



10

26

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
'ARAGON'

**PERSPECTIVA Y UNA REPROSPECTIVA
DE LA ROBOTICA
(APLICACION EN UN CASO PRACTICO)**

T E S I S

Que para obtener el Título de:
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
(AREA INDUSTRIAL)**

Presentan:
**JOSE JUAN CARAPIA RUIZ
VICTOR MANUEL MARTINEZ RAMIREZ**

Director de Tesis:
Federique Jauregui Renaud

FALLA DE ...
San Juan de Aragón Edo. de Méx.

1995



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A través de las presentes líneas quiero hacer patente mi más profundo agradecimiento y reconocimiento a la Universidad Nacional Autónoma de México, a mis profesores y compañeros; por sus valiosas enseñanzas y consejos que se sirvieron brindarme.

A mis padres: Estela y Juan

Con el más profundo respeto, amor y agradecimiento eternos; por sus desvelos, cariño, comprensión, apoyo, motivación y todo el cúmulo de situaciones que solo ellos en ese carácter me han dado.

A mi hermana: Silvia

Por su ayuda en todo momento.

A mis tías(os) y demás parientes:

Con mucho afecto. Jose Juan Carapia Ruiz.

He aquí la culminación de un esfuerzo logrado con varios años de dedicación y entrega; con el que quiero brindar un agradecimiento a todas estas personas que estuvieron conmigo a lo largo de ese tiempo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, Profesores y compañeros por sus valiosas enseñanzas y consejos.

A mis padres y hermanos por sus desvelos cariño y comprensión sin interés alguno.

A ti esposa por tu apoyo y entrega durante ese tiempo.

Sinceramente VICTOR M. MARTINEZ RAMIREZ

INDICE

II. OBJETIVO

I. FUNDAMENTOS DE AUTOMATIZACION

Objetivo: Comprender los factores involucrados en la automatización, su factibilidad y sus aplicaciones.

- 1.1. Conceptos y aplicaciones de automatización, 6
- 1.2. Automatización de los sistemas productivos y operativos, 10
- 1.3. Impacto económico, tecnológico, productivo y humano, 23
- 1.4. Factibilidad en la automatización, 25

II. SISTEMAS DE AUTOMATIZACION BASICOS

Objetivo: Identificar cada uno de los sistemas de impulsión y su control.

- II.1. Sistema neumático, 27
- II.2. Sistema hidráulico, 30
- II.3. Control de fuerza proporcional (FPC), 35
- II.4. Control inercial, 36
- II.5. Sistema eléctrico, 40

III. FUNDAMENTOS DE ROBOTICA

Objetivo: Comprender los factores involucrados en la robótica, su factibilidad y sus aplicaciones.

- III.1. Evolución de la automatización y robótica, 45
- III.2. Estado de la robótica y su perspectiva, 49
- III.3. Análisis del robot, 54
- III.4. Aplicaciones y factibilidad, 63

IV. EL ROBOT Y SUS ELEMENTOS

Objetivo: Analizar el sistema de control, las partes principales de manipulación y sensores del robot.

- IV.1. Sistema de control y componentes, 68
- IV.2. Análisis y control del sistema móvil, 83
- IV.3. Mecanismo manipulador del robot, 92
- IV.4. Sensores, 102

V. PROGRAMACION DE ROBOTS Y LENGUAJES

Objetivo: Conocer y manejar los lenguajes y sistemas de programación de robots.

- V.1. Programación del robot, software y lenguajes, 119
- V.2. Inteligencia artificial, 139

FALLA DE ORIGEN

VI.- FUNDAMENTOS PARA LA IMPLANTACION

Objetivo: Analizar las variables para la selección, instalación y mantenimiento del robot.

- VI.1 Identificación de aplicaciones potenciales en planta, 139
- VI.2 Selección del robot, criterios tecnológicos, productivos, competitivos y sociales, 142
- VI.3 Análisis económico, financiero y humano, 145
- VI.4 Instalación, 152
- VI.5 Seguridad, capacitación, mantenimiento y calidad, 155

VII.- PROSPECTIVA DE LA ROBOTICA Y SUS IMPLICACIONES

Objetivo: Analizar el impacto de la automatización y la robótica en sistemas productivos u operativos.

- VII.1 Productividad y competitividad, análisis del PDCS (Precio, Oportunidad, Calidad y Servicio), 164
- VII.2 Impacto internacional en la competitividad, 167
- VII.3 Prospectiva de la robótica, 168

VIII.- EL ROBOT APLICADO A LA MANUFACTURA

Objetivo: Analizar la factibilidad de automatización en tareas relacionadas con la manufactura.

- VIII.1 Introducción, 170
- VIII.2 Causas que originaron la necesidad de automatizar, 171
- VIII.3 Selección del proceso a automatizar, 174
- VIII.4 Propuesta de automatización, 182
- VIII.5 Resultados obtenidos al implantar la automatización, 200

CONCLUSIONES , 216

APENDICES

- A Simbología Neumatica - Hidraulica, 217
- B Glosario de términos usados en los robots, 219
- C Glosario de términos usados en robótica y computación, 220
- D Funciones preparatorias de acuerdo a Normas I.S.O para el Control Numérico, 222

BIBLIOGRAFIA , 224

FALLA DE ORIGEN

INTRODUCCION

El alto grado de competitividad de los diversos sectores de producción de bienes y servicios que actualmente ofrecen las relaciones entre países desarrollados y en vías de desarrollo, demandan de la ingeniería en cualquiera de sus disciplinas y en particular del ingeniero industrial, una formación profesional actualizada para que México alcance su integración social y económica.

La situación actual del país plantea la necesidad de contar con recursos humanos de alto nivel académico generados por instituciones de educación superior en este sentido la ENEP-ARAGON está comprometida a formar ingenieros capaces de desarrollar actividades de diseño, montaje, operación, mantenimiento e innovación de tecnología de sistemas en áreas de desarrollo actual como robótica, microelectrónica, control automático, automatización; así como de fortalecer el desarrollo de sistemas industriales de producción, de servicios, de maquinaria y equipo pesado, y en general de sistemas mecánicos, eléctricos e industriales.

Por tal motivo siendo la materia de **Automatización y Robótica** una de las asignaturas que se encuentran en pleno desarrollo técnico e industrial, se precisa de una revisión y actualización continua de su estructura y contenido. En razón de lo anterior, es evidente la necesidad de proponer y realizar una nueva estructura del temario acorde con la evolución de la tecnología, equipos e información que permita una preparación más eficiente del egresado de la ENEP-ARAGON propiamente en el área industrial. Con todo esto, la presente tiene una finalidad en primer lugar hacer una propuesta fundamentada y respaldada en lo anterior para modificar el contenido del temario **Automatización y Robótica** incluida en el plan de estudios de la carrera **Ingeniería Mecánica Eléctrica (área Industrial)**.

Por otra parte, con la creación de este material esperamos contribuir en la preparación de las generaciones que nos preceden en la carrera de Ingeniería Industrial, estamos avanzando y dando el primer paso hacia la generación de textos acordes con el entorno tecnológico y con el programa de la asignatura de **Automatización y Robótica**.

El objetivo general de estos fundamentos es el de proporcionar un elemento bibliográfico de consulta, en vista de que a la fecha no existe un texto que cubra un porcentaje elevado del total de los temas que conforman la nueva estructura del temario propuesto, independientemente de que la mayoría de los títulos posibles de consulta se presentan en otro idioma.

Una vez concluida la presente, los actuales y futuros estudiantes del área industrial tendrán la oportunidad de estar más enfocados a la realidad que vive nuestro país.

En una sociedad como la nuestra en donde se hacen esfuerzos por reducir la brecha que nos separa de los países altamente industrializados y para hacer frente a la pronta llegada del Tratado de Libre de Comercio. Es una necesidad innegable y de importancia inusitada la preparación de personal altamente

actualizado y a la vanguardia de los procesos tecnológicos; además deberán poseer una vocación clara y profunda para con la sociedad, pues la moderna profesión de Ingeniería Industrial demanda no solamente conocimientos científicos, tecnológicos y humanos importantes, sino la capacidad de imaginación, creatividad e inventiva para crear nuevos procesos que realicen obras, productos y sistemas con ética, calidad, productividad y con espíritu nacionalista.

El objetivo de esta tesis es presentar en un nivel que corresponde a la Ingeniería Industrial a nivel licenciatura, los conocimientos básicos de la Automatización y Robótica.

Habiendo sido planeado como libro de texto, se hace principal hincapié en exponer sencilla y claramente los principios fundamentales que servirán de base al alumno para consultar textos más avanzados, facilitando al alumno la comprensión y asimilación de estas bases por medio de presentaciones gráficas (fotos, dibujos, y esquemas).

En el capítulo I se establecen los factores involucrados en la automatización, su factibilidad y sus aplicaciones, comentando algunos ejemplos reales de aplicación.

En el capítulo II se dan las bases de estudio en la elaboración de automatismos y aborda a estos desde una visión de las opciones existentes.

El capítulo III es una introducción a los robots, se tratan los factores involucrados en el conocimiento de los robots, se tratan los sistemas del robot en la clasificación por geometría del brazo y por sistema de inteligencia.

El capítulo IV analiza las partes principales de manipulación y sensores del robot, así como los restantes sistemas en la clasificación por sistema motriz, técnicas de control y control de la trayectoria.

En el capítulo V se trata la clasificación de los lenguajes disponibles y se presenta un ejemplo de programación para resolver un problema típico de manufactura utilizando el lenguaje T3.

El capítulo VI se analizan las variables para la selección, instalación y mantenimiento del robot.

En el capítulo VII se analiza el impacto de la robótica y su prospectiva.

El capítulo VIII trata las aplicaciones del robot en las tareas de manufactura.

I FUNDAMENTOS DE LA AUTOMATIZACION

I.1 CONCEPTOS Y APLICACIONES DE AUTOMATIZACION

CONCEPTOS BASICOS DE LA AUTOMATIZACION

El *primero* es el concepto de producción continua, el cual ha sufrido grandes oscilaciones en toda clase de industrias; pero que tiene largo camino por recorrer en muchas otras. La producción continua no logra por sí sola que una fábrica sea automática. Si se observan algunas cadenas de montaje, que son ciertamente ejemplos de producción continua, se comprende que está aún muy lejano el empleo de los otros dos conceptos básicos de la fábrica del futuro.

El *segundo* de tales conceptos es la sustitución del sentido perceptivo y muscular de los hombres por energía mecánica. (Utilizando la palabra mecánica como un término meramente convencional, para abarcar los medios mecánicos, eléctricos, electromecánicos, electrónicos, hidráulicos y neumáticos.) La historia del desarrollo del sistema fabril e industrial ha sido en gran parte la de la sustitución de la energía muscular por la energía mecánica. El movimiento siguiente en nuestra evolución (y existen señales de que viene tan de prisa que podíamos considerarla como una revolución) es la sustitución por la energía mecánica de los sentidos de la vista y del oído de los hombres y lo que es más importante, de lo que los psicólogos llaman <properepción>, o sea, la habilidad constante de hacer juicios en cuanto a la posición de cualquier objeto en el espacio y ajustar lo que deben hacer en aquella posición.

Tal mecanización es mucho más que elevar o transportar, porque *siente*, es decir, aplica la información recibida sintiendo y ajusta en consecuencia el trabajo muscular que ya ha sido hecho por la energía mecánica.

Consideremos un ejemplo del sentido de <properepción>. En una industria altamente mecanizada que llamaremos fábrica X, un grupo de obreras ponen arandelas y otros accesorios en bujías de autos a medida que pasan sobre una cinta transportadora. Desde el punto de vista físico es un trabajo muy sencillo. Lo que hacen estas obreras es establecer el sentido de la relación de espacio que les permite poner los accesorios precisamente en el punto que corresponde.

Como ejemplo del sentido de percepción citaremos el siguiente: Supongamos que un grupo de obreros de una fábrica observan el nivel de un líquido, o el recorrido de un útil cortante, o buscan los defectos de una pieza de paño, y toman determinaciones según lo que ellos observan. En este caso utilizan su sentido de la vista junto con su memoria o juicio, lo cual nos conduce al tercer punto.

El tercer concepto básico de la fábrica del futuro es el sistema de control por reacción, o de circuito cerrado. Algunas personas tienen dicho sistema en su hogar, como acontece con un sistema de calefacción regulado por un termostato. Esto es en realidad un sistema de regulación por reacción o ciclo cerrado. La temperatura de la casa regula el termostato, a causa del efecto que aquélla tiene sobre el sistema de control, el cual se ha ajustado previamente para la temperatura deseada. Si la temperatura desciende demasiado la calefacción se pone en marcha; cuando alcanza la temperatura correcta, el quemador se apaga y continúa así hasta que la temperatura vuelve a descender. Este proceso se repite indefinidamente.

En una planta industrial, tal control queda ilustrado en forma muy simplificada por la figura 1.1. Supongamos que la condición crítica que hay que controlar en un proceso de fabricación es el espesor de una chapa de material plástico. El dispositivo sensorial en este caso es un indicador de espesores, el cual puede ser de indicación continua por ejemplo sensor óptico, o simplemente haciendo mediciones físicas con un micrómetro, a medida que la plancha pasa por el calibre en forma continua.

Este calibre detecta (por lo cual se parece al sentido humano del tacto) el espesor de la chapa y transmite la información al comparador y éste a su vez pasa la información a alguna clase de dispositivo de memoria, el cual puede ser una simple leva.

En algunas instalaciones en que hay que controlar muchos factores, puede ser un calculador electrónico. El dispositivo de memoria recibe la información de la situación real del proceso y la compara con lo que debería ser; en otras palabras y en nuestro ejemplo, lo que debería ser el espesor de la plancha.

Este dispositivo posee algo, además de la memoria de lo que debería ser el estado de cosas, pues recuerda lo que debe hacerse para conseguir que la situación real se corrija. Si en nuestro caso el dispositivo sensorial o sea, el calibre nos dice que la chapa es demasiado gruesa, entonces el dispositivo de memoria recuerda lo que debe hacerse en el proceso para que resulte más delgada. Pasa esta información al comparador, el cual a su vez envía al corrector.

El corrector es un telemecanismo, que primero amplifica la señal procedente del comparador (puesto que esta parte del sistema de control tiene muy poca potencia), hasta que la potencia es suficientemente grande para cambiar realmente la graduación. A continuación, el corrector, por medio de un motor o algún otro mecanismo que aplique energía, ajusta los rodillos que laminan la chapa de material plástico con el fin de adelgazarla.

Mientras tanto, el dispositivo sensorial lee continuamente el espesor de la chapa y transmite esta información al comparador. Cuando el espesor alcanza el valor que el dispositivo de memoria reconoce como correcto, este dispositivo da la señal de que no hay que bajar más los rodillos, y así sucesivamente.

El ejemplo acabado de exponer corresponde a una versión simplificada del sistema de control de circuito cerrado, tal como se aplica en la industria.

Los controles de reacción también pueden ligar entre sí dos o mas procesos para extender el funcionamiento automático a la producción total de una fábrica.

Cada vez que un empleado de una fábrica observa un proceso y actúa sobre la válvula para regular el caudal de gas del quemador de un horno, o de agua de un refrigerador, o de aire comprimido en un cilindro; cada vez que un útil hace un corte demasiado profundo, y lo ajusta ligeramente, dicho empleado actúa de sistema de control, efectuando la totalidad compleja de tareas que un sistema de control de circuito cerrado debe realizar para comportarse como un mecanismo autorregulado.

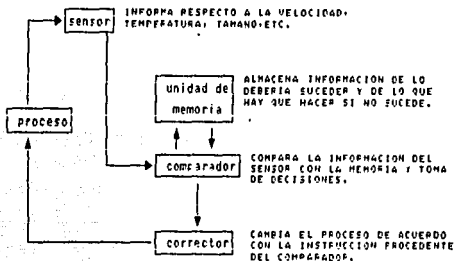


Fig. 1.1 Diagrama simplificado de un sistema de control de lazo cerrado

EL <POR QUE> DE LA AUTOMATIZACION

¿Por qué la fábrica automática está en la mente de tantas personas en la actualidad? Existen dos razones:

La *primera* es el desarrollo de la tecnología y, todavía más importante es la evolución de nuestra manera de pensar con respecto a la tecnología, lo cual ha hecho posible hacer fábricas altamente automáticas basadas sobre estos conceptos.

Es el resultado del rápido desarrollo alcanzado en la Segunda Guerra Mundial, así como por la electrónica, la cual puede jugar un papel más importante en los conceptos de la percepción y control que hemos descrito.

Además la aplicación de la electrónica y otros sistemas de reacción a usos bélicos y a viajes espaciales ha sido la causa que se vean posibles aplicaciones de estos conceptos en la industria.

El *segundo* factor que ha promovido la idea de la fábrica automática es la situación social y económica que demanda el mayor aumento posible de productividad, el cual solamente puede obtenerse con fábricas más automáticas. Además, la situación social y económica pide una clase de trabajo más agradable, que pueda lograrse con el futuro de la automatización.

APLICACIONES DE LA AUTOMATIZACION

A continuación se comentara un proceso que fue automatizado por medio de control automático en la industria automotriz.

El alto grado de flexibilidad de la producción, es por medio de la automatización de trabajos pesados en 57 estaciones de soldadura en la cual trabajan 220 robots dando 4800 puntos de soldadura con lo cual arman las carrocerías siendo este el trabajo más duro en la industria; sin embargo, no les afecta las cargas pesadas, el ruido, la chispa, y no se cansan trabajando así las 24 horas con la misma precisión y un máximo de productividad.

Mediante una terminal móvil el técnico de turno puede verificar el ritmo de trabajo y modificarlo en caso de una anomalía. En la estación de soldadura cada carro en fabricación ya pertenece a su futuro propietario, en la carrocería se coloca un pequeño emisor que en cada etapa de montaje suministra datos para que se coloquen las partes correctas.

También en el departamento de pintura, relevaron los robots a los humanos para liberarlos de un trabajo duro.

Mediante la automatización se alcanza una flexibilidad en la producción que se pone claramente en evidencia en el montaje final, este puede ser controlado en su totalidad desde la central de mando, esta fase de acabado incluye 330 operaciones que se realizan paso a paso.

La dirección es tan flexible que en cada uno de estos pasos pueden contemplarse los deseos personales de los clientes los cuales fueron programados en la computadora, por lo que en el momento adecuado se coloca la pieza correcta. Para los diferentes modelos que se producen hay unas 30 000 combinaciones en la fase de acabado. Ver figura 1.2

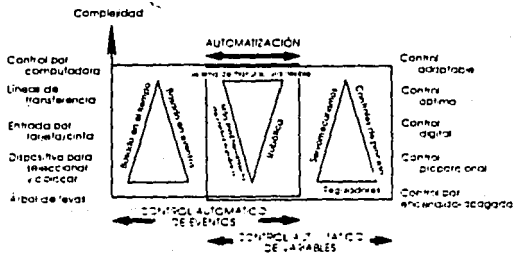


Figura 1.2. La automatización abarca el control de los eventos y el control de las variables

FALLA DE ORIGEN

I.2 AUTOMATIZACION DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS Y OPERATIVOS

CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Por mecanización del proceso tecnológico se entiende la sustitución del trabajo manual que se gasta directamente para la fabricación de los productos, por el trabajo de las máquinas.

Por automatización se entiende la sustitución del trabajo manual durante el mando y el mantenimiento de las máquinas y sus sistemas y los procesos de producción en general, por el trabajo de los aparatos y dispositivos automáticos. El grado de mecanización y automatización de los procesos de producción puede ser parcial e integral.

Denominase *máquina automática* la máquina de trabajo sujeta a autocontrol, la cual, desarrollando el proceso tecnológico, efectúa todas las carreras de trabajo y en vacío del ciclo de trabajo.

Denominase *semiautomática* la máquina que trabaja con el ciclo de trabajo automático, cuya repetición requiere la participación del operador.

La automatización de una cadena de montaje suele empezar a plantearse cuando el volumen del producto es lo bastante elevado y la vida que se prevé para el mismo lo bastante larga como para justificar el gasto que es necesario realizar para llevarla a cabo. Si la automatización se realiza en forma correcta, no se reducirá únicamente la propia cadena de montaje, lo cual puede hacer aumentar la productividad diaria, sino que también se hará disminuir el coste de fabricación del producto.

Por su parte, al ser el producto más barato, es muy posible que aumente la demanda, ya que la mayor parte de la gente desea comprar el producto que tenga el precio más bajo. Las industrias que fabrican equipos electrónicos y de semiconductores constituyen un ejemplo de lo dicho anteriormente.

Normalmente existe más de un único método para resolver los problemas más importantes que plantea la fabricación. Es necesario, por tanto, decidir el método que se va a adoptar; pero el objetivo más importante a tener en cuenta cuando se va a considerar la automatización de un proceso determinado es el de asegurarse de que éste se conoce a fondo. La principal causa de fallos en el diseño de sistemas automáticos no suelen ser los errores en el propio diseño, sino los errores de la comprensión, anticipación y especificación de los requerimientos del sistema anteriores al diseño. El mejor controlador de punto a punto no sirve para nada si se elige y se utiliza de forma incorrecta; por tanto, es importante especificar adecuadamente lo que se va a controlar, y la forma en que se va a controlar, antes de especificar cuál va a ser el propio controlador. La utilización de la electrónica en los sistemas de control ha hecho posible que se pueda efectuar el control de casi cualquier operación de forma fácil y efectiva. Hoy día no resulta de tanta importancia el determinar si es posible controlar el funcionamiento de un proceso, como el decidir qué hardware físico va a utilizarse para realizar el control.

Una vez que se ha determinado esto último, es casi seguro que el proceso o la operación podrán controlarse mediante una PC.

REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

El primer paso consistirá en determinar los requerimientos o necesidades generales del control. Por ejemplo, si concluimos que una máquina autosuficiente, con su propio controlador, es perfectamente capaz de realizar la tarea, entonces no habrá necesidad alguna de utilizar una compleja red de comunicaciones, con su controlador central. Por otro lado, si el proceso de montaje conlleva al uso de una gran cantidad de máquinas, las cuales ocupan una gran parte de la superficie de la planta, entonces puede resultar un requisito indispensable la utilización de la red con su controlador central.

El diseñador suele tener la tentación de añadir al sistema características opcionales, casi de lujo de lo que es realmente necesario, simplemente por el hecho de que puede disponerse eventualmente de ellos. Sin embargo, se debe comprender que la dificultad de un diseño crece paralelamente a su complejidad, y que, por tanto, es una buena costumbre el mantenerlo dentro de la mayor simplicidad posible. Esto, por ejemplo es un detalle a tener en cuenta a la hora de incluir dispositivos tales como enlaces de comunicaciones, que pueden ser necesarios pero no vitales.

DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL

Después de que se han determinado las exigencias que plantea el sistema a nivel general, puede pasarse a determinar los de la máquina de control concreta. Hasta hace poco tiempo, y debido a las exigencias que planteaban los sistemas en cuanto a comunicaciones o manipulación de datos, casi siempre era necesario el uso de microcomputadoras, a causa de la escasa capacidad de los controladores programables disponibles. Sin embargo, a medida que las capacidades de éstos últimos han ido aumentando, la línea divisoria se ha ido difuminando, y han tenido que utilizarse otros parámetros para determinar qué controlador hay que usar. Por supuesto, el primer requisito es que sea capaz de cumplir con todas las especificaciones del sistema; después, y casi con igual importancia, se encuentra el coste, la capacidad de servicio y el soporte de mantenimiento. Otra característica también importante es el desarrollo del software.

DESARROLLO DEL SOFTWARE

En primer lugar, debe determinarse el control de la máquina en términos de funcionamiento, velocidad y puntos de interface de E/S. Para ello puede ser de utilidad la confección de un diagrama de flujo de funcionamiento de la máquina. Si se utiliza una PC como controlador, la velocidad de funcionamiento puede ser un factor de gran influencia en la determinación del lenguaje de programación que se va a utilizar. Los controladores programables suelen tener su propio lenguaje.

La elección de un lenguaje de alto nivel presenta el problema de ejecutarse con más lentitud que los escritos en lenguaje ensamblador. Por tanto si la velocidad es un factor crítico del proceso, la elección será el lenguaje ensamblador. Una vez que se ha escogido tanto el procesador como el lenguaje de programación, suele ser necesario adoptar otra decisión acerca del sistema operativo que se va a utilizar. Si se va a diseñar un sistema automático de gran tamaño, suele ser más conveniente utilizar un sistema operativo ya existente, capaz de funcionar con el microprocesador concreto que se ha elegido como controlador. Cuando se trata de sistemas pequeños, es posible escribir un sistema operativo propio elemental, que se incluiría junto con el resto del programa del sistema. Sin embargo, siempre resulta mucho más cómodo utilizar un sistema operativo ya existente, los cuales suelen estar capacitados para el manejo de muchas variantes de E/S. En los sistemas grandes, el programa puede desarrollarse en un sistema separado, que simula el comportamiento del sistema real. En este caso, una vez terminado es necesario cargar el programa completo en la RAM de la PC o en una ROM permanente.

PROCESOS AUTOMATIZADOS

El ingeniero industrial puede mirar a una instalación fabril actual como una agrupación de máquinas y procesos que actúan individualmente (sin compatibilidad de grupo), proyectados por diversas personas para otra industria que carece de relación con ellas. La automatización puede, entonces, considerarse como la coordinación general de toda la instalación fabril.

Se hacen planes para obtener un control continuo sobre cada pieza. No se deja el material de trabajo entre dos operaciones. En vez de ello, o lo pasamos directamente de una máquina a la siguiente o lo cogemos con un transportador de un sistema de manipulación de materiales, proyectado para presentarlo exactamente ante cada una de las operaciones que contribuyen al proceso. Finalmente, aportamos una vigilancia de la calidad, rectificando automáticamente las operaciones contribuyentes.

Se proyecta un centro general de control que nos dice donde se producen condiciones inadecuadas. Por lo tanto, conocemos todas las razones para corregir un proceso, y las áreas donde hay que hacerlo. El alto factor de chatarra en la fabricación desaparece como partida de costos. No se permite que la manipulación de materiales marque la cadencia de producción, ni que ninguna máquina imponga su ritmo, se planea para controlar todos los elementos hacia el resultado deseado.

Al planear un nuevo proceso automatizado se debe prever que muchos, o la totalidad de los actuales métodos de manipulación de materiales, aunque sean muy adecuados para los procesos servidos por hombres, no se adaptarán al proceso automático. Se debe admitir que las máquinas del proceso anterior, proyectadas para ser compatibles con el hombre, necesitan ser modificadas en posición, función y estructura para someterlas a una jurisdicción central.

Con ayuda de estudios de tiempos y movimientos, y de otras técnicas de la ingeniería industrial, hará recomendaciones sobre la necesidad y manera de efectuar los cambios que harán factible su proceso de automatización.

El ingeniero industrial tiene que adoptar una postura desapasionada al justificar económicamente el proyecto de automatización por él seleccionado.

No debe dejarse dominar por el entusiasmo del inventor, que provocaría sospechas a una comisión de asignación de fondos con perjuicios. Cada faceta y cada alternativa debe ser expuesta de forma que se vea que ha sido estudiada y valorada.

No debe contentarse sólo con preparar una fase de un proyecto de automatización. Tampoco debe cometer el error opuesto de incluir tantos proyectos que la comisión financiera los rechace todos. En vez de esto, debe analizar un grupo de proyectos económicamente justificables y elegibles, y seleccionar uno o más de los más destacados para presentarlos a la dirección.

¿POR DONDE SE DEBE COMENZAR?

Parece evidente que el área donde radiquen los costos de fabricación más elevados debe reclamar nuestra atención en primer lugar. Sin embargo, si limitamos a ella nuestros esfuerzos, podemos perder la oportunidad mucho mayor de lograr las grandes reducciones de costo que pueden derivarse de comenzar por las materias primas y analizar sus pasos a través de la fábrica hasta que se convierten en productos empaquetados.

CUIDADO CON LAS TECNICAS Y PRACTICAS OBSOLETAS

Para desarrollar un sistema de automatización se tendrá presente lo siguiente:

1.- Cuidado con los métodos universalmente aceptados. Estas aceptaciones están impregnadas de antigüedad. Buscar en estos casos algo nuevo. Consultar diferentes proveedores.

2.- Cuidado con las máquinas estandard y las máquinas universales disponibles. Algunas veces nos encontramos con que tales máquinas han sido adquiridas de oportunidad.

Una sorprendente reducción del tamaño de la instalación, costo de manipulación de materiales y mano de obra de servicios pueden efectuarse combinando un grupo de máquinas independientes para formar un grupo integrado de automatización, en el que la pieza es sujeta en un soporte común que la introduce en la operación sucesiva con la total eliminación de la manipulación de materiales y de la mano de obra, y el equilibrado del flujo de trabajo entre operaciones.

3.- Combinar las operaciones incombinales. Investigar las excursiones que el producto hace de un departamento a otro. Se descubrirá que se eliminan las pérdidas de tiempo de arranque y parada, así como el inventario de materiales en proceso.

4.- Comenzar el estudio por las materias primas. Con demasiada frecuencia, se hallará que cuando el producto estaba en su desarrollo, muchos elementos se adquirirían como disponibles en el comercio sin evaluar su costo y utilidad, tales elementos deben someterse a un análisis de su valor. Este análisis puede combinar integralmente estos elementos o eliminarlos totalmente.

5.- Si se adquieren piezas de proveedores visitar a estos. Así nos daremos cuenta de su proceso y manipulación de materiales y de sus políticas para reducir los costos. Recuérdese que puede ser una preocupación importante tanto por su precio como el tiempo de entrega, si se quiere determinar el alcance de una instalación automatizada.

6.- No permitir que el proveedor corte el material en pequeñas piezas. Las piezas que necesariamente han de ser cortadas por razón del proceso tendrán que ser luego realineadas en una cinta adaptable al sistema de automatización, sin necesidad de manipulación de materiales, tolvas ni complicados dispositivos de orientación.

PROCESOS SUPERIORES

Ciertos métodos de fabricación destacan por su economía de material, instalaciones y mano de obra y por su compatibilidad con la automatización. Debe considerarse lo siguiente:

Las piezas de fundición pueden ser sustituidas por piezas fundidas en molde, piezas estampadas de acero, o incluso plásticos moldeados, pues una mayor uniformidad de las piezas es útil para el sistema automatizado. Puede, a veces, justificarse un aumento en el costo inicial del producto fundido, si este aumento ha de beneficiar a todas las operaciones posteriores. Los conjuntos soldados y fundidos pueden proyectarse como estampados y producirse por técnicas a partir de un suministro de material en forma de cinta continua.

El maquinado para llegar a la forma final de una pieza puede reducirse si cambiamos el proceso por otro a base de prensado en frío, sinterización, extrusión, estampado, reducción en rodillos o forja en caliente. El maquinado de roscas y estriados con arranque de viruta puede ser sustituido por procesos de roscado y estirado con rodillos, sin viruta.

FASE DEL PROYECTO FINAL

Se debe emprender la preparación de las especificaciones del proyecto final, procediendo como sigue:

- 1.- Realizar un dibujo despiezado para que se vean los componentes del producto, para exponer el proceso implicado.
- 2.- Realizar un dibujo despiezado de las etapas del proceso.
- 3.- Preparar una especificación abreviada de cada componente, dispositivo o máquina requerida.

- 4.- Preparar un diagrama sobre manipulación de materiales, esbozando los requisitos de carga y descarga para cada uno de los dispositivos especificados en la etapa 3.
- 5.- Especificar los medios de manipulación de materiales para pasar el producto de una operación a la siguiente, para cada operación o dispositivo.
- 6.- Esbozar las funciones de ingeniería de utilaje en cada dispositivo u operación.
- 7.- Establecer el ritmo de operación y desarrollar la distribución de una instalación especial integrada de automatización para eliminar un engorroso departamento de máquinas que trabajan por separado.
- 8.- Especificar los límites de tolerancia en cada etapa del sistema. Exigir un control de estas etapas, incluyendo una corrección automática en cada etapa del proceso. Hacer que la fuente de control automático indique las desviaciones de la tolerancia y las medidas para su corrección en la consola central de control.
- 9.- Integrar operaciones normalmente incompatibles directamente en la línea continua del proceso. Los procesos tales como soldadura, tratamiento térmico, recocido, temple, punzonado, taladrado, brochado, curvado e incluso montajes sucesivos, deben ser incluidos.
- 10.- Especificar las temperaturas de proceso necesarias para recocer, templar, etc., y el tonelaje necesario para punzonar o acuñar según se determine.
- 11.- Prever en cada estación el desecho de productos accesorios o derivados y separar las diversas formas de recortes o chatarra en el sistema de desecho de la manipulación de materiales.
- 12.- Rechazar los productos defectuosos en la misma estación del proceso en que el defecto se produce. Disponer medios para registrar el número y posición de los rechazos, para trasladarse rápidamente al origen de la falla.
- 13.- Especificar para cada máquina o dispositivo de proceso de la línea automática unos controles que permitan tanto una jurisdicción por consola central como un manejo por estaciones individuales. Esto permitirá que cualquier estación sea perfeccionada, ajustada y puesta a punto por separado. También permitirá que cada elemento de un sistema sea adquirido y probado en la planta del proveedor por separado.
- 14.- Especificar un centro de control maestro que tenga jurisdicción sobre todas las operaciones de las estaciones, con luces indicadoras para mostrar el progreso de cada ciclo operativo en cada máquina y la posición de las averías en todos los puntos del sistema.
- 15.- Especificar que cada máquina tenga características de auto-mantenimiento, como lubricación automática, guías antifricción y guardapolvos en todas sus partes.

TIPOS DE AUTOMATIZACION

Hay tres clases amplias de automatización industrial:

automatización fija, programable y flexible.

La automatización fija es la sustitución del ser humano por una máquina para realizar un trabajo constante y repetitivo en grandes volúmenes.

CARACTERISTICAS:

- El equipo es muy especializado y con alto rendimiento
- Se utiliza para altos volúmenes de producción.
- El costo es rápidamente amortizable, ya que puede dividirse entre un gran número de piezas.
- Los costos unitarios de fabricación se reducen en forma considerable.
- La principal desventaja es que el equipo es muy especializado y si se cambia el tipo de producto a fabricar el equipo queda obsoleto.

La automatización programable es la sustitución de los operarios por una máquina para realizar trabajos diversos de corta duración y volúmenes bajos.

CARACTERISTICAS:

- El equipo está diseñado para ser adaptable a una diversidad de productos, ya que es programable.
- Se emplea para volúmenes de producción bajos.
- El costo es rápidamente amortizable ya que puede ser repartido entre un gran número de productos.
- Muchos productos diferentes y únicos en su género pueden ser hechos en pequeños lotes.

La automatización flexible es la sustitución de uno o varios operarios por máquinas para realizar diversos trabajos en tiempo y volúmenes medios. Aquí se incluyen los sistemas de manufactura flexible (FMS) y los sistemas de manufactura integrados por computadora (CIM), que se verán con más detalle a continuación.

CARACTERISTICAS:

- El equipo está constituido por una serie de estaciones de trabajo que están interconectadas por un sistema de almacén y manipulación de materiales.
- Se emplea en volúmenes de producción medios.
- Se pueden obtener diferentes productos al mismo tiempo con el mismo equipo.

SISTEMAS DE AUTOMATIZACION FLEXIBLE

INTRODUCCION

La tecnología de FMS se origino en Europa y se ha desarrollado en las últimas dos décadas, primeramente para satisfacer los requerimientos de producción media y de alta variedad de productos. El FMS se ha desarrollado rápidamente, en 1984 el 54% de todos los FMS fueron usados para la manufactura de maquinaria y el 41% para los componentes de transporte en la manufactura. La construcción y el manejo de materiales complementan cerca del 12% en el mercado de los años 90 . La automatización flexible es actualmente factible para algunas operaciones de maquinado. Por lo tanto, el esfuerzo en el desarrollo continua para extender las capacidades del FMS en las áreas de inspección en línea, funciones múltiples o cambio rápido de las herramientas y también para operaciones de formado, tratamiento térmico y ensamble.

QUE ES UN FMS

Las definiciones son muchas pero la mejor la tiene el usuario. A continuación se presentan algunas definiciones.

- 1- Es una serie de máquinas-herramientas o equipo de fabricación trabajando junto a un sistema automático de manejo de materiales con un control jerárquico de computadoras preprogramadas y previsión para la fabricación aleatoria de partes o ensamble que están dentro de un grupo con características comunes.
- 2- Un FMS es un grupo de máquinas-herramientas de NC que pueden procesar aleatoriamente un grupo de partes, teniendo un manejo automático de materiales y un control central de computadora para balancear la utilización de recursos de tal manera que el sistema se pueda adaptar dinámicamente a cambios en la producción de partes, variedad de estos y niveles fructuantes de producción.
- 3- FMS es un sistema aleatorio de carga automática basado en la tecnología de manufactura por grupos, interactuando con un control de computadora integrado y con un grupo de máquinas para producir automáticamente y manejar las partes en un proceso en serie continuo.

Como se puede notar en las anteriores definiciones todas hacen mención a los siguientes términos: máquinas-herramientas de NC, sistema automático de manejo de materiales, control central por computadora, carga aleatoria, equipo flexible e interactuando, todos ellos ayudan a definir y dar una descripción general del FMS. El sistema de manufactura flexible esta basado en partes modulares produciendo maquinaria, máquinas-herramientas o inyectoras de plástico, por ejemplo, una gran variedad de equipos de soporte trabajando e integrados juntos bajo el control central de la computadora para producir una gran variedad de componentes en orden aleatorio.

Básicamente, el FMS esta constituido por elementos de hardware y software. Los elementos del hardware son visibles y tangibles como las máquinas herramientas de control numérico, carruseles de transporte de piezas (lotes de partes en espera de ser procesados), equipo de manejo de materiales (robots o vehículos guiados automáticamente), sistemas de remoción central de viruta y de refrigerante, sistemas de herramientas (carruseles de 2 o más herramientas), maquinas de verificación por coordenadas, estaciones de limpieza de partes terminadas y equipo hardware de computo.

Los elementos del software son invisibles e intangibles como lo son programas de NC, software de administración de tráfico de los transportadores, información de herramientas, archivos de orden de trabajo para el programa de las máquinas de verificación por coordenadas y software sofisticado para el FMS. Una distribución típica de un FMS y sus componentes principales se muestran en la figura 1.3.

Un verdadero FMS puede manipular una amplia variedad de partes sin similitud, produciendolas una a la vez, en cualquier orden como se necesite (solo algunos FMS se apegan a estas estrictas tareas). Para adaptarse eficientemente a esta modalidad, un FMS debe tener muchos tipos de flexibilidad, como para adaptarse a los requerimientos de variación de volumen y cambio en las combinaciones de piezas aleatorias, para aceptar nuevas partes, mejoras de diseño y modificaciones de ingeniería.

El FMS también requiere de flexibilidad para sobreponerse a disturbios impredecibles como por ejemplo, paros por fallas en máquinas o cambios en la programación de la producción; y la habilidad para crecer con sistemas de expansión y configuración, mejoras y alteraciones.

Estos tipos de flexibilidad son posibles através de computadoras y software apropiado para el FMS. Este software es el que actualmente controla el sistema total y provee los criterios de decisión para anticipar las necesidades de recursos, programación de la producción y responde a las actividades planeadas. Una instalación completa de FMS es aquella que es puesta bajo control computarizado para producir una variedad de productos, el FMS es el socio natural del CAM y el CIM, las cuales todas sirven para realizar un producto de el diseño a la realidad por medios más eficientes de manufactura y reducción de costos. la figura 1.4 ilustra el rango de soluciones de aplicación para un volumen dado de piezas de requerimiento variable. Un FMS es distinto de cualquier otro sistema de manufactura, como por ejemplo una línea de transferencia en aplicaciones automotrices de alto volumen de producción, esto es por la habilidad de aceptar piezas o componentes en cantidades variables en orden aleatorio.

El número de máquinas de NC en un sistema puede ser de una o dos dependiendo de las necesidades y recursos del usuario, generalmente el número de máquinas es de tres a diez, por lo tanto, el costo y el esfuerzo en la planeación, el proyecto de ingeniería, instalación, implementación y administración de un FMS es muy alto. Un FMS provee un medio para administrar y controlar los disturbios incontrolables mientras se cumple con la demanda y requerimiento del cliente.

1 CINCO CENTROS DE MAQUINADO
CON 30 HERRAMIENTAS C/U.

2 CINCO ESTACIONES DE INTERCAMBIO
DE HERRAMIENTAS-UNA POR MAQUINA
CON ENTREGA DE ESTAS POR SERVIDOR.

3 TRES SERVIDORES CONTROLADOS POR
COMPUTADORA.

4 ESTACION DE MANTENIMIENTO DE LOS
SERVIDORES.

5 DOS CARGADORES DE MATERIAL CON 10
ESTACIONES C/U, CON POSICIONAMIENTO
DUAL DE CARGA Y DESCARGA CON 30° DE
INCLINACION Y 360° DE ROTACION.

6 DOS ESTACIONES DE CHEQUEO DE MATERIAL
PARA INSPECCION DE PARTES.

7 MODULO DE INSPECCION EN LA MAQUINA
DE MEDICION POR COORDENADAS
CON BRAZO HORIZONTAL.

8 ESTACION AUTOMATICA DE LIMPIEZA
DE PIEZAS.

9 CARGA Y DESCARGA DE LA CADENA DE
HERRAMIENTAS CON MEDICION Y
CALIBRACION

10 CUARTO ELEVADO DE COMPUTADORA CON
COMPUTADORA CENTRAL, DEC VAX 8200.

11 SISTEMA DE RECOLECCION CENTRAL DE
REFRIGERANTE Y DE VIRUTAS CON
DOBLE CANAL.

----- TRAYECTORIA DE LOS CANALES

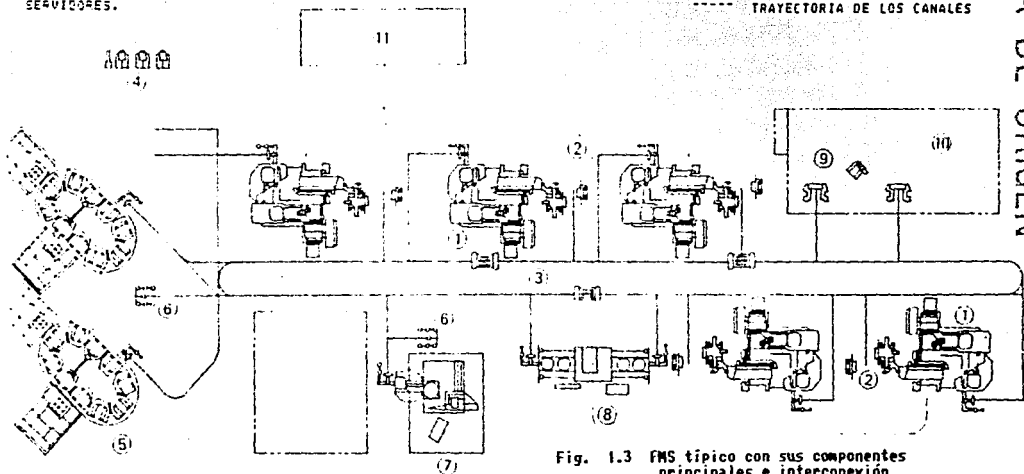


Fig. 1.3 FMS típico con sus componentes
principales e interconexión

Los objetivos principales de un FMS son:

1- Mejoramiento del control operacional através de:

- Reducción en el número de variables incontrolables.
- Proveer herramientas, reconocer y reaccionar rápidamente a desviaciones en el plan de manufactura.
- Reducción de dependencia en comunicación humana.

2- Reducir el trabajo directo através de:

- Desplazamiento de operadores de el lugar de las máquinas (sus responsabilidades y actividades pueden ser ampliadas).
- Eliminación de dependencia de operadores altamente calificados (su destreza puede ser mejor empleada en funciones de ingeniería de manufactura).
- Proveer un catalizador para introducir y apoyar operaciones de maquinado poco atendidas o sin atención.

3- Mejorar las necesidades de urgencia como:

- Cambios de ingeniería.
- Cambios en el proceso.
- Fallas de herramientas de corte.
- Paro de máquinas o indisponibilidad.
- Retrasos en el suministro de materiales.

4- Mejorar la puesta a punto de actividades prolongadas através de una rápida y fácil asimilación de:

- Cambios en el volumen del producto.
- Combinación de diferentes piezas.

5- Acrecentar la utilización de maquinaria por medio de:

- La eliminación de la puesta a punto.
- Utilización de dispositivos automáticos para reemplazar la intervención manual.

6- Reducción del inventario por:

- Reducción del tamaño de los lotes.
- Planación de las herramientas correctas para una manufactura de entrega justo a tiempo.

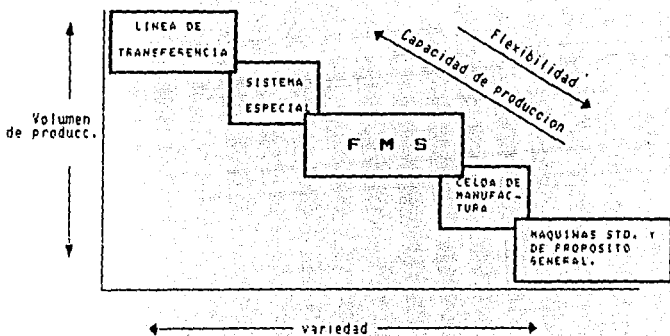


Fig. 1.4. Aplicaciones basadas en el volumen de producción y variedad de productos

I.3 IMPACTO ECONOMICO, TECNOLOGICO, PRODUCTIVO Y HUMANO

FACTORES ECONOMICO-SOCIALES

La población no solamente crece, sino que cambia de posición, así que el número de personas dedicadas al trabajo desean un crecimiento en el nivel de vida, el cual depende del aumento de productividad. A pesar de que frecuentemente se presentan casos descorazonadores, que demuestran lo contrario, parece que la realización va creciendo.

Una porción de la población espera el aumento de producción por hora-hombre, no como una cosa nefasta, sino como algo que haga posible el aumento del nivel de vida que otros han disfrutado.

También el crecimiento del nivel cultural de la población es otro factor que empuja hacia la fábrica automática. La población tiene mayor cultura en promedio, que la que tuvo en tiempos pasados. Existen relativamente pocas personas sin cultura, que no aprecien los progresos intelectuales, todo lo cual hace que el promedio de la población pida un nivel de vida intelectual más elevado. Una indicación de lo dicho es la popularidad de la educación de los adultos. Estas demandas son una realidad en las fábricas, donde los obreros emplean más horas en sus trabajos que en otro lugar. Ellos solicitan trabajos más profundos, que hagan intervenir sus potenciales intelectuales en mayor escala.

Todo esto empuja hacia la fábrica automática, porque ella ofrece el tipo de trabajo que únicamente pueden efectuarlo personas mejor instruidas y con más cultura.

IDEAS ERRONEAS SOBRE LA AUTOMATIZACION

La primera de ellas es que su costo es muy elevado. Pero este factor es un asunto relativo ya que las instalaciones resultan más económicas, porque pueden hacer más productiva la mano de obra. Por esta razón el costo de las fábricas automáticas no es un factor que se oponga a su realización.

Otro error es que creará una capacidad de producción excesiva, que resultará antieconómica y que conducirá seguramente a la depresión. Las ideas referentes a lo que constituye una capacidad excesiva están variando antes era el equipo instalado, lo cual era el factor limitador, en la actualidad lo que escasea grandemente es la mano de obra y no el equipo instalado.

Además, la legislación social ha incrementado tanto el costo de las sobrecargas sobre las fructuaciones de la mano de obra, que resulta mucho más económico tener más capacidad de instalación, incluso estando ociosa, que tener grandes fructuaciones de mano de obra.

El tercer error respecto a las fábricas automáticas es creer que el costo de su mantenimiento es prohibitivo.

Aquellas fábricas que han funcionado automáticamente demuestran que el costo de mantenimiento por unidad producida ha disminuido. El cuarto error es creer que la única ventaja real de la fábrica automática es el ahorro de mano de obra.

Donde la automatización ha producido grandes beneficios ha sido donde se hacen trabajos imposibles de realizar con personas, o sea, donde las tolerancias a que hay que ajustar son, por ejemplo tan estrechas, que el galgado mecánico y la percepción mecánica tienen que sustituir definitivamente a la percepción humana. En las industrias químicas y del petróleo, la automatización ha sufrido grandes oscilaciones; la razón de su progreso se halla en los procesos operativos de las mismas son tales que los seres humanos no pueden realizar los trabajos efectuados por sistemas de control y aparatos especiales. Si tuviéramos que limitar la fábrica automática solamente al aspecto de la mano de obra, su advenimiento hubiera sido mucho más lento de lo que ha sido en realidad.

El quinto error es creer que los talleres mecánicos no pueden ser más automáticos y que la automatización es únicamente aplicable a grandes industrias.

En los talleres dedicados a hacer series muy reducidas de productos muy diversos, se ha podido comprobar que muchas de las piezas componentes pueden construirse en serie, lo cual no es sino el preludio de una automatización parcial.

El sexto error lo expresa el fabricante que dice: <La automatización no es aplicable a mi proceso o a mi producto>.

Si tal empresario se limita a considerar únicamente su proceso actual o el diseño de su producto como una cosa invariable es evidente que hay que dejarlo de lado. Lo cierto es que puede progresar hacia la fábrica automática, si esta dispuesto a revisar su proceso, cambiándolo probablemente en su totalidad y observándolo a la luz de las posibilidades de su producto.

El séptimo error es creer que es un sitio donde el trabajo es supermonótono. Las personas están destinadas a trabajos de nivel más elevados, las operaciones repetitivas deben ser realizadas por los equipos mecánicos que se van instalando en las fábricas automáticas.

Otro error es el que la fábrica automática ocasionará mucho personal vacante.

A medida que aumenta la producción (y esto debe hacerse para estar en concordancia con el aumento de población) se crea una necesidad de personal de distribución. La distribución puede absorber, probablemente mucho más personal del que quedará liberado de los trabajos monótonos de las fábricas a medida que progresa la automatización.

OBSTACULOS EN EL PROGRESO HACIA LA AUTOMATIZACION

El primer obstáculo es la escasez de personal técnico de la clase que se necesita. No se trata simplemente de falta de técnicos corrientes, sino de personal cuyos conocimientos se extiendan en un campo suficientemente amplio para abarcar las varias técnicas necesarias en una fábrica automática.

Se ha dicho que lo que se necesita son más ingenieros especialistas, pero necesitamos también muchas especialidades técnicas y científicas que no han constituido asignaturas tradicionales en la mayoría de los cursos de las carreras técnicas.

El segundo obstáculo está íntimamente asociado con el primero. Es la falta de personas capacitadas para dirigir, especialmente en dirección técnica, que puedan concebir y comprender lo que puede hacerse y que tengan conocimientos suficientes para inspirar lo que ha de hacerse, así como coordinarlo. La industria no ha creado suficiente número de ellos, porque es difícil, y las escuelas deberían esforzarse en dar esa instrucción mucho más de lo que han hecho hasta ahora.

El obstáculo más persistente es el enemigo de la inercia o tradición, es lamentable la falta de dinamismo de algunas personas dirigentes de la industria, la falta de una realización y participación en todos los cambios que surgen a nuestro alrededor.

En el pasado los robots han sido instalados en aplicaciones que se consideraban inseguras o desagradables para los trabajadores. Si el trabajador desplazado en estas aplicaciones era capaz de encontrar mejores trabajos en mejores entornos, entonces el impacto claro de la robótica era mejorar la calidad de vida del trabajador. Cuando la tecnología de los robots se hace más sofisticada, las aplicaciones no estarán limitadas por más tiempo a entornos que no sean deseables para los humanos. En estos casos los trabajadores pueden verse reducidos a tareas que soportan la operación del robot, tales como la carga y descarga de piezas en la operación automática. Algunos argumentan que el efecto de la robótica en tales aplicaciones será reducir las capacidades del trabajador y degradar la calidad del entorno del trabajo para aquellos que forman parte de la estación mecanizada.

Si la operación se puede automatizar totalmente (mediante la robótica y tecnologías basadas en computación), no se necesitarán trabajadores para realizar tareas manuales como repetitivas y rutinarias. En estas situaciones se cree que la naturaleza del trabajo implicado será más atractiva, requerirá más capacidad en el conocimiento y traerá una mayor variedad de trabajo. Las tareas pueden permitir a los trabajadores prever el proceso de fabricación de montaje desde el comienzo hasta el final en lugar de estar limitado a un único paso especializado en el proceso, esto requerirá que los trabajadores asuman más responsabilidad en los resultados totales del proceso, trayendo con esto una mejora y una mayor satisfacción del trabajador.

I.4 FACTIBILIDAD EN LA AUTOMATIZACION

FASE PRELIMINAR DEL PROYECTO DE AUTOMATIZACION

Una vez que se ha reunido los datos y ha elegido un proceso mejorado factible, la instalación está lista para entrar en la fase de proyecto preliminar. Las funciones de ingeniería de producto, de procesos y ventas, deben tomar parte en el grupo de proyecto preliminar para que cada faceta del proyecto sea comprendida y aceptada por todos. El ingeniero industrial debe orientar al grupo y trazar el objetivo de buscar economías en todos los frentes. Debe pedir a cada miembro del grupo que contribuya al proyecto con sus conocimientos especializados. El ingeniero industrial debe mantener el proyecto en marcha mediante una cooperación cordial y una prosecución día a día, hasta desarrollar un proyecto preliminar del proceso automático de manipulación de materiales.

Luego debe preparar una presentación del proyecto para su aprobación preliminar por la dirección. Este informe puede incluir:

- 1.- Cotizaciones, por constructores calificados de equipos especiales, de los elementos necesarios para los procesos propuestos, haciendo hincapié en la automaticidad de los requisitos del nivel de control.
- 2.- Requisitos de espacio en planta dado por los constructores de equipo y por la sección de ingeniería de procesos de la empresa.
- 3.- Ritmo estimado de producción, carga de máquinas tiempos de mano de obra implicados y especialidades requeridas del personal.
- 4.- Recomendaciones y economías relativas a producto y material.
- 5.- Tiempo y costos estimados de instalación y puesta a punto, y costo total del sistema.
- 6.- Ahorros anuales previstos respecto de los costos de fabricación anteriores.
- 7.- Estimaciones de penetración adicional en el mercado como consecuencia de la disminución prevista de costos de fabricación.
- 8.- Una serie de gráficos esquemáticos y una representación pictórica de la instalación y producto propuestos.
- 9.- Una evaluación de las actuales instalaciones operativas con el resumen de los gastos actuales de mano de obra, materiales, manipulación de materiales y mantenimiento de instalaciones, así como el actual estado de deterioro del equipo. Unas cifras incluso sobre lo que costaría volver a adquirir las viejas máquinas del proceso, pueden inclinar al grupo responsable de la asignación de fondos en favor del proyecto de automatización propuesto.

EMPLAZAMIENTO GEOGRAFICO

Algunos factores geográficos, además del mercado, la mano de obra y el clima, pueden tener importancia para el ahorro en materiales y en la preparación de los mismos. Por ejemplo un fabricante de émbolos de aluminio vio la conveniencia de trasladarse a las inmediaciones de la refinería de aluminio para poder transportar aluminio fundido en recipientes térmicamente aislados, directamente desde la refinería a sus máquinas de moldear. Así disminuyeron las costosas etapas de fundir el aluminio en lingotes, manipular los lingotes en varias etapas, cargarlos y pesarlos antes de volverlos a fundir y también contribuyeron con el aspecto ecológico para disminuir la emisión de contaminantes.

CONSTRUCCION DEL PROCESO AUTOMATIZADO

Una vez desarrolladas las especificaciones para el proceso automatizado debe decidirse si se proyecta y construye esta instalación dentro de la empresa, si se busca un grupo calificado de constructores o se procura encontrar un contratista central que quiera suministrar una materialización de las especificaciones, proyectada y garantizada.

Si la instalación es grande y complicada, el contratista central es la solución lógica.

VENTAJAS DE AUTOMATIZAR

- 1) Incremento en la productividad.
- 2) Reducción de altos costos de mano de obra.
- 3) Hace eficientes los procesos de producción.
- 4) Permite orientar la mano de obra al sector de servicios.
- 5) Seguridad.
- 6) Reducción de desperdicios.
- 7) Incrementa la calidad en el producto.
- 8) Reducción del tiempo de producción.
- 9) Elimina los trabajos pesados, tediosos e aburridos.
- 10) Genera trabajos seguros, innovadores e interesantes.
- 11) Mejora e incrementa nuestros estándares de vida.

DESVENTAJAS DE AUTOMATIZAR

- 1) Altas inversiones de capital.
- 2) Menor flexibilidad en la manufactura.
- 3) Los diseños de los productos tienden a particularizarse.
- 4) Altos costos para modificar o cambiar el modelo.
- 5) Se requiere tener un estricto control en el proceso de producción ya que una pequeña falla puede detener la línea de producción por completo.
- 6) Sentimiento de subyugación del humano ante la máquina.
- 7) El trabajador se convierte en elemento de apoyo y con ello surge el desempleo.
- 8) Costos de entrenamiento para capacitar a los trabajadores en los diversos procesos de producción.
- 9) Resistencia natural al cambio.

II SISTEMAS DE AUTOMATIZACION BASICA

II.1 SISTEMA NEUMATICO

INTRODUCCION

La neumática presta en la práctica industrial una esencial aportación como magnífico medio de racionalización y automatización. La automatización de dispositivos, maquinaria y procesos industriales aplicando la técnica neumática, a sido posible debido a la existencia de una gran variedad de elementos de trabajo, mando y regulación que permiten una construcción económica, sencilla y confiable.

En el trabajo de los sistemas productivos movidos por aire comprimido es imprescindible generar éste por medio de compresores. Dado que los mecanismos y mandos neumáticos se alimentan desde una estación almacenadora de aire comprimido y que además estos mecanismos y mandos tienen una presión de trabajo previamente establecida por el fabricante y seleccionada por el usuario en el rango en que satisfaga sus necesidades de trabajo.

En la planeación de las instalaciones de sistemas neumáticos deberán proveerse varios dispositivos los cuales permitirán hacer más eficiente el total de los recursos que serán instalados, tal es el caso de:

- La red de las líneas de distribución del aire.
- Los caudales que serán requeridos para cubrir el total del gasto del equipo.
- Las posibilidades de ampliaciones a las instalaciones y a cada una de las estaciones de trabajo.

CRITERIOS A SEGUIR PARA DETERMINAR EL USO DE LA NEUMATICA COMO SOLUCION A UN PROBLEMA DE AUTOMATIZACION

FUENTE DE ALIMENTACION.- Es donde se genera el aire comprimido y se prepara para su uso.

Compresores.- Son máquinas térmicas de funcionamiento alternativo o rotativo, que tienen por objeto la compresión de un fluido, para utilizar su fuerza de expansión, debidamente regulada y transmitida al lugar necesario. La selección de un compresor depende básicamente de los siguientes parámetros: Presión de trabajo y volumen del aire necesario.

Redes de aire comprimido.- Son las instalaciones que sirven para transportar el aire comprimido de su fuente de generación a su utilización. Los tipos de redes son dos:

Abierta, para instalaciones pequeñas; y cerradas, para medianas y grandes instalaciones.

Unidades de servicio o mantenimiento.- Esta unidad se compone de: Filtro, regulador de presión y lubricador.

Filtro.-Este nos sirve para eliminar impurezas y humedad del aire comprimido.

Regulador.- Le da la presión adecuada al aire que se emplea, y lo podemos visualizar por medio de un manómetro.

Lubricador.- Como su nombre lo indica les da la lubricación adecuada a las partes de los elementos en movimiento.

ACTUADORES.-Son los elementos de trabajo transformadores de energía.

- La distancia de recorrido lineal no debe de ser mayor a cuatro metros. (si es más de esa distancia se deberá condicionar a soluciones conjuntas con la mecánica.

- En una gran variedad se pueden determinar adecuadamente los tipos de fijación o de sujeción de los actuadores con la máquina o proceso.

- Verificar velocidad de avance y de retorno del actuador, para poder instalar un regulador de caudal (si es velocidad lenta), o una válvula de escape rápido (si es lo contrario). La velocidad media de un cilindro es de un metro sobre segundo.

Gran variedad de fabricaciones especiales en los actuadores como son: a) Con émbolo magnético (eliminación de micro switch eléctrico). b) Con vástago cuadrado o camisa rectangular, para evitar giro del vástago. c) Actuadores de giro (max.365 grados). d) Actuadores con frenado instantáneo para posicionamiento exacto. e) Actuadores sin vástago para espacios reducidos y grandes carreras.

ELEMENTOS DE MANDO.- Son los elementos que comandan (válvulas de vías) a los actuadores.

- Elegir el tamaño de la válvula, según el actuador a mandar siguiendo los siguientes pasos: diámetro, carrera y frecuencia del actuador, para determinar el caudal o consumo de aire en el mismo, y así poder emplear la válvula adecuada según su caudal.

- Cantidad de vías y posiciones de conmutación de la válvula:

a) Válvula de 3/2 vías para actuadores de simple efecto (retorno por muelle o una fuerza externa equivalente).

b) Válvula 5/2 vías, para actuadores doble efecto (también rotos o actuadores giratorios).

c) Válvulas de tres posiciones para actuadores que se desea parar en alguna posición de su carrera, o que se quede sin presión, también en cualquier posición.

- Elegir tipo de accionamiento de las válvulas de mando:

a) Accionamientos neumáticos.

b) Accionamientos eléctricos (bobinas), compatibles con los controles eléctricos programables (PLC's).

- Además de todo lo anterior también se pueden elegir entre diferentes fabricantes, como son las de fabricación nacional y las válvulas I.S.O. de las cuales sus dimensiones están normalizadas de acuerdo a un standard internacional con tiempos de mantenimiento muy reducidos por su fácil desmontaje y montaje de su placa base sin necesidad de desconectar tuberías o mangueras. Ver apéndice A

- También es posible manejar en la mayoría de las válvulas, presiones negativas (vacío), y otro tipo de fluidos como son: agua, aceites minerales y gasolina.

PROCESADORES.- Es un sistema o conjunto de elementos que admiten señales de entrada, las procesa y las transforma en señales de mando, de acuerdo a instrucciones preestablecidas. Hay en el mercado diferentes tipos de procesadores como son los P.L.C., los controles electrónicos de relés, los controles hidráulicos y los controles neumáticos.

SENSORES.- Son dispositivos o mecanismos que reportan la situación actual de un proceso.

Sensores neumáticos.- Los hay de final de carrera (accionamiento mecánico por leva), de baja presión (de 0.1 - 0.25 bars).

Sensores inductivos.- Estos sensores electrónicos sólo detectan metales. Distancia máxima de detección es de 8 mm. Este sensor trabaja bajo el principio del campo magnético.

Sensores magnéticos.- Este tipo de sensores se montan en la camisa de los actuadores, y por medio de un campo magnético son activados y envían una señal eléctrica.

Sensores ópticos.- Su funcionamiento se basa en el principio de emisión y recepción de un haz luminoso para detección de objetos no opacos.

Sensores capacitivos.- Estos detectan cualquier objeto sólido y mandan una señal eléctrica. Este sensor trabaja bajo el principio de generación de campo eléctrico.

Sensor de presión.- Es un dispositivo que sirve para detectar presión de fluidos (aire, agua, aceite e incluso vapores). Trabaja bajo el principio piezoeléctrico el cual genera un voltaje proporcional a una presión de entrada.

INTRODUCCION

Dentro de los requerimientos que la industria tiene de ejecución en sus sistemas productivos y/o dentro de su maquinaria no siempre la solución serán los mandos y actuadores mecánicos ya que estos deberán resultar sobre todo sencillos y económicos.

Las variadas aplicaciones que la hidráulica tiene están basadas en el mismo principio de la neumática. La presión es siempre generada por una bomba que envía el fluido por todas las tuberías y finalmente sobre la cara del émbolo del cilindro operador o de otro motor hidráulico; la importancia de los desplazamientos y la velocidad del émbolo están en función del volumen y del caudal del fluido que entra en el cilindro, el esfuerzo generado dependerá, en cambio de la presión del fluido y del diámetro del émbolo, haciéndose evidente la necesidad de controlar el caudal del fluido y su presión.

GENERACION Y TRATAMIENTO

Existen dos tipos de bombas empleadas para la generación de energía hidráulica.

- De caudal constante (de engranajes o de paletas fijas).
- De caudal variable con flujo reversible (de paletas móviles, de émbolos con carrera variable, etc.)

La regulación del fluido, cuando se trata de bombas de caudal constante, viene efectuada mediante válvulas de reducción, de derivación, de inversión, etc., intercaladas en el circuito entre bomba y elementos operativos; en el caso que se utilice una bomba de caudal variable, la regulación del caudal se realizará directamente sobre la bomba actuando ésta sobre los elementos operativos directamente sin intervención de válvula alguna.

Debido a que el líquido a presión debe cumplir con varias funciones tales como: transmitir energía, lubricar partes móviles de la instalación, prevenir la corrosión en los elementos de la instalación, así como enfriamiento y retirar partículas de suciedad, es necesario que el depósito donde es recibido para ser tratado se le extraiga las partículas de abrasión y suciedad.

CILINDROS Y VALVULAS

Existe una gran similitud entre los tipos de cilindro y válvulas que se utilizan en neumática e hidráulica, inclusive la simbología es prácticamente la misma con excepción hecha de los elementos que únicamente son utilizados en uno u otro tipo de sistema, tal es el caso de las válvulas limitadoras de presión y las válvulas reguladoras de caudal. Obviamente, en la construcción de estos elementos la diferencia radicará en las características físicas de los mismos, ya que las presiones a soportar son diferentes.

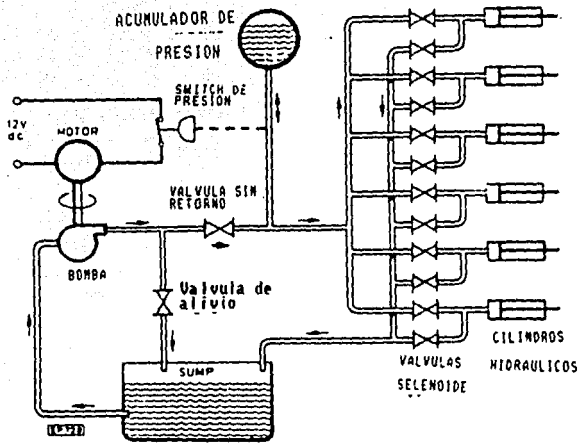


Fig. 2.1 Componentes de un sistema hidráulico

II.3 **CONTROLES LOGICOS PROGRAMABLES**

DEFINICION

Son dispositivos electrónicos cuya función es la de coordinar la recepción y el envío de señales eléctricas y electrónicas, además realizan funciones específicas tales como; lógica secuencial, temporización, conteo y operaciones aritméticas para controlar diversos procesos de máquinas a través de los módulos de entrada/salida analógicas o digitales.

CLASIFICACION DE LOS PLC.

Secuenciadores.- Estos realizan secuencias de operación, instrucción por instrucción, pero son de baja capacidad (permite 16 entradas y 8 salidas). Su programación se realiza por medio de un teclado directo al secuenciador.

La clasificación de los PLC se hace en base a su capacidad.

Pequeños.- Son controladores de poca capacidad pero de gran aplicación y uso en la industria, permite una capacidad de 128 entradas y salidas y una memoria de 4 Kb. Su programación puede ser de un teclado directo al PLC o por medio de una computadora.

Medianos.- Se caracterizan por contar con una buena capacidad para controlar procesos industriales y su capacidad es de 128 a 500 entradas/salidas con una memoria de 32 Kb, su programación es por medio de una computadora.

Grandes.- Es similar al anterior, y su capacidad es de 500 a 1028 entradas/salidas con una memoria de 128 Kb, su programación es por medio de una computadora, empleando los siguientes lenguajes:

- Diagrama de escalera
- Listado de instrucciones.
- Basic.

CONSTITUCION DEL SISTEMA DE CONTROL

Para realizar las operaciones de control en los PLC son necesarios dos elementos importantes:

- a) El equipo de hardware. Es el elemento físico y su limitación o capacidad depende de la constitución misma del equipo y diseño del fabricante.
- b) El programa o instrucciones de operación. Son la secuencia de control software. Es el elemento intangible del sistema el cual es susceptible a ser modificado y desarrollado en formas muy diversas y tiene como limitante o capacidad, la imaginación, la capacidad de análisis y el nivel de conocimientos que el usuario tenga para realizar la secuencia de control del hardware.

ESTRUCTURA DEL HARDWARE.

Conociendo la importancia de los PLC se ha tratado de establecer una subdivisión en cuanto a las unidades funcionales que constituyen el equipo.

En todos los PLC los elementos que los conforman son prácticamente los mismos, a diferencia de la capacidad y características. Así podemos ver que la estructura básica del PLC es:

- Riel o bastidor de fijación.
- Fuente de alimentación.
- Unidad central de proceso.
- Submódulo de memoria.
- Módulos de entradas.
- Módulos de salida.
- Módulos de interface.

Riel o bastidor de fijación.- Están diseñados para que sean insertados y todos los demás elementos constitutivos de un PLC, estos tienen integrado un bus eléctrico para comunicación de los elementos que vayan a ser colocados en el riel o bastidor. Sus características principales son: número de lugares para la inserción de módulos y tipos de módulo a ser insertado.

Fuente de alimentación.- Su función principal es la de suministrar la tensión y corriente necesaria para la operación del CPU o de los otros elementos que constituyen el PLC. Estos módulos están diseñados para absorber las variaciones de tensión en la línea de alimentación. Para proteger al CPU de cualquier variación brusca o de alguna falla en la tensión de alimentación, estos módulos tienen protecciones electrónicas contra dichas fallas.

Unidad Central de Proceso (CPU).- Es la parte principal del controlador, y se puede decir que es el cerebro del equipo. Esta unidad se encarga de leer o verificar las señales de entrada procesar dichas señales y controlar las señales de salida para ejecutar una secuencia de control preestablecida.

Esta unidad dispone de un módulo de memoria RAM, donde se tendrá registrado el programa que el usuario ha realizado, también tiene un puerto para conexión con las unidades de programación.

Submódulo de memoria.- Para el archivo de los comandos y programas asignados al controlador se dispone de submódulos de memoria que serán conectados al CPU para su ejecución. Se tienen tres tipos de memorias.

A.- RAM (Ready Access Memory). Es de fácil lectura y escritura con programadores, con el inconveniente que si falla la tensión del módulo se pierde la información.

B.- EPROM (Erase Programable Read Only Memory). Esta es solamente memoria de lectura y puede ser borrada con un dispositivo de luz ultravioleta.

C.- EEPROM (Electrical Erased Programmable Read Only Memory). Es una memoria de lectura y puede ser borrada eléctricamente con un programador.

El CPU accesa a la memoria para leer y decodificar cada una de las instrucciones y dar la orden correspondiente conforme a los estados de los sensores y actuadores de entrada y salida, para activar y desactivar un elemento interno bandera o relé interno, (temporizadores, contadores, etc) o externos (actuadores, señalizadores, etc.).

Módulos de entrada.- Estos convierten las señales externas del proceso a niveles de señales internas del controlador adecuandolas para su registro y ejecución del proceso a través del programa preestablecido.

Existen dos tipos de señales de entrada:

A.- Digitales on/off, 1-0, activado-desactivado, tensión-no tensión.

B.- Analógicas. La tensión es el puerto de entrada tiene un nivel determinado y es variable con el tiempo. Es muy importante el nivel de tensión ya que dependiendo de dicho valor es la respuesta del sistema. En estos módulos es importante que no existan señales de interferencia ya que pueden implicar valores equivocados de la tensión de detección en el control.

Módulos de salida.- Estos convierten un nivel de señal interna de control, como un resultado del programador del PLC, a una señal de salida para comando de los actuadores y operación del proceso. Estas también pueden ser digitales o analógicas.

Módulos de interfase.- Para tener flexibilidad en la configuración del controlador se dispone de bastidores centrales y de ampliación. En estos normalmente se coloca la fuente de alimentación la CPU y las tarjetas de entrada y salida que pueden colocarse según los lugares disponibles del bastidor. Para tener una comunicación entre el bastidor central CPU y el de ampliación es necesario colocar un módulo de interfase en cada bastidor y unir estos por medio de un cable de conexión usualmente de cuatro hilos.

USOS DEL PLC

Los PLC rempazan cada vez más a las soluciones convencionales, principalmente en instalaciones medianas y grandes. Este tipo de mando permite adaptarse fácilmente a los procesos secuenciales y posibilita una rápida localización de averías en el sistema de automatización.

El control de procesos se encarga que cada paso o fase del proceso sea efectuada en el orden cronológico correcto y sincronizado.

Visualización y seguridad de instalaciones.- Verifica automáticamente ciertas condiciones de la instalación por ejemplo, temperaturas, presiones, niveles, etc.

Cuando en su comprobación registra un exceso en los coeficientes máximos o mínimos de los parámetros, actúa de dos formas, adopta las medidas necesarias para evitar desperfectos y emite señales de alarma para el personal de servicio.

Los PLC cuentan con una serie de características que los hacen muy versátiles. Considerando que cuentan con los sensores y otros dispositivos de inspección para mandar las señales al PLC, estas características son:

Temporizador (timer).- Puede retardar o mantener alguna señal el tiempo necesario para la realización de una operación. Por ejemplo el de mantener una señal durante el tiempo de llenado de un recipiente, el tiempo en que tarda en realizarse un maquinado, etc.

Contador.- Este permite llevar la cuenta de todos los productos que pasan por algún lugar por ejemplo, la producción por operario, por máquina, por turno o por día.

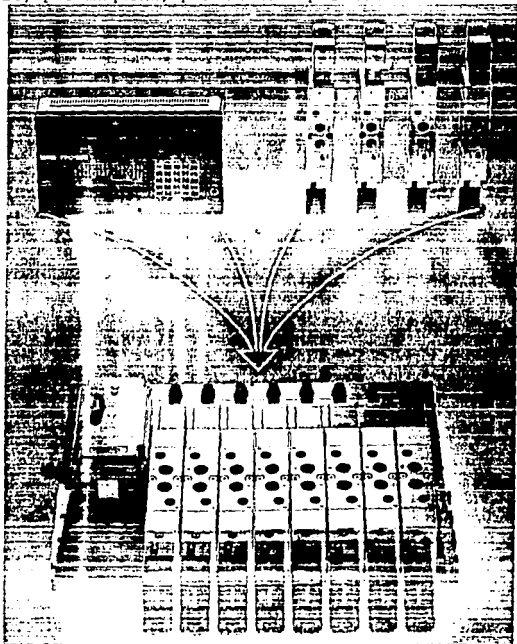


Fig. 2.2 Ejemplo de un Controlador Logico programable

II.4 CONTROL NUMERICO

El control numérico conocido como (NC) es un método de control para sistemas de fabricación de piezas de tipo semicontinuo, a través de un conjunto de instrucciones (programa), consistente en una determinada disposición de letras, números y símbolos. El programa se encuentra almacenado en cinta magnética o cualquier otro medio de almacenamiento, y es leído por la máquina cada vez que se tiene que realizar esa operación concreta. Existen muchos lenguajes en el que se puede escribir un programa para un NC.

Operaciones típicas de un NC.- El NC es una buena elección como controlador, por ejemplo una determinada operación conlleva la fabricación de piezas a partir del mismo tipo de materia prima pero de tamaños y formas diferentes. El NC puede resultar interesante desde el punto de vista económico, incluso aunque las cantidades que se fabriquen no sean demasiado grandes pero para ello es preciso que se disponga la secuencia de operaciones de modo que puedan ser realizadas todas ellas por la máquina NC. De todas formas en el caso de la fabricación completa de piezas formadas por varios componentes que conlleven varias secuencias de operaciones poco similares entre sí, pueden usarse varias máquinas NC. Estas son algunas de las operaciones que puede realizar una máquina NC:

Cepillado	Control de calidad	Fresado
Estirado	Perforación	Posicionado
Conformado	Soldadura	Rotación
Prensado	Remachado	Ensamble
Corte	Lijado	

APLICACIONES DE NC

La principal aplicación del control numérico se encuentra en las máquinas-herramientas, procesos de impresión y rotocolor. En la industria automotriz en donde los procesos son continuos y secuenciales el control numérico tiene una aplicación importante pues permite automatizar las operaciones haciéndolas más eficientes. Las máquinas empacadoras de control numérico no se han quedado atrás y su desarrollo ha logrado gran efectividad en procesos de empaque de productos químicos, fertilizantes, etc.

PRINCIPIOS DE PROGRAMACION

Es importante hacer notar que dependiendo del fabricante del control, los códigos de programación varían de un control a otro aunque en general son muy similares. En si la estructura del programa o secuencia de programación es la misma para todo tipo de control sin incluir claro, el conversacional.

Otra consideración que debe tenerse presente son las opciones con que cada control ha sido diseñado y adaptado a una máquina en específico, pues un mismo control puede realizar diferentes funciones en una o en otra máquina, así como puede o no aceptar códigos específicos de programación. En la tabla 2.1 se muestra el sistema de código de palabras de direccionamiento.

PROGRAMACION ABSOLUTA E INCREMENTAL

Existen dos formas de ordenar un movimiento en un sistema de ejes coordenados, el modo absoluto y el modo incremental.

Modo absoluto.- El movimiento es ordenado por dos coordenadas del punto al cual debe moverse la pieza, no importando las coordenadas del punto inicial en el cual se encuentra la máquina, para este tipo de movimiento el uso del código G90 se aplica en controles FANUC Y G.E.

Modo incremental.- En este modo para ordenar el movimiento se hace una transportación del centro de coordenadas al punto inicial del movimiento, y a partir de este nuevo eje de coordenadas se ordena el movimiento en base a las coordenadas del punto final. Para este tipo de movimiento el uso del código G91 se aplica en controles FANUC y G.E.

ESTRUCTURA DEL PROGRAMA

El programa se divide secuencialmente en una serie de pasos llamados bloques, que contienen la información de una operación elemental, siendo esta la que queda delimitada por la capacidad de procesamiento y almaceñamiento del control y de actuación de la máquina herramienta.

Generalmente la ejecución del programa se realiza secuencialmente por tanto, el orden de éste coincide con el de las operaciones de maquinado. En los controles numéricos es posible romper con el orden de acuerdo con la conveniencia del proceso y del programa.

Los elementos que contienen un bloque de programa de control numérico son los siguientes y se muestra la distribución en la fig.2.3.

- Número de bloque.
- Código EIA/ISO (función preparatoria y/o auxiliar)
- Coordenadas de desplazamientos (inicio y final, así como de referencia).
- Velocidades de avance y de husillo.
- Cambio de herramienta.
- Establecimiento de condiciones y modo de funcionamiento del control y la máquina.

Desde el punto de vista de programación, cada una de las posibles situaciones, como las que se acaban de mencionar se denominan funciones y son identificadas por una letra, en ocasiones llamada dirección.

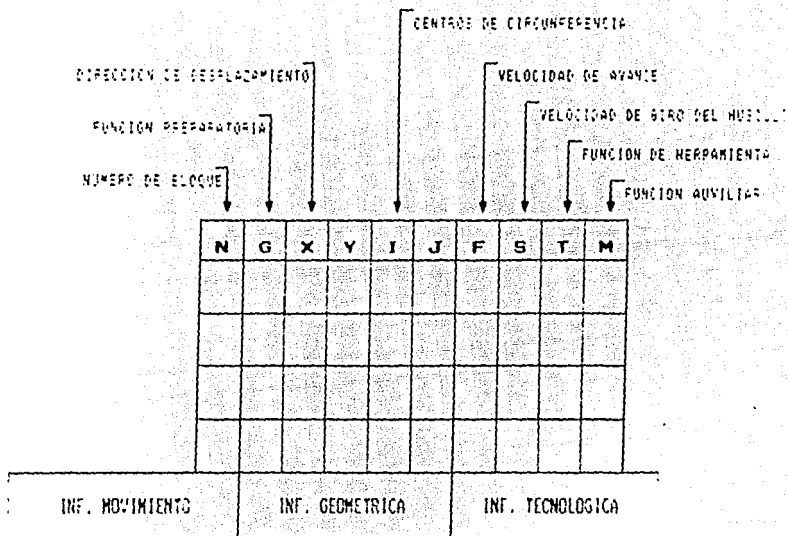


Fig. 2.3 Estructura del programa

Tabla 2.1 Código de palabras para direccionamiento en el CN

Códigos de palabras para direccionamiento*

<i>Código</i>	<i>Descripción</i>
B	comienzo del programa - detención del arrollamiento de la cinta
D	descanso - inicia un período de detención preestablecido
F	velocidad de avance - seguido por el código numérico para el avance
G	función de preparación - seguido por el código numérico para la función de preparación.
I	en el caso de la interpolación circular, la distancia desde el centro del círculo hasta el punto inicial sobre el eje X
J	en la interpolación circular, la distancia desde el centro del círculo hasta el punto inicial sobre el eje Y o Z
K	código opcional para detención - utilizado en ciclos repetidos y en rutinas opcionales para detención
M	"M" símbolo para identificar funciones - seguido por el código numérico para identificar la función "M"
R	arrollado de la cinta
T	detención del programa - detiene el control hasta la reanudación manual
W	siguen las instrucciones para el posicionamiento de la mesa giratoria
X	siguen las instrucciones de posicionamiento en la dirección del eje X
Y	siguen las instrucciones de posicionamiento en la dirección del eje Y
Z	siguen las instrucciones de posicionamiento en la dirección del eje Z
+ o -	dirección positiva de recorrido (W sentido horario, X la mesa se desplaza hacia la izquierda del operario, Y la mesa se desplaza hacia el operario, Z el husillo se mueve hacia abajo) en muchos sistemas no se programa el signo
	dirección negativa de recorrido (W sentido antihorario, X la mesa se mueve hacia la derecha del operario, Y la mesa se mueve alejándose del operario, Z el husillo se mueve hacia arriba)
Retorno del carro	indica el final de una línea o bloque (EOB) de información y permite la ejecución de las órdenes de posicionamiento
0 hasta 9	letras numéricas utilizadas para especificar las posiciones
borrado	se perfora completamente la línea incorrecta de la cinta diagonal - cuando el interruptor diagonal para borrado está activado la información entre las diagonales se borra. El código "EOB" no se utiliza entre diagonales

*Autometrics, Inc., Hightstown, N.J.

FALLA DE ORIGEN

II.5 SISTEMAS CAD/CAM

Se define como el diseño inicial de un dibujo a mano alzada como posible idea o bosquejo, el diseñador usa la pantalla gráfica como si fuera una mesa de dibujo para diseñar la geometría del mismo. Las diversas partes pueden ser expuestas simultáneamente, de tal manera que el diseñador pueda asegurarse que se ensamblan apropiadamente y que no habrá interferencias de ensamble. Después de terminar las definiciones geométricas las funciones de análisis del diseño son requeridas para determinar varias propiedades, el resultado del análisis frecuentemente requiere cambios en la geometría del diseño y un análisis más profundo para un nuevo diseño. Este proceso interactivo es llevado a cabo en la estación de trabajo de CAD.

El diseño asistido por computadora (CAD) es de lo mejor en la familia de diseño de partes (partes paramétricas). Las partes pueden ser diseñadas de tal manera que los parámetros variables son los datos de entrada; las partes pueden ser llamadas como una función de librería especificando los valores de los parámetros requeridos, la mayoría de los sistemas de CAD están provistos de layers (pantallas sobrepuestas), una pantalla es una manera simple de describir la parte. Esta puede ser una vista geométrica particular; la pantalla se usa através del proceso de diseño, dibujo, chequeo y programación en alguna parte.

Algunas áreas de diseño típicas de aplicación son: configuración del diseño, localización en el espacio, estructuras, ductos, forja, fundición, partes de maquinaria, placas de metal, sistemas eléctricos, circuitos impresos y mecanismos.

En la fase del análisis la parte es subdividida en pequeños rectángulos o triángulos los cuales son analizados, el efecto total sobre la parte es la suma total de todas las subdivisiones. El análisis es llevado a cabo por computadora, para obtener los datos de entrada un arreglo finito de elementos es generado automáticamente por el software, el ingeniero tiene la habilidad para cambiar cualquier porción del patrón del arreglo finito, los elementos son numerados y las coordenadas precisas de intersección son obtenidas automáticamente por el sistema gráfico. El sistema de CAD efectúa toda esta tarea en el análisis de los elementos finitos.

VENTAJAS DEL CAD

- Mejoramiento de la productividad.
- Diseños de alta calidad.
- Paquetes de documentación de alta calidad.
- Eliminación de tareas repetitivas.
- Ahorro de tiempo.
- Estandarización.
- Base de datos común.
- Interfase entre el diseño y manufactura

La productividad de las industrias mejora en un intervalo entre 2:1 y 4:1 después de la conversión a CAD.

El CAD libera a los diseñadores de muchas tareas tediosas y repetitivas tradicionalmente asociadas con el diseño y el dibujo, es posible que los diseñadores dediquen más tiempo al mejoramiento del diseño.

El CAD proporciona a los usuarios la habilidad de producir una documentación más consistente, el diseño puede ser rotado y seccionado.

El CAD permite la realización de textos, símbolos con menús, actualización automática de dimensiones, acercamientos, rotaciones, copiado y desplazamiento del dibujo con un ahorro de tiempo. Proporciona además nuevos horizontes para que la gente aprenda, crezca y enriquezca su potencial con nuevas técnicas.

Los sistemas de CAD proporcionan la información desarrollada durante el proceso de diseño, está información es usada en ventas, mercadotecnia, manufactura, administración, control de la calidad, almacenamiento, etc. La base de datos creada durante el proceso de diseño puede ser compartida por todo el personal y transferida por otras compañías mediante redes locales.

DESVENTAJAS

- Resistencia del personal de diseño al uso de los sistemas CAD.
- Dificultad en encontrar y retener al personal especializado en CAD.
- Dificultad en justificar el uso de los sistemas CAD.
- Inversión de tiempo para aprender y usar los sistemas CAD con efectividad.
- La administración espera más resultados de los que el CAD puede dar.
- El costo de los equipos es alto conforme más sofisticado.

CAM (COMPUTER AIDED MANUFACTURING)

El CAM se refiere a cualquier proceso de fabricación automática que está controlado por computadora. su origen data de los desarrollos de máquinas controladas numéricamente (NC) al final de los años 40. Se adoptó el término CAM cuando éstas técnicas comenzaron a ser controladas por computadora y por tanto los procesos de fabricación de una forma automática, por ejemplo, fresado, torneado, corte con rayo laser, troquelado y soldadura eléctrica por punto.

ELEMENTOS MAS IMPORTANTES DE CAM

- Técnicas de programación y fabricación NC.
- Fabricación y ensamble mediante robots controlados por computadora.
- Sistemas de fabricación flexible.
- Técnicas de inspección asistidas por computadora (CAI).
- Técnicas de ensayo asistidas por computadora.

Cada letra o dirección es acompañada por una cifra que representa el valor numérico de la función para la operación que se esta considerando. El valor puede ser codificado o directo. Al conjunto de caracteres que componen una función se le ha asignado el nombre de palabra y, por lo tanto un programa se compone de palabras o bloques.

TENDENCIAS E INTERRELACIONES CON OTROS SISTEMAS

Dentro del marco de la automatización el control numérico tiene un lugar muy importante, ya que formará parte de los equipos de las estaciones flexibles de manufactura y estas a su vez parte activa de los sistemas de manufactura flexible.

La interrelación con otro tipo de sistemas se daría a partir de la integración o interacción con PLC, sistemas neumáticos e hidráulicos así como también con robots, sin pasar por alto la utilización de sensores en sus diferentes tipos. Toda esta interrelación se controlaría mediante un sistema de interfaces de entrada/ salida, ya sea por un puerto serial o cualquier otro tipo de interfase de comunicaciones.

En el futuro el control numérico estará condicionado por el avance de la microelectrónica; será necesario por una parte, conocer los parámetros que influyen en el proceso de control y tener disponibles mejores y más potentes elementos.

VENTAJAS

- Niveles de producción más altos con menos esfuerzo laboral.
- Menor posibilidad de error humano y de las consecuencias de su alta fiabilidad.
- Eliminación de tareas repetitivas.

El ensamble automatizado es un paso hacia la fábrica automatizada en la cual las tres principales funciones, diseño, producción y administración se integran mediante la computadora. El objetivo consiste en organizar, programar y administrar toda la empresa de manufactura, desde el diseño del producto hasta su fabricación, distribución y servicio en campo. La habilidad de la computadora para almacenar datos y para comunicarlos a otras estaciones y desde éstas dentro de la fábrica, la convierte en parte central de la planta automatizada. Por ejemplo la cadena de manufactura que se ilustra en forma simplificada en la figura siguiente:

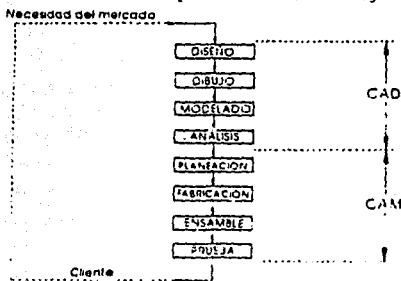


Fig. 2.4 La empresa de manufactura total.

Es en la actualidad complementada con frecuencia por medio del diseño mediante computadora CAD y la manufactura con ayuda de computadora CAM. En el sentido más amplio CAD, se refiere a la aplicación de cualquier computadora al diseño, dibujo o elaboración de modelos incluyendo por lo regular alguna forma de uso interactivo de computadoras y pantallas gráficas (CAD/CAM). La potencia de la computadora también puede utilizarse para el análisis de elementos finitos y cinemáticos, además puede utilizarse para determinar qué materiales se deben adquirir, qué partes deben sacarse del almacén y qué instrucciones se deben dar a las máquinas de producción. Los datos geométricos almacenados pueden usarse en otros programas como el paquete de análisis finito, el paquete de ilustración técnica y los paquetes de simulación. Estos datos establecen un puente entre CAD y CAM enfocado a la aplicación de las computadoras a los procesos de manufactura para el control de la maquinaria, para el manejo de los datos que describen los productos manufacturados y para el control y manejo de los materiales que fluyen a través del sistema.

El uso de datos numéricos basados en la computadora elimina la necesidad de dibujar una tarea que pueda absorber hasta un 80% del tiempo de diseño.

COM a juzgado en forma constante a partir de las primeras máquinas de NC. Su introducción formó parte de la tendencia a incrementar la productividad motivada al reconocer que en una máquina independiente operada en forma manual, sólo 1-5% del tiempo de la máquina se utiliza para el corte de metales en forma productiva. El resto del tiempo se consume en el cambio de herramientas, la carga, calibración y mantenimiento de la máquina y el tiempo que la máquina permanece inactiva. Las máquinas de NC son capaces de producir hasta cinco veces más que las controladas en forma manual, pero el control numérico computarizado CNC, en el cual las ordenadas por cinta de papel se sustituyeron por programas almacenados en una computadora, promete aún mayores aumentos de productividad. Este sistema tiene mayor flexibilidad que los MC dado que los programas pueden editarse fácilmente y probarse antes de utilizarlos mediante su simulación en un monitor. Además los programas relativos a distintos productos pueden solicitarse en forma aleatoria, permitiendo así que las máquinas manejen lotes distintos y reduciendo al mismo el tiempo requerido para hacer modificaciones y preparar la máquina. Esta facilidad de programación hace que las máquinas CNC sean equivalentes a un robot; un robot diseñado especialmente para manejar herramientas.

La siguiente etapa en este proceso evolutivo fue la aparición del control numérico directo DNC, mediante el cual una sola computadora supervisa y controla un cierto número de máquinas. Esto permitió reemplazar las computadoras de las máquinas CNC por una computadora de mayor tamaño que administraba un gran número de máquinas mediante tiempo compartido. En los sistemas DNC más sencillos varias decenas de máquinas-herramienta funcionan en forma independiente y la carga y descarga de cada máquina se lleva a cabo en forma manual. El DNC flexible es más complejo, ya que las máquinas-herramienta y un sistema automático para manejo de materiales se conectan y relacionan mediante una computadora de control. De este sistema como éste puede tenerse variedades de diversas formas que representan distintos procesos de maquinado. La evolución de manufactura antes discutida es un ejemplo de este tipo de sistema, en el cual la función de manejo de materiales se lleva a cabo por un robot.

En todos los casos y para todos los fines, los sistemas DNC flexibles pueden considerarse como sistemas de manufactura flexible FMP, que con el tiempo avanzó en el campo de la manufactura. Con la introducción de la programación fuera de línea ya no es necesario montar al robot en forma aislada; su habilidad para comunicarse con otros sistemas computarizados, como en el caso de FIDUCIA, ha resultado en un número cada vez mayor de sistemas integrados, desde estaciones de maquinado hasta líneas de manufactura flexible; la siguiente etapa dentro de esta evolución, la tercera generación, su duda deberá al robot con un cierto grado de inteligencia artificial de manera que adopte una mayor autonomía, junto con la capacidad de aprender con base en la experiencia y de reaccionar ante circunstancias inesperadas.

III FUNDAMENTOS DE ROBOTICA

III.1 EVOLUCION DE LA AUTOMATIZACION Y ROBOTICA

ANTECEDENTES

Un breve antecedente del desarrollo de la robótica es importante porque coloca a las máquinas de hoy y el interés en ellas en una perspectiva histórica, la siguiente lista de datos denota el desarrollo de las máquinas automáticas las cuales encabezaron el desarrollo de la industria del robot hasta nuestros días.

1801 Joseph Jacquard invento una máquina textil la cual era operada por medio de cinta perforada. La máquina fue llamada el telar programable y se clasifica en las máquinas de producción masiva.

1892 En los Estados Unidos, Seward Babbitt diseño una palanca motorizada con un sujetador para remover lingotes de un horno.

1921 La primera referencia a la palabra robot aparecio en 1917 por Karel Capek en su cuento corto Opilec pero recibió mucho mayor publicidad en 1920 en su obra Rosum's Universal Robots: Robota es la palabra checoslovaca para denotar la labor monótona o trabajos forzados.

1938 Se diseña un mecanismo programable para la aplicación de pintura con aire.

1946 George Devol patento un dispositivo de propósito general para el control de máquinas con dispositivo magnético de memoria.

1951 Un teleoperador de brazo articulado es diseñado por Raymond Goertz para la Comisión de Energía Atómica de E.E.U.U.

1954 Es diseñado el primer robot programable por George Devol para la Unimation que fue la primera compañía de manufactura de robots.

1960 La corporación AMF pone a la venta el robot llamado Versatran.

1962 General Motors instala el primer robot en su línea de producción. El robot seleccionado es un Unimate.

1964 Los laboratorios de Inteligencia Artificial son abiertos en el Instituto de Investigación de Stanford, Universidad de Stanford y la Universidad de Edimburgo.

1970 En la Universidad de Stanford es desarrollado un brazo el cual llega a ser un standard para los proyectos de investigación. El brazo es eléctricamente impulsado y es conocido como el brazo Stanford.

1976 Brazos de robot son usados en pruebas espaciales en el Viking 1 y 2. La compañía Vicarm incorpora una microcomputadora a sus diseños.

1980 La industria del robot empieza su rápido desarrollo.

Con el paso del tiempo, todas y cada una de las máquinas fabricadas gozaron de un desarrollo más o menos sostenido hasta el advenimiento de la aplicación de elementos electrónicos de alta tecnología en sus partes tal es el caso de las máquinas-herramientas que con el uso del Control Numérico (NC) que permite obtener características en el producto que resultaban difíciles de ser obtenidas y menos aún con alta repetibilidad y calidad, dicho de otra manera, un alto grado en el control del proceso. A la llegada de la era de las computadoras y la alta tecnología en las comunicaciones, así como la interrelación de éstas dos con el Control Numérico, los Controles Lógicos Programables (PLC), Robots, Sistemas de Manufactura Flexible (FMS) y la Manufactura Integrada por Computadora (CIM), existen ahora plantas productivas que se encuentran bajo la coordinación de sistemas computacionales. Con todo esto, en el último medio siglo se han visto más innovaciones tecnológicas que en el resto de la historia.

Conjugadas todas éstas, dieron paso a la automatización y casi de inmediato surgió la robótica.

En los años sesentas la compañía Unimation Incorporated introdujo un robot industrial con el concepto básico que era construir una máquina lo suficientemente flexible para hacer una variedad de tareas automáticamente, un dispositivo que pudiera ser fácilmente manejado y programado, en caso que el producto o el proceso cambiara. El robot podría adaptarse a su nuevo trabajo sin hacer mucho gasto en el reequipamiento. Fue el encuentro de la computadora con un manipulador flexible, que ayudo a abrir las puertas a nuevos métodos de manufactura.

RAZONES DE PESO

Hay dos razones que explican el rápido desarrollo de la robótica durante la pasada década.

La primera razón se relaciona con la economía y la segunda con el hardware.

Un número de barreras prohibían el rápido desarrollo del robot dentro de las aplicaciones industriales, la primera y principal barrera es la economía, ya que la aplicación del robot debe ser justificable, lo que significa que la máquina debe pagarse o recobrar su inversión en uno o dos años. Los primeros costos de recuperación son los ahorros en gastos de mano de obra directa e indirecta. Esto significa que el costo de emplear a un operador que será reemplazado por la celda de trabajo del robot es el primer valor de recuperación que resulta de la compra del robot.

Esto es, se incluye el salario base del operador mas el costo de las prestaciones como, vacaciones, seguro, retiro, gastos médicos mayores etc., las cuales son enmarcadas como costos de mano de obra indirecta.

En los años sesentas el costo de operar un robot fue de sobre \$9 dolares la hora mientras que el total de costos por un operador fue de menos de \$5 dolares por hora.

El costo de mano de obra en la industria automotriz por ejemplo, se ha incrementado a \$20 dolares la hora mientras que para la operación de un robot bajo a menos de \$6 dolares.

La causa primaria de separación en la escala de salarios de operadores humanos y robots fue la inflación de los años setentas. Aunque un buen operador puede sobrepasar a un robot en muchas aplicaciones, la presente escasez de operarios con destreza y el incremento en los salarios, principalmente por inflación, ha dado a la industria del robot en Norteamérica la punta de lanza en el mercado en los últimos años de la década de los setentas. Ver fig. 3.1

El segundo factor que influenció el desarrollo de la industria del robot en los últimos veinte años fue el desarrollo del microprocesador. El robot en los setentas tenía una remarcable capacidad pero su versatilidad era empañada por las máquinas existentes.

El microprocesador desarrollado por Intel Corporation en 1971 dio a la industria del robot una fuente de inteligencia para controlar sus máquinas. Así el desarrollo del microprocesador permitió a compañías como la Cincinnati Milacron incorporar algunas computadoras dentro del controlador que manipula el brazo del robot.

OBJETIVOS DE LA ROBOTICA

La robótica es una disciplina que abarca diversas técnicas, cuya finalidad es diseñar y fabricar máquinas provistas de altos grados de automatismo, capaces de reemplazar al hombre en la ejecución de un trabajo, ya que un robot está diseñado para desarrollar movimientos y operaciones variables que le permiten llevar a cabo tareas diversas, generalmente manuales o en áreas hostiles a los trabajadores.

En un análisis, los efectos más evidentes de la utilización de los robots son el aumento de la productividad y la mejora de la calidad de los productos fabricados, pues la respetabilidad y la precisión son dos de sus características fundamentales. Estas ventajas, junto con las que se comentarán posteriormente han sido reconocidas por todos los países, que en consecuencia se afanan por incorporar estos elementos a sus industrias, en un esfuerzo por mantener la competitividad de los productos. La mayor aplicación de robots en la actualidad se encuentra en los países desarrollados, en donde el costo de la mano de obra justifica financieramente la decisión.

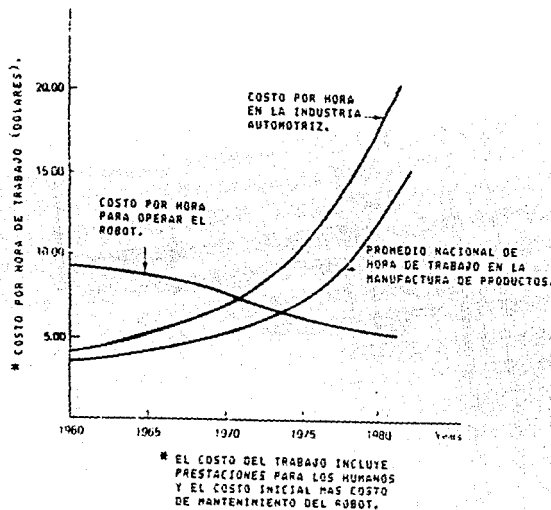


Fig. 3.1 Comparacion de costos de mano de obra humano y del robot.

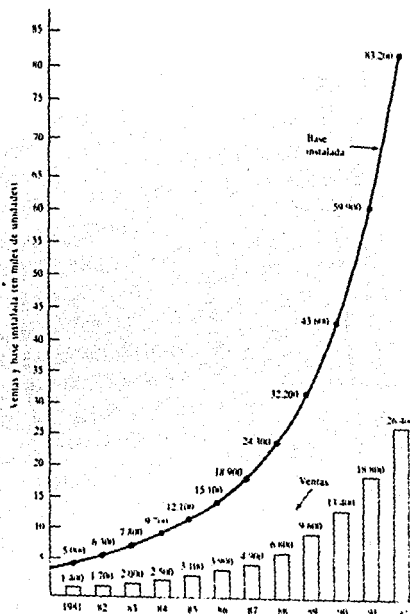


Fig. 3.2 Pronostico de ventas anuales de robots para los primeros años del 90

III.2 MERCADO DE LA ROBOTICA Y SU PROSPECTIVA

A continuación se da información del mercado de la robótica en Estados Unidos tomado como base para analizarla.

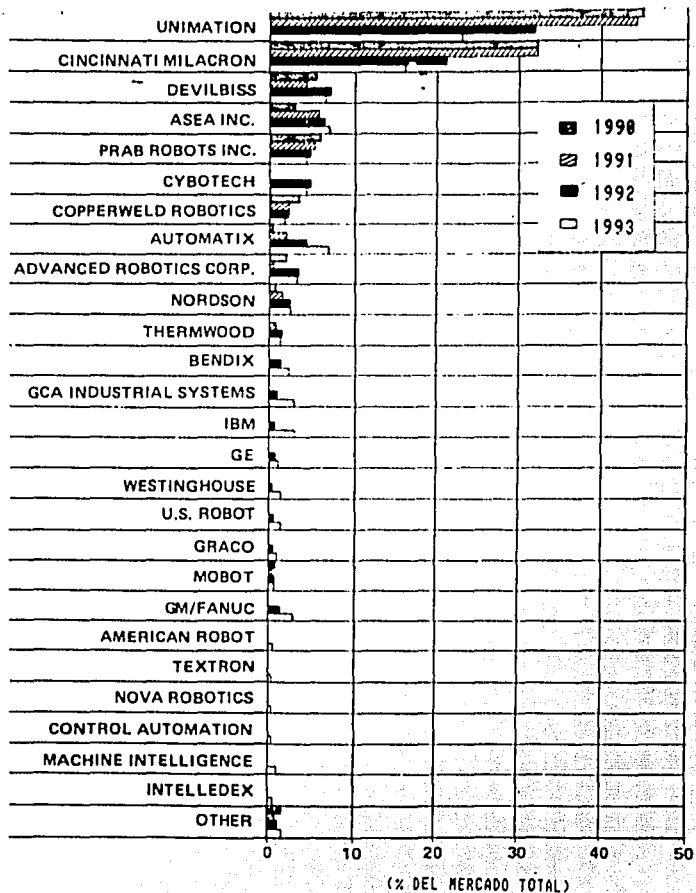
Las ventas anuales han ido creciendo en Estados Unidos a razón de un 25% anual. En la figura 3.2 se representa la estadística actual y el pronóstico para las ventas anuales de robots, y el número resultante de instalaciones. Las previsiones de ventas presentan una tasa de crecimiento anual medio continuada del 25% a través de 1987. En 1987 era previsible un incremento de la tasa de crecimiento en Estados Unidos debido a varios factores. En primer lugar, había más personas en la industria que tenían conocimiento de la tecnología y de su potencial en aplicaciones de utilidad. En segundo lugar, la tecnología de la robótica mejorará en los próximos años de manera que hará a los robots más amistosos con el usuario, más fáciles de interconectar con otro hardware y más sencillos de instalar.

En tercer lugar, a medida que crece el mercado, son previsibles economías de escala en la producción de robots para proporcionar una reducción en el precio unitario, lo que hará los proyectos de aplicaciones de robots más fáciles de justificar. En cuarto lugar, se espera que el mercado de la robótica sufra una expansión más allá de las grandes empresas, que han sido el cliente tradicional para esta tecnología, y llegue a las de tamaño mediano y pequeño. La base instalada prevista en la figura 3.2 representa la acumulación de estas ventas anuales, ajustada teniendo en cuenta los robots obsoletos que se desecharán. Es razonable suponer que los robots instalados se degradarán y quedarán tecnológicamente obsoletos después de una vida de servicio media de siete años. Los avances en la tecnología y las reducciones en los precios harán a las nuevas unidades relativamente atractivas en comparación con las antiguas unidades en servicio.

La robótica es una tecnología con futuro y también es una tecnología para el futuro. Si continúan las tendencias actuales y si algunos de los estudios de investigación en laboratorio actualmente en curso se convierten finalmente en una tecnología factible, los robots del futuro serán unidades móviles con uno o más brazos, capacidades de sensores múltiples y con la misma potencia de procesamiento de datos y de cálculo que las grandes computadoras actuales. Serán capaces de responder a ordenes dadas con voz humana. Asimismo serán capaces de recibir instrucciones generales y traducirlas, utilizando inteligencia artificial, en un conjunto específico de acciones requeridas para llevarlas a cabo. Podrán ver, oír, palpar, aplicar una fuerza media con precisión a un objeto y desplazarse por sus propios medios. En resumen, los futuros robots tendrán muchos de los atributos de los seres humanos.

El paso del presente al futuro exigirá mucho trabajo de ingeniería mecánica, electrónica, informática, industrial, tecnología de materiales y ciencias sociales.

Tabla 3.1 Comparacion de ventas de los diferentes proveedores en el mercado de los E.E.U.U.



III.3 ANATOMIA DEL ROBOT

DEFINICION DE ROBOT

Un robot es un manipulador multifuncional programable diseñado para mover material, partes, herramientas o dispositivos especiales através de la programación variable de los movimientos para llevar a cabo una gran variedad de tareas.

La palabra reprogramable implica que el robot opera de acuerdo a un programa escrito y que puede ser reescrito para adecuarlo a una gran variedad de tareas de manufactura.

La palabra multifuncional significa que el robot através de la programación y el uso de una gran variedad de órganos terminales es capaz de llevar a cabo un número diverso de tareas de manufactura.

ANATOMIA

La anatomía del robot se refiere a la construcción física del cuerpo, brazo y muñeca de la máquina. La mayoría de los robots utilizados en las fábricas actuales están montados sobre una base que esta sujeta al suelo. El cuerpo esta unido a la base y el conjunto del brazo está unido al cuerpo. Al final del brazo esta la muñeca. La muñeca esta constituida por varios componentes que le permiten orientarse en una diversidad de posiciones. Los movimientos relativos entre los diversos componentes del cuerpo, brazo y muñeca son proporcionados por una serie de articulaciones Ver fig. 3.3.

Estos movimientos de las articulaciones suelen implicar deslizamientos o giros. El cuerpo, el brazo y el conjunto de la muñeca se denomina < manipulador >.

Unida a la muñeca del robot va una mano. El nombre técnico aplicado a la mano es el **efector final**. El efector final no se considera como parte de la anatomía del robot. Las articulaciones del cuerpo y del brazo del manipulador se emplean para situar al efector final y las articulaciones de la muñeca del manipulador se utilizan para orientar dicho efector final.

EJES DE MOVILIDAD

Los términos ejes de movilidad y grados de libertad son utilizados frecuentemente al referirnos a la geometría del robot. Así tenemos que los ejes de movilidad se les denomina a las articulaciones de cada robot. Dependiendo del sistema con el que esta diseñado el robot se pueden encontrar ejes de movilidad ya sea rotacionales o lineales. En un brazo mecánico se pueden encontrar varios ejes de movilidad siendo evidente que mientras más ejes de movilidad tenga un robot mayor será su maniobrabilidad y por consecuencia más difícil de programar.

Un robot con cuatro uniones tiene cuatro grados de libertad. El número de articulaciones en un brazo también se refiere al número de grados de libertad.

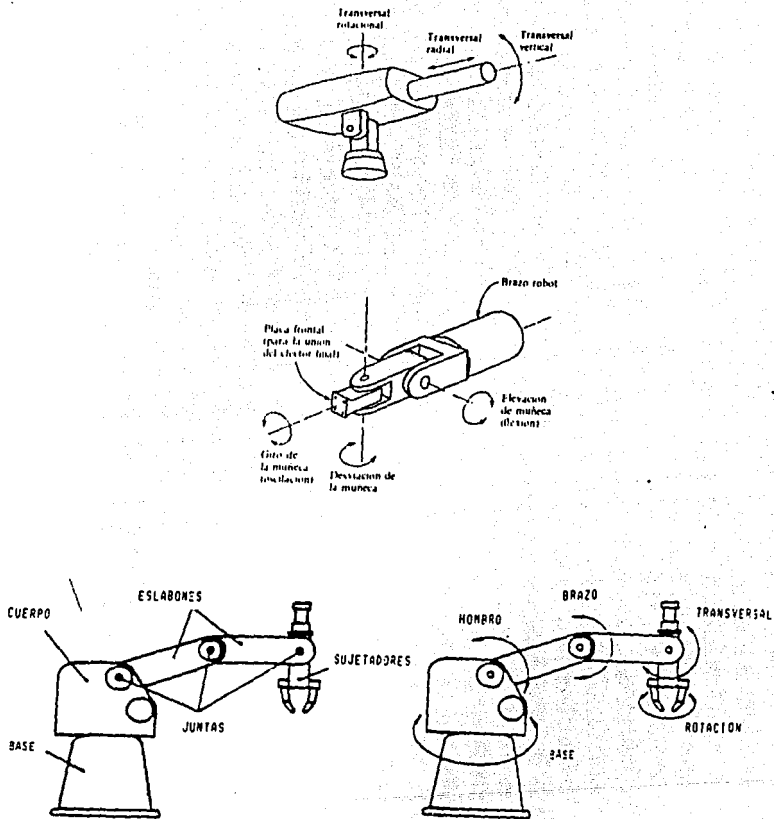


Fig. 3.3 Grados de libertad asociados con el cuerpo de un robot

FALLA DE ORIGEN

Cuando el movimiento es a lo largo o alrededor de más de un eje de movimiento, la articulación tiene dos o tres grados de libertad. La mayoría de los robots tienen entre cuatro y seis grados de libertad. En comparación el brazo humano, desde el hombro hasta la muñeca (sin incluir las articulaciones de la mano), tiene siete grados de libertad.

CLASIFICACION

Los seis grupos de clasificación de máquinas usadas por la industria del robot son las siguientes:

Una técnica de clasificación llamada **geometría del brazo del robot** divide a los robots dentro de categorías basadas en la geometría producida por el brazo que describe los alcances de su área de trabajo. De acuerdo con esta clasificación los robots pueden ser: cartesianos o rectangulares, cilindricos, esféricos o polares.

Otra técnica de clasificación es relativa al sistema de inteligencia y lo divide en baja, media y alta tecnología.

Los cuatro grupos restantes de clasificación son por: sistemas motriz, aplicaciones, técnicas de control y control de la trayectoria.

En esta sección solo se tratarán los dos primeros grupos de clasificación y los restantes en el capítulo siguiente.

DESCRIPCION POR GEOMETRIA DEL BRAZO

CARTESIANOS: Este tipo de robots cuentan por lo menos con dos articulaciones o grados de libertad (G.D.L). El robot cartesiano pueden ser construidos dentro de bastidores para uso a gran escala, tal es el caso de las aplicaciones en la industria automotriz, o en pequeña escala usando solo un plano X-Y.

Los más comunes dentro de este tipo son los que cuentan con tres G.D.L en forma ortogonal, cubriendo así un volumen de trabajo más útil. El uso más frecuente de este tipo de robots es el manejo de materiales desde y hacia áreas peligrosas. Generalmente son lentos debido a su dependencia de las cadenas, bandas y husillos de avance. Son accionados por servomotores o motores neumáticos. La mayoría de estos robots tienen una exactitud de .02 a .2 plg.

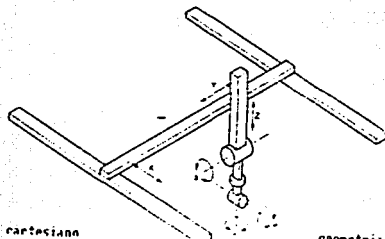
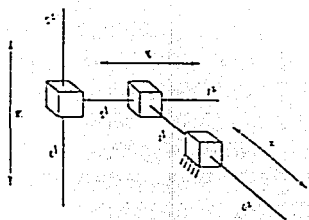
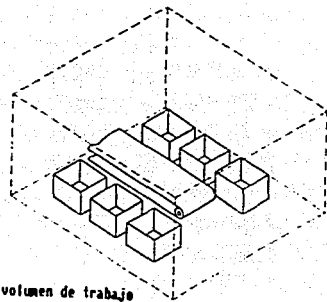
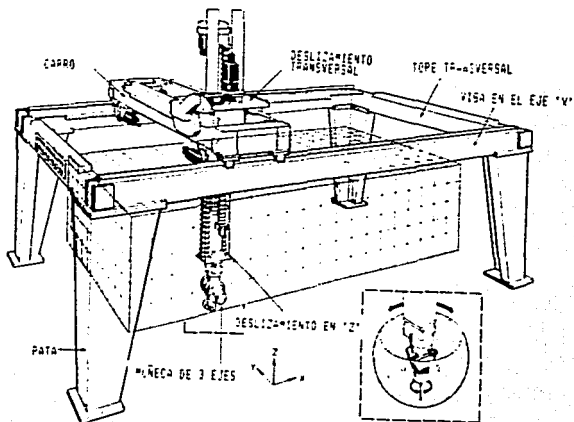
Ventajas

- Área de trabajo muy grande, hasta de 25 m.
- El montaje superior sobre rieles deja espacio en piso para manufactura y manejo de materiales.
- Se pueden aplicar sistemas simples de control.

Desventajas

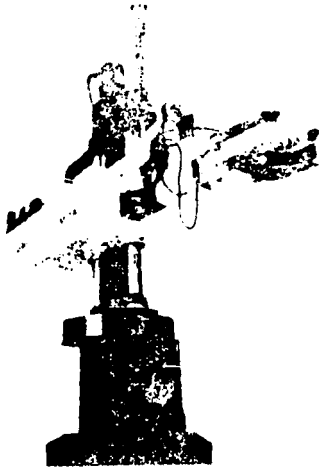
- En algunos modelos los mecanismos de tracción y sistemas de control eléctrico que están en las alturas hacen más difícil el mantenimiento.
- Difícil acceso al área de trabajo por algún equipo de manejo de materiales debido al soporte estructural del robot.

Ver figura 3.4

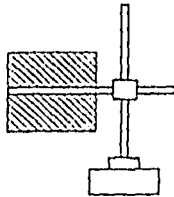


D.C.I. Fig. 3.4 Ejemplo de robot cartesiano

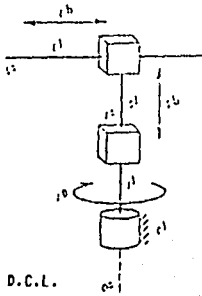
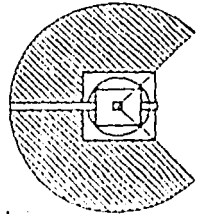
FALLA DE ORIGEN



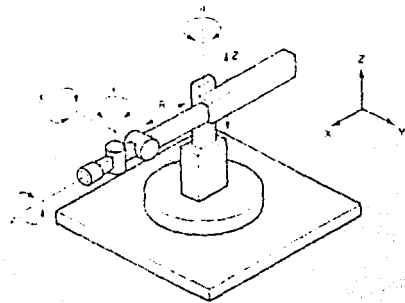
Seiko Model 700 Robot



volúmen de trabajo



D.C.L.



geometria

Fig. 3.5 Ejemplo de robot cilíndrico

CILINDRICOS: Este tipo de robo tiene la particularidad de desplazarse en un volumen cilíndrico combinando los movimientos en sus tres motores (para movimiento horizontal, vertical y angular), dado que el mínimo número de grados de libertad es de tres, de tal forma que logrará posicionarse en un punto dado, ya sea desplazándose en forma independiente en cada uno de los G.D.L. a la vez, normalmente son robots lentos cuyas velocidades alcanzan un promedio de 2 a 8 ft/seg con motores tipo servo o en requerimientos de movimientos rápidos movidos con actuadores neumáticos en las articulaciones en modelos de tallas grandes. Llegan a tener una exactitud de hasta +/- 0.005 plg en tamaños pequeños y de hasta +/- 0.2 plg en tamaños grandes. Normalmente cuentan con 5 a 6 G.D.L.

Ventajas

- Es posible gran alcance horizontal dentro de las máquinas de producción.
- El diseño estructural de la máquina ahorra espacio en el piso.
- Es posible una estructura rígida para cargas y buena repetibilidad.

Desventajas

- El tamaño del actuador horizontal es limitado para alcances a la derecha e izquierda por lo que tiene poco alcance. Esto se soluciona montando al robot en una plataforma móvil la cual puede posicionar al robot a lo largo de ésta. Ver figura 3.5

ESFERICOS: La configuración básica para este tipo de robots es de tres articulaciones, sin embargo, se les encuentra más comúnmente con 5 o 6 G.D.L., son utilizados en trabajos pesados de manejo de materiales y/o maquinaria. Tienen gran potencia, desarrollando desplazamientos rápidos y precisos del material u objeto manipulado.

Las ventajas y desventajas para los robots cilíndricos también se aplican a los esféricos con la siguiente excepción:

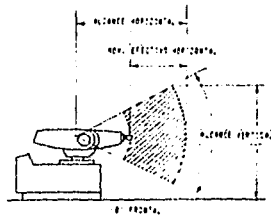
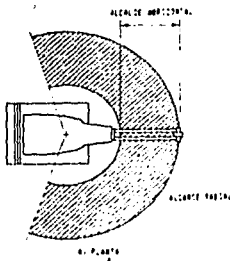
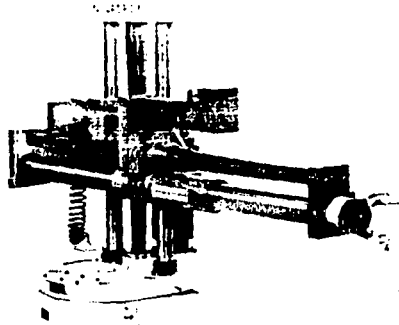
El tipo cilíndrico es más vertical en su estructura y el tipo esférico alcanza longitudes horizontales más grandes y de menor altura. Ver figura 3.6

BRAZO ARTICULADO: Hay otro tipo de robot llamado de junta esférica también algunas veces llamada configuración antropomorfa porque es el que más se aproxima a los movimientos del brazo humano. Las denominaciones "hombro" y "codo" se utilizan frecuentemente para referirse a dos articulaciones y refiriéndonos posteriormente a una "muñeca" que se encuentra en el extremo del brazo.

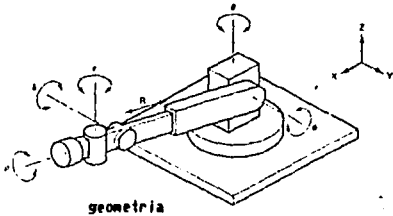
Sofisticados controles son generalmente requeridos para este tipo de geometría del brazo. Los ejes de la mayoría de los robots son accionados por sistemas de control de lazo cerrado que pueden ser impulsados por componentes eléctricos o hidráulicos. Ver fig.3.7

Ventajas

- Aunque ocupa mínimo espacio en piso, logra grandes alcances horizontalmente.
- Un buen tamaño de piezas a alcanzar es posible y habilidad para replegarse cuando esta en posición retraída.
- Gran movilidad de posicionamiento en su efector final permite al brazo movilidad en lugares estrechos y entre obstrucciones.



volumen de trabajo



D.C.L.

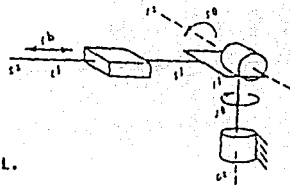


Fig. 3.6 Ejemplo de robot esferico

FALLA DE ORIGEN

FALLA DE ORIGEN

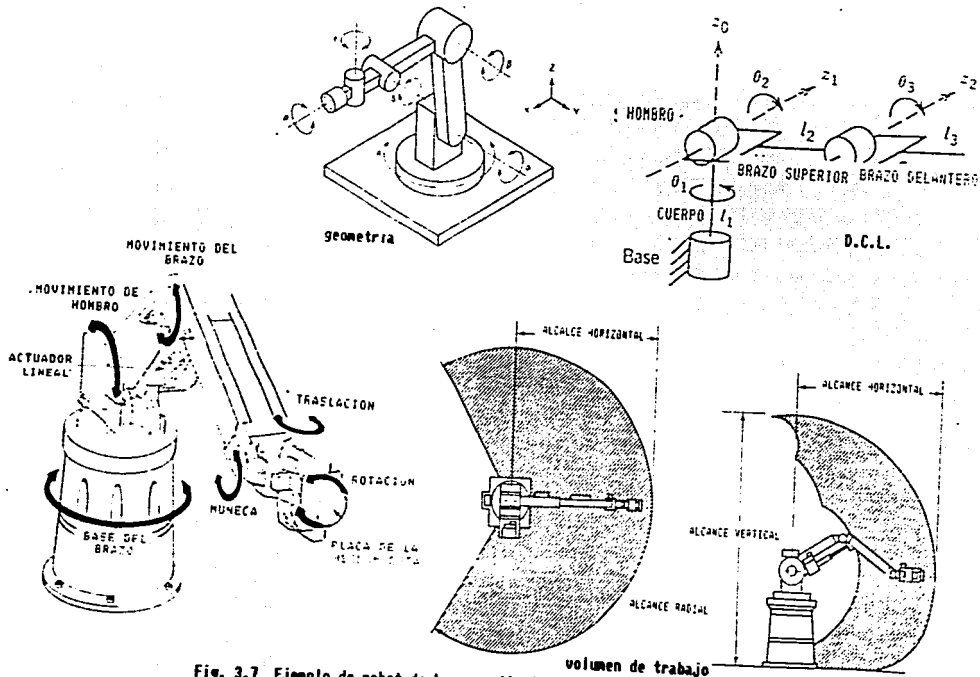


Fig. 3.7 Ejemplo de robot de brazo articulado

CONTORNO DE TRABAJO

Este término se utiliza para referirse al volumen de espacio que rodea a un robot al cual se puede llegar mediante la herramienta o pinza del brazo con sus mayores extensiones y movimientos en los diferentes ejes. El tamaño y forma exacta del contorno de trabajo será uno de los factores principales en la determinación de cual robot es el adecuado para un trabajo en particular.

Un brazo no es capaz de llegar muy atrás ya que las articulaciones sólo se mueven através de ángulos limitados y otras áreas no pueden alcanzarse porque el resto de su cuerpo se lo impide. En las figuras anteriores de la descripción por geometría del brazo se puede ver una especie de cámara o de contorno imaginario que envuelve al brazo; el extremo del brazo puede alcanzar cualquier cosa dentro de este contorno.

DESCRIPCION POR SISTEMA DE INTELIGENCIA

SIMPLE O BAJA: Los robots de tecnología simple también son conocidos como máquinas de sujetar - transportar - colocar o manipuladores de secuencia limitada. Son bajos en costo y fácil mantenimiento, rápidos y precisos, pueden incrementar notoriamente la productividad en empresas de media y gran producción. Son usualmente muy limitados en la cantidad de información que pueden almacenar en su memoria.

Generalmente sólo secuencia y tiempo manejan o controlan en su programa, aunque algunas subrutinas son posibles de llevar a cabo adaptando los poderosos controladores programables actuales. Normalmente estas máquinas están restringidas a tres o cuatro G.D.L., toques mecánicos son usados en cada eje para limitar el movimiento, usualmente se mueven entre dos posiciones (arriba/abajo, derecha/izquierda, adentro/afuera), esto es por ser muy limitados en el número de movimientos disponibles en el manipulador. Esta tipo de robots son muy dependientes de el equipo de apoyo como lo son los alimentadores.

Una regla en robótica dice: Entre mas alta es la inteligencia del controlador y mayor programabilidad y que tenga mayor número de movimientos del manipulador y efector final menor dependencia habrá del equipo de apoyo. Estos robots usualmente son operados por aire con exactitud de +/- 0.001 plg y pueden operar con una frecuencia de 6 hertz (Hz) o ciclos por segundo. Ver fig.3.5

MEDIA: Tienen una capacidad de memoria mayor que los anteriores, por lo tanto pueden procesar mas instrucciones. Ejemplo de este tipo son las celdas de trabajo en una línea de producción, en donde el robot hace las veces de un operador humano. Este tipo de máquinas tienen de cuatro a seis G.D.L. con servocontrol en la mayoría de sus ejes de movimiento. El robot de la figura 3.9 tiene 256 movimientos en memoria y es programable en sus tres ejes principales (rotación de la base, recorrido radial y vertical). El movimiento y rotación de la mano es controlado con toques. Son usados en trabajos de carga y descarga de máquinas, no son capaces de llevar a cabo operaciones de trayectoria continua requerida para operaciones de soldadura y pintado. Generalmente tienen una repetibilidad de +/- 0.050 plg.

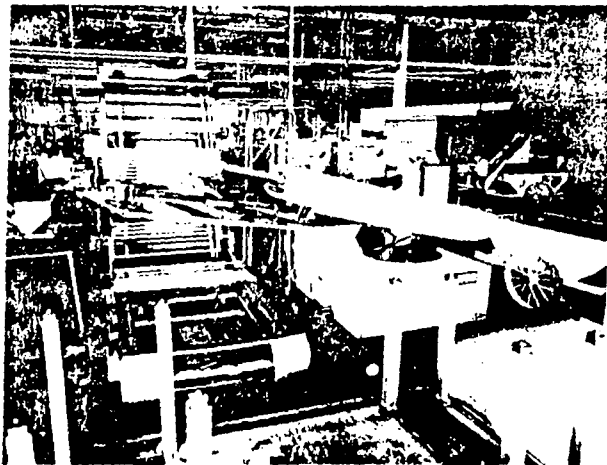


Fig. 3.9 Robot de media tecnologia

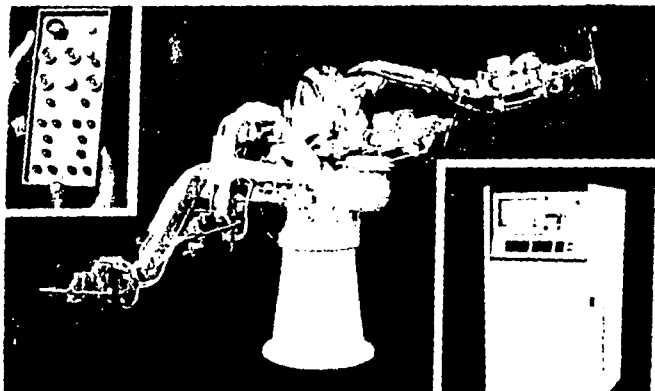


Fig. 3.10 Robot de alta tecnologia

ALTA: Estos robots son altamente flexibles y programables y utilizan controles que ejemplifican el más alto nivel de inteligencia artificial usada en la automatización industrial. Dichos controles pueden ser compatibles con interfaces con sofisticados dispositivos de inspección y sensado. También facilita la programación de las tareas más compleja con relativa facilidad. Estos robots tienen la capacidad de ser integrados dentro de varias estaciones de trabajo en una línea productiva controladas por una computadora. Estas máquinas han dado a las computadoras la habilidad de moverse en el espacio y pueden ser adiestradas como una extensión física de la computadora en la realidad. Tienen gran memoria capaz de tener múltiples programas y habilidad para cambiar de programa automáticamente dependiendo de los requerimientos del sistema o estación de trabajo. Estos robots son fácilmente programados por el control manual, por el teclado de la terminal, por programa pregrabado o cualquier combinación de los tres. Por ordenes directas con la voz también es posible pero en forma aún limitada.

El manipulador tiene cinco o más G.D.L. y es completamente programable en todos los ejes, estos manipuladores pueden trabajar por sistema de control de punto a punto o trayectoria continua. Los robots de brazos pequeños tienen una repetibilidad de ± 0.004 plg y con capacidad para cargas de menos de un kilogramo. Ver figura 3.10

ATRIBUTOS DE UN BUEN ROBOT

Los fabricantes al presentar sus equipos, nos proveen de un manual con las principales características del robot.

Alcance. - Región del espacio hasta donde puede llegar a situarse el punto de referencia del elemento terminal. Está delimitado por una superficie envolvente más o menos complicada. Morfologías aparentemente parecidas tienen alcances distintos (los Scara tienen mejores alcances que los cilíndricos en el plano lo que ha ayudado a su amplia difusión). A veces existen ciertas regiones del espacio en el que el alcance tiene restricciones: los ejes de rotación no siempre cubren 360° , debido a su diseño mecánico. De las diferentes configuraciones de muñecas, unas presentan más restricciones que otras, ello da como resultado que sea posible alcanzar ciertas orientaciones. Esta restricción afecta más a los cilíndricos y polares que a los cartesianos. En estos últimos la restricción es uniforme a través de todo el espacio, mientras que en los primeros las restricciones aumentan cuando nos alejamos del plano de simetría principal.

Capacidad de carga. - Si bien se fija como un máximo a no ser sobrepasado, la carga afecta a todas las otras características y hay que contemplarla como una variable ya que, para cada carga habrá unas flexiones, velocidades, aceleraciones, etc, distintas. Por lo tanto, cuando hablamos de una repetitividad de ± 0.1 , probablemente ésta sea mejor cuando operemos con cargas bajas. Lo mismo podemos decir respecto a la aceleración.

Repetibilidad.- Radio polar máximo de la envolvente de los distintos puntos alcanzados por el punto de referencia del elemento terminal, en ciclos repetidos en las mismas condiciones de carga y temperatura. No tiene porqué ser una envolvente esférica dado que no hay una isotropía de puntos débiles del robot.

Precisión.- Grado en que se ajusta la posición del punto medio (en una serie de movimientos en ciclos repetidos) del punto de referencia del elemento terminal respecto a la posición programada, con carga nominal y temperatura normal.

Resolución.- Es el incremento mínimo de movimientos que puede ser producido en el punto de referencia del elemento terminal. Aunque a primera vista parezca fácilmente predecible, la intervención de los juegos del slip-stick lo convierte en un valor a obtener experimentalmente, pero además puede ser distinto en regiones diferentes, dadas las posiciones cambiantes de todas las articulaciones o guías.

Velocidad.- Factor importante, sobre todo en los movimientos largos, ya que en los cortos no se alcanza a veces la velocidad límite máxima. En los robots de montaje acostumbra a ser un factor primordial, pero en otros casos es poco importante, por ejemplo en los robots para soldadura con arco.

Aceleración.- Factor muy importante en los movimientos cortos. Para conseguir que sea grande hay que procurar que las masas de todos los elementos móviles sean pequeñas y que los centros de masa de los elementos que giran estén en el eje de giro, lo que es muy difícil de conseguir, en primer lugar porque al existir varios ejes de giro unidos, las distintas posiciones de cada articulación desplazan el centro de masa en forma arbitraria; y en segundo lugar porque el contrapeso de cada miembro resulta a veces incómodo para la forma del robot. Los actuadores deben ser potentes y ligeros.

Rebasamiento.- (over shoot). En el fenómeno oscilatorio amortiguado que se produce alrededor de la posición final, cuando se da la orden de alcanzar un punto determinado se llama rebasamiento al valor en que el origen de coordenadas del elemento terminal sobrepasa momentáneamente a la posición final.

Error por cambio de sentido.- Análogo al error que se aprecia en todos los aparatos de medición de tipo mecánico que nos dan medidas distintas, si nos acercamos con precaución al punto de equilibrio por dos sentidos opuestos.

Fiabilidad.- Es la característica que informa sobre la disponibilidad de un robot, funcionando correctamente. Cada proceso tiene objetivos críticos distintos, las pérdidas por interrupciones pueden variar según se trabaje:

- en serie (ciclo corto en cada robot)
- en paralelo (ciclo largo en cada robot)

Si estamos soldando autos en dos líneas distintas, una configuración en serie y otra en paralelo con vehículos guiados automáticamente, la avería de un robot será más crítica en el primer caso que en el segundo. Los robots más sofisticados incorporan el autodiagnóstico, editan mensajes escritos no sólo de los fallos del mismo, sino incluso de las causas de interrupción por fallas de la pieza.

III.4 APLICACIONES Y FACTIBILIDAD

APLICACIONES

Los robots se utilizan en una amplia gama de aplicaciones en la industria. Actualmente la mayoría de las aplicaciones están en los procesos de fabricación para el desplazamiento de piezas, materiales y herramientas de diversos tipos. Las futuras tareas incluirán no sólo de fabricación, sino de otros tipos, como trabajos de construcción, exploración del espacio y cuidados médicos. En algún momento en el futuro, un robot casero puede llegar a ser un elemento de producción en serie, quizá tan utilizado como el automóvil en nuestros días.

De momento, la mayoría de las aplicaciones industriales de robots pueden dividirse en las tres categorías siguientes:

1.- Aplicaciones de manipulación de materiales y de carga y descarga de máquinas. En estas aplicaciones la función del robot consiste en desplazar materiales o piezas en la célula de trabajo de un lugar a otro. En la figura 3.11 se muestra realizando una operación de manipulación de materiales.

La carga y/o descarga de una máquina de producción está incluida dentro del alcance de esta actividad de manipulación de materiales.

2.- Aplicaciones de procesos. En esta categoría se incluye la soldadura por puntos, la soldadura por arco, la pintura por pulverización y otras operaciones en las que la función del robot consiste en manipular una herramienta para realizar algún proceso de fabricación en la célula de trabajo. La soldadura por puntos representa una aplicación especialmente importante en la categoría de aplicaciones de procesos.

3.- Montaje e inspección. Estas son dos operaciones independientes que se incluirán juntas en esta categoría.

El montaje robótico es un campo en que la industria está mostrando gran interés debido a su potencial económico.

Los robots de inspección harán uso de sensores para calibrar y medir características de calidad del producto fabricado.

En el lenguaje diario, se dice que un proceso está robotizado cuando los seres humanos que lo llevaban a cabo han sido sustituidos por uno o varios robots. Dado que los trabajadores utilizaban unas herramientas y máquinas en su trabajo, los robots servirán también a las mismas máquinas y utilizarán unas herramientas especiales adaptadas a sus características anatómicas. Cuando se compara, desde el punto de vista productivo un robot con un trabajador humano, se observa la nula capacidad de decisión que tienen los robots no inteligentes y la aún escasa de los llamados inteligentes.

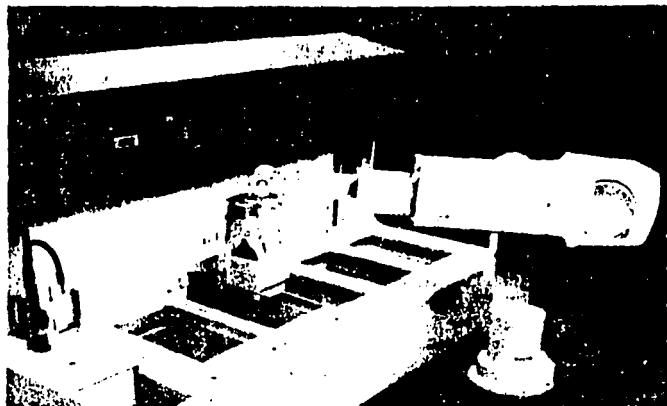


Fig. 3.11 El robot realiza una aplicación de grabado de pastillas de semiconductor.

FALLA DE ORIGEN

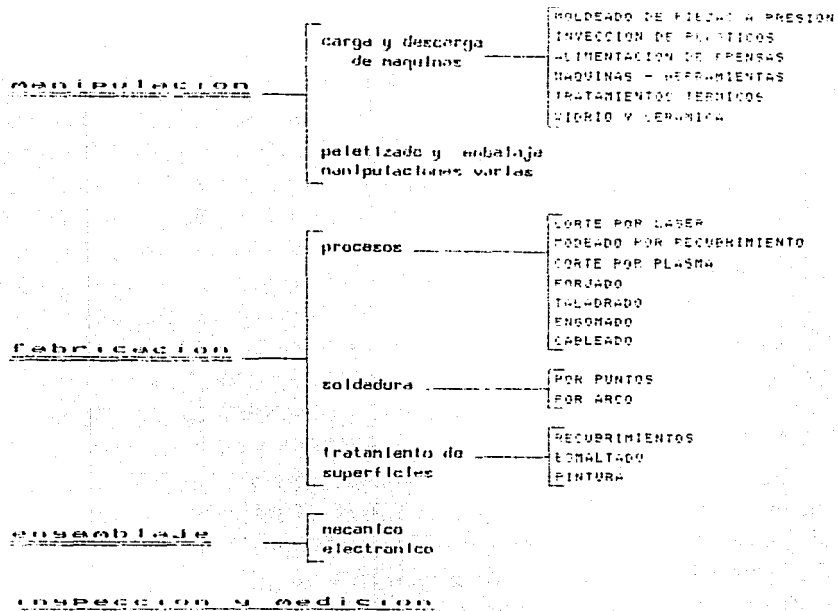


TABLA 3.2 Aplicaciones industriales de los robots

Pero por otra parte, se observa también su enorme potencial productivo (sobre todo en labores repetitivas), próximo a la posibilidad de trabajo ininterrumpido y preciso, incluso en condiciones ambientales inaceptables para las personas. Así mismo, el hecho real es que, en muchas tareas un solo robot puede sustituir a dos o más hombres.

A cambio de las ventajas comentadas anteriormente es preciso tomar una serie de medidas importantes antes de poner a trabajar un robot o una batería de ellos. En primer lugar hay que elegir el robot más indicado para el proceso productivo y para el medio en que se va a implantar, así como su ubicación o puesto de trabajo. Por otra parte, los elementos de trabajo, tanto la alimentación de piezas como la maquinaria existente, deben disponerse de acuerdo con las características del robot, aunque si se desea optimizar la integración de éste en la planta de fabricación es preciso dotarlo de sensores tales como visión, fuerza, tacto, etc. Estos mismos sirven para detectar fallas de la alimentación u otros imprevistos que pueden surgir durante el tiempo de trabajo.

La disposición en la zona accesible de la pieza sobre la que se va a trabajar y el procedimiento de alimentación del robot constituyen las claves para obtener un rendimiento óptimo. En ciertos casos puede ser conveniente disponer de medios de trabajo alrededor del robot y a su alcance. Tal vez sea éste procedimiento más conveniente para la instalación del robot en una empresa donde la robotización se ha realizado todavía en pequeña escala. Es evidente que esta solución no altera la distribución de planta existente con anterioridad y simplemente añade un puesto de trabajo más. Casos típicos son las aplicaciones de corte de piezas, prensas, forja, etc, en las que un solo robot puede atender a varias máquinas, siempre que se tome la precaución dentro de su región accesible las diversas herramientas o mandos de sujeción que se necesiten.

Un montaje de robot distinto del citado anteriormente consiste en hacer pasar por el área accesible del robot a las piezas que se desea manipular mediante, por ejemplo una cinta transportadora. Esta solución es muy utilizada en las cadenas de montaje de autos, electrodomésticos, etc. Una variante de este sistema consiste en hacer que sea el robot quien se desplace, por ejemplo sobre carriles, mientras que las piezas sobre las que se trabaja permanecen fijas. El procedimiento puede resultar eficaz en el caso de que un mismo robot deba realizar un número grande de tareas diferentes, pero puedan presentarse problemas de interferencia cuando existen varios robots simultáneamente.

FACTIBILIDAD

Una de las razones que han favorecido a la demanda de los robots industriales registrada en años recientes en los países desarrollados, ha sido la económica. Con la implantación de robots en la industria hay una rápida amortización de la inversión ya que se obtiene una reducción importante en los costos, tanto directos como indirectos.

Entre los costos directos destacan fundamentalmente, el ahorro en mano de obra y la optimización en el consumo de materias primas; entre los indirectos se puede citar la consistencia de la calidad de producción, registrado en forma de series más homogéneas, con menores porcentajes de rechazo y optimización en el uso de herramientas.

Supongamos, por ejemplo que los gastos de operación de una línea de ensamble se encuentran alrededor de \$ 18,000 Dls/año, comprendiendo sueldos, impuestos, etc. Supongamos también que en un principio un robot tenga una capacidad de producción equivalente a la de 2 operarios, y que su precio, incluyendo accesorios e instalación sea de \$ 100.000 Dls., y tenga un costo de mantenimiento anual de \$ 5,000 Dls. Denominando T_a al tiempo de amortización, P a los gastos por operario, C al costo del robot, M a los gastos de mantenimiento y N al número de turnos trabajados por el robot tenemos:

$$T_a = \frac{C}{(N * P) - M}$$

Sustituyendo los valores estimados en la fórmula y suponiendo que el robot sólo trabaje dos turnos (16 horas), igual que los operarios, y que su productividad sea también la misma tenemos:

$$T_a = \frac{100,000}{36,000 - 5,000} = 3.3 \text{ años}$$

y en una producción a tres turnos:

$$T_a = \frac{100,000}{54,000 - 5,000} = 2.0 \text{ años}$$

Estos resultados, que en el ejemplo indican tiempos de amortización de 3.3 y 2.0 años en una operación a dos y tres turnos respectivamente, son sumamente satisfactorios si se tiene en cuenta que la vida útil de un robot puede estar alrededor de los diez años y que su productividad es mayor que la de un operario.

IV. EL ROBOT Y SUS PERIFERICOS

IV.1 SISTEMAS DE CONTROL Y COMPONENTES

Para poder funcionar un robot, debe tener un medio de controlar su sistema impulsor para la regulación adecuada de su movimiento. En esta sección se describirán algunos tipos de sistemas de control y sus características.

Los robots industriales disponibles en el mercado pueden clasificarse en cuatro categorías, según sus sistemas de control. Las cuatro categorías son:

- Secuencia limitada.
- Reproducción punto a punto.
- Reproducción con control de trayectoria continua.
- Robots inteligentes.

De las cuatro categorías, los robots de secuencia limitada representan el control de nivel más bajo y los robots inteligentes el más sofisticado.

Los robots de secuencia limitada no utilizan servocontrol para indicar las posiciones relativas de las articulaciones. En cambio, se controlan por el posicionamiento de los interruptores de fin de carrera y/o topes mecánicos para establecer los puntos finales de desplazamiento para cada una de las articulaciones. El establecimiento de las posiciones y las secuencias de estos topes implica una puesta a punto mecánica del manipulador en lugar de una programación del robot. Con este método de control, las articulaciones individuales sólo pueden desplazarse en sus límites de desplazamientos extremos. Esto tiene el efecto de limitar severamente el número de puntos distintos que pueden especificarse en un programa para estos robots. La secuencia en la que se reproduce el ciclo de movimiento se define mediante un conmutador paso a paso, una placa de clavijas u otro dispositivo de secuenciación. Este dispositivo, que constituye el controlador del robot, señala cada uno de los actuadores particulares para que operen en la sucesión adecuada. No suele existir ninguna realimentación asociada con un robot de secuencia limitada para indicar que se alcanzó la posición deseada. Cualquiera de estos tres sistemas de impulsión puede utilizarse con este tipo de sistema de control; sin embargo la impulsión neumática parece ser el tipo utilizado con mayor frecuencia. Las aplicaciones para este tipo de robot suelen implicar movimientos simples, tales como operaciones de sujetar-transportar-colocar.

Los robots de reproducción utilizan una unidad de control más sofisticada, en la que una serie de posiciones o movimientos son registrados en memoria y luego repetidos por el robot bajo su propio control.

El término <reproducción> es descriptivo de este modo operativo general. El procedimiento de enseñar y registrar en memoria se conoce como la programación del robot.

Los robots de reproducción suelen tener alguna forma de servocontrol, para asegurar que las posiciones conseguidas por el robot son las posiciones que se le registraron.

Los robots de reproducción se clasifican en dos categorías: robot punto a punto (PTP) y robot de trayectoria continua (CP). Los robots punto a punto son capaces de realizar ciclos de movimiento que consisten en una serie de localizaciones de puntos deseados y acciones afines. Al robot se le coloca en cada punto, y estos puntos se registran en la unidad de control del robot. Durante la reproducción, el robot se controla para desplazarse desde un punto a otro en la secuencia adecuada. Los robots punto a punto no controlan la trayectoria tomada por el robot para pasar de un punto al siguiente. Si el programador quiere ejercer una cantidad limitada de control sobre la trayectoria seguida, debe realizarlo mediante la programación de una serie de puntos a lo largo de la trayectoria deseada. El control de la secuencia de posiciones es bastante apropiado para muchas clases de aplicaciones, incluyendo las máquinas de carga y descarga y la soldadura por puntos.

Los robots de trayectoria continua son capaces de realizar ciclos de movimiento, en los que se controla la trayectoria seguida por el robot. Esto se suele realizar efectuando el desplazamiento del robot a través de serie de puntos próximos, que describen la trayectoria deseada. Los puntos individuales se definen por la unidad de control y no por el programador. El movimiento en línea recta es una forma común de control de trayectoria continua para los robots industriales. El programador especifica el punto inicial y el punto final de la trayectoria y la unidad de control calcula la secuencia de puntos individuales que permiten al robot seguir una trayectoria de línea recta. Algunos robots tienen capacidad para seguir una trayectoria curva suave, definida por un programador que desplaza manualmente el brazo a través del ciclo de movimiento deseado. Para conseguir un control de trayectoria continua más allá de una extensión limitada se exige que la unidad de control sea capaz de almacenar un gran número de posiciones de puntos individuales que definen la trayectoria curva compuesta. Actualmente esto implica el empleo de una computadora como unidad de control del robot. El control de la trayectoria continua se requiere para algunas aplicaciones industriales, tales como revestimiento por pulverización y soldadura por arco.

Los robots inteligentes constituyen una clase cada vez más numerosa de los robots industriales, y capacidad no solo para reproducir un ciclo de movimiento programado, sino para interactuar con su entorno de una manera que parece inteligente. Invariablemente, el controlador consiste en una computadora o dispositivo similar (un controlador lógico programable). Los robots inteligentes pueden modificar su ciclo programado en respuesta a las condiciones particulares que se produzcan en el trabajo. Puede tomar decisiones lógicas basadas en los datos del sensor recibidos desde la operación. Los robots de esta clase tienen capacidad de comunicarse, durante el ciclo de trabajo, con los operadores humanos o con sistema basados en computadora.

Los robots inteligentes se suelen programar utilizando un lenguaje similar al inglés y un lenguaje simbólico no muy diferente a un lenguaje de programación de computadora.

En realidad, las clases de aplicaciones que se realizan por robots inteligentes se basan en el empleo de un lenguaje de alto nivel para realizar las actividades complejas y sofisticadas que pueden ser ejecutadas por estos robots. Aplicaciones típicas de los robots inteligentes son las tareas de montaje y las operaciones de soldadura por arco.

El robot de la fig.4.1 muestra un ejemplo de control por secuencia limitada en donde el robot debe ir del punto A al B. Esta sistema opera bajo el sistema de control de lazo abierto, lo que significa que la posición y velocidad de los ejes no es conocida, por lo que, la única información almacenada en memoria es una lista secuencial de comandos on/off.

En la fig.4.2 se muestra un ejemplo, en donde debe pasar una pieza de una banda transportadora a otra, los cuatro puntos mostrados son requeridos para: 1) sujetar la pieza, 2) levantarla al punto 2, 3) transportarla al punto 3, y 4) dejarla en el punto 4. Las líneas sólidas representan la trayectoria deseada de el movimiento cuando el programa es ejecutado por el controlador. Las líneas discontinuas representan la trayectoria que puede seguir la pieza cuando se ha <enseñado> la operación deseada.

En la fig. 4.3 se muestra una comparación del control de punto a punto y trayectoria continua. La diferencia radica en el número de puntos programados que han sido registrados en el controlador y el método usado para registrarlos. En el control punto a punto se requieren justamente cuatro puntos registrados en memoria y en la trayectoria continua se registran cientos de puntos para llegar al mismo objetivo.

En la fig.4.4 se muestra un simbólico robot esférico, moviéndose del punto 1 al punto 2, ambos en el mismo plano pero el punto 2 esta más alto. El sistema punto a punto provee retroalimentación para el control de cada eje en todo el trayecto, el controlador debe cambiar cuatro G.D.L. La base rota sobre el ángulo 0, el hombro se mueve de el ángulo 01 al 02, el brazo se extiende a lo largo de Z para alcanzar el punto 2 y la muñeca se mueve del ángulo ϕ_1 al ϕ_2 .

TIPOS DE SISTEMAS

Los robots industriales pueden ser servocontrolados y no-servo-controlados dependiendo de la técnica de control. Los robots servo usan tres tipos diferentes de sensores de retroalimentación que son: potenciómetros, los cuales usan resistencias para ajustar la articulación; codificadores ópticos, que usan mediciones fotoeléctricas y, unidades de resolución, que usan campos magnéticos. Las computadoras son ampliamente usadas en sistemas de retro-alimentación. La función del microprocesador en el control de la retroalimentación se divide en dos: monitoreo, esto es procesando datos del comportamiento del sistema, y control, que supervisa el sistema.

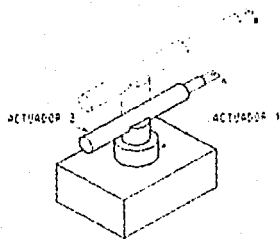


Fig. 4.1 Control por secuencia limitada

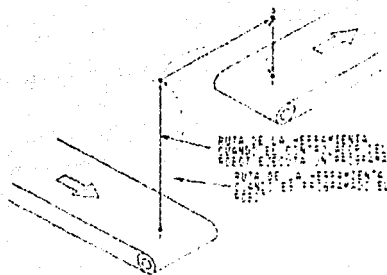


Fig. 4.2 Control punto a punto

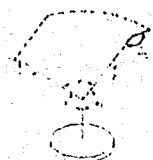
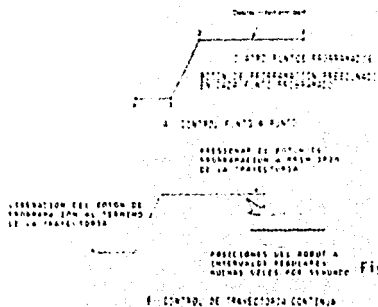


Fig. 4.4 Ejemplo de control punto a punto en un movimiento no lineal.

Fig. 4.3 Comparación del control punto a punto y trayectoria continua.

FALLA DE ORIGEN

Obviamente el primero involucra mediciones y el segundo es de un proceso de lazo cerrado (retroalimentado), las mediciones no son menos importantes, desde que se da por hecho que nada puede ser bien controlado sino es bien medido.

En las figuras 4.5 y 4.6 se muestran los principios básicos de sistemas de control de lazo abierto y lazo cerrado. En el sistema simple de lazo cerrado se muestran mediciones y control de la misma variable. Los microprocesadores y otros sistemas electrónicos necesitan interfaces para contactar con lo que sucede a su alrededor. No se está hablando de teclado, monitor o impresora. Estas son interfaces que hacen lo que un operador haría en el puesto de trabajo para controlar el sistema.

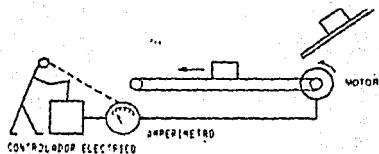
Cada medición de entrada y cada respuesta de salida necesita su propia interface y la variedad de interfaces es tan amplia como los dispositivos de entrada y salida. La mayoría de los sensores (transductores) miden cantidades físicas para proveer continuas respuestas analógicas. Por lo tanto, esto no es compatible con un sistema digital, entonces, un aspecto de la interface es de vital importancia para la conversión analógica-digital. Contrariamente, la mayoría de los dispositivos actuadores susceptibles de ser controlados son analógicos y por lo tanto se requiere la conversión digital-analógica. En general, una entrada al sistema de control requiere de un transductor, un acondicionador de señal, un medio de transmisión y un convertidor analógico-digital. La mayoría de las señales de control requieren más energía de la que usualmente está disponible en los microprocesadores y otros circuitos digitales, así que el comportamiento usual es la conversión digital-analógica y amplificación de la energía para activar el actuador (motor, pistón etc.).

CONTROLADORES

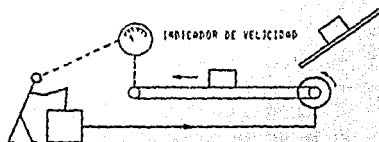
Como se indica en la fig. 4.7, el controlador y el actuador se incluyen dentro de los componentes del sistema de control. La función del controlador es comparar la salida real de la instalación con la orden de entrada para proporcionar una señal de control que reducirá el error a cero o tan cerca de cero como sea posible. Existen cuatro acciones básicas de control que se utilizan por separado, o en combinación, para proporcionar los seis tipos más comunes de controladores. Las acciones son: control <todo o nada>, control proporcional, control derivativo y control integral. Los seis tipos de control son:

- 1.- Todo o nada
- 2.- Proporcional
- 3.- Integral
- 4.- Proporcional más integral (P+I)
- 5.- Proporcional más derivativo (P+D)
- 6.- Proporcional más integral más derivativo (P+I+D)

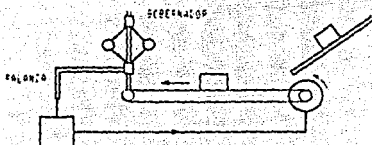
Cada uno de estos tipos es mejor para determinadas aplicaciones. A continuación se describe la operación de cada tipo de control.



control manual de lazo abierto



control manual de lazo cerrado



control automatico de lazo cerrado

Fig. 4.5 Control de lazo abierto y cerrado

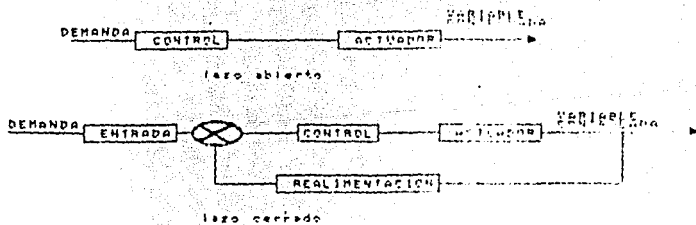


Fig. 4.6 Diagrama de bloques de lazo abierto y retroalimentación.

FALLA DE ORIGEN

Control <todo o nada>.

En este tipo el elemento de control solo proporciona dos niveles de control: total o nulo. Un ejemplo de este tipo de controlador es el termostato doméstico.

Control proporcional

En los casos en que se requiera una acción de control más suave, puede utilizarse un controlador proporcional. El controlador proporcional desarrolla una señal de control proporcional al error. Esencialmente, actúa como un amplificador.

Control integral.

En un controlador, al emplear una acción de control integral, la señal de control se modifica a una velocidad proporcional a la señal de error. Es decir, si la señal de error es grande, la señal de control se incrementa con gran rapidez; si es pequeña, la señal de control se incrementa con lentitud. Si el error tendiese a cero, la salida del controlador permanecería constante. Esta característica permite utilizar los controladores integrales cuando existe algún tipo de carga constante en el sistema. Incluso si no existe ningún error, el controlador, para neutralizar la carga, seguiría conservando una señal de salida.

Control proporcional más integral.

Algunas veces es necesario combinar acciones de control. Un controlador proporcional es incapaz de neutralizar una carga en el sistema sin ningún error. Un controlador integral puede proporcionar un error cero, pero suele suministrar una respuesta lenta. Para resolver este problema se utiliza el controlador P+I.

Control proporcional más derivativo.

La acción del control derivativo proporciona una señal de control proporcional a la velocidad de cambio de la señal de error. Puesto que ésta no genera ninguna salida a menos que el error sea cambiado, en raras ocasiones se utiliza sola. El efecto de la acción del control derivativo es anticipar cambios en el error y proporcionar una respuesta más rápida a los cambios.

Control proporcional más integral más derivativo.

Tres de las acciones de control se pueden combinar para formar el controlador P+I+D. Es el tipo de control más general y, con toda probabilidad, es el tipo de controlador más utilizado. Proporciona una respuesta rápida, un buen control de la estabilidad del sistema y un bajo error de régimen permanente. Como se indicó con anterioridad, en los modernos controladores de robot, los cálculos asociados con alguno de los controladores anteriores suelen ejecutarse por computadora.

SISTEMAS DE LAZO ABIERTO

VENTAJAS

- Bajo costo inicial en el hardware del robot.
- Buena tecnología del control.
- Sistemas electrónicos y mecánicos menos sofisticados y con menor mantenimiento.
- Mayor staff de ingenieros y técnicos familiarizados con los requerimientos de este tipo de sistema.

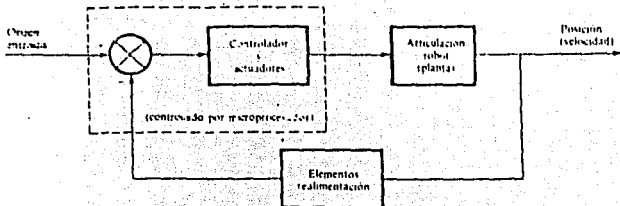


Fig. 4.7 Diagrama de bloques de un sistema de control para una articulación del robot.

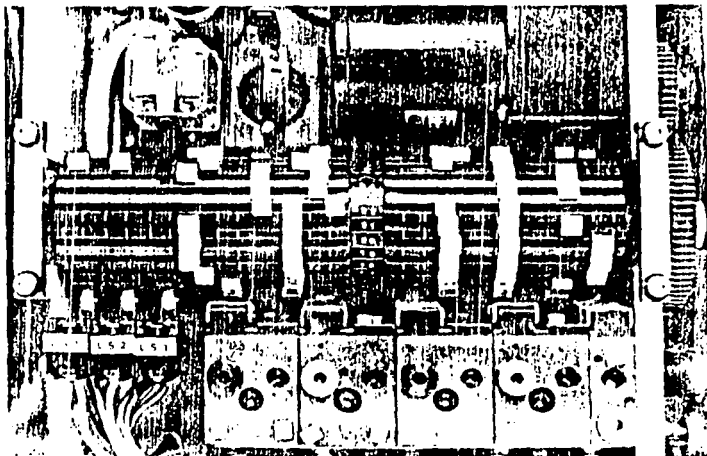


Fig. 4.8 Programador cilindrico

CONTROL INTERNO

El control del robot no-servo incluye mecanismos internos para establecer exactitud de posición y dispositivos externos para el aseguramiento requerido de la secuencia de movimientos. Los mecanismos de posicionamiento incluyen los siguientes:

Un arreglo de topes los cuales limitan el movimiento de los actuadores neumáticos e hidráulicos al final de su carrera. Estos topes pueden encontrarse en la extensión longitudinal del actuador o pueden ser colocados al final de la carrera.

Topes ajustables, estos limitan el accionamiento del actuador hidráulico o neumático al final de su carrera, estos son idénticos a los anteriores excepto que son ajustables a lo largo de la carrera del actuador.

Interruptor de límite, estos producen paros al ser oprimidos por algún dispositivo mecánico de extensión.

Motores de paro, los cuales producen movimientos angulares de rotación basados en el número de impulsos que se le aplica al motor. No son frecuentemente usados en los robots pero sí en el equipo auxiliar, como en los tableros de posicionamiento. La naturaleza interna de los dispositivos de posicionamiento interno aseguran una larga vida de operación.

CONTROL EXTERNO

Los tipos de controles usados en los robots de sujetar-transporte-colocar son los siguientes:

Programadores cilíndricos, como el ilustrado en la figura 4.8 es usado en algunas aplicaciones. Como en la mayoría de los cilindros mecánicos programables, la secuencia operacional es puesta a punto por un arreglo. Los taps (topes) actúan en switch eléctricos o válvulas hidráulicas/neumáticas los cuales controlan el movimiento de los ejes del robot. El tiempo de la secuencia es determinado por el número de taps usados y la velocidad de rotación del cilindro.

Programadores lógicos neumáticos, son también empleados para controlar la secuencia de los robots de sujetar-transportar-colocar. Una red lógica alimentada por aire es construida para emplear elementos lógicos para proveer el control secuencial requerido por el robot, este sistema lógico de aire es construido y programado por la conexión de elementos juntos con pequeños diafragmas de aire.

El tiempo y secuencia de los movimientos del robot es determinada por los elementos usados y la forma en que estos son interconectados.

Controladores programables (PC), son los dispositivos más frecuentemente usados en el control de los movimientos secuenciales de los robot de sujetar-transportar-colocar. La fig. 4.9 ilustra el uso de una PC. en un sistema típico de baja tecnología, la PC no solamente controla las operaciones del robot sino que también monitorea los sensores y controla señalización visual (LEDs indicadores)

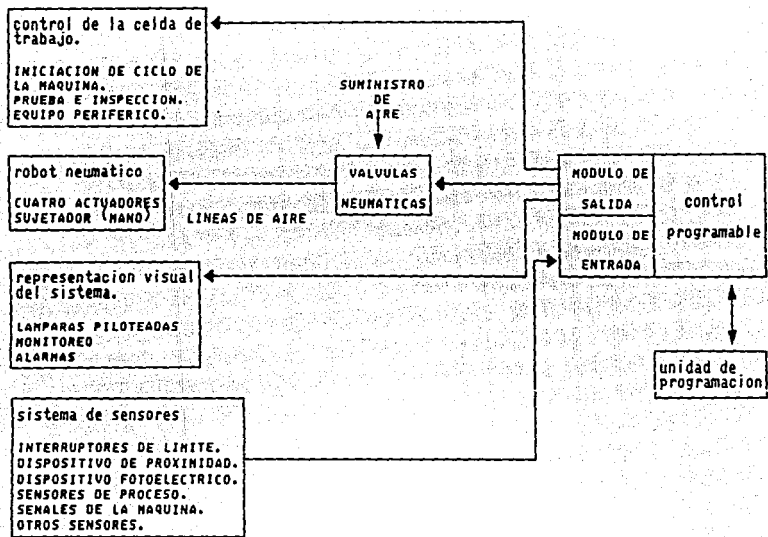


Fig. 4.9 Sistema de manejo del robot por medio del controlador programable.

SISTEMA DE LAZO CERRADO (RETROALIMENTACION)

VENTAJAS

- Los robots servocontrolados proveen una alta repetibilidad de posicionamiento en cualquier lugar dentro del área de trabajo, esta característica flexible de posicionamiento múltiple es necesario para la implementación del robot en muchas tareas de producción.
- Los controladores tipo servo con computadoras pueden proveer el control del sistema con dispositivos y máquinas que son externos al sistema del robot. Muchas estaciones de trabajo requieren el control armónico de muchos dispositivos periféricos, tales como máquinas de control numérico, transportadores, sistemas de visión, etc. Los controladores tipo servo usualmente tienen la capacidad y el poder de programación para controlar el brazo del robot y equipo de soporte dentro de la estación de trabajo.
- Comandos de programación poderosos están disponibles para llevar a cabo tareas complejas de manufactura con simples comandos de programación.
- Interface de los robots con otros sistemas de control por computadora, como sistema de visión u otras computadoras, es más fácil de llevar a cabo por los controladores tipo servo.

CONTROL INTERNO

Igual que los sistemas no-servo, el posicionamiento y el movimiento de un robot tipo servo es controlado por fuentes internas y externas al brazo del robot. Las fuentes de control interna incluyen los dispositivos de retroalimentación los cuales mecánicamente miden el ángulo de la articulación y convierten la medida angular en una señal eléctrica proporcional.

Potenciómetros.

Los tres primeros dispositivos de retroalimentación posicional son los potenciómetros, unidades de resolución, y los codificadores ópticos. El potenciómetro es un resistor variable, consta de una resistencia lineal y un cursor, este dispositivo analógico tiene una tensión de salida que es proporcional a la posición del cursor. La unidad de resolución emplea acoplamientos magnéticos entre transformadores para mediciones angulares, los codificadores usan una frecuente interrupción de haz de luz para determinar la posición. En cada caso el dispositivo es colocado en el eje del motor, puede ser directamente o através de reducciones de engranajes. El desplazamiento rotacional del motor es medido por el dispositivo de retroalimentación posicional.

El potenciómetro es usualmente del tipo de simple vuelta con engranajes empleados para reducir las vueltas del motor, la figura 4.10 ilustra un sistema simplificado con un servo-cd, engranajes reductores y flecha de la articulación del brazo. Podemos decir que si el brazo gira 180° por tres vueltas del motor y el potenciómetro tiene una rotación de 200° , existe una relación entre la posición del brazo y el cursor del potenciómetro. Cero grados en el brazo equivalen a cero grados en el cursor del potenciómetro que estaría en la posición A, si el brazo se mueve 180° el cursor estaría en la posición B y la lectura sería de 4.5 Volts.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

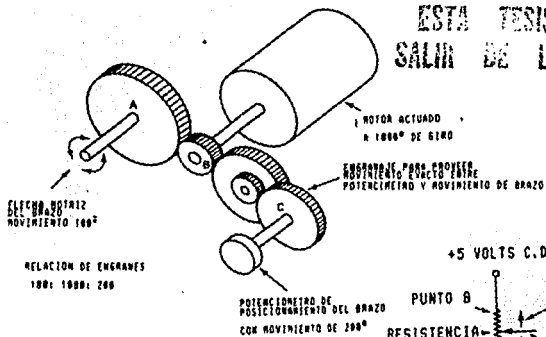
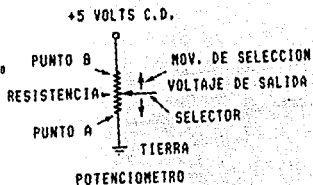


Fig. 4.10 Posicionamiento del engranaje con alimentacion de potenciometro



FUENTES LUMINOSAS
INCANDESCENTE
LED
NEON

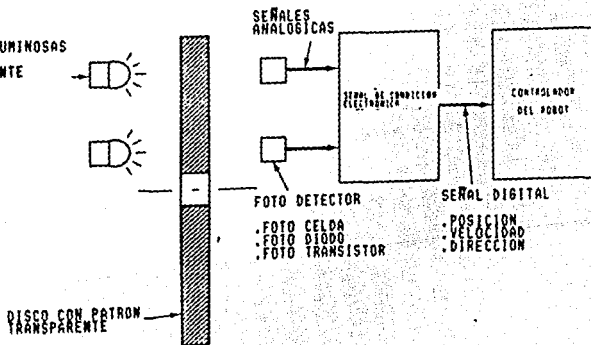


Fig. 4.11 Codificador optico

En condiciones normales, sin error en los engranes o potenciómetro, cada movimiento gradual del brazo causará el siguiente cambio en el voltaje de salida.

$$\text{cambio en el voltaje de salida/grado} = \frac{\text{cambio de salida del voltaje (V)}}{\text{cambio en la rotación de la flecha (^)}}$$

Aún con el mejor potenciómetro comercial en resolución y exactitud, el error introducido por el cursor hace difícil considerarlo como dispositivo de retroalimentación de posición. Por ejemplo, los potenciómetros son algunas veces usados para aproximar la posición final en sistemas que combinan a estos con codificadores ópticos, además de la carencia de exactitud se presentan las siguientes desventajas:

- El movimiento del cursor causa desgaste sobre la resistencia, lo que resulta en una falla eventual en el sistema.
- La respuesta del potenciómetro puede ser afectada por el medio ambiente.
- La respuesta analógica requiere conversión a digital para ser controlado por la computadora.

Codificadores ópticos.

Los codificadores se suministran en dos tipos básicos: incremental y absoluto.

Los codificadores incrementales constan de un disco de cristal marcado con bandas transparentes y opacas alternadas, radialmente alineadas. Un fototransmisor (una fuente de luz) se encuentra situado en un lado del disco y un fotorreceptor en el otro.

A medida que gira el disco, el haz de luz se completa y se corta de forma alternativa. La salida desde el fotorreceptor es un tren de impulso que, con frecuencia, es proporcional a la velocidad de rotación del disco. En un codificador común, existen dos tipos de juegos de fototransmisores y receptores alineados con un defase de 90°. Ver fig. 4.11.

Este ajuste de fase proporciona información sobre el sentido de giro, es decir, si la señal 1 se adelanta en fase a la señal 2 en 90°, el disco codificador girará en sentido antihorario y viceversa. Mediante el recuento de los impulsos y sumando o restando según el signo, es posible utilizar el codificador para proporcionar información sobre la situación con respecto a una posición inicial conocida. Ver fig. 4.12.

En algunos casos, es deseable conocer la posición de un objeto en términos absolutos; es decir, no con respecto a una posición de arranque. Para hacerlo se podría utilizar un codificador absoluto. Los codificadores absolutos emplean la construcción básica de los codificadores incrementales, a excepción de que existen más pistas de bandas, con su número correspondiente de receptores y transmisores. Con frecuencia, las bandas se sitúan para proporcionar un número binario proporcional al ángulo de eje. La primera pista debe tener dos bandas, la segunda cuatro, la tercera ocho y así sucesivamente. De este modo, el ángulo se puede leer, de forma directa, desde el codificador sin que sea necesario ningún tipo de conteo. Ver figura 4.13.

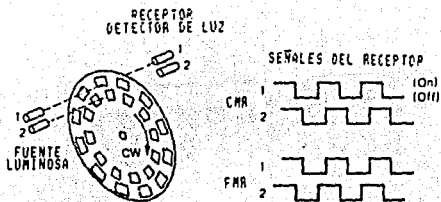


Fig. 4.12 Codificador incremental con direccion de rotacion

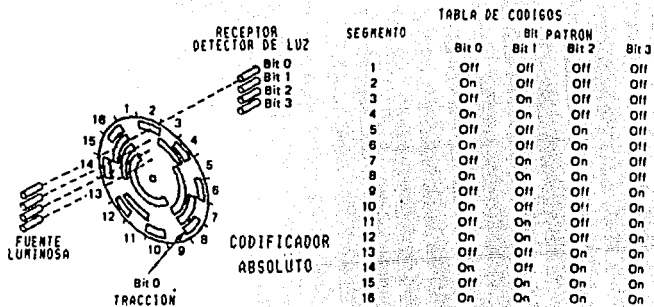


Fig. 4.13 Codificador absoluto con codigo

Unidades de resolución (resolvers).

Se trata de otro tipo de dispositivo analógico cuya salida es proporcional al ángulo de un elemento de rotación con respecto a un elemento fijo. En su forma más simple tiene un devanado sencillo en su rotor y un par de devanados en su estator, como se muestra en la figura 4-14. Los devanados del estator tienen una separación de 90°. La señal de salida en el estator se puede utilizar directamente o se puede convertir en una representación digital empleando un dispositivo conocido como convertidor resolver-digital. Puesto que una unidad de resolución es, esencialmente, un transformador de rotación, es importante recordar que una señal c.a. se debe utilizar para proporcionar una excitación. Si se utiliza una señal c-c. no habría una señal de salida.

Una comparación entre los dispositivos de resolución y los codificadores ópticos da como resultado las siguientes ventajas para los primeros:

- El codificador óptico depende de la precisión mecánica para lograr la exactitud de la posición, mientras que la unidad de resolución depende más de circuitos electrónicos para la misma exactitud.
 - En las unidades de resolución la conversión electrónica es relativamente simple de la unidad misma, así la unidad electrónica puede recibir mayor protección de las condiciones ambientales. En el codificador óptico las conversiones electrónicas son en la misma unidad porque la fuerza de la señal de la unidad óptica es baja.
 - El sistema básico de la unidad de resolución es menos susceptible de daños ya que no hay discos de vidrio o fuentes de luz que puedan dañarse.
 - La unidad de resolución tiene menor tamaño a valores más altos de resolución.
 - La unidad de resolución requiere menos aislamiento entre el sensor y controlador para una codificación absoluta.
 - La posición de consenso de la unidad de resolución es siempre absoluta.
- Desventajas de los sistemas basados en unidades de resolución comparada con los codificadores ópticos.
- Son más caros que los sistemas codificadores incrementales, especialmente a altas resoluciones.
 - Necesita un voltaje de referencia de corriente alterna.

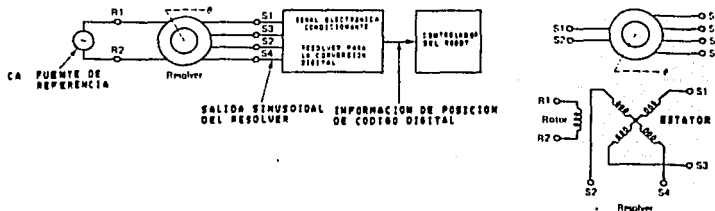


Fig. 4-14 Diagrama de bloques de una unidad de resolución y su esquema

FALLA DE ORIGEN

IV.2 ANALISIS Y CONTROL DEL SISTEMA MOTRIZ

SISTEMAS COORDENADOS DE REFERENCIA

Es un arreglo de coordenadas cartesianas que describe la relación de posición de el robot, el efector final, la punta de la herramienta, la pieza de trabajo y el universo en donde todos estos elementos se mueven. Ver fig 4.15.

La relación dimensional entre las partes del robot y las partes de la producción en la estación de trabajo es descrita por medio de ecuaciones matemáticas llamadas transformaciones. El controlador del robot puede calcular la rotación angular de la articulación que permitirá al sistema coordenado del centro de la herramienta alinearse con el sistema coordenado de la pieza de trabajo en dirección y sentido.

El programa almacenado en el controlador lleva a cabo los cálculos usando las ecuaciones de transformación desarrolladas por los constructores para ese robot en particular. Estos sistemas coordenados y transformaciones son extremadamente útiles para el programador del robot y operario.

La posición angular en cada articulación es monitoreada por los sensores los cuales mandan retroalimentación al controlador del robot. La localización del sujetador con respecto al sistema coordenado no es conocido por ningún sensor con la simple retroalimentación, esta posición debe ser calculada por el controlador dependiendo de los datos recibidos provenientes del sensor en cada articulación. Por ejemplo, ¿Cual es el valor de las coordenadas en X,Y,Z para el sujetador en el sistema coordenado del robot ?.

La posición puede ser calculada si las ecuaciones son escritas para describir la relación entre los sistemas coordenados del sujetador y del robot.

Estas ecuaciones tendrán como variables las articulaciones del brazo del robot, de tal manera que cuando las articulaciones cambien de ángulo, el desplazamiento del sujetador con respecto a los ejes X,Y,Z pueda ser calculado. Además las ecuaciones tendrán algunas constantes, como la longitud de cada eslabón del brazo y la distancia de la herramienta en el sistema coordenado del sujetador. Similarmente, si las ecuaciones que relacionan el sistema coordenado del robot con el universo fueran conocidas, la posición y orientación de el sujetador en el sistema coordenado del universo podría ser calculado.

En la fig.4.16 se muestra una estación de trabajo con todos los sistemas coordenados identificados.

Desde que la relación entre los diferentes sistemas coordenados es conocida y descrita por ecuaciones dentro del controlador de la máquina, el movimiento de la pieza de trabajo y el sujetador respecto al sistema coordenado del universo puede ser calculado. Así, con propósito de tomar la pieza de trabajo con el sujetador, el controlador solo necesita cambiar el ángulo de las articulaciones, usando las ecuaciones, hasta que coincidan los sistemas coordenados de ambos, vistos desde el sistema coordenado del universo.

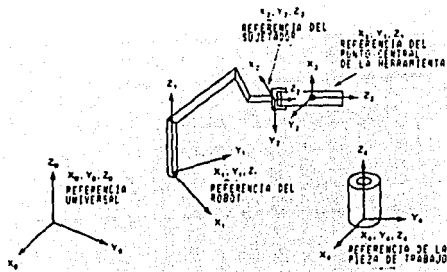


Fig. 4.15 Sistema coordinado de referencia

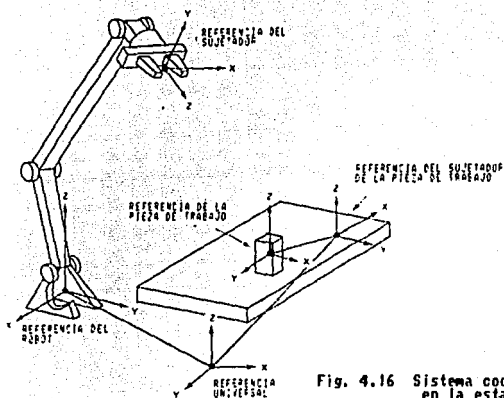


Fig. 4.16 Sistema coordinado de referencia en la estacion de trabajo

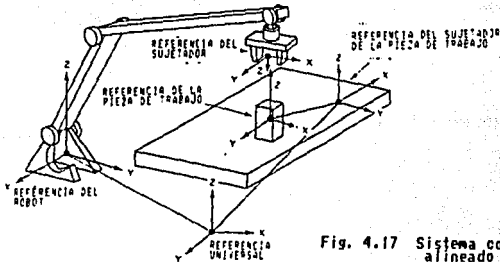


Fig. 4.17 Sistema coordinado de referencia alineado con la pieza de trabajo 84

FALLA DE ORIGEN

Bajo éstas condiciones, los sistemas coordenados del sujetador y la pieza de trabajo están alineados. Ver fig.4.17. Los sensores de retroalimentación en cada eje del robot proveen al controlador con datos sobre velocidad y aceleración/ desaceleración de cada articulación cada vez que se mueven. Estos datos son usados para calcular la velocidad y la aceleración/ desaceleración de la punta central de la herramienta. El control es responsable de la razón de cambio de la herramienta entre dos puntos programados.

MEDIOS DE TRABAJO

El estudio y trabajo en el campo de la robótica ofrece un reto completamente diferente que cualquier otra área, porque el diseño de las estaciones de manufactura involucran muchas especialidades técnicas y abarcan numerosos campos de la ingeniería. Una revisión de los actuadores para los sistemas de robots se basa en estos conceptos multidisciplinarios.

Un actuador es un motor o un cilindro o algún otro mecanismo que convierta una forma de energía en otra. En robótica la acción resultante es el movimiento mecánico lineal, angular o rotacional vía brazo del robot, que provee la energía para moverse en los ejes. El actuador causa el movimiento del robot, en el presente hay diferentes tipos de actuadores que son usados para darle fuerza al robot. Los dispositivos electrónicos representan cerca del 50% de todos los actuadores disponibles hoy en día, estos incluyen motores paso a paso y servomotores de corriente directa. Los robots pequeños y grandes también usan actuadores electro-hidráulicos los cuales comprenden cerca del 35% de todos los actuadores usados en los robots. Los actuadores hidráulicos proveen gran fuerza en espacios reducidos.

El tipo más simple de actuador es el neumático usado en el 15% de los robots, por ejemplo en los robots de sujetar-transportar-colocar. Los sujetadores y efectores finales están provistos de actuadores neumáticos.

DESCRIPCION DEL SISTEMA HIDRAULICO

Un sistema hidráulico básico se muestra en la fig.4.18, el tanque y bomba proveen de aceite a alta presión al sistema, la válvula de control de cuatro pasos controla el flujo de alta presión de aceite y uno o más actuadores producen el movimiento deseado. En el caso de actuadores lineales la alta presión hidráulica es forzado el fluido por un lado del cilindro, a medida que se llena la cámara, el pistón se va moviendo hasta el otro extremo, sacando el fluido por el otro extremo. El fluido es retornado al depósito a través de la válvula de cuatro pasos y líneas de retorno. En la figura anterior las flechas sólidas indican la dirección del fluido y el movimiento resultante y las líneas ocultas son los conductos de retorno.

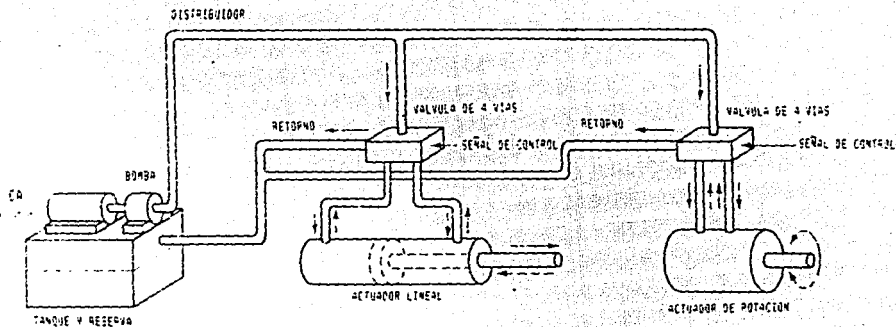


Fig. 4.18 Sistema del actuador hidraulico

VENTAJAS

- * Gran capacidad de presión.
- * Velocidad moderada en operación.
- * El fluido es incompresible, ya que una vez posicionado el émbolo permanece sin movimiento.
- * Exactitud en el control.

DESVENTAJAS

- * Alto costo.
- * El lugar de trabajo es ruidoso y sucio.
- * No apropiado para alta velocidad.
- * El fluido hidráulico puede ser inflamable (en aplicaciones de soldadura).
- * El equipo adicional como motor, bomba, tanque y controles aumentan el costo de mantenimiento, energía y el costo total del robot.

DESCRIPCION DEL SISTEMA NEUMATICO

Los componentes y funcionamiento son básicamente los mismos que el sistema hidráulico. La diferencia es que el movimiento es transmitido por medio de aire en vez de aceite, los actuadores funcionan en dos posiciones, retraído y extendido. Su repetibilidad es difícil por la compresibilidad del aire en posiciones intermedias, pero tiene buena repetibilidad si se ponen topes en los extremos del recorrido. Las limitaciones del posicionamiento no disminuyen las aplicaciones de los robots, por ejemplo existen 60 000 robots de este tipo en la industria del Japón.

VENTAJAS

- * Bajo costo
- * Alta velocidad de operación.
- * Se trabaja muy limpio, puede aplicarse en trabajos de laboratorio.

DESVENTAJAS

- * La compresibilidad del aire limita su exactitud.
- * Existe ruido.

DESCRIPCION DEL SISTEMA ELECTRICO

El sistema eléctrico incluye una fuente de energía y un motor, en la mayoría de las aplicaciones son servomotores, se usan también motores paso a paso. Originalmente fueron servomotores de c.d., pero éstos se presentan también en c.a

Los motores proveen también excelente torque ya sea directos o con reducción de engranajes, pero son más confiables en tornillos de bolas para movimientos lineales de gran distancia. Como resultado muchos robots eléctricos tienen una geometría del brazo del tipo de articulación esférica.

VENTAJAS

- Son más rápidos y exactos.
- Su control es muy sofisticado.
- Fácil adquisición y económicos.
- De uso simple, no se necesita equipo adicional.

DESVENTAJAS

- Limitados en potencia, de otra forma serían pesados.
- Requieren de engranajes para transmitir la tracción.
- El juego entre engranajes limitan la precisión.
- El arco eléctrico puede causar problemas en ambientes inflamables.

Existen una gran variedad de tipos de motores empleados en la robótica, los más comunes son: motores paso a paso, servomotores c.a. y otros tipos.

MOTORES PASO A PASO

Estos son dispositivos electromagnéticos que transforman señales eléctricas a forma mecánica en incrementos iguales de movimiento rotacional de la flecha, llamados pasos. Un circuito eléctrico provee la excitación al motor y en respuesta su rotación es por pulsos. Una correspondencia uno a uno existe entre los pasos del motor y los pulsos de energía, la rotación de la flecha es controlada por el número de pulsos aplicados, ya sea en sentido horario o antihorario y su velocidad es controlada siguiendo una constante o variada serie de pulsos, esta característica sincrónica hace al motor un integrador ideal y también permite la operación de varios motores en localizaciones remotas, siempre y cuando todos sean alimentados por el mismo circuito.

Los motores paso a paso pueden ser controlados por simples microchips para ejecutar un sistema de control numérico; para el control del paso del motor. Los dispositivos de almacenamiento del programa pueden operar de las siguientes formas:

- 1.- Ejecución inmediata de los comandos.
- 2.- Suministro de programa.
- 3.- Ejecución de programa almacenado.

Los motores paso a paso tienen las siguientes características:

- 1.- Operan por pulsos eléctricos.
- 2.- Operan en ambas direcciones (adelante y retroceso).
- 3.- Señales continuas del pulso hacen que gire continuamente
- 4.- Dos o más motores pueden ser sincronizados para tener la misma velocidad.
- 5.- Pueden ser usados para el posicionamiento exacto.
- 6.- Son compatibles con la interface en los circuitos de control digital.
- 7.- El sensor de posición inicial regresa al robot a su origen. Ver figura 4.19.

SERVOMOTORES DE C.A. Y OTROS TIPOS

Estos motores tienen la ventaja de ser más económicos de fabricación que los motores de c.a., además no tienen escobillas y poseen una alta potencia de salida. Sin embargo con el adecuado conjunto electrónico, sus servicios pueden hacerse muy similares a los de un motor de c.c.

Otro tipo de motor eléctrico es el motor c.c. sin escobillas. Está construido con un rotor de imán permanente y un estator electromagnético.

FALLA DE ORIGEN

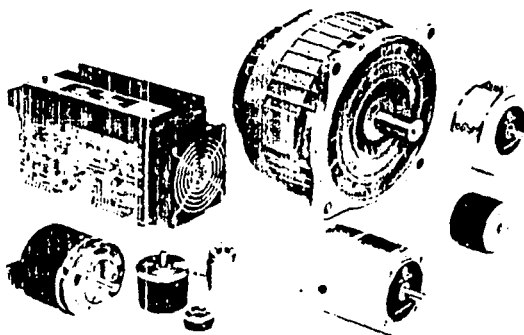
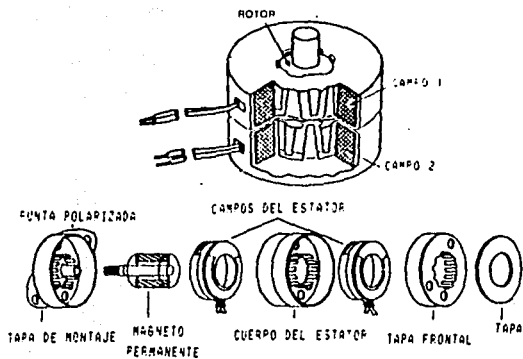


Fig. 4.19 Motor paso a paso

Sin embargo, en lugar de utilizar escobillas la conmutación se realiza por medios electrónicos con el empleo de un codificador para informar al sistema electrónico de las posiciones relativas del estator y del rotor.

En casi todos los casos de motores eléctricos el factor limitador de la potencia de salida es la disipación de calor. Dos formas de incrementar el rendimiento del motor es eliminar el calor con más rapidez o reducir las exigencias de corriente.

SISTEMAS DE TRANSMISION DE POTENCIA

En muchos casos, no es posible encontrar un actuador con las características exactas de velocidad-fuerza o velocidad-par motor para realizar las tareas deseadas. En otros casos es necesario situar el actuador alejado de la articulación.

Por estos motivos, se hace necesario utilizar algún tipo de transmisión de potencia por medio de los siguientes elementos: poleas y correas, cadenas y ruedas desinfladas, engranajes y tonillos.

ENGRANAJES

El empleo de engranajes para la transmisión de potencia es muy frecuente. Los engranajes se emplean para transmitir un movimiento giratorio de un eje a otro. Esta transferencia puede realizarse entre ejes paralelos, ejes en intersección o ejes sesgados.

TORNILLOS DE POTENCIA

Se utilizan para convertir un movimiento giratorio en un movimiento lineal. El paso define la distancia que el tornillo recorre en una rotación única. La conversión de la rotación angular del tornillo en un movimiento lineal viene dada por:

$$v(t) = P M(t)$$

$v(t)$ = velocidad lineal en pulgadas por minuto.

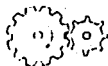
P = es el paso del tornillo en pulgadas

M = es la velocidad angular en revoluciones por minuto.

OTROS SISTEMAS DE TRANSMISION

Dentro de estos se incluyen los sistemas de poleas, transmisiones de cadena y transmisiones armónicas. Los primeros se emplean para transmitir potencia desde actuadores situados en la base del robot, las articulaciones rotacionales pueden conectarse a una polea, que es impulsada por una banda unido a un actuador giratorio. La transmisión de cadena opera con una relación constante, debido a la interacción positiva entre la cadena y la catarina, no se produce deslizamiento alguno. El paso de una cadena es la distancia entre centros de eslabones contiguos. La transmisión de la velocidad de rotación y de la potencia sigue relaciones similares a las desarrolladas para engranajes.

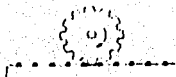
Las transmisiones armónicas pueden utilizarse como elevadores o reductores de velocidad, pueden proporcionar cualquier relación de reducción desde 1:1 a infinito:1 aunque se suelen emplear en el rango de 100:1. Las transmisiones armónicas exigen poco mantenimiento y pueden funcionar sin ningún desgaste notable en toda su vida útil. Ver fig. 4.20.



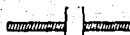
ENGRANAJE



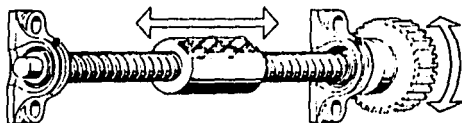
BANDA DE
SINCRONIZACION



PIÑON Y
CREHALLERA



TORNILLO
MOTRIZ



Tornillo de potencia

Catarina con cadena



Fig. 4.20 Sistemas de transmision de potencia

FALLA DE ORIGEN

IV.3 MECANISMO MANIPULADOR DEL ROBOT

DEFINICION

Un efector final es un dispositivo que se une a la muñeca del brazo del robot y activa el robot de propósito general para realizar una tarea específica. La mayoría de las máquinas de producción requieren artefactos especiales y herramientas diseñadas para una operación particular, y un robot no es la excepción. El efector final es una parte de las herramientas de uso especial para un robot. Por norma general, los efectores finales se deben inspeccionar técnicamente para la tarea particular que van a realizar. Esto se puede realizar, en todo caso a través del estudio y la fabricación del dispositivo a partir de los dispositivos magnéticos o comprando un dispositivo disponible y adaptándolo a la aplicación.

TIPOS DE EFECTORES FINALES

Existe una amplia gama de efectores finales necesarios para realizar una gran variedad de funciones de trabajo diferentes. Estos tipos se pueden dividir en dos categorías principales:

- 1.- Pinzas
- 2.- herramientas

Las pinzas se utilizan para agarrar y sostener objetos, se tiende a pensar en las pinzas como un dispositivo de agarre mecánico, pero existen modos alternativos de sujeción de objetos que implican el uso de imanes, ventosas, etc. Las pinzas se utilizan algunas veces para agarrar herramientas en vez de unir directamente la herramienta a la muñeca del brazo, la razón radica en que el trabajo requiere de manipulación por parte del robot de varias herramientas durante el ciclo de trabajo, la pinza funciona como un dispositivo de cambio rápido para cambiar la herramienta.

PINZAS MECANICAS

OPERACIONES BASICAS

La pinza mecánica utiliza dedos impulsados por un mecanismo para agarrar una pieza. Si los dedos son del tipo de enganche se pueden separar y sustituir, en la mayoría de las aplicaciones los dedos son suficientes para sostener la pieza u otro objeto. La función del mecanismo de pinza puede ser por medio neumático, eléctrico, mecánico o hidráulico. El mecanismo debe ser capaz de abrir y cerrar los dedos y de aplicar la fuerza suficiente contra la pieza para sostenerlo de forma segura cuando se cierra la pinza.

Los dedos o los cojinetes unidos los dedos que hacen contacto con la pieza suelen ser fabricados de un material que es poco blando, este se encarga de aumentar el coeficiente de rozamiento entre la pieza y la superficie de contacto de los dedos. También sirve para proteger la superficie de la pieza de posibles daños.

Ver fig. 4.21.

FALLA DE ORIGEN

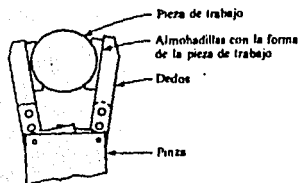


Fig. 4.21 Diseño de dedos

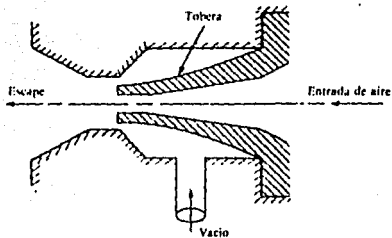


Fig. 4.22 Dispositivo Venturi utilizado para accionar una ventosa

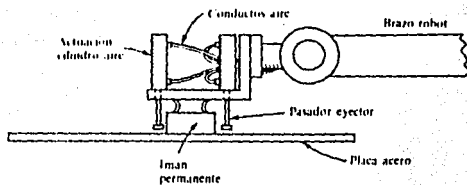


Fig. 4.23 Dispositivo ejector neumático en una pinza de iman

MECANISMO DE LA PINZA

Las pinzas pueden impulsar la apertura y cierre de los dedos mediante uno de los movimientos siguientes:

- 1.- Movimientos de pivotaje.
- 2.- Movimiento lineal o de traslación.

En el movimiento de pivotaje los dedos giran en relación con los puntos fijos del pivote en la pinza para abrirla y cerrarla, el movimiento suele ser realizado por algún tipo de mecanismo de unión. En el movimiento lineal, los dedos se abren y se cierran a través del movimiento paralelo a cada uno de los otros dedos. Esto se realiza por medio de los carriles de guía de modo que la base de cada dedo se desliza a lo largo de un carril guía. El movimiento de traslación del dedo se debe realizar también por medio de la unión que mantendrían los dedos en la dirección paralela a los otros durante la actuación.

OTROS TIPOS DE PINZAS

Entre estos otros tipos de pinzas están los siguientes:

- 1.- Ventosas
- 2.- Pinzas magnéticas
- 3.- Pinzas adhesivas
- 4.- Ganchos, cucharas y otros dispositivos diversos

Ventosas- También denominadas casquetes de vacío, los requisitos habituales exigidos a los objetos a manipular son que sean planos suaves y limpios, que son las condiciones necesarias para formar un vacío satisfactorio entre el objeto y la ventosa, las ventosas utilizadas en este tipo de pinzas son de material elástico tal como caucho o plástico blando (vinilo). Se requiere algún medio de extracción de aire entre la ventosa y la superficie de la pieza para crear el vacío, esto se obtiene por medio de una bomba de vacío o un tubo Venturi, por su sencillez y costo el tubo Venturi es el más común. Ver fig. 4.22.

Algunas de las características y ventajas que caracterizan a la operación de las pinzas de ventosas utilizadas en las aplicaciones de robótica son:

- Solo requiere una superficie de la pieza para agarrar.
- Aplica una presión de distribución uniforme sobre la superficie de la pieza.
- La pinza tiene un peso relativamente pequeño.
- Es aplicable a una diversidad de materiales diferentes.

Pinzas magnéticas- Puede ser un medio muy factible de manipular materiales ferrosos. Ver figura 4.23.

Ventajas

- Los tiempos de captación son muy pequeños.
- Pueden tolerarse variaciones en el tamaño de la pieza. La pinza no tiene que diseñarse para una pieza de trabajo particular.
- Tiene la capacidad para manipular piezas mecánicas con agujeros (lo que no es posible con las pinzas de vacío).
- Solo requieren una superficie para agarrar.

Los inconvenientes incluyen el magnetismo residual remanente y el problema de captar solamente una lámina a partir de una pila de éstas. Los imanes permanentes se consideran para tareas de manipulación en entornos peligrosos que requieren dispositivos a prueba de explosiones.

Pinzas adhesivas- Diseños de pinzas en los que una sustancia adhesiva realiza la acción de agarre pueden utilizarse para manipular tejidos y otros materiales livianos, los requisitos para los elementos a manipular son que deben agarrarse por un lado solamente y que no son adecuadas otras formas de agarre. Una de las limitaciones es que pierde su capacidad adherente con un empleo repetido.

Ganchos, cucharas y otros dispositivos diversos- Los ganchos pueden emplearse como efectores finales para manipular contenedores de piezas y para cargar y descargar piezas que cuelguen de transportadores aéreos. Las cucharas pueden utilizarse para manipular algunos materiales en forma de polvo o líquidos, por ejemplo, materias alimenticias, sustancias granulares y metales fundidos. Una de sus limitaciones es que la cantidad de material recogido algunas veces es difícil de manipular y puede haber derrames durante el manejo.

Otros tipos de pinzas incluyen dispositivos expandibles, en los que la vejiga o diafragma hinchable se expande para agarrar el objeto. La vejiga hinchable es de caucho u otro material elástico lo que hace adecuada para agarrar objetos frágiles. La pinza aplica una presión de agarre uniforme contra la superficie del objeto en lugar de una fuerza concentrada típica de una pinza mecánica. Ver figura 4.24. Otro dispositivo usado es el llamado dedo neumático, el cual está hecho de goma, es hueco y tiene un lado liso y el otro dentado. Aplicando presión dentro de la parte hueca, el dedo se curva en su parte lisa. La figura 4.25 ilustra este proceso y la aplicación.

HERRAMIENTAS

En muchas aplicaciones se exige al robot que manipule una herramienta en vez de una pieza de trabajo, el motivo para utilizar una pinza en estas aplicaciones es que puede existir más de una herramienta a utilizar por el robot en el ciclo de trabajo y el empleo de una pinza permite que se intercambien herramientas durante el ciclo de trabajo.

En la mayoría de las aplicaciones la herramienta va unida directamente a la muñeca del robot; en estos casos la herramienta es el efector final. Algunos ejemplos de herramientas utilizadas como efectores finales incluyen:

- Herramientas de soldadura por puntos.
- Soplete de soldadura por arco.
- Tobera de pintura por pulverización.
- Husillos giratorios para operaciones tales como:
 - Taladrado, ranurado, cepillado, rectificando.
- Aplicadores de selladores para montaje.
- Sopletes de calentamiento.
- Herramientas de corte por chorro de agua.

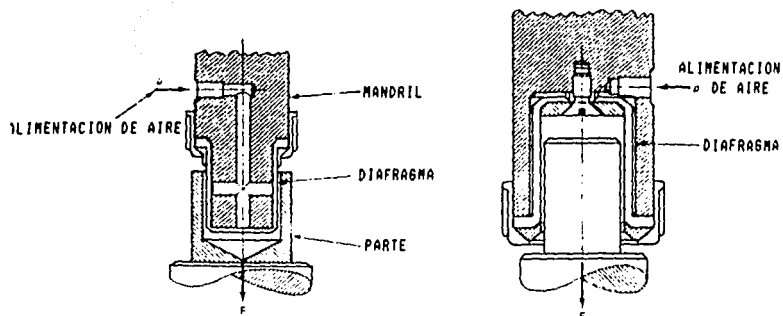


Fig. 4.24 Dispositivos expandibles (sujetadores de mandril)

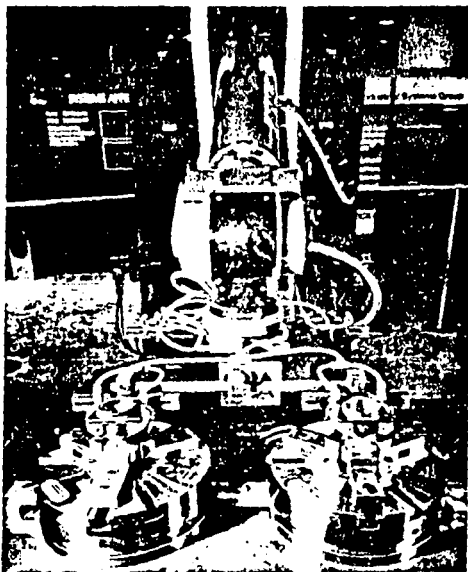
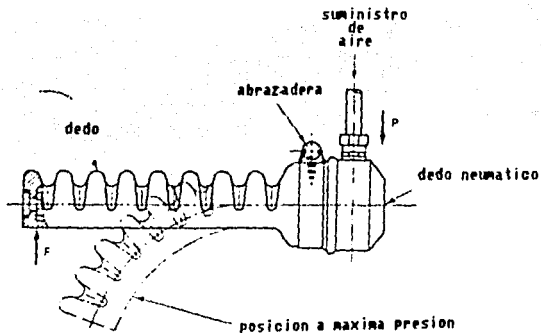


Fig. 4.25 Sujetador de dedos

FALLA DE ORIGEN

INTERCONEXION ROBOT/EFECTOR FINAL

La aplicación de los efectores finales implica la interconexión del efector final con el robot, ésta debe realizar algunas de las funciones siguientes:

- Debe proporcionar un soporte físico del efector final durante el ciclo de trabajo.
- La energía para la actuación del efector final debe suministrarse a través de la interconexión.
- Han e proporcionarse señales de control para la actuación del efector final. Esto se suele realizar controlando la energía de actuación.
- A veces, señales de realimentación deben transmitirse a través de la interconexión al controlador del robot.

TRANSMISION DE POTENCIA Y SEÑALES

Los efectores finales necesitan energía para operar. También requieren señales de control para regular su funcionamiento. Los métodos principales de transmisión de potencia y señales de control al efector final son: neumáticos, hidráulicos, eléctricos, mecánicos.

El método de proporcionar la energía al efector final debe ser compatible con las capacidades del sistema. Por ejemplo, es conveniente utilizar una pinza con accionamiento neumático si el robot ha incorporado en su diseño los medios para transmitir presión de aire al efector final.

Las señales de control para regular el efector final se suelen proporcionar simplemente controlando la transmisión de la energía de actuación.

En casos más complicados se requieren señales de realimentación desde sensores en el efector final para accionar el dispositivo. Estas señales podrían indicar cuanta fuerza se está aplicando al objeto sujeto en la pinza o podrían mostrar si una operación de soldadura por arco estaba siguiendo la costura de forma adecuada.

CONSIDERACIONES EN LA SELECCION DE LA PINZA

Una de las consideraciones se refiere a la determinación de las exigencias de agarre para la pinza y la magnitud de la fuerza de agarre que puede aplicarse al objeto. En la tabla 4.1 se da una lista de factores en la selección y diseño de pinzas.

TABLA 4.1 Lista de control de factores en la selección y diseño de pinzas.

Factor	Consideración
Pieza a manipular	Peso y tamaño Forma Cambios en la forma durante el procesamiento Tolerancias en el tamaño de la pieza Condición superficial, protección de superficies delicadas
Método de actuación	Agarre mecánico Ventosa de vacío Imán Otros métodos (adhesivos, cucharas, etc.)
Transmisión de potencia y señales	Neumática Eléctrica Hidráulica Mecánica
Fuerza de la pinza (pinza mecánica)	Peso del objeto Método de sujeción (construcción o fricción física) Coeficiente de rozamiento entre dedos y objeto Velocidad y aceleración durante el ciclo de movimiento
Problemas de posicionamiento	Longitud de los dedos Exactitud inherente y repetibilidad del robot Tolerancias en el tamaño de la pinza
Condiciones de servicio	Número de actuaciones durante la vida útil de la pinza Posibilidad de sustitución de componentes desgastados (dedo) Mantenimiento y posibilidad de servicio
Entorno operativo	Calor y temperatura Humedad, condensación, suciedad, productos químicos
Protección contra la temperatura	Protectores térmicos Dedos largos Enfriamiento forzado (aire comprimido, enfriamiento por agua, etc.) Empleo de materiales termorresistentes
Materiales de fabricación	Resistencia mecánica, rigidez, durabilidad Resistencia a la fatiga Coste y facilidad de fabricación Propiedades de fricción para superficies de los dedos Compatibilidad con el entorno operativo
Otras consideraciones	Empleo de dedos intercambiables Normas de diseño Conexiones de montaje e interconexión con robot Riesgo de cambios en el diseño del producto y su efecto sobre el diseño de la pinza Tiempo muerto para diseño y fabricación Piezas de repuesto, mantenimiento y servicio Prueba de la pinza en producción

FALLA DE ORIGEN

- d, b. PARA SUJECION DE PARTES CILINDRICAS.
- c, d. SUJETADOR DE INTERIORES Y EXTERIORES.
- e. SUJETADOR ESPECIAL PARA ENSEMBLAR INSERTOS.
- f, g. SUJETADORES DE BOQUILLAS PARA SOLDADURA AUTOGENA.
- h. SUJETADOR DE PUNTEADORA.
- i. SUJETADOR DE HERRAMIENTAS.
- j. SUJETADOR CON CAMBIO RAPIDO DE HERRAMIENTAS.

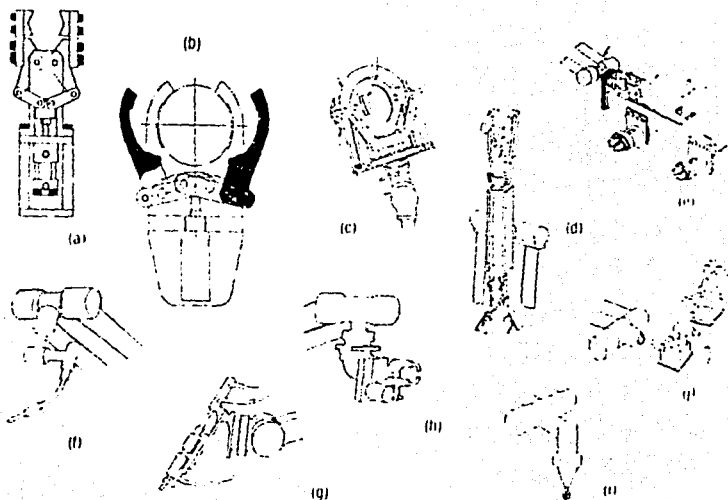


Tabla 4.1 Selección de pinzas (cont.)

FALLA DE ORIGEN

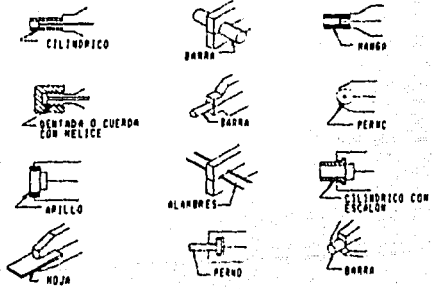
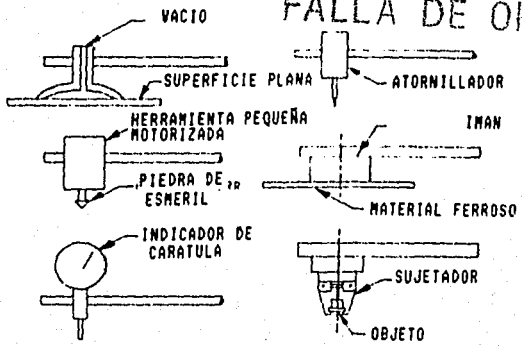


Tabla 4.1 Selección de pinzas (cont.)

DEFINICION

Transductor- Es un dispositivo que transforma un tipo de variable física (por ejemplo, fuerza, temperatura, velocidad, caudal, etc) en otra. Una transformación común es la de una variable como la temperatura que se transforma en una señal eléctrica, y la razón por la que se realiza esta conversión es la facilidad de trabajar con la señal convertida.

Sensor- Es un transductor que mide la señal convertida. Algunos de los sensores utilizados con más frecuencia son los calibradores de tensión (utilizados para medir la fuerza), los termopares (temperaturas), los velocímetros (velocidad) y los tubos Pitot (flujo). Ver fig. 4.26.

Cualquier sensor o transductor necesita estar calibrado para ser útil como dispositivo de medida. La calibración es el procedimiento mediante el cual se establece la relación entre la variable medida y la señal de salida convertida.

Los transductores y los sensores pueden clasificarse en dos tipos básicos dependiendo de la forma de la señal convertida. Los dos tipos son:

- 1.- Transductores analógicos.
- 2.- Transductores digitales.

Los transductores analógicos proporcionan una señal analógica continua, como por ejemplo voltaje o corriente eléctrica. Esta señal puede ser tomada como el valor de la variable física que se mide. Los transductores digitales producen una señal de salida digital, en la forma de un conjunto de bits de estado en paralelo o formando una serie de pulsaciones que pueden ser contadas.

En una u otra forma, las señales digitales representan el valor de la variable medida. Los transductores digitales han llegado a ser más populares a causa de la facilidad con la que se pueden emplear como instrumentos de medición independientes. Además, pueden ofrecer la ventaja de ser más compatibles con las computadoras digitales que los sensores analógicos en la automatización y en el control de procesos.

SENSORES EN ROBOTICA

Los sensores utilizados incluyen una amplia gama disponible y se dividen en las categorías siguientes:

- 1.- Táctiles.
- 2.- De proximidad y alcance.
- 3.- Sensores diversos y sistemas basados en sensores.
- 4.- Sistemas de visión.

Sensores táctiles- Son dispositivos que indican el contacto entre ellos mismos y algún otro objeto sólido y se pueden dividir en sensor de contacto y de fuerza. El sensor de contacto proporciona una señal de energía binaria que indica si se ha establecido o no contacto con la pieza.

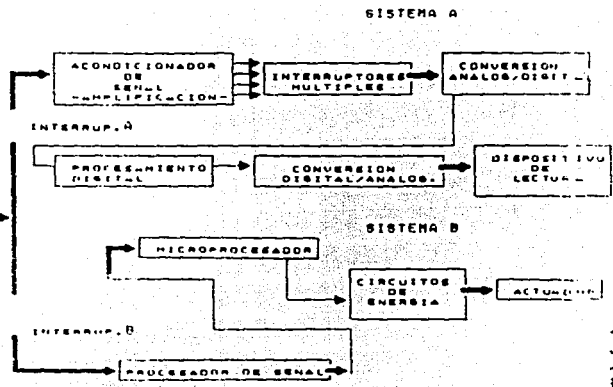
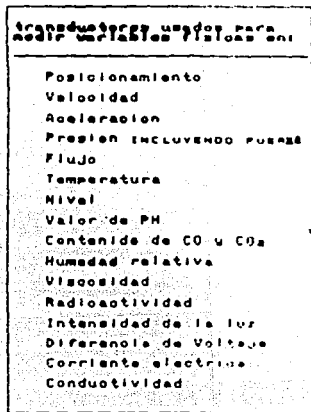


Fig. 4.26 Diagrama de bloques de un sistema de obtención de variables

FALLA DE ORIGEN

Los sensores de fuerza (también llamados, algunas veces, sensores de esfuerzos) indican no sólo si el contacto ha sido establecido con la pieza, sino que también determinan la magnitud de la fuerza de contacto entre los dos objetos.

Sensores de contacto- Se utilizan para indicar que se ha producido el contacto entre los dos objetos, sin considerar la magnitud de la fuerza de contacto. En esta categoría se incluyen dispositivos sencillos, tales como interruptores de límite, microinterruptores y dispositivos similares y son usados en el diseño de sistemas de enclavamiento, pueden determinar la presencia o la ausencia de objetos en un montaje de sujeción o en el punto de captación en un transportador. Ver fig.4.27

Sensores de fuerza- La capacidad para medir fuerzas permite al robot ejecutar varias tareas. En estas tareas se incluyen la capacidad para agarrar objetos de tamaños diferentes en la manipulación de materiales, cargado de maquinaria y trabajos de ensamblaje, aplicando el nivel apropiado de fuerza para la pieza dada. En las aplicaciones de ensamblaje la detección de las fuerzas se podría utilizar para determinar si los tornillos han llegado a ser enroscados transversalmente o si los objetos han quedado atascados.

La detección de la fuerza se puede realizar de varias formas. Una técnica utilizada con frecuencia es la «muñeca detectora de fuerza». Consta de una célula de carga especial montada entre la pieza y la muñeca, se utiliza otra técnica para medir el par de torsión ejercido por cada una de las articulaciones. Esto se puede realizar mediante la detección de la corriente del motor para cada uno de los motores de las articulaciones.

Finalmente, se utiliza una tercera técnica para formar una matriz de elementos detectores de fuerza, de manera que se pueda determinar la forma o cualquier otra información sobre la superficie de contacto.

Sensores de arreglo táctil- Es un tipo especial de sensor de fuerzas constituido por una matriz de elementos de detección de fuerzas. Los datos de fuerzas proporcionados por este tipo de dispositivo pueden combinarse con técnica de reconocimiento de patrones para describir varias características relativas a la impresión en contacto con la superficie del sensor de arreglo. Entre las características pueden citarse:

- La presencia de un objeto.
- El área de contacto, la forma, la localización y la orientación del objeto.
- La presión y la distribución de ésta.
- Magnitud de la fuerza y su localización.

Los sensores de arreglo táctil pueden montarse en los dedos de la pinza del robot o unirse a una mesa de trabajo con una superficie táctil plana, los dispositivos suelen estar constituidos por un arreglo de almohadillas elastoméricas conductoras que cuando se comprimen cambian su resistencia eléctrica en respuesta a la magnitud de la desviación que es proporcional a la fuerza aplicada.

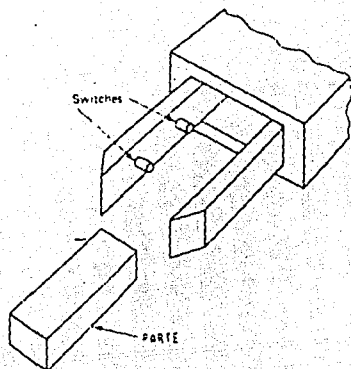


Fig. 4.27 Sensor de contacto

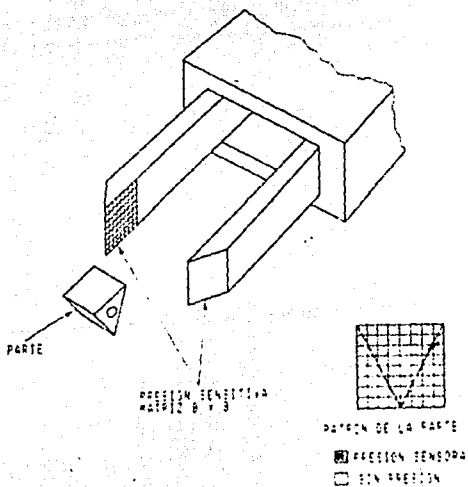


Fig. 4.28 Sensor de arreglo táctil

FALLA DE ORIGEN

Midiendo la resistencia puede determinarse la información sobre la forma del objeto con respecto al arreglo de elementos detectores. La figura 4.28 muestra una matriz de 8x8, el arreglo tiene 64 elementos sensores, cada uno capaz de medir la fuerza aplicada individualmente, el sensor táctil con interfase a un controlador puede determinar la forma, textura, posición, orientación, deformación y centro de masa.

SENSORES DE PROXIMIDAD Y ALCANCE

Los sensores de proximidad son dispositivos que indican cuando un objeto está próximo a otro. La proximidad de sensado depende del dispositivo en particular. Las distancias pueden ser hasta de milímetros. Algunos de estos sensores se utilizan para medir la distancia entre el objeto y el sensor y éstos dispositivos se denominan sensores de alcance. Los sensores de proximidad y alcance se localizan normalmente en el efector final. Un empleo práctico de un sensor de proximidad sería detectar la presencia o ausencia de una pieza de trabajo o de un objeto. Otra aplicación importante es la de detectar personas en la estación de trabajo. Los sensores de alcance serían de utilidad para determinar la localización de un objeto (la pieza de trabajo) en relación con el robot. Una diversidad de tecnologías están disponibles para diseñar sensores de proximidad y alcance, éstas incluyen dispositivos ópticos, elementos acústicos, técnicas de campos eléctricos (corrientes parásitas y campos magnéticos) y algunas otras. Los sensores de proximidad ópticos pueden diseñarse utilizando fuentes de luz visibles o invisibles (infrarrojos). Los sensores infrarrojos pueden ser activos o pasivos. Los sensores activos envían un haz de rayos infrarrojos y responden a la reflexión del haz contra un reflejante tomado como blanco. El sensor de reflectancia de rayos infrarrojos, utiliza una fuente de luz incandescente, es un dispositivo común que ésta disponible en el mercado.

El sensor de infrarrojos activo puede emplearse para indicar no solamente si está presente o no una pieza, sino también para señalar la posición de la misma.

Temporizando el intervalo a partir de cuando se envía la señal y se recibe el eco puede realizar una medida de la distancia entre el objeto y el sensor. Esta característica es de utilidad sobre todo para los sistemas de locomoción y guiado. Los sensores infrarrojos pasivos son simplemente dispositivos que detectan la presencia de la radiación infrarroja en el entorno. Se suelen utilizar en sistemas de seguridad para detectar la presencia de cuerpos que emiten calor dentro del alcance del sensor. Estos sistemas sensores son efectivos en la cobertura de grandes zonas en interiores de edificios.

Otro método óptico para la detección de proximidad implica el empleo de un haz de luz colimado y un arreglo lineal de sensores de luz. Con la reflexión del haz de luz desde la superficie del objeto, la localización de este último puede determinarse a partir de la posición de su haz reflejado en el arreglo de sensores. Ver fig.4.29.

CUANDO EL SENSOR ES SUFICIENTE
DE DEFLEXION DESDE SUPERFICIES
DE RESPALDO.

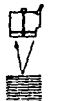


EJEMPLOS TÍPICOS.

1. SENSOR DE OBJETOS DEFORMADOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.
2. SENSOR DE OBJETOS EN LA PRESENCIA DE UN OBJETO DE RESPALDO CON ALTA VELOCIDAD (MOLINOS Y PLACAS METÁLICAS).
3. SENSOR DE CANTIDAD RESIDUAL EN UN CONTENEDOR O ALIMENTADOR.

(A)

SENSOR DEL NIVEL DE ALTURA



EJEMPLOS TÍPICOS.

1. SENSOR DE LA ALTURA DE PARTES ACILADAS.
2. CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDO DESDE ARRIBA.
3. DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE OBJETOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.
4. SENSOR DE PARTES SUELTAS EN MAGAS DE FICACIÓN.

(B)

SENSOR DE OBJETOS VIJANTES EN SUCESSION CONTINUA.



EJEMPLOS TÍPICOS.

1. SENSOR DE UNO POR UNO EN LAPICES, BARRAS METÁLICAS ETC VIJANDO CONTINUAMENTE.
2. SIMILARMENTE UNO POR UNO EN EL SENSOR LATERAL DE BOTELLAS O LATAS EN SUCESSION CONTINUA.

(C)

SENSOR DE PERUENDOS, DELGACES O FINES OBJETOS.

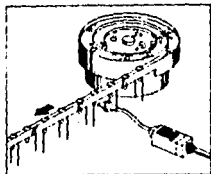


EJEMPLOS TÍPICOS.

1. SENSOR DE BARRAS NOTAS.
2. SENSOR DE PARTES PRESENCIA COMO COMPONENTES ETC. FINES.
3. SENSOR DE LA PRESENCIA O AUSENCIA DE TAPAS DE BOTELLAS.
4. SENSOR DE FINES HALLAS.

(D)

PARA SENEAR LA PRESENCIA DE PARTES EN EL ALIMENTADOR.



(J)

SENSOR DE PEQUEÑOS OBJETOS Y PLANOS.



EJEMPLOS TÍPICOS

1. SENSOR DE OBJETOS EN SUPERFICIES PLANAS.
2. SENSOR DE PROXIMIDADES.

SENSOR DE OBJETOS UTILIZANDO SU CIERRE EN EL SUELO.



EJEMPLOS TÍPICOS

1. IDENTIFICACIÓN DE CARA O REVERSO DE AZULEJOS.
2. IDENTIFICACIÓN DE CARA O REVERSO DE CUBIERTAS.

(E)

(F)

SENSOR DE OBJETOS TRANSPARENTES.



EJEMPLOS TÍPICOS

1. SENSOR DE OBJETOS TRANSPARENTES Y OPAQUES.
2. SENSOR DE VERTIC TRANSPARENTES, BARRAS METÁLICAS U MAGAS PLANAS.

(G)

SENSOR DE OBJETOS A TRAVÉS DE UNA CUBIERTA TRANSPARENTMENTE.



EJEMPLOS TÍPICOS

1. SENSOR DEL CONTENIDO EN UN RECIPIENTE TRANSPARENTMENTE.
2. SENSOR DE LA POSICIÓN DEL PLATO DE MEDICIÓN.

(H)

SENSOR DE LA LÍNEA DE LOS OBJETOS.

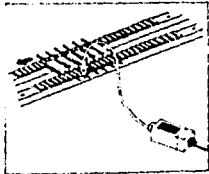


EJEMPLOS TÍPICOS

1. SENSOR DE LA POSICIÓN EN EL CANTARIL DE MADERA.
2. SENSOR DE LA POSICIÓN DE CUBIERTAS DE OBJETOS.

(I)

PARA SENEAR LA PRESENCIA DE RESISTENCIAS EN LA LÍNEA.



(K)

Fig. 4.29 Ejemplos de aplicación de sensores fotoeléctricos

SENSORES DIVERSOS

Los sensores más comunes en la industria son:

Inductivos- Este tipo de sensores emiten un campo eléctrico y pueden detectar los materiales metálicos a cierta distancia.

Capacitivos- Estos emiten señales que permiten detectar todo tipo de materiales a cierta distancia a excepción del aire.

Magnéticos- Estan fabricados con un material muy sensible a los campos magnéticos, esto permite detectar imanes permanentes y electroimanes a cierta distancia.

SENSORES FOTOELECTRICOS U OPTOELECTRONICOS

Sensores de retroreflexión o reflexión directa- Estos sensores emiten un haz de luz por un emisor y por medio de la reflexión de la luz al detectar algún objeto este regresa a un receptor de luz

Sensores de barrera o de fibra óptica- Se coloca un emisor y un receptor de luz, uno frente al otro a cierta distancia, esta forma permite detectar cualquier objeto que se interponga e interrumpa el haz de luz.

Sensores de presión o piezoresistivos- Funcionan de forma similar a los fotoeléctricos, pero usan aire a presión en vez de el haz de luz.

SISTEMAS BASADOS EN SENSORES

Los empleos principales de los sensores en la robótica industrial y otros sistemas de fabricación automatizados pueden dividirse pueden dividirse en las siguientes categorías:

- 1.-Vigilancia de seguridad.
- 2.-Enclavamientos en control de la estación de trabajo.
- 3.-Inspección de piezas en cuanto a control de la calidad.
- 4.-Determinación de las posiciones e informaciones afines acerca de los objetos en la estación de trabajo.

SISTEMAS DE VISION

INTRODUCCION

La visión de máquina es una importante tecnología de sensores con aplicaciones potenciales en muchas industrias. Algunas de las aplicaciones más usuales de la visión están en inspecciones, sin embargo se puede prever que la tecnología de visión jugará un papel cada vez más significativo en el futuro de la robótica, los sistemas se emplean para realizar tareas entre las que se incluye la selección de objetos que se orientan aleatoriamente desde un recipiente o un transportador, la identificación de objetos y la inspección limitada. Estas capacidades se utilizan en forma selectiva en aplicaciones tradicionales para reducir el costo de los montajes de sujeción de la pieza o herramienta.

La visión de máquina se refiere a la detección de datos de visión y su interpretación por una computadora. El sistema de visión típico esta constituido por la cámara y equipos digitalizadores, una computadora digital y los elementos de hardware y software necesarios para su interconexión. Esto último se suele referir como un preprocesador. El funcionamiento del sistema esta constituido por tres funciones:

- 1.-Detección y digitalización de datos de imagen.
- 2.-Análisis y procesamiento de imágenes.
- 3.-Aplicación

La relación entre las tres funciones se ve en la fig 4.30. Las funciones de detección y digitalización implican la entrada de datos de visión por medio de una cámara enfocada en la escena de interés. Técnicas de iluminación especiales se suelen emplear para tener una imagen de suficiente contraste para su posterior procesamiento. La imagen vista por la cámara se suele digitalizar y almacenar en memoria.

La imagen digital se denomina un campo de datos de visión y se suele capturar mediante un dispositivo de hardware denominado *captador de trama*.

Estos dispositivos son capaces de digitalizar imágenes a una velocidad de 30 cuadros por segundo.

Para realizar el procesamiento de imágenes y su análisis, el sistema de visión debe capacitarse con frecuencia. En este proceso se obtiene información sobre los objetos de prototipos y se almacena como modelos de computadora. La información recogida durante la capacitación está constituida por características tales como el área del proyecto, su longitud perimétrica, diámetros mayor y menor y otras características similares, los objetos valores calculados en objetos desconocidos vistos por la cámara se comparan con los modelos de computadora para determinar si se produjo una coincidencia.

La tercera función son las aplicaciones. Las aplicaciones del sistema de visión incluyen la inspección, identificación de piezas, localización y orientación. Algunas aplicaciones de visión sólo requieren un análisis bidimensional. Ejemplos de problemas de visión bidimensionales incluyen la comprobación de las dimensiones de una pieza o la verificación de la presencia de componentes en un submontaje. Los sistemas de visión en tres dimensiones pueden exigir técnicas de iluminación especiales y algoritmos de procesamiento de imágenes más sofisticados para analizar la imagen. Algunos sistemas requieren dos cámaras para conseguir una visión estereoscópica de la escena, mientras que otros sistemas tridimensionales se basan en el empleo de técnicas de triangulación óptica y luz estructurada con una sola cámara. Un ejemplo de un sistema de luz estructurada es el que proyecta una banda controlada de luz a través del objeto. La banda de luz se distorsiona de acuerdo con la forma tridimensional del objeto. El sistema de visión ve la banda distorsionada y utiliza la técnica de triangulación para deducir la forma. Otro sistema de visión es de acuerdo con el número de niveles de grises (niveles de intensidad de luz) utilizados para caracterizar la imagen.

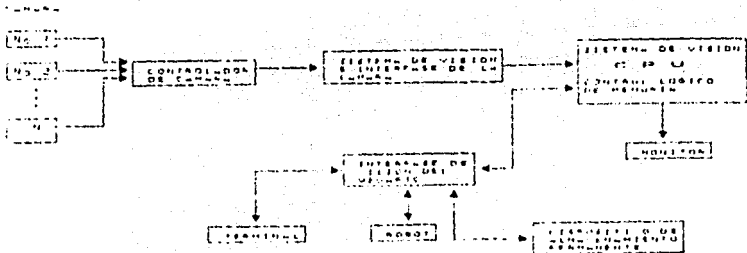
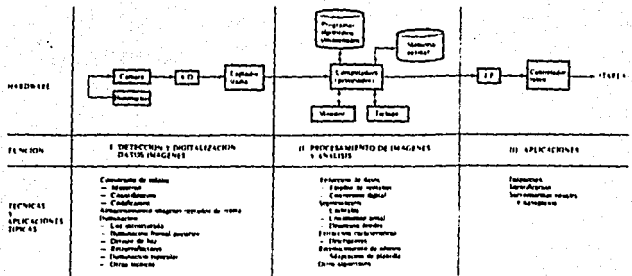


Fig. 4.30 Funciones de un sistema de visión

FALLA DE ORIGEN

En una imagen binaria los valores de los niveles de grises están divididos en una u otra de dos categorías: negros o blancos. Otros sistemas permiten la clasificación del nivel de grises de cada elemento de imagen en varios niveles, cuyo rango se denomina una escala de grises.

FUNCION DE DETECCION Y DIGITALIZACION

La detección de imágenes exige algún tipo de dispositivo de formación de imágenes, tal como una cámara y un digitalizador, que almacena un cuadro de video en la memoria de la computadora. El paso inicial implica la captación de la imagen de la escena con la cámara de visión.

La imagen está constituida por intensidades de luz relativas correspondientes a las diversas partes de la escena. Estas intensidades de luz son valores analógicos continuos que deben muestrearse y convertirse en forma digital. El segundo paso, la digitalización, se consigue por un convertidor analógico/digital (A/D). Este convertidor es una parte de una videocámara digital o el extremo frontal de un captador de trama. La elección depende del tipo del hardware en el sistema. El captador de trama, que representa el tercer paso, es una memoria de imágenes y un dispositivo de cómputo que almacena un arreglo de elementos de imagen dado. El captador de trama puede variar en capacidad desde uno que almacene simplemente una imagen a otro con una capacidad de cómputo significativo. En los captadores de trama más potentes pueden realizarse operaciones de fijación de umbrales, ventanas y cálculo de modificaciones de histogramas bajo control de computadora. La imagen almacenada se procesa posteriormente y se analiza mediante la combinación del captador de trama y el controlador de visión.

TECNICAS DE ILUMINACION

Un ingrediente esencial en la aplicación de la visión es una iluminación adecuada. Una buena iluminación de la escena es importante debido a su efecto sobre el nivel de complejidad de los algoritmos de procesamiento de imágenes requerido. Una iluminación deficiente hace más difícil la tarea de interpretar la escena. Las técnicas de iluminación adecuadas deben proporcionar un alto contraste y reducir al mínimo las reflexiones y las sombras, a no ser que se diseñe específicamente en el sistema.

La agrupación de dispositivos de iluminación son las siguientes:

- 1- Dispositivo de superficie difusa. Ejemplos de iluminadores de superficies difusas son los típicos tubos fluorescentes y las mesas de luz.
- 2- Proyectors de condensador. Estos transforman una fuente de luz en expansión en una fuente de luz en condensación. Esto es de utilidad en la óptica de formación de imágenes.
- 3- Proyectors puntuales o difusos. Se utilizan para iluminar áreas superficiales.
- 4- Colimadores. Se emplean para proporcionar un haz de luz paralelo sobre el sujeto.

5- Formadores de imágenes. Estos tales como los proyectores de diapositivas y ampliadoras ópticas, forman una imagen del blanco en el plano del objeto.

Varias técnicas de iluminación han sido desarrolladas para utilizar estos dispositivos de iluminación, la finalidad de éstas es dirigir el recorrido de la luz desde el dispositivo de iluminación a la cámara. Hay dos técnicas de iluminación básicas utilizadas, estas son, la iluminación frontal y posterior. La frontal significa que la fuente de luz está en el mismo lado de la escena que la cámara. En consecuencia, la luz reflejada se utiliza para crear la imagen vista por la cámara. En la iluminación posterior la fuente de luz está dirigida a la cámara y situada detrás de los objetos de interés. La imagen vista por la cámara es una silueta del objeto bajo estudio. La iluminación posterior es adecuada para aplicaciones en la que una silueta del objeto es suficiente para su reconocimiento o en donde exista la necesidad de obtener medidas importantes. Ver tabla 4.2

ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE LA IMAGEN

La unidad de medida en el sistema de visión es la escala de gris, el parámetro básico medido es la intensidad de la luz y el elemento básico de medida es el pixel. Los lentes del sistema de visión enfocan la luz desde el objeto hacia la superficie sensitiva de luz. La superficie sensitiva de luz es dividida en pequeñas regiones o celdas de dibujo, cada una de estas celdas o regiones es llamada un pixel. La resolución del sistema de visión es directamente proporcional al número de pixeles en la superficie sensitiva de luz, por ejemplo, un arreglo de 258×258 pixeles tendrá una mayor resolución que un arreglo de 128×128 .

Entre mayor sea la resolución, mayor será la exactitud del sistema de visión para medir dimensionalmente un objeto. Cada pixel es excitado por la luz enfocada sobre la superficie por la lente de la cámara. si no hay luz presente el pixel esta apagado (off) pero cuando la luz alcanza un nivel de saturación el pixel esta encendido (on). Entre los dos extremos mencionados hay sombras de gris lo cual causa excitación al pixel y se coloca en posición on parcialmente. El número de estados de excitación entre off y on son conocidos como escala de gris. Los sistemas existentes tienen escalas de gris que van de 4 a 64. Entre mayor sea este número. Entre mayor sea este número, mejor es el sistema en la visión. El primer paso para analizar la imagen es localizar todas las áreas de la imagen que corresponden al objeto en observación por la cámara. La mayoría de los sistemas de visión reconocen dos dimensiones.

En la fig. 4.31 se muestra la pieza iluminada de frente y también su correspondiente imagen generada por el sistema de visión. Los dos sistemas comúnmente usados para encontrar objetos con datos provenientes de la cámara son, la detección de contorno y agrupación.

Ambas técnicas intentan localizar los bordes de los objetos o regiones en la imagen de tal manera que su localización, tamaño, forma y orientación pueden ser computadas como grupos para su reconocimiento.

Tabla 4.2 Técnicas de iluminación.

Técnica	Función/uso
A. Fuente de luz frontal	
1. Iluminación frontal	Área iluminada de modo que la superficie defina la característica de imagen
2. Iluminación especular (campo oscuro)	Utilizada para el reconocimiento de defectos superficiales (fondo oscuro)
3. Iluminación especular (campo de luz)	Utilizada para el reconocimiento de defectos superficiales, cámara en línea con los rayos reflejados (luz de fondo)
4. Dispositivo formador de imágenes frontal	Aplicaciones de luz estructurada; la luz de las imágenes se superpone sobre la superficie del objeto; haz de luz desplazado como función del espesor
B. Fuente de luz posterior	
1. Iluminación posterior (campo iluminado)	Utiliza un difusor superficial para las características de siluetas; se emplea en la inspección de piezas y en medidas básicas.
2. Iluminación posterior (condensador)	Produce imágenes de alto contraste; de utilidad para aplicaciones de gran ampliación
3. Iluminación posterior (colimador)	Produce una fuente de rayos luminosos paralelos tal que las características del objeto no estén en el mismo plano
4. Iluminación desplazada posterior	De utilidad para obtener imágenes destacadas cuando la característica está en un medio transparente.
C. Otros dispositivos diversos	
1. Divisor de haz	Transmite luz a lo largo del mismo eje óptico que el sensor; la ventaja es que puede iluminar objetos de difícil visión
2. Espejo dividido	Similar al divisor de haz, pero más eficaz con exigencias de intensidades más bajas
3. Redirectores no selectivos	La fuente de luz se redirecciona para proporcionar una iluminación adecuada
4. Retrorreflector	Un dispositivo que redirige los rayos incidentes hacia el sensor; puede variarse el ángulo de incidencia, lo que proporciona un alto contraste para un objeto entre la fuente y el reflector
5. Doble densidad	Una técnica utilizada para aumentar la intensidad de iluminación en el sensor; se emplea con medios transparentes y retroreflector

La detección del contorno esta basado en el hecho de que hay una notoria diferencia entre el objeto y la superficie de respaldo como se ve en la figura 4.31.

El segundo método usado para encontrar objetos en un arreglo de pixeles es llamado agrupación o región creciente. El sistema básicamente trata de encontrar pixeles adyacentes que tiene propiedades similares. Después que el área de la pieza ha sido desarrollada, los datos del pixel son frecuentemente cambiados a valores binarios, esto es, cada pixel que es parte de la pieza es almacenado como un 1 y los que no son parte se toman como 0, descargando estos datos a un monitor produce la silueta de la pieza. Esta técnica usa más localizaciones de memoria que el método de código en cadena. En la fig. 4.32 se muestra este método, notese que la orilla de la imagen es formada por cuatro diferentes vectores que son identificados por cuatro números. La orilla del objeto es almacenado como serie de números o códigos representando los vectores requeridos para formar la frontera.

RECONOCIMIENTO DEL OBJETO

Las técnicas de reconocimiento del objeto se pueden clasificar en dos categorías que son:

- 1.-Técnicas de comparación con plantilla. Ver fig 4.33.
- 2.-Técnicas estructurales.

El problema básico de la coincidencia de plantilla es comparar el elemento con un conjunto de características del modelo almacenado definido como modelo de plantilla. Este último modelo se obtiene durante el procedimiento de adiestramiento en el que el sistema de visión se programa para reconocer los elementos prototipos conocidos. Estas técnicas son aplicables si no existen requerimientos para un gran número de plantillas de modelos. El procedimiento esta basado en el uso de un número suficiente de características para minimizar la frecuencia de errores en el proceso de clasificación. Las características del elemento en la imagen (por ejemplo, área, diámetro, relación de aspecto, etc) se comparan con los valores correspondientes almacenados. Estos valores constituyen la plantilla almacenada.

Cuando se encuentra una coincidencia, permitiéndose determinadas variaciones estadísticas en el proceso de comparación, entonces el elemento ha sido clasificado de forma adecuada. Las técnicas estructurales de reconocimiento consideran las relaciones entre las características o bordes de un objeto. Por ejemplo, si la imagen de un objeto se puede subdividir en cuatro líneas (las líneas reciben el nombre de primitivas) conectadas en puntos extremo y las líneas conectadas forman ángulos rectos, entonces el objeto es un rectángulo. Esta técnica conocida como reconocimiento de modelo sintáctico, es la técnica estructural utilizada con más frecuencia.

Puede considerarse excesivo el tiempo necesario para el reconocimiento completo de un modelo. En consecuencia, suele ser más adecuado la búsqueda de regiones más simples o bordes dentro de una imagen. Estas regiones más simples pueden utilizarse para extraer las características requeridas.



Fig. 4.31 Sistema de visión procesando una pieza de fundición

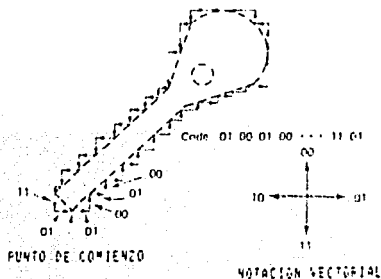
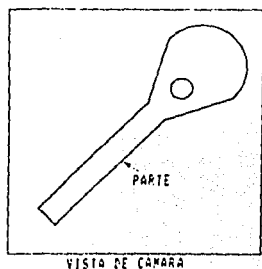


Fig. 4.32 Método de código en cadena

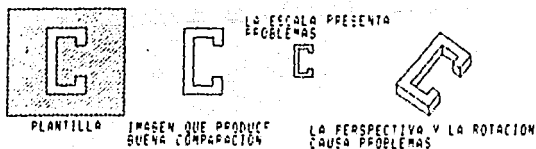


Fig. 4.33 Técnica de comparación con plantilla

FALLA DE ORIGEN

La mayor parte de los sistemas comerciales de visión de robot hacen uso de este método para el reconocimiento de los objetos bidimensionales. Los algoritmos de reconocimiento se utilizan para identificar cada uno de los objetos segmentados en una imagen y para asignarlos a una clasificación (por ejemplo, tuerca, perno, brida, etc.)

APRENDIZAJE DE LOS SISTEMAS DE VISION

El objetivo es programar los sistemas para que reconozcan objetos conocidos. El sistema almacena estos elementos en forma de compendio de valores de características extraídas que pueden compararse con los correspondientes valores de características obtenidos a partir de objetos desconocidos. El aprendizaje de los sistemas de visión debe realizarse bajo condiciones tan próximas a las condiciones de funcionamiento como fuere posible. Los parámetros físicos tales como emplazamiento de la cámara, ajuste de la apertura, situación del elemento e iluminación son las condiciones críticas que deben simularse como posibles durante la sesión de aprendizaje. Los fabricantes de los sistemas de visión han desarrollado software de aplicación para cada uno de los sistemas individuales del mercado. El software suele estar basado en un lenguaje de programación de alto nivel, por ejemplo, lenguaje C, existen dos versiones de el lenguaje RAIL, uno para sistemas de visión automatizada y otra para programación de robots.

APLICACIONES

Algunas de las aplicaciones más usuales de visión son tareas de inspección que no implican el empleo de un robot industrial. Una aplicación típica es aquella en donde el sistema de visión se instala en una línea de producción de alta velocidad para aceptar o rechazar las piezas fabricadas en la línea.

Las piezas no aceptables se sacan fuera de la línea mediante algún dispositivo mecánico, que está comunicado con el sistema de visión.

Se puede considerar que las aplicaciones de visión tienen tres niveles de dificultad. Estos niveles dependen de si los elementos objeto de visión están controlados en posición y/o apariencia. El control de la posición de un elemento en un entorno de fabricación suele necesitar un montaje de sujeción preciso. El control de la apariencia de un elemento se realiza mediante las técnicas de iluminación.

Los tres niveles de dificultad utilizados para categorizar las aplicaciones de visión en un establecimiento industrial son:

- 1.- El objeto se puede controlar en posición y apariencia.
- 2.- El objeto se puede controlar por posición o por apariencia, pero no ambas cosas a la vez.
- 3.- El objeto no se puede controlar ni por posición ni por apariencia

El tercer nivel de dificultad exige capacidades de visión avanzadas. El objetivo de la técnica de las aplicaciones de visión es conseguir el nivel más bajo de dificultad, con lo que se reducirá también el nivel de sofisticación del sistema de visión requerido en la aplicación. Por ejemplo, uno de los problemas que suele surgir en el reconocimiento de un objeto es que el proceso de reconocimiento se facilita si el objeto está en una orientación y posición conocidas. Las piezas en una fábrica no suelen estar situadas de esta forma. Este problema puede reducirse desde un tercer nivel a un primer nivel de dificultad mediante la sujeción de las piezas y la utilización de técnicas tales como la iluminación estructurada para controlar la apariencia.

A continuación se da un ejemplo de la disposición de diferentes sensores en un proceso de forja.

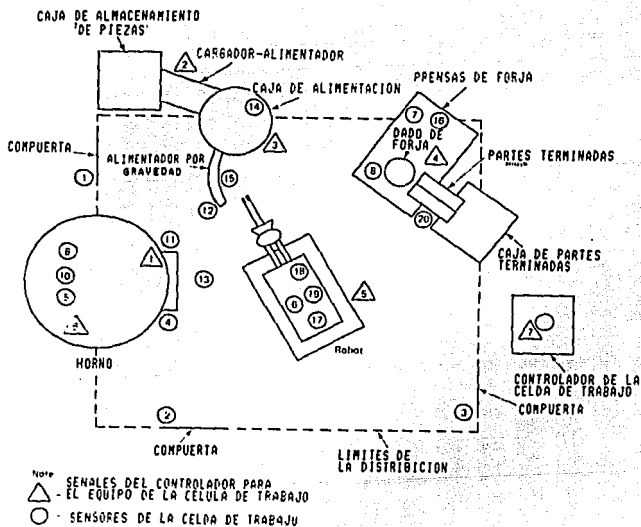


Fig. 4.34 Ejemplo de una estación de trabajo de forja

FALLA DE ORIGEN

no de sensor	parametro sensado	tipo de sensor	notas de operacion
--------------	-------------------	----------------	--------------------

sensores para proteger a los humanos

1	puerta abierta	interruptor de limite	cuando el interruptor de abrir la puerta es pilotado, el sistema permanece en paro y debe ser reestablecido desde fuera de la estación con la puerta cerrada.
---	----------------	-----------------------	---

sensores para proteger al robot y otro equipo

4	puerta cerrada del horno	interruptor de limite	<p>HAY UN DISPOSITIVO ROTATIVO EN EL HORNO CON CAPACIDAD PARA 20 PIEZAS. EL SENSOR DETERMINA SI ESTA FUERA EL BRAZO DE EL HORNO Y DE LA PRESA. LA PRESA ESTA LISTA PARA SER CARGADA. EL TROQUEL NO ESTA LISTO PARA EL PROCESO.</p>
5	sujetador de partes no indexado	interruptor de limite	
6	Brazo en posición retraída	de proximidad	
7	prensa abierta	interruptor de limite	
8	pieza no botada	fotoeléctrico	

sensores para monitorear el sistema en control de calidad

9	temperatura del horno muy alta	interruptor de temperatura
10	temperatura del horno muy baja	
11	puerta del horno abierta	interruptor de limite
12	pieza no orientada para sujetarla	fotoeléctrico

sensores para monitoreo de mal funcionamiento del equipo

13	pieza no alojada en el sujetador	
14	contenedor alimentador bajo en piezas	
15	conductor de alimentación bajo en piezas	
16	ciclo incompleto de la prensa	
17	fluido hidráulico bajo de nivel	
18	fluido hidráulico muy caliente	
19	paro del ciclo del robot	

sensores para analizar la calidad del producto

20	contador de piezas	fotoeléctrico	UNA DE CADA CIENTO PIEZAS ES INSPECCIONADA. EL CONTADOR EMITE UNA ALARMA PARA QUE SEA INSPECCIONADA LA PIEZA.
----	--------------------	---------------	---

señales del controlador para el equipo de la estación

1	abrir la puerta de horno
2	cargar el contenedor de alimentación
3	empezar la alimentación
4	empezar el ciclo de la prensa
5	empezar el ciclo del robot
6	indexar el sujetador de piezas del horno
7	conectar la alarma de destello y auditiva

FALLA DE ORIGEN

V PROGRAMACION DE ROBOTS Y SUS LENGUAJES

V.1 PROGRAMACION DEL ROBOT, SOFTWARE Y LENGUAJES

DESARROLLO DE LOS LENGUAJES DEL ROBOT

Tradicionalmente la mayoría de los lenguajes del robot son designados usando dos técnicas. El primero es un acercamiento enfocado en el desarrollo de un lenguaje que satisfaga las necesidades de control del brazo del robot. Cuando esto es satisfecho, el lenguaje es extendido para incluir estructuras, por ejemplo, ramas condicionales e interfases de entrada/salida. Ejemplos de lenguajes desarrollados con esta técnica son AL y T3.

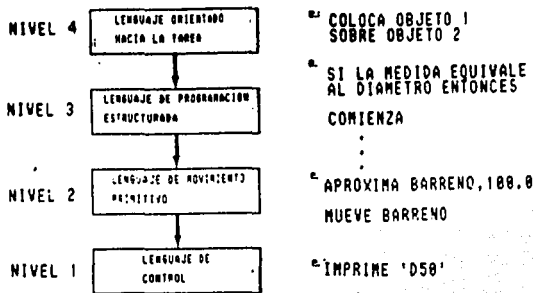
Una segunda técnica comienza con un lenguaje de computadora de propósito general como el Basic o Fortran. El lenguaje existente es extendido para incluir la semántica de un sistema de control del robot. SAIL es un lenguaje desarrollado por el Laboratorio de Inteligencia Artificial de la Universidad de Stanford y cae en esta categoría. Un tercer intento incluye el diseño de un lenguaje de propósito general que tiene las funciones necesarias para dirigir el brazo del robot. Esta técnica permite el diseño de mejoras a ser aplicadas de una manera muy notoria para el manejo del robot y el usuario del lenguaje. El lenguaje AML (un lenguaje de manufactura) es usado por los robots de la familia IBM y usa la técnica antes descrita. No existe un lenguaje estandar, ni tampoco intercambio de programas entre constructores, y en algunos casos, solo intercambio limitado entre modelos del mismo constructor. Hay muchos lenguajes, tantos como modelos de robots. La industria del robot ha tomado a 1990 como el año de estandarización de los lenguajes en uso.

CLASIFICACION DE LOS LENGUAJES

Una manera de clasificar los muchos lenguajes usados por los constructores de robots es de acuerdo al nivel al cual el usuario debe interactuar con el sistema durante el proceso de programación. Por ejemplo, si el usuario debe especificar los ángulos de las articulaciones para cada movimiento, el nivel de interacción es muy bajo comparado con el lenguaje el cual permite al usuario el movimiento requerido en enunciados como "Levanta la pieza". Usando este criterio, se pueden agrupar los lenguajes en cuatro niveles. Ver fig. 5.1.

LENGUAJE DE CONTROL DE LA ARTICULACION.

Los lenguajes en este nivel se concentran en el control físico del movimiento del robot en términos de articulaciones o ejes. Los comandos del programa deben incluir el cambio angular requerido, rotación de la articulación o la extensión longitudinal de los actuadores lineales.



LENGUAJES DE CONTROL

Fig. 5.1 Niveles de lenguajes de programación.

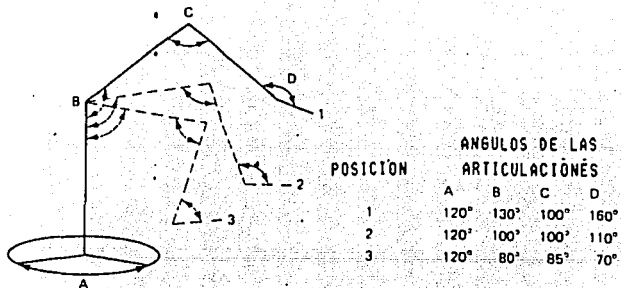


Fig. 5.2 Programación de brazo articulado.

El lenguaje usualmente no admite comandos del sistema o celda de trabajo como entradas y salidas, las cuales pueden ser incorporadas dentro de los programas de lenguaje de alto nivel para el control de dispositivos externos.

Este nivel del lenguaje requiere que el usuario programe en el espacio de la articulación, esto quiere decir que todos los puntos programados en el volumen de trabajo del robot sean expresados como una serie de posiciones de los ejes del brazo. En la figura 5.2 se muestra un brazo de robot el cual tiene tres puntos programados. La tabla incluida en la figura muestra los ángulos de las articulaciones que son requeridos para los ejes del robot para cada punto programado. Las desventajas de este lenguaje incluyen la carencia de comandos integrados a la celda de trabajo, requeridos para el sistema de control, la ausencia de cualquier valor coordinado Cartesiano para los puntos programados y severa limitación en la trayectoria y control de la velocidad.

Ejemplos de este tipo de lenguaje son encontrados más frecuentemente en robots didácticos. El lenguaje ARMBASIC usado en el robot Minimover 5 de Microbot y el RASP usado en el robot Rhino XR son representativos de este nivel. Ambos robots son de junta esférica, y los comandos del programa especifican los grados de rotación deseados en cada eje. En el ARMBASIC el movimiento de cada eje es expresado por el número de pasos por el cual el manipulador de ejes, o el motor paso a paso debe rotar.

El Rhino usa un codificador óptico para la retroalimentación desde los servomotores en cada eje. Ambas máquinas son manejadas por una microcomputadora con una interfase RS-232C, así que el espacio de la articulación programado para el movimiento es escrito en cualquier lenguaje soportado por el microcomputador.

LENGUAJES PRIMITIVOS DE MOVIMIENTO

Los lenguajes primitivos de movimiento de punto a punto son el tipo más comúnmente usado en los robots actuales. Aunque los lenguajes incluidos en este grupo varían, todos ellos tienen las siguientes características:

- Un punto programado es generado por el movimiento del robot a el punto deseado presionando el interruptor de programación (enter). Una secuencia de puntos programados de esta manera, producen un programa completo.
- Capacidad de edición.
- La enseñanza del movimiento del robot es controlado por el control manual, teclado de la computadora o el joystick (palanca de movimientos).

EJEMPLO DE PROGRAMACION

El objetivo es proveer una visión del proceso de programación usada en un robot de la Cincinnati Milacron usando el lenguaje T3. el programa es examinado en detalle con la descripción de la función de cada línea descrita. Los comandos usados en este programa son brevemente explicados.

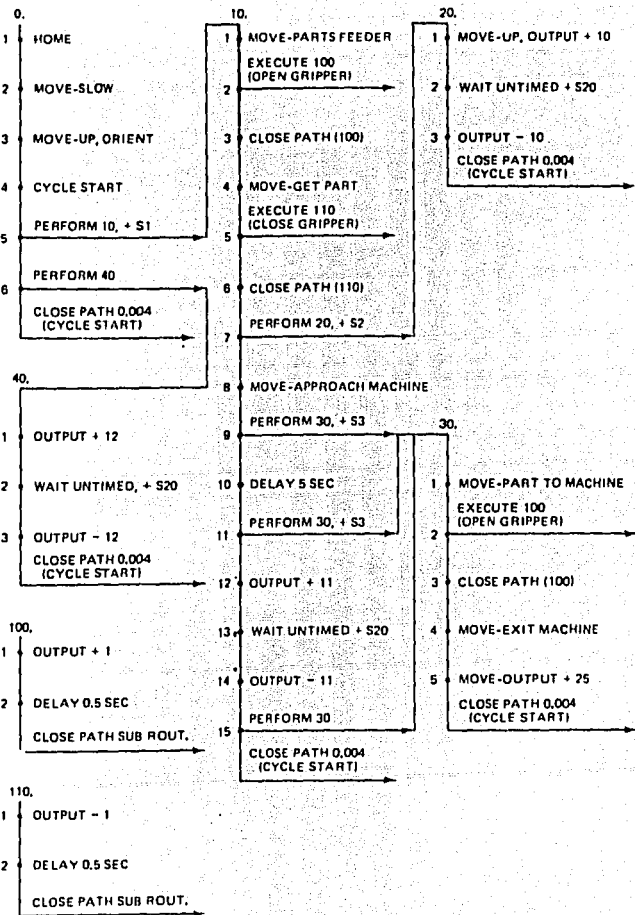


Fig. 5.3 Ejemplo de programación de carga de maquina.

LENGUAJE T3

El lenguaje T3 de la Cincinnati Milacron usado en este ejemplo direcciona un pequeño robot eléctrico que es el T3-726 através de una secuencia de carga de máquina. El robot empieza de la posición HOME (posición de comienzo para todos los programas) y se mueve hacia un alimentador de piezas para obtener una de ellas. El sujetador adquiere una pieza del alimentador y el brazo se mueve a una posición enfrente de la máquina a ser cargada.

El robot procede a cargar la pieza dentro de la máquina, se retira de la máquina y comienza el ciclo de producción. En este punto, el brazo retorna a el comienzo del ciclo (a el punto programado al comenzar el programa) y el proceso es repetido. El programa para ejecutar este proceso se muestra en la figura 5.3 e incluye 36 puntos programados.

PROCEDIMIENTO T3

El lenguaje T3 esta organizado alrededor de una secuencia de programación principal; hasta 255 secuencias pueden ser usadas como subrutinas. La secuencia principal siempre empieza con un punto de HOME, incluye un punto de comienzo del ciclo (CYCLE START) y termina con un comando de cierre de trayectoria (CLOSED PATH). El punto de HOME es siempre el primer punto en el programa y ubica el punto de comienzo para la posición de arranque del brazo del robot. Solo con esta posición el brazo del robot puede repetir los puntos programados con exactitud cada vez que esta en operación. Los robots son programados para moverse através de una serie de puntos para llevar a cabo una tarea de manufactura. El conjunto de puntos programados es llamado un ciclo. Después de terminado un ciclo, el brazo retorna al punto identificado como comienzo del ciclo. El comando de cierre de trayectoria en la secuencia principal es un salto incondicional hacia atrás a el punto de comienzo del ciclo.

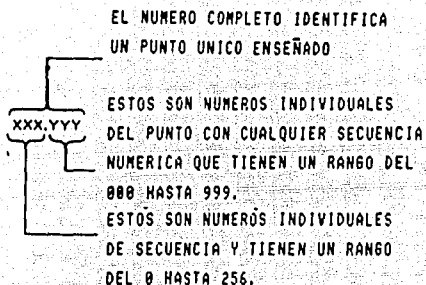
Cada punto programado debe tener una *función*, *velocidad*, *dimensión del centro de la herramienta* y un arreglo de *valores coordenados Cartesianos* suministrados durante la programación.

Los valores coordenados son automáticamente almacenados dependiendo de la posición del brazo. También, cada punto programado es identificado por un número secuencial y un número de punto programado.

En la figura 5.4 se ilustra el sistema de numeración del punto programado usado en el controlador T3. En el ejemplo de programación, en la figura 5.3 el punto de comienzo del ciclo es el 0.004 lo que significa que es el punto 4 en la secuencia 0.

El número secuencial y el número del punto programado son separados por un guión.

El punto programado HOME es 0.001 en cada programa. La secuencia principal es siempre designada como la secuencia 0. Con 256 secuencias posibles y 999 puntos programados posibles en cada secuencia, el número total de puntos programados posibles con este controlador son 255,744.



0.329 - PUNTO 329 DE LA SECUENCIA 0 (RAMA PRINCIPAL)
26.001 - PUNTO 1 EN LA SECUENCIA 26
179.022 - PUNTO 22 EN LA SECUENCIA 179

Fig. 5.4 Sistema de programación numerica.

La secuencia 1 a la 255 pueden ser llamados desde la secuencia principal en la misma manera que son llamadas las subrutinas en un lenguaje de alto nivel como el BASIC.

Además, una secuencia puede ser llamada desde otra secuencia. El lenguaje T3 soporta ramas condicionales o incondicionales en cualquier secuencia. La rama condicional usa una señal externa, un interruptor externo, o el valor de una variable para determinar si el valor de la rama ha sido satisfecha. La rama incondicional es llevada a cabo cuando el comando se encuentra de manera similar al comando GO TO en Basic.

Todas las secuencias deben ser terminadas con un comando llamado CLOSED PATH. Hay cuatro diferentes comandos CLOSED PATH que pueden ser usados con cualquier llamado condicional o incondicional. Dos de los comandos son:

CLOSED PATH, ABSOLUTE, FIXED POINT.
CLOSED PATH, ABSOLUTE, SUBROUTINE.

El ABSOLUTE, FIXED POINT, es similar al comando GO TO en Basic puesto que requiere que el punto de la rama sea un punto programado específico. Por ejemplo, el comando CLOSED PATH al final de la secuencia 20 en el programa anterior es un tipo de ABSOLUTE, FIXED POINT, del CLOSED PATH.

El ABSOLUTE, SUBROUTINE, es similar al comando RETURN el cual es usado al final de las subrutinas en Basic, este finalizador de secuencia retornará el control del programa a el punto programado cuando la secuencia llamada sea completada. En el programa de ejemplo, la secuencia 10 y 100 tienen esta estructura de la subrutina. El punto programado 10.002 llama a la secuencia 100. Cuando esta secuencia es terminada, el comando CLOSED PATH, SUBROUTINE retorna a la secuencia 10. El siguiente punto programado a ser ejecutado es el 10.003.

COMANDOS T3

Además de los comandos descritos previamente, los siguientes comandos son usados en el programa de ejemplo:

Rama condicional: PERFORM, (Nº de secuencia), (entrada)

El comando de rama condicional salta al primer punto programado en la secuencia especificada (Nº de secuencia) si la condición de entrada es satisfecha. La entrada es identificada por un signo negativo o positivo, la letra s, y el número de canal de entrada.

Un signo positivo requiere que el canal de entrada sea activo o on para la condición a ser satisfecha.

Rama incondicional: PERFORM, (Nº de secuencia)

Este comando de rama incondicional, PERFORM, salta al primer punto programado en la secuencia especificada (Nº de secuencia) y ejecuta el punto programado en la nueva secuencia comenzando con el primero.

Rama incondicional: EXECUTE, (Nº de secuencia)

El comando de rama incondicional, EXECUTE, salta al primer punto programado en la secuencia especificada (Nº de secuencia) y ejecuta las funciones programadas en cada punto programado en la secuencia requerida pero no el movimiento.

Espera: WAIT UNTIMED, (entrada)

El comando de espera, WAIT UNTIMED, causa que el robot se pare en la posición programada y espere por una condición de entrada la cual reestablece la rutina programada. La entrada seguirá la misma sintaxis usada en los saltos condicionales.

Espera: DELAY, (Nº de segundos)

El comando de espera, DELAY, causa que el robot permanezca sin movimiento en este punto por la cantidad de tiempo especificado.

Salida: OUTPUT, (señal y Nº de canal)

El comando de entrada/salida, OUTPUT permite a el robot el control de equipo externo en el controlador. Cuando es ejecutado, este punto programado acciona on el canal especificado si la señal es positiva. Un signo negativo acciona el canal off.

SEÑALES DE ENTRADA / SALIDA

Las señales de entrada provenientes de la estación de trabajo son usadas para controlar la operación del robot dando la información necesaria para hacer decisiones en el programa. En el lenguaje T3 las entradas son designadas por la letra **s** seguidas por un canal de entrada de la señal. El signo que precede a la letra **s** indica la condición anticipada en el canal. Una señal positiva requiere una decisión activa **on**, y un signo negativo requiere una condición **off**. Las entradas para el programa ejemplificado son definidas como siguen:

+ **S1** Canal 1 es una señal proveniente del alimentador de partes. Una condición **on** indica que las piezas están listas para ser sujetadas por el robot. El canal 1 será **off** cuando el alimentador este vacío.

+ **S2** Canal 2 es una señal proveniente del efector final. Una condición **on** indica que la pieza no esta orientada apropiadamente en el efector final. Si la pieza es sujeta apropiadamente el canal 2 será **off**.

+ **S3** Canal 3 es una señal indicando que la máquina esta lista para que el robot inserte una pieza nueva. Una condición **on** indica que el ciclo de la máquina a sido terminado, la pieza previa a sido retirada, y que una nueva pieza es requerida. Si el ciclo de la máquina no es terminado o si la pieza no es retirada, entonces la señal en el canal 3 será **off**.

+ 820 Canal 20 es una señal indicando que el operador a corregido el problema que causo el paro de la máquina. Oprimiendo el botón de reestablecimiento indica a el canal 20 una condición on.

Señales de salida provenientes del controlador manipulan equipo externo bajo el control del programa del robot. Las siguientes salidas son llevadas a la interfase para manipular el equipo indicado en la línea.

Output 1 El solenoide del sujetador es conectado a la salida. Una salida activa o en condición de on causa que el sujetador se abra. Si es indicada una salida negativa, la condición off causa que el sujetador se cierre.

Output 10 El canal de salida 10 es conectado a una lampara indicadora etiquetada como "PARTE NO ORIENTADA". Si esta salida esta activa la lampara estará en on. La lampara es accionado off cuando el canal tenga una salida negativa.

Output 11 El canal de salida 11 es conectado a una lampara indicadora etiquetada como "CICLO DE MAQUINA INCOMPLETO". Otra vez, una salida positiva se acciona en on y una salida negativa a off.

Output 12 La salida del canal 12 es conectada a una lampara indicadora etiquetada como "ALIMENTADOR DE PIEZAS VACIO". La operación es idéntica a las salidas 10 y 11.

Output 25 La salida del canal 25 da inicio el ciclo de producción de la máquina. Una salida activa acciona la máquina en on.

FUNCIONES DE LA SECUENCIA

Cada secuencia ilustrada en el programa ejemplificado anterior tiene una función diferente en el proceso de manufactura llevado a cabo por el robot.

La función de cada secuencia es descrita como sigue:

SECUENCIA

- 0 **Secuencia principal:** Mueve el robot al comienzo del ciclo y checa el nivel del alimentador de piezas.
- 10 **Secuencia de obtención de piezas:** Mueve el robot a el alimentador de piezas, llama a la secuencia de abrir el efector final, obtener la parte, llama a la secuencia de cerrar el efector final, checa la orientación de la pieza, se mueve hacia la máquina de producción y verifica la puesta a punto de la máquina para procesar una nueva pieza. Suena la alarma de la máquina si no esta lista en 5 seg.

- 20 **Secuencia de la alarma:** Mueve a el robot a una posición segura, activa el indicador de "PIEZA NO ORIENTADA" y espera al operador para que corrija el problema. Cuando ha sido corregido se apaga la alarma.
- 30 **Secuencia de insertar piezas:** Mueve a el robot para insertar la pieza en la máquina e inicia el ciclo de producción.
- 40 **Secuencia de alarma:** Activa la lampara indicadora de "ALIMENTADOR DE PIEZAS VACIO" y espera por la intervención del operador. Cuando es corregido la lampara se apaga (off).
- 100 **Secuencia de sujetador abierto:** Abre el sujetador.
- 110 **Secuencia de cerrar el sujetador:** Cierra el sujetador.

ANALISIS DEL PROGRAMA

Para proveer una visión de programación del robot vía lenguaje T3, se ha tomado el programa de ejemplo y analizado en detalle. La función asignada para cada punto de programación es identificado. En muchos casos el punto de programación requiere solamente que el brazo haga un movimiento a una nueva posición, y en estos casos la función será un NOP o No Operación. La descripción de cada línea de programación es la siguiente:

- 0.001 Posición Home.
- 0.002 NOP: El brazo se mueve fuera de HOME a baja velocidad.
- 0.003 NOP: El brazo se mueve y coloca la herramienta en la orientación correcta.
- 0.004 CYCLE START

CONDICION DE LA LINEA DE TRABAJO - ALIMENTADOR DE PARTES LLENO

0.005 PERFORM 10, + S1: El programa se enlaza hacia la rama de la secuencia 10 si la señal de entrada en canal 1 es on. Lo que quiere decir que hay piezas en el alimentador. Si la señal en el canal 1 es off, el programa ejecuta la línea próxima en la secuencia 0 (0.006) puesto que el alimentador de partes esta vacío.

10.001 NOP: Puesto que la rama ha sido ejecutada, el brazo se mueve hacia el alimentador de partes.

10.002 EXECUTE 100: El programa se enlaza a las ramas incondicionales en la secuencia 100. Puesto que es un comando EXECUTE, no ocurre movimiento del brazo.

100.001 OUTPUT +1: El solenoide del sujetador en la salida del canal 1 es activada on y se abre el efector final.

100.002 DELAY .5 SEG: El brazo se retarda .5 seg para abrir el efector final. No ocurre movimiento del brazo.

— CLOSED PATH SUBROUTINE: El control del programa retorna a la secuencia 10 a el punto programado (10.003).

10.003 NOP

10.004 NOP: El brazo se mueve para sujetar la pieza del alimentador.

10.005 EXECUTE 110: El programa se enlaza a la rama incondicional en la secuencia 110. No hay movimiento del brazo puesto que es un comando EXECUTE.

110.001 OUTPUT -1: El solenoide del sujetador en la salida del canal 1 esta off y el sujetador se cierra.

110.002 DELAY .5 seg: El brazo se retarda .5 seg para cerrar el sujetador. No ocurre movimiento del brazo.

CLOSED PATH SUBROUTINE: El control del programa es retornado a la secuencia 10 a el punto programado (10.006) siguiendo la rama del punto (10.005).

10.006 NOP

CONDICION DE LA LINEA DE TRABAJO - PIEZA ORIENTADA EN SUJETADOR

10.007 PERFORM 20, + S2: La entrada al canal 2 es off, porque la pieza esta orientada en el sujetador. Porque la condición para la rama no ha sido satisfecha, no se llevará a cabo. La norma se llevará a cabo si la parte no esta orientada.

10.008 NOP: El brazo se mueve hacia la máquina.

CONDICION DE LA LINEA DE TRABAJO - MAQUINA OCUPADA

10.009 PERFORM 30, + S3: La entrada en el canal 3 es off puesto que la máquina esta todavía ocupada con la ultima pieza. La condición para el brazo no es satisfecha, así que no se llevará a cabo la rama.

10.010 DELAY 5 seg: El brazo se retarda 5 seg para que finalice la etapa de producción. No ocurre movimiento del brazo.

CONDICION DE LA LINEA DE TRABAJO - MAQUINA PUESTA A PUNTO

10.011 PERFORM 30, +S3: La entrada en el canal 3 es on, porque la máquina esta finalizando con la pieza previa. La condición para la rama es satisfecha, así que ocurrirá la secuencia 30.

Si la máquina aún no ha finalizado, entonces el próximo paso será la secuencia 10.

30.001 NOP: El brazo mueve la pieza hacia la máquina.

30.002 EXECUTE 100: La subrutina en la secuencia 100.001 es llamada. La operación es semejante a la 10.002 excepto que el punto de retorno es el paso 30.003. Cuando el sujetador es abierto, la pieza es colocada en la máquina.

100.001 OUTPUT +1: El selenoide del sujetador en la salida del canal 1 es on y el sujetador se abre.

100.002 DELAY .5 seg: El brazo se retarda .5 seg para que abra el sujetador. No hay movimiento del brazo.

CLOSED PATH SUBROUTINE: El control del programa es retornado a la secuencia 30 a el punto programado (30.003) enseguida del punto ramal (30.002).

30.003 NOP

30.004 NOP: El sujetador sale de la máquina.

30.005 OUTPUT + 25: El control del comienzo del ciclo de la máquina es llevado a la salida 25 de la interfase del robot. La máquina comienza el ciclo cuando la salida es activada on en este paso del programa. Además, el brazo comienza su retroceso a la posición de comienzo (CYCLE START).

_____ CLOSED PATH 0.004: El control del programa es retornado a la secuencia principal en el paso 0.004 (CYCLE START), y el ciclo del robot se repite.

Los pasos descritos anteriormente representan el movimiento del robot ideal y de la operación de la línea, esto es, sin fallas. Por lo tanto, hay sensores conectados a los canales de entrada - salida del robot que chequean las posibles fallas en la celda de trabajo. La operación de esta secuencia de fallas son descritas a continuación:

CONDICION DE LA LINEA DE TRABAJO - ALIMENTADOR VACIO

10.005 PERFORM 10, + S1: El programa no pasa a la rama en la secuencia 10 porque la entrada en el canal 1 es off como resultado de que esta vacío el alimentador. Si no se lleva a cabo la rama entonces es ejecutado el próximo paso en la secuencia.

10.006 PERFORM 40: Esta es una rama incondicional hacia la secuencia 40.

40.001 OUTPUT + 12: La lampara de alarma con el nombre de "ALIMENTADOR DE PIEZAS VACIO" en la salida 12 se activa on por este paso del programa.

40.002 WAIT UNTIMED + S20: El brazo del robot entra a un estado de espera que durará hasta que la entrada del canal 20 sea activada a on. El botón de reestablecimiento conectado al canal 20 es presionado por un operador después de llenar el alimentador de piezas.

40.003 OUTPUT - 12: La lampara de alarma que indica que el alimentador esta vacío en la salida 12 es activado off.

_____ CLOSED PATH 0.004: El control del programa es retornado a la secuencia principal en el paso 0.004 (CYCLE START) y el ciclo del robot se repite por si mismo.

Das alternativas pueden ser usadas para la secuencia de alarmas descrito anteriormente. En la primera la rama de instrucción, PERFORM 40, en el paso 10.006 puede ser cambiada a un EXECUTE 40, puesto que no hay movimientos programados en la secuencia de las alarmas.

En la segunda, la subrutina completa de las alarmas, la secuencia 40, puede ser incluida en la secuencia principal por el paso 0.006. Cada acercamiento tiene ventajas y desventajas que deben ser consideradas antes de seleccionar la secuencia específica de programación.

CONDICION DE LA LINEA DE TRABAJO - PARTE NO ORIENTADA

10.007 PERFORM 20 +S2: Cuando la pieza tomada por el robot no es correctamente orientada para cargarla en la máquina, el programa sigue la secuencia 20 de la rama. Esta condición es detectada por un sensor y acciona a el canal 2 en on cuando la pieza no esta orientada.

20.001 OUTPUT + 10: Este paso activa en on a la lampara indicando "PARTE NO ORIENTADA" EN EL CANAL 10. Además, el brazo es movido a una posición segura.

20.002 WAIT UNTIMED +S20: El robot espera hasta que el operador resuelva el problema de orientación. El ciclo del robot se reestablece cuando sea accionada al botón reestablecedor conectado a la entrada 20, con una condición on en la entrada 20 se reestablecerá el robot.

20.003 OUTPUT - 10: La lampara indicadora de precaución activada on en el paso 20.001 con una salida positiva es ahora activada off con una salida negativa.

--- CLOSED PATH 0.004: El control del programa es retornado a el programa principal en el paso 0.004 (CYCLE START) y el ciclo del robot comienza otra vez.

CONDICION DE LA LINEA DE TRABAJO - MAQUINA OCUPADA

10.011 PERFORM 30, + S1: Secuencia 30, carga de la máquina, no es llevada a cabo a menos que la parte previa sea retirada. Con la entrada 3 en off el ramal no es llevado a cabo, y una rutina de programación de precaución es ejecutada.

10.012 OUTPUT + 11: Este paso acciona on la lampara de precaución con la leyenda "CICLO DE MAQUINA INCOMPLETO" en el canal 11.

10.013 WAIT UNTIMED + S20: El robot entra a un periodo de espera hasta que el operador resuelva el problema en el ciclo de producción. El ciclo es reestablecido con el botón correspondiente el cual esta conectado a la entrada del canal 20.

10.014 OUTPUT - 11: La lampara de precaución nombrada "CICLO DE MAQUINA INCOMPLETO" en el canal 11 es activado off en este paso.

10.015 PERFORM 30: El brazo incondicional en la secuencia 30 ejecutada en este paso con la máquina lista, el robot puede cargar la próxima pieza en la máquina.

El comando CLOSED PATH 0.004 el cual aparece a el final de la secuencia principal y al final de la secuencia 10 nunca será ejecutada. La rama incondicional que precede a estos comandos nunca permitirá a el flujo del programa alcanzar este último enunciado. El comando debe estar presente, por lo tanto, cada secuencia debe ser terminada con un enunciado CLOSED PATH.

INTRODUCCION

Hace algunos años se consideraba que las computadoras eran dispositivos que realizaban a gran velocidad cálculos y tareas monótonas. En el presente las computadoras auxilian a los exploradores a encontrar minerales, otras más, analizan electrocardiogramas, cuantifican cosechas y encuentran recursos naturales por medio de fotografías tomadas a gran altitud y colocadas en el interior de robots permiten que éstos vean, manipulen y planeen. En los últimos años, se ha desarrollado una gran polémica entre los investigadores y desde 1950 han sido publicados artículos acerca de si una computadora es capaz de mostrar o no comportamiento inteligente. Muchos consideran a las computadoras como simple mecanismos, sin embargo, algunos científicos por su parte consideran a las computadoras máquinas capaces de manipular cualquier tipo de símbolos y por lo tanto, capaces de manipular ideas y conceptos.

Esto ha dado como origen una nueva disciplina reconocida como INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA). La velocidad con que se propagan los conocimientos de esta disciplina precipitan aún más, la diversificación de las microcomputadoras que le sirven como base tecnológica y comercial.

El hacer que las computadoras ejecuten acciones que de ser ejecutadas por el hombre, se denominarían inteligentes y el tratar de entender el proceso inteligente-humano con la ayuda conceptual de los sistemas que ejecutan tales acciones, parecieran ser los objetivos principales que persigue el estudio de la IA generando múltiples efectos en las diferentes ramas del conocimiento humano. Las primeras aplicaciones básicas en este campo se están realizando y entre las más reconocidas esta la Robótica, Sistemas Expertos y los Juegos de Estrategia. En el ámbito de la IA se presentan de manera sistemática una variedad de situaciones complejas donde un enfoque directo de programación nos dará resultados significativos. Estas y otras técnicas similares se están empleando y se continuarán empleando en los programas de computadoras para mejorar el desempeño y utilidad de las máquinas, para ampliar sus posibilidades de aplicación, para hacerlas "Mas Inteligentes". Para demostrar que la IA funciona, los científicos han desarrollado programas de computadora que han sido capaces de vencer al campeón de Damas y vencido al 90% de los jugadores de Ajedrez. Además, se ha desarrollado sistemas expertos que puedan brindar asesoría especializada.

En la actualidad el campo de la IA tiene por meta hacer más útiles a las computadoras y entender los principios que permiten el comportamiento inteligente. De esta forma se tiene un campo de IA Aplicada y otra de Comprensión.

- La primera busca ofrecer a la sociedad instrumentos que mejoren la capacidad para adaptarse al medio ambiente fabricando artefactos útiles o programas con habilidades especiales.

- La segunda intenta comprender el funcionamiento de la inteligencia humana para definir procedimientos que puedan ser llevadas a cabo por las computadoras.

Dichos campos tendrán que evolucionar al mismo ritmo que el de la tecnología en computación y en la medida de las posibilidades existentes en cada economía.

DEFINICION DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA)

Prácticamente nos encontramos ante una nueva perspectiva en el campo de la computación que augura una gran versatilidad, por el gran atractivo de las interesantes aplicaciones que implican el construir máquinas que piensan.

Actualmente existe un número considerable de investigadores en diversos países este tema bajo el nombre de INTELIGENCIA ARTIFICIAL y en una forma particular han definido a su manera esta disciplina. Enunciaremos algunas definiciones:

"La IA es aquella parte de las ciencias de la computación relacionada con el diseño de sistemas de computación inteligentes, esto es, sistemas que posean las características normalmente asociadas con la inteligencia en el contexto del comportamiento humano, como son: Comprensión del Lenguaje, Aprendizaje, Razonamiento, Solución de problemas, etc."

"La IA es un proceso por el cual los dispositivos mecánicos pueden ejecutar tareas que, cuando son ejecutadas por los humanos, requieren de algo de inteligencia."

"IA es el estudio para lograr que las computadoras hagan cosas inteligentes que, hasta el momento, las personas hacen mejor."

Considerando las definiciones que son utilizadas en el ambiente de la IA, podemos decir que en general; como una rama de la computación, la IA trabaja para el desarrollo de programas y sistemas que exhiban comportamiento sofisticado o inteligente, es decir capaces de seleccionar, de entre un número dado de alternativas, aquella que más conviene a la situación que se presenta.

Se puede considerar a la IA como una invención:

- A.- Relacionada con técnicas de reciente aparición y problemas no resueltos que esperan el descubrimiento de nuevos métodos.
- B.- Generadora de nuevas ramas de las ciencias de la computación, conectadas con la tecnología de la programación, las matemáticas, etc.

En programación convencional un programador tiene que desarrollar un método de solución detallado (Algoritmo) para resolver cierto tipo de problemas. El uso de los algoritmos tiene la ventaja que una vez diseñados y probados, garantizan una respuesta correcta para todos los casos y son infalibles.

Es por esto que los científicos de la IA en vez de construir algoritmos infalibles y exactos estudian técnicas falibles, pero que potencialmente pueden dar una respuesta, aunque en ocasiones no sea la óptima, en un tiempo razonable.

IMPORTANCIA DE LA IA EN LA ROBOTICA

La robótica es una de las subdisciplinas más importantes de la IA, es el subcampo de la ciencia de computación que trata de hacer computadoras con comportamiento "Inteligente". Como consecuencia integra algunas subdisciplinas de la IA que esta relacionada por si misma principalmente con el comportamiento inteligente que involucra solución de problemas simbólicos, prueba de teoremas automáticos y sistemas expertos basados en el conocimiento, el poder de estos sistemas con frecuencia es desconocido. Sin embargo, la robótica ofrece una idea de máquina inteligente capaz de entender comandos hablados, caminar y reconocer obstáculos en su camino demostrando un comportamiento inteligente. Para muchos de los científicos en computación, la robótica representa el concepto fundamental en la IA. Cuando un programa inteligente descubre, por ejemplo, una secuencia de pasos para el desarrollo de la prueba de un teorema matemático, su tarea esta completa. El programa puede asegurar que la secuencia especificada de pasos resultará en la prueba deseada.

Sin embargo, cuando un robot deduce un plan, por ejemplo, conducirse desde el punto A a un punto B, el robot deberá realizar la secuencia de pasos óptima después de que el movimiento fue ejecutado varias veces hasta que resulte en el efecto deseado. Si el camino propuesto fuera bloqueado por un obstáculo imprevisto o si la representación interna del robot del mundo real se convierte menor que el 1% de exactitud. Seguramente la habilidad del robot para reconocer la diferencia y modificar su plan original en el desarrollo de un problema, sería una señal de comportamiento inteligente.

Muchas de las otras subdisciplinas dentro de la IA, Computación, Visión, Reconocimiento de patrones, Entendimiento del lenguaje natural, Síntesis del habla y Solución de problemas, todos tienen sus raíces en la robótica. La robótica ofrece una forma concreta de investigación de la mayoría de los conceptos de la IA, como es la adquisición de conocimientos y representación.

Después de todo, una máquina que adquiere la capacidad de movimiento en un medio ambiente en el mundo real en una forma razonable, deberá modelar su conocimiento con respecto a su medio en una forma fácil de acceder y modificar una habilidad que resulte en forma benéfica a cualquier mecanismo de procedimiento de la información inteligente. El hecho que un robot tenga también dispositivos sensoriales y manipuladores mecánicos, proporciona una área de la investigación en Ingeniería que beneficiaría a muchas otras disciplinas no relacionadas con la IA.

Los grandes avances obtenidos en tan corto tiempo en comparación con otras ciencias, los investigadores consideran un crecimiento similar en robótica, utilizando el poder de las computadoras para mejorar aquellas tareas repetitivas, tediosas y físicas del hombre, mediante el uso de dispositivos mecánicos robotizados.

Para lograr la fabricación de estos equipos capaces de efectuar tareas humanas, se requieren conocimientos en áreas de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Electrónica (Hardware), así como en Ingeniería en Computación (Software).

El estudio del software puede dividirse en dos grupos:

- Algoritmos para robots.
- Inteligencia para robots.

ALGORITMOS PARA ROBOTS.

- A - Lenguajes de programación.
- B - Reconocimiento y procesamiento de señales.
- C - Métodos de Control Numérico.
- D - Conversación Analógico-Digital.

A - Lenguajes de programación.

La programación de algoritmos para robots se ha llevado a cabo en lenguaje ensamblador o de máquina que son muy tediosos, aunque eficientes. El uso de un súper lenguaje, Pascal, permite estructurar y documentar mejor los algoritmos. Pero son un tanto deficientes en los siguientes aspectos:

- Forma de operar un robot.
- Algoritmo de planeación.
- Lenguaje amigable para el usuario.

Actualmente encontramos varios lenguajes para robots que resuelven estos problemas, entre ellos podemos mencionar:

AML, de la IBM.	RPL, del Robot Programming Language.
VAL, de la Unimation.	SCOL, de Toshiba Electronics.
.T1-10, de Toyota.	AL, del Stanford Research Institute.

Estos lenguajes son muy diversos, sin embargo, existe una base de compatibilidad en la mayoría de ellos; la forma de comunicación es a través de la interfase RS-232.

Un lenguaje amigable para el usuario, es muy conveniente si tomamos en cuenta que un usuario desconoce el sistema, por esta razón es necesario tener un grupo de rutinas predefinidas que puedan ser involucradas. De esto podemos mencionar un ejemplo que serían comandos como:

"LEVANTA UN PERNO" , "COLOCAR EN ORIFICIO 2"

Para efectuar un comando como los anteriores, el lenguaje utilizado deberá contener alguna forma de enlazado posterior y anterior (Forward and Backward Tracking) que permita reconocer las rutas.

Debido a la naturaleza de la retroalimentación del sistema, el robot puede intentar varias veces el desarrollo de un subcomando sin necesidad de recibir ayuda o dirección del usuario.

A los lenguajes especiales de IA se les conoce como "lenguajes de programación de procesamiento simbólico", el lenguaje más prominente de IA es el LISP.

B - Reconocimiento y Procesamiento de señales.

Anteriormente el desarrollo de los algoritmos para robots fueron considerados como representativos de las investigaciones en robots inteligentes. Un caso de estos es el área de reconocimiento de señales. Estas áreas, son tan extensas e importantes que actualmente sus estudios se hacen independientes unos de otros, específicamente en el área de Reconocimiento de Formas (Pattern Recognition).

C - Métodos de Control Numérico.

Los métodos de control numérico, es otro ejemplo que pertenece al control de máquinas-herramienta dentro de una área denominada Diseño y Manufactura con ayuda computacional llamado CAD/CAM

D - Conversiones Analógico/Digitales.

En lo referente a la conversión Analógico/Digital existen algoritmos eficientes programados en memorias fijas (ROM's) o bien, pastillas electrónicas, Chips de propósito específico que instrumentan la labor de conversión.

INTELIGENCIA PARA ROBOTS

- Retroalimentación e interacción con el medio ambiente.
- Manejo de Heurísticos.
- Planeación.

Un robot inteligente podemos decir que es aquel aparato capaz de planear y tomar acciones dependiendo de su interacción y comportamiento con el medio ambiente; no todos los robots pueden ser considerados inteligentes, por ejemplo, los robots industriales en su mayoría no lo son.

La inteligencia de un robot, esta dada por su capacidad de procesar la información a que tiene acceso, la cual puede provenir de tres fuentes:

- El Medio Ambiente.
- El robot (Hardware).
- La Programación (Software).

Para captar la información del medio ambiente, se debe constar con un sofisticado sistema de sensores (Hardware) y de algoritmos adecuados de reconocimiento de señales; el tópico de la visión computacional es de gran importancia para el desarrollo de las funciones y se divide en las siguientes tareas:

- 1.- Proceso Primario de Imágenes. Transformación de la señal de entrada en una señal codificada libre de ruido y con alto contraste.
- 2.- Reconocimiento de Formas. Proceso de clasificación de acuerdo a categorías predeterminadas.
- 3.- Entendimiento de Imágenes. Construcción de descripciones Semánticas de la imagen, donde se utilizan heurísticos y algoritmos de representación del conocimiento muy usados en los sistemas de IA.

Otra característica de la inteligencia del robot, es la capacidad de modificar su comportamiento de acuerdo a una señal (interacción) del medio ambiente o del propio robot (retroalimentación). Esto puede obtenerse por medio de programas de control que usan contingencias o bifurcaciones para diversas entradas, permitiendo tomar diferentes acciones.

Quizás la característica más relevante de la inteligencia de un robot es su capacidad de planear, significa definir los pasos para resolver un problema.

La planeación es la aplicación de reglas de búsqueda para encontrar una solución adecuada a una tarea.

Esta labor incluye tres aspectos importantes: Representación del Conocimiento, Mecanismos de búsqueda y descomposición de tareas. En lo referente a representación, en IA se ha utilizado mucho la notación del cálculo de predicados como sistema para la resolución. Un robot real debería planear en tiempo real, esto es, definir y actuar rápidamente para resolver problemas sin necesidad de esperar a una planeación completamente "A priori". Este nos obliga a tener al robot físicamente intentando soluciones y luego arrepintiéndose de ellas, como sucede comúnmente al hombre cuando no planea.

VI FUNDAMENTOS PARA LA IMPLANTACION

INTRODUCCION

Describimos el procedimiento de la realización de la robótica en término de una secuencia de pasos lógicos que una empresa tendría que seguir con el fin de realizar la implantación de un robot o varios en sus instalaciones.

Los pasos en el método son los siguientes:

- VI.1 Identificación de aplicaciones potenciales.
- VI.2 -Selección del robot, criterios tecnológicos, productivos, competitivos y sociales.
- VI.3 -Análisis económico, financiero y humano.
- VI.4 -Instalación.
- VI.5 -Seguridad, capacitación, mantenimiento y calidad.

VI.I IDENTIFICACION DE APLICACIONES POTENCIALES EN PLANTA

FAMILIARIZACION INICIAL CON LA TECNOLOGIA

Las fuentes de información sobre robótica incluyen libros, revistas técnicas, revistas comerciales, compañías fabricantes de robots, empresas consultoras, seminarios técnicos y exposiciones.

En el proceso de introducir la robótica en una empresa no se debería subestimar la importancia del soporte de la gerencia. Muchos de los informes de las instalaciones de robots satisfactorias apunta a esto como un factor crítico. La introducción de robots en una empresa es normalmente un proceso largo, quizá tarde algunos años antes de que se finalice el proyecto de la primera aplicación. Es importante que la gerencia proporcione un soporte continuo durante este período de arranque. Algunas compañías han perdido tiempo por la concesión y rechazo de su soporte en las funciones del equipo de fabricación cuando se intento implementar robots.

Otro tema de gerencia es en el proceso de aprobación necesario para instalar un proyecto. Se podría suponer que la autorización de realizar un proyecto constituiría el soporte de la gerencia al proyecto. Sin embargo, este proceso en la empresa puede ser tal que el gerente que decidió invertir en el sistema no es el mismo que lo autoriza en la planta.

Otra clave para la realización satisfactoria en una compañía es incluir al personal de producción en el proyecto. Los operadores de producción conocen las operaciones de fabricación mejor que cualquier otra persona. Tiene sentido intentar utilizar sus conocimientos en el desarrollo e impremeditación del robot.

REVISIÓN DE LA PLANTA PARA IDENTIFICAR APLICACIONES POTENCIALES.

Se deben de distinguir dos categorías generales de aplicación de los robots. La primera categoría es cuando el proyecto del robot requiere el diseño de una nueva planta o una nueva actividad dentro de una planta existente. Aquí, el ingeniero de aplicaciones tiene mayor flexibilidad en el diseño del proyecto. Aunque el mismo criterio de selección de aplicación general se utiliza para ambos casos, la nueva tarea ofrece la oportunidad de diseñar la aplicación para lograr el mayor beneficio de la tecnología robótica. La propia operación de fabricación se puede examinar para determinar el mejor método para determinar el proceso utilizando la tecnología robótica disponible. La segunda categoría es aplicar el proyecto de robot en una tarea ya existente. El problema aquí es sustituir al operario humano por el robot en una operación de producción. Se tienen menos opciones de selección en este caso, porque se deben adaptar los robots a los equipos que se tienen. La instalación menos costosa a menudo requiere que se utilice el robot en la misma forma que el operario humano efectuaba el trabajo.

Al efectuar una revisión de planta, el objetivo es determinar aquellas operaciones existentes que son susceptibles de automatización. Oportunidades para la aplicación de la tecnología robótica de hoy en día tienen ciertas características en común. Estas características generales, normalmente harán una aplicación técnicamente práctica y económicamente viable. Estas características son:

- 1.- **Condiciones de trabajo arriesgadas o poco confortables.** Situaciones de trabajos que poseen riesgos potenciales al operario, son a menudo situaciones ideales para instalar un robot. Los peligros potenciales incluyen daños físicos y peligros contra la salud, el calor, chispas, radiaciones, toxicidades o la utilización de materiales cancerígenos. Incluso si la situación del trabajo no es realmente peligrosa, pero el lugar de trabajo se considera poco confortable, desagradable y no deseable para los humanos, esto representa una buena aplicación potencial. Las situaciones de trabajo peligrosas o poco confortables tienen una alta probabilidad de ser aceptada por los trabajadores como una aplicación del robot.
- 2.- **Operaciones repetitivas.** Esta son muy comunes en producciones de alto y medio volumen. La operación consiste en una secuencia de elementos de trabajo que se realizan una y otra vez. Los operarios normalmente efectúan este trabajo que generalmente encuentran cansado y degradante. Los robots industriales están diseñados para muchas operaciones de este tipo debido a su capacidad de repetir una serie de movimientos fija sin desviaciones de un ciclo al siguiente. Los requisitos básicos son que se debe proporcionar al robot con el efector final adecuado para cumplir la tarea adecuadamente, y su volumen de trabajo debe ser suficiente para incluir el espacio de trabajo necesario para la operación. Ejemplo de estas operaciones repetitivas incluyen operaciones de sujetar-transportar-colocar, carga y descarga de máquinas y soldadura por puntos.

3.- **Tareas de difícil manipulación.** Una tercera característica general de las tareas donde se aplican los robots es en la manipulación de objetos difíciles de manipular. Los objetos pueden ser piezas de trabajo o herramientas, y las razones de por qué son difíciles de manipular, es que son pesados, calientes o poseen una forma que los hace difíciles de sujetar. El vidrio es un ejemplo de esta característica. Los trabajadores probablemente necesitarían alguna forma de ayuda mecánica para mantener y manipular esta clase de piezas, tales como una grúa o un elevador. Un robot con suficiente capacidad de elevación y equipado con un efector final apropiado se debería considerar para estas tareas de manipulación.

4.- **Operación multiturno.** Muchas de las operaciones de fabricación funcionan en dos o tres turnos para satisfacer la demanda del producto. En algunos casos la naturaleza del proceso requiera que se operen las 24 horas del día. El moldeado plástico y muchas otras operaciones a altas temperaturas necesitan período de arranque que la hacen económica solamente si el proceso funciona continuamente. Cuando estos procesos funcionan utilizando trabajadores, el costo de la mano de obra es un costo variable que continúa durante los segundos y terceros turnos a la misma o ligeramente más alta tarifa. Cuando se pueden utilizar robots para sustituir al trabajador, existe un alto costo fijo y un relativamente bajo costo variable asociado con la instalación. La ventaja de la utilización de la mano de obra humana es que el costo fijo se puede extender a lo largo de todos los turnos, reduciendo así el costo de explotación total del proceso. Durante la visita a la planta, se hace un intento de identificar las operaciones que posean estas características. Estas se pueden encontrar buscando operaciones en las que se utiliza alguna forma de vestidos de protección por los trabajadores (por ejemplo, máscaras y cascos de soldar, y otros equipos de seguridad); operaciones que necesitan equipos especiales para proteger a los trabajadores (por ejemplo, sistemas de ventilación); operaciones que tienen un ciclo de trabajo repetitivo (por ejemplo, producciones grandes y medianas), y operaciones donde el operador necesita alguna forma de ayuda mecánica para manipular las piezas de trabajo o las herramientas (por ejemplo, elevadores y grúas).

VI.2 SELECCION DEL ROBOT, CRITERIOS TECNOLOGICOS, PRODUCTIVOS Y SOCIALES

Al revisar las operaciones de planta, se pueden identificar normalmente una serie de aplicaciones potenciales del robot. Un criterio obvio al seleccionar la mejor aplicación es el económico. Es apropiado efectuar un análisis económico preliminar sobre las posibles aplicaciones alternativas, para determinar cual de ellas ofrece la mejor recuperación financiera y rendimiento de la inversión. Para realizar este análisis, tendrían que estudiarse las operaciones existentes para determinar las tasas de producción y los costos actuales, y se tendrá que proponer un método con robot para estimar sus costos de inversión y de explotación. Además de los criterios económicos, las aplicaciones potenciales deben de estar sujetas a ciertos criterios técnicos. En algunas compañías se ha tenido éxito en encontrar buenas aplicaciones, usando los criterios siguientes:

- La operación es simple y repetitiva?
- El tiempo del ciclo para la operación es mayor que 5 seg?
- Las piezas se pueden entregar a la operación en posición y orientación adecuadas?
- El peso de la pieza es adecuado (típicamente se utiliza 400 Kg como el límite de peso superior)?
- Se necesita inspección para la operación?
- Se pueden sustituir una o dos personas en un periodo de 24 horas?
- Son infrecuentes los ajustes y cambios?

Si la aplicación potencial satisface todos estos criterios, se considera que es un candidato atractivo para la aplicación. Debe observarse que estos criterios no incluyen solamente cuestiones técnicas, sino que además contienen cuestiones económicas. Para una empresa ocupada en su primer proyecto de robot un consejo adicional dado por los ingenieros de aplicaciones experimentados es, comenzar con una aplicación simple, una que no necesite un alto nivel de tecnología en la estación de trabajo, de control y en el diseño del efector final.

Es importante que la aplicación inicial de la compañía sea un éxito para que la nueva tecnología sea aceptada por el personal de la planta. Hay una tendencia entre el personal técnico de quedar dominados con la tecnología de la robótica, y esto puede originar que la empresa intente una aplicación, cuya probabilidad de éxito es relativamente baja. La aplicación puede trabajar adecuadamente bajo condiciones piloto en el laboratorio pero sus probabilidades de éxito en la fábrica son mucho más bajas.

En el caso que se este planificando una nueva actividad, pero que no este todavía en fabricación, se puede aplicar el mismo criterio general para decidir sobre las aplicaciones apropiadas. Sin embargo en este caso el ingeniero no está restringido necesariamente por las limitaciones del equipo existente. El proyecto puede diseñarse desde la base y se pueden considerar, por lo tanto una gran variedad de alternativas.

Después que se ha seleccionado la aplicación se deberá seleccionar el modelo apropiado entre los disponibles con los proveedores.

El robot seleccionado deberá poseer una combinación adecuada de características técnicas (número de ejes, tipos de sistemas de control, volumen de trabajo, facilidad de programación, precisión en los movimientos, capacidad para transportar carga etc.) para la aplicación que se esta considerando. Si se hace una variación de las especificaciones necesitadas debería efectuarse en la dirección de capacidades de los robots más grandes en lugar de menor capacidad. Puede suceder que cuando la aplicación actual se finaliza y se piensa en otra aplicación para el robot, la nueva puede demandar mejoras tecnológicas que la actual.

La tabla 6.1 presenta las características técnicas de los robots típicos, necesarias en aplicaciones normales. Se debe resaltar que los datos incluidos en dicha tabla se considera que son representativos de aplicaciones prácticas de los robots actuales, pero excepciones a las recomendaciones pueden encontrarse en instalaciones satisfactorias en la industria.

Para hacer la selección final se sugiere el siguiente procedimiento de decisión. Este consiste en preparar un listado detallado de las características técnicas para la aplicación particular y a continuación comparar sistemáticamente estas características contra las especificaciones de los modelos alternativos bajo consideración. Es recomendable dividir la lista de características técnicas en dos categorías:

Obligatorias.- Son las que deben ser ejecutadas por el robot para realizar la tarea. Si alguno de los candidatos no satisface estas, entonces el modelo se excluye de cualquier consideración posterior.

Deseables.- Son las que no se requieren necesariamente para cumplir la tarea, pero serían altamente beneficiosas durante la instalación y operación. Las especificaciones de cada robot candidato se compararán cada una con las características deseables, y se asignaría una puntuación al candidato para indicar cual satisface las características adecuadas.

Tabla 6-1. Características técnicas necesarias de los robots para las aplicaciones seleccionadas.

Aplicación	Característica técnica típica necesaria
Transferencia de material	<p>Número de ejes: 3 a 5</p> <p>Sistema de control: de secuencia limitada o reproducción punto a punto</p> <p>Sistema de impulsión: neumático o hidráulico (para cargas pesadas)</p> <p>Programación: manual/gestual</p>
Carga de máquina	<p>Anatomía: polar, cilíndrico, brazo articulado</p> <p>Número de ejes: 4 o 5</p> <p>Sistema de impulsión: eléctrico o hidráulico (para cargas pesadas)</p> <p>Programación: gestual</p> <p>Sistema de control: secuencia limitada o reproducción punto a punto.</p>
Soldadura por punto	<p>Anatomía: polar, brazo articulado</p> <p>Número de ejes: 5 o 6</p> <p>Sistema de impulsión: hidráulico o eléctrico</p> <p>Programación: gestual</p> <p>Sistema de control: reproducción punto a punto</p>
Soldadura por arco	<p>Anatomía: polar, brazo articulado, cartésico</p> <p>Número de ejes: 5 o 6</p> <p>Sistema de impulsión: eléctrico o hidráulico</p> <p>Programación: manual o gestual</p> <p>Sistema de control: reproducción de camino continuo</p>
Recubrimiento al spray	<p>Anatomía: brazo articulado</p> <p>Número de ejes: 6 o más</p> <p>Sistema de impulsión: hidráulico</p> <p>Programación: gestual</p> <p>Sistema de control: reproducción de camino continuo</p>
Ensamblaje	<p>Anatomía: brazo articulado, cartésico, SCARA</p> <p>Número de ejes: 3 a 6</p> <p>Sistema de impulsión: eléctrico</p> <p>Programación: gestual/lenguaje textual</p> <p>Sistema de control: reproducción punto a punto o trayectoria continua</p> <p>Precisión y repetibilidad: alta</p>

Para realizar el proyecto, éste se debe autorizar por la dirección. Los procedimientos para la autorización de un proyecto de inversión varían de empresa a empresa. Lo que se necesita normalmente es que se documente un análisis detallado económico y técnico para justificar el proyecto propuesto. El análisis económico estimaría los beneficios financieros probables del proyecto. Estos beneficios son a menudo reducidos a medidas, tales como periodos de recuperación y el rendimiento de la inversión.

El ingeniero debe describir el proyecto en términos de sus características de aplicación, cambios necesarios para los equipos existentes, nuevos equipos que deben adquirirse, accesorios y herramientas, tasas de producción anticipadas, efectos sobre la mano de obra, áreas de problemas potenciales y otras características similares. Muchos de estos detalles se necesitan para efectuar el análisis económico.

Basándose en la documentación del análisis económico y técnico, la dirección debe decidir si procede con el proyecto o no. Si la decisión es afirmativa, se autoriza la inversión. Los fondos se utilizarían para cumplir la planificación detallada y el trabajo de ingeniería y para adquirir e instalar el equipo para el proyecto.

DATOS DE COSTO NECESARIOS PARA EL ANALISIS

Estos sirven para efectuar el análisis económico de un proyecto y se dividen en dos tipos: costos de inversión y costos de explotación.

Los costos de inversión incluyen el costo de compra del robot y los costos de ingeniería asociados con su instalación en la estación de trabajo. En muchos proyectos de aplicación de robots, los costos de ingeniería pueden igualar o exceder a los costos de compra del robot. La tabla 6.2 presenta una lista de los costos de inversión encontrados típicamente en los proyectos. Los costos de explotación incluyen el costo de cualquier trabajo necesario para operar la estación, los costos de mantenimiento y otros costos asociados con la operación de la estación del robot. En el caso de los costos de explotación, es conveniente identificar los ahorros que resultarán del uso de un robot cuando se compara con un método existente, mejor que identificar separadamente los costos de explotación de los métodos alternativos. Ahorros de material, reducciones de desechos y ventajas resultantes de calidad son ejemplos de estos ahorros. Los elementos del 6 al 10 en la tabla 6.2 se deberían interpretar para permitir a este método declarar los ahorros de costos entre las alternativas.

La manera en que estos costos de inversión y de explotación operan sobre la vida de la instalación del robot se pueden conceptualizar tal como se ilustra en la fig. 6.1. Al comienzo del proyecto, los costos de inversión están siendo pagados en el proyecto sin ningún rendimiento inmediato. Cuando la instalación se completa y el proyecto comienza a operar, inician los costos de explotación.

Tabla 6.2 . Costes directos asociados con el proyecto del robot

A. Costes de inversión

1. *Coste de compra del robot.* El precio básico del robot equipado por el fabricante con las opciones adecuadas (excluyendo el efector final) para realizar la aplicación.
2. *Costes de ingeniería.* Los costes de planificación y diseño por el equipo de ingenieros de la compañía usuario para instalar el robot.
3. *Costes de instalación.* Esto incluye la mano de obra y los materiales necesarios para preparar el lugar de la instalación (provisión de utilidades, preparación del suelo, etc.).
4. *Herramientas especiales.* Esto incluye el coste del efector final, posicionadores de piezas y otros accesorios y herramientas necesarios para operar la célula de trabajo.
5. *Costes misceláneos.* Esto cubre los costes de inversión adicionales no incluido en ninguna de las categorías anteriores (por ejemplo otros equipos necesitados para la célula).

B. Costes de explotación y ahorros

6. *Coste de mano de obra directa.* El coste de mano de obra directa asociado con la explotación de la célula de robots. Las cargas sociales se suelen incluir en el cálculo de los salarios de la mano de obra, aunque se excluyen otros costes extras.
7. *Coste de mano de obra indirecta.* Los costes de mano de obra indirecta que pueden ser gestionados directamente a la explotación de la célula de robot. Estos costes incluyen supervisión, preparación, programación y otros costes de personal no incluidos en la categoría 6.
8. *Mantenimiento.* Esto cubre los costes anticipados de mantenimiento y reparación para la célula del robot. Estos costes se incluyen bajo este encabezamiento separado en lugar de la categoría 7 porque los costes de mantenimiento consisten no solamente en la mano de obra directa (el personal de mantenimiento), sino también en materiales (piezas de repuesto) y llamadas de servicio al fabricante del robot. Un coste aproximado razonable en ausencia de mejores datos es que el coste de mantenimiento anual para el robot será aproximadamente el 10% del precio de compra (categoría 1).
9. *Utilidades.* Esto incluye el coste de las utilidades para operar la célula del robot (por ejemplo, electricidad, presión de aire, gas). Estos son normalmente costes menores comparado con los elementos anteriores.
10. *Entrenamiento.* El entrenamiento se puede considerar como un coste de inversión debido a que gran parte del entrenamiento necesitado para la instalación ocurrirá como un coste de primera instalación. Sin embargo, el entrenamiento debería ser una actividad continuada, por lo que se incluye como un coste de explotación.

Sin embargo existe un flujo de caja de compensación que representa los ingresos a la compañía que deberían exceder a la cantidad de los costos de explotación. Al inicio de las operaciones normalmente existen problemas de arranque, así como errores en el sistema. Estas dificultades evitan que el flujo de caja neto alcance inmediatamente el valor en estado estacionario anticipado por el proyecto. Si el proyecto del robot es una buena inversión, el flujo de caja neto permitirá a la compañía recuperar sus costos de inversión en un periodo de tiempo relativamente corto. El punto en el cual la inversión se recupera se presenta en la figura 6.1 como el periodo de recuperación, y este periodo representa uno de los diversos métodos para evaluar las alternativas de inversión. Este método, así como algunos otros métodos para analizar los aspectos económicos de los proyectos se presentan a continuación.

MÉTODOS DE ANALISIS ECONOMICO

Se presentan tres métodos para analizar inversiones y comparar la inversión en la industria:

- 1.- Método de recuperación (o periodo de recuperación).
- 2.- Método de coste anual uniforme equivalente (EUAC).
- 3.- Método de rendimiento sobre la inversión (ROI).

Método de Recuperación. Emplea el concepto del periodo de recuperación tal como se muestra en la Fig. 6.1. El periodo de recuperación es el intervalo de tiempo necesario para que el flujo de caja neto acumulado iguale a la inversión inicial en el proyecto. Bajo la hipótesis de que los flujos de caja neto anual son iguales de año a año, esta ecuación se puede reducir a la siguiente formula:

$$n = \frac{IC}{NACF} \quad \text{ec. (6.1)}$$

donde: n = Periodo de recuperación
 IC = Costo de la inversión
 $NACF$ = Flujo de caja neto anual.

En la mayoría de los proyectos de inversión resulta poco probable que los flujos de caja sean iguales cada año. Cuando hay diferencia en los años en los flujos de caja, la ecuación 6.1 se debe alterar ligeramente para tomar en cuenta las diferencias. El subíndice i se utiliza para identificar en lo que sigue el año.

$$0 = -(IC) + \sum_{i=1}^n (NACF) \quad \text{ec. (6.2)}$$

En esta ecuación, el valor de n se determina de forma que la suma del flujo de caja anual es igual al costo de la inversión inicial. En el caso especial cuando los flujos de caja neto anual son iguales, la ec. (6.2) se puede expresar como:

$$0 = -(IC) + n (NACF)$$

Esta ec. es equivalente a la anterior.

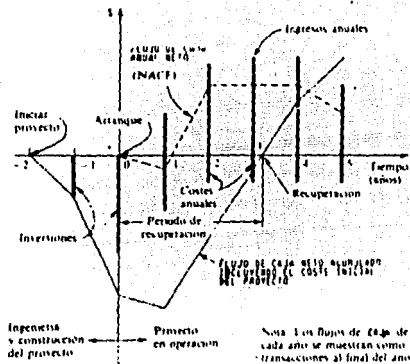


Fig. 6.1 Ciclo de vida del flujo de caja en un proyecto de inversión de capital.

Ejemplo.- Suponga que el costo de inversión total se estima que es de \$100,000. para un proyecto de robot. Los costos de explotación total (mano de obra, mantenimiento y otros gastos anuales) se esperan que sean de \$20,000 por año, y los ingresos anticipados de la instalación son de \$65,000 anuales. Se estima que el proyecto tendrá una vida de servicio de 5 años. Determinar el periodo de recuperación que se espera de la inversión.

El flujo de caja neto anual para el proyecto es de:

$$65,000 - 20,000 = 45,000.$$

Utilizando la ec. 6.1 se tiene:

$$n = \frac{100,000}{45,000} = 2.22 \text{ años.}$$

Una de las desventajas del método en el periodo de recuperación es que ignora el valor temporal del dinero. No considera el objetivo de la compañía de obtener una cierta tasa mínima de rendimiento de su inversión.

Método de costo anual uniforme equivalente. (EUAC). Este convierte todas las inversiones presentes y futuras y los flujos de caja en un flujo de caja uniforme equivalente sobre la vida anticipada del proyecto. Realiza esto utilizando los diferentes factores de interés asociados con cálculos de ingeniería económica. Estos factores de interés (tablas) aparecen en textos de Ingeniería Económica (autor Tarquin).

Para comenzar, la compañía debe seleccionar una tasa mínima de rendimiento atractiva (MARR) que se utiliza como criterio para decidir si se debería financiar un proyecto de inversión potencial. Los valores corrientes MARR del 20 al 50% no son inusuales para estos proyectos. Utilizando los factores de interés para el MARR realizando las conversiones, el método de costo anual uniforme entonces suma los valores EUAC para cada una de las diversas inversiones y los flujos de caja asociados con el proyecto. Si la suma de los EUAC es mayor que 0, entonces se interpreta que la tasa de rendimiento real asociada con la inversión es mayor que el MARR utilizado por la compañía como criterio. Si la suma del EUAC es menor que 0, entonces el proyecto se considera poco atractivo.

Ejemplo.- Se ilustrara el método EUAC utilizando en los mismos datos del ejemplo anterior. La compañía utiliza un MARR de 10% como criterio para seleccionar sus proyectos de inversión. Como se menciono anteriormente se espera una vida de servicio de cinco años.

Los costos de explotación anual (\$20,000) y los ingresos anuales (\$65,000) se expresan como flujo de caja anual uniforme. El costo de inversión inicial (\$100,000) se debe convertir a su valor de caja anual uniforme equivalente utilizando el factor de recuperación de capital de tablas. La suma de los flujos de caja anuales se determinan como sigue:

$$\text{EUAC} = -100,000 (A/P, 10\%, 5) + 65,000 - 20,000$$

$$\text{EUAC} = -100,000 (0.41058) + 45,000$$

$$\text{EUAC} = \$3.942$$

Como el valor del costo anual uniforme resultante es positivo, este proyecto sería una buena inversión.

Método de rendimiento sobre la inversión (ROI). Este determina la tasa de rendimiento para el proyecto propuesto basándose en los costos e ingresos estimados. Esta tasa de rendimiento se compara con la tasa de rendimiento mínima que la Cia. considera atractiva para decidir si está justificada la inversión. La determinación de la tasa de rendimiento requiere preparar una ec. de costo anual uniforme equivalente análoga a la utilizada en el ejemplo anterior. La diferencia es que la suma EUAC en el lado izquierdo de la ec. se hace igual a cero. Se determina los valores de los factores de interés (y correspondientemente los tipos de interés) que hacen que la suma del lado derecho de la ec. sea nula.

Ejemplo.- Otra vez se utilizan los mismos datos de los ejemplos anteriores. El MARR de la Cia. es del 30% como antes.

La ec. del EUAC se presenta como sigue:

$$\begin{aligned} \text{EUAC} &= -100,000 (A/P, 30\%, 5) + 65,000 - 20,000 = 0 \\ (A/P, 30\%, 5) &= 45,000 / 100,000 = 0.45 \end{aligned}$$

Examinando las tablas de factores de interés para una coincidencia del factor A/P para $n = 5$ años, encontramos los valores siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Para } i = 30\%, \quad (A/P, 30\%, 5) &= 0.41058 \\ \text{Para } i = 35\%, \quad (A/P, 30\%, 5) &= 0.45046 \end{aligned}$$

Por interpolación resulta ser $i = 34.94\%$, se puede ver que el valor calculado $(A/P, 30\%, 5) = 0.45$ está muy próximo a $(A/P, 30\%, 5) = 0.45046$ así que este es el motivo para razonar que el tipo de rendimiento para nuestro ejemplo debería estar próximo al 35%

Muchos proyectos de automatización utilizan equipos que tienen una vida de servicio que corresponde con el ciclo de vida del producto que se realizará con el mismo equipo. El equipo automatizado para fabricar el producto debe ser tan eficiente como sea posible; después de que el producto no se produzca más, el equipo a menudo queda obsoleto y no hay un uso posterior del mismo y por ende una pérdida para la compañía. En contraste, los robots representan una automatización programable que se puede utilizar después de que el ciclo de vida del producto actual finalice. Esta es una característica atractiva de un robot industrial ya que la vida de servicio del equipo se puede extender más allá del uso de la producción actual, esta característica tiende a promover el uso de robots en aplicaciones en ciclos de producción más cortos, haciendo así más difícil de justificar el costo de inversión del equipo para la aplicación. Una forma de tratar con este problema es reconocer la oportunidad del uso subsiguiente del robot asignándole un valor de rescate al final del proyecto actual. El proyecto puede tener una vida de servicio relativamente corta (2 o 3 años), mientras que el propio robot se estima que dure de 8 a 10 años. Correspondientemente podría ser utilizable para tres o cuatro proyectos antes de que se deteriore o se haga técnicamente obsoleto.

La pregunta que surge es: ¿Cual es el valor de rescate al final del proyecto actual?. Un procedimiento razonable para determinar el valor de rescate al final del proyecto es utilizar el método de depreciación de la línea recta para el robot.

Supongamos que la vida de servicio anticipada para el robot es de 8 años. Al final de ese tiempo, la compañía estima que el robot estará deteriorado, será poco fiable y por lo tanto, de ningún valor posterior. Utilizando el método de la línea recta, simplemente dividimos el costo inicial del robot (\$ 100,000) por el número de años que se estima que tiene de vida de servicio el robot para obtener una depreciación anual del mismo.

$$\text{Depreciación anual} = \frac{100,000}{8} = 12,500$$

Para obtener el valor de rescate al final de la vida del proyecto (5 años) debemos multiplicar esta depreciación anual por la vida del proyecto y rescatar la cantidad del costo inicial.

$$\text{Valor de rescate} = 100,000 - 5(12,500) = 37,500$$

La compañía puede escoger, subir o bajar ese valor para reflejar factores tales como riesgo de no encontrar otro proyecto sobre el cual pueda usarse el robot, o la posibilidad de que quede obsoleto antes de que finalice su vida de servicio estimada. La compañía puede elegir utilizar un método de depreciación diferente para determinar el valor de rescate. Tanto los \$ 37,500 determinados anteriormente, el ejemplo siguiente ilustrará el efecto de tomar en cuenta el valor de rescate.

Ejemplo. La vida de servicio dada en el ejemplo anterior era de 5 años. Tenemos la hipótesis razonable de que el equipo será reutilizable para otro proyecto cuando la vida del proyecto actual finalice. El robot poseerá por lo tanto, un valor de rescate al final del proyecto actual. Utilizando el valor de rescate de 37,500, calculamos la tasa de rendimiento esperada del proyecto actual.

Los \$ 37,500 se pueden interpretar que representa un flujo de caja positivo al final de los 5 años. La ecuación EUAC para determinar la tasa de rendimiento se representa como:

$$\text{EUAC} = -100,000(A/P, i, 5) + 65,000 - 20,000 + 37,500(A/F, i, 5) = 0$$

Sabemos que el tipo de interés (tasa de rendimiento) es mayor que el 3% porque hay un flujo de caja positivo mayor debido al valor de rescate. La ec. EUAC se debe resolver por prueba y error ya que hay más de un término desconocido.

Si tomamos $i=4\%$

$$\text{EUAC} = -100,000(0.49136) + 45,000 + 37,500(0.09136)$$

$$\text{EUAC} = -49,136 + 45,000 + 3,426 = -710$$

Si tomamos $i=3\%$

$$\text{EUAC} = -100,000(0.45046) + 45,000 + 37,500(0.10046)$$

$$\text{EUAC} = -45,046 + 45,000 + 3,767 = 3,721$$

Interpolando entre estos dos valores, la tasa de rendimiento es del 39.2%. La presencia del valor de rescate representa una evaluación de la capacidad del robot para reutilizarse en un proyecto de aplicación subsiguiente, ha aumentado la tasa de rendimiento del proyecto desde el 34.94 al 39.2%.

FALLA DE ORIGEN™

PLANIFICACION E INGENIERIA DE LA INSTALACION

Esta requiere mucho de las condiciones de análisis y diseño mencionadas anteriormente. La tabla 6.3 proporciona una lista de estas consideraciones en el orden aproximado en el cual el ingeniero tendrá que tratarlas en la realización de un proyecto de robótica. El tema inicial en la lista es un estudio cuidadoso de la operación y de la forma en que mejor se efectuaría empleando un robot. Alguna reflexión anterior se ha dado indudablemente a esta cuestión durante la selección de la aplicación, del robot y el análisis económico detallado.

El estudio consideraría el objetivo y función básica de la operación. Una desventaja común es limitar nuestra reflexión a considerar cómo un trabajador efectuaría la operación. Existen diferencias entre el método más apropiado para un robot y el mejor método para un humano por ejemplo, un operario puede percibir rápidamente muchos tipos de defectos en una pieza de trabajo y eliminar aquellas que están defectuosas. Un robot, sin alguna forma de capacidad sensorial, es incapaz de detectar incluso las fallas más obvias en la pieza. Intentar procesar una pieza defectuosa podría originar daño a las herramientas o al equipo usado en la operación. Las limitaciones del robot deben de alguna forma tomarse en cuenta en su montaje.

La mayoría de los robots son estacionarios, y para que se realice la tarea, la estación se tiene que diseñar de forma que el trabajo esté dentro del alcance del robot. Esto probablemente resultaría en una estación mucho más compacta que la que sería considerada segura o deseable para un humano. Como ejemplo extremo del contraste entre la configuración de la estación del robot y la configuración de la estación humana, el mejor montaje para el robot podría ser en una posición invertida desde un soporte aéreo. Para aplicaciones de carga y descarga de máquinas, muchos robots se montan directamente a la máquina - herramienta. No se debe restringir las posibilidades de localizar el robot en montajes de suelo. Básicamente, la instalación consiste en la realización de los planes detallados que han sido preparados. La tabla 6.4 presenta una lista de las actividades incluidas en la fase de instalación. Otros aspectos de la fase de instalación incluyen arranque, depuración, pruebas de producción y ajuste final de la estación. Normalmente sucede que aparecen pequeños problemas en la estación inmediatamente después de su ajuste. Ejemplos de estos problemas podrían ser errores de programa, problemas con sensores, componentes localizados inadecuadamente en la estación y dificultades mecánicas con el equipo. Estos pequeños problemas se deben resolver antes de que se inicie la producción a plena escala.

Tipo de instalación de robot. Existen dos categorías básicas de instalaciones de robots. La primera considera una nueva aplicación. Esto es donde no existe ningún procedimiento en cuyo caso, hay la necesidad de introducir una nueva actividad, y la instalación del robot representa uno de los posibles enfoques que se podrían utilizar para satisfacer esa necesidad.

FALLA DE ORIGEN

Tabla 6.3. Lista de consideraciones y área de problemas a considerar durante la planificación e ingeniería de la instalación del robot

-
1. Estudio del método de la operación.
¿Cuál es el objetivo y función básica de la operación?
¿Cuál es el mejor método para que un robot realice la operación?
 2. Diseño de la célula de trabajo del robot.
¿Cuál de los tres tipos básicos de estructura de célula se debería utilizar?
 - a. Célula con robot en el centro.
 - b. Célula con robot en línea
 - c. Célula con robot móvil¿Qué cambios se deberían efectuar a otros equipos para acomodar la operación y el control de la célula del robot?
Consideración del posicionamiento y orientación de las piezas que entran y salen de la célula
Consideración de los métodos de identificación de piezas si se procesa por la célula más de un modelo de pieza
Protección del robot de su entorno
Provisión de utilidades y otros servicios necesitados por la célula
 3. Control de la célula de trabajo.
¿Cuáles son las funciones básicas que se deben efectuar por el controlador de la célula de esta operación?
¿Qué interfaces se deben incluir con el operario humano?
¿Qué enclavamientos se deben diseñar en la célula?
¿Qué sensores se deben utilizar para realizar los enclavamientos?
¿Hay requisitos adicionales de los sensores que se deben de satisfacer?
Tipo del controlador de la célula ¿Tiene el robot capacidad de control suficiente o se debe incorporar un controlador de célula adicional?
 4. Consideraciones de seguridad diseñadas en la célula
 5. Diseño del efector final
 6. Diseño de otras herramientas y accesorios para la célula
-

En este caso, se comparan las diferentes alternativas y se selecciona la mejor. La segunda situación es la instalación del robot para sustituir un método actual de operación. El método presente consiste en una operación de producción que se realiza manualmente y el robot se tendría que utilizar para suprimir la mano de obra. En esta sustitución la justificación económica de la instalación depende de lo costoso e ineficaz que es el método manual.

El tiempo necesario para completar la instalación es de tres a doce meses. Cuestiones críticas en el proceso de instalación son los tiempos entre pedido y recepción del robot y otros equipos. Dependiendo de las condiciones del negocio y de la cartera de pedido. Estos tiempos de entrega pueden originar retardos significativos en el procedimiento de instalación.

Tabla 6-4. Lista de actividades incluidas en la fase de instalación

-
- Compra de robots y de los otros equipos y suministros necesitados para instalar la célula.
 - Preparación del lugar físico en la planta donde se va a localizar la célula. Esto podría incluir alterar el suelo para soportar máquinas de herramientas pesadas en la célula y para fijar las posiciones relativas del robot y de los otros equipos. También estaría incluido cualquier provisión para la protección del robot de su entorno (por ejemplo, alta temperatura, humos o neblinas peligrosas en la atmósfera, ruido eléctrico, riesgos de fuego, etc.).
 - Provisión de sistemas eléctricos, neumáticos y otras actividades de la célula.
 - Adaptación de las piezas de equipo estándar para la utilización en la célula.
 - Colocación del robot y otros equipos: instalación de transportadores y otros sistemas de manipulación de materiales para la entrega de piezas de entrada y salida de la célula.
 - Instalación, verificación y programación del controlador de la célula.
 - Instalación de enclavamiento y sensores e integración en el controlador de la célula.
 - Instalación de los sistemas de seguridad.
 - Fabricación de los efectores finales y otras herramientas.
-

VI.5 SEGURIDAD, CAPACITACION, MANTENIMIENTO Y CALIDAD

SEGURIDAD

Existen dos aspectos básicos de la seguridad en la robótica la primera trata con la justificación de los robots. Se tiene que una de las razones fundamentales de utilizar robots en aplicaciones industriales es la de retirar operarios de lugares de trabajo potencialmente peligrosos. Los riesgos pueden ser calor, ruido, humos, radiación, atmosferas tóxicas y otros riesgos para la salud. El problema de eliminar o reducir estos riesgos del lugar de trabajo ha proporcionado una de las justificaciones importantes para los robots industriales, tales como soldaduras, forjado, pintura al spray y fundición a presión. Desde que fue decretada en 1971 el Acta de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA), la seguridad de los trabajadores se ha transformado en un factor significativo en promover la sustitución de mano de obra por robots en esta clase de tareas peligrosas.

El segundo aspecto del tema de seguridad se relaciona con los riesgos potenciales en los humanos originados por el propio robot. El empleo de estos, presenta un número de posibles peligros para el trabajador y para los cuales se deben de tomar precauciones. Existen tres casos en los que los humanos están muy próximos a las máquinas para estar expuestos a peligros, estas son:

Durante la programación del robot.

Durante la operación de la estación del robot cuando los humanos trabajan en la estación.

Durante el mantenimiento del robot.

El tipo de riesgos que se presentan son heridas físicas de colisión entre el humano y el robot, descargas eléctricas, objetos caídos de las pinzas de robot (piezas o herramientas) y cables de potencia o líneas hidráulicas desconectadas en el suelo. Algunos de estos riesgos se pueden reducir con medidas de seguridad directas, tales como puesta a tierra de los cables eléctricos para prevenir descargas, y plataformas levantadas sobre el suelo para cubrir los cables de potencia y las líneas hidráulicas. En otros casos se mejora la seguridad del operario haciendo que se sigan ciertos procedimientos de sentido común. Por ejemplo, cuando el robot está siendo programado, la velocidad del brazo se debería fijar en un bajo nivel durante la enseñanza y comprobación del programa. Otro ejemplo sería que durante el mantenimiento, la potencia de la máquina se debería de desconectar bajo circunstancias normales.

Se comprende que al alejar al hombre de las áreas de alto riesgo los accidentes disminuyen. Podemos clasificar los accidentes según el momento en que se producen y los daños ocasionados:

Accidentes durante

El trabajo normal.

La programación o mantenimiento.

Fallos del equipo	Se rompe un elemento mecánico		
	Se rompe un conducto	neumático	Procurar que las garras sujeten, por la acción de un resorte para que no se suelte la pieza
		hidráulico	
	Se rompe un cable eléctrico		Poner auto-diagnósticos
	Falla el equipo electrónico		Mantenimiento preventivo
Falla algún actuador (codificador, etc.)		Aplicar un equipo generador de emergencia	
Fallos humanos por	Falta de conocimientos: ponerse en zona peligrosa		Instruir
	Ordenar mala maniobra		
	Imprudencia temeraria		Retirar operario de la zona
	Inconsciencia (visitante)		
	Síndrome hipnótico*		Señalizar, vigilar

* Se llama así al hecho de que cuando el robot rompe se suelta habitualmente, pero un sensor debe de dar una alarma, por ejemplo una pieza mala, al detectar el cambio de punto el orden de los movimientos, el observador ha quedado condicionado simultáneamente, no usa como con suficiente rapidez ante el cambio, y es alcanzado.

Prevención

Prevención de accidentes	Señales la temperatura ambiental		Proteger seguras en las garras y emplear mecanismos anti-choques para las piezas.	
	Líquidos	Comisivos	<ul style="list-style-type: none"> - ácidos - bases 	No apurar velocidades
Materiales radioactivos		Señales fundidos a altas temperaturas	<ul style="list-style-type: none"> - aluminio - acero - vidrio 	Supervisión recipientes bien asegurada
	Colisiones con obstáculos		<ul style="list-style-type: none"> - Barreras protectoras - Mantener distancias - Telemando 	<ul style="list-style-type: none"> - Diseñar recipiente: supervisión muy segura, y de forma que sea difícil el derrame - Evitar a poca velocidad - Uso del CAD/CAM
Fallos en el manejo de piezas o material	Entorno inflamable o explosivo		<ul style="list-style-type: none"> - pintura - gasolina 	El equipo debe ser anti-choqueante y estar en buenas condiciones
	Fallos en el manejo de piezas o material			

Fallos de la conexión con el entorno

Tabla 6.5 Causas de los accidentes y su prevención.

Accidentes con daños | A las personas.
| Al equipo.
| A ambos.

VER TABLA 6.5

CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL LUGAR DE TRABAJO PARA SEGURIDAD

Ciertas características de seguridad se pueden diseñar en la estación del robot. Estas incluyen barreras físicas para limitar el acceso en la estación. Botones de parada de emergencia para detener la operación y colocar el equipo de emergencia en la estación para seguridad máxima.

El método más usual es construir una barrera física en la periferia de la estación de trabajo. La barrera tiene el efecto de evitar que intrusos entren en la periferia de la estación. Otras posibles barreras incluyen rieles y cadenas de seguridad o alguna línea blanca en la periferia del área de trabajo.

AUTOPROTECCION DEL EQUIPO

Para evitar daños al equipo se disponen de sistemas de seguridad en el control de la máquina. Así tenemos que pueden ser circuitos lógicos que anulan las falsas maniobras. Por ejemplo: Si la prensa no tiene el dado abierto no se puede alimentar la chapa. Si el robot se está alimentando no se puede cerrar el dado.

Pero también en este caso puede fallar algún dispositivo y producirse accidentes, de hecho algunas veces se producen. Para evitarlas totalmente habría que duplicar dispositivos, lo que se aplica sólo moderadamente, para evitar encarecer el equipo. También es conveniente proteger al robot contra elementos externos. Así los robots para pintura con pistola acostumbran a ir envueltos en una funda flexible, pero impenetrable a las finas partículas pulverizadas ello evitará que se dañen los sensibles elementos internos (sensores).

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD DURANTE LA INSTALACION Y FUNCIONAMIENTO

Las recomendaciones son en base a ideas y experiencias de las compañías usuarias y proveedoras de robots para normalizar y reglamentar todo lo concerniente a la prevención y seguridad en el funcionamiento de un robot.

Compra e Instalación.

- Los temas relativos a seguridad deberán discutirse en el momento de la compra, esto incluye la obligación del proveedor de facilitar toda la información necesaria sobre el equipo.

- Deberán establecerse si las responsabilidades de la instalación del equipo corresponden al proveedor, al instalador o al usuario y la limitación en cada caso de estas responsabilidades.

Proyecto del área de trabajo.

- La zona de operación del equipo deberá estar efectivamente protegida.

- El panel de control deberá estar situado fuera de la zona de trabajo del equipo.
- La iluminación de la zona de trabajo deberá ser adecuada, especialmente durante la programación.

Construcción del equipo.

- a) Deberá existir un sistema de parada de emergencia, cumpliendo los siguientes requisitos:
- Los movimientos peligrosos deberán detenerse.
 - La energía almacenada deberá descargarse.
 - La pieza sujeta no deberá desprenderse, si esto se presenta sería un riesgo de accidente.
- b) Deberán existir controles separados para el arranque.
- c) El dispositivo portátil de control deberá estar equipado con un pulsador de punto muerto.
- d) El regulador de velocidad no podrá ser actuado intencionalmente.
- e) Los dispositivos de corte o desconexión (aceite, aire, electricidad) deberán ser operados independientemente y deberán estar protegidos contra acciones intencionadas.
- f) Las partes móviles del equipo deberán ser de colores vivos.
- g) Deberá existir un dispositivo o señal indicando que el equipo está en movimiento o que va a ponerse en movimiento durante la operación en automático.
- h) El sistema de parada de emergencia actuará si el brazo choca contra cualquier objeto.
- i) Todas las funciones de seguridad deben ser controladas automáticamente.
- j) Un equipo registrará todos los movimientos automáticos del robot.
- k) Se limitará el recorrido mediante topes mecánicos adecuados.
- l) El equipo deberá estar dotado de frenos eficientes. Deberán estar actuados en posición de parada cuando el equipo esté desenergizado.
- m) Los cables y las mangueras flexibles que van al equipo estarán tendidos de manera que no puedan ser dañados.
- n) Deberán estar instalados dispositivos de sobre carga para reducir fuerza cuando alguien queda aprisionado por el equipo.
- o) El equipo deberá ser estable (no deberá existir posibilidad de vuelco por sobrepeso).
- p) La velocidad del equipo no deberá exceder una velocidad de seguridad de 30 cm/seg durante la programación.

Medidas generales de seguridad.

- a) La necesidad de que el personal de trabajo se encuentre dentro del área de trabajo del robot deberá ser eliminada al máximo.
- b) El ajuste del equipo sólo deberá hacerse cuando el mismo esté desconectado.
- c) Requisitos adicionales para programadores:
- La programación deberá hacerse desde el punto de operación fuera de la zona de trabajo.
 - El sistema estará desconectado durante la programación.
 - Sólo se permitirán bajas velocidades durante la programación del equipo.

- d) Un inspector de seguridad será responsable de la seguridad de los equipos en la planta.
- e) Los diferentes fabricantes de equipo deberán normalizar los valores que describen las características de su capacidad de carga.
- f) Se deberá informar correctamente al personal involucrado en el manejo de los equipos para darles a conocer los riesgos posibles en la instalación y equipo.

La experiencia ha demostrado que gran número de accidentes han ocurrido durante la programación y el mantenimiento, por ello se recomienda tomar las medidas pertinentes para efectuar con seguridad estas operaciones.

CAPACITACION

La capacitación es un factor importante en la realización satisfactoria de cualquier tecnología avanzada en una empresa. En robótica, la capacitación es especialmente importante porque esta tecnología impacta sobre muchas áreas diferentes de las operaciones de una empresa. La capacitación debe incluir al personal directivo y de Ingeniería, así como a las personas encargadas de la operación y el mantenimiento en la planta. Se puede dividir la capacitación en cinco categorías:

- Conocimiento.
- Justificación.
- Aplicación.
- Operaciones y mantenimiento.
- Seguridad.

La capacitación sobre el conocimiento de la robótica proporciona una revisión de ésta, incluyendo tecnología, aplicaciones, economía e implicaciones sociales. También explora las tendencias futuras y los desarrollos de investigación que están teniendo lugar en robótica. Los programas de capacitación diseñados para el personal de operación y mantenimiento se estructuran para eliminar la incertidumbre que rodea a los robots explicándoles cómo funcionan las máquinas y presentando ejemplos de aplicaciones satisfactorias.

El entrenamiento para la implantación de los robots esta dirigido a ingenieros y gerentes que son los responsables de realizar los proyectos en la empresa. Estos cursos comprenden los temas económicos y los problemas particulares que surgen en la aplicación de los robots cuando se comparan con otros proyectos de inversión. El objetivo en esta fase es examinar estos beneficios e incorporar la consideración de los mismos en los procedimientos de justificación.

La capacitación en la operación y mantenimiento se proporciona al personal y esta diseñado para enseñar las habilidades y conocimientos técnicos necesarios para emplear y servir al equipo. La mayoría de los proveedores proporcionan programas de entrenamiento como parte de los contratos de compra con el cliente. Estos programas se realizan en las compañías del fabricante o algunos casos en donde se instala el robot. Un curso de entrenamiento cubrirá áreas tales como programación, operación, mantenimiento y reparación del robot; dicho entrenamiento puede durar uno o más días para un robot relativamente simple y de una a dos semanas para equipos más complejos.

Este tipo de entrenamiento debería hacerse coincidir en el tiempo de la instalación del equipo. A causa de la rotación de personal y la necesidad de perfeccionar al personal de operación, la compañía usuaria debería planificar programas de entrenamiento regular para su personal.

La instalación y operación de robots son generalmente similares a otras máquinas existentes en la planta. Como resultado los conocimientos eléctricos y mecánicos del personal de mantenimiento de la planta suelen ser bastante buenos para incorporarse en la robotización. Las nuevas habilidades que podrían desarrollarse para el mantenimiento del robot serían la electrónica, computadoras, microprocesadores y programación de robots. Además el personal tendría que familiarizarse con el empleo de equipos de diagnóstico diseñados para analizar problemas en los robots.

Por otra parte la responsabilidad de la programación se deberá asignar a un personal entrenado adecuadamente. La programación del robot se puede realizar por un operario especializado bajo la supervisión del personal de dirección.

Por último, la compañía debe proporcionar una visión general de los peligros potenciales que implica la robótica cuando no se tomen las medidas de seguridad y proporcionar frecuentemente capacitación al personal en general.

MANTENIMIENTO

Los robots son sistemas electrónicos-mecánicos sofisticados, cuya fiabilidad es generalmente buena. Sin embargo, la complejidad de estas máquinas significa que ocurren fallas ocasionales en los equipos y por tanto se necesita un servicio de mantenimiento periódico. Los pasos en un programa de mantenimiento de robots son los siguientes:

- Un personal de mantenimiento altamente calificado y altamente entrenado.
- Un programa de mantenimiento preventivo adecuado.
- Una política racional de repuestos de piezas.

PERSONAL DE MANTENIMIENTO

El punto más importante en el programa de mantenimiento es que se cuente con un buen equipo (personal) en la compañía entrenado y calificado especialmente en robótica.

El equipo de mantenimiento es responsable del mantenimiento preventivo, correctivo y de emergencia. El mantenimiento preventivo requiere de servicio planificado a los equipos a intervalos periódicos. El mantenimiento de emergencia surge cuando se presenta una falla o rotura de una pieza durante la operación regular. En este caso el equipo de mantenimiento debe de responder lo más rápidamente posible al problema, porque el costo del tiempo de producción es una pérdida y la posible dependencia de otros equipos con el robot, es importante que se minimice el tiempo que está fuera de servicio. La determinación del nivel de prioridad se deberá basar en parámetros tales como seguridad y costo.

Si el personal de mantenimiento no puede responder inmediatamente a una emergencia, entonces el tiempo total fuera de servicio consistirá en el tiempo de espera más el tiempo de reparación. El tiempo de reparación en una situación de emergencia se divide en tres categorías: diagnosticar el problema, la reparación real y la comprobación del equipo para verificar que el problema ha sido corregido. Frecuentemente se consume más tiempo en el diagnóstico del problema, ya que la reparación y la comprobación del equipo suelen ser actividades rutinarias.

Algunos proveedores de robots venden equipos de diagnóstico que se conectan al controlador del robot para ayudarle a identificar la causa probable del problema y el medio adecuado a aplicar.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO (MP)

En una planta que está altamente mecanizada y automatizada, se presentan problemas de mantenimiento de emergencia. Una manera de reducir su frecuencia es que la compañía tenga un programa de MP adecuado. El objetivo de este mantenimiento es revisar el equipo a intervalos periódicos para reducir la presencia de fallas, revisando las máquinas de una forma planificada y sistemática, se espera que se minimicen el número de fallas y que aquellas que ocurran serán menos graves. Además el MP se puede realizar en forma más conveniente durante el tiempo en el que el equipo de producción no está en operación regular. Por ejemplo el MP sobre la maquinaria se podría efectuar durante los cambios de modelo, proceso o en los terceros turnos. El MP consiste en la revisión, limpieza y sustitución de ciertos componentes mecánicos y eléctricos del equipo a intervalos de tiempo regulares. Las piezas típicas incluyen arandelas, sellos, cojinetes, escobillas, válvulas y otras piezas que están sujetas a desgaste.

Los proveedores normalmente incluyen un programa de mantenimiento recomendado en sus manuales de operación, indicando qué componentes se deberían revisar periódicamente. Los programas de mantenimiento de MP varían gradualmente dependiendo del fabricante y de la complejidad del equipo. Una de las medidas utilizadas para asegurar la fiabilidad de una pieza es el tiempo medio entre falla (TMEF), esta medida indica cuanto tiempo en promedio la maquinaria operará entre averías, uno de los criterios de diseño utilizados por una compañía para sus equipos es un TMEF de 400 horas. Cuando ocurre una avería se necesita una cierta cantidad de tiempo para revisar el equipo. El tiempo medio de reparación (TMR) es la medida utilizada para indicar cuánto tiempo en promedio se tarda en reparar el equipo en cada avería. Estas dos medidas el TMEF y TMR se pueden combinar para indicar la proporción de tiempo que necesita el equipo para estar en operación. Esta medida se llama la disponibilidad:

$$\text{disponibilidad} = \frac{\text{TMEF-TMR}}{\text{TMEF}}$$

El efecto de un buen MP debería ser aumentar el TMEF y reducir el TMR a una situación de avería de emergencia. Esto resultaría en un aumento en la disponibilidad del equipo como ilustra el siguiente ejemplo:

Supongase que el TMEF de un equipo es de 200 horas y el TMR es de 8 horas. Se va a iniciar un programa de MP que se espera aumente el TMEF a 300 horas y reduzca el TMR a 6 horas. Determinar el efecto del programa MP sobre la disponibilidad del robot.

Antes de que se introdujese el programa MP, la disponibilidad era:

$$\text{disponibilidad} = \frac{200-8}{200} = 0.96 \text{ o } 96\%$$

Como resultado del MP la disponibilidad esperada del equipo será :

$$\text{disponibilidad} = \frac{300-6}{300} = 0.98 \text{ o } 98\%$$

Para operar un programa MP satisfactorio, es importante mantener un registro de los resultados de mantenimiento de cada pieza del equipo. Este registro debería incluir datos sobre los tiempos entre fallas del equipo, tiempos de reparación, la naturaleza del problema y la reparación realizada incluyendo los componentes reparados o sustituidos. Manteniendo esta clase de archivo de mantenimiento para cada equipo se pueden calcular pronósticos tales como TMEF y el TMR de forma que se pueda planificar el MP más apropiado para el equipo.

POLITICA DE REPUESTO DE PIEZAS

Un robot esta constituido por cientos de componentes, algunos de estos están sujetos a desgaste gradual o a fallas que podrían poner fuera de servicio al mismo. Es importante que la compañía mantenga un inventario de piezas para sustituir a aquellas que se desgastan. Muchos de los proveedores proporcionan una lista de repuestos recomendando los que debería poseer el usuario.

La política de repuesto de piezas del usuario puede cubrir el rango completo de niveles de inventario. En el otro extremo de está política de no mantener a la mano repuestos de piezas excepto por artículos misceláneos, tales como fusibles que la compañía tendría en cualquier otro caso. Por otra parte, la compañía podría elegir mantener un robot completo duplicado disponible para sustituir a uno cuando falla. La decisión depende de encontrar un equilibrio apropiado entre el costo del tiempo fuera de servicio del robot y del costo del inventario de piezas de repuesto.

Cuando ocurre una avería, habrá un tiempo de producción perdido mientras el equipo está siendo reparado, si las piezas de repuesto necesarias para arreglar el equipo están disponibles en planta, se espera que se minimice el tiempo y el costo de la reparación.

CALIDAD

Uno de los beneficios que se desprenden en el uso de la robótica es que se mejorará la calidad del producto fabricado.

Los beneficios de calidad en robótica de derivan no tanto del propio robot sino de ciertos aspectos del diseño de la estación de trabajo y del proceso, en la fase del diseño de la estación, se presentan ciertas demandas por el robot cuando se utiliza para efectuar una operación de fabricación. En una aplicación el robot debe recibir la pieza de trabajo en bruto en una orientación y posición conocida; otros equipos en la estación deben estar en una posición exacta con respecto al robot, y la entrega de las piezas acabadas deben hacerse a una posición predeterminada para el siguiente equipo.

VII PROSPECTIVA DE LA ROBOTICA Y SUS IMPLICACIONES

VII.1 PRODUCTIVIDAD, COMPETIBILIDAD Y ANALISIS DE P O C S

PRODUCTIVIDAD

La mejora de la productividad es un tema social importante y de gran interés mundial. Tenemos que la definición de productividad es la siguiente:

productividad = unidades de salida / unidades de entrada.

Las unidades de salida se pueden reducir a términos monetarios con el objetivo de comparar los productos de industrias diferentes. Tradicionalmente las horas de mano de obra han sido utilizadas como las unidades de entrada en medida de productividad, y la relación resultante da una indicación solamente de la mano de obra. Sin embargo, el capital (equipos), conocimiento técnico y diversas entradas se consideran también que son inpuedientes de la productividad. Cuando estas otras entradas se combinan, la relación se llama el factor de productividad total. El conocimiento técnico es un factor que se debería incluir en algunas facetas. Una es ciertamente las mejoras tecnológicas que se incorporan en sucesivas generaciones de equipos por ejemplo, un robot comprado hoy se puede esperar que tenga ciertas mejoras en tecnología (inteligencia, facilidad de programación, precisión, capacidades de interfaces entrada-salida, etc), cuando se le compara con un robot comprado hace diez años quizá por el mismo precio.

La robótica es una entrada a la relación de productividad que representa a ambos, conocimientos de capital y técnicos. Como una entrada es un sustituto de la mano de obra humana para determinar la productividad. Presumiblemente haciendo esta sustitución se mejora la productividad.

Con la automatización programable el sistema de producción se diseña con la capacidad de cambiar su secuencia de operaciones de forma que se puedan procesar configuraciones de productos diferentes. Este tipo de automatización está idealmente adecuado para la fabricación por lotes. Esta fabricación por lotes en tandas medias y pequeñas de productos discretos ha sido tradicionalmente muy dependiente de la mano de obra manual y se caracteriza por una productividad relativamente baja y por un uso pobre de los equipos.

El incremento en productividad que resulta de la aplicación de robótica industrial, tiene como causas principales las siguientes:

1- Aumento de la velocidad de los procesos productivos. La repetición automática de los movimientos del robot, con optimización de la velocidad, representa una reducción en el ciclo parcial controlado por el manipulador, así como un incremento del rendimiento total en la línea de producción y montaje.

2- El elevado tiempo de funcionamiento sin fallas que es previsible esperar de un robot, repercute favorablemente en la consecución de un trabajo uniforme e ininterrumpido.

3- Mantenimiento reducido y empleo de módulos normalizados en la reparación de averías, con lo que se consigue minimizar los tiempos de parada.

4- Optimización sustancial del empleo del equipo o maquinaria principal a la que el robot alimenta en numerosas aplicaciones. El robot permite trabajar a la máxima velocidad a las máquinas que atiende, así como operar con las características más favorables de los equipos junto con los que trabaja.

5- Acoplamiento ideal para producciones de series cortas y medianas. La fácil programación unida a la adaptabilidad de numerosas herramientas de trabajo, permite al robot constituirse como una célula flexible de fabricación.

6- Rápida amortización de la inversión. La sustitución de la mano de obra que el robot introduce va acompañada de una reducción importante de los costos directos e indirectos. Cabe destacar, entre éstos últimos, un mejor uso de las herramientas, lo que implica su mayor duración y, por otra parte, una reducción de los desperdicios de material.

En cuanto a la mejora de la calidad que acompaña a la utilización de los robots, ésta proviene fundamentalmente de la precisión en la repetibilidad de los movimientos.

En el punto 6 se comento cómo, de forma directa los robots sustituyen mano de obra. Es este un aspecto que debe ser contemplado con el máximo cuidado para que el robot no se convierta en un enemigo ni en un competidor de su creador, sino más bien en un valioso auxiliar que libera de los trabajos no deseados. Resulta indudable que la utilización de robots en un futuro, producirá una serie de cambios sociales que merecen ser estudiados cuidadosamente, a fin de obtener el máximo beneficio para la humanidad.

Tabla 7.1 Instalaciones de robots operando a finales de 1982

Pais	Número	% del total
Japón	31.900	66
Estados Unidos	6.301	13
Alemania Occidental	4.300	9
Suecia	1.450	3
Italia	1.100	2
Francia	993	2
Reino Unido	977	2
Belgica	305	< 1
Polonia	285	< 1
Canada	273	< 1
Checoslovaquia	154	< 1
Finlandia	98	< 1
Suiza	73	< 1
Holanda	71	< 1
Dinamarca	63	< 1
Austria	50	< 1
Singapur	25	< 1
Corea	10	< 1
Total	48.428	

Fuente: Robot Institute of America, *Worldwide Robotics Survey and Directory*, 1983.

VII.2 IMPACTO INTERNACIONAL EN LA COMPETITIVIDAD

Existe un gran interés en todo el mundo acerca de la competencia en el campo de la robótica. La fuente principal de esta competencia es Japón, los países europeos, fundamentalmente Alemania y Suecia también han establecido industrias de robótica. La competencia internacional se da en dos formas: primero hay una competencia entre países en el desarrollo y comercialización de la propia tecnología robótica. La creencia actual en los E.E.U.U. es que el estado del arte en la tecnología doméstica es tan avanzada como en otros países. Dado que la ciencia de la computación es una componente creciente de la tecnología robótica, y como los E.E.U.U. han gozado de una fuerza tradicional en esta área, por esto se cree que los robots construidos en este país son tan sofisticados como los construidos en Japón o Europa.

La segunda forma en que la competencia internacional se da, es en la aplicación de la tecnología robótica para fabricar productos eficazmente. En esta área de competencia se concede generalmente a los Japoneses el liderazgo mundial. En términos del número de aplicaciones de robots en fabricación Japón tiene aproximadamente 5 veces el número de aplicaciones de robots de las que poseen los E.E.U.U. La tabla 7.1 proporciona una relación de los números relativos de robots para diversos países al final de 1982. Esta tabla nos muestra la ventaja de los japoneses en el área de aplicaciones de robots, además sugiere que la capacidad de Japón es mucho mayor que la de cualquier otro país.

Cuando las operaciones de producción se hagan más automatizadas con la robótica y otras tecnologías, cambiará el trabajo del personal profesional y semiprofesional. La fábrica automatizada estará menos orientada al uso de mano de obra manual y usará equipos y sistemas de computación. Debido a este desplazamiento de mano de obra directa, se dará un mayor énfasis las actividades relacionadas con la planificación de proyectos, mantenimiento de equipo, optimización de procesos y análisis de sistemas. El personal profesional y semiprofesional debe ser técnicamente eficaz para realizar estas nuevas tareas.

Las actividades de planificación se harán más automatizadas mediante el uso creciente de sistemas CAD/CAM. Estas actividades son en gran medida repetitivas y rutinarias e incluyen planificación de procesos, estimación y control de la producción; así tenemos que el CAD/CAM permitirá que todas estas actividades se realicen de forma automática.

Casi todas las aplicaciones actuales de los robots son en situaciones industriales. En el futuro las aplicaciones de los robots se extenderán a campos fuera de la fabricación. Las posibilidades incluyen entornos de trabajos arriesgados, aplicaciones de defensa, aplicación espacial y operaciones submarinas. Existen también oportunidades de utilizar los robots en industrias de servicios, en restaurantes, hospitales y actividades similares.

Características de las tareas del robot del futuro. La más sobresaliente de los robots de hoy día es que necesitan que él mismo efectúe una estructura de movimientos repetitivos. Aunque la estructura de movimiento es algunas veces complicado, son mínimas las variaciones en dicha estructura. Las mejoras en las capacidades tecnológicas en los futuros robots permitirán que las aplicaciones evolucionen en nuevas direcciones.

Una característica será que las tareas serán más complicadas; además de tareas repetitivas, efectuarán operaciones semirepetitivas e incluso no repetitivas.

Las tareas necesitarán niveles superiores de inteligencia y de toma de decisiones por parte del robot. Se incorporarán los avances en el campo de la inteligencia artificial en el diseño de los controles del robot.

Algunos de los robots necesitarán movilidad robusta, la capacidad de moverse dentro del área de trabajo sin necesitar rieles o plataformas móviles para ejecutar el movimiento. Utilizarán una diversidad de capacidades sensoriales incluyendo visión, sensores táctiles y comunicación por medio de la voz. La mayoría de aplicaciones necesitará que la anatomía se haga más especializada y de acuerdo con la tarea que se desarrollará. La economía de esta especialización se mejorará mediante la utilización de técnicas, tales como la automatización flexible, construcción modularizada y estandarización de componentes. Las tareas que se efectúan en entornos inaccesibles requerirán mejoras en la fiabilidad del robot a causa de la dificultad en mantener y reparar la máquina. Las mejoras de fiabilidad se aplicarán en diseños que no se utilizan en esta clase de entornos.

APLICACIONES DE MONTAJE

El proceso de montaje representa una aplicación futura importante así tenemos que se espera se utilicen los robots en las operaciones de producción por lotes. En la producción masiva de productos relativamente simples (encendedores, plumas, etc), probablemente los robots nunca serán capaces de competir con la automatización fija en términos de velocidad y de tasa de producción, incluso con los robots de menor costo en el futuro, las razones económicas favorecerán la utilización de máquinas altamente especializadas para efectuar la tarea de montaje de estos productos. Es en el montaje por lotes de producciones medias y pequeñas (por ejemplo motores eléctricos, bombas y muchos otros productos industriales) y en la producción alta de productos montados más complejos (por ejemplo autos, televisores, radios, etc.), donde los robots serán más probablemente utilizados.

Sin embargo estas clases de operaciones son actualmente del dominio de los trabajadores humanos que poseen la inteligencia, habilidad y adaptabilidad necesarias para las tareas que van más allá de los actuales robóts.

Esta área general de automatización de montaje se conoce algunas veces con el nombre de montaje programable. La modernización en el montaje programable es tal que, relativamente se emplean pocos robóts en esta tecnología. Un 5% estimado de los sistemas actuales utilizan esta tecnología, se espera que esa proporción crezca hasta un 30% en los 90.

Métodos mejorados de programación fuera de línea permitirán que se desarrollen programas más complejos a partir de los datos de diseño con la ayuda de programas avanzados de CAD/CAM que se cargarán directamente en la estación de trabajo de montaje para la tarea necesitada.

APLICACIONES DE SOLDADURA POR ARCO

Esta es otra de las aplicaciones se espera crezca, el estado actual de las instalaciones de soldadura con robot casi invariablemente requieren la producción de cantidades de artículos en volúmenes medios o altos. En esta situación el robot se debe programar para realizar el ciclo de soldadura necesitado, y las piezas que se van a soldar se deben colocar en posiciones fijas. Programar al robot para hacer el ciclo de soldadura lleva mucho tiempo, que la tarea de soldadura propiamente dicha. El requisito de posicionamiento se satisface mediante un dispositivo especial para mantener las piezas y un ajustador humano que trabaja en la estación. La productividad de estas estaciones de soldadura semiautomatizada puede ser 2 o 3 veces más alta que la estación manual correspondiente en la cual un ajustador y un soldador trabajan juntos. Esto es causa de los bajos tiempos de arco activo que normalmente se encuentran en las operaciones de soldadura manual. Las razones económicas de la aplicación requieren que las cantidades económicas de la producción deban ser suficientes, de manera que la ganancia en productividad en unidad de producto pueda vencer el costo inicial del tiempo de programación y el dispositivo de fijación especial.

Uno de los problemas técnicos que surge al utilizar robóts para la soldadura por arco es la variación en las aristas de las piezas que se van a soldar. Los soldadores humanos son capaces de compensar estas variaciones durante la operación, pero el robot de producción convencional no lo puede hacer, esta incapacidad de producción de seguir las variaciones en los huecos de soldadura ha inhibido su uso en el proceso de soldadura por arco. Se están desarrollando algunas tecnologías de sensores para tratar el problema y será un factor importante en el uso extendido de los robóts para la soldadura por arco a partir de los 90.

VIII EL ROBOT APLICADO A LA MANUFACTURA

I. INTRODUCCION

Hasta ahora, gran parte de la industria no se ha adaptado a la automatización por este motivo es importante reconocer la oportunidad que presenta el advenimiento de la robótica, que ahora hace posible el uso de la automatización flexible como alternativa a las operaciones manuales. El grado al cual cabe utilizar la robótica para lograr la automatización flexible puede definirse en términos de una manipulación y control.

Para pasar de una operación totalmente manual a una operación integrada por completo probablemente no sea práctico; un enfoque razonable de la automatización consiste en definir los niveles de automatización deseados para cada área y después generar un plan por fases para desplazarse hacia esos niveles. Es obvio que esto requeriría la capacidad de combinar las funciones de planificación, diseño del producto, operaciones y manufactura.

En el proceso de encontrar y desarrollar aplicaciones adecuadas de la robótica en la industria es importante establecer un método sistemático si se desea obtener los máximos beneficios. El primer paso en la selección y desarrollo de una aplicación es identificar aplicaciones potenciales. Deben considerarse tareas como la carga y descarga de máquinas, manejo de materiales, equipamiento, fabricación, montaje y prueba, deben buscarse aplicaciones que requieran un mínimo de herramientas especiales y que tengan una vida de producción relativamente larga y que tengan un volumen de producción que vaya de pequeño lote a grandes cantidades.

Se aconseja un estudio de factibilidad cuando se tiene una aplicación potencial, de cual va seguido típicamente un análisis financiero preliminar. El objeto de este paso es asegurar la viabilidad comercial del proyecto. Es precisamente aquí donde interviene el ingeniero. Su labor será demostrar primero, la necesidad de automatizar, después deberá ser el encargado de desarrollar y supervisar la implantación del nuevo sistema.

Posteriormente, su papel será el de poner en marcha esa nueva realidad. Por último, deberá vigilar, corregir y mejorar los procesos, siempre con la idea de lograr la optimización de los mismos.

PALEA DE ORIGEN

VIII. 2 CAUSAS QUE ORIGINARON LA NECESIDAD DE AUTOMATIZAR

El automatizar trae consigo una enorme cantidad de cambios dentro de la empresa en la que se realice, así como en el entorno de ésta.

Hemos dicho también que cuando se automatiza, se adquiere una gran cantidad de ventajas. Desafortunadamente también existen las desventajas. Pero estas desventajas generalmente son menores o no tan significativas como las ventajas, por lo que se decide emprender la aventura y el cambio.

Aunque se puede decir que los factores que orillan a una empresa a automatizarse son demasiados, podemos considerar que son tres los fundamentales, los que tienen mayor importancia en la decisión final.

Estos tres factores son: costo, calidad y demanda.

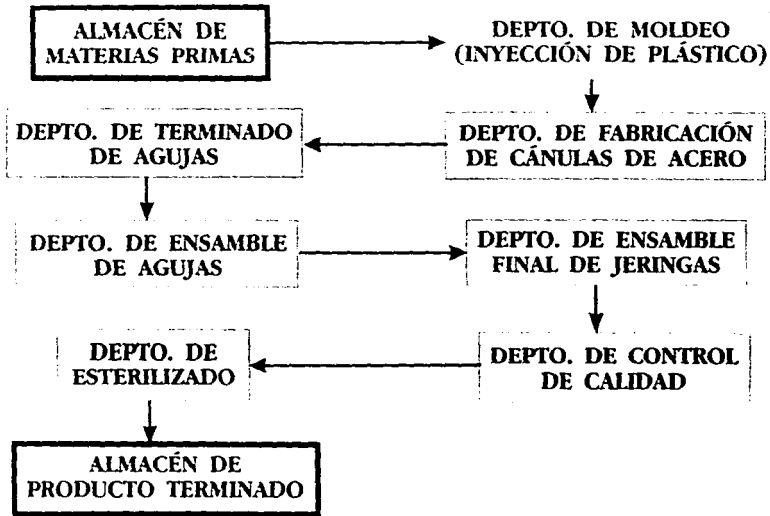
Es necesario, en este punto, determinar el por qué es necesario implantar algún tipo de sistema automático dentro del proceso de producción. Por ello tendremos que tener en cuenta que en todo proyecto de automatización intervienen los tres factores mencionados:

1. Costo
2. Calidad
3. Demanda del Mercado

En el estudio del caso se presentan los procesos de producción para fabricar una galleta de plástico y en el cuadro B-1 se presenta el flujo de la planta antes de automatizarse.

FALLA DE ORIGEN

¿CUÁLES SON LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN PARA FABRICAR UNA JERINGA DE PLÁSTICO?



Cuadro 8.1 Proceso de producción para fabricar una jeringa de plástico.

DISTRIBUCIÓN DE PLANTA 1
DIVISIÓN HIPODÉRMICAS PLÁSTICO
 (antes de automatización)



Cuadro 8.2 Distribución de planta antes de automatizar.

VIII.3 SELECCIÓN DE PROCESO A AUTOMATIZAR

Hemos visto ya algunas de las causas que nos llevaron a considerar la posibilidad de llevar a cabo una automatización en la planta de BD. Sin embargo, ahora tendremos que determinar en dónde sería de mayor utilidad y nos redundaría en mayores beneficios llevarla a cabo.

SELECCIÓN DE LA DIVISIÓN DE PRODUCCIÓN. De acuerdo a los diferentes productos que fabrica esta empresa existen 3 plantas dentro de ella, las cuales son:

Planta 1 o División de Hipodérmicas de Plástico, Planta 2 o División de Hipodérmicas de Vidrio y, por último la División de Microbiología, donde se producen reactivos físicos para la salud. Por ser la planta con mayor capacidad de producción, con la mayor demanda y la más importante, en general, de las tres mencionadas elegimos la Planta 1 (División Hipodérmicas de Plástico) como la más probable para implantar una automatización.

ANÁLISIS DE LOS DEPARTAMENTOS . (ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE PRODUCCION PARA LA DIVISIÓN HIPODÉRMICAS DE PLÁSTICO).

Dentro de la planta 1 (División de Hipodérmicas de Plástico) existen 5 procesos de producción: el proceso de producción en el área de Moldeo, en el área de tubo ó cánula, en el área de ensamble de aguja y por último en el área de ensamble final.

Los proveedores de la materia prima que se utiliza para la fabricación de las jeringas de plástico son: INDELPRO (polipropileno) y ACERINEX (acero).

Para la producción de las piezas de plástico la empresa compra un promedio de 2,100 toneladas de polipropileno al año, el que se le vende a N\$ 2.45 por Kg. y para la producción de agujas se compran en promedio 20 toneladas de acero a N\$ 17,000 la tonelada.

Existen otros proveedores de materiales secundarios que no son parte de la jeringa, pero se utilizan para los empaques y las diferentes presentaciones de estas. Estos proveedores son: PAPELERA CHIHUAHUA (papel), LUGGI (papel) y CAJAS CORRUGADAS (cajas de cartón).

En la planta de hipodérmicas de plástico se producen 4 marcas de jeringa (Vaccutainer, Plastipak, Bioxon y Promedidor) y 5 diferentes tamaños de jeringas (de 1, 3, 5, 10 y 20 ml), de donde se forma una gama jeringas bastante grande (con aproximadamente 130 a 140 catálogos diferentes) debido a que cambia la aguja, ya sea porque esta es mas larga o es mas corta, porque tiene diferentes espesores, etc.

Las partes principales de la jeringa son el cilindro ó barril, el pistón ó embolo, el tapón (que es la parte frontal del embolo) y una aguja que se compone de 4 partes, las cuales son: el protector, el pabellón, el tubo de acero perfectamente afilado y, un pegamento especial que une el pabellón con la aguja.

Para determinar el lugar específico donde sea más probable la automatización analizaremos y describiremos brevemente cada uno de los procesos (Departamentos en la Planta) que se llevan a cabo en la División de Hipodérmicas de Plástico, con el objeto de determinar, finalmente, en cuál de ellos es más conveniente llevar a efecto la automatización proyectada. Así como determinar, posteriormente, el tipo de automatización que será, en qué consistirá y cómo será la forma del proceso después de instalarla.

A continuación vamos a describir los procesos de manufactura a que es sometida la materia prima desde que llega al almacén de materias primas hasta que tenemos una jeringa completamente terminada en el almacén de producto terminado para su posterior distribución a los clientes.

1. Departamento de Moldeo.

Del almacén de materia prima se surte el polipropileno al área de moldes. En esta área existen 27 maquinas inyectoras de fabricación norteamericana marca Cincinnati Milacron, las

cuales están distribuidas en 3 líneas de producción. Estas máquinas cuentan con diferentes moldes (de fabricación suiza) los cuales a su vez tienen diferente número de cavidades que varían entre 16 y 128 de acuerdo al tipo de jeringa que se fabrique con cada molde. (los más comunes son de 96 y 128 cavidades)

La mayoría de estas máquinas inyectoras fueron fabricadas en el año de 1990, por lo que se puede decir que este departamento está altamente automatizado.

Los moldes de las máquinas inyectoras poseen diferentes características en cuanto a que tienen diferentes tamaños y formas, ya que en esta área se manufacturan todas las piezas de plástico de la jeringa como son el cilindro ó barril (en sus 5 tamaños diferentes), el pabellón, el protector de la aguja y el embolo ó pistón.

Las máquinas inyectoras son alimentadas de polipropileno (el cual viene en forma de pequeños granos) por medio de una aspiradora que jala los granos y los pasa por medio de unos tubos de hule a un recipiente que se encuentra en la parte superior de las máquinas y de donde es inyectado posteriormente a los moldes, aplicándoles temperatura y presión variables de acuerdo a la cantidad de cavidades del molde, una vez que este se abre las piezas caen a un lado de las máquinas en unas cajas de cartón y pasan al área de ensamble final en el caso de los émbolos y los cilindros ó al área de ensamble de agujas en el caso de los pabellones y los protectores.

Los ciclos de operación de las máquinas varían entre 7.2 y 13 segundos dependiendo de la cantidad de material inyectado.

Este departamento cuenta con 9 personas (una por cada tres máquinas) que se encargan de verificar el funcionamiento adecuando de las máquinas así como que no les falte material. En el área de moldes se producen en promedio 18,000 pza / hr.

2. Departamento de Fabricación de Cánulas.

En este departamento se producen los tubos de acero de diferentes diámetros que posteriormente (en el área de terminado de agujas) se convertirán en agujas.

Aquí llega el acero en forma de tiras de aproximadamente una pulgada de ancho por 1/16 de espesor y enrollado en carretes de aproximadamente 100 metros. Posteriormente se colocan 8 carretes en forma paralela.

FALLA DE ORIGEN

Al otro extremo de los carretes hay unas ruedas que sirven para darle tensión al tubo e irlo recorriendo de acuerdo a una velocidad preestablecida. En su trayecto la tira de acero pasa a una máquina que la dobla en forma circular y la solda al mismo tiempo formando un tubo con diámetros y espesor uniformes; después de esta máquina pasa a un horno de gas que va a servir para irlo estirando y disminuir su diámetro. El tiempo que dura el tubo dentro del horno es de aproximadamente 30 minutos. El proceso de estirado se repite tantas veces como sea necesario hasta que se tenga el tubo del calibre deseado. (los calibres más comunes son de 21 y 22)

Después de haberlo estirado, el tubo se pasa a otra máquina para su corte, el cual consiste en guillotinarlo a una distancia constante (generalmente 32 mm.) que le dará la medida a la jeringa.

En el departamento de control de calidad de esta área se muestrea un cierto número de cánulas para verificar que su largo y espesor de pared sea uniforme, es decir, que el espesor sea el mismo a todo lo largo de la cánula y que el largo de todas las cánulas sea el mismo.

Una vez que ya se tienen los tubos de la distancia y calibre deseados se pasan al departamento de terminado de agujas para que se les forme la punta y se les saque filo.

En este departamento laboran 6 personas y se producen 2,400,000 tubos ó cánulas diariante.

3. Departamento de Terminado de Cánulas.

Como ya se mencionó en este departamento se les saca filo a los tubos por medio de unas máquinas especiales, después se lavan las agujas para quitarles las rebabas y se inspecciona un lote de agujas en el microscopio para verificar que estas hayan sido afiladas correctamente y que no estén tapadas.

Una vez afiladas y después de haber sido aprobadas por el oficina de control de calidad de este departamento se pasan al departamento de ensamble de agujas.

En este departamento laboran 8 personas y se producen 1,176,000 agujas diarias.

4. Departamento de Ensamble de Agujas.

En este departamento se ensambla la aguja con el pabellón y el protector. La máquina en este departamento está en forma de circuito cerrado. Primero se le aplica un pegamento especial a los pabellones y después se ensamblan las agujas con los pabellones por medio de aire comprimido, es decir, se colocan los pabellones y después la máquina inserta las agujas en estos por medio de vacío, posteriormente la aguja y el pabellón siguen su curso hasta encontrarse con el protector que se agrega a la aguja y el pabellón para que la pieza quede completa.

Después de esto, las agujas pueden ser empaquetadas por la misma máquina o no, dependiendo si la aguja va a ser utilizada en el ensamble final de la jeringa o va a ser vendida como tal. Este departamento cuenta con una capacidad promedio de 2,000,000 de piezas por día.

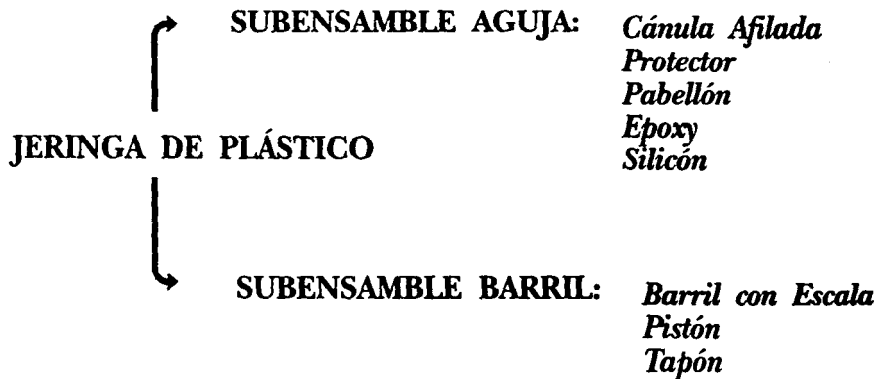
5. Departamento de Ensamble Final de Jeringas.

La jeringa se ensamblaba a mano, en un tablón, con una charola a cada lado donde ponían el tapón y el pistón y empezaban a acomodar en una tabla de hasta 70 piezas, de tal forma que cuando estaban bien acomodados los tapones, tomaban los pistones y los iban insertando en estos y cuando ya estaban bien colocados bajaba una placa por medio de un pedal que ensamblaba el pistón al tapón.

Después los colocaban en una caja para pasarlos a la siguiente estación. En la otra estación había otro tablón con orificios donde había que colocar los cilindros e insertar los pistones en la misma forma que la estación anterior, con los pistones y los cilindros ya ensamblados se ensamblan las agujas, donde después agarraban el tablón y lo sacudían en una caja obteniendo 100 jeringas completamente ensambladas en un tiempo de 7 minutos.

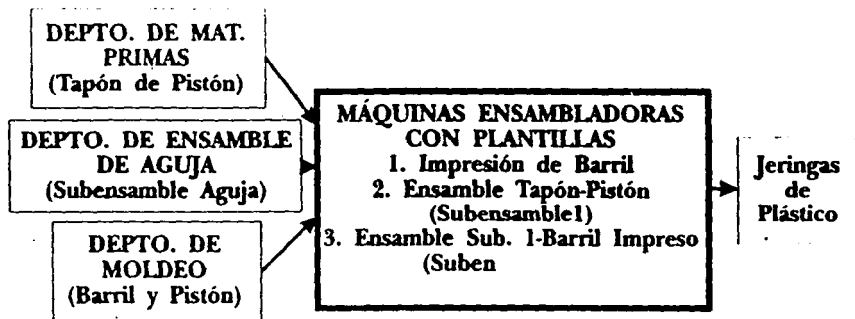
CONCLUSIÓN. Por lo que hemos mencionado, por las diferentes condiciones de cada departamento, la automatización la propondremos para el Departamento de Ensamble Final de la Jeringa. Principalmente porque es el departamento en el cual, comparado con los demás de la manufactura de la jeringa, se carece de maquinaria para poder responder a las demandas de los demás departamentos; si lo adjetiváramos de alguna forma diríamos que el Departamento de Ensamble Final es un "cuello de botella" en la producción, ya que todos los demás departamentos innmiscuidos producen los subensambles a un ritmo mucho mayor al cual se ensamblan finalmente las jeringas, lo que provoca un mayor tiempo de producción, muchas demoras y un nivel de inventarios desequilibrado. Además, dicho departamento comparado con los demás se encuentra operando con un sistema completamente manual, que representa un obstáculo para poder llegar a producir mayor cantidad de jeringas de un modo eficiente.

PARTES DE UNA JERINGA



Quadro 8.3 Partes de una jeringa.

DEPARTAMENTO DE ENSAMBLE FINAL DE JERINGAS DE PLÁSTICO



CARACTERÍSTICAS DEL DEPARTAMENTO

- * Proceso 50% manual.
- * 14 prensas ensambladoras (Presión hacia plantillas).
- * 1 máquina cortadora.
- * 3 máquinas empacadoras.
- * 1 operario - 1 máquina.
- * 3 supervisores.
- * Vol. de producción prom. = 21600 pzas/día

Cuadro 8.4 Departamento de ensamblaje final.

**DISTRIBUCIÓN DE LÍNEA
DE ENSAMBLE FINAL DE JERINGAS
(ANTES DE AUTOMATIZAR)**

<p style="text-align: center;">ETAPA 1 OPERACIONES: IMPRESIÓN DE ESCALA EN BARRIL</p>	<p style="text-align: center;">ETAPA 2 OPERACIONES: ENSAMBLE DE TAPÓN CON PISTÓN (SUBENSAMBLE 1)</p>	<p style="text-align: center;">ETAPA 3 OPERACIONES: ENSAMBLE DE SUB- ENSAMBLE 1 CON BARRIL IMPRESO (SUBENSAMBLE 2)</p>
<p style="text-align: center;">ETAPA 4 OPERACIONES: ENSAMBLE DE AGUJA CON SUBENSAMBLE 2</p>	<p style="text-align: center;">ETAPA 5 OPERACIONES: CORTE Y COLOCACIÓN DE PAPEL Y POLIETILENO EN MÁQUINA</p>	<p style="text-align: center;">ETAPA 6 OPERACIONES: EMPAQUE DE JERINGA EN PAPEL</p>
<p style="text-align: center;">ETAPA 7 OPERACIONES: CORTE DE TIRAS DE JERINGAS ENSAMBLADAS</p>	<p style="text-align: center;">ETAPA 8 OPERACIONES: ENSAMBLE DE CAJA PARA TRANSPORTE</p>	<p style="text-align: center;">ETAPA 9 OPERACIONES: EMPAQUE DE PRODUCTO TERMINADO EN CAJAS Y CORRUGADOS.</p>

VELOCIDAD DE FABRICACION: 15 pzas/min No. de Personal: 20

Cuadro 8.5 Distribucion de linea de ensamble antes
de automatizar.

En los capítulos anteriores ha quedado demostrado que una automatización en la planta de Becton Dickinson S.A. de C.V. en el departamento de ensamble es totalmente comprensible. Sin embargo hasta ahora no sabemos si es factible o no; ya que no sabemos si podremos encontrar la maquinaria adecuada o si el costo de esta (en caso de encontrarla) es lo suficientemente conveniente como para aventurarse a la realización de este proyecto.

Por todos es sabido que un proyecto industrial lleva implícito un riesgo que debe ser ponderado cuidadosamente, no solo por las consecuencias directas en las economías de los inversionistas que lo llevarán a cabo, sino también por los efectos indirectos en la rama industrial que corresponde; y, como consecuencia en la economía mexicana.

Generalmente, cuando se hace una propuesta, esta debe estar plenamente justificada, y para ello los ingenieros se basan generalmente en dos tipos de evaluación: una evaluación técnica y una evaluación económica.

Parecería que es suficiente con estas dos evaluaciones, sin embargo existen factores que afectan de manera indirecta a dichas evaluaciones. Un ejemplo de estos factores son las condiciones del mercado o el entorno social en el que se desenvuelve la compañía.

En este capítulo se abordarán las evaluaciones, tanto técnica como económica, y además se analizarán las condiciones de mercado.

La evaluación técnica dará como resultado el optimizar los beneficios que la industria nos ofrece. De esta manera estaremos en condiciones de decidir, de entre varias opciones, la que mas se aproxime a nuestras necesidades.

Para ello será necesario considerar el proceso que se sigue en este departamento, ya que de ahí sabremos que parte del proceso puede ser automatizada y que parte no puede serlo. Se considerará además la vida útil de la maquinaria así como el periodo a partir del cual las máquinas se volverán obsoletas.

La evaluación económica será tal vez el factor sobre el que recaiga la atención de los inversionistas, ya que de acuerdo a el resultado que arroje, se podrá saber si la empresa no perderá rentabilidad o si las utilidades serán lo suficientemente considerables para justificar la fuerte inversión al automatizar. Además, esta evaluación estimará el tiempo necesario para que la inversión inicial sea recuperada totalmente.

Como dijimos antes, será necesario estudiar las condiciones de mercado para poder hacer pronósticos sobre una base que se aproxime más a la realidad que a la fantasía; porque la correcta realización de la propuesta, será el gancho que atraiga la atención de los socios de la empresa.

Considerando lo anterior y algunas otras cosas más, presentamos a continuación nuestra propuesta y la justificación de la misma a través de proyecciones en el futuro, pero perfectamente fundamentadas y que creemos estarán muy cerca de la realidad.

A. Evaluación Técnica

La evaluación de un proyecto industrial se lleva a cabo en dos grandes áreas, la técnica y la económica, aunque en realidad ambas están sumamente ligadas, ya que las decisiones adoptadas en los aspectos técnicos del proyecto, se reflejan necesariamente en su economía.

La evaluación técnica de este proyecto consistió en revisar que las soluciones técnicas establecidas para el proyecto estuvieran perfectamente definidas y que fueran satisfactorias, no sólo en lo relativo a las características de diseño y operación del proceso y de los diversos tipos de equipo que se requirieron, sino también en lo referido a su accesibilidad, su vida útil, su obsolescencia previsible y todas aquellas implicaciones relacionadas con la propiedad industrial, las inversiones a realizar y los costos previsible de operación.

Así pues, debido a que el área de la planta que deseamos automatizar es el área de ensamble, se procedió a hacer una evaluación de los requerimientos básicos necesarios para lograr un provecho máximo con el mínimo de inversión.

Si tomamos una de las seis líneas, notaremos que básicamente son necesarios cinco grupos de máquinas.

La primera de ellas será la encargada de hacer la impresión en el barril de la jeringa, para ello se utilizan diferentes escalas, dependiendo de los requerimientos del mercado de consumo.

La segunda máquina realiza la función de ensamble general de la jeringa. Las partes que aquí deben ser ensambladas son básicamente las siguientes: el barril (previamente impreso), el émbolo o pistón con la cubierta de plástico y la aguja con todas las partes que la componen. De esta manera quedará totalmente terminada la jeringa, lista para el proceso de empaque.

La tercera máquina es conocida como empacadora debido a que la función que realiza consiste precisamente en acomodar las jeringas, tomarlas y depositarlas en las cavidades plásticas que previamente fue elaborando.

La cuarta máquina será la encargada de hacer la impresión sobre el papel de los datos técnicos de la jeringa así como de la marca y el nombre de la compañía. Una vez realizada esta impresión, procede a cerrar el empaque en donde se encuentran las jeringas. Posteriormente corta el empaque tanto transversalmente como longitudinalmente para dejar las jeringas dispuestas en tiras de seis piezas. Esta tira se encuentra punteada para poder desprender cada una de las piezas que la conforman.

La última máquina tendrá la función, primeramente, de armar o ensamblar la caja de cartón; una vez armada esta caja, de forma manual se coloca la cantidad de jeringas que deberá contener cada caja (100 piezas). Finalmente, deberá cerrar y sellar la caja, así como imprimirle un número de serie o de inventario, quedando totalmente terminado el proceso.

Cabe mencionar que en cada una de las etapas de cada una de las máquinas, el control de calidad es posible gracias a una gran cantidad de sensores y "trampas mecánicas" que son partes de las máquinas. Así, será posible detectar cualquier error en este proceso: errores que podrían ir desde una mala impresión en el barril, hasta una caja mal sellada, pasando por una jeringa sin aguja o a una aguja sin cubierta protectora.

En fin, debido a la gran cantidad de pequeñas piezas que conforman una jeringa, los errores podrían ser muchos, por lo que todos estos sensores y trampas justifican plenamente su existencia.

Gracias a estas máquinas será posible aumentar tanto la calidad como la producción de la compañía. En una palabra, aumentarán la productividad. Como esto tendrá como consecuencia que las máquinas produzcan 400 piezas por minuto, obviamente reducirán su costo unitario de producción. Con todo ello se observa que los objetivos que nos orillaron a hacer una propuesta de automatización han quedado plenamente cubiertos.

Los resultados de esta evaluación técnica se presentan en el siguiente cuadro de resultados:

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN

	MARCA	MODELO	FUNCIÓN DESEMPEÑADA	COSTO UNITARIO (DÓLARES)	VIDA ÚTIL (AÑOS)	OBSOLESCENCIA PREVISIBLE (AÑOS)
A	ARTHUR G. RUSSELL Co.	APEX	Impresión en barril	750 000	30	10
B	ARTHUR G. RUSSELL Co.	KAHLE	Ensamble en General	950 000	30	10
C	ARTHUR G. RUSSELL Co.	UNIPLACE	"Pick and Place"	323 000	25	10
D	MULTIVAC	R-700	Impresión en papel y cerrado de empaque	675 000	30	8
E	WILTON		Armado y sellado de cajas	135 334	30	8

Quadro 8.6 Equipo de proceso.

Fuente: Proveedores de marcas.

B. Condiciones de Mercado.

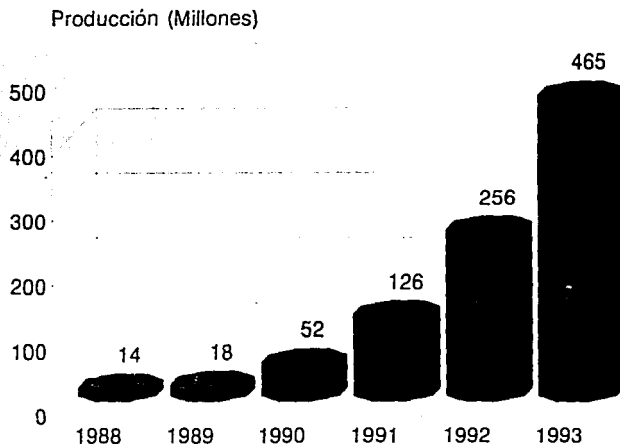
Tenemos ya, después de haber analizado los procesos de la fabricación de jeringas de plástico, la propuesta concreta de la maquinaria que necesitamos para llevar a cabo la automatización del proceso de ensamble. Nuestro siguiente paso ahora es justificar el proyecto en términos económicos, es decir, tenemos que analizar y sopesar el costo financiero que tendrá la automatización total contra los beneficios económicos que nos reportará. Para ser breves, tendremos que constatar que nuestro proyecto de automatización es *rentable*.

Para poder hacer lo mencionado, como primer paso tenemos que ubicarnos en el mercado que nos determina y caracteriza, analizarlo y preveer las ventajas y desventajas, y las características futuras del mismo. Porque a fin de cuentas el dinero que se empleará para poder financiar el proyecto de automatización provendrá única y exclusivamente de nuestros *inversionistas* de tal manera que si las características del mercado actual no nos absorben los costos totales de nuestra automatización, nuestro proyecto no será viable y no lo aplicaremos a la realidad.

Así, hemos recurrido a los datos estadísticos publicados por el gobierno para poder caracterizar las condiciones del mercado en los años que se planea instalar la nueva maquinaria. Dichas gráficas se presentan en las páginas siguientes y muestran el comportamiento de diferentes sectores del mercado y algunas partes del mismo que nos podrán definir y mostrar algunas tendencias que nos conducirán a una determinación final en cuanto a las condiciones favorables o no para poder llevar a cabo el proyecto.

El sector en donde nos ubicaremos será el de la *INDUSTRIA QUÍMICA*, en la División de *SUSTANCIAS QUÍMICAS, DERIVADOS DEL PETRÓLEO, PRODUCTOS DE CAUCHO Y PLÁSTICO*, dentro de él nos enfocaremos a la Clase de *ARTÍCULOS DE PLÁSTICO PARA USO CLÍNICO, FARMACÉUTICO Y DE LABORATORIO* y finalmente allí al Producto conocido como *JERINGAS*.

PROMEDIO DE PRODUCCIÓN DE JERINGAS EN EL PAÍS



Cuadro 8.7 Promedio de producción de jeringas en el País.

Fuente: Instituto del Plástico Industrial (INPI)

La automatización de la industria en nuestro país es una tarea imperiosa. Existen diferentes premisas para justificar un cambio radical en la industria nacional, tanto a nivel político, económico como social, de lo cual, no se excluye a la fabricación de jeringas.

De acuerdo a las estadísticas practicadas por el INEGI, la industria de fabricación de jeringas (fabricadas para tal efecto en polímeros extruidos), ha ido incrementando su participación en la economía nacional, debido al aumento en la última década de productos medicinales, y las campañas de vacunación implementadas por parte de las instituciones de salud; así como también el decreto de desechar jeringas para evitar posibles contagios de SIDA.

Cabe recordar que existen épocas del año en las cuales la demanda de jeringas incrementa notablemente, por ejemplo: en época de invierno por las enfermedades infecciosas en la garganta, los contagios de gripe, campaña anual de vacunación en los animales (rabia, parvovirus, paleocuperia felina, leucemia felina, etc.)

Por lo anterior podemos darnos cuenta que es necesario incrementar la producción de nuestro producto, ya que como se puede observar en las estadísticas de los últimos cinco años (las cuales tomamos para este estudio); la población se ha incrementado, y con ello es necesario que debamos incrementar la tecnología y automatizar la planta puesto que podemos resultar incompetentes para satisfacer la alta demanda de dicho producto en nuestro país y lleguemos a la situación peligrosa de perder porcentaje de nuestro mercado.

Es de relevancia trascendental considerar también las condiciones de mercado a nivel internacional, ya que como lo hemos mencionado la corporación BD está alrededor de todo mundo. Es por ello que se debían de cubrir las necesidades, cada día más crecientes, de los mercados mundiales a los cuales la planta de México atiende como los de Latinoamérica, parte de Estados Unidos, Arabia, Francia, Egipto y Singapur, entre otros; a los cuales se les destina entre el 5% y 6% de la producción de jeringas de plástico.

CONCLUSIÓN. Concluyendo podemos decir que las condiciones presentes en el mercado de las jeringas en particular eran las adecuadas para poder absorber la inversión que representaba la automatización del departamento de ensamble de la planta de BD. Una vez asegurando que el mercado podía absorber la inversión lo que seguía sería determinar si para la empresa era rentable hacer esa inversión.

C. Evaluación Económica.

Sabemos que todo proyecto industrial debe considerar diversos aspectos, entre los que se encuentran los técnicos, comerciales, económicos, orgánicos, administrativos y financieros; todos ellos vitales para la aprobación y desarrollo del proyecto.

Algunos de estos aspectos ya han sido tratados, otros lo serán más adelante; por ahora, nos interesaremos de los aspectos económicos y financieros.

⇒ **ASPECTOS ECONÓMICOS.** Dentro de los aspectos económicos, podemos considerar que los factores determinantes son dos: los presupuestos de ingresos y los presupuestos de egresos.

Presupuestos de Ingresos: Para calcular los ingresos se hacen proyecciones de los volúmenes de venta del producto. Basándonos en el programa de instalación y puesta en marcha de la planta, así como de las proyecciones de volúmenes de venta, se prepara un programa tentativo de producción para la planta.

Entonces los ingresos son el resultado de multiplicar el volumen anual de producción por los precios de venta. Recordemos que una forma equivalente consistiría en calcular los presupuestos de egresos y a estos sumarles las utilidades brutas. Esto se puede observar en las gráficas que presentamos a continuación.

Presupuestos de Egresos: Para hacer un correcto cálculo, hemos multiplicado los volúmenes anuales del producto por los consumos unitarios y luego por los costos unitarios de los insumos que intervinieron en la elaboración del producto; de esta manera se obtienen los costos variables de operación.

A estos costos se les agregan los cargos fijos de inversión y de operación para poder obtener los costos de fabricación o manufactura. Así se obtienen los egresos totales antes de impuestos.

A continuación presentamos un diagrama que muestra las actividades requeridas para preparar los presupuestos de egresos; así como también una clasificación de los costos para obtener un punto de equilibrio.

Punto de Equilibrio: A la diferencia entre los ingresos totales y los gastos variables de operación se les conoce como contribución marginal, y esta es proporcional al volumen de producción.

La determinación del punto de equilibrio en función de esta contribución marginal puede determinarse mediante una gráfica que como abscisa tendrá la capacidad de operación, y como ordenada una escala con valores monetarios positivos y negativos, que se unen en un nivel cero, o línea de equilibrio entre los costos fijos totales y la contribución marginal.

Al punto en el cual los ingresos son iguales a los egresos se le denomina punto de equilibrio y al nivel de producción en que se obtiene este equilibrio se llama capacidad mínima económica de operación.

Para determinar este punto de equilibrio en función de ingresos y egresos (que es precisamente el procedimiento que estamos siguiendo), una vez que se han agrupado y clasificado los costos, estos son graficados. El punto en donde se intersectan la línea de egresos y la línea de ingresos es el punto de equilibrio económico. La abscisa correspondiente a este punto de equilibrio es la capacidad mínima económica de operación. A la izquierda de este punto se tienen las pérdidas y a la derecha se tienen las utilidades.

Como ejemplo presentamos algunas cifras y gráficas representativas de estas actividades.

**CLASIFICACIÓN DE LOS COSTOS
PARA LA DETERMINACIÓN
DEL PUNTO DE EQUILIBRIO**

I. COSTOS VARIABLES

A. COSTOS DIRECTOS DE OPERACIÓN

1. Materias Primas y Reactivos del Proceso
2. Mano de Obra de Operación
3. Personal de Supervisión
4. Servicios Auxiliares
 - a. Costos por Gastos de Energía Eléctrica
 - b. Costos por Gastos de Suministro de Agua
5. Mantenimiento y Reparación
6. Suministro de Operaciones
 - a. Suministros de Maquinaria
 - b. Suministros de Oficina
 - c. Suministros Misceláneos
 - d. Suministros para Limpieza
7. Regalías
8. Impuestos sobre Ventas

II. COSTOS FIJOS

A. CARGOS FIJOS DE INVERSIÓN

1. Depreciaciones y Amortizaciones
2. Impuestos sobre la Propiedad
3. Primas de Seguros
4. Rentas

B. GASTOS GENERALES

1. Gastos Administrativos
2. Gastos de Distribución y Ventas
 - a. Publicidad
3. Gastos de Investigación y Desarrollo
4. Gastos Financieros
 - a. Intereses por Crédito de Proveedores
 - b. Pago de Crédito de Proveedores
 - c. Intereses
 - d. Pago de Financiamiento
5. Gastos Adicionales

Cuadro 8.8 Clasificación de costos.

PROYECTO DE AL TOMATIZACIÓN

COSTOS VARIABLES					
COSTOS DIRECTOS DE OPERACIÓN	1er. AÑO	2o. AÑO	3er. AÑO (NUEVOS PESOS)	4o. AÑO	5o. AÑO
MATERIAS PRIMAS Y REACTIVOS	\$24,304,439.65	\$24,304,439.65	\$26,491,839.22	\$28,876,132.00	\$31,475,000.00
MANO DE OBRA DE OPERACIÓN	\$3,080,390.91	\$3,080,390.91	\$3,388,430.00	\$3,727,273.00	\$4,100,000.00
PERSONAL DE SUPERVISIÓN	\$462,058.64	\$462,058.64	\$508,264.50	\$559,090.95	\$615,000.00
SERVICIOS AUXILIARES	\$1,822,832.97	\$1,822,832.97	\$1,986,887.94	\$2,163,333.57	\$2,358,034.80
MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN	\$0.00	\$689,000.00	\$689,000.00	\$689,000.00	\$689,000.00
SUMINISTROS DE OPERACIÓN	\$5,354,888.58	\$5,354,888.58	\$5,838,479.03	\$6,367,365.97	\$6,953,928.00
REGALÍAS	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
IMPUESTOS SOBRE VENTAS	\$3,449,580.52	\$7,816,430.76	\$12,183,280.99	\$15,065,478.00	\$18,200,000.00
TOTAL	\$38,474,191.27	\$43,530,041.51	\$51,086,181.68	\$57,447,673.49	\$64,390,962.80

FALLA DE ORIGEN

Cuadro 8.9 Costos variables.
Fuente: Datos proporcionados por B.D.

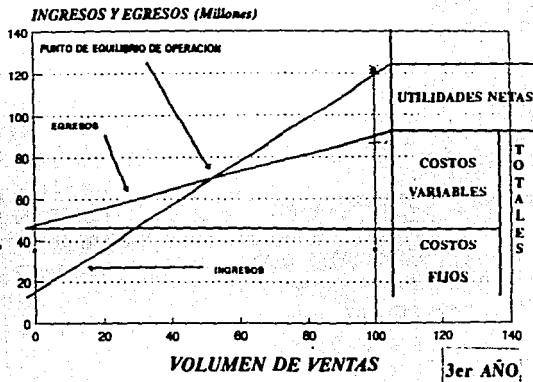
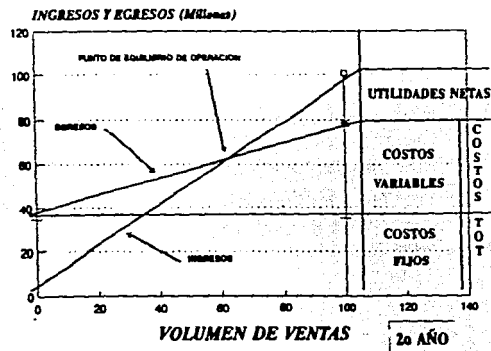
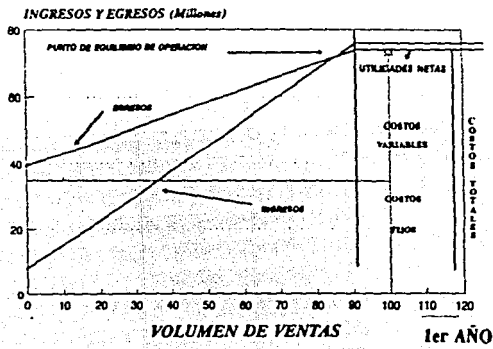
PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN

COSTOS FIJOS					
CARGOS FIJOS DE INVERSIÓN	1er. AÑO	2o. AÑO	3er. AÑO (NUEVOS PESOS)	4o. AÑO	5o. AÑO
DEPRECIACIONES Y AMORTIZACIONES	\$7,767,931.00	\$7,767,931.00	\$7,767,931.00	\$7,767,931.00	\$7,767,931.00
IMPUESTOS SOBRE LA PROPIEDAD	\$75,093.00	\$75,093.00	\$75,093.00	\$75,093.00	\$75,093.00
PRIMAS DE SEGUROS	\$548,800.00	\$548,800.00	\$548,800.00	\$548,800.00	\$548,800.00
RENTAS	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
SUBTOTAL	\$8,391,824.00	\$8,391,824.00	\$8,391,824.00	\$8,391,824.00	\$8,391,824.00
GASTOS GENERALES					
GASTOS ADMINISTRATIVOS	\$7,137,478.00	\$7,137,478.00	\$7,051,236.60	\$8,636,360.26	\$9,500,000.00
GASTOS DE DISTRIBUCIÓN Y VENTAS	\$3,168,581.61	\$3,168,581.61	\$3,461,960.80	\$3,773,545.99	\$4,113,171.00
GASTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO	\$691,502.01	\$691,502.01	\$753,707.99	\$821,574.30	\$895,524.00
GASTOS FINANCIEROS	\$15,414,000.00	\$15,414,000.00	\$15,414,000.00	\$15,414,000.00	\$15,414,000.00
GASTOS ADICIONALES	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
SUBTOTAL	\$26,411,561.62	\$26,411,561.62	\$26,680,905.39	\$28,645,480.55	\$29,522,685.00
TOTAL	\$34,803,385.62	\$34,803,385.62	\$35,072,729.39	\$37,037,304.55	\$38,314,509.00

Cuadro 8.10 Costos fijos.

Fuente: Datos obtenidos del estudio.

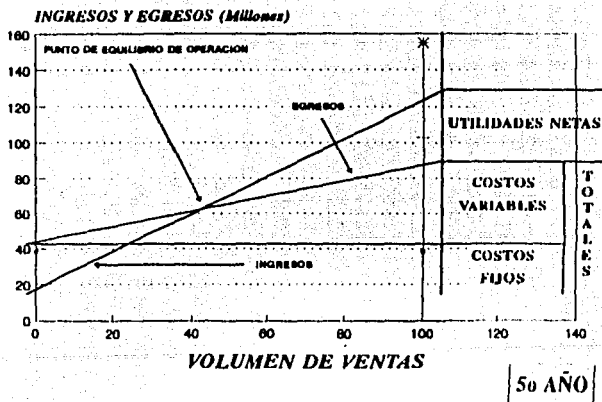
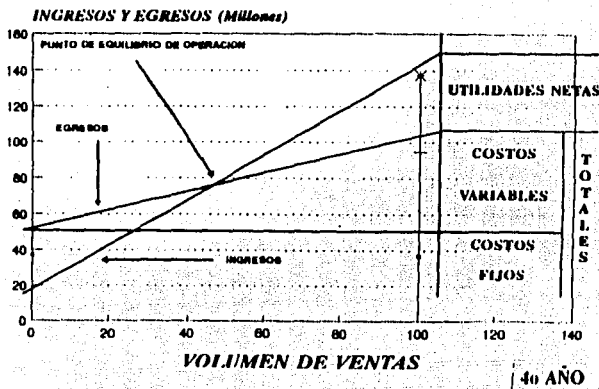
FALLA DE ORIGEN



Cuadro 8.11

Punto de equilibrio en función de ingresos y egresos.

Fuente: Datos obtenidos del estudio.

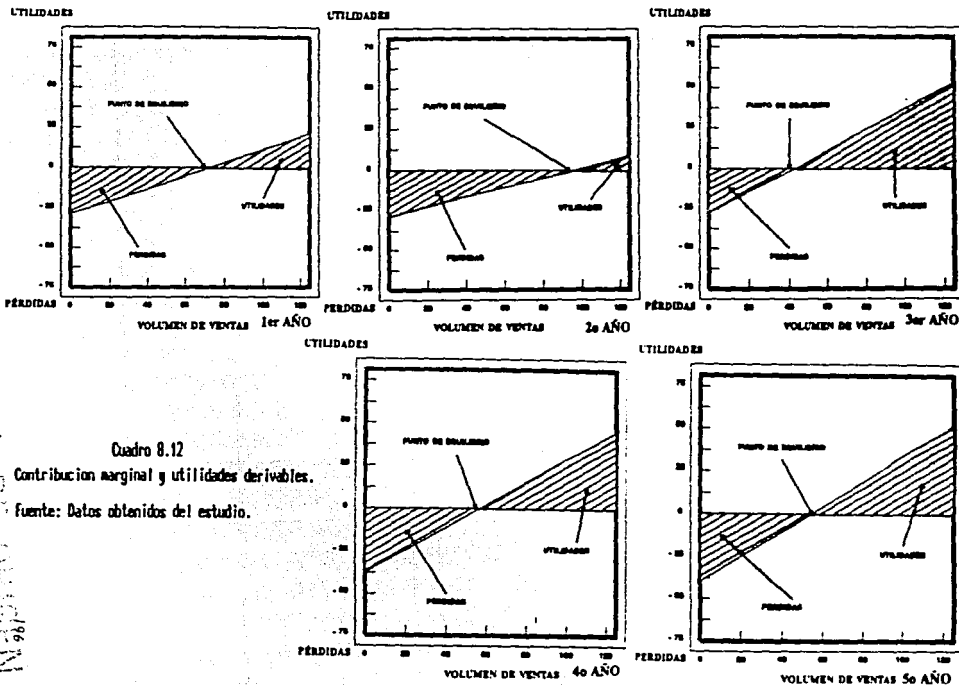


Cuadro 8.11 cont.

Punto de equilibrio en función de ingresos y egresos.

Fuente: Datos obtenidos del estudio.

FALLA DE ORIGEN



Cuadro 8.12

Contribucion marginal y utilidades derivables.

Fuente: Datos obtenidos del estudio.

FALLA DE ORIGEN

⇒ **ASPECTOS FINANCIEROS.** En cuanto a los aspectos financieros, sabemos que para que un proyecto industrial sea satisfactorio, debe estar ampliamente justificado desde los puntos de vista empresarial o social. Es decir, debe preverse una rentabilidad atractiva que justifique la canalización de recursos hacia el mismo.

Desde el punto de vista de los inversionistas, los méritos de un proyecto se valúan esencialmente en función de la proporción entre las utilidades previstas y el monto de los recursos que es necesario invertir para llevar a cabo el proyecto. A esta relación se le llama rentabilidad esperada de la inversión.

La rentabilidad es un índice de evaluación económica que se usa frecuentemente para procurar el máximo aprovechamiento de esos recursos.

Valiéndonos de diferentes técnicas, presentamos a continuación los resultados de la evaluación económica.

Sin embargo, debemos mencionar que estos índices posiblemente no reflejen la magnitud absoluta del rendimiento económico previsto para el proyecto. Esto se debe a que es el resultado de magnitudes heterogéneas; es decir, la utilidad se obtiene en un determinado periodo de tiempo, mientras que la inversión se considera que se refleja en un punto en el tiempo.

Para finalizar, presentamos dos análisis que presentan el periodo de recuperación de la inversión. En uno de ellos se obtiene un periodo de tres años, mientras que en el otro se tiene un periodo de cuatro años, esto es debido a que en el segundo método se descuentan los flujos de efectivo.

Es obvio que los proyectos con menos periodo de recuperación de la inversión no sólo son atractivos desde el punto de vista económico, sino también por cuanto a que una vez recuperada la inversión inicial es posible introducir innovaciones técnicas.

**FACTORES DE ACTUALIZACION DE FLUJOS DE EFECTIVO
CONSIDERANDO DIVERSAS TASAS DE INTERES
(RENTABILIDAD)**

PERIODO	5%	10%	15%	20%	25%
0-1 AÑO	0.975	0.952	0.929	0.906	0.885
1-2 AÑOS	0.928	0.861	0.799	0.742	0.689
2-3 AÑOS	0.883	0.779	0.688	0.608	0.537
3-4 AÑOS	0.84	0.705	0.592	0.497	0.418
4-5 AÑOS	0.799	0.638	0.51	0.407	0.326

PERIODO	30%	35%	40%	45%	50%
0-1 AÑO	0.864	0.544	0.824	0.805	0.787
1-2 AÑOS	0.64	0.595	0.553	0.514	0.477
2-3 AÑOS	0.474	0.419	0.37	0.327	0.29
3-4 AÑOS	0.351	0.295	0.248	0.209	0.176
4-5 AÑOS	0.26	0.208	0.166	0.133	0.102

Cuadro 8.13 Flujos de efectivo considerando diversas tasas de interes.

Fuente: Datos obtenidos del estudio.

RESULTADOS DE LA EVALUACION ECONOMICA DE BECTON DICKINSON A TRAVES DE LA APLICACION DE DIVERSAS TECNICAS.

1. RENTABILIDAD CONTABLE SOBRE INVERSION TOTAL

INVERSION INICIAL	\$ 17,000,000.00 DOLARES					SUMA	PROMEDIO
AÑO DE OPERACION	1	2	3	4	5		
INVERSION AL INICIAR EL AÑO	17,000,000.00	15,696,000.0	14,232,167.0	13,050,294.0	12,000,000.0	12,000,000.0	
DEPRECIACION	2,333,333.3	2,333,333.3	2,333,333.3	2,333,333.3	2,333,333.3		
FLUJO DE EFECTIVO	1,166,666.6	1,166,666.6	1,166,666.6	1,166,666.6	1,166,666.6		
UTILIDADES	2,333,333.3	2,333,333.3	2,333,333.3	2,333,333.3	2,333,333.3	11,666,666.5	2,333,333.3
RENTABILIDAD CONTABLE	13.1%	14.9%	16.3%	17.1%	18.5%	15.1%	15.1%
RENTABILIDAD CONTABLE SOBRE UTILIDAD PROMEDIO/INVERSION FIJA TOTAL							15.1%
RENTABILIDAD CONTABLE SOBRE INVERSION TOTAL							17.27%

2. FLUJO DE EFECTIVO EXCEDENTE A RENTABILIDAD DE 35 %

AÑO DE OPERACION	1	2	3	4	5	SUMA
FLUJO DE EFECTIVO	1,166,666.6	1,166,666.6	1,166,666.6	1,166,666.6	1,166,666.6	5,833,333.0
TARIFAS DE DESEMPEÑO	0.00	0.00	0.42	0.30	0.21	1.03
FLUJO DE EFECTIVO EXCEDENTE	1,166,666.6	1,166,666.6	1,166,246.6	1,166,366.6	1,166,445.6	5,735,985.6
VALOR PRESENTE NETO	1,166,666.6	17,000,000.0				18,166,666.6
VALOR PRESENTE NETO						1,166,666.6

3. TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION CON FLUJO DE EFECTIVO DESCONTADOS

AÑO DE OPERACION	1	2	3	4	5
FLUJO DE EFECTIVO	1,166,666.6	1,166,666.6	1,166,246.6	1,166,366.6	1,166,445.6
TARIFAS DE DESEMPEÑO	0.00	0.00	0.42	0.30	0.21
FLUJO DE EFECTIVO EXCEDENTE	1,166,666.6	1,166,666.6	1,165,826.6	1,166,066.6	1,166,245.6
FLUJO DE EFECTIVO EXCEDENTE DISCONTINUADO Y DEFERIDO POR PERIODO DE LA INVERSION	26.6%	50.9%	76.2%	100.0%	129.12%
TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION CON FED	4 AÑOS				

VIII.5. RESULTADOS OBTENIDOS AL IMPLANTAR LA AUTOMATIZACIÓN

El proyecto de automatización del Departamento de Ensamble Final en la Planta de la División Hipodérmicas de Plástico propiamente terminaría con la propuesta de automatización. Sin embargo, nos encontramos en la posibilidad de mostrar los resultados que se obtuvieron al implantar los sistemas automáticos aquí propuestos.

Así una vez automatizado el proceso, mostraremos algunos de los datos más representativos que nos serán de utilidad para mostrar las diferencias, desventajas y beneficios de la implantación de un sistema automático en el Departamento mencionado, y por extensión reafirmar algunas de las ventajas que se disponen al automatizar un proceso industrial.

✓ *Incremento de la Productividad*

La mayor productividad es resultado de la eficacia del proceso y la administración de los recursos (factores que se mostrarán posteriormente) ya que a final de cuentas es fabricar más productos con los mismos insumos o menos.

En Becton Dickinson (BD), en el Departamento de Ensamble de Jeringas donde llevamos a cabo la automatización, dicho incremento queda manifiesto en los siguientes hechos:

En 1989 (antes de la automatización) los costos anuales de la materia prima ascendían (tomando como referencia los precios de 1994) a aproximadamente N\$ 40 917 500, los costos de producción unitarios eran de 21.6¢ y el volumen de producción era de 60 millones de jeringas anuales.

Si comparáramos tales cifras con las que se tienen actualmente vemos un aumento notable que aunado a la eficiencia en el proceso hace resaltar los beneficios de la automatización. Así en 1994 los costos anuales de la materia prima son de N\$ 31 475 000 mientras que los costos de producción unitarios son de 16.61¢ y el volumen de producción es de 492 millones de jeringas anuales.

	<i>ANTES DE LA AUTOMATIZACIÓN</i>	<i>DESPUÉS DE LA AUTOMATIZACIÓN</i>
<i>COSTOS DE PRODUCCIÓN UNITARIOS (centavos)</i>	21.60	16.61
<i>COSTOS ANUALES DE MATERIAS PRIMAS (N\$)</i>	40'917,500.00	31'475,000.00
<i>VOLUMEN DE PRODUCCIÓN ANUAL (millones de jeringas)</i>	60	492

Cuadro 8.15 Comparativo de productividad.

Fuente: Becton Dickinson de Mexico S.A de C.V.

✓ *Reducción de Altos Costos y Reorientación la Mano de Obra.*

Cómo se puede ver en el siguiente cuadro, con la automatización implantada el aspecto de mano de obra y personal en general de la empresa se vió impactado de una manera dramática; ya que mientras en 1989, o sea antes de la implantación de los sistemas automáticos, el número de personal así como el de la mano de obra directa era muy grande comparado con el que existe hoy en día dentro de la empresa.

Actualmente se trabaja con un 10% de la mano de obra que era requerida antes de la automatización y se producen 10 veces más jeringas que entonces. Y por todo ello los gastos referentes a ese rubro también disminuyeron drásticamente.

	<i>ANTES DE LA AUTOMATIZACIÓN</i>	<i>DESPUÉS DE LA AUTOMATIZACIÓN</i>
<i>Personal de Mano de Obra Directa</i>	435	150
<i>Empleados en Planta</i>	860	412
<i>Gastos por Sueldos y Salarios Anual (Millones de N\$)</i>	11.23	5.60

Por otra parte, como se ha disminuido el número de empleados en planta, de manera forzosa el organigrama de la misma cambió en alguna forma. Esta reorganización de la estructura de la empresa se puede apreciar en la siguiente gráfica que muestra el organigrama actual.

Cuadro 8.16 Comparativo de altos costos y mano de obra

Fuente: Becton Dickinson de Mexico S.A de C.V.

✓ *Mayor Eficiencia en los Procesos de Producción.*

Sin lugar a dudas el factor más importante que se busca lograr cuando se requiere automatizar es la mejora en el proceso de producción. Y obviamente la manera de ensamblar una jeringa se modificó radicalmente al implantar un sistema automático. Ya que de un ensamble 100% manual a base de plantillas pasamos a un ensamble casi totalmente automático.

Este consta de lo siguiente: en este departamento el proceso completo de ensamble se lleva a cabo en una sola máquina, donde la partes de la jeringa van avanzando por medio de carruseles.

Primero se toman los cilindros y se colocan en un disco giratorio que por fuerza centrífuga los va desplazando hacia las paredes y estos se van acomodando automáticamente en un riel sobre el cual resbalan por gravedad hasta llegar a donde se encuentran un par de electrodos, uno a cada lado del riel, con el fin de aplicarles un alto voltaje y que la estructura molecular del plástico de los cilindros se abra y permita la fijación de la tinta para la impresión de la escala. En seguida pasa a un carrusel donde gira y se encuentra con los sellos con la escala a ser impresa; de este carrusel pasa a otro para entrar al horno de sacado.

Después se les aplica un chorro de aire des-ionizado en su interior para expulsar cualquier tipo de impureza que pueda tener y se les aplica una mínima cantidad de silicón, con el fin de que tanto el líquido a inyectar como el embolo resbalen fácilmente sobre el cilindro.

Después pasa a un carrusel de transferencia donde baja el pistón, se encuentra el tapón, se ensamblan, sigue sucamino y se encuentra el barril ya siliconizado, se inserta el pistón dentro del barril, después pasa a una prueba de fugas donde el pivote es apoyado en un perno, con un cono, entra el pivote y el pistón donde, si la máquina siente una presión ejercida, por medio de un sensor, continúa y si no hay presión porque no hay tapón o no hay pistón lo vota y no la hace llegar a la estación donde se encuentra la aguja.

Después que ya tenemos el barril completo este sigue girando y se encuentra a la aguja y la máquina atornilla la aguja al barril y así tenemos una jeringa completamente ensamblada.

En esta planta ya se encuentra establecido el In-line (ensamble empaque). Ya que tenemos la jeringa completa pasa a una banda transportadora que tiene unos sensores electrónicos a la salida de la máquina y si las tolvas demandan material ponen a trabajar los motores para

surtir de jeringa a un par de tolvas o tazones vibratorios, estas tolvas en la parte superior tienen una mampara que hace caer el producto ya sea a una u a otra dependiendo de los niveles electrónicos censados y los cuales van variando debido al consumo de la máquina en cada uno de los tazones. Las tolvas al vibrar van acomodando las jeringas en un par de rieles, vibratorios también, para el desplazamiento del producto hacia su posterior empaque, después pasa por una trampa que detecta si la jeringa lleva o no lleva protector y la jeringa se cae, después hay unos ojos electrónicos que hacen aumentar o disminuir la velocidad de alimentación para que entre la jeringa, estos sensores trabajan a base de sistemas vibratorios, de tal suerte que cuando hay ausencia de jeringa la máquina para evitar que trabaje en vacío y el consecuente desperdicio. En cada lado la máquina alimenta 12 jeringas a los empaques, pero si alguna jeringa va sin el protector de la aguja o no están completas las doce jeringas al momento de ser empacadas, la máquina las barre (no las tiene que tomar y poner) y las deja caer en una caja a un lado de la máquina.

Ya que van las jeringas en los empaques pasa a otra máquina de fabricación alemana que trabaja bajo un sistema que llaman pick and place, y es lo que hace, es decir, toma y pone. Esta máquina es alimentada por rodillos de una película de plástico de importación de Alemania donde se pasa a un sistema de termoformado a base de temperatura, presión de aire, vacío y tiempo para formar el plínter y colocar la jeringa en su recipiente adecuado, ya con el papel impreso con las características de la jeringa que se está empacando. En este punto la jeringa ya la tenemos completamente empacada y pasa a corte dividiendo los empaques de tal forma que tenemos 6 jeringas en cada uno, después pasa a otra área donde están unas trabajadoras que van empalmando los empaques (uno contra el otro) para completar 100 piezas en las cajas y estas cajas pasan a una máquina que las cierra y les aplica cinta adhesiva para su sellado.

Las cajas se colocan en tarimas para ser transportadas por medio de un montacargas a las cámaras de esterilización. Estas cámaras tienen una capacidad de 5 o 6 estibas. Después de esto la jeringa está lista para pasar al almacén de producto terminado y esperar su posterior distribución a los clientes.

En este departamento hay 5 operarios y se cuenta con una capacidad de 2,000,000 de jeringas diarias.

✓ **Reducción de Desperdicios.**

Otro aspecto importante que se dió como resultado de la implantación es el referente a los desperdicios de la producción en el Departamento de Ensamble Final de Jeringas.

Este punto es una derivación de otros factores como el mejoramiento de la calidad, del proceso de producción, de la productividad y de otros que se verán más adelante.

Básicamente, como se presenta en el siguiente cuadro y en la gráfica respectiva, se presentó una disminución en el porcentaje de desperdicios dentro del Departamento, el cual se dió como resultado de la optimización del proceso productivo provocado por la automatización realizada.

Cuadro 8.17 Disminución de desperdicios en porcentaje.

Fuente: Becton Dickinson de Mexico S.A de C.V.

<i>Desperdicio del Depto. de Ensamble (Porcentaje)</i>	<i>ANTES DE LA AUTOMATIZACIÓN</i>	<i>DESPUÉS DE LA AUTOMATIZACIÓN</i>
<i>PLÁSTICO</i>	<i>4.1</i>	<i>1.5</i>
<i>ACERO</i>	<i>6.2</i>	<i>6.0</i>
<i>PAPEL</i>	<i>6.5</i>	<i>2.0</i>
<i>TAPÓN</i>	<i>15.1</i>	<i>1.8</i>

Una forma indirecta en la que se redujo el desperdicio (y que obviamente fue producto de la automatización realizada) fue la representada por los proveedores. Antes de la automatización se compraba el papel en rollo con medidas dadas por la compañía fabricante y este papel ya estaba impreso. Ahora la maquinaria automática instalada en el proceso requiere únicamente papel sin imprimir, que ahora es cortado por la misma máquina y ya no por el operario como era antes (y lo que causaba un gran desperdicio), además ésta misma imprime lo que antes se pedía que se imprimiera por otra compañía.

Y por otro lado antes existía un gran desperdicio en lo que se refiere al tapón del émbolo, ya que como lo hemos explicado, el proceso de ensamble de éste con el émbolo se hacía completamente manual y con plantillas lo que provocaba que el operario desperdiciara mucho material.

✓ Optimización en los Niveles del Inventario.

Un cambio que se dió al automatizar el departamento fue en los niveles del inventario tanto de producto terminado como de materia prima. Esto se dió básicamente porque al implantar

el nuevo sistema se contaba con un mejor control en la producción: se sabía cuándo se necesitaba la materia prima, cuánto era necesario, cuánto tardaría en la producción, etc., lo que nos llevaba a una mejor planeación tanto de compras de materias primas como de ventas de producto terminado.

El cuadro siguiente y su gráfica respectiva nos muestran los niveles de inventario tanto antes como después de la automatización.

	<i>ANTES DE LA AUTOMATIZACIÓN</i>	<i>DESPUÉS DE LA AUTOMATIZACIÓN</i>
<i>Días Promedio de Materias Primas y Producto Terminado en Inventario</i>	<i>15 - 20</i>	<i>0.5</i>

Cuadro 9.18 Nivel de inventario antes y después de la automatización.

Fuente: Becton Dickinson de Mexico S.A de C.V.

✓ *Reducción del Tiempo de Producción.*

Finalmente, mencionaremos el cambio que se obtuvo en el Departamento en cuanto al tiempo total de ensamble de la jeringa. Mencionamos este factor al final porque creemos es el fundamental y el primero, además del que se identifica más fácilmente, que se obtiene al implantar un sistema automático.

La disminución que se obtuvo en el tiempo fue muy grande. Aunque es importante aclarar aquí que la velocidad en la producción fue aumentando paulatinamente una vez que se instalaron por primera vez las nuevas máquinas, ya que conforme pasaba el tiempo los encargados de la instalación llevaban a cabo ajustes en la operación de las máquinas; de tal manera que la mejora en el tiempo de ensamble fue como sigue:

	ANTES DE LA AUTOMATIZACIÓN		DESPUÉS DE LA AUTOMATIZACIÓN	MEJORA EN PORCENTAJE
<i>Tiempo de Ensamble de Jeringas (piezas por minuto)</i>	15	<i>1er. AÑO</i>	95 - 100	667 %
		<i>2o. AÑO</i>	130 - 135	35 %
		<i>3er. AÑO</i>	215 - 220	63 %
		<i>4o. AÑO</i>	440	100 %

Cuadro 8.19 Tiempo de ensamble en piezas por minuto.

Fuente: Becton Dickinson de Mexico S.A de C.U.

CONCLUSIÓN. Finalmente podemos decir que por lo que vimos al realizar esta investigación-proyecto, la misma producción, la misma necesidad de que los productos tengan la mejor calidad al menor costo provocada por la gran competencia, nos lleva inherentemente a la necesidad de automatización de los procesos industriales.

Por lo que observamos, si bien Becton Dickinson es una planta automatizada en un 90% los planes ya vislumbran una automatización completa y que se orientan hacia una manufactura flexible; a una manufactura completamente unificada e integrada, controlada completamente por computadora.

La automatización de los procesos industriales ha ido evolucionando a medida que la fabricación de productos ha requerido reducción de costos, aumento de productividad y mejoras en la calidad.

El futuro se muestra halagüeño fundamentalmente por la introducción de las células de fabricación flexible y el gran avance de las computadoras y de los robots. Todo ello nos lleva a pensar que en un futuro próximo Becton Dickinson de México irá por ese camino.








ANEXO DEL CAPÍTULO

VIII.5

GRÁFICAS Y DIAGRAMAS

RESULTADOS OBTENIDOS AL IMPLANTAR LA AUTOMATIZACIÓN

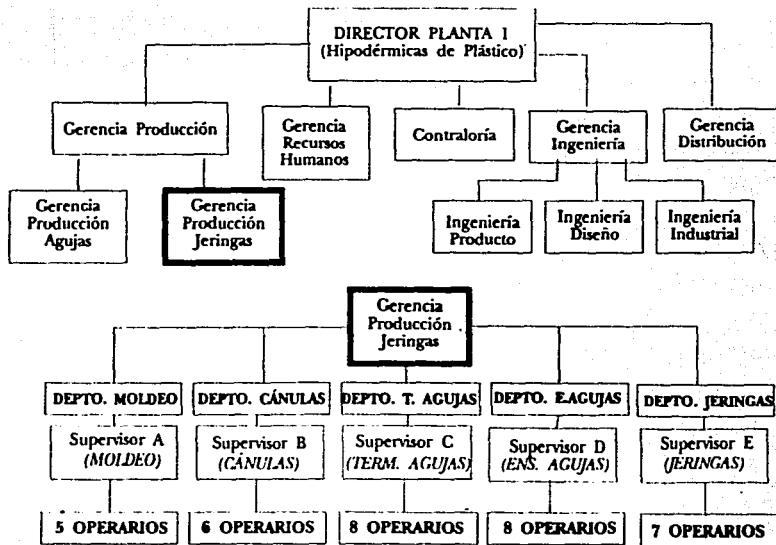
A 5 años de su instalación:

-  Incremento de la productividad.**
-  Reducción de altos costos y reorientación de mano de obra.**
-  Mayor eficiencia en los procesos de producción.**
-  Reducción de desperdicios.**
-  Optimización en los niveles de inventario.**
-  Reducción del tiempo de producción.**
-  Desarrollo y mejora de proveedores (nacionales).**

ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

Becton Dickinson de México S.A. de C.V.

DESPUÉS DE AUTOMATIZACIÓN

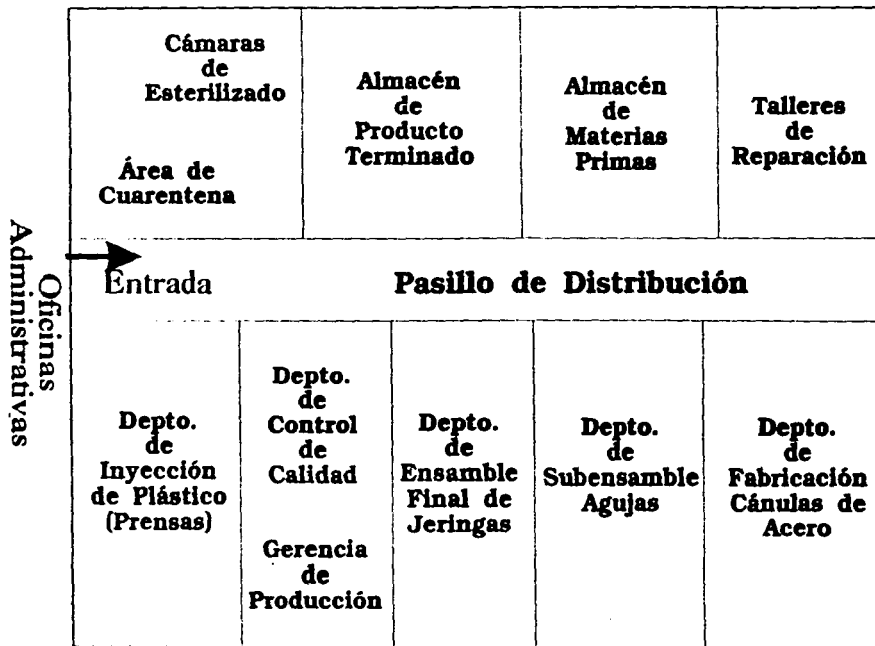


Cuadro 8.21 Organigrama de la empresa después de automatizar.

Fuente: Becton Dickinson de México S.A. de C.V.

FALLA DE OPERACION

DISTRIBUCIÓN DE PLANTA 1
DIVISIÓN HIPODÉRMICAS PLÁSTICO
 (después de automatización)



Cuadro 8.22 Distribución de planta después de automatizar.

Fuente: Becton Dickinson de México S.A de C.V.

**DISTRIBUCIÓN DE LÍNEA
DE ENSAMBLE FINAL DE JERINGAS
(DESPUÉS DE AUTOMATIZAR)**

ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3	ETAPA 4
OPERACIONES:	OPERACIONES:	OPERACIONES:	OPERACIONES:
IMPRESIÓN DE ESCALA EN BARRIL	ENSAMBLE DE AGUJA, BARRIL, TAPÓN Y PISTÓN	EMPAQUE DE JERINGA EN PAPEL	EMPAQUE EN CAJA Y CORRUGADOS
MAQUINARIA:	MAQUINARIA:	MAQUINARIA:	MAQUINARIA:
MARCA: Arthur G. Russel CO. MODELO: APEX	MARCA: Arthur G. Russell CO. MODELO: KAHLE	MARCA: Arthur G. Russel CO. MODELO: UNIPLACE MARCA: MULTIVAC MODELO: R7000	MÉTODO MANUAL Y MÁQUINA MARCA: WILTON

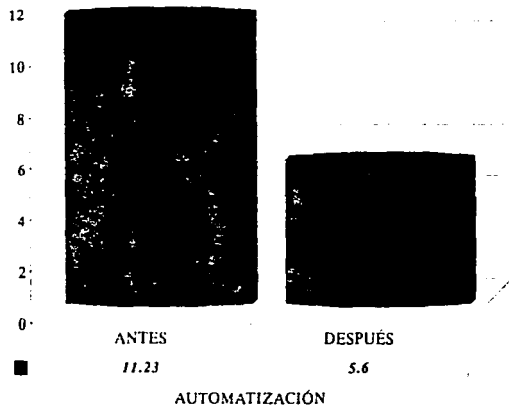
VELOCIDAD DE FABRICACION: 440 pzas/min No. de Personal: 8

Cuadro 8.23 Distribucion de linea de ensamble despues de automatizar.

Fuente: Becton Dickinson de Mexico S.A de C.V.

RESULTADOS DE LA AUTOMATIZACIÓN DEPTO. DE PERSONAL

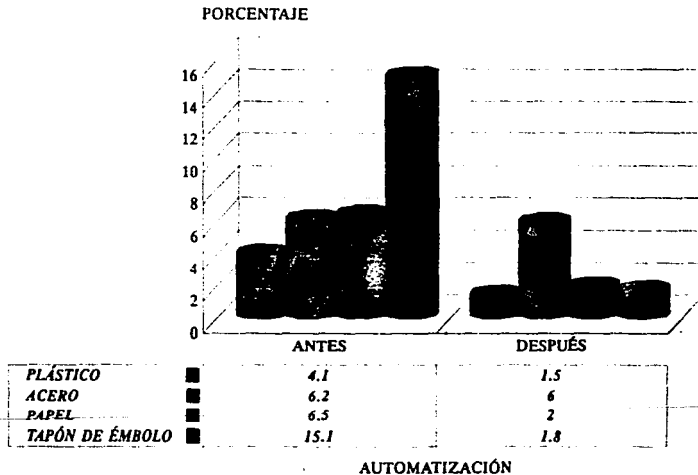
MILLONES DE NUEVOS PESOS



Grafica B.1 Comparativo en sueldos y salarios.

Fuente: Datos obtenidos del estudio.

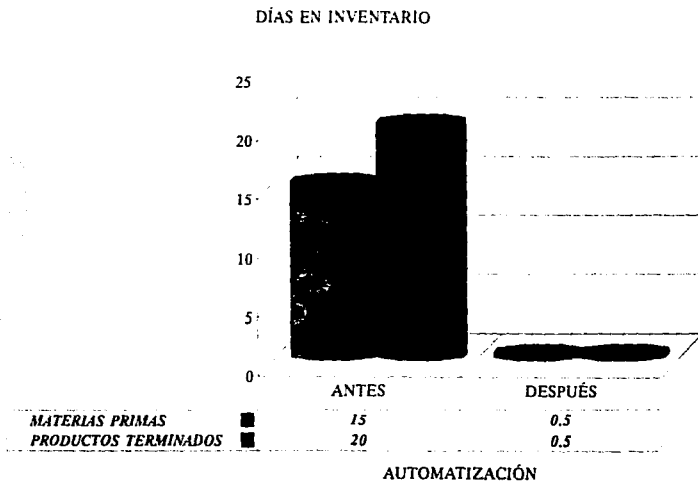
RESULTADOS DE LA AUTOMATIZACIÓN REDUCCIÓN DE DESPERDICIOS



Grafica 8.2 Comparativo en reducción de desperdicios.

Fuente: Datos obtenidos del estudio.

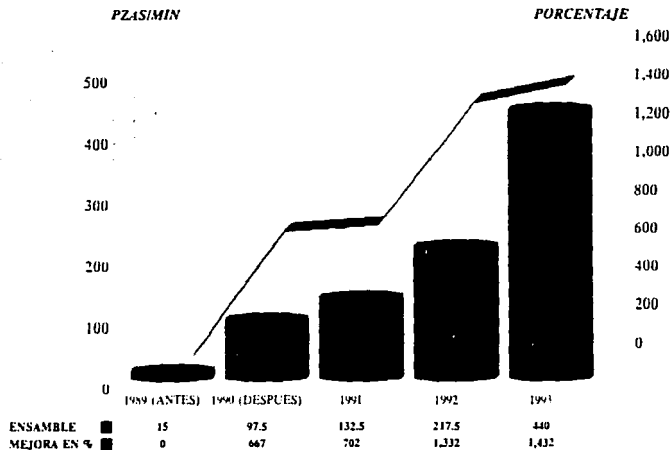
RESULTADOS DE LA AUTOMATIZACIÓN NIVELES DE INVENTARIO



Grafica 8.3 Comparativo en niveles de inventario.

Fuente: Datos obtenidos del estudio.

RESULTADOS DE LA AUTOMATIZACIÓN TIEMPO DE PRODUCCIÓN (ENSAMBLE)



Gráfica 8.4 Resultado de productividad en ensamblaje.

Fuente: Datos obtenidos del estudio.

CONCLUSION

Podemos afirmar que la robótica, como técnica multidisciplinaria, se apoya prácticamente en todas las áreas técnicas de la ingeniería moderna y aun en otras ciencias que parecen no tener relación, como la sociología, la administración de empresas y las finanzas.

Su aplicación a pasado a formar parte de la actual forma de vida de la humanidad aun en países poco desarrollados y sobre todo, de manera muy obvia, en los países industrializados conocidos como del primer mundo. Sus aplicaciones abarcan prácticamente todas las áreas del saber y del quehacer humano.

Por otro lado, aunque con la implantación de robóts hay un ahorro significativo en los costos directos, por lo general en aquellos lugares donde la mano de obra es muy barata, no es recomendable la utilización de robóts, ya que la relación entre la inversión y el ahorro por reducción de mano de obra sería muy alta y el tiempo de recuperación de la inversión muy grande. En estos casos su uso sería recomendable solamente para asegurar la calidad, o ante ambientes muy hostiles o desfavorables para los seres humanos.

APENDICE A



Compresor



Valve de vapor



Motor reutilizado con un sentido de giro



Motor reutilizado con otro sentido de giro



Motor no apto para regular con un sentido de giro



Motor apto para regular con otro sentido de giro



Motor reutilizado en el sentido contrario con otro sentido de giro



Control de temperatura por fuerza exterior



Control de temperatura por sensor interno



Control de temperatura por sensor



Control de temperatura con sensor variable



Control de temperatura



Control de temperatura con regulador con sensor externo



Control de temperatura con sensor



Control de temperatura con regulador de presión



Control de temperatura con regulador de presión



Control de temperatura



Control de temperatura con sensor externo



Valve 2/2 vías normalmente cerrada



Valve 2/2 vías normalmente abierta



Valve 1/2 vías normalmente cerrada



Valve 1/2 vías normalmente abierta



Valve 3/3 vías posición central cerrada



Valve 3/3 vías posición central abierta



Valve 4/3 vías posición central cerrada



Valve 4/3 vías posición central abierta con regulación de trabajo a escape



Valve 5/2 vías posición central cerrada



Valve 5/2 vías posición central abierta



Valve de tres posiciones general



Estar quieto en regulador



Estampación sensible a la velocidad



Regulador de flujo bidireccional



Regulador de flujo normalmente por flujo



Regulador de flujo normalmente



Simbolo



Interruptor de presión



Regulador de presión con escape



Check válvula anulación en trabajo



Check válvula anulación con resorte



Modulo D - Selector de posición



Modulo D - Selector de posición



Escape rápido



Regulador de flujo unidireccional



Modulo F - Valve de sensibilidad



Control de velocidad interno



Control de velocidad externo



Barrera de aire



Barrera de aire



Medición de caudal electrónico



Medición de caudal mecánico



Medición de temperatura



Medición de temperatura



Manómetro



Control de flujo por sensor

ISO STANDARD 5599-11

A 11 1 12 4 14

P111

R S 1 (1 3 7)

1

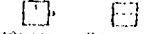
Z Y A 12 14 16



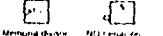
AND



AND (multiplex)



OR



OR (multiplex)



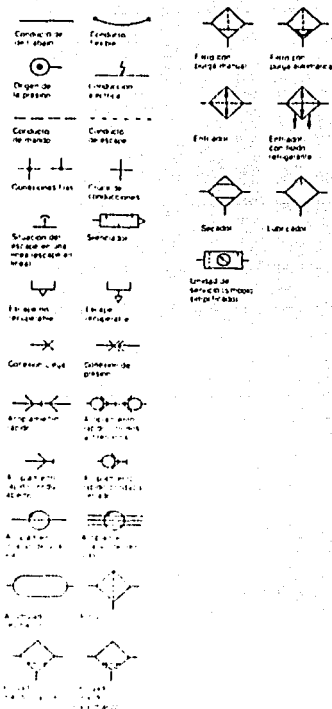
NOT



NOT (multiplex)

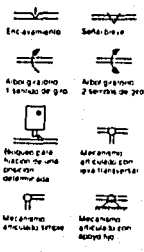
FALLA DE ORDEN

Transición de la energía

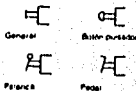


Elementos de mando

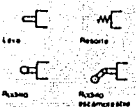
Elementos mecánicos



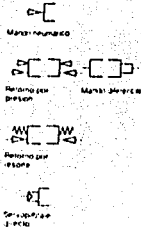
Manuales



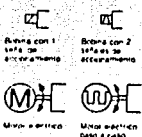
Mecánicos



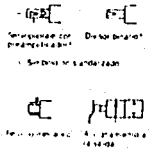
Por presión



Eléctricos



Acciones de mando



FALLA DE ORIGEN

APENDICE B

Actuador: Un motor o transductor que convierte la energía eléctrica, hidráulica o neumática para efectuar movimiento de el robot.

Celda: Unidad de manufactura que consiste de dos o más estaciones de trabajo y los mecanismos de transporte y almacenamiento que los interconecta.

Centro: Unidad de manufactura que consiste de dos o más celdas y el transporte de materiales y almacenamiento que los interconecta.

Control Analógico: Control de dispositivos que envuelve señales analógicas (electrónicas, hidráulicas, neumáticas, etc.).

Control Digital: Control que toma en cuenta dispositivos lógicos digitales, el cual puede o no ser computadoras digitales.

Ejecutor final: Un actuador, sujetador, o dispositivo mecánico que va unido a la muñeca de un manipulador por el cual los objetos pueden ser sujetados y actuar sobre ellos.

Enseñar: Programación de un brazo manipulador, guiándolo através de una serie de puntos o un patrón de movimientos que es almacenado para la acción automática subsecuente por el manipulador.

Estación de trabajo: Unidad de manufactura que consiste en una o más máquinas de control numérico atendidas por un robot.

Interfaz de enseñanza: El mecanismo o dispositivo por el cual un operador enseña una serie de movimientos a una máquina.

Interfaz: Dispositivo o circuito que permite la conexión entre sistemas o circuitos diferentes, por ejemplo la CPU y los periféricos (impresora, consola de programación, etc.).

Manipulador: Es un mecanismo que usualmente consiste en serie de segmentos, articulaciones o deslizamiento relativo, con el propósito de sujetar y mover objetos usualmente con varios grados de libertad. Puede ser controlado remotamente por una computadora o por un operador.

Microprocesador: Elemento principal de procesamiento de una computadora hecho como un circuito integrado único.

Muñeca: Conjunto de articulaciones de rotación entre el brazo y la mano que permite a la mano ser orientada hacia la pieza de trabajo.

Sujetador: Un dispositivo por el cual un robot puede sujetar o retener objetos externos.

Teleoperador: Un dispositivo que tiene sensores y actuadores para movilidad y/o manipulación, remotamente controlado por un operador.

Un teleoperador permite a un operador extender su función sensor - motora a un medio ambiente lejano o peligroso.

Tiempo del ciclo: Período de tiempo de la comienzo de una operación de máquina a el comienzo de otra (en un patrón de repetición continua).

Transductor: Dispositivo que convierte una forma de energía en otra.

Traslado: Desplazamiento angular de un cuerpo en movimiento en un eje que es perpendicular a la línea de movimiento y sobre la parte superior de el cuerpo.

FALLA DE ORIGEN

APENDICE C

Análisis de la imagen digital: Reconocimiento de un objeto específico o el reconocimiento de ciertos atributos de un objeto dado en la imagen. El proceso de análisis puede ser digitalización de la imagen, preprocesamiento de la imagen, extracción de características, reconocimiento de patrones.

Analogico: Representación de cantidades numéricas por medio de variables físicas; por ejemplo, traslación, rotación, voltaje, o resistencia.

Antropomórfico: Parecido a las características humanas. Este término es usado para describir la habilidad de el brazo mecánico para moverse como el brazo humano.

Baculash: En un sistema mecánico, libertad indeseada de movimiento entre partes interactuantes como por ejemplo ruedas dentadas.

Bus: Conjunto de conductores comunes por los cuales se transmiten las señales electrónicas entre diferentes partes o circuitos de una CPU.

Baudio: Unidad de transmisión de datos. Es el número de bits por segundo transmitidos 1 baudio = 1 bit/seg.

Byte: Secuencia de dígitos binarios usualmente operado como unidad.
Secuencia de ocho dígitos binarios.

Cascada: Arreglo de dos o más circuitos similares en la cual la salida de un circuito provee la entrada del siguiente.

Codificador: Transductor usado para convertir datos de posición en señales eléctricas. El sistema del robot usa un codificador óptico incremental para proveer retroalimentación de posición para cada articulación. Datos de velocidad son computados desde las señales del codificador y usados como señal de retroalimentación adicional para asegurar su estabilidad.

Código: Preparación de un conjunto de instrucciones de computadora requeridas para llevar a cabo alguna acción o resolver algún problema.

Código ASCII: Código Standard Americano para el Intercambio de Información, código de 7 bits (mas un bit de paridad) que representa 128 caracteres: letras, números, símbolos especiales y caracteres de control.

Compilador: Circuito o proceso que convierte un programa escrito en un lenguaje de alto nivel (lenguaje de programación) en lenguaje de alguna lenguaje comprensible por el microprocesador (también se le denota así al programa que efectúa dicha conversión).

Control manual: Dispositivo con controles para manipular el brazo del robot y permite la memorización de coordenadas y programación de las instrucciones del movimiento.

Convertidor analógico-digital: Dispositivo que cambia el movimiento físico o voltaje eléctrico en factores digitales tales como A/D.

Corrección de errores (debugging): Proceso de determinar la rutina correcta de una computadora, localizando cualquier error y corrigiéndolo. También es la detección y corrección de anomalías en la computadora misma.

Digital: Descripción de cualquier dato que es expresado en formato numérico (0 y 1).

Dispositivo EIS (I/O): Dispositivo de entrada/salida incluyendo un circuito integrado (cmip) que transmite datos en pulsos a la computadora y los recibe.

DNC (Control Numérico Directo): Un sistema en el cual una computadora es directamente conectada a uno o más dispositivos de control numérico y controla las operaciones de maquinado.

EIA: Asociación de la Industria Electrónica Americana.

EPROM: Memoria ROM borrable por luz ultravioleta y programable eléctricamente usada para almacenar VAL.

Exactitud: Medición de una desviación de un movimiento en línea recta o hacia un punto en el espacio en particular. Las desviaciones de exactitud son atribuidos a errores de cálculo, errores en la geometría del brazo y a una pobre alineación de rígida localización.

Histogramas: Frecuencia relativa de la distribución del valor de la escala gris en una imagen digital.

Imagen digital: Representación digital de una imagen, dada por una función discreta $f(i, j)$ $0 \leq i \leq M$ y $0 \leq j \leq N$.

Instrucciones en rama: Instrucciones que causan que el programa salte a un subprograma para ser ejecutado.

Inteligencia Artificial: Capacidad de una computadora para llevar a cabo funciones que son normalmente atribuidas a la inteligencia humana, como aprendizaje, adaptación, reconocimiento, clasificación, razonamiento, corrección y mejoras.

Interfaz serie: Método de transmisión de datos que permite la transmisión de un simple bit a la vez a través de una línea. Usada donde no es necesaria entradas de alta velocidad. Requiere de un solo conductor.

Lenguaje: Grupo definido de representativo de caracteres o símbolos combinado con reglas específicas necesarias para su interpretación. Las reglas permiten a un ensamblador o compilador traducir los caracteres en formas (como dígitos) significativas a una máquina, un sistema o un proceso.

Motor de aire: Dispositivo que convierte el aire comprimido en una fuerza mecánica de rotación y movimiento. Un servomotor de aire es aquel que es controlado por un servomecanismo.

Mnemónico: Abreviatura o símblo de una instrucción del programa que define de una forma aproximada la operación que realiza. Ejemplo: LD para LOAD.

Offset: Valor de salida de un convertidor A/D resultante de un voltaje cero de entrada. Usado para corregir ediciones subsiguientes no cero.

Procesador de imagen: Selecciona e interpreta datos para determinar la posición de un objeto, localización, forma y tamaño.

Procesamiento geométrico: Proceso de tomar mediciones que son características por la geometría de ciertos objetos en una imagen. Por ejemplo: área (tamaño), coordenadas del centro de gravedad, orientación, perímetro, número y localización de objetos.

PRM: Memoria programable con valores fijos que no se pueden borrar.

RS 232C: Norma EIA que describe el acoplamiento eléctrico y mecánico para comunicaciones serie entre CPU y periféricos conectados, hasta en hasta distancias de 15 metros.

Unidad de control: Lugar específico de una computadora que direcciona la operación automática, interpreta instrucciones de la computadora e inicia las señales apropiadas para que otros circuitos de computadoras ejecuten instrucciones.

APENDICE D

CODIGO ICA / ISO

6	DESCRIPCIÓN
600	posicionado punto a punto.
601	interpolación lineal para dimensiones medias.
602,603	interpolación circular en sentido anti y horario resp.
604	parada temporizada.
605,607	sin asignación estandarizada usadas por el constructor.
606	interpolación parabólica.
608	aceleración.
609	desaceleración.
610-612	interpolaciones grandes,pequeñas y en tres dimensiones.
613-616	direccionamiento particular de un conjunto de ejes.
617-619	identificación o selección de un plano coordenado para interpolación circular.
620-632	sin asignación estandarizada usadas por el constructor.
633-635	selección de modo para roscar generalmente referido a tornos, 633 para cuerdas constantes, 634 para cuerdas constantes incrementales y 635 para cuerdas constantes decrecientes.
636-639	sin asignación.
640	anulación de la compensación de la herramienta.
641	compensación de la herramienta a la izquierda.
642	compensación de la herramienta a la derecha.
643-644	ajuste para compensar la diferencia entre el radio del cortador actual y el programado, 643 referido a radios interiores y 644 para radios externos.
645-649	sin asignación.
650-659	reservado para la adopción de un control.
660-669	sin asignación.
670	programación en pulgadas.
671	programación métrica.
672	interpolación circular tridimensional (horario).
673	interpolación circular tridimensional (anti-horario).
674	cancelación mult cuadrante de interpolación circular.
675	interpolación circular mult cuadrante.
676-679	sin asignación.
680	cancelación del ciclo.
681	ciclo de taladrado en diferentes áreas.
682	ciclo de taladrado con una posición inicial.
683	taladrado intermitente o profundo.
684	ciclo de machuelado.
685-689	ciclo de mandrinado.
690	programación absoluta.
691	programación incremental.
692	registro precargado para valores deseados por ejemplo, registro de posición de ejes precargados.
693	puesta en marcha inversa.
694	alimentación por minuto en pulgadas o milímetros.
695	alimentación por revolución en pulgadas o milímetros.
697	velocidad del husillo en revoluciones por minuto.
698-699	sin asignación.

FALLA DE ORIGEN

FUNCIONES MISCELANEA

M	DESCRIPCION
M00	parada programada, el operador reinicializa el ciclo.
M01	parada opcional, cuando es sensado este código la máquina se parará automáticamente.
M02	fin del programa.
M03	rotación del husillo sentido horario.
M04	rotación del husillo sentido anti-horario.
M05	paro del husillo.
M06	cambio de herramienta automático o manual.
M07	refrigerante en chorro.
M08	refrigerante por aspersión.
M09	desactivación de refrigerante.
M10-M11	sujección automática de los carros de la máquina, pieza de trabajo-dispositivos, husillo, etc. M11 es la desactivación de los anteriores.
M12	código para inhibidor para sincronizar arreglos múltiples de ejes, como un torno de cuatro ejes con dos cabezas o correderas independientes.
M13	rotación del husillo en sentido horario con refrigerante.
M14	rotación del husillo en sentido anti-horario con refrigerante.
M15-M16	desplazamiento rápido o alimentación en M15 + y M16 -.
M17-M18	sin designación.
M19	parada del husillo con orientación angular determinada.
M20-M29	sin designación.
M30	fin de cinta, se arrollará y transferirá el control a una segunda cinta si esta disponible en el sistema.
M31	suspensión temporalmente por prevención.
M32-M39	sin asignación.
M40-M46	señalización de cambio de engranes, o sin asignación.
M47	continúa la ejecución del programa desde el comienzo de el programa a no ser que sea inhibido por M31.
M48	cancelación de M49.
M49	inactivar un husillo manual o sobre paso de alimentación y retorno al valor programado.
M50-M57	sin asignación.
M59	retención de las RPM constantes a su valor cuando M5 es inicializado.
M60-M99	sin asignación, estas son usadas por el fabricante en particular.

FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFIA

INDUSTRIAL ROBOTS AND ROBOTICS
Edward Fafrissen, Mark Stephens
PRENTICE HALL COMPANY, 1984

ROBOTICA INDUSTRIAL
Groover, Weins, Nagel, Odrey.
MC GRAW HILL, 1990

INTRODUCTION TO ROBOTICS
James Beng
PRENTICE HALL, 1985

CAD-CAM SYSTEMS JUSTIFICATION, IMPLEMENTATION, PRODUCTIVITY
MEASUREMENT
Freston, Crawford, Coticchia
DEFFER, 1984

CIM SYSTEMS AN INTRODUCTION TO COMPUTER-INTEGRATED-MANUFACTURING.
F.H. Mitchell, Jr.
PRENTICE HALL, 1991

FLEXIBLE MANUFACTURING CELLS AND SYSTEMS
William W. Luggen
PRENTICE HALL, 1991

FALLA DE ORIGEN