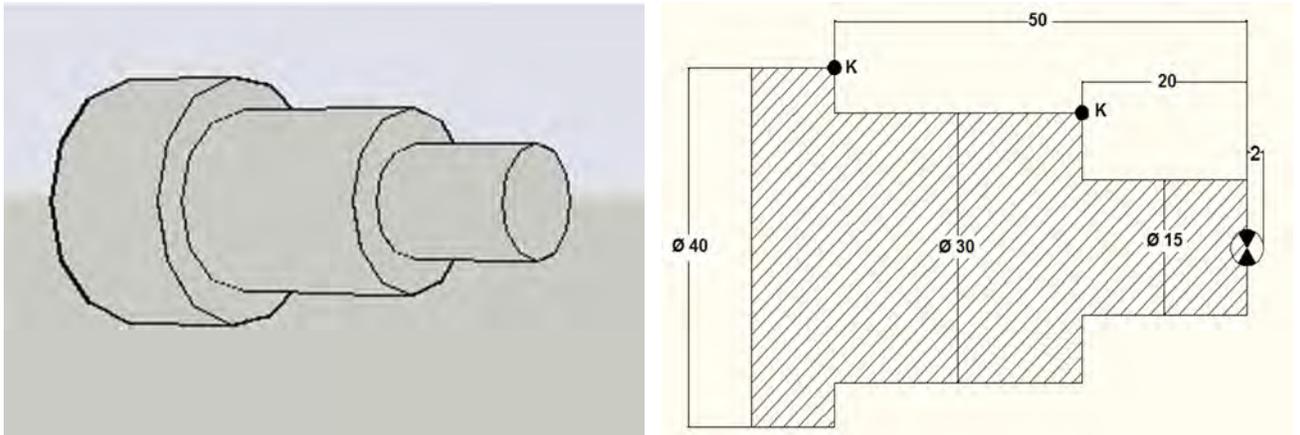


Figura 2.8 Pieza Para Maquinar En Torno CNC

SECUENCIA DEL PROGRAMA PARA TORNO

```

N0000 G53 G56 T0000

N0010 G71 G94
N0020 G54
N0030 G92 $2000

N0040 T0202 M04 M08 $1200 T02

N0050 G00 X 42.0 Z 0
N0060 G01 X -0.2 Z 0 F60
N0070 G00 X 41.0 Z 2.0
N0080 G84 X30.0 Z -50.0 D3= 2000 F80
N0090 G00 X 31.0 Z 2.0
N0100 G84 X 15.0 Z -20.0 D3= 2000 F80
N0110 G00 X 70.0 Z 50.0
N0120 M05 M09
N0130 G53 G56
N0140 M30
    
```

CAPÍTULO 3

ROBOTS

3.1 DEFINICIONES DE ROBOT

Un robot es una entidad virtual o mecánica artificial. En la práctica, esto es por lo general un sistema electromecánico que, por su apariencia o sus movimientos, ofrece la sensación de tener un propósito propio. La palabra robot puede referirse tanto a mecanismos físicos como a sistemas virtuales de software, aunque suele aludirse a los segundos con el término de bots, es un software de aplicación que realiza funciones muy diversas, imitando el comportamiento de un humano.

Algunas de las definiciones propuestas:

Según la BRA (Asociación de Robótica Británica) un robot se define de la siguiente manera: "Un robot es un mecanismo diseñado para manipular y transportar piezas, herramientas o útiles especiales, por medio de movimientos variables, programados para la ejecución de tareas específicas de manufactura.

Por otro lado, la JIRA (Japan Industrial Robot Association) también tiene definición, aunque ésta es más general:

"Los robots son dispositivos capaces de moverse de modo flexible análogo al que poseen los organismos vivos, con o sin funciones intelectuales, permitiendo su operación en respuesta a las órdenes humanas".

Sin embargo la definición más aceptada es la propuesta por la RIA (Robot Industry Association, antes Robot Institute of America) y que dice así: "Un robot es un manipulador multifuncional y reprogramable diseñado para el movimiento de materiales, piezas, herramientas, etc., apoyado en el uso de sensores y dispositivos que le permiten realizar diversas tareas. En otras palabras, son sistemas electromecánicos cuyos movimientos son calculados por una computadora.

3.2 COMPONENTES PRINCIPALES DE UN ROBOT

La idea común que se tiene de un robot industrial es la de un brazo mecánico articulado pero este elemento no es más que una parte de lo que se considera robot industrial, el cual tiene los siguientes elementos:

3.2.1 MANIPULADOR O BRAZO

Recibe el nombre de manipulador o brazo de un robot, el conjunto de elementos mecánicos que propician el movimiento del elemento terminal (aprehensor o herramienta). Dentro de la estructura interna del manipulador se alojan, en muchas ocasiones, los elementos motrices, engranajes y transmisiones que soportan el movimiento de las cuatro partes que, generalmente, suelen conformar el brazo:

- Cuerpo
- Brazo
- Muñeca
- Elemento terminal (Gripper)

Los cuatro elementos rígidos del brazo están relacionados entre sí mediante articulaciones, las cuales pueden ser giratorias, cuando el movimiento permitido es el de rotación (figura 3.1), como sucede con todos los PUMA, o prismáticos, en los que existe un movimiento de traslación entre los elementos que relacionan.

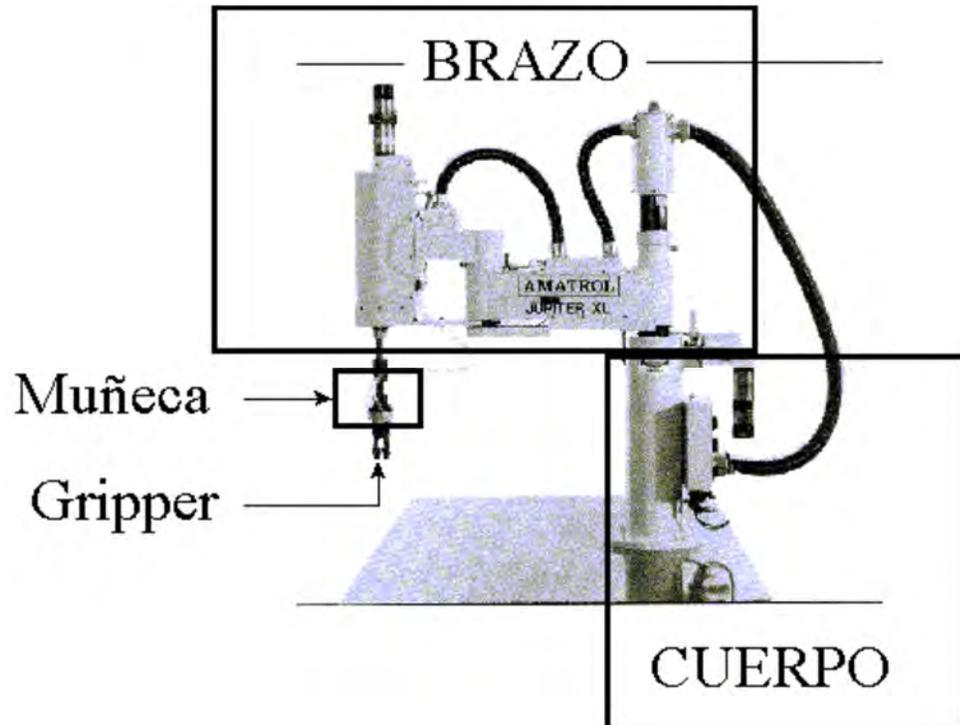


Figura 3.1 Esquema de un brazo o manipulador

El número de elementos del brazo y el de las articulaciones que los relacionan, determinan los grados de libertad del manipulador, que en los robots industriales suele ser seis, que coinciden con los movimientos independientes que posicionan las partes del brazo en el espacio. Tres de ellos definen la posición en el espacio y los otros tres la orientación del elemento terminal.

3.2.2 CONTROLADOR

Recibe este nombre el dispositivo que se encarga de regular el movimiento de los elementos del manipulador y todo tipo de acciones, cálculos y procesamiento de información que se realiza (figura 3.2).

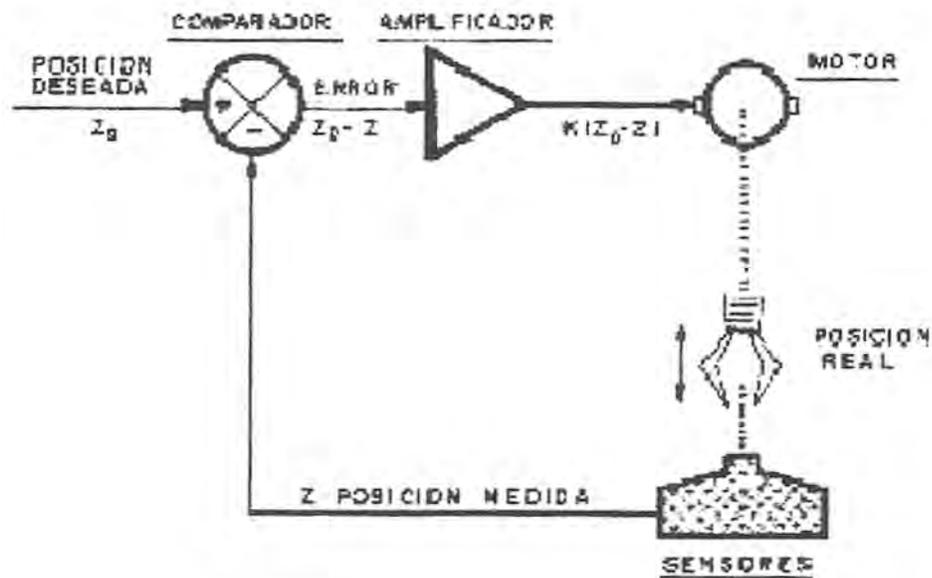


Figura 3.2 Controlador de posición de un robot

La complejidad del control varía según los parámetros que se gobiernan, pudiendo existir las siguientes categorías:

- **Controlador de posición:** Sólo interviene en el control de la posición del elemento terminal. Puede actuar en modo punto a punto porque el camino trazado para la realización de su trabajo está definido por pocos puntos., o bien, en modo continuo, en cuyo caso recibe el nombre de control continuo de trayectoria.
- **Control cinemático:** Cuando además de la posición se regula la velocidad.
- **Control dinámico:** Se tiene en cuenta, también, las propiedades dinámicas del manipulador, motores y elementos asociados.
- **Control adaptativo:** Además de los indicados en los anteriores controles, también se considera la variación de las características del manipulador al variar la posición.

Los sensores empleados para la determinación de la posición de los ejes de los motores motrices, pueden ser de carácter analógico o digital, como discos de plásticos transparentes con rayas negras, que al girar a través de detectores ópticos, cortan el haz de luz entre emisor y detector y generan una serie de impulsos eléctricos que sirven para calcular el ángulo desplazado.

Los modernos controladores de robots son ordenadores, en los que el programa correspondiente se encarga de calcular las señales aplicadas a los actuadores, tras el proceso de la señal de consigna y la que procede de los transductores de posición.

3.2.3 ELEMENTOS MOTRICES

Los elementos motrices son los encargados de producir el movimiento de las articulaciones, bien directamente o a través de poleas, cables, etc. En base a la energía que utilizan, se clasifican en tres grandes grupos, a saber:

- Neumáticos
- Hidráulicos
- Eléctricos

Los neumáticos emplean el aire comprimido como fuente de energía y son muy indicados en el control de movimiento rápidos, pero de precisión limitada. Los motores hidráulicos son recomendables en los manipuladores que tienen una gran capacidad de carga, junto a una regulación precisa de velocidad.

Finalmente, los motores eléctricos son los más utilizados, por su control fácil y preciso, así como por otras propiedades ventajosas que reporta su funcionamiento, consecuencia del empleo de la energía eléctrica.

3.2.4 ELEMENTO TERMINAL (GRIPPER)

A la muñeca del manipulador se acopla una garra o una herramienta, que será encargada de materializar el trabajo previsto.

Por lo general, la problemática del elemento terminal radica en que ha de soportar una elevada capacidad de carga y al mismo tiempo conviene que tenga reducido el peso y tamaño.



Figura 3.3 Diferentes tipos de elementos terminal

Como consecuencia de la amplia variedad de tareas a las que se destinan los robots, el elemento terminal adopta formas muy diversas (figura 3.3). Los diversos tipos se pueden dividir en dos grandes categorías: pinzas y herramientas. Se denomina Punto de Centro de Herramienta (TCP: Tool Center Point), al punto focal de la pinza o herramienta. Por ejemplo, el TCP podría estar en la punta de una antorcha de la soldadura, figura 3.4

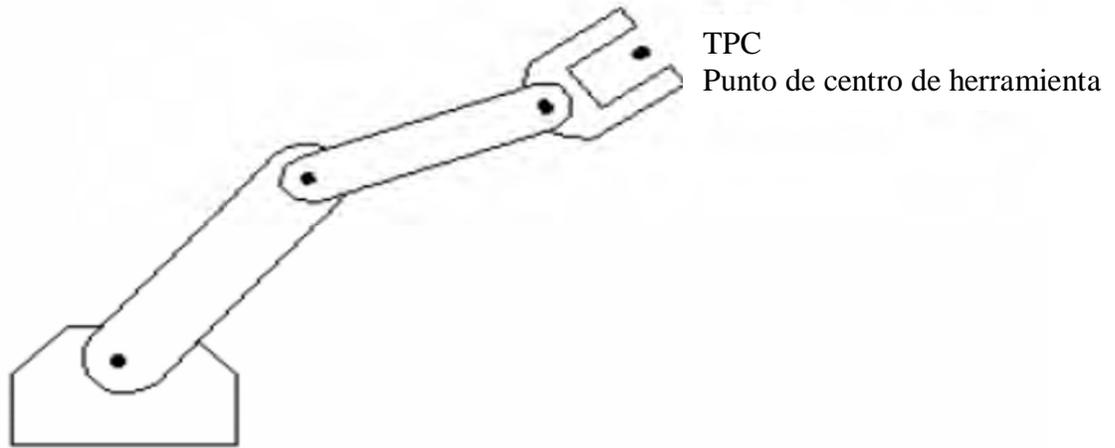


Figura 3.4 Punto de Centro de Herramienta (TCP)

3.3 SENSORES DE INFORMACIÓN

Los robots de la última generación tienen capacidad para relacionarse con el entorno y tomar decisiones en tiempo real, para adaptar sus planes de acción a las circunstancias exteriores. La información que reciben les hace autoprogramables, o sea, alteran su actuación en función de la situación externa, lo que supone disponer de un cierto grado de inteligencia artificial.

Las informaciones más solicitadas por los robots, son las que hacen referencia a la posición, velocidad, aceleración, fuerzas, pares, dimensiones y contorno de objetos y temperatura. Para cuantificar los valores correspondientes a estos parámetros, existen en el mercado sensores de tipo mecánico, óptico, térmico, eléctrico, ultrasónico, etc. Sin embargo, la investigación más avanzada contempla con especial atención a los transductores de visión artificial y sonido de máquinas, que posibilitan un tratamiento de la información más exacto y apropiado al ser humano.

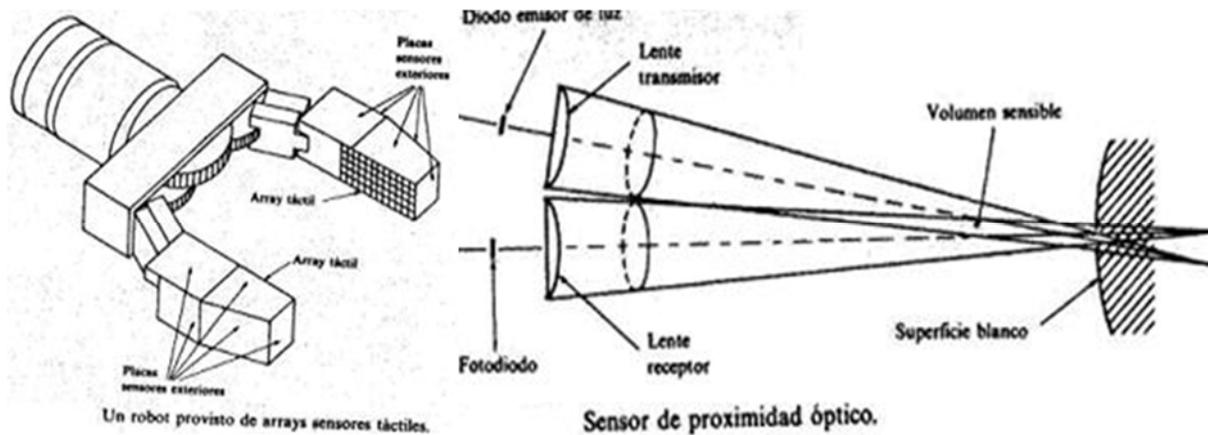


Figura 3.5 Sensores de información

3.4 GRADOS DE LIBERTAD

Cada uno de los movimientos independientes que puede realizar cada articulación con respecto a la anterior, se denomina grado de libertad (GDL). El número de grados de libertad del robot viene dado por la suma de los grados de libertad de las articulaciones que lo componen. El número de GDL del robot suele coincidir con el número de articulaciones de que se compone.

El empleo de diferentes combinaciones de articulaciones en un robot, da lugar a diferentes configuraciones, con características a tener en cuenta tanto en el diseño y construcción del robot como en su aplicación.

Puesto que para posicionar y orientar un cuerpo de cualquier manera en el espacio son necesarios seis parámetros, tres para definir la posición y tres para la orientación, si se pretende que un robot posicione y oriente su extremo (con él la pieza o herramienta manipulada) de cualquier modo en el espacio, se precisarán al menos seis GDL.

En la práctica, a pesar de ser necesarios los seis GDL para tener total libertad en el posicionado y orientación del extremo del robot, muchos robots industriales cuentan con sólo cuatro o cinco GDL, por ser éstos suficientes para llevar a cabo las tareas que se les encomiendan.



Figura 3.6 Grados de libertad

Existen también casos opuestos, en los que se precisan más de seis GDL para que el robot pueda tener acceso a todos los puntos de su entorno. Así, si se trabaja en un entorno con obstáculos, el dotar al robot de grados de libertad adicionales le permitirá acceder a posiciones y orientaciones de su extremo a las que, como consecuencia de los obstáculos, no hubiera llegado con seis GDL.

Otra situación frecuente es la de dotar al robot de un GDL adicional que le permita desplazarse a lo largo de un carril, aumentando así el volumen del espacio al que puede acceder. Cuando el número de grados de libertad del robot es mayor que los necesarios para realizar una determinada tarea se dice que el robot es redundante.

3.5 POSICIONAMIENTO

La definición de los puntos sobre los cuales se desglosa el elemento terminal se hace mediante coordenadas y se utiliza básicamente los siguientes sistemas:

3.5.1 COORDENADAS ESFÉRICAS O POLARES

Fueron las coordenadas utilizadas por los primeros robots que salieron al mercado en este caso, el punto es definido por dos giros en planos normales y un desplazamiento axial, son movimientos inversos, para hacer coincidir una figura con su simétrica es necesario sacarla del plano y abatirla de nuevo sobre la otra cara. (Figura 3.7). Este robot utiliza la interpolación por articulación para moverse dos primeras articulaciones y la interpolación lineal para la extensión y retracción.

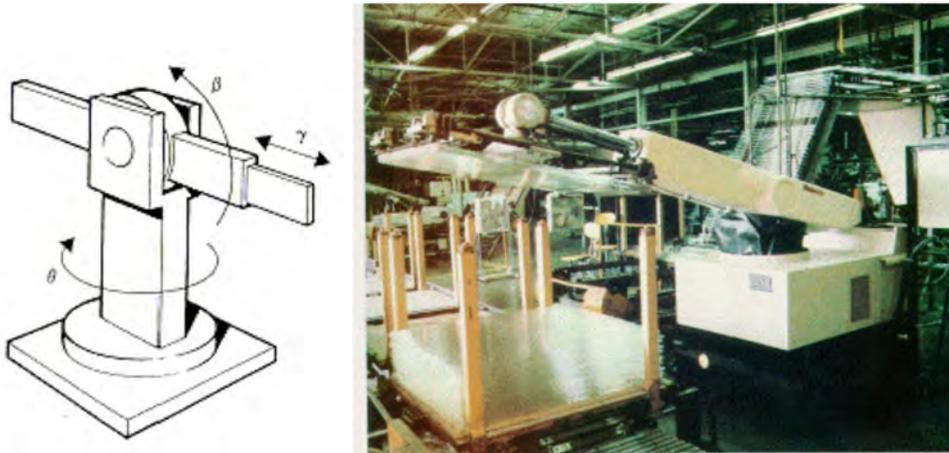


Figura 3.7 Robot de coordenadas polares

3.5.2 COORDENADAS CILÍNDRICAS

En este caso, el elemento terminal es posicionado por rotación alrededor de desplazamiento en otros dos, o sea, que presenta tres grados de libertad (figura 4.8). El robot de coordenadas cilíndricas está diseñado para ejecutar los movimientos como interpolación lineal e interpolación por articulación.



Figura 3.8 Robot de coordenadas cilíndricas

3.5.3 COORDENADAS CARTESIANAS

Posee tres movimientos lineales, es decir, tiene tres grados de libertad, los cuales corresponden a los movimientos localizados en los ejes X, Y y Z y dispone de tres articulaciones cilíndricas que permiten el movimiento de cada uno de los ejes (figura 3.9)

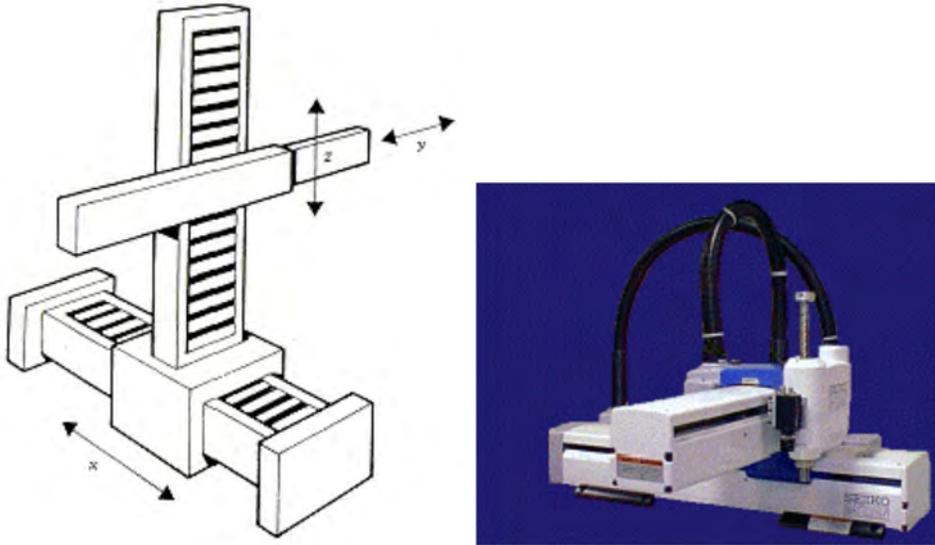


Figura 3.9 Robot de coordenadas cartesianas

3.5.4 COORDENADAS ANGULARES

En este sistema la mano se sitúa por la posición angular de dos brazos fijos y el desplazamiento en una normal a este plano (figura 3.10), o sea, presenta articulación con movimiento rotacional y dos angulares.

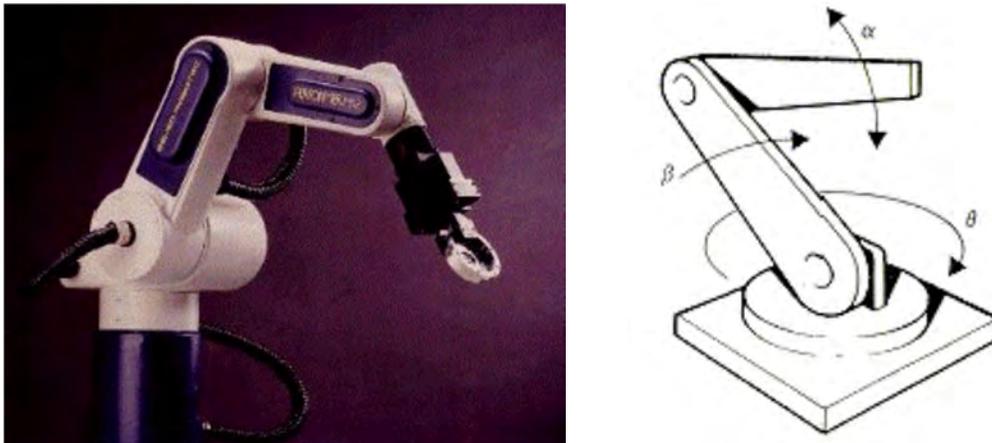


Figura 3.10 Robot de coordenadas angulares

Aunque el brazo articulado puede realizar el movimiento llamado interpolación lineal (para lo cual requiere mover simultáneamente dos o tres de sus articulaciones con movimiento natural, es el de interpolación por articulación, tanto rotacional y dos angulares.

3.5.5 SCARA

Similar al de configuración cilíndrica, pero el radio y la rotación se obtiene por uno o dos eslabones. Este brazo puede realizar movimientos horizontales de mayor alcance debido a sus dos articulaciones rotacionales. El robot de configuración SCARA también puede hacer un movimiento lineal (mediante su tercera articulación).

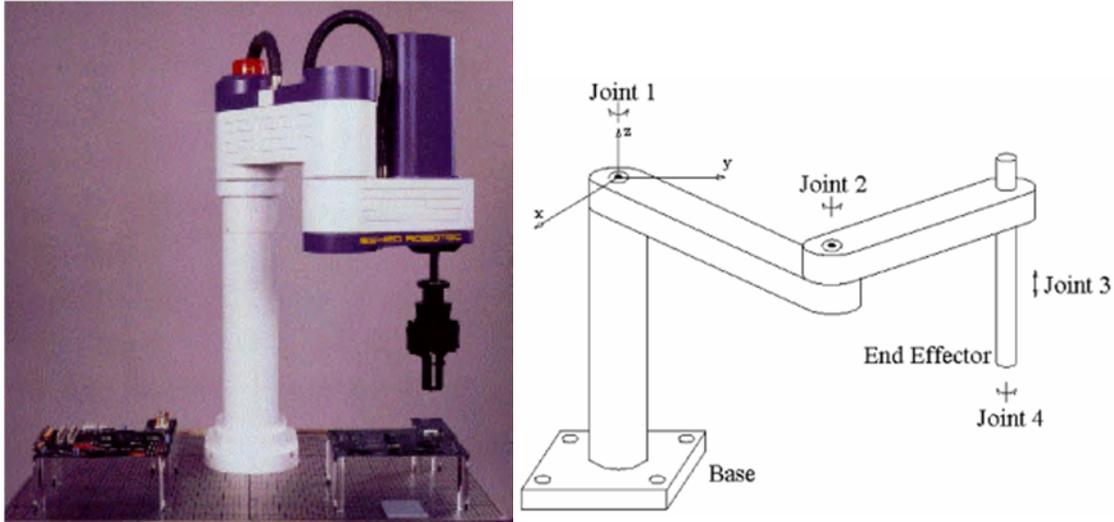


Figura 3.11 Robot tipo SCARA

El conjunto de puntos en el espacio que pueden ser alcanzados por el robot constituyen su campo de acción o trabajo y queda limitado por los desplazamientos, angulares o lineales, que permiten las articulaciones y la longitud de los brazos. En los catálogos de los fabricantes, el campo de trabajo se define por los puntos en que pueden situarse la muñeca del robot sin considerar la garra y la herramienta.

Para entender mejor la diferencia entre los movimientos que ejecutan los robots es preciso tocar el tema que se refiere al volumen de trabajo y la precisión de movimiento.

Entre las características que identifican a un robot se encuentran el volumen de trabajo y ciertos parámetros como el control de resolución, la exactitud y la repetibilidad.

El volumen de trabajo de un robot se refiere únicamente al espacio dentro del cual puede desplazarse al extremo de su muñeca. Pero para determinar el volumen de trabajo se toma en cuenta el efecto final, la razón de ello es que a la muñeca del robot se le puede adaptar grippers de distintos tamaños.

Para ilustrar lo que se conoce como volumen de trabajo, la tabla 1 muestra el espacio de trabajo que resulta del movimiento que siguen los robots:

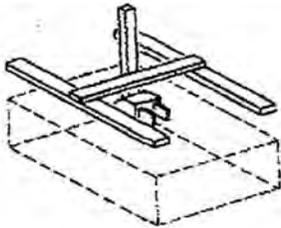
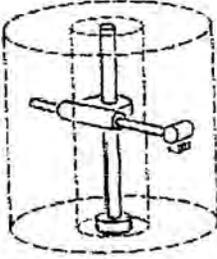
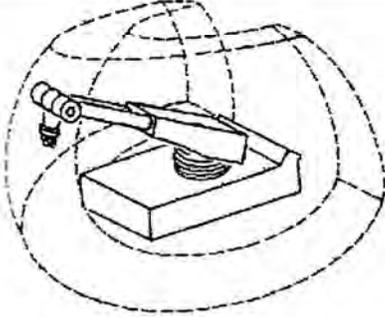
	<p>El robot cartesiano y el robot cilíndrico presentan volúmenes de trabajo regulares. El robot cartesiano genera una figura cúbica.</p>
	<p>El robot de configuración cilíndrica presenta un volumen de trabajo parecido a un cilindro (normalmente este robot tiene una rotación de 360°)</p>
	<p>Los robots que poseen una configuración polar, los de brazo articulado y los modelos SCARA presentan un volumen de trabajo irregular.</p>

Tabla 1 Volumen de trabajo que generan los robots

3.6 CLASIFICACIÓN DE LOS ROBOTS

En una clasificación de elementos automáticos de manipulación de piezas desde las más sencillas a las complejas, pudiéndose mencionar a las siguientes:

- a) Los manipuladores de ciclo fijo.
- b) Los manipuladores programables.
- c) Los robots de aprendizaje.
- d) Los robots de control numérico.
- e) Los robots inteligentes.

3.6.1 MANIPULADORES DE CICLO FIJO Y PROGRAMABLE

Los manipuladores son elementos sencillos dotados de un brazo terminado en mano o pinza prensible, están dotados de dos a cuatro ejes que le permiten desplazamiento y orientación de la misma en el espacio, aunque cada eje sólo puede controlarse secuencialmente en amplitud y velocidad de movimiento (figura 3.12).



Figura 3.12 Robot manipulador de ciclo fijo y programable

3.6.2 ROBOT DE APRENDIZAJE

El robot de aprendizaje es un elemento capaz de memorizar y reproducir cualquier trayectoria, recorrida en una primera vez, de la mano de un operador. Los ejes son movidos por servomotores independientes que regulan la amplitud y la velocidad del desplazamiento.

3.6.3 ROBOT DE CONTROL NUMÉRICO

El robot de control numérico es, como su nombre hace suponer, un robot gobernado por un controlador numérico en el que se almacenan los programas de movimientos del mismo acuerdo con las diferentes piezas o máquinas a manipular (figura 3.13). Los lenguajes de programación son propios de la robótica, como el VAL, el AML, etc., o extensiones de lenguajes de control numérico como el APT, PADL, PROMO. Se diferencian de los robots de aprendizaje por su incapacidad total de reconocer el mando externo, son en algún sentido máquinas-herramientas de control numérico no convencionales.



Figura 3.13 Robot de control numérico

3.6.4 ROBOT INTELIGENTE

Son aquellos que tienen alguna capacidad de reconocer el mundo externo y tomar decisiones, su desarrollo y aplicación industrial apenas inicia y sus logros van de la mano con la llamada inteligencia artificial. El robot inteligente dispone además de sensores de fuerzas, proximidad, visión y tacto que le permiten una cierta adaptación a las variaciones de su entorno, figura 3.14.



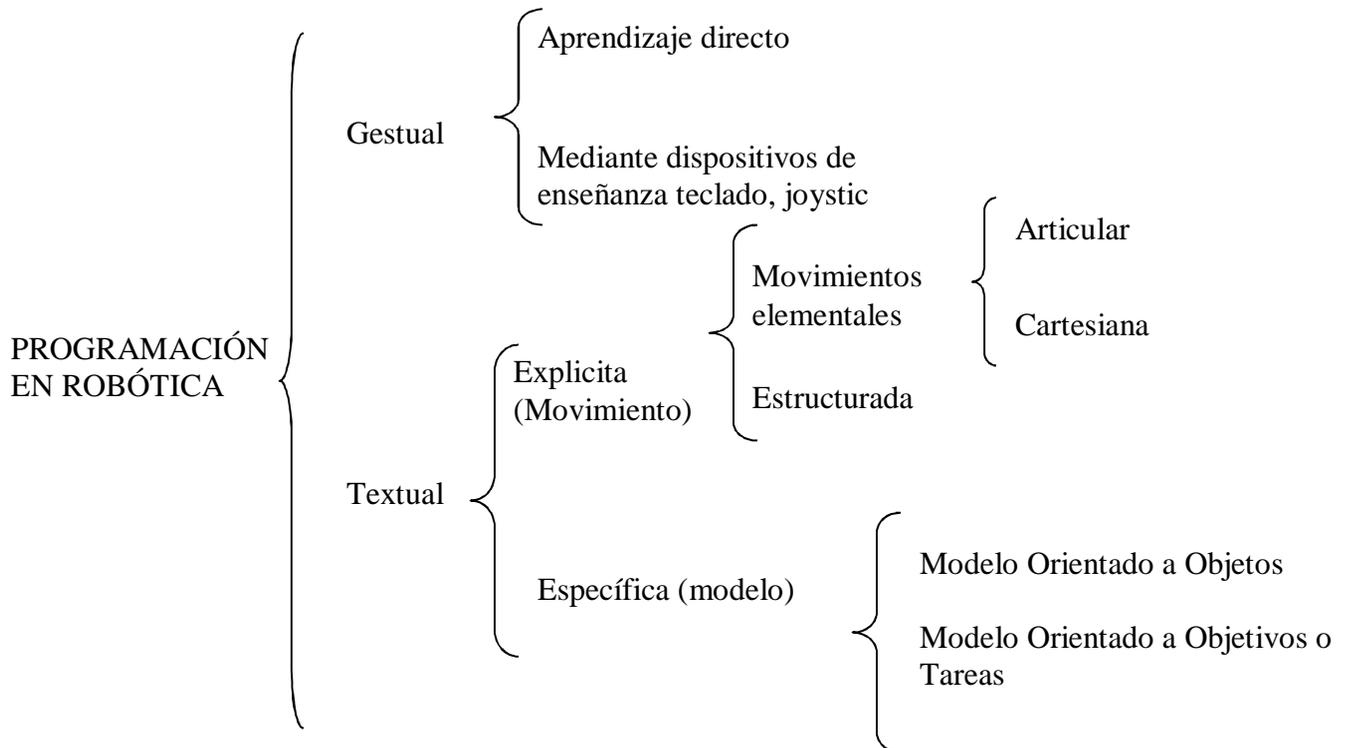
Figura 3.14 Robot que es capaz de reconocer su entorno

3.7 PROGRAMACIÓN USADA EN LA ROBÓTICA

La programación que se emplea en la robótica tiene caracteres diferentes: explícito, en el que el operador es el responsable de las acciones de control y de las instrucciones adecuadas que las implementan, o estar basada en la modelación del mundo exterior, cuando se describe la tarea y el entorno y el propio sistema toma las decisiones.

La programación explícita es la más utilizada en las aplicaciones industriales y consta de dos técnicas fundamentales:

- Programación Gestual. Este tipo de programación, exige el empleo del manipulador en la fase de enseñanza, o sea, trabaja "on-line".
- Programación Textual. En esta labor no participa la máquina (off-line). Las trayectorias del manipulador se calculan matemáticamente con gran precisión y se evita el posicionamiento a ojo.



Cuadro 3.1 Programación en robótica

3.7.1 PROGRAMACIÓN GESTUAL O DIRECTA

Es en este tipo de programación donde el propio brazo interviene en el trazado del camino y en las acciones a desarrollar en la tarea de la aplicación; lo que determina la programación "on-line". Ésta está dividida en dos clases:

- Programación por aprendizaje directo: El punto final del brazo se traslada con ayuda de un dispositivo especial colocado en su muñeca, o utilizando un brazo maestro o maniquí, sobre el que se efectúan los desplazamientos que, tras ser memorizados, serán repetidos por el manipulador. Esta programación tiene pocas posibilidades de edición ya que para generar una trayectoria continua, es preciso almacenar o definir una gran cantidad de puntos, cuya reducción origina discontinuidades.
- Programación mediante un dispositivo de enseñanza: Consiste en determinar las acciones y movimientos del brazo manipulador, a través de un elemento especial para este cometido. En este caso, las operaciones ordenadas se sincronizan para conformar el programa de trabajo. Los dispositivos de enseñanza modernos permiten generar funciones auxiliares, además del control de los movimientos:
 - Selección de velocidades
 - Generación de retardos
 - Señalización del estado de los sensores
 - Borrado y modificación de los puntos de trabajo
 - Funciones especiales

Esta programación tiene como característica común que el usuario no necesita conocer ningún lenguaje de programación, simplemente debe habituarse al empleo de los elementos que constituyen el dispositivo de enseñanza. De esta forma, se pueden editar programas, aunque como es lógico, muy simples. Los lenguajes de programación gestual, además de necesitar al propio robot en la confección del programa, carecen de adaptabilidad en tiempo real con el entorno y no pueden tratar, con facilidad, interacciones de emergencia.

3.7.2 PROGRAMACIÓN TEXTUAL

El programa queda constituido por un texto de instrucciones o sentencias, cuya confección no requiere de la intervención del robot; es decir, se efectúan "off-line". Con este tipo de programación, el operador no define, prácticamente, las acciones del brazo manipulado, sino que se calculan, en el programa, mediante el empleo de las instrucciones textuales adecuadas.

En una aplicación tal como el ensamblaje de piezas, en la que se requiere una gran precisión, los posicionamientos seleccionados mediante la programación gestual no son suficientes, debiendo ser sustituidos por cálculos más perfectos y por una comunicación con el entorno que rodea al sistema. En esta la posibilidad de edición es total. El robot debe intervenir, sólo, en la puesta a punto final.

Según las características del lenguaje, pueden confeccionarse programas de trabajo complejos, con inclusión de saltos condicionales, empleo de bases de datos, posibilidad de creación de módulos operativos intercambiables, capacidad de adaptación a las condiciones del mundo exterior, etc.

La programación textual está dividida en dos grandes grupos con diferencias marcadas:

- Programación textual explícita.
- Programación textual especificativa.

3.7.2.1 PROGRAMACIÓN TEXTUAL EXPLÍCITA

En la programación textual explícita, el programa consta de una secuencia de órdenes o instrucciones concretas, que van definiendo con rigor las operaciones necesarias para llevar a cabo la aplicación. Se puede decir que la programación explícita engloba a los lenguajes que definen los movimientos punto por punto, similares a los de la programación gestual, pero bajo la forma de un lenguaje formal. Con este tipo de programación, la labor del tratamiento de las situaciones anormales, colisiones, etc., queda a cargo del programador.

Dentro de la programación explícita, hay dos niveles:

1.- Nivel de movimiento elemental, que comprende los lenguajes dirigidos a controlar los movimientos del brazo manipulador. Existen dos tipos:

- Articular, cuando el lenguaje se dirige al control de los movimientos de las diversas articulaciones del brazo.
- Cartesiano, cuando el lenguaje define los movimientos relacionados con el sistema de manufactura, es decir, los del punto final del trabajo (TCP).

Los lenguajes del tipo cartesiano utilizan transformaciones homogéneas, lo que hace que se independice a la programación del modelo particular del robot, puesto que un programa confeccionado para uno, en coordenadas cartesianas, puede utilizarse en otro, con diferentes coordenadas, mediante el sistema de transformación correspondiente.

Por el contrario, los lenguajes del tipo articular indican los incrementos angulares de las articulaciones. Aunque esta acción es bastante simple para motores de paso a paso y corriente continua, al no tener una referencia general de la posición de las articulaciones con relación al entorno, es difícil relacionar al sistema con piezas móviles, obstáculos, cámaras de TV, etc.

2.- Nivel estructurado, el que intenta introducir relaciones entre el objeto y el sistema del robot, para que los lenguajes se desarrollen sobre una estructura formal.

Se puede decir que los lenguajes correspondientes a este tipo de programación adoptan la filosofía del lenguaje de programación PASCAL. Describen objetos y transformaciones con objetos, disponiendo, muchos de ellos, de una estructura de datos arborescente.

El uso de lenguajes de programación explícita estructurada aumenta la comprensión del programa, reduce el tiempo de edición y simplifica las acciones encaminadas a la consecución de tareas determinadas.

En los lenguajes estructurados, es típico el empleo de las transformaciones de coordenadas, que exigen un cierto nivel de conocimientos. Por este motivo, dichos lenguajes no son populares hoy en día.

3.7.2.2 PROGRAMACIÓN TEXTUAL ESPECIFICATIVA

La programación textual explícita es una programación del tipo no procesal, en la que el usuario describe las especificaciones de los productos mediante una modelización, al igual que las tareas que hay que realizar sobre ellos.

El sistema informático para la programación textual especificativa ha de disponer del modelo del universo (actualmente, los modelos del universo son del tipo geométrico, no físico), o mundo donde se encuentra el robot. Este modelo será, normalmente, una base de datos más o menos compleja, según la clase de aplicación, pero que requiere, siempre, computadoras potentes para el procesamiento de abundante información. El trabajo de la programación consistirá, simplemente, en la descripción de las tareas a realizar, lo que supone poder llevar a cabo trabajos complicados.

3.8 COMANDOS QUE SE UTILIZAN EN LA PROGRAMACIÓN DE LOS ROBOTS

Edit: Se utiliza para colocar el nombre de programa.

Speed: Se indica la velocidad de movimiento del robot en porcentaje incremental (normalmente 40%)

Movecd: Se indica el movimiento del robot de una posición a otra pasando por un intermedio para evitar un movimiento recto largo y trabajar con un movimiento que se aproxima a una curva.

Moveld: Con este se indica un movimiento lineal de un punto a otro donde se indica la duración de una posición (en centésimas de segundo).

Open: Indica la apertura de la pinza.

Exit: Indica que desactiva el modo editor.

Para la edición de un programa es necesario definir la secuencia de programación como sigue.

1. Definición de posiciones para distinguir todas las posiciones en un programa utilizando para ello el comando DEFPA.
2. Asignación de posiciones donde cada una de las posiciones se definen con un nombre y se utiliza el comando HERE.

EJEMPLO PROGRAMA DE ROBOT

Ejemplo de un programa de robot

Es un robot Scorbot se realiza un programa donde se maquina una pieza para la cual se necesita pasar por un torno CNC y un taladro CNC. Para ello se definen las posiciones en la figura y se elabora el programa de acuerdo a la siguiente secuencia de operaciones.

1. Se toma la pieza de posición A
2. Se lleva pieza a posición 1.
3. Se mueve la pieza a posición 3 pasando por posición 2.
4. El robot espera en posición 46.07 segundos
5. El robot toma la pieza y la lleva a la posición 4 pasando por la posición 2.
6. Se mueve pieza a la posición 5.
7. El robot espera en posición 4 21.28 segundos.
8. Es robot se mueve a la posición 6 pasando por posición 4.
9. Se mueve la pieza a posición b para su traslado al almacén.
10. Se cierra el programa

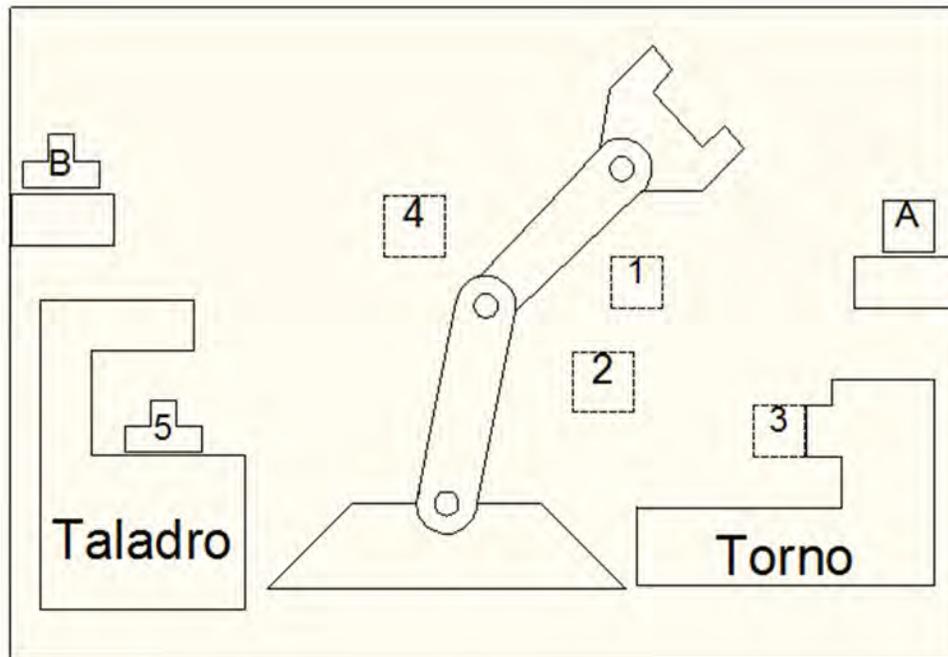


Figura 3.15 Diagrama Para Elaborar Programa de Robot

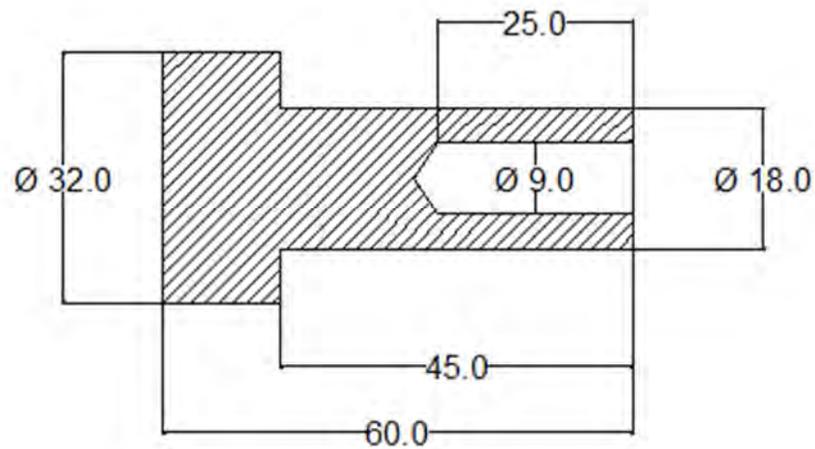


Figura 3.16 Pieza Que Se Va a Fabricar

SECUENCIA DE UN PROGRAMA

1. Definición de posiciones.

DEFPA PA
 DEFPA P1
 DEFPA P2
 DEFPA P3
 DEFPA P4
 DEFPA P5
 DEFPA PB

2. Asignación de posiciones (movimiento del brazo a la posición espacial requerida desde PA a PB)

HERE PA
 HERE P1
 HERE P2
 HERE P3
 HERE P4
 HERE P5
 HERE PB

PROGRAMACIÓN DEL ROBOT

:	Edit	Prog.	Pieza 100
101	SPEED	40	
102	MOVED	P1	
103	OPEN		
104	MOVED	PA	
105	CLOSE		
106	MOVE CD	P2 P1	
107	MOVED	P3	
108	OPEN		
109	MOVE LD	P2	4607
110	MOVED	P3	
111	CLOSE		
112	MOVED CD	P4 P2	
113	MOVED	P5	
114	OPEN		
115	MOVED LD	P4	2128
116	MOVED	P5	
117	CLOSE		
118	MOVE CD	P6 P4	
119	MOVED	PB	
120	OPEN		
121	MOVED	P6	
122	EXIT		

CAPITULO 4

SISTEMAS AUXILIARES

4.1 MANEJO DE MATERIALES EN UN SISTEMA DE MANUFACTURA FLEXIBLE

Dentro de un sistema de manufactura flexible se tiene un requerimiento exigente en cuestión de manejo de materiales, ya que como se puede observar es un factor importante que influye en el costo de los productos, por lo que, es necesario contar con un sistema eficiente que garantice el movimiento con exactitud y a bajo costo. Esto impulsa el desarrollo de la manufactura flexible, pues dentro de la distribución de la planta se requiere de precisión en la entrega de materiales.

El sistema de manejo de materiales es el encargado de mover las partes entre las estaciones de trabajo, hacia dentro y fuera del sistema, también posee una capacidad limitada para almacenar las partes. Entre los sistemas de manejo de materiales utilizados para sistemas automatizados están el transporte de rodillos, carros enganchados en el piso, los vehículos guiados automáticamente (AGV) y los robots industriales.

El tipo más apropiado depende de la geometría y tamaño de la fábrica, al igual que los factores relacionados con la economía y compatibilidad con otros componentes que integran al sistema de manufactura flexible. Con frecuencia, las partes no rotacionales se trasladan en pallets fijos, por lo que, los palletes están diseñados para el sistema de manejo particular y los soportes se diseñan para alojar las diversas geometrías de la familia. Las partes rotacionales se manejan mediante robots si el peso no es un impedimento.

4.2 DISEÑO DEL SISTEMA

Determinar la capacidad requerida del sistema de manejo depende del tipo de equipo en particular que será instalado.

4.2.1 EFECTO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

La distribución de planta es un importante factor en el diseño del sistema de manejo de material. La distribución puede proveer la siguiente información para usarla en el diseño:

1. Locaciones donde el material debe ser levantado,
2. Locaciones donde el material debe ser entregado,
3. Rutas posibles entre locaciones,
4. Distancias que deben ser recorridas para mover los materiales y,
5. Trazos, oportunidades para combinar entregas, posibles lugares donde pueden existir congestionamientos.

Los diferentes tipos de material ejercen influencia en la selección del sistema de manejo de material. En el caso de una distribución de posición fija, el producto es

grande y pesado, y entonces permanece en una localización sencilla durante la mayor parte del tiempo de su fabricación. Los sistemas de manejo de materiales para este tipo de producción son grandes y frecuentemente móviles: grúas, montacargas y vagones.

En la distribución de proceso, hay una variedad de productos manufacturados y las cantidades hechas por producto son medias o pequeñas. El sistema de manejo de material debe ser flexible y programable para tratar con las variaciones. Vagones manuales y plataforma de carga móviles son comúnmente usadas.

Finalmente, la producción en flujo generalmente es la producción de un producto estándar en relativamente alto volumen. El sistema de manejo de material generalmente exhibe las siguientes características: instalación fija, ruta fija y mecanizada o automática. Es frecuentemente un sistema de entrega y almacenamiento.

Sistemas de bandas transportadoras son frecuentemente usadas para transportar el producto en este tipo de producción ya que los materiales siguen una ruta fija.

4.2.2 SISTEMA DE MANEJO PRIMARIO

El sistema de manejo primario establece el Layout (esquema de distribución de los elementos dentro de un diseño) básico del FMS y es responsable de mover partes entre estaciones en el sistema.

4.2.3 SISTEMA DE MANEJO SECUNDARIO

El sistema secundario consiste de dispositivos de transferencia, intercambiadores de pallets y mecanismos similares que se localizan en las estaciones de trabajo del FMS. Su función es la transferencia de material del sistema primario a la estación de trabajo.

4.2.4 CONFIGURACIONES DE LAYOUT DE UN FMS

La mayoría de las configuraciones de un sistema de manufactura flexible actualmente se pueden agrupar en:

- a) Layout de tipo en línea,
- b) Layout de lazo,
- c) Layout de escalera,
- d) Layout de campo abierto y,
- e) Celda centrada en un robot

4.2.4.1 LAYOUT EN LÍNEA

Las máquinas y el sistema de manejo de materiales están arreglados en una línea recta. Las partes se mueven de una estación de trabajo a la otra en una secuencia bien definida, con trabajo siempre moviéndose en una dirección sin flujo de regreso.

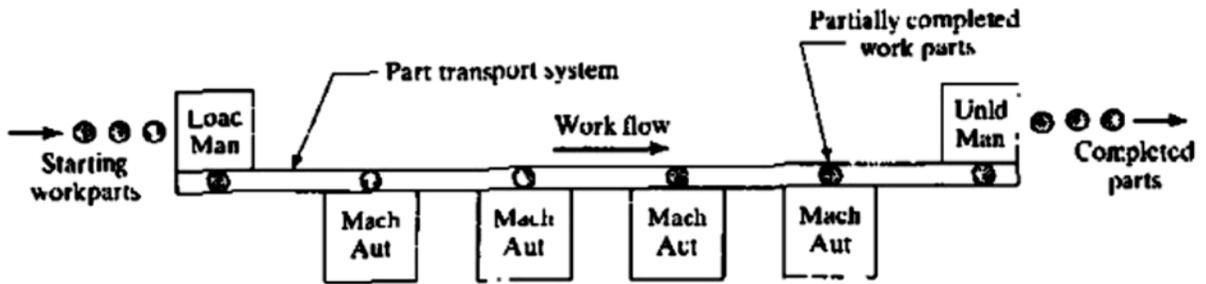


Figura 4.1 Layout en línea

4.2.4.2 LAYOUT DE LAZO

Las estaciones de trabajo están organizadas en un lazo que es servido por un sistema de manejo de partes en la misma forma de trayectoria cerrada. Las partes normalmente fluyen en una dirección alrededor del lazo con la capacidad de detenerse y ser transferidos a cualquier estación.

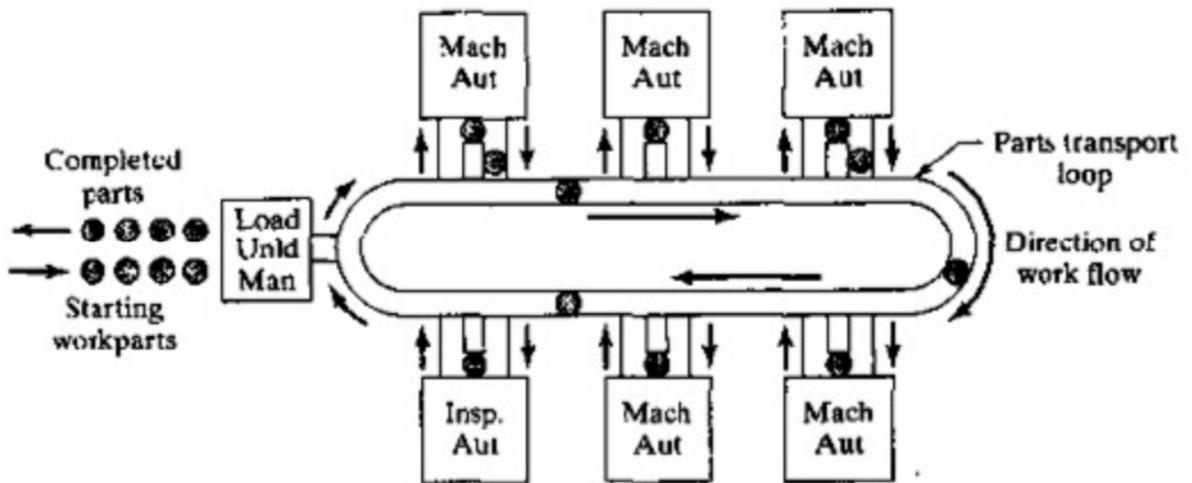


Figura4.2 Layout de lazo

4.2.3.3 LAYOUT DE ESCALERA

Consiste de un lazo con anillos entre secciones recatas del lazo, entre los cuales la estación de trabajo está localizada. Los anillos incrementan los posibles caminos de ir de una máquina a la próxima y no requerir sistemas secundarios. Esto reduce la distancia promedio de viaje entre estaciones y minimiza el congestionamiento del sistema de manejo de materiales.

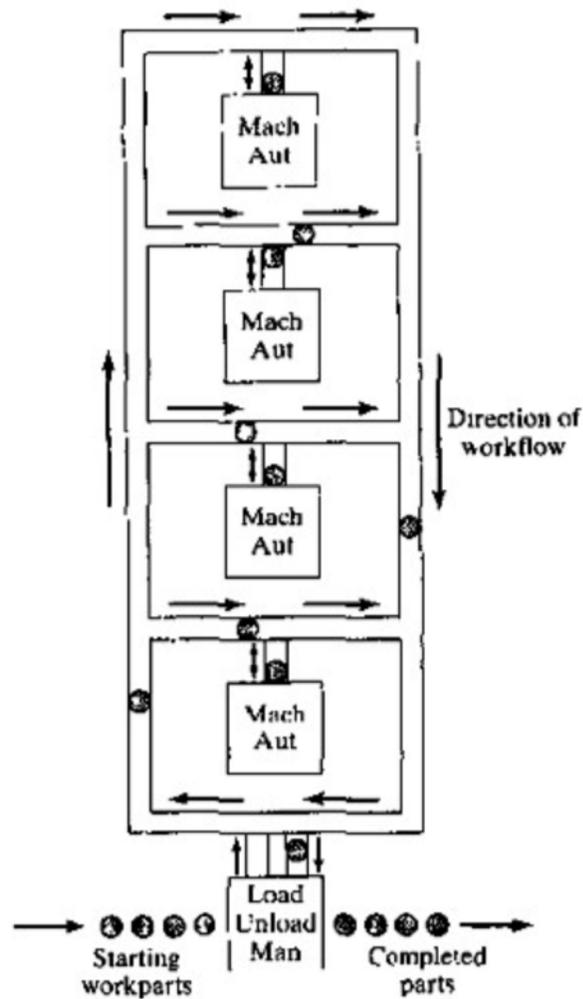


Figura 4.3 Layout De Escalera

4.2.3.4 LAYOUT DE CAMPO ABIERTO

El Layout de Campo abierto consiste de múltiples lazos y escales y pueden incluir caminos laterales. Este tipo de layout es normalmente apropiado para procesar grandes cantidades de familias de partes. El número de máquinas diferentes puede ser una limitante y las partes son ruteadas a diferentes estaciones de trabajo dependiendo de cuál está disponible primero.

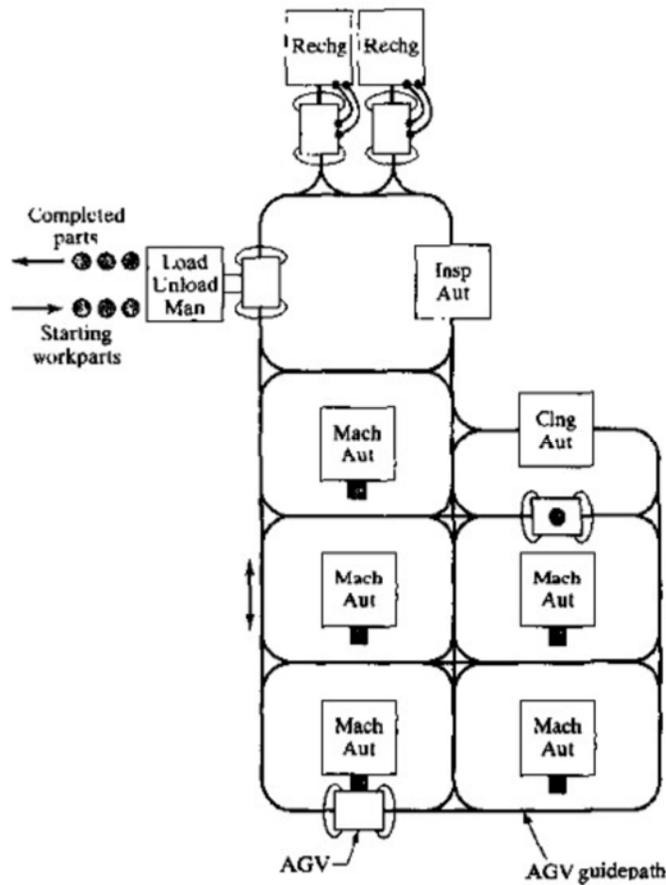


Figura 4.4 Layout de campo abierto

4.2.3.5 LAYOUT CENTRADO EN ROBOT

Usa uno o más robots industriales como sistema de manejo de material. Estos robots pueden estar equipados con efectores finales que permiten un mejor manejo de partes.

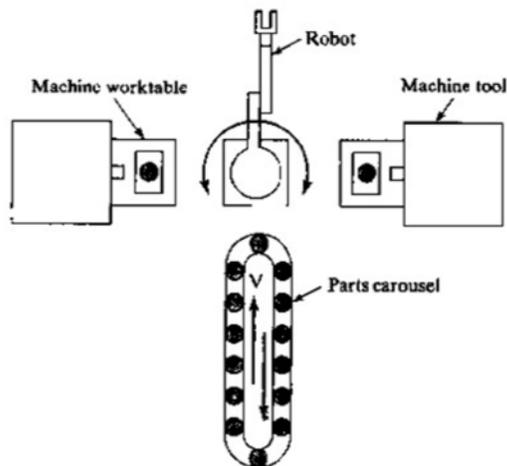


Figura 4.5 Layout centrado en robot

4.3 TRANSPORTADORES

Un sistema transportador es usado cuando materiales deben ser movidos en cantidades relativamente grandes entre locaciones específicas sobre un trazo fijo. Más sistemas transportadores son poderosos para mover las cargas a lo largo del camino; otros transportadores usan la gravedad para causar que la carga viaje de un punto elevado a otro punto más abajo. Con respecto a las características listadas, las transportadoras tienen los siguientes atributos:

1. Son generalmente mecanizadas, y algunas veces automáticas,
2. Son de posición fija para establecer las rutas,
3. Pueden estar montadas en el piso o en el aire,
4. Casi siempre están limitadas a una dirección,
5. Generalmente mueven cargas discretas y,
6. Pueden ser usadas para entrega o almacén.

4.3.1 TIPOS DE TRANSPORTADORES

Con los atributos listados anteriormente, muchas variedades de soporte son disponibles.

Transportador de Rodillo. Éste es muy común. La manera del trazo consiste de una serie de tubos o rodillos que son perpendiculares a la dirección del viaje, como se ilustra en la figura 4.2. Los rodillos están colocados en un marco fijo, el cual eleva el camino arriba del nivel del piso de varias pulgadas a varios pies. Las plataformas cargadas son movidas hacia la rotación de los rodillos. Éstas pueden ser movidas por corriente o por gravedad. Las movidas por corriente son manejadas por diferentes mecanismos; bandas y cadenas son comunes. Los movidos por gravedad son arregladas de tal manera que el camino está a lo largo de una bajada suficiente para generar fricción entre rodillos. Sistemas automáticos de transportadores son útiles para mezclar y clasificar operaciones.



Figura 4.6 Transportador de rodillo

Transportador de Rueda. Éstos son similares en operación al transportador de rodillo. Sin embargo, en vez de rodillo, ruedas de patineta conectadas al marco son usadas para rodar la plataforma de carga a lo largo del camino. Las aplicaciones de este tipo de transportador son similares a la de rodillo excepto que las cargas deben ser más ligeras, ya que el contacto entre las cargas y el transportador son mucho más concentradas.



Figura 4.7 Transportador de Rueda

Transportador de Cadena. Éstas son hechas de enlaces de cadena en una configuración superior e inferior alrededor de la rueda dentada en los extremos del camino. Puede haber una o más cadenas operando en paralelo para formar el transportador. Las cadenas viajan a lo largo de los canales que proveen soporte para la cadena flexible.



Figura 4.8 Transportador de cadena

Transportador de Tablilla. Este transportador usa plataformas individuales, llamadas tablillas que son conectadas a una cadena de movimiento continuo. Aunque su mecanismo es manejado por la cadena opera como una banda. Las

cargas son colocadas en la superficie plana de las tablillas y son transportadas a lo largo de ellas.



Figura 4.9 Transportador de Tablilla

Transportador de Remolque en Piso. Estos transportadores usan carritos movidos por medio de cadenas o cables localizados en zanjas en el piso. La cadena o cable es llamado línea de remolque. Un ejemplo es presentado en la figura 4.4. La trayectoria del transportador está definida por la zanja y el sistema del cable; interruptores entre trayectorias son posibles en el sistema para alcanzar alguna flexibilidad en la ruta del manejo. Los carros usan polos de acero habituales que trabajan debajo de la superficie del piso dentro de la zanja para atraer la cadena para remolcar. Los polos pueden ser empujados fuera de la zanja para quitar el carrito para descarga.



Figura 4.10 Transportador de remolque en piso

Transportador de Carro en Pista. Estos transportadores usan carros individuales, llevando en una vía de dos rieles contenidos en un marco unos pocos pies por encima del piso. Los carros no son energizados individualmente, en vez de esto, ellos son impulsados por medio de tubos rotatorios que corren entre los dos rieles. La velocidad del carro es controlada por lo regular, por el ángulo de contacto entre la rueda impulsora y el tubo giratorio. Cuando la rueda es perpendicular al tubo, el carro no se mueve. Cuando el ángulo es incrementado hacia los 45° la velocidad se incrementa. Una de las ventajas de este sistema, comparado con otros, es que los carros pueden alcanzar relativamente alta precisión de posición. Éste permite su uso para posicionar trabajo durante la producción. Las aplicaciones de este sistema han incluido líneas de soldadura de puntos de robótica y sistemas de ensamble mecánico.

Otros tipos. Existen otros tipos de transportadores tal vez de menor importancia para nuestros propósitos en automatización. Los otros tipos incluyen toboganes, rampas, tubos, tornillos, sistemas vibratorios y caída libre.

4.3.2 RUTAS Y OTRAS FUNCIONES

Las trayectorias de los transportadores pueden ser diseñadas para operar en una dirección o en un enlace cerrado para dos flujos. El transportador de una dirección es usado para transportar cargas en una sola dirección de un punto de origen a un punto de destino. Estos sistemas son buenos cuando no hay carga que retornar. Ejemplos de esto son los transportadores de rodillo, de rueda de patín, de banda, de cadena y de gravedad. Los transportadores de lazo cerrado son usados para trayectorias de dos caminos o donde es necesario retornar los carros vacíos de la estación de descarga a la estación de carga. Éstos son usados para almacenamiento temporal de trabajo en proceso en los sistemas de producción. Ejemplos de este tipo son los tranvías aéreos, carro en pista y remolques.

4.4 SISTEMAS DE VEHÍCULOS GUIADOS AUTOMÁTICAMENTE (AGVS)

Un AGVS es un sistema de manejo de material que usa vehículos operados independientemente y son guiados a lo largo de una trayectoria definida en el piso. Los vehículos son energizados por medio de un tablero de baterías que permiten operar por varias horas (de 8 a 16) entre recargas. La definición de la trayectoria es generalmente alcanzada usando cables incrustados en el piso o pintura reflejante en la superficie del piso. La guía es lograda por sensores en los vehículos que pueden seguir los cables o la pintura.

Hay diferentes tipos de AGVS, los cuales operan acorde a la descripción precedente. Los tipos pueden ser clasificados como sigue:

Trenes sin impulsor. Este tipo consiste de un vehículo remolcado (el cual es el AGV) que jala uno o más remolques para formar un tren. Fue el primer tipo de AGVS a ser introducido y aún es popular. Es útil en aplicaciones donde grandes cargas deben ser movidas en grandes distancias en almacenes o fábricas con levantamientos intermedios a lo largo de la trayectoria. Ver figura 4.6

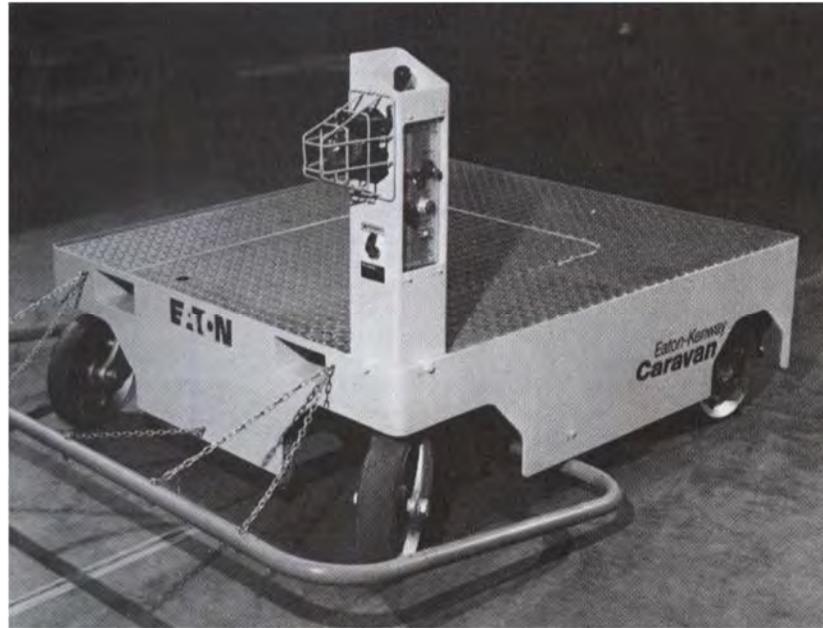


Figura 4.11 Trenes De Impulsión Agv's

Vagón de Plataforma AGVS. Vagones de plataforma guiados automáticamente son usados para mover cargas concentradas a lo largo de rutas predeterminadas. En aplicaciones típicas, el vehículo es regresado por un trabajador humano quien dirige el vagón y usa su tenedor para elevar la carga ligeramente. Entonces los trabajadores dirigen los vagones a la ruta, programan su destino y el vehículo procede automáticamente para descargar. La figura 4.7 ilustra este tipo de AGVS.



Figura 4.12 Vehículo De Tenedor Para Levantar Cargas

Transportador de Carga Unitaria AGVS. Este tipo es usado para mover cargas unitarias de una estación a otra. Ellos frecuentemente son equipados para carga y descarga automática por medio de rodillos energizados, bandas en movimiento, plataformas mecanizadas u otras fuentes. Este AGVS puede observarse en la figura

4.8. Variaciones en estos AGVS incluyen AGVS de cargas ligeras y AGVS de líneas de ensamble.



Figura 4.13 Transportador de Carga Unitaria

4.4.1 APLICACIONES

Los AGVS son usados en un número creciente y variedad de aplicaciones. Se agrupan las aplicaciones dentro de las siguientes categorías:

Operaciones de trenes sin manejador. Esto envuelve el movimiento de grandes cantidades de material sobre distancias relativamente grandes. Por ejemplo, los movimientos son entre almacenes o edificios. Es un método eficiente para grandes cantidades.

Sistemas de Distribución/Almacenamiento. Transportadores de unidad de carga y vagones son típicamente usados en estas aplicaciones. Estas operaciones de almacenamiento y distribución envuelven el movimiento de materiales en cargas unitarias. Los AGVS entregan el material de entrada desde el muelle de recibo para los AS/AR (sistemas de almacenamiento/recuperación), los cuales colocan los artículos en almacén, y los AS/AR recuperan cargas unitarias del almacén y las transfieren a vehículos para entregar al muelle de embarque.

Operaciones de líneas de ensamble. AGVS son usados en un número creciente de aplicaciones en líneas de ensamble. En estas aplicaciones, el rango de producción es relativamente bajo (tal vez de 4 a 10 minutos en la estación de la línea) y hay una variedad de modelos hechos en la línea de producción. Entre las estaciones de trabajo, componentes son agrupados y colocados en el vehículo para las operaciones de ensamble que van a ser desarrolladas en el producto parcialmente completado en la siguiente estación. Las estaciones son generalmente configuradas en forma paralela para adherir flexibilidad a la línea.

Sistemas de Manufactura flexible. Otra aplicación creciente de la tecnología AGVS es en sistemas de manufactura flexible (FMS). En esta aplicación los vehículos guiados son usados como sistemas de manejo de materiales. Los vehículos entregan trabajo desde el área de entrada a las estaciones de trabajo en el sistema. En una estación de trabajo, el trabajo es transferido desde la plataforma del vehículo dentro de la estación del área de trabajo para procesar. Para completar el proceso, por la

estación un vehículo retorna y levanta el trabajo para luego transportarlo a la siguiente área.

4.4.2 DESARROLLO DE FUNCIONES DE LOS AGVS

Hay varias funciones que deben ser desarrolladas para operar cualquier AGVS satisfactoriamente. Esas funciones son:

Guía y Ruta del Vehículo. El término guía se refiere al método por el cual las trayectorias del AGVS son definidas y el sistema de control del vehículo sigue la trayectoria. Como se indicó anteriormente, hay dos métodos principales para definir los trazos a lo largo del piso: guía incrustada y tiras pintadas. De los dos tipos la guía incrustada es la más común. El uso de tableros de control de microprocesador ha liderado al desarrollo de una característica llamada cálculo total. Este término se refiere a la capacidad del vehículo para viajar a lo largo de una ruta que no sigue la trayectoria del todo definida. El microprocesador computa el número de vueltas de la rueda y la operación del motor para mover a lo largo del trazo deseado.

Control y Seguridad del Tráfico. El propósito del control del tráfico para un AGVS es prevenir colisiones entre vehículos viajando a lo largo de la misma guía en una planta. Este propósito es usualmente alcanzado por medio de un sistema de control llamado sistema de bloqueo. El término bloqueo sugiere que un vehículo viajando a lo largo de un trazo dado es de alguna manera prevenido de impactar cualquier otro vehículo. Hay varios medios en AGVS para bloquear: sensor de tablero y zona de bloqueo.

Administración del Sistema. Administrar las operaciones de un AGVS trata principalmente con el problema de vehículos sin rutas hacia puntos en el sistema donde ellos son necesitados en una manera eficiente. La función de la administración del sistema depende de la fiabilidad de la operación.

4.5 SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO AUTOMÁTICO

En la siguiente sección se examinará cómo los materiales son almacenados en una fábrica o almacén por medios mecanizados o automatizados. Los primeros ejemplos de sistemas de almacenamiento automáticos son los sistemas de almacenamiento/recuperación (AS/AR) y sistemas de carrusel.

4.5.1 DESARROLLO DE LOS SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO

El objetivo general de un sistema de almacenamiento es bastante obvio: almacenar materiales por un cierto periodo de tiempo. Los tipos de material que son almacenados por más empresas están listados en la tabla 5. Las categorías de la 1 a la 5 pertenecen al producto, las categorías del 6 al 7 se relacionan con el proceso y las categorías del 8 y 9 se refiere al soporte total. Diferentes métodos de almacenamiento se requieren para los varios tipos. La función del almacén es generalmente llevado en maneras que generalmente son ineficientes e inadecuadas en términos de control. Métodos automáticos son disponibles para esas firmas dispuestas a tratar el problema de almacén con la atención merecida.

	Tipo	Descripción
1	Materia Prima	Materia prima a ser procesada o ensamblada
2	Partes compradas	Partes de vendedores a ser procesadas o ensambladas
3	Trabajo en proceso	Partes parcialmente completadas entre operaciones
4	Producto terminado	Producto terminado listo a ser embarcado al cliente
5	Retrabajo y desperdicio	Partes que estan fuera de especificación
6	Herramientas	Herramientas de corte, escantillones, soldadura y otros
7	Partes sobrantes	Partes sobrantes utilizadas para reparar maquinas
8	Suplementos de oficina	Papel, formas, y otros artículos
9	Record de la planta	Record de productos, mantenimiento, etc.

Tabla 1 Tipo de Materiales típicamente almacenados

El desarrollo del sistema de almacén debe ser suficiente para justificar los gastos envueltos. Hay unos criterios por los cuales sistemas automáticos pueden ser medidos. Estos criterios incluyen:

- **Capacidad del Almacén.** Es el número total de cargas individuales que se esperan para ser almacenadas. Esto es determinado por el tamaño del sistema de almacén relativo al tamaño físico.
- **De lado a lado del sistema.** Puede ser definido como el número de cargas por hora que el sistema puede recibir y colocar en el almacén, y recoger y entregar en la estación de salida. Esas dos actividades pueden ser hechas separadamente o combinado dentro de un ciclo.
- **Utilización.** Se define como el porcentaje de tiempo que el sistema está en uso comparado al tiempo que es utilizado. La utilización es esperada para variar a través del día, como requerimientos varían de hora a hora.
- **Confiabilidad.** Es el porcentaje del tiempo que el sistema es capaz de operar comparado al tiempo programado normalmente. Mal funcionamiento del equipo, tanto electrónico como mecánico que saca al sistema de operación.

4.5.2 SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE ALMACENAMIENTO Y RECUPERACIÓN (AS/AR)

Un sistema de almacén/recuperación automático (AS/AR) es definido por el Material Handling Institute como: Una combinación de equipo y control, los cuales manejan, almacenan y recuperan material con precisión y velocidad bajo un grado de automatización definido.

AS/AR son clientes-planeados para cada aplicación individual, y ellos caen dentro de su complejidad en pequeños sistemas mecánicos que son controlados manualmente para sistemas muy grandes controlados por computadora que son completamente integrados.

AS/AR consisten en un una serie de almacenes aislados que son servidos por uno o más máquinas de almacén/recuperación (S/R), usualmente una maquina S/R por isla. La isla tiene anaqueles de almacenamiento para los materiales a ser almacenados. Los S/R son usados para entregar materiales al almacén y recuperar

materiales desde el anaquel. Varias categorías de Sistemas AS/AR pueden ser distinguidos:

1. Unidad de carga AS/AR,
2. Minicarga,
3. Tablero en mano,
4. Sistemas automáticos de recuperación de artículos y,
5. Línea profunda

4.5.2.1 COMPONENTES BÁSICOS DE UN AS/AR

Todos los componentes AS/AR automáticos consisten de ciertos bloques básicos usados para todas las categorías descritas anteriormente. Estos componentes son:

- Estructura del almacén
- Máquina del almacén/recuperación
- Módulos de almacén
- Estaciones de carga y descarga

4.5.2.2 CONTROLES DE AS/AR

El principal problema de control en operaciones de AS/AR es posicionar la máquina S/R con una tolerancia aceptable en el compartimiento del almacén en la estructura para depositar o recuperar una carga específica. Las localizaciones de material deben ser determinadas para dirigir la máquina S/R para un compartimiento en particular. Cada compartimiento en el AS/AR es identificado por un número de locación, el cual indica la isla, posición horizontal y posición vertical en la estructura. Un esquema basado en códigos alfanuméricos pueden ser usados para este propósito. Usando este esquema de identificación, cada unidad de material que es almacenada se le da un código de identificación y referenciado a una locación particular en el sistema. El movimiento de esa locación es llamado el archivo de locación del artículo. Cada vez que una transacción es completada, un movimiento de la transacción debe ser metida al archivo de locación del artículo.

4.5.2.3 CARACTERÍSTICAS ESPECIALES

En adición a los componentes básicos del AS/AR hay otras características y componentes que son frecuentemente encontrados en esos sistemas de almacén. Esas otras características incluyen:

1. Carros de pasillos de transferencia
2. Detectores de llenado/vaciado
3. Estaciones de llenado
4. Estaciones de identificación de carga.

4.5.2.4 APLICACIONES

Muchas aplicaciones de tecnología AS/AR han sido asociadas al sistema de almacén y operaciones de distribución. Un número creciente de estos sistemas han sido usados para almacenar material entre operaciones en manufactura. Se pueden

distinguir tres áreas de aplicación para almacenes automáticos y sistemas de recuperación:

- Unidad de carga de almacén y recuperación
- Recoger
- Sistemas de almacén para trabajo en proceso

CAPÍTULO 5:

HERRAMIENTAS DE LA MANUFACTURA FLEXIBLE

En este capítulo conoceremos como es que funciona un sistema de manufactura flexible y las partes que lo componen, para tal fin utilizaremos el sistema de manufactura flexible ubicado en el Laboratorio De Manufactura Avanzada del Anexo De La Facultad De Ingeniería.



Figura 5.1 sistema de manufactura flexible ubicado en el Laboratorio De Manufactura Avanzada ubicado en el Anexo De La Facultad De Ingeniería

5.1 FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA FLEXIBLE

Para poner en marcha un sistema de manufactura flexible. Todo comienza con el plan de producción, se colocan las partes en los portapiezas, en las máquinas-herramientas se instalan las herramientas de corte que sean necesarias. Posteriormente se cargan los programas de control numérico en cada una de las máquinas que intervendrán en las operaciones por medio del sistema de cómputo, todo esto de acuerdo con las tareas programadas. Se ordena el transporte de las piezas a las máquinas que corresponde, los robots toman las piezas y las colocan en las herramientas se comienza con las operaciones de maquinado, una vez terminadas por medio del robot, se colocan las piezas en el portapiezas y la banda

transportadora las pasa a otra máquina para la siguiente operación, terminado un robot se encarga de llevar la pieza terminada al almacén.

5.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Un FMS consta de varias máquinas-herramientas controladas numéricamente por computadora, donde cada una de ellas es capaz de realizar muchas operaciones debido a la versatilidad de las máquinas-herramientas y a la capacidad de intercambiar herramientas de corte con rapidez (en segundos), estos sistemas son relativamente flexibles respecto al número de tipos de piezas que pueden producir de manera simultánea y en lotes de tamaño reducido (a veces unitario). Estos sistemas pueden ser casi tan flexibles y de mayor complejidad que un taller de trabajo y al mismo tiempo tener la capacidad de alcanzar la eficacia de una línea de ensamble bien balanceada. Los sistemas de manufactura flexible disponen de un sistema de manejo de materiales automatizado que transporta las piezas de una máquina a otra hacia dentro y fuera del sistema.

5.2.1 TORNO CNC

Torno de control numérico o torno CNC se refiere a una máquina herramienta del tipo torno que se utiliza para mecanizar piezas de revolución mediante un software de computadora que utiliza datos alfa-numéricos, siguiendo los ejes cartesianos X, Y, Z. Se utiliza para producir en cantidades y con precisión porque la computadora que lleva incorporada controla la ejecución de la pieza.



Figura 5.2 torno CNC EMCOTurn120p

Las características principales de este torno son: EMCOTRONIC TM02, motor: 2.2 / 4 kw, velocidad de 150-4000rpm, voltaje 380V, frecuencia 50/60Hz, corriente 16 A. El propósito del torno es didáctico, y su función es la de mecanizar piezas. El torno es programado y operado desde un software, desde el cual se le envía información a una tarjeta ISA, y desde allí a una interfaz de potencia, donde las órdenes provenientes del PC son convertidas a señales de potencia aceptables por los motores

5.2.2 FRESADORA CNC

Una fresadora es una máquina-herramienta de fabricación por arranque de viruta. Elimina material de un material bruto de partida utilizando cuchillas que rotan en torno a un eje, mientras que la pieza se mueve en las 3 direcciones del espacio (X-Y-Z). Esta combinación de movimientos (rotación y desplazamiento) crean la forma de la pieza deseada. Mediante los programas de Control Numérico (CNC) se puede producir más rápido, eficaz y con más exactitud.

En este caso tenemos una Fresadora con control numérico. EMCOVMC-100 motor: 600/800W carga máxima de 10kg velocidad de 10-4000rpm voltaje de 200V frecuencia de 50/60Hz, corriente de 12 A. La fresadora está programada y operada por un software desde donde se le envía información.



Figura 5.3 Fresadora EMCOVMC-100

5.2.3 MESA GIRATORIA

Dispositivo al cual se le pueden instalar pallets, y cuya función dentro del sistema de manufactura flexible es la de servir de almacén de materia prima y de almacén de espera de producto en proceso. El sistema de almacenamiento se compone de una mesa giratoria de trabajo (ESHED ROBOTEC) donde se colocan las piezas. Esta mesa puede rotarse 360° y permite controlar su posición de manera que pueda orientarse debidamente según la acción de carga o descarga que se esté realizando. En la figura 5.4 se muestra la mesa giratoria.



Figura 5.3 Mesa giratoria ESHED ROBOTEC

5.2.4 ROBOT

Scorbot ER VII es un robot articulado vertical de 5 ejes: base, hombro, codo y muñeca. En cada uno de los ejes, el robot posee un sensor de posición, un motor eléctrico y un reductor de velocidad. El sensor es un codificador óptico incremental que mide el ángulo del eje con respecto a una posición de referencia. El controlador procesa la información proveniente de cada uno de los sensores y determina el torque que se aplica a los servomotores DC. Como los motores giran a una velocidad muy superior a la velocidad requerida por el robot, es necesario utilizar un sistema de reducción de velocidad. Esto se logra mediante un sistema de transmisión armónica que dota al robot de precisión y confiabilidad.

El extremo del brazo está equipado con una mordaza general que puede ser eléctrica o neumática. La mordaza es esencialmente una "mano" con dos "dedos" que se mueven en forma paralela para atrapar objetos. Adicionalmente pueden conectarse otros elementos de actuación accionados en forma neumática, como por ejemplo, generadores de vacío, tubos de Venturi, etc.



Figura 5.5 Scrobot ER VII

5.2.5 BANDA TRANSPORTADORA

Por lo que se refiere a los elementos de transporte, su objetivo es el transporte de piezas entre las maquinas herramientas y almacenes. En este caso se usa una banda transportadora de cadena plástica.



Figura 5.5 Banda transportadora ESHED ROBOTEC

5.2.6 COMPARADOR ÓPTICO

Un comparador óptico o proyectador de perfiles es un aparato que permite medir piezas pequeñas con una pantalla translúcida. Al proyectar la pieza se produce una amplificación de la misma, esto permite una mejor medición y revisión.

Su principio de funcionamiento es la aplicación de los principios de la óptica. Lo que se hace es proyectar la sombra amplificada de una pieza sobre la pantalla translúcida, posteriormente se toman las medidas basándose en el principio y el final de la sombra proyectada.

Tiene como función reconocer las piezas después del proceso de mecanizado y comparar su estado de acuerdo a un patrón establecido como conforme. El comparador óptico consta de una cámara, caja luminosa y una videopantalla.

Es necesario contar con comparadores ópticos para llevar a cabo una adecuada revisión de los detalles de productos que contengan piezas pequeñas que no se pueden medir fácilmente o que no se pueden inspeccionar a simple vista.



Figura 5.6 Comparador óptico

5.2.6 SISTEMA DE CONTROL

El sistema de manufactura flexible incluye un sistema de cómputo distribuido que es la interface entre estaciones de trabajo y el sistema de manejo de materiales, y otros componentes. El sistema central coordina las actividades de los componentes para que las operaciones se realicen suave y fluidamente.

En este caso, tiene instalado un PLC, mediante este sistema, basado en el PLC podemos aprender a utilizar un PLC avanzado para controlar diferentes etapas de un proceso de manufactura, incluyendo las de producción, control de calidad, distribución y almacenaje.

CONCLUSIÓN

Por ultimo las conclusiones finales de este trabajo son las siguientes: partimos de lo que son las partes más importantes de los sistemas de manufactura flexible, ya que agrupan muchos elementos de la manufactura pero en forma de un sistema automatizado.

Consisten en celdas de manufactura que utilizan robots industriales que dan servicio a las máquinas de control numérico computarizado, que además interactúan con los sistemas automatizados de manejo de materiales.

También conocimos que los elementos básicos de los sistemas de manufactura flexible son:

1. Estaciones de trabajo
2. Manejo y transporte automatizado de los materiales y piezas
3. Sistemas de control

Por otro lado, tenemos el control numérico por computadora que son sistemas automatizados de máquinas-herramientas las cuales son operadas por medio de comandos que suelen ser programados.

Los robots son máquinas formadas por mecanismos con diversos grados de movimiento, que tienen la apariencia de uno o varios brazos que terminan con una muñeca, que es capaz de sujetar una pieza o una herramienta. Los robots industriales son una parte importante de los sistemas de manufactura flexible.

En el manejo de materiales están comprendidas todas las operaciones relacionadas con el movimiento de las piezas o productos por medio de maquinaria, que se utiliza para guiarlos a través de los procesos. El manejo de materiales es muy importante en los procesos de manufactura que se llevan a cabo en los sistemas de manufactura flexible y ocurre cada vez que un material o parte es transportado para ser mecanizado y terminar siendo un producto terminado. Es transportado de un lugar a otro. Durante la elaboración de un producto, sus componentes se trasladan dentro de estaciones de trabajo.

Y por último conocimos un sistema de manufactura flexible ya puesto en marcha, para comprender como la manufactura flexible se apoya en las herramientas que anterioridad se describieron.

.

BIBLIOGRAFÍA

Groover, Mikell P, **Fundamentos De Manufactura Moderna**, Ed. Prentice hall 1ra. Edición. México 1997

Barrientos, Antonio, **Fundamentos De Robótica**, McGraw-Hill, Madrid, 1997

Groover, Mikell, **Robótica Industrial, Tecnología, Programación Y Aplicaciones**, Ed. McGraw-Hill. México, 1994

Gutiérrez Garza, Gustavo, **Justo a Tiempo y Calidad Total, Principios y Aplicaciones**, 5ta Edición. Ediciones Castillo S. A. de C. V, México, 2000

William. Maynard, K. Hodson, **Manual Del Ingeniero Industrial**. Tomo II. Ed. Mac Graw Hill, 4ta Edición, México, 2001

Black, J. T, **Factory With A Future**, Ed, McGraw-Hill Book Co. New York. 199

Black, J. T, **An Overview Of Cellular Manufacturing Systems And Comparison To Conventional Systems**, Ed. Industrial Engineering, 1983.

Chang, T.-C. Wysk. R. A., and Wang, H.-P, **Computer-aided Manufacturing**, Ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs. N.J, 1991.

Choobineh, F. and Suri. R, **Flexible Manufacturing Systems: Current Issues and Models**, Ed. Industrial Engineering and Management Press, Institute of Industrial Engineers, Norcross. Ga.. 1986.

Gallagher, C. C. and Knight. W. A, **Group Technology**, Ed. Butterworth & Co. (Publishers) Ltd, London, 1973.

Goddard. W. E, **Just-in-Time: Surviving by Breaking Tradition**, Ed.Limited Publications. Inc., Essex Junction, 1986.

Schey,.John A, **Procesos de Manufactura**, Ed McGraw-Hill. 3ra Edición. México

Amsted, B.H, **Procesos de Manufactura Versión SI**, Ed CECSA, México