

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA
PRODUCIR MOVIMIENTO LINEAL Y CONSTRUCCIÓN
DE LA PLANTA FÍSICA**

PRESENTADO POR:

ALBA EUGENIA, PERDOMO SALINAS,

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERA MECÁNICA

CIUDAD UNIVERSITARIA, ABRIL DE 2005

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA :

Dra. María Isabel Rodríguez

SECRETARIA GENERAL :

Licda. Alicia Margarita Rivas de Recinos

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

Ing. Mario Roberto Nieto Lovo

SECRETARIO :

Ing. Oscar Eduardo Marroquín Hernández

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR :

Ing. Juan Antonio Flores Díaz

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:
INGENIERA MECÁNICA

Título :

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA
PRODUCIR MOVIMIENTO LINEAL Y CONSTRUCCIÓN
DE LA PLANTA FÍSICA**

Presentado por :

ALBA EUGENIA, PERDOMO SALINAS

Trabajo de Graduación aprobado por:

Docente Director :

Ing. Rigoberto Velásquez Paz

Docente Director :

Ing. Francisco Alfredo De León Torres

San Salvador, Abril de 2005

Trabajo de Graduación aprobado por:

Docentes Directores :

Ing. Rigoberto Velásquez Paz

Ing. Francisco Alfredo De León Torres

DEDICATORIA

Dedico este resultado fruto de mi esfuerzo a Dios todo Poderoso a quien me encomendé desde el inicio, a la Divina Misericordia en quien he depositado mi vida, y a la Santísima Virgen Maria como agradecimiento ante tan grande amor que ha hecho sentir siempre.

Dedico este trabajo a mis Padres, Reynaldo Perdomo y Beatriz de Perdomo, ya que es el resultado de sus esfuerzos, sacrificios e ilusiones, gracias por tan grande ejemplo de superación y de éxito que me demostrado.

A mis abuelos, que a través de sus experiencias en el largo caminar de la vida me han enseñado el camino del bien, me han protegido de cualquier sufrimiento, me han evitado cualquier tropiezo, pero sobre todo por el inmenso amor que me han demostrado, muchas Gracias Abuela Cata, por tan grande ejemplo de Mujer que me ha dada.

A mi querida Hermana, gracias Paty por ser la mejor hermana del mundo.

Gracias Dios por haberme regalado una familia como la que tengo, por que sin ellos nada de lo que ahora soy podría haber sido posible.

Reconocimientos

Primeramente, gracias a Dios por poner en mi camino a tantas personas, quienes han contribuido de forma *significativa* a este trabajo y en mi vida.

Al Ing. Velásquez Paz, haber creído en mí, por su apoyo y ayuda incondicional.

Al Ing. De León Torres por su inmensurable paciencia y consideración.

A todo el personal docente de la Escuela de Ingeniería Mecánica, por formar en mí una profesional, gracias por todas las demostraciones de aprecio y cariño.

A los compañeros de Ingeniería Mecánica, por brindarme su amistad, su ayuda incondicional, a todos aquellos que contribuyeron a formar en mi el carácter de una mujer amiga y compañera, pero en especial a aquellos que me han demostrado que son y seguirán siendo mis amigos.

Por último a la Universidad de El Salvador por haber sido mi segundo hogar durante mis estudios, y por haberme permitido conocer a alguien muy especial que se mantuvo siempre cerca de mi tal cual si fuera un padre dentro de la Universidad, al Ing. Gustavo Salomón Torres Ríos Lazo a quien le estaré por siempre agradecida.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	i
CAPÍTULO I	
1. ANTECEDENTES	1
1.1 Historia	2
1.2 Automatización	3
1.2.1 Objetivos de la Automatización	3
1.2.2 Clasificación de la Automatización	4
1.3 Principios de los Sistemas de Automatización	6
1.3.1 Partes Principales de un Sistema Automatizado	7
1.3.1.1 Parte Operativa	7
a. Transductores	7
b. Sensores	8
c. Actuadores y Preactuadores	17
i. Actuadores Neumáticos	18
ii. Actuadores Hidráulicos	21
iii. Actuadores Eléctricos	23
1.3.1.2 Parte de Mando	32
a. Tecnología Cableada	33
b. Tecnología Programada	33
1.3.2 Mecanismos de Transmisión	34
1.3.2.1 Mecanismos de Tornillo	36
1.3.2.2 Mecanismos de Engranajes	36
1.3.3 Movimientos Básicos de Mecanismos Automatizados	44
1.4 Sistemas Automatizados Aplicados	49
1.4.1 Automatización en la manufactura	49
1.4.1.1 Equipo para Producción	49
1.4.1.2 Equipo para Manejo de materiales	52
1.4.1.3 Equipo para Ensamble de Productos	61

1.4.1.4	Equipo de Inspección	63
1.4.2	Modelos de Sistemas Automatizados para uso Didáctico	65
CAPÍTULO II		
2.	DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO	75
2.1	Parámetros para el Diseño del Sistema	75
2.2	Diseño de Elementos Mecánicos	76
2.2.1	Descripción y Funcionamiento del Mecanismo	77
2.2.2	Diseño de las guías	78
2.2.3	Diseño del tornillo	90
2.2.4	Selección del motor	97
2.3	Diseño del Sistema de Control	98
2.3.1	Pequeños Automatas Programables	98
2.3.2	Selección del autómata	99
2.3.2.1	Factores cuantitativos	100
2.3.2.1.1	Entradas / Salidas	100
2.3.2.1.2	Tipo de Control	100
2.3.2.1.3	Memoria	103
2.3.2.1.4	Software	105
2.3.2.1.5	Periféricos	105
2.3.2.1.6	Físicos y ambientales	107
2.3.2.2	Factores cualitativos	107
2.3.2.2.1	Ayudas al desarrollo del programa	108
2.3.2.2.2	Fiabilidad del producto	109
2.3.2.2.3	Normalización en Planta	109
2.3.3	Relé Programable Zelio de Telemecanique	111
2.3.3.1	Características básicas	111
2.3.3.2	Programación	112
2.3.3.3	Modelos	114
2.3.4	Maniobras con el Relé Programable Zelio	116
2.3.5	Descripción y Funcionamiento del sistema de control	117
2.3.6	Diagrama del Sistema de Control	118

2.3.7	Diagrama eléctricos del sistema de control	124
CAPÍTULO III		
3.	CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA FÍSICA	125
3.1	Proceso de Construcción	125
3.1.1	Diagrama de Flujo u Operaciones	126
3.1.2	Carta de ensamble	127
CAPÍTULO IV		
4.	ASPECTOS COMPLEMENTARIOS	135
4.1	Costos del Trabajo de Graduación	135
4.2	Criterios de Uso	135
4.3	Propuestas para incrementar la complejidad del sistema	136
CONCLUSIONES		ii
REFERENCIAS		iii
ANEXOS		iv

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1 Disposición de un codificador óptico (Encoders) incremental.	10
Fig. 1.2 Esquema de funcionamiento del Resolvers.	11
Fig. 1.3 Esquema de funcionamiento de un LVDT.	12
Fig. 1.4 Esquema de un cilindro neumático: a) simple efecto b) doble efecto.	18
Fig. 1.5 Tipos de motores más usados: a) Motor de paletas, b) motor de pistones axiales.	19
Fig. 1.6 Actuador rotativo tipo piñón-cremallera.	20
Fig. 1.7 Motor DC. Esquema y funciones de transferencia.	24
Fig. 1.8 Gama de motores con su etapa de control.	27
Fig. 1.9 Motor de pasos unipolar: a) las bobinas A_1 y B_1 están encendidas, A_2 y B_2 apagados, b) las bobinas A_1 y B_2 están encendidos y A_2 y B_2 apagados.	28
Fig. 1.10 Esquema de un motor paso a paso de imanes permanentes con cuatro fases.	29
Fig 1.11 Mecanismo de sinfín de un levantador mecánico Joyce.	35
Fig.1.12 Mecanismo de engranaje.	36
Fig.1.13 Los engranes rectos se utilizan para transmitir movimiento de rotación entre ejes paralelos.	37
Fig. 1.14 Piñón de evolvente y cremallera	38
Fig. 1.15 Los engranes helicoidales se emplean para transmitir movimiento entre ejes paralelos o no paralelos.	39
Fig. 1.16. los engranes cónicos se usan para transmitir movimiento entre ejes que se interceptan.	39
Fig. 1.17 Engranes cónicos espirales.	41
Fig. 1.18 Corte de los dientes de un engrane espiral sobre la cremallera de corona básica.	41

Fig. 1.19 a) Sinfín y corona. b) Sinfín con corona envolvente.	42
Fig. 1.20 Cremallera	43
Fig. 1.21 Esquema de un manipulador de coordenadas cartesianas.	44
Fig. 1.22 Esquema de un manipulador de coordenadas cilíndricas.	44
Fig. 1.23 Esquema de un manipulador de coordenadas esféricas.	45
Fig.1.24 Esquema de un manipulador de coordenadas de revolución o articuladas.	46
Fig. 1.25 Distintos tipos de articulaciones.	46
Fig. 1.26 Rectificadora de superficies con indicador automático de rectificado.	52
Fig. 1.27 Máquina herramienta con control numérico.	52
Fig. 1.28 Alineación horizontal en una maquina de estaciones múltiples	53
Fig. 1.29 Cambiador automático de herramientas con control numérico.	54
Fig. 1.30 Máquina de transferencia en línea.	56
Fig. 1.31 Rectificadora rotatoria continua	57
Fig. 1.32 Brochadora continúa en línea.	57
Fig. 1.33 Laminadora automática de engranes con mecanismo de torreta para carga y descarga de las preformas.	58
Fig. 1.34 Mecanismo alimentador por gravedad	59
Fig.1.35 Machueladora automática para acoplamientos , con alimentador por gravedad y colocador hidráulico.	59
Fig. 1.36 Máquina machueladora de alta velocidad, alimentador de cinco unidades y tobogán de descarga.	60
Fig. 1.37 Máquina asentadora con mecanismo elevador hidráulico.	61
Fig. 1.38 Máquina ensambladora automática para engranes	62
Fig. 1.39 Estación de calibradores neumáticos múltiples	63
Fig. 1.40 Unidad para pruebas de “pistas” de cojinetes por el método “Ziglo”.	64
Fig. 1.41 Simulador de procesos	66
Fig. 1.42 Simulador de procesos, Vistas	67
Fig. 1.43 Simulador de procesos, Vistas	67
Fig. 1.44 Simulador de procesos, Vistas	67
Fig. 1.45 Manipulador	69
Fig. 1.46 Manipulador, Vistas	70

Fig. 1.47 Manipulador, Vistas	71
Fig. 1.48 Almacenador & Ploter	72
Fig. 1.49 Almacenador & Ploter, Vistas	73
Fig. 1.50 Almacenador & Ploter, Vistas	73
Fig. 1.51 Fresadora	74
Fig. 1.52 Torno	74
Fig. 2.1. Elementos del mecanismo para movimiento lineal	76
Fig 2.2 Diagrama de la guía.	80
Fig 2.3 Diagrama de cuerpo libre de la guía.	81
Fig 2.4 Diagrama de cuerpo libre de las porciones AC y CB	82
Fig. 2.5 Diagrama del efecto cortante y momento flexionante	83
Fig. 2.6 Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante	83
Fig 2.7 Diagrama de cuerpo libre de las porciones AE y BE	82
Fig. 2.8 Diagrama de esfuerzo en una viga	86
Fig. 2.9 Nomenclatura para una rosca de Tornillo.	91
Fig. 2.10 Rosca Cuadrada	91
Fig. 2.11 Esquema de un tornillo de potencia	92
Fig. 2.12 Diagrama de velocidad V_r . Desplazamiento	93
Fig. 2.13 Diagrama del tornillo.	94
Fig. 2.14 Relé programable Zelio	111
Fig. 2.15 Diagrama de escalera en símbolos Ladder	119
Fig. 2.16 Diagrama de escalera en símbolos Eléctricos	121
Fig. 2.17 Diagrama de escalera en símbolos Eléctricos del modo de operación de posicionamiento	123
Fig. 2.18 Diagrama simplificado de control	119
Fig. 2.19 Diagrama eléctrico del sistema de control	121

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1 Comparación entre tres distintos sensores de posición angular.	12
Tabla 1. 2 Características de distintos tipos de actuadores para robots.	31
Tabla 1..3 Mecanismos de Transmisión.	35
Tabla 1.4 Mecanismos Presentes en el Simulador	68
Tabla 1.5 Mecanismos Presentes en el Manipulado	71
Tabla 1.6 Mecanismos Presentes en el Almacenador y Plotter	72

INTRODUCCIÓN

La automatización se define como el desempeño de operaciones automáticas dirigidas por medio de comandos programados con una medición automática de la acción, retroalimentación y toma de decisiones.

La automatización permite simplificar el trabajo efectuado por los seres humanos, haciendo de esta forma más eficiente una determinada actividad.

El presente trabajo de graduación que tiene por título “PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA PRODUCIR MOVIMIENTO LINEAL Y CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA FÍSICA”, contiene los fundamentos teóricos necesarios para iniciar el estudio del tema de la automatización, sus objetivos, clasificación, principios y partes principales que componen un sistema automatizado. También se hace una breve descripción de los mecanismos de transmisión más utilizados para este fin, con diferentes aplicaciones en sistemas tanto industriales como para usos didácticos.

En el segundo capítulo se detalla la propuesta de diseño del sistema automatizado tanto el mecanismo de transmisión o planta física como el sistema de control, en el tercer capítulo se exponen los diferentes procesos para la construcción del sistema con sus respectivos planos y en el último capítulo se incluyen muchos aspectos importantes que están relacionados en forma directa o indirecta en el presente trabajo logrando alcanzar resultados satisfactorios en función del objetivo general.

CAPÍTULO I

1. ANTECEDENTES

El avance científico tecnológico ha permitido el desarrollo de muchas áreas de actividad económica en particular de la actividad industrial, mostrando cambios radicales como reflejo de la incorporación de nuevos descubrimientos tecnológicos. Estos avances van orientados a incrementar tanto la eficiencia y la calidad en la producción como los niveles de seguridad, aspectos que no hubieran sido posibles sin el aporte de sistemas automatizados.

La automatización permite simplificar el trabajo efectuado por los seres humanos, haciendo de esta manera más eficiente cualquier tipo de actividad.

Todos los sistemas automatizados están constituidos por dos partes básicas, una planta física, que comprende toda la parte mecánica, y un sistema de control.

El proceso de globalización generaliza prácticas industriales más efectivas e incluso estandariza mejores procedimientos, contribuye a imponer procesos de cambio incluso en sociedades que tradicionalmente han intentado mantenerse aisladas.

La industria salvadoreña no puede ser una excepción a esta tendencia global como lo demuestra el interés en los tratados de libre comercio con U.S.A., México, y demás países vecinos. A pesar de las dificultades propias del contexto se pueden identificar algunas empresas que con esfuerzos muy grandes están incorporando sistemas automatizados en sus procesos industriales, haciendo indispensable que estos esfuerzos sean seguidos de cerca y apoyados por instituciones de educación superior con especialidades vinculadas a la automatización de los procesos productivos.

1.1 Historia

La economía mundial experimentó cambios fundamentales desde el último tercio del siglo XVIII. La producción de bienes entró en un proceso de desarrollo continuo, nunca conocido hasta entonces.

Paralelamente se introdujeron importantes cambios sociales y todo ello hizo que se entrase en una etapa histórica radicalmente distinta, una etapa con caracteres de revolución.

La Revolución Industrial se produjo en Inglaterra a fines del siglo XVIII. En Inglaterra se había formado una poderosa burguesía que, desde el siglo XVII, había logrado imponerse en los mercados mundiales y, además, supo aplicar sus inversiones a los ramos de producción en masa, como por ejemplo a la industria textil. Pero la profunda transformación industrial sólo fue posible al producirse otras revoluciones, como la agrícola, la demográfica y la de transportes, complementarias entre sí y que, en conjunto, constituyeron una auténtica revolución económica.

Con estas circunstancias favorables, la industria se transformó gracias a dos cambios decisivos: la mecanización del trabajo y el uso del vapor en las nuevas máquinas.

Los inventos mecánicos surgieron de la experiencia de los artesanos, que aportaron soluciones prácticas capaces de aumentar la producción y abaratar los costes de manera increíble, permitiendo así un mayor consumo de bienes de una misma calidad que los anteriormente producidos pero a un costo mucho menor.

Tras sucedido el inicio de este evento hasta hoy en día no ha parado esta revolución y continúa activa. Y como último desarrollo, hasta ahora obtenido y logrado gracias a esta revolución, esta la automatización industrial.

1.2 Automatización

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

En un contexto industrial se define la automatización como una tecnología que esta relacionada con el empleo de sistemas mecánicos y electrónicos.

1.2.1 Objetivos de la automatización

- ◆ Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de producción y mejorando la calidad de la misma.

- ◆ Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.

- ◆ Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.

- ◆ Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades con la calidad necesaria en el momento preciso.

- ◆ Simplificar el sistema de operación, de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.

- ◆ Integrar la gestión y producción.

1.2.2 CLASIFICACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN

Groover, Welss, Nagael y Odrey (1989), clasifican la automatización de acuerdo a los volúmenes de producción, de la siguiente manera:

- a) Automatización fija
- b) Automatización programable
- c) Automatización flexible.

La automatización fija se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, y por tanto es adecuado diseñar equipos especializados para procesar el producto (o un componente de producto) con alto rendimiento y con elevadas tasas de producción.

La automatización programable se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay diversidad de productos a obtener.

El concepto de automatización flexible solo se desarrollo en la práctica en los últimos 20 años, la experiencia adquirida con ese tipo de automatización indica que es más adecuado para el rango de producción de volumen medio.

La finalidad de cada uno de estos tipos de automatización es adoptar una de ellas de acuerdo al costo de los equipos, según Groover, Welss, Nagael y Odrey (1989):

- La economía de la automatización fija es tal que el coste de los equipos especiales puede dividirse entre un gran número de unidades y los costes resultantes son más bajos en relación con los métodos de producción alternativos.
- La automatización programable expresa: "el coste del equipo programable puede repartirse entre un gran número de productos aún cuando sean diferentes. Gracias a la característica de programación y a la adaptabilidad resultante del equipo, muchos productos diferentes y únicos en su género pueden obtenerse económicamente en pequeños lotes".

Mientras que de la automatización flexible solamente expresan que está entre la automatización fija y la automatización programable, ya que con esta se pueden obtener diferentes productos al mismo tiempo.

1.3 Principios de los Sistemas Automatizados.

Un sistema automatizado ajusta sus operaciones en respuesta a cambios en las condiciones externas en tres etapas: medición, evaluación y control.

a. Medición

Para que un sistema automatizado reaccione ante los cambios en su alrededor debe ser capaz de medir cambios físicos.

b. Evaluación

La información obtenida gracias a la medición es evaluada para así poder determinar si se debe llevar a cabo o no una acción correctiva.

c. Control

El último paso de la automatización es la acción resultante de las operaciones de medición y evaluación.

En muchos sistemas de automatización, estas operaciones pueden ser muy difíciles de identificar. Un sistema puede involucrar la interacción de más de un lazo de control “CONTROL LOOP”, que es la manera en la que se le llama al proceso de obtener la información desde el sistema de salida de una máquina y llevarla al sistema de ingreso de la misma. Pero como conclusión, todos los sistemas automatizados incluyen estos tres pasos u operaciones.

1.3.1 Partes principales de un sistema automatizado

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- ◆ Parte Operativa
- ◆ Parte de Mando

1.3.1.1 Parte Operativa

La Parte Operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los actuadores de las máquinas, como motores, cilindros, compresores, etc. y los captadores o transductores como fotodiodos, finales de carrera, etc.

a. Transductores

Son dispositivos encargados de convertir las magnitudes físicas en magnitudes eléctricas. Como las personas necesitan de los sentidos para percibir, lo que ocurre en su entorno, los sistemas automatizados precisan de los transductores para adquirir información de:

- ◆ La variación de ciertas magnitudes físicas del sistema.
- ◆ El estado físico de sus componentes

Los transductores se pueden clasificar en función del tipo de señal que transmiten en:

- ◆ Transductores todo o nada: Suministran una señal binaria claramente diferenciadas. Los finales de carrera son transductores de este tipo.
- ◆ Transductores numéricos: Transmiten valores numéricos en forma de combinaciones binarias. Los encoders son transductores de este tipo.
- ◆ Transductores analógicos: Suministran una señal continua que es fiel reflejo de la variación de la magnitud física medida.

b. Sensores.

Las informaciones más solicitadas por los sistemas automatizados, son las que hacen referencia a la posición, velocidad, aceleración, fuerzas, pares, dimensiones, contorno de los objetos, temperatura, presión, nivel, caudal, etc.

Para cuantificar los valores correspondientes a estos parámetros, existen en el mercado sensores del tipo mecánico, óptico, térmico, eléctrico, ultrasónico, etc.

Las funciones de los sensores pueden dividirse en dos categorías principales: Estado interno y estado externo.

Los sensores de estado interno dan la información relacionada con su estado, fundamentalmente la posición de sus articulaciones, mientras que los de estado externo dan la información referente al estado de su entorno, por medio de variables como: alcance, proximidad y contacto.

A continuación se tratarán algunos de los tipos de sensores internos mas comúnmente empleados.

Sensores de Posición.

Estos se encargan de convertir el ángulo de la articulación o la extensión, en una señal eléctrica. Los sensores de posición analógicos son más sencillos de construir, aunque los sensores digitales se utilizan más frecuentemente debido a su mayor precisión.

En el caso de control de una posición angular se emplean fundamentalmente los Encoders y los Resolvers. Para este propósito también podría usarse potenciómetros pero dan bajas respuestas, por lo que no se emplean, salvo en algunos robots educativos o en ejes que no requieren gran precisión en su posicionamiento.

Los Encoders incrementales o codificadores ópticos, constan en su forma más simple de:

- Un disco transparente con una serie de marcas opacas colocadas radialmente y equidistantes entre sí.
- Un sistema de iluminación en el que la luz es enfocada de forma correcta.
- Y un elemento fotorreceptor.

Esto se puede apreciar más claramente en la figura 1.1.

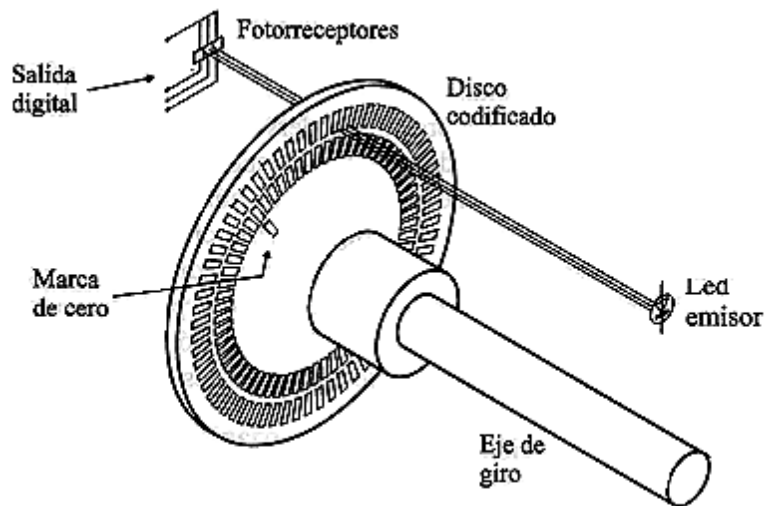


Fig. 1.1 Disposición de un codificador óptico (Encoders) incremental.

El eje cuya posición se quiere medir va acoplado al disco transparente. Con esta disposición, a medida que el eje gire se irán generando pulsos en el receptor cada vez que la luz atraviese cada marca, y llevando una cuenta de estos pulsos es posible conocer la posición del eje.

Normalmente los sensores de posición se acoplan al eje del motor. Considerando que en la mayoría de los casos entre el eje del motor y el de la articulación se sitúa un reductor de velocidad N . Cada movimiento de la articulación se verá multiplicado por N al ser medido por el sensor. Este aumentará así su resolución multiplicándola por N .

Este problema se soluciona con el uso de Encoders absoluto multivuelta, que es otro tipo de Encoders conectado por un engrane reductor al principal, de manera que cuando este gire una vuelta completa, el codificador adicional avanzará una posición.

Los inconvenientes de los Encoders, es que pueden presentar problemas mecánicos debido a la gran precisión que se debe tener en su fabricación, además de ser sensibles a golpes, vibraciones y contaminación ambiental.

La otra alternativa en sensores de posición angular la representan los Resolvers y los sincroresolvers, también llamados sincros.

Se trata de captadores analógicos con resolución teóricamente infinita. El funcionamiento de los Resolvers se basa en la utilización de una bobina solidaria al eje, excitada por una portadora, generalmente con 400 Hz, y por dos bobinas fijas situadas a su alrededor (Figura 1.2).

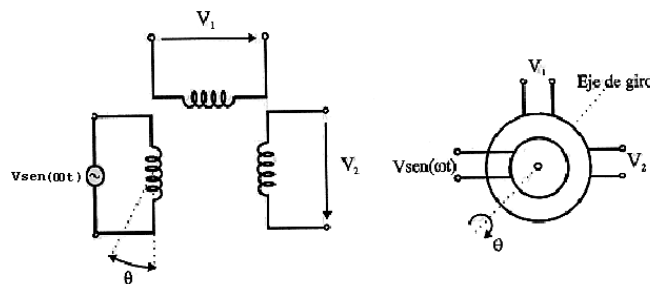


Fig. 1.2 Esquema de funcionamiento del Resolver.

El giro de la bobina móvil hace que el acoplamiento con las bobinas fijas varíe, consiguiendo que la señal resultante en ésta dependa del seno del ángulo de giro.

El funcionamiento del sincros es análogo a los Resolvers, excepto que las bobinas fijas forman un sistema trifásico en estrella.

Para poder tratar en el sistema de control la información generada por los Resolvers y los sincros es necesario convertir las señales analógicas a digitales. Para ello se utilizan los llamados convertidores Resolvers/Digital (R/D), que tradicionalmente se basan en dos tipos de estructuras distintas: Seguimiento (Tracking) y muestreo (Sampling). Ambos captadores son de tipo absoluto en cada vuelta del eje acoplados a ellos.

En la tabla 1.1 se muestra una comparación entre los tres tipos de sensores de posición angular de los que se han tratado en esta sección.

Tabla 1.1 Comparación entre tres distintos sensores de posición angular.

	Robustez mecánica	Rango dinámico	Resolución	Estabilidad térmica
Encoder	Mala	Media	Buena	Buena
Resolver	Buena	Buena	Buena	Buena
Potenciometro	Regular	Mala	Mala	Mala

Entre los sensores lineales destaca el transformador diferencial de variación lineal (LVDT), debido a su casi infinita resolución, poco rozamiento y alta repetibilidad. Su funcionamiento se basa en la utilización de un material de núcleo ferromagnético, unido al eje cuyo movimiento se quiere medir. Éste núcleo se mueve linealmente entre un devanado primario y dos secundarios, haciendo con su movimiento variar la inductancia entre ellos, ver Figura 1.3.

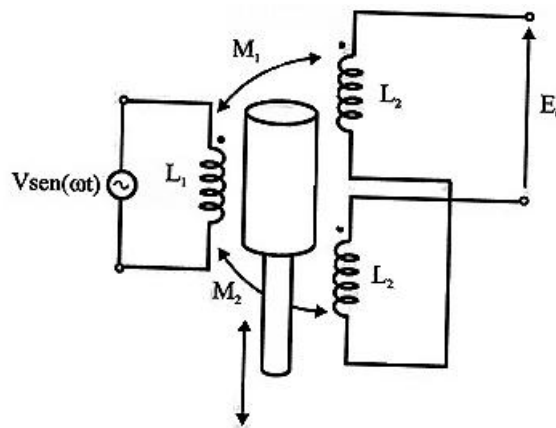


Fig. 1.3 Esquema de funcionamiento de un LVDT.

Los dos devanados secundarios conectados en serie, ven como la inductancia de la tensión alterna del primario, al variar la posición del núcleo hace crecer la tensión en un devanado y disminuirla en el otro.

Analizando la tensión E_o se concluye que esta es proporcional a la diferencia de inductancias mutuas entre el devanado primario con cada uno de los secundarios, y que por tanto depende linealmente del desplazamiento del vástago solidario al núcleo.

Las ventajas que presenta este tipo de sensor son: Alta linealidad, gran sensibilidad y respuesta dinámica elevada, y su mayor inconveniente sería el hecho de solo poder ser aplicado en desplazamientos pequeños.

Otros sensores lineales son: La regla óptica y la regla magnética.

Sensores de Velocidad.

Para un mejor control del comportamiento dinámico de los actuadores, es necesario la determinación de la velocidad.

La información de velocidad obtenida por el sensor se realimenta normalmente a un bucle de control analógico implementado en el propio accionador del elemento motor. En otras circunstancias de exigencia, la velocidad de giro de cada actuador se lleva hasta la unidad de control.

El captador utilizado para determinar la velocidad es de tipo tacogeneratriz, el cual produce una tensión proporcional a la velocidad de giro de su eje (alrededor de 10 milivoltios por rpm). Otra forma de determinar la velocidad sería a partir de la información de posición que esta posee.

Sensores de Presencia.

Este tipo de sensores se encarga de detectar la presencia de un objeto dentro de un radio de acción determinado.

Existen dos formas de hacer esta detección, con o sin contacto del objeto. En el primer caso, se trata siempre de un interruptor, normalmente abierto o normalmente cerrado según interese, actuado mecánicamente a través de un vástago u otro mecanismo.

En el caso de detección sin contacto, se utilizan diferentes principios físicos para detectar la presencia, dando lugar a diferentes tipos de detectores: inductivos, capacitivos, de efecto Hall, etc.

En el campo de la robótica, la principal utilidad que se le da a este tipo de sensores, es como elementos auxiliares de los sensores de posición, indicando los límites de movimiento de las articulaciones y permitir localizar la posición de referencia cero de estos, en el caso que sean del tipo incremental.

Otra aplicación de los sensores de presencia es cuando se usan como sensores externos, siendo muy sencillos de incorporar a robots por su carácter binario y su costo reducido.

Este tipo de sensores no está tan lejos de convertirse en los más predominantes dentro de los robots industriales, por lo que en la actualidad son tema activo de investigación y desarrollo en el campo de la robótica.

Los sensores de estado externo operan con la detección de variables como: alcance, proximidad y contacto, teniendo como objetivo el guiado, la manipulación e identificación de objetos.

Una de las formas de clasificar estos sensores es: en sensores de contacto o no contacto. La primera clase responde al contacto físico, tal como el tacto, deslizamiento y

torsión. Los sensores de no contacto se basan en las respuestas de un detector a las variaciones en magnitudes electromagnéticas o acústicas.

Es de interés destacar que la detección de alcance y visión suelen proporcionar información de guiado, la de proximidad y el tacto se asocian con fases terminales de agarre del objeto y los sensores de fuerza y torsión para retroalimentar el control, una vez se haya agarrado el objeto, evitando esto último el aplastamiento o el posible deslizamiento del objeto manipulado.

A continuación se presentan algunos de los tipos de sensores externos más utilizados:

- Sensores de detección de alcance. Este tipo de sensores mide la distancia desde un punto de referencia, que podría ser el sensor mismo, hasta objetos en el campo de operación del sensor. Su utilización se da en la navegación de robots y para evitar obstáculos. Las técnicas de detección de alcance más sencillas son: la triangulación, la iluminación estructural y las que se basan en el tiempo de vuelo, que son tres métodos, dos basados en el láser y el otro en ultrasonido.
- Sensores de detección de proximidad. Este tipo de sensores suele tener una salida binaria que indica la presencia de un objeto dentro del intervalo de distancia especificado. Los sensores de proximidad también pueden ser usados como sensores de estado interno. Las características operativas básicas de este tipo de sensores son las mismas que se mencionaron cuando se abordó este tipo de sensores, pero como de estado interno.

- Sensores de contacto. Estos sensores se utilizan en robótica para obtener información asociada con el contacto de una mano manipuladora y objetos en el espacio de trabajo. Existe una división en este tipo de sensores que los agrupa en dos categorías: binarios y analógicos. Los sensores binarios son esencialmente conmutadores que responden a la presencia o ausencia de objetos. Por lo contrario los sensores analógicos proporcionan a la salida una señal proporcional a una fuerza local.
- Sensores de fuerza y torsión. Se utilizan principalmente para medir las fuerzas de reacción desarrolladas en la superficie de separación entre conjuntos mecánicos. Los métodos principales para realizar esta operación son los de detección de articulación y los de muñeca. Un sensor de articulación mide las componentes cartesianas de la fuerza y de la torsión que actúan sobre una articulación y la suman vectorialmente. Para una articulación impulsada con un motor de corriente continua, la detección se realiza simplemente midiendo la corriente de inducido. Los sensores de muñeca, están montados entre la extremidad de un brazo de robot y el efector final.

Otros tipos de sensores externos son: los sensores de visión, tanto los de bajo nivel como los de alto nivel, y los menos comprendidos que son los de olfato y gusto basados en reacciones químicas.

c. Actuadores y Preactuadores

El actuador es el elemento final de control que, en respuesta a la señal de mando que recibe, actúa sobre la variable o elemento final del proceso.

Un actuador transforma la energía de salida del automatismo en otra útil para el entorno industrial de trabajo.

Los elementos motrices o actuadores tienen por objeto generar el movimiento de los mecanismos, según las ordenes dadas por la unidad de control. Esto puede hacerse directamente o por medio de transmisores encargados de trasladar el movimiento de los actuadores a las articulaciones. También se hace necesario adaptar el par y la velocidad de salida del actuador a los valores adecuados para el movimiento, y esto se logra por medio de reductores.

Los actuadores se clasifican de acuerdo al tipo de energía que emplean, en: eléctricos, neumáticos e hidráulicos.

Los actuadores ubicados en cada uno de estos tres medios de potencia motriz presentan características diferentes, obligando al diseñador a la hora de la selección a evaluar los siguientes aspectos: potencia, controlabilidad, peso y volumen, precisión, velocidad, mantenimiento, costo, etc.

A continuación se presenta estos tres tipos de actuadores:

i. Actuadores Neumáticos.

Los actuadores neumáticos emplean aire comprimido con presiones entre 5 y 10 bar como fuente de energía.

Existen dos tipos:

- Cilindros Neumáticos
- Motores Neumáticos

Los cilindros neumáticos pueden ser de simple o doble efecto. En los primeros (figura 1.4 a), el émbolo se desplaza en un sentido con la fuerza de empuje del aire comprimido y en el otro como consecuencia del efecto de un resorte o de una carga regresa a su posición de reposo. En los cilindros de doble efecto (figura 1.4 b) el aire a presión es el encargado de empujar el émbolo en ambas direcciones, dependiendo del lado de la cámara que se este llenando.

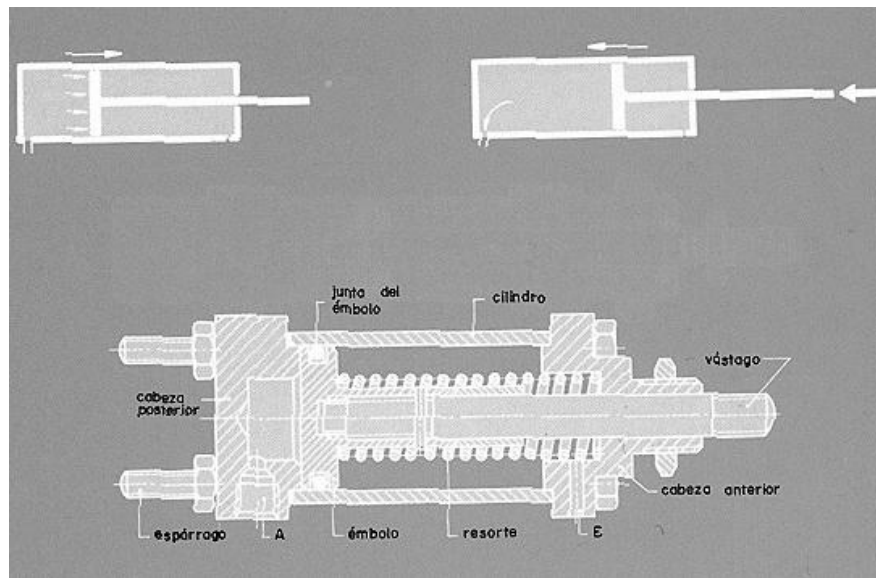


Fig. 1.4 a Esquema de un cilindro neumático de simple efecto

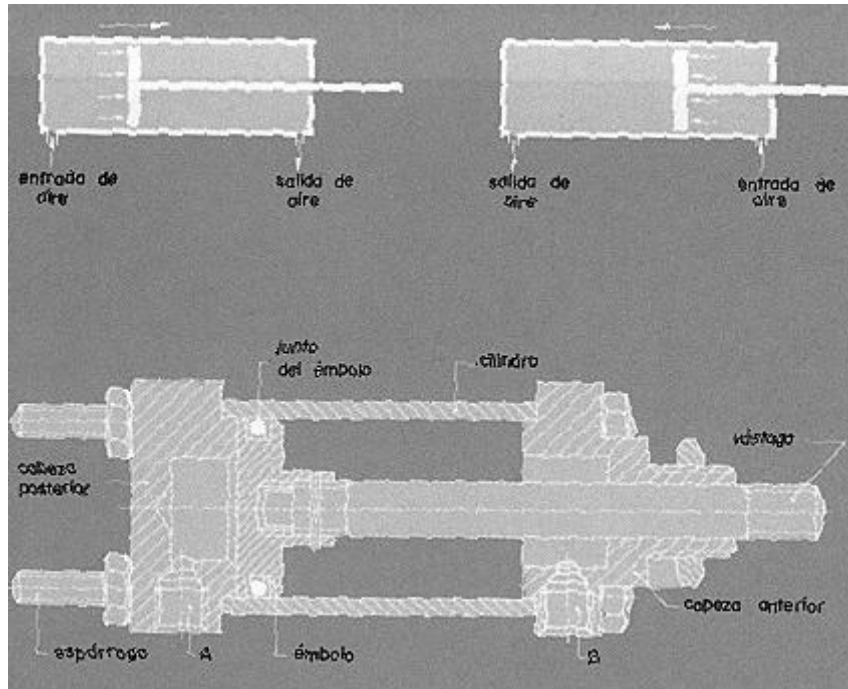
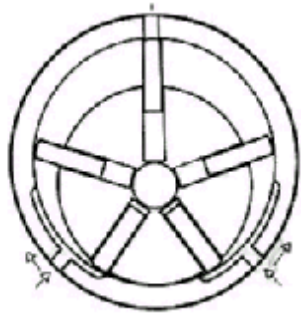


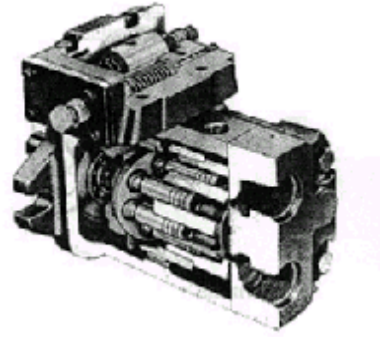
Fig. 1.4 b Esquema de un cilindro neumático de doble efecto.

Una desventaja que presentan los cilindros neumáticos es que sólo persiguen un posicionamiento en los extremos del mismo y no un posicionamiento continuo. Sin embargo esto se puede lograr con una válvula de distribución (accionada eléctricamente) que canaliza el aire hacia una de las dos caras del émbolo alternativamente.

En los motores neumáticos los más usados son los motores de aletas rotatorias y los motores de pistones axiales (ver figura 1.5)



a)



b)

Fig. 1.5 Tipos de motores más usados: a) Motor de paletas, b) motor de pistones axiales.

Los motores de aletas rotativas tienen un rotor excéntrico en el cual están dispuestas las aletas de longitud variable, y todo esto dentro de una carcasa. Al entrar el aire a presión a uno de los compartimientos formado por dos aletas y la carcasa, estas tienden a girar en la dirección donde el compartimiento tenga mayor volumen, transformando la fuerza neumática en rotación.

Los motores de pistones axiales tienen un eje de giro solidario a un tambor, que se ve obligado a girar por las fuerzas que ejercen varios cilindros apoyados sobre un plano inclinado.

Un método común y más sencillo para obtener movimientos de rotación a partir de actuadores neumáticos, se basa en el empleo de cilindros cuyo émbolo se encuentra acoplado a un sistema de piñón-cremallera, que forman una unidad compacta (ver figura 1.6)

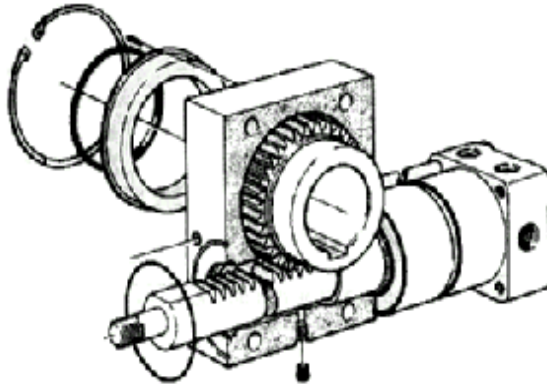


Fig. 1.6 Actuador rotativo tipo piñón-cremallera.

Debido a la compresibilidad del aire, los actuadores neumáticos ven limitadas sus aplicaciones en mecanismos donde se requiera que exista cierta elasticidad, o en determinadas articulaciones.

ii. Actuadores Hidráulicos.

Los actuadores hidráulicos no se diferencian funcionalmente de los descritos anteriormente en los actuadores neumáticos. Las condiciones en que trabajan estos son de presiones entre los 50 y 100 bar, llegándose en ocasiones a superar los 300 bar.

Existen dos tipos de actuadores, los cilindros y los del tipo de motor; estos llevan a cabo funciones opuestas a los compresores y bombas respectivamente, reconvirtiendo la energía hidráulica en mecánica.

Dentro de los tipos de cilindro se tienen: cilindros de simple efecto retornados por resorte y cilindros de doble efecto.

Los motores de engrane, de paletas y de pistones son los tipos más comúnmente empleados y fácilmente encontrados en el mercado actual. En su forma más simple, el motor hidráulico de engranes consiste en dos engranes rectos, generalmente con ocho o diez dientes, contenidos en una carcasa muy ajustada. El aceite a alta presión que ingresa ejerce un momento de rotación en ambas ruedas de engranes, aunque por lo general la potencia se obtiene solo de uno de ellos. Este tipo de motores puede funcionar a presiones hasta de 200 bar y pueden generar potencias hasta de 100 KW. Los otros dos tipos de motores hidráulicos funcionan similares a lo descrito para los motores neumáticos del mismo tipo.

Existen algunos actuadores que han sido diseñados para producir un movimiento giratorio restringido, como en el caso del accionador giratorio de aspas, que puede ser de acción única o de doble acción. Este tipo de actuador restringe la rotación generada aproximadamente a 300°. También está la configuración piñón-cremallera que permite diversos tipos de rotación para el eje motriz.

La mayor diferencia cuando se comparan los actuadores hidráulicos y neumáticos, la caracteriza el fluido, ya que en el caso del aceite hidráulico su grado de compresibilidad es considerablemente inferior al aire, por lo que la precisión obtenida en este caso es mayor, pudiendo realizar un control continuo. Además, las elevadas presiones de trabajo, diez veces superiores a la de los actuadores neumáticos, permite el desarrollo de elevadas fuerzas y pares.

Otras ventajas que presentan los actuadores hidráulicos son: la capacidad de soportar carga estáticas, sin aporte de energía, solo con el hecho de bloquear alguna válvula, la relación potencia-peso, su autolubricación y robustez.

Frente a estas ventajas existen también inconvenientes, por ejemplo: las elevadas presiones a las que trabaja propician fugas de aceite, así mismo, esta instalación es más complicada que las neumáticas o eléctricas, necesitando equipos de filtrado, eliminación de aire, sistema de refrigeración y unidades de control de distribución.

iii. Actuadores Eléctricos

Los actuadores eléctricos son los más usados en los sistemas automatizados, dejando en segundo lugar a los actuadores hidráulicos y por último los neumáticos. Características de sencillez, precisión y buen control han hecho posible esto.

Dentro de los actuadores eléctricos pueden distinguirse tres tipos diferentes:

- Motores de corriente continua (DC)
- Motores de corriente alterna (AC)
- Motores paso a paso.

A continuación se pasara a describir cada uno de estos tipos.

Motores de corriente continua (DC)

Los motores DC, están constituidos básicamente por dos devanados internos, inductor e inducido, un conmutador y escobillas.

- El inductor (devanado de excitación), se sitúa en el estator y crea un campo magnético de dirección fija.

- El inducido, situado en el rotor, hace girar al mismo debido a la fuerza de Lorentz, que aparece como una combinación de la corriente circulante por él y el campo magnético de excitación.
- Conmutador, sincroniza que se mantenga el ángulo relativo entre el campo del estator y el creado por las corrientes rotatorias, se ubica en el rotor y por lo general son segmentos de cobre.
- Escobillas se encargan del contacto eléctrico para el rotor por medio del conmutador, tratando de mantener una adecuada conexión deslizante con el mínimo de fricción.

El funcionamiento de este tipo de motor se basa en el hecho que un conductor con corriente que se encuentra colocado en un ángulo recto con respecto a un campo magnético, experimenta una fuerza perpendicular a la corriente y las líneas del campo. El campo magnético radial se crea por medio de imanes permanentes o bobinas para generación de campo en el estator. El rotor transporta las bobinas de la armadura, colocadas en el sentido axial, de manera que la fuerza creada cuando la corriente fluye a través de la armadura hace que gire el rotor. Conforme cada bobina de la armadura pasa por los polos con distinta polaridad, es necesario cambiar la dirección de la corriente, de manera que el par inducido en el rotor tenga siempre la misma dirección. Esto se logra pasando la corriente de las escobillas a las bobinas a través de conexiones de conmutación.

Para controlar este tipo de motores se puede lograr de dos formas: una por control de inducido, en donde la intensidad del inductor se mantiene constante, mientras que la tensión

del inducido se utiliza para controlar la velocidad de giro. En el otro caso los controlados por excitación se actúa al contrario.

Del estudio de ambos tipos de controles, y realizando las simplificaciones correspondientes, se obtiene que la relación entre tensión de control y velocidad de giro (función de transferencia), responde a un sistema de primer orden en los controlados por inducido, mientras que en el caso de los motores controlados por excitación, esta relación resulta de segundo orden. En la figura 1.7 aparece un esquema de un motor DC y las funciones de transferencia para los dos tipos de controles.

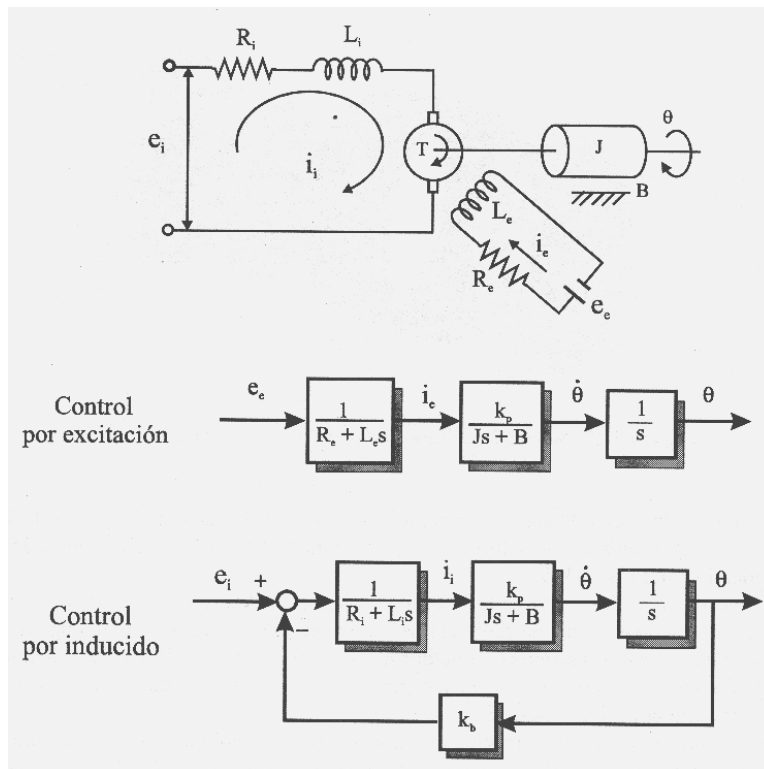


Fig. 1.7 Motor DC. Esquema y funciones de transferencia.

Además, en los motores controlados por inducidos se produce un efecto estabilizador de la velocidad de giro originado por la realimentación intrínseca que posee a través de la fuerza contraelectromotriz.

La potencia que pueden manejar estos motores anda por los 10 kw, con velocidades de rotación del orden de 1000 a 3000 rpm.

Existen otros tipos de MOTORES DC, que están ganando terreno en las aplicaciones de máquinas herramientas de control numérico y en la automatización como lo son:

- Motores de disco: la armadura transporta corriente a través de los conductores radiales. El campo magnético es axial, creado por los imanes permanentes colocados en ambos lados del disco, de manera que la fuerza impartida al disco hace que este gire. La reducida inercia de la armadura hace que el uso de motores de disco resulte atractivo en aplicaciones donde se requieren aceleraciones elevadas.
- Motores planos: Su nombre se lo debe a su alta relación Diámetro/longitud y se caracteriza por un elevado par a baja velocidad. Esto junto a su reducido peso lo hace atractivo para emplearlo como actuador directo.
- Motores sin escobillas: consta de imanes permanentes en el rotor y bobinas en el estator. El campo debe girar para hacer que el rotor se mueva y esto se lleva a cabo mediante la conmutación electrónica de los polos creados por las bobinas del estator. En este tipo de motor un gran número de polos puede dar una estrecha resolución de la posición.

Motores de Corriente Alterna.

Con las mejoras introducidas en máquinas sincronas, en los últimos años los motores de corriente alterna han tenido aplicación en el campo de la automatización. Los tres factores que han logrado esto son:

- La construcción de rotores sincronicos sin escobillas.
- Uso de convertidores estáticos que permiten variar la frecuencia (y así la velocidad de giro) con facilidad y precisión.
- El empleo de la microelectrónica que permite una gran capacidad de control.

En los motores sincronicos la velocidad de giro depende únicamente de la frecuencia de la tensión que alimenta el inducido. Para poder variar esta con precisión, el control de velocidad se realiza mediante un convertidor de frecuencia. Para evitar la pérdida del sincronismo, se utiliza un sensor de posición continua que detecta la posición del rotor, y permite mantener en todo momento el ángulo que forma los campos del estator y del rotor. Este método de control se conoce como autosincronismo o autopilotado.

En la figura 1.8 aparece un ejemplo de este tipo de motor junto con su controlador.

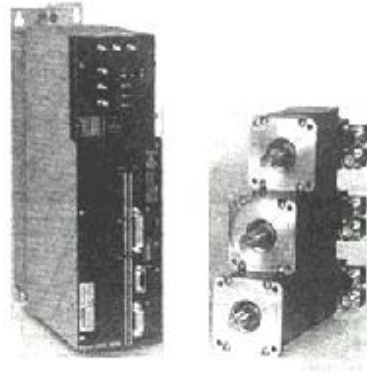


Fig. 1.8 Gama de motores con su etapa de control.

Motores Paso a Paso.

El motor paso a paso en algunos aspectos representa el actuador perfecto para los robots. A diferencia de los motores de corriente continua, que su eje de salida simplemente gira, los motores paso a paso gira en ángulos muy precisos. Los mejores de este tipo de motores tienen hasta 240 pasos por revolución, lo que equivale a 1.5 grados para cada incremento.

El par suministrado por este tipo de motor suele hacerse de dos formas. Una sería el par dinámico, que es la fuerza de giro que puede proporcionar a, por ejemplo, la articulación de un manipulador, cuando se está moviendo. La otra sería el par estático, correspondiente, en este caso, a la rigidez de la articulación cuando se ha detenido el movimiento.

El método de operación de este tipo de motor se explicará con el tipo constructivo más simple que sería el unipolar, ya que también existen los bipolares.

En la figura 1.9 se observa dos juegos de embobinados para las bases: A y B; cada embobinado se convierte en un polo norte (N) al energizarse.

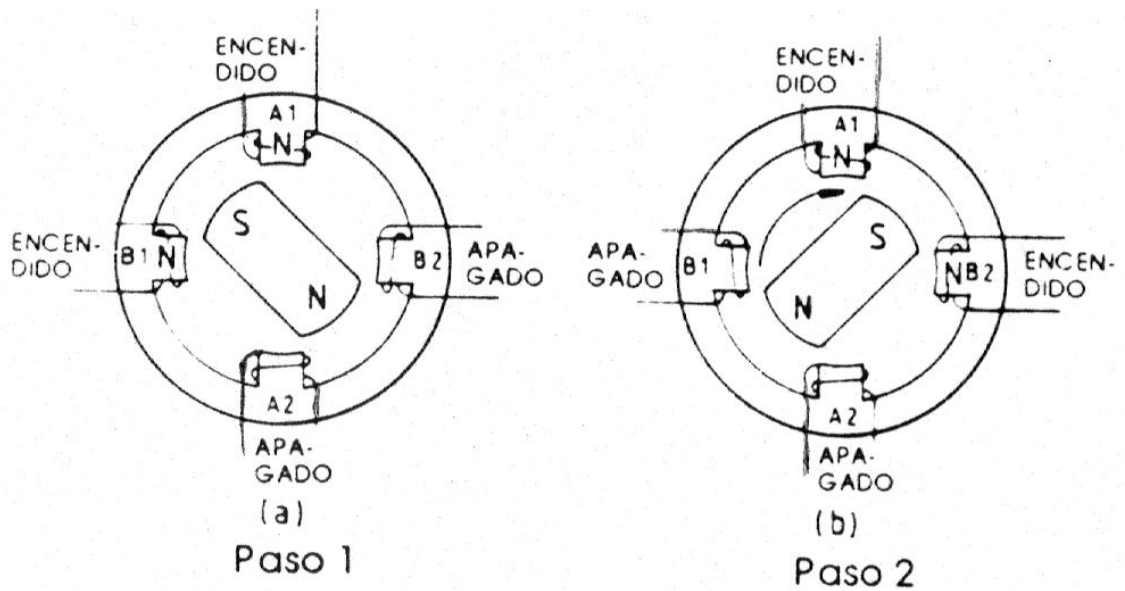


Fig. 1.9 Motor de pasos unipolar: a) las bobinas A_1 y B_1 están encendidas, A_2 y B_2 apagados, b) las bobinas A_1 y B_2 están encendidos y A_2 y B_1 apagados.

En la parte a) de la figura 1.9 las bobinas A_1 y B_1 atraen el polo sur (S) del imán permanente acoplado al rotor. Al apagarse B_1 y encenderse B_2 el polo sur es atraído a una nueva posición a 90° , en el sentido del movimiento de las manecillas del reloj, como se muestra en la figura 1.9 b. La continuación de esta secuencia de encendido y apagado hace que el rotor avance 90° cada vez que se activa la conmutación. Para lograr pasos más pequeños es necesario incrementar el número de polos.

Existen tres tipos de motores paso a paso:

- De imanes permanentes
- De reluctancia variable
- Híbridos

En los de imanes permanentes (figura 1.10), el rotor, que posee una polarización magnética constante, gira para orientar sus polos de acuerdo al campo magnético creado por las fases del estator. En los motores de reluctancia variable, el rotor esta formado por un material ferromagnético, que tiende a orientarse de modo que facilite el camino de las líneas de fuerzas del campo magnético generado por las bobinas del estator. Los motores híbridos combinan el modo de funcionamiento de los dos tipos anteriores.

En los motores paso a paso la señal de control son trenes de pulsos que van actuando rotativamente, sobre una serie de electroimanes dispuestos en el estator, provocando que por cada pulso recibido, el rotor gira un determinado número de grados. Esto se logra por medio de un chip de control que conectado directamente a un ordenador determina la alimentación de energía al motor. Por lo que es posible usar este tipo de motor en una articulación sin un sensor posicional que suministre una señal de retroalimentación, provocando que se disminuyan los costos.

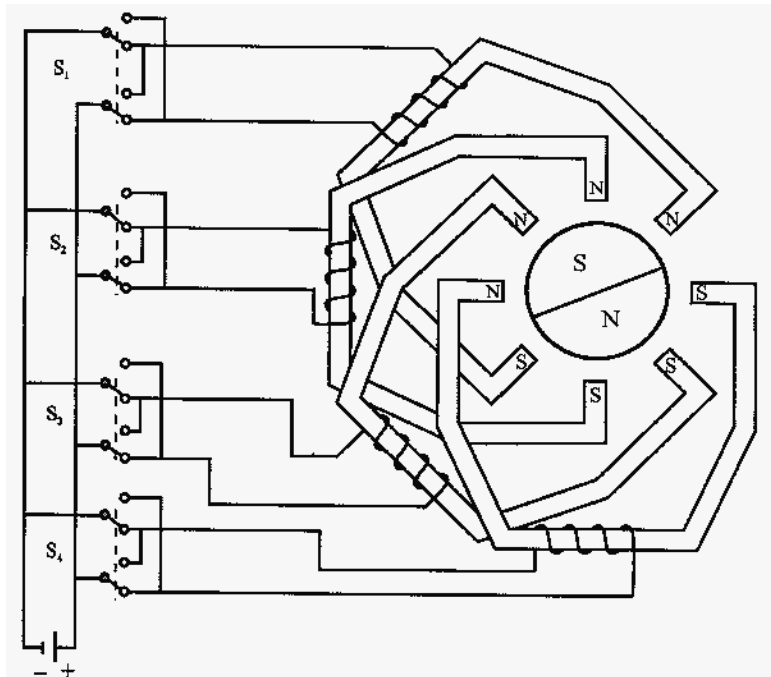


Fig. 1.10 Esquema de un motor paso a paso de imanes permanentes con cuatro fases.

Algunas aplicaciones de este tipo de motores son en máquinas herramientas de control numérico, donde la pieza de trabajo se mueve tan solo fracciones de milímetro. También puede encontrarse en impresores de ordenador y en pequeños robots.

A continuación a manera de resumen de esta sección se presenta una tabla (tabla 1.2) comparativa entre los diferentes tipos de actuadores.

Tabla 1.2 Características de distintos tipos de actuadores para robots.

	Neumático	Hidráulico	Eléctrico
Energía	Aire a presión (5 – 10 bar)	Aceite hidráulico (50 – 100 bar)	Corriente Eléctrica
Opciones	.Cilindros .Motor de paletas .Motor de pistón	-Cilindros -Motor de paletas -Motor de pistones axiales	.Corriente continua .Corriente alterna .Motor paso a paso
Ventajas	.Baratos .Rápidos .Sencillos .Robustos	-Rápidos -Alta relación potencia- peso. -Autolubricantes -Alta capacidad de carga. -Estabilidad frente a cargas estáticas.	.Precisos .Fiables .Fácil control .Sencilla Instalación .Silenciosos

Desventajas	.Dificultad de control continuo .Instalación especial (compresor, filtros) .Ruidoso	-Difícil mantenimiento. -Instalación especial (filtros, eliminación aire) -Frecuentes fugas. -Caros.	.Potencia limitada
-------------	---	---	--------------------

Los actuadores son gobernados por la parte de mando, sin embargo, pueden estar bajo el control directo de la misma o bien requerir algún preaccionamiento para amplificar la señal de mando. Esta preamplificación se traduce en establecer o interrumpir la circulación de energía desde la fuente al actuador.

PREACCIONADORES

Los preaccionadores disponen de:

Parte de mando o de control que se encarga de conmutar la conexión eléctrica, hidráulica o neumática entre los cables o conductores del circuito de potencia.

1.3.1.2 Parte de Mando

La Parte de Mando suele ser un autómeta programable (tecnología programada), aunque aun se utilizan relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómeta

programable esta en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

a. Tecnología cableada

Con este tipo de tecnología, el automatismo se realiza interconectando los distintos elementos que lo integran. Su funcionamiento es establecido por los elementos que lo componen y por la forma de conectarlos.

Esta fue la primera solución que se utilizó para crear autómatas industriales, pero presenta varios inconvenientes.

Los dispositivos que se utilizan en las tecnologías cableadas para la realización del automatismo son:

- ◆ Relés electromagnéticos.
- ◆ Módulos lógicos neumáticos.
- ◆ Tarjetas electrónicas.

b. Tecnología programada

Los avances en el campo de los microprocesadores de los últimos años han favorecido la generalización de las tecnologías programadas en la realización de automatismos.

Los equipos realizados para este fin son:

- ◆ Los ordenadores.
- ◆ Los autómatas programables.

El ordenador, como parte de mando de un automatismo presenta la ventaja de ser altamente flexible a modificaciones de proceso. Pero, al mismo tiempo, y debido a su diseño no específico para su entorno industrial, resulta un elemento frágil para trabajar en entornos de líneas de producción.

Un autómata programable industrial es un elemento robusto diseñado especialmente para trabajar en ambientes de talleres, con casi todos los elementos del ordenador.

1.3.2 Mecanismos de Transmisión

Mecanismo es una combinación de cuerpos rígidos dispuestos de tal manera que el movimiento de uno obliga a los otros a moverse, de acuerdo a una ley que depende de la naturaleza de la combinación.

A menudo se usan como sinónimos los términos mecanismos y máquinas, pero en realidad, la combinación es un mecanismo cuando se usan para transmitir o modificar movimiento y una máquina si se transfiere energía o se ejecuta trabajo. Así pues una máquina es una serie o tren de mecanismos, pero no necesariamente un mecanismo es una máquina.

Los dispositivos que pueden utilizarse para generar movimiento en forma remota son: engranes de todo tipo, cables, bandas, bandas dentadas y cadenas.

Aunque no existe un sistema de transmisión específico para los sistemas automatizados, si existen algunos usados con mayor frecuencia y que se recogen clasificándolos en la tabla 1.3, en base al tipo de movimiento de entrada y salida.

Tabla 1.3 Mecanismos de Transmisión.

Entrada /Salida	Denominación	Ventajas	Inconvenientes
Circular-Circular	-Engranaje	-Pares altos	-Holguras
	-Correa dentada	-Distancia grande	-
	-Cadena	-Distancia grande	-Ruido
	-Paralelogramo	-	-Giro limitado
	-Cable	-	-Deformidad
Circular-Lineal	-Tornillo sin fin	-Poca holgura	-Rozamiento
	-Cremallera	-Holgura media	-Rozamiento
Lineal-Circular	-Paral Articulado	-	-Control difícil
	-Cremallera	-Holgura media	-Rozamiento

A
lgo
muy
impor
tante
al
diseñ
ar los
meca

nismos de transmisión es el hecho que no se afecte al movimiento que trasmite, ya sea por el rozamiento inherente a su funcionamiento o por las holguras que su desgaste puede introducir.

También hay que tener en cuenta que el mecanismo de transmisión sea capaz de soportar un funcionamiento continuo a un par elevado, y a ser posible entre grandes distancias.

1.3.2.1 MECANISMOS DE TORNILLO

Un tornillo para la aplicación de fuerza o potencia mecánica es un dispositivo en la maquinaria para convertir un giro o desplazamiento angular en un desplazamiento rectilíneo, y transmitir así, generalmente, la acción de una fuerza o potencia mecánica. Suelen emplearse en los husillos o ejes de avance de los tornos y en los elementos de fuerza de mordazas, prensas y levantadores o gatos.

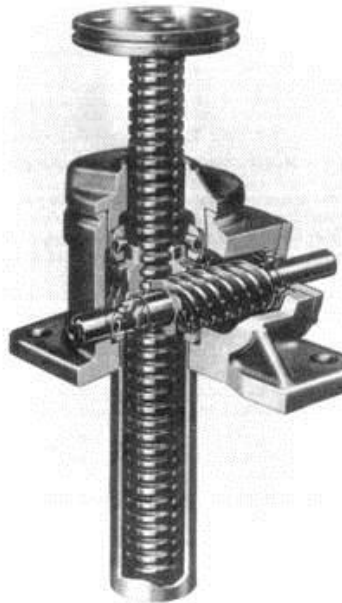


Fig. 1.11 Mecanismo de sinfín de un levantador mecánico Joyce.

En conclusión se puede decir que los mecanismos de tornillo se emplean para transmitir fuerzas y para convertir un movimiento circular en otro de traslación, o viceversa.

1.3.2.2 MECANISMOS DE ENGRANAJES

Desde un punto de vista topológico, el mecanismo de engranaje está formado por dos ruedas dentadas engranadas entre sí, formando un par superior, de contacto lineal (o puntual, en algún caso), unidas mediante un cierre de cadena (a través de los correspondientes apoyos en el bastidor) (fig.1.12)

El movimiento de la rueda 2 se transmite a la rueda 3 mediante el empuje de los dientes de la primera sobre la segunda, siendo los dientes de ambas perfiles conjugados de deslizamiento.

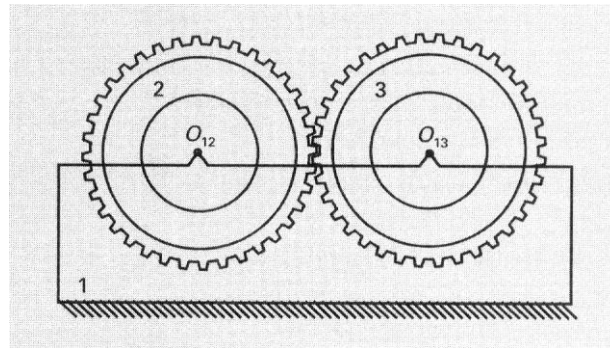


Fig.1.12 Mecanismo de engranaje.

Usos del mecanismo.

El principal empleo de este mecanismo se encuentra en la transmisión del giro entre dos árboles (pudiendo estar estos en cualquier posición relativa), especialmente cuando ello implica potencias elevadas, dado que el valor de estas sólo está limitado por la resistencia mecánica de los dientes en contacto.

Otra de sus grandes aplicaciones es como mecanismo reductor (o multiplicador) de la velocidad, uniéndose adecuadamente una serie de engranajes en cascada, formando lo que se llama un tren de engranajes.

También, y por la misma razón anterior, se emplea como mecanismo variador de la velocidad entre dos árboles, cuando la transmisión de elevada potencia es fundamental (cajas de cambio por engranajes).

Tipos de engranajes.

Engranés rectos.

Los engranes rectos que se ilustran en la fig.1.13 son engranes cilíndricos que tienen sus dientes paralelos al eje de rotación y se utilizan para transmitir movimiento de un eje a otro que es paralelo.

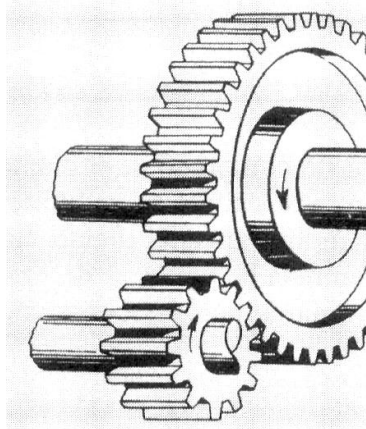


Fig.1.13 Los engranes rectos se utilizan para transmitir movimiento de rotación entre ejes paralelos.

Puede considerarse que una cremallera es un engrane recto, cuyo diámetro de paso es infinito. En consecuencia, tiene un número infinito de dientes y una circunferencia de base que esta a una distancia infinita del punto de paso. La figura 1.14 muestra una cremallera de evolvente conectada a un piñón.

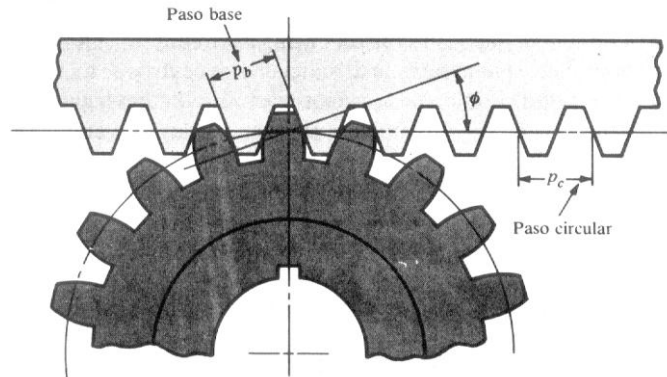


Fig. 1.14 Piñón de evolvente y cremallera

Los lados correspondientes de dientes de evolvente son curvas paralelas: el paso base es la distancia fundamental y constante que hay entre ellos a lo largo de una normal común.

Dado que en una cremallera el ángulo de presión puede tomarse de cualquier valor, puede verse que con una rueda dada pueden engranar todas las cremalleras que se quiera (con diferentes ángulos de presión), con tal de que tengan el mismo paso base.

Como conclusión, puede afirmarse: una cremallera cualquiera engrana con una rueda cualquiera, con tal de que tenga el mismo paso base.

Engranés helicoidales

Los engranes helicoidales que se muestran en la fig.1.15 son engranes cilíndricos que tienen sus dientes inclinados o no paralelos al eje de rotación. Los engranes helicoidales pueden utilizarse para las mismas aplicaciones que los engranes rectos, y cuando se utilizan en esta forma, no son tan ruidosos, debido al acoplamiento más gradual de los dientes durante el endentado.

El diente inclinado desarrolla también cargas de empuje axial y pares flexionantes, que no están presentes en los engranes rectos. Algunas veces los engranes helicoidales se emplean para transmitir movimiento entre ejes no paralelos.

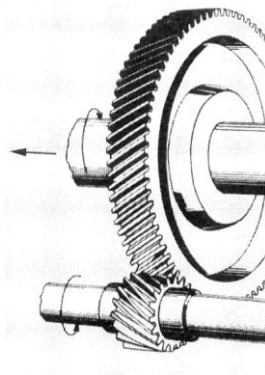


Figura 1.15 Los engranes helicoidales se emplean para transmitir movimiento entre ejes paralelos o no paralelos.

Engranes cónicos

Los engranes cónicos, que se muestran en la fig1.16 tienen dientes formados en superficies cónicas y se utilizan principalmente para transmitir movimiento entre ejes que se intersecan.

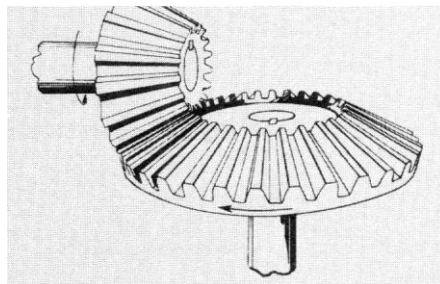


Figura 1.16. los engranes cónicos se usan para transmitir movimiento entre ejes que se interceptan.

Engranés cónicos espirales

Los engranes cónicos rectos son fáciles de diseñar y sencillos para fabricarse. Sin embargo, como en el caso de los engranes rectos, se hacen ruidosos en los valores más elevados de la velocidad de la línea de paso. En estos casos, a menudo resulta una buena práctica de diseño recurrir al engrane cónico espiral, que es el equivalente cónico del engrane helicoidal. En la figura 1.17 se muestra un par de endentado de engranes cónicos espirales, y en ella se puede ver que las superficies de paso y la naturaleza del contacto son iguales que para los engranes cónicos rectos, excepto por las diferencias introducidas por los dientes de forma espiral.

Los dientes de los engranes cónicos espirales se conjugan con una cremallera de corona básica, que se genera como se indica en la fig.1.18 utilizando un cortador circular. El ángulo de espiral Ψ se mide en el radio medio del engrane. Al igual que en los engranes helicoidales, los cónicos espirales dan una acción de diente mucho más suave que los engranes cónicos rectos.

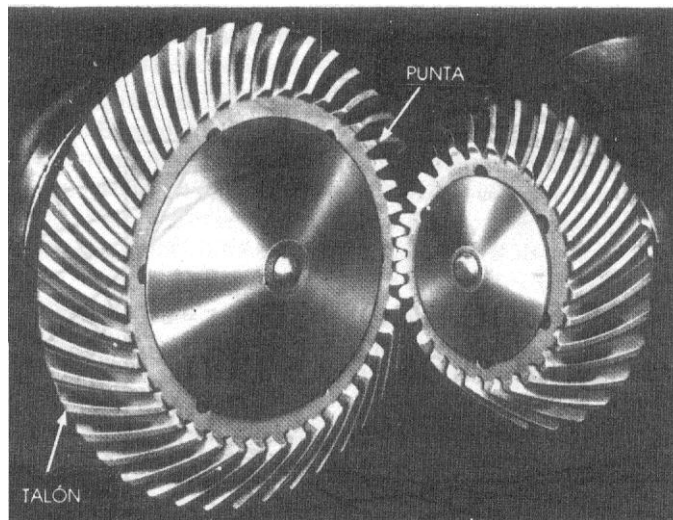


Fig. 1.17 Engranés cónicos espirales.

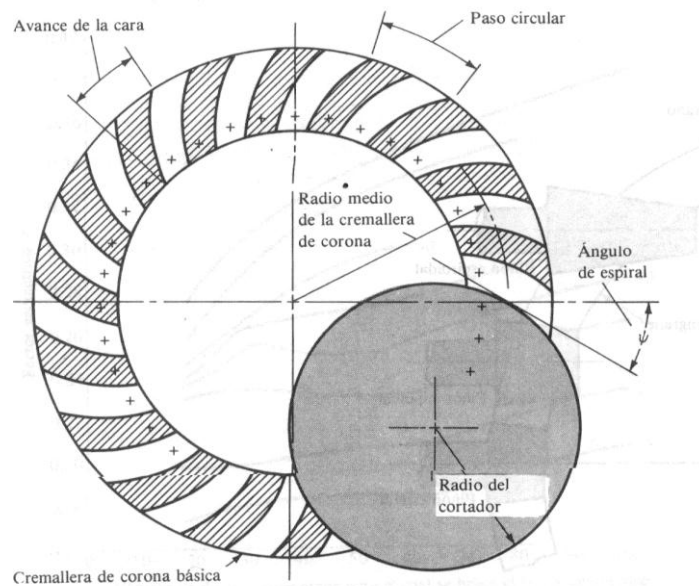


Fig. 1.18 Corte de los dientes de un engrane espiral sobre la cremallera de corona básica.

Para obtener una verdadera acción de diente espiral, la razón de contacto en la cara debe ser de por lo menos 1.25.

Los ángulos de presión usados con los engranes cónicos espirales son por lo común $14\frac{1}{2}$ a 20° , mientras que el ángulo de espiral es de aproximadamente 30 o 35° . Por lo que concierne a la acción del diente, la mano de la espiral puede ser derecha o izquierda, y esto no provoca diferencia alguna. Sin embargo, si los cojinetes están flojos, los dientes podrían atascarse o separarse, dependiendo de la dirección de la rotación y la mano de la espiral. Puesto que el atascamiento de los dientes causaría el mayor daño, la mano de la espiral debe ser tal que los dientes tiendan a separarse.

Engranaje de tornillo sinfín.

Si un diente de un engranaje helicoidal hace una revolución completa en el cilindro de paso, el engranaje que resulta se llama sinfín. Al engranaje compañero para un sinfín se le llama “corona”; sin embargo, la corona no es un engranaje helicoidal. Los acoplamientos corona-sinfín se emplean para conectar flechas no paralelas que no se intersectan y que generalmente se encuentran perpendiculares mutuamente. (ver figura 1.19).

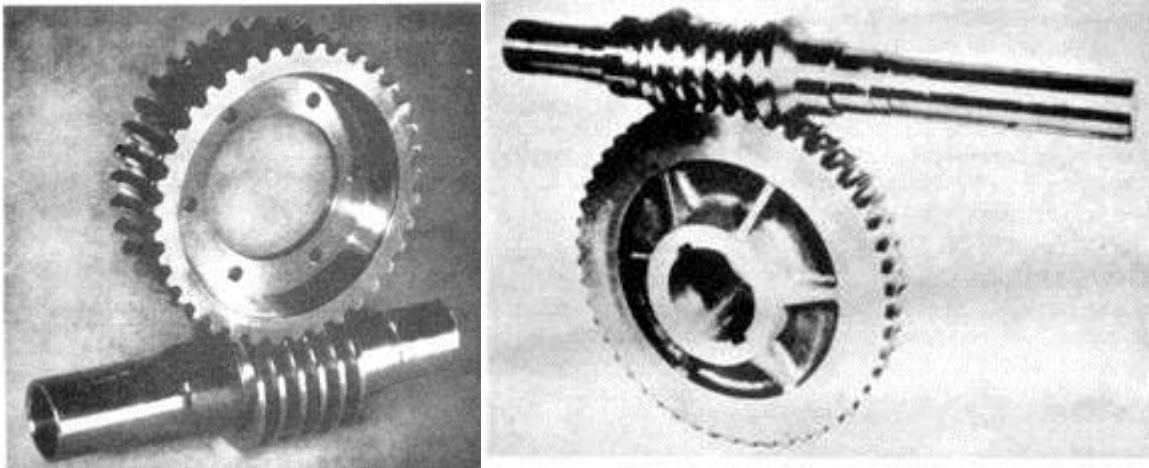


Fig. 1.19 a) Sinfín y corona. b) Sinfín con corona envolvente.

En la figura 1.19 se ilustra este tipo de engranaje. Como se indica un elemento llamado sinfín o gusano se parece a un tornillo. El sentido de rotación del otro elemento llamado rueda o engrane del sin fin, depende del sentido de rotación del gusano y de si los dientes del mismo están cortados a la derecha o a la izquierda. Los engranajes de tornillo sin fin se construyen también de modo que los dientes de uno o de los dos elementos envuelvan parcialmente al otro. Estos engranajes reciben el nombre, según el caso, de engranajes de sinfín de tipo envolvente simple o doble. Los mecanismos de gusano o sinfín se usan principalmente cuando las relaciones de velocidad de los dos ejes son muy altas, por ejemplo, 3 o más.

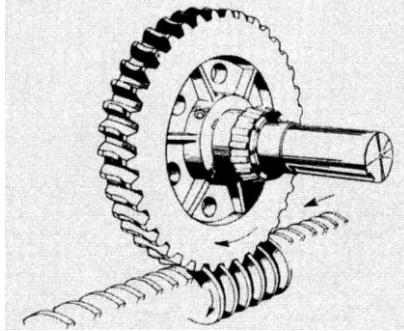


Fig. 1.20 Cremallera.

1.3.3 Movimientos básicos de mecanismos automatizados

- Coordenadas cartesianas. En el que se desplazan en tres ejes lineales. Esta configuración da lugar a robots de alta precisión, gran capacidad de carga, amplia zona de trabajo y simplificación del sistema de control. Se usan en aplicaciones que requieren movimientos lineales de alta precisión y en los casos en que la zona de trabajo sea básicamente un plano (figura 1.21).

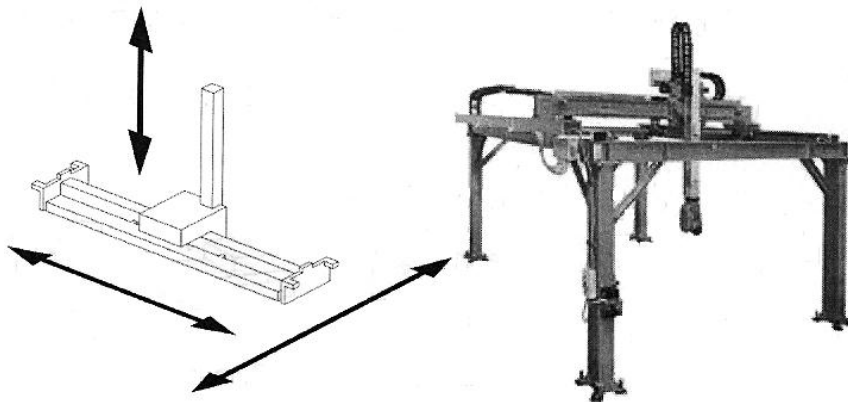


Fig. 1.21 Esquema de un manipulador de coordenadas cartesianas.

- Coordenadas cilíndricas. Su desplazamiento se realiza con un movimiento rotacional en la base y dos lineales perpendiculares. Su eje rotacional hace que el brazo presente mejores maniobras y velocidad que el manipulador cartesiano. Se aplica en instalaciones sin obstáculos, en las que las máquinas se distribuyan radialmente y el acceso al punto deseado se realice horizontalmente (figura 1.22).

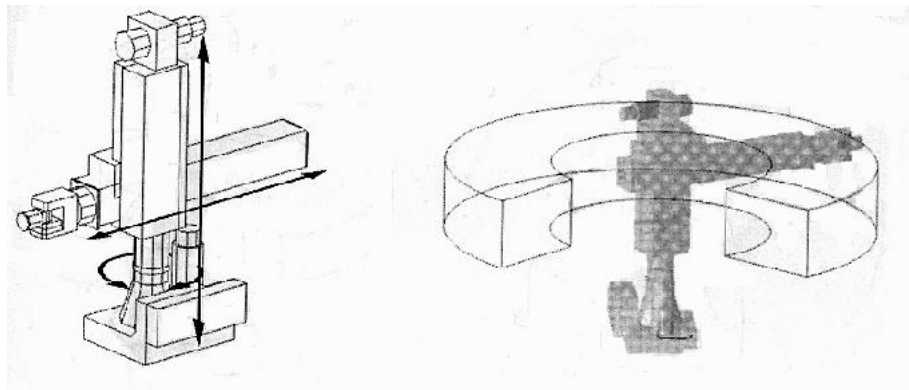


Fig. 1.22 Esquema de un manipulador de coordenadas cilíndricas.

- Coordenadas esféricas. El movimiento se ejecuta en un eje lineal y dos rotacionales. Su accesibilidad es mejor que la de los robots cartesiano y cilíndrico, así como también su capacidad de carga. Este tipo de robots presenta ciertos inconvenientes, como la dificultad de controlar un simple movimiento de traslación o la pérdida de precisión producida al trabajar con cargas pesadas y con el brazo muy extendido. Se aplica en operaciones de manejo de cargas importantes que no precisen de movimientos complejos (figura 1.23).

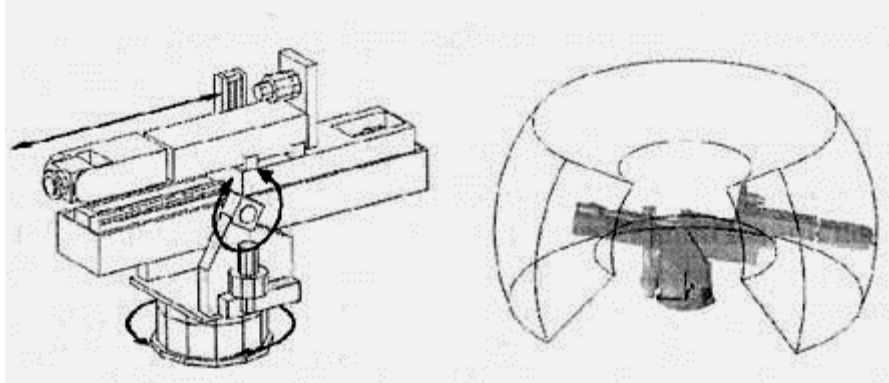


Fig. 1.23 Esquema de un manipulador de coordenadas esféricas.

- Coordenadas de revolución o articuladas. En el que los tres ejes de movimientos son rotacionales. Los manipuladores con esta configuración presentan gran maniobrabilidad y accesibilidad a zonas con obstáculos, ocupan poco espacio en relación a su alcance, son robots muy rápidos, que permiten trayectorias muy complejas (figura 1.24).

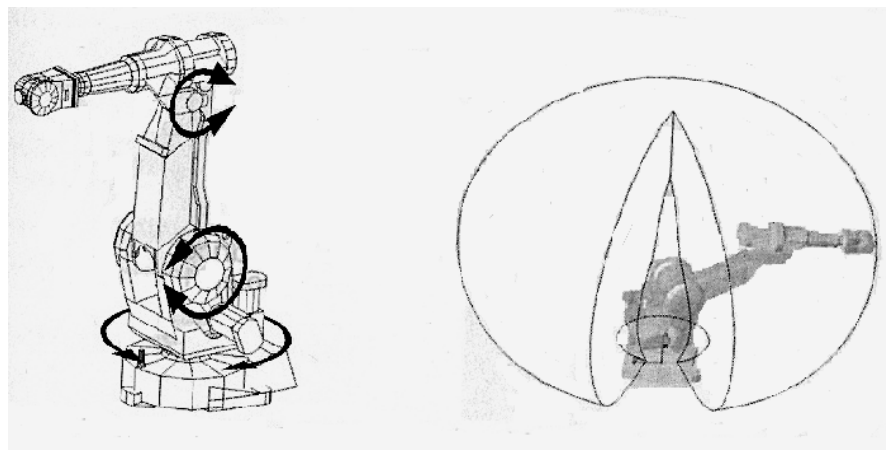


Fig.1.24 Esquema de un manipulador de coordenadas de revolución o articuladas.

Tipos de articulaciones

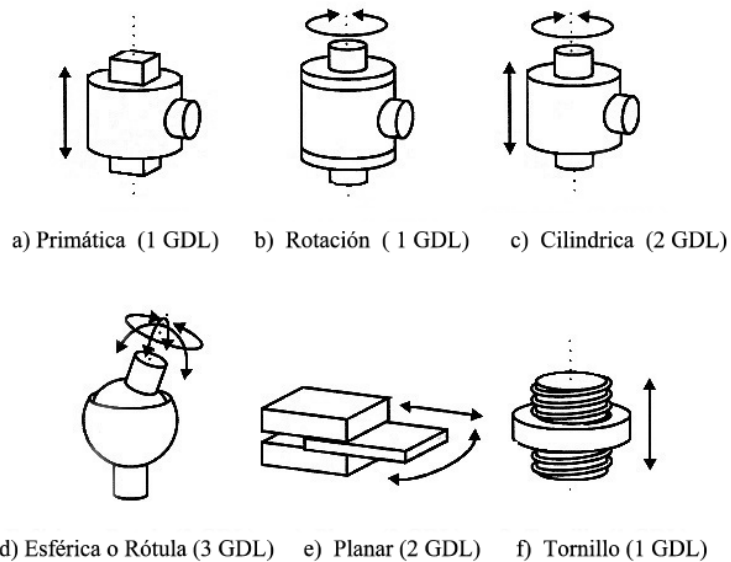


Fig. 1.25 Distintos tipos de articulaciones.

A continuación se hará una breve descripción de cada uno de ellos:

- El par prismático o deslizante P. (figura 1.25.a) Los elementos de un par P son prismas congruentes o cilindros no circulares, que permiten solo el movimiento relativo de deslizamiento, teniendo solo un grado de libertad.
- El par giratorio o rotacional R. (figura 1.25.b) Solo permite rotación relativa entre los enlaces, una rotación alrededor del eje del par, por lo que con frecuencia se le denomina articulación de pasador o de espiga, teniendo solo un grado de libertad. Los pares P y R pueden usarse en mecanismos planares como espaciales.
- El par cilíndrico C. (figura 1.25.c) Este consiste en dos cilindros circulares idénticos; uno de ellos convexo, el otro cóncavo. Permite tanto rotación angular como un movimiento de deslizamiento independiente por lo que posee dos grados de libertad.
- El par esférico S. (figura 1.25.d) Consiste de una esfera convexa o sólida que, idealmente coincide de manera exacta con una cubierta esférica del mismo radio. Esta

articulación es una rótula que posee tres grados de libertad, una rotación en torno a cada uno de los ejes coordenados.

- El par planar PL. (figura 1.25.e) Rara vez se encuentra en los mecanismos en su forma no disfrazada. Posee dos grados de libertad.
- El par de tornillo T. (figura 1.25.f) Cuenta con un solo grado de libertad porque los movimientos de traslación y rotación están relacionados por el ángulo de hélice de la rosca. Por tanto, la variable del par se puede elegir como ΔS o bien $\Delta\theta$, pero no ambos.

El término grado de libertad (GDL) puede ser aplicado a articulaciones o a un mecanismo completo. Su definición nos dice que representa cada uno de los movimientos independientes que pueden realizar cada articulación con respecto a la anterior. Cuando se aplica a un mecanismo representa la suma de los grados de libertad de las articulaciones que lo componen. Si por ejemplo un manipulador está constituido por pares P y R con un solo GDL que por lo general así sucede, el número de GDL suele coincidir con el número de articulaciones que lo componen.

1.4 Sistemas Automatizados Aplicados

1.4.1 Automatización en la manufactura

Los adelantos en la tecnología que han dado por resultado las máquinas y sistemas desde el más simple hasta el más complejo, se relacionan en forma principal con la manufactura. La automatización en la manufactura abarca cuatro áreas primarias de la producción: equipo para producción, transporte, inspección y ensamble.

Equipo para producción.

El aumento en la producción se ha logrado con el empleo de aparatos automáticos o semiautomáticos en las líneas de producción. Los adelantos en el equipo incluyen sujetadores para la pieza de trabajo, máquinas herramientas y sistemas de control.

Los sujetadores para la pieza de trabajo incluyen tornillos de banco, prensas, matrices y dispositivos. Los tornillos de banco y similares sujetan la pieza de trabajo en diversas operaciones de producción; algunos tienen movimiento rotatorio y axial para colocar la pieza de trabajo. En otras operaciones se utilizan prensas de diversos tamaños y formas para sostener la pieza de trabajo. Las matrices y dispositivos sujetan y soportan la pieza de trabajo en diversas operaciones. Aunque los tornillos de banco, prensas y otros tienen multitud de aplicaciones, las matrices y dispositivos tienen usos especializados. Su función principal es ahorrar tiempo de preparación y ayudar en la producción de piezas idénticas. El error humano se reduce cuando un sujetador puede mantener la pieza en la posición exacta para el trabajo. La diferencia principal entre una matriz y un dispositivo es que la matriz guía a la herramienta en la pieza de trabajo y el dispositivo la coloca para usar la herramienta. Se utilizan para hacer más rápidas la carga y descarga y para tener colocación exacta de las piezas de trabajo.

La maquinaria para producción incluye las máquinas con corte de virutas, para moldear, aplicar presión y aparatos electroquímicos. La maquinaria para corte de virutas se emplea para

tornear, aserrar, fresar, cepillar, esmerilar, taladrar y equivalentes; en estas operaciones la herramienta remueve material en forma de virutas y produce la forma deseada. El equipo para producción por moldeo, como fundición en molde de presión, formación al vacío o por soplado y colada logra productos a partir de materiales líquidos o semilíquidos. Las máquinas para aplicar presión conforman el material por prensado, estampado, flexión, centrifugación, punzonado, estirado, embutido y laminación. Las operaciones eléctricas y electroquímicas como electrodescarga, maquinado químico, maquinado electrolítico, electrodeposición, formado y soldadura con plasma y ultrasonidos se usan mucho en la producción.

En las operaciones de producción, cualesquiera que sean sus características, se emplea algún medio para cambiar o alterar el aspecto, forma y tamaño de un material para obtener el producto terminado.

Los equipos para control, además de los sujetadores y de la maquinaria, influyen en el grado de automatización. Los sistemas de alto grado de automatización requieren un mínimo control humano, pues ha sido sustituido por aparatos mecánicos, eléctricos a electrónicos. El control mecánico de las funciones de las máquinas no es un adelanto revolucionario. Los topes y paros en algún lugar de la máquina la detienen cuando llega a determinada posición. Las excéntricas, engranajes y varillajes mecánicos también controlan el funcionamiento de la máquina. En los sistemas eléctricos y electrónicos, se emplean interruptores normales, limitadores, microinterruptores y diversos detectores. Además de los controles normales, se logra automatización adicional con cintas perforadas, sistemas fluidicos y control por computadora.

En las unidades con control numérico se utilizan una serie de instrucciones programadas, ya sea en una cinta o en una computadora, para ordenar las diversas operaciones. Aunque las unidades de control numérico, en principio, fueron para las máquinas herramientas,

son tan útiles que se emplean en muchas operaciones. El programa numérico controla la velocidad, avance, alineación de la pieza y selección de las herramientas.

Los programas con computadora son para operaciones con trayectoria incontinua, como el torneado de un contorno irregular; además de que la máquina puede seguir contornos irregulares, tiene detectores que retroalimentan el desgaste de las herramientas y la calidad de la superficie de la pieza de trabajo, a fin de que la computadora ordene ajustes inmediatos en la máquina. En la figura 1.26 se ilustra una rectificadora automática de superficies para producir una pieza de tamaño determinado.

La sonda o punta electrónica toca con la pieza que se esmerila y detecta sus dimensiones exactas; cuando se llega al tamaño deseado, se retrae la rueda de esmeril y se detiene la máquina. En la figura 1.27 se ilustra una máquina herramienta típica con control numérico.

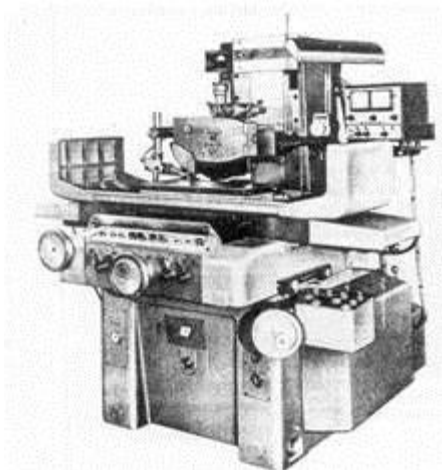


Figura 1.26 Rectificadora de superficies con indicador automático de rectificado

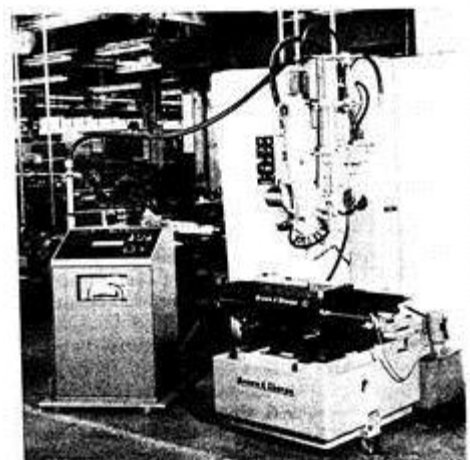


Figura 1.27 Máquina herramienta con control numérico.

Manejo de materiales.

El movimiento de la pieza de trabajo de una estación u operación a otra es de máxima importancia en la manufactura automatizada. Los mecanismos para transporte incluyen mesas movibles, transportadores, monorraíles, tolvas y tubos neumáticos que llevan la pieza desde la entrada hasta la descarga de la máquina. En el manejo de materiales, además de los mecanismos de transferencia, se emplean sistemas para alineación, carga y descarga a fin de acelerar la producción.

Las máquinas automáticas tienen mecanismos para mover la pieza de trabajo a lo largo de todos los ciclos. La alineación (llamada a veces indexado) es el proceso de mover la pieza o cambiar la herramienta a otra posición. La alineación se usa para mover la pieza de trabajo en forma intermitente de una estación a la siguiente. La alineación puede ser sólo una simple rotación de la pieza sobre su eje para una operación subsecuente; otra forma de alineación es transferir la pieza de una estación de trabajo a la siguiente. Los dos tipos de alineación son rotatoria y rectilínea.

La rotatoria, a su vez, puede ser horizontal y vertical. El tipo (horizontal o vertical) designa el plano en el cual se mueven las piezas. Durante la alineación y operaciones siguientes, las piezas están sujetas con dispositivos específicos. Las piezas de trabajo se cargan y descargan, en forma manual o automática y se avanzan en todo el ciclo. Muchas máquinas están montadas en torno y sobre una mesa horizontal rotatoria, que mueve las piezas. Una desventaja de la alineación rotatoria es que todas las operaciones deben tardar el mismo tiempo y no puede avanzarse la pieza a la siguiente estación hasta que haya concluido el ciclo. En la figura 1.28 se ilustra una máquina típica para alineación horizontal.

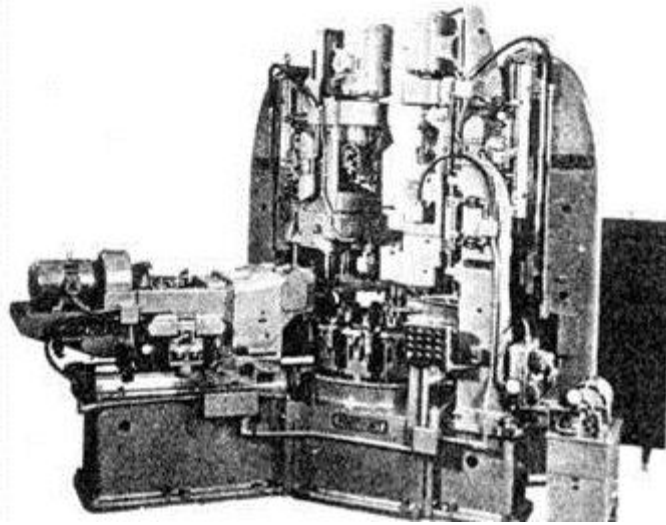


Fig. 1.28 Alineación horizontal en una maquina de estaciones múltiples

Las herramientas de corte pueden alinearse para reducir el tiempo de producción. Un ejemplo típico es la torreta de muchos tipos de máquinas herramientas, en la cual se alinean las herramientas, en vez de las pieza de trabajo para efectuar la operación requerida.

Los selectores de herramientas con control numérico seleccionan la necesaria y la colocan en el lugar deseado en la máquina (Fig. 1.29).

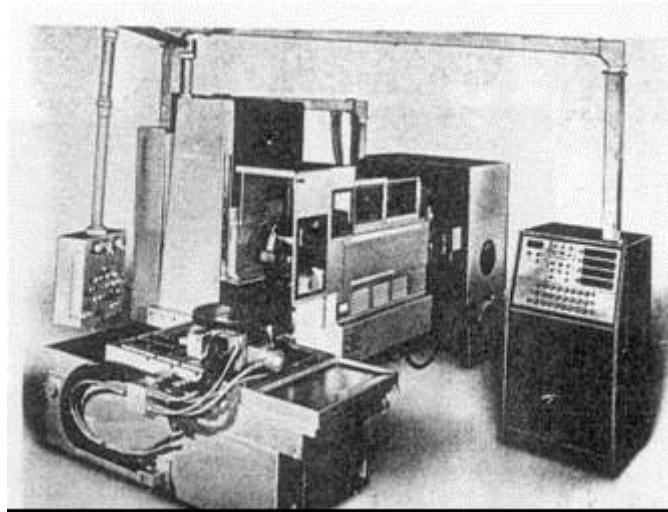


Fig. 1.29 Cambiador automático de herramientas con control numérico.

Las líneas de producción con alineación rectilínea se llaman líneas de transferencia; el mecanismo mueve la pieza de trabajo con movimiento rectilíneo e intermitente para que pase por una serie de máquinas herramientas. En vez de que sean máquinas herramientas convencionales, se emplean cabezales especiales para herramientas para la adaptabilidad y ahorro de espacio. Los cabezales de herramienta son para producción en serie.

El cabezal para herramientas consiste en una base con husillo para impulsar la herramienta cortante rotatoria. Una unidad de avance, por lo general hidráulica, mueve todo el cabezal a su lugar. El avance de la herramienta de corte se produce con el movimiento del cabezal. Los cabezales están disponibles en muchos tamaños y formas y pueden ser intercambiables, con lo cual esta máquina se adapta con facilidad para operaciones especiales de producción.

Las herramientas de corte como brocas, escariadores, fresadoras, avellanadores y machuelos son las que se suelen usar en el cabezal múltiple. Cada cabezal lleva cierto número de herramientas montadas en husillos múltiples. Las herramientas se cambian a intervalos fijos, a fin de reducir las pérdidas de tiempo por la rotura o desgaste prematuros de una herramienta.

La pieza de trabajo se mueve por etapas con una serie de aparatos de transferencia. La pieza se retiene con un sujetador en su lugar durante la transferencia y maquinado; a veces no se usan sujetadores, sino que se coloca la pieza en forma automática en la estación de trabajo.

La transferencia de la pieza y del sujetador si se usa es por medio de un transportador continuo, soportado con rieles del cual se tira a lo largo de la línea o empujado con pistones hidráulicos o, también, movido con monorrieles. En la figura 1.30 se ilustra una máquina de transferencia en línea, la cual es capaz de maquinar 92 bloques de cilindros por hora. Tiene 29 estaciones y 85 husillos con cabezales para herramientas múltiples. La transferencia es con sinfines hidráulicos o mecánicos. Las operaciones que efectúa esta máquina son taladrar, escariar, fresar, machucar, abocardar e inspección.

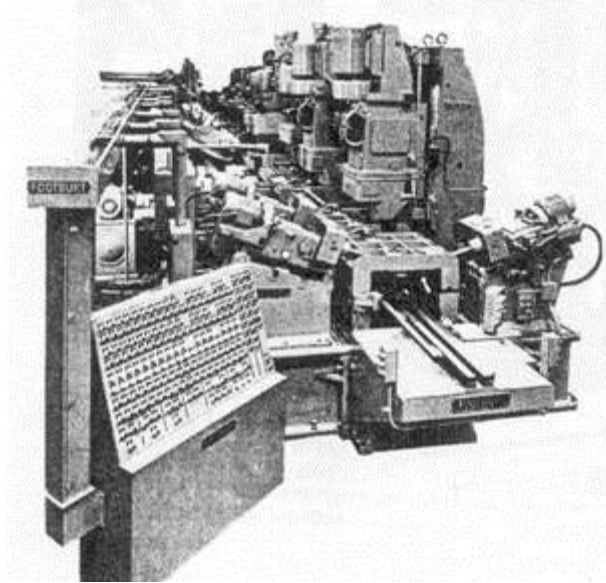


Fig. 1.30 Máquina de transferencia en línea.

Otro tipo de sistema automático para manejo de materiales es el de avance continuo, en el cual se utiliza avance rotatorio o rectilíneo continuos para la pieza de trabajo. La pieza de trabajo pasa junto a la herramienta en vez de que se detenga como en la línea intermitente o por etapas. Una ventaja de este tipo de sistema es que produce mas en menos tiempo. Pero también tiene algunas limitaciones y desventajas; sólo se puede brochar, fresar y esmerilar. Para taladrar, escariar, etc., se utiliza un sistema intermitente. Otra limitación es que es difícil cargar y descargar las piezas porque los sujetadores están en movimiento continuo. En la figura 1.31 se ilustra una rectificadora rotatoria continua. En la figura 1.32 se muestran la matriz, pieza de trabajo y unidad de avance con cadenas en una brochadora rectilínea.

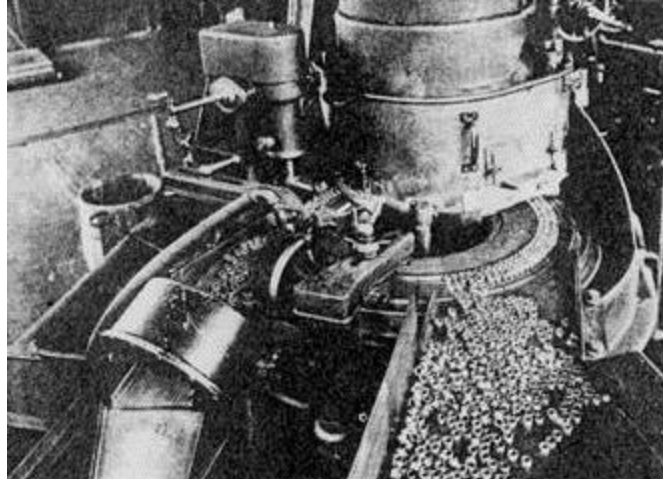


Fig. 1.31 Rectificadora rotatoria continúa

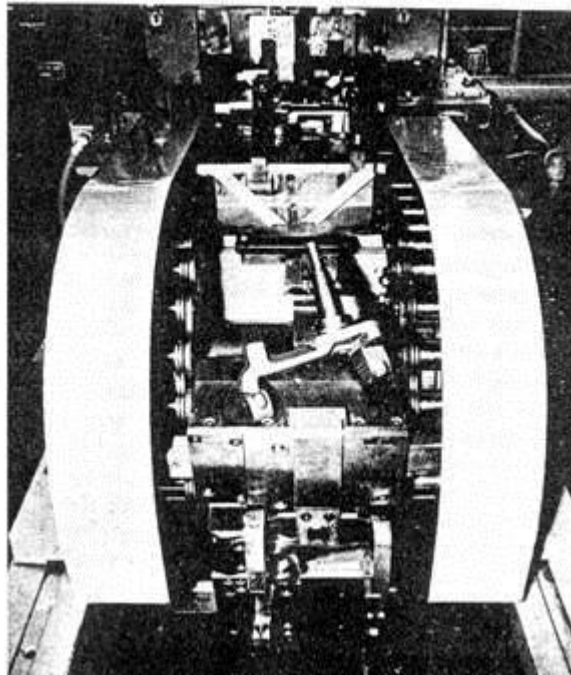


Fig. 1.32 Brochadora continúa en línea.

Se utilizan diversos equipos para sujetar, cargar y descargar las piezas de trabajo y hacer más rápido el proceso. Algunos mecanismos para cargar en los sistemas automatizados son los transportadores, alimentadores vibratorios, depósitos de piezas, toboganes, brazos de transferencia, tolvas de barril, torretas y cadenas. En las figuras 1.33 hasta 1.37 se ilustran algunos de los métodos usuales para cargar y descargar la pieza de trabajo en una máquina. En la figura 1.33 se muestra un sistema de torreta para cargar preformas y descargar engranes en una máquina laminadora de engranes.

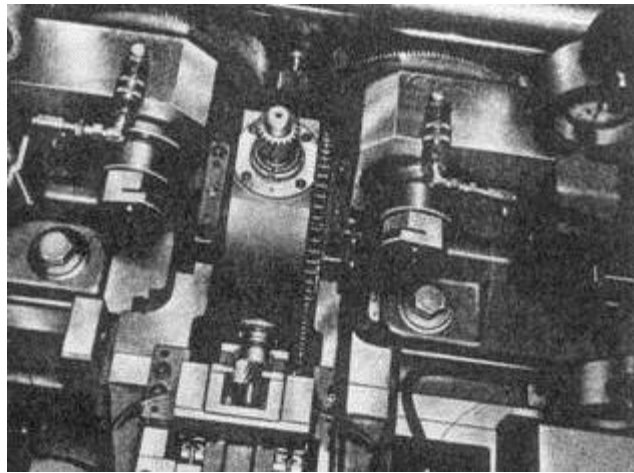


Fig. 1.33 Laminadora automática de engranes con mecanismo de torreta para carga y descarga de las preformas.

En la figura 1.34 aparece un alimentador por gravedad con depósito. En la figura 1.35 se muestra una machueladora automática.

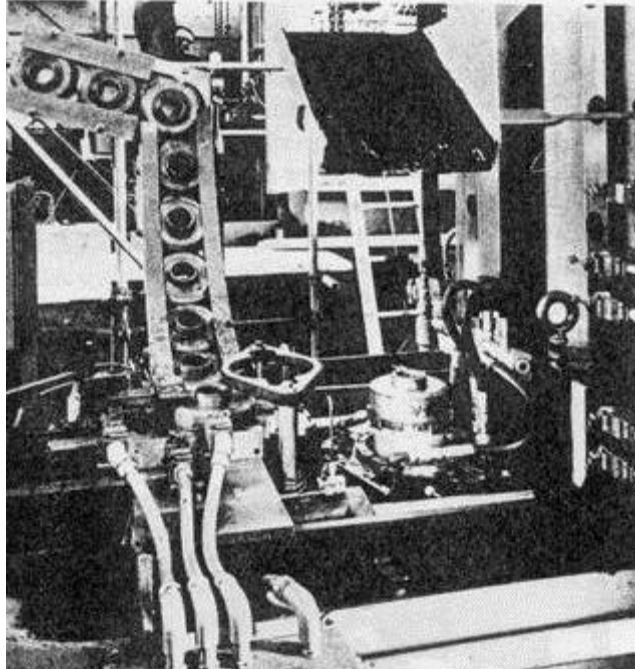


Fig. 1.34 mecanismo alimentador por gravedad

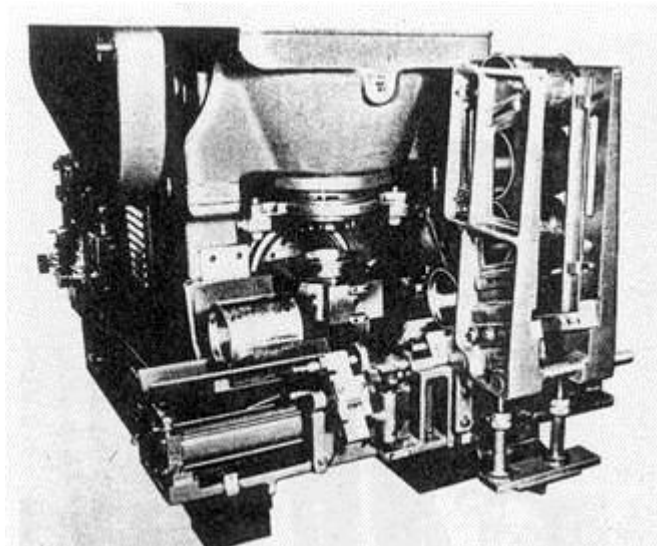


Fig. 1.35 Machueladora automática para acoplamientos, con alimentador por gravedad y colocador hidráulico.

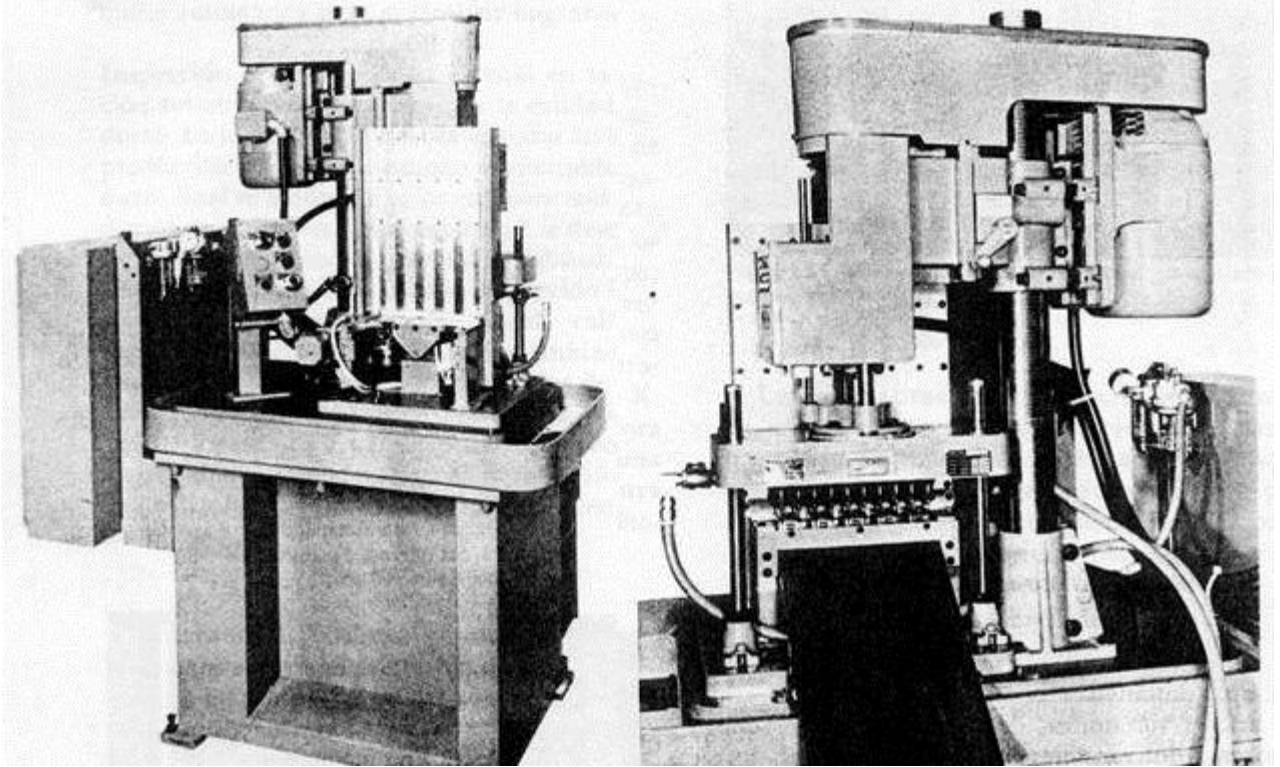


Fig. 1.36 Máquina machueladora de alta velocidad, alimentador de cinco unidades y tobogán de descarga.

En la figura 1.36 se ilustra una machueladora automática, de alta velocidad, con cinco alimentadores; en la vista de la parte posterior se ven la cabeza machueladora de 10 husillos y el tobogán de descarga de la pieza. En la Figura 1.37 se ilustra un mecanismo hidráulico de elevación y transferencia para mover la pieza de trabajo en una máquina asentadora rectilínea.

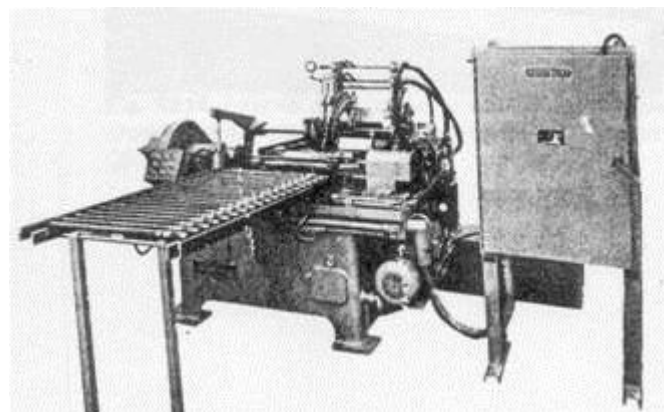


Fig. 1.37 Máquina asentadora con mecanismo elevador hidráulico.

Ensamble de productos.

En las dos secciones anteriores se describieron la maquinaria y métodos para manejo de materiales para hacer un producto terminado o preparar los componentes de un conjunto más grande. Casi siempre, la manufactura consiste en producir piezas componentes que se deben ensamblar para formar el producto terminado.

En el ensamble de productos se utilizan dos métodos: la línea continua o la estación individual. Para bajo volumen o conjuntos muy grandes se ensambla en una sola estación; las piezas se entregan en un solo lugar para armarlas. El ensamble en la estación individual lo pueden hacer un operario o un equipo. En la línea continua se utiliza una banda transportadora para mover las piezas y subconjuntos a lo largo de una serie de estaciones, en las cuales el ensamble puede ser manual o automático.

El ensamble manual lo efectúa determinado número de operarios con herramientas motorizadas. En la línea automatizada se utilizan sujetadores o colocadores automáticos para las piezas a fin de ensamblar el producto.

El ensamble consiste en terminar el producto instalando sus componentes en un orden determinado. Para unir los componentes pueden utilizarse métodos de sujeción química, mecánica y térmica. La sujeción química es con pegamentos y, por lo general, es para madera y plásticos. Los métodos térmicos son soldadura por puntos, soldadura con arco, soldadura de plásticos con gas caliente, soldadura a presión, soldadura blanda y de bronce y otros.

En la sujeción mecánica se emplean remaches, tornillos, cuñas, pasadores, costura, compresión (engargolado), clavos, etc. También pueden utilizarse métodos especiales, como la

soldadura de cerámicos con pasta aguada. En la figura 1.38 se muestra una máquina automática para ensamblar engranes.



Fig. 1.38 Máquina ensambladora automática para engranes

Inspección.

La inspección es vital en la producción automatizada para asegurar la calidad del producto. La inspección se efectúa en todas las etapas de producción y ensamble, porque el ensamble del producto final se entorpece si los componentes no están dentro de los límites. Los aparatos y métodos usuales para la inspección incluyen: instrumentos para medición lineal, calibradores neumáticos, eléctricos y mecánicos, unidades ultrasónicas, líquidos penetrantes y aparatos de rayos X.

En la figura 1.39 se ilustra una unidad calibradora neumática, múltiple para probar un tambor de una transmisión automática. En la figura 1.40 se ilustra una máquina para inspección continua con el método "Zygló".

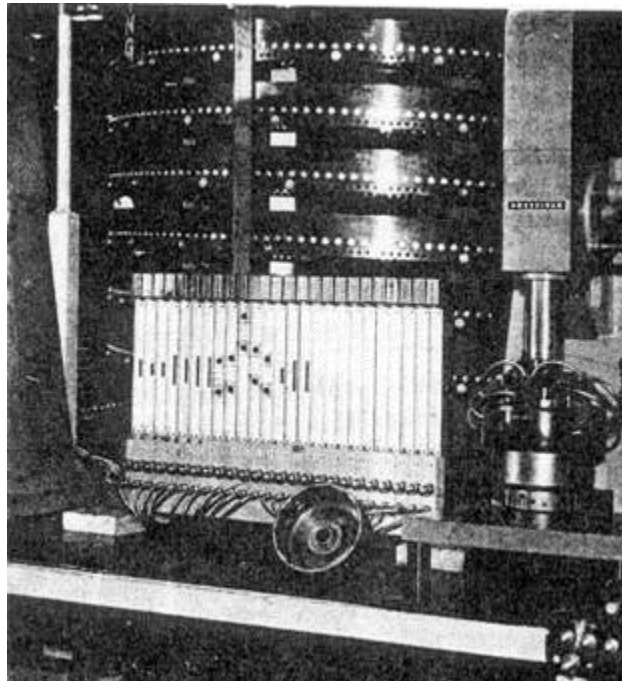


Fig. 1.39 Estación de calibradores neumáticos múltiples

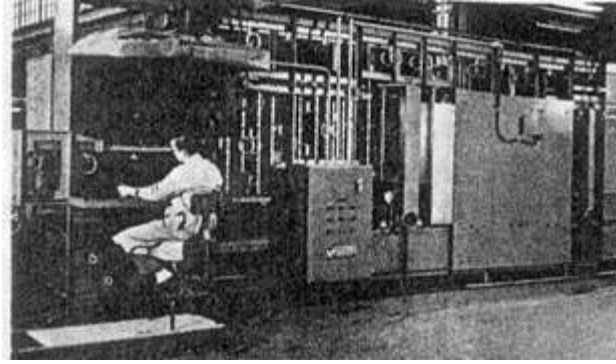


Fig. 1.40 Unidad para pruebas de “pistas” de cojinetes por el método “Ziglo”.

La automatización es una parte de la manufactura en rápido crecimiento. Se requiere planeación cuidadosa del equipo automatizado. No existe todavía una planta totalmente automatizada; pero ya casi se logra la automatización total. Es probable que las industrias química y petrolera sean las que estén más cerca de alcanzarla.

1.4.2 Modelos de Sistemas Automatizados para uso Didáctico.

En vista de la importancia que tiene la automatización para mejorar la eficiencia con la cual se realizan las actividades de manufactura se ve la necesidad de desarrollar modelos a escala que simulen el comportamiento de diferentes procesos de producción para su mayor comprensión y análisis.

A continuación se presenta en detalle cada una de ellos, con su descripción respectiva tanto de funcionamiento como de los mecanismos involucrados para generar una determinada acción.



Fig. 1.41 Simulador de procesos

En la figura 1.41 se observa la simulación de un proceso industrial, el cual consiste en la separación de productos u objetos de acuerdo a su tamaño (espesor) y material para luego ser almacenados o seguir siendo procesados.

El proceso funciona de la siguiente manera: El motor está acoplado directamente a rodillos sobre los cuales desliza la banda, produciendo el desplazamiento de los productos u objetos que se colocan a la izquierda, estos pasan primero por un sensor que detecta la presencia de un objeto indicado por medio del encendido de un LED no importando su espesor ni materia, luego pasa por un segundo sensor que detecta el espesor de la muestra si cumple con el espesor para el cual ha sido calibrado indicándolo por medio de un LED y por último pasa por un tercer sensor que detecta el tipo de material, en este caso metal o no metálico (ver figura 1.43).

De acuerdo al número de combinaciones posibles se obtienen 4 grupos: metálico-delgado, metálico-grueso, no metálico-delgado y no metálico grueso. Las señales recibidas por los sensores dan la posición de la placa deflectora (ver figura 1.42).

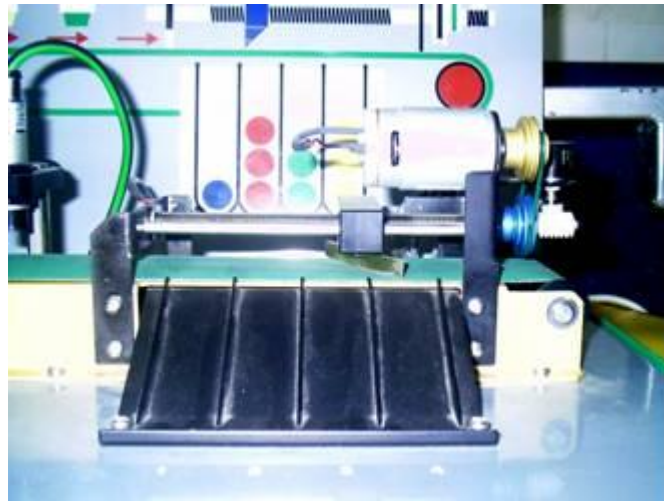


Fig. 1.42

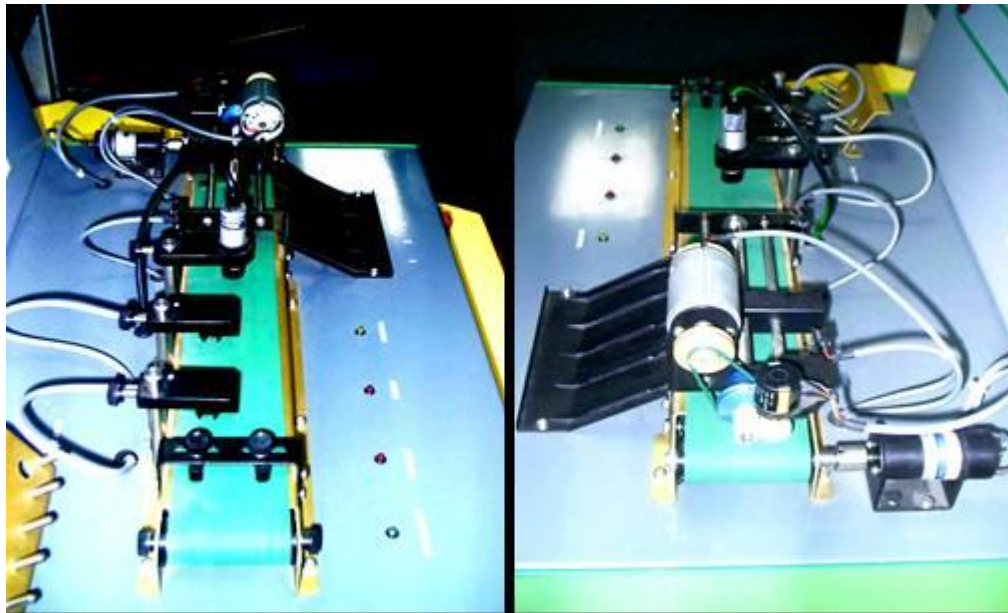


Fig. 1.43

Fig. 1.44

En la figura 1.44 se pueden observar los mecanismos básicos de trasmisión de movimiento con los que se realiza todo el proceso antes mencionado. El desplazamiento de la placa es generado mediante el empleo de un tornillo sinfín unido a un par de poleas que a su vez están unidas entre si por medio de una correa, el control del movimiento se hace por medio de un juego de tornillo sinfín y un engrane con los cuales un sensor mide el número de pasos que debe efectuar el motor a fin de colocarlo en la posición específica.

Tabla 1.4 Mecanismos Presentes en el Simulador

MECANISMO	CANTIDAD
Tornillo Sinfín	2
Guía	2
Rodillo	2
Polea	2
Banda	1
Engrane	1



Fig. 1.45 Manipulador

En la figura 1.45 se muestra un simulador de un manipulador industrial en el que se combina dos movimientos principales que son el movimiento lineal y de rotación.

Este manipulador tiene la capacidad de desplazarse en las tres coordenadas cartesianas X, Y y Z. El movimiento lineal se realiza mediante un mecanismo de tornillo, tuerca y engranaje. Cuando el motor gira este transmite el movimiento al conjunto de tornillo sinfín-engranaje (1) (ver figura 1.47) y esto hace que gire el tornillo central sobre el cual se desliza el cabezal, el cual posee dos finales de carrera que garantiza que el motor deje de transmitir movimiento y este no choque con los extremos (ver figura 1.46).

El movimiento vertical es generado por medio de un cilindro neumático.

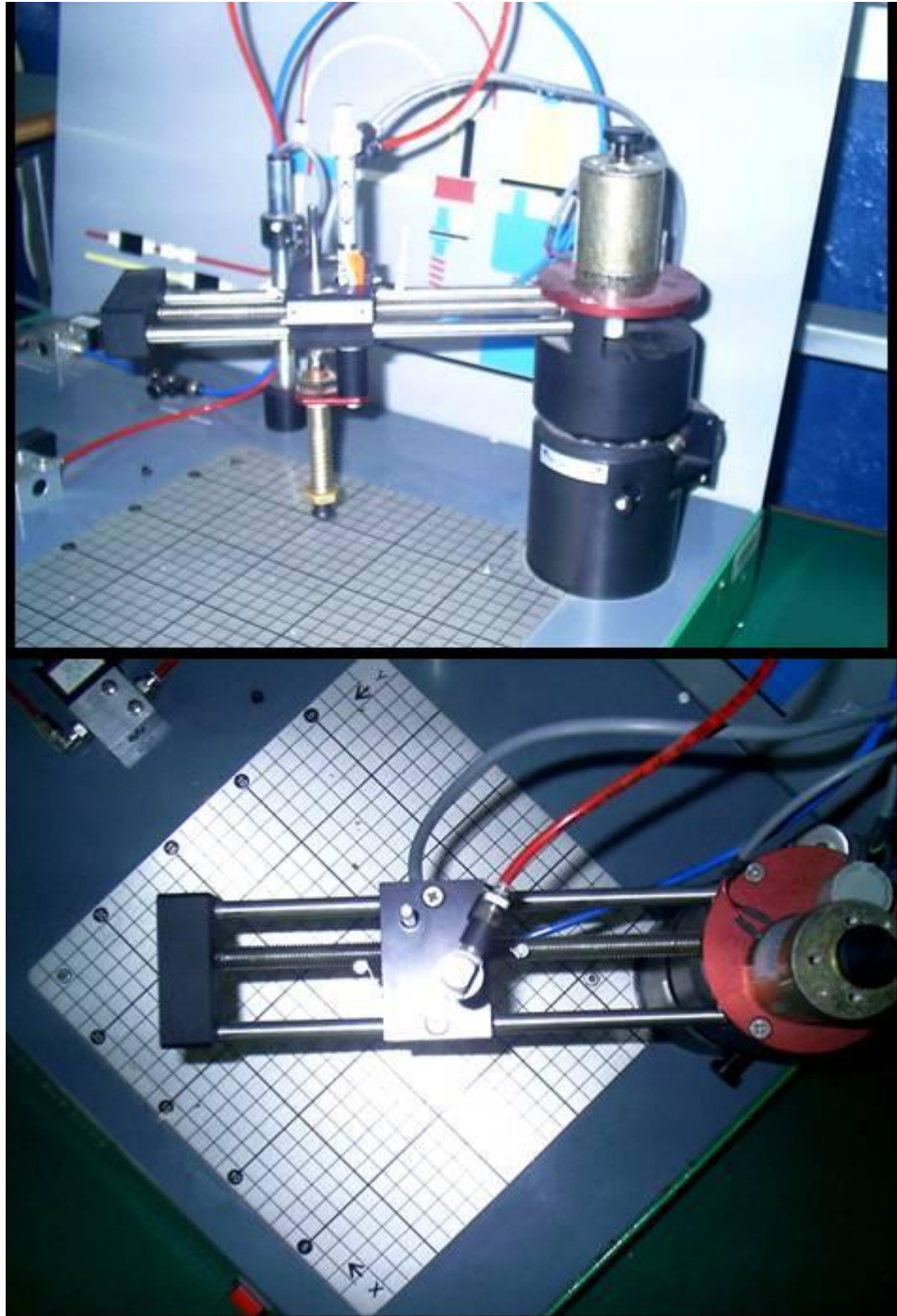


Fig. 1.46 Manipulador (vistas).

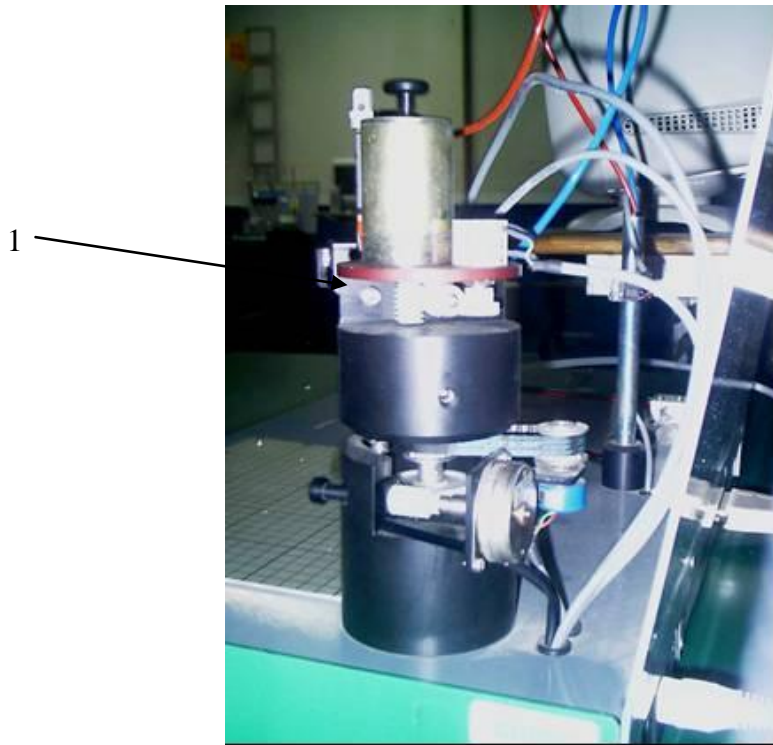


Fig. 1.47 Manipulador (vistas).

En la figura 1.47 se puede observar claramente como es que se efectúa el movimiento de rotación, el cual es efectuado mediante un conjunto de tornillo sinfín-engrane generando el giro, siendo controlado por medio de un sensor al que le llega la señal por medio de la banda que conecta entre si al eje de rotación con una polea perteneciente al sensor, determinando el ángulo a rotar.

Tabla 1.5 Mecanismos Presentes en el Manipulado

MECANISMO	CANTIDAD
Tornillo sinfín	4
Guía	2
Engrane	3
Polea	2
Banda	1

Fig.



1.48

Almacenador y Ploter

En la figura 1.48 se observa un dispositivo capaz de almacenar objetos y de plotear líneas mediante coordenadas cartesianas. Este se puede desplazar mecánicamente tanto en los planos X y Y (ver figura 1.49) y neumáticamente en el plano Z (ver figura 1.50). Posee un efector de pinza con el cual se puede sujetar tanto el objeto en el caso de almacenaje como el plumón o lápiz para plotear.

El movimiento es generado únicamente por el conjunto de tornillo y tuerca en donde el tornillo es acoplado directamente a un motor paso a paso.

Tabla 1.6 Mecanismos Presentes en el Almacenador y Ploter

MECANISMO	CANTIDAD
Tornillo Sinfín	2
Guía	4

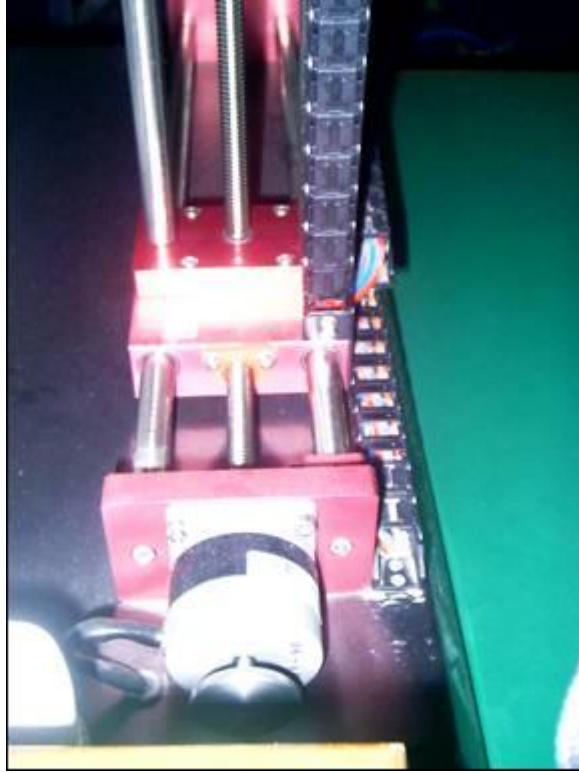


Fig. 1.49

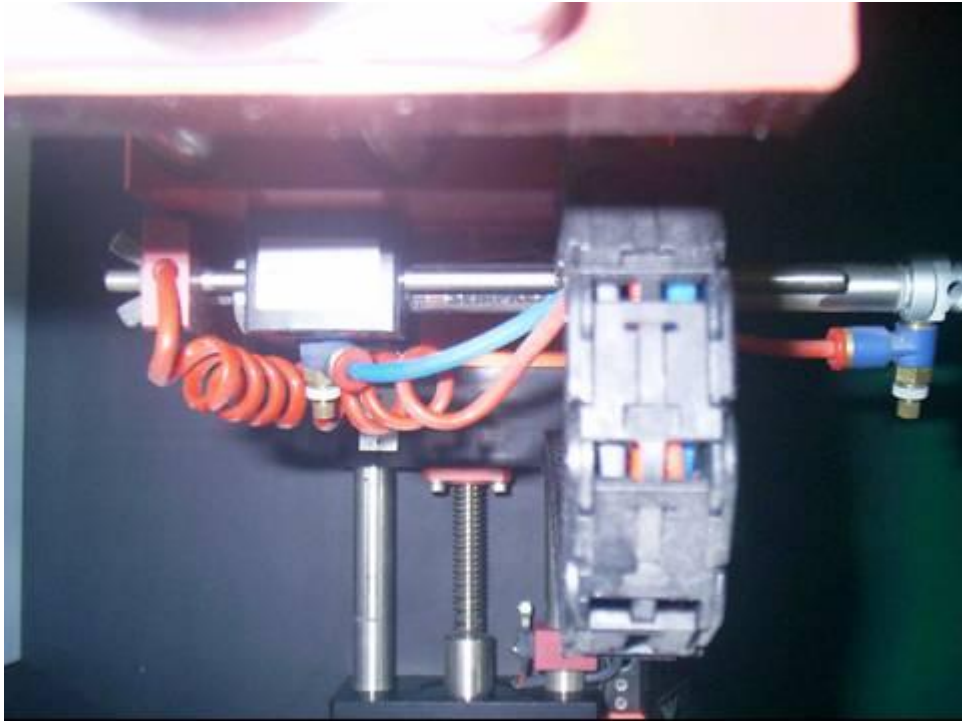


Fig. 1.50



Fig. 1.51 Fresadora



Fig. 1.52 Torno

En las figura 1.51 y 1.52 se observa una aplicación típica de la automatización para uso didáctico, una fresadora y un torno CNC respectivamente.

CAPÍTULO II

2. DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTIZADO

2.1 Parámetros para el diseño del sistema

De acuerdo a los sistemas automatizados abordados en el apartado 1.4, tanto los utilizados en la manufactura como los de uso didáctico, se hace evidente el frecuente empleo del mecanismo de tornillo sinfín para generar movimiento lineal.

Priorizando los modelos de sistemas automatizados para uso didáctico, el cual es de nuestro interés, se observa que en todos los diferentes modelos mostrados emplean el mismo mecanismo para generar movimiento lineal, es por esta razón que se es considera la importancia de este como inicio del estudio de mecanismos para automatización.

2.2 Diseño de Elementos Mecánicos

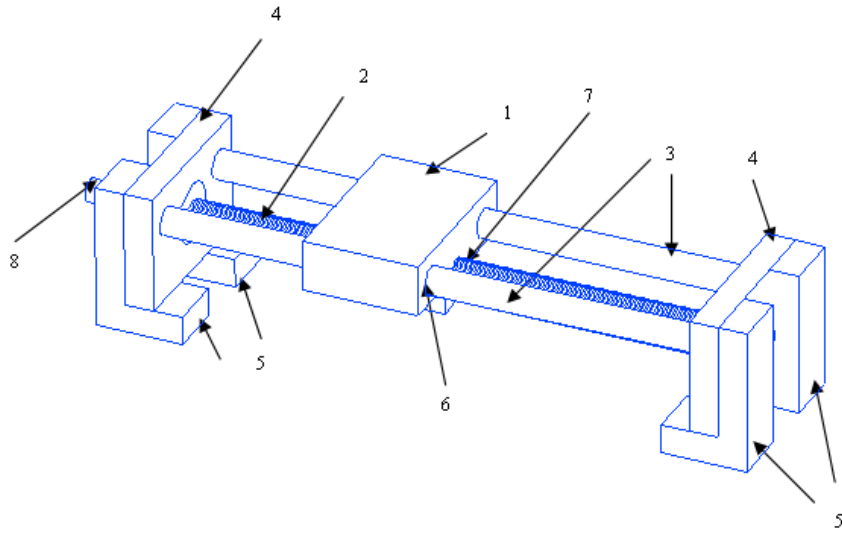


Fig. 2.1. Elementos del mecanismo para movimiento lineal

Numero	Descripción
1	Cabezal
2	Tornillo
3	Guía
4	Placa de Tope
5	Soporte
6	Buje
7	Tuerca
8	Acople a Motor

2.2.1 Descripción y Funcionamiento del Mecanismo

El mecanismo capaz de generar el movimiento lineal consta de 8 elementos (ver figura 2.1) de los cuales 2 son objeto de diseño, las guías y el tornillo.

Dicho mecanismo funciona de la siguiente manera:

Una vez se acciona el botón accionamiento para el motor este se pone en marcha y transmite el par necesario al tornillo que hace posible el movimiento lineal del cabezal logrando así desplazarlo de un punto a otro, el mecanismo cuenta con dos finales de carrera que son los encargados de poner en marcha o parar el motor, y a su vez de controlar la posición del cabezal en una posición X.

Para conseguir el control, en cuanto al movimiento, se utiliza un motor de corriente alterna con inversión de giro, que es capaz de transmitir el momento de torsión necesario para mover la carga máxima estipulada.

2.2.2 Diseño de las guías

Para la fabricación de las guías se ha seleccionado Acero Inoxidable, primero para evitar la presencia de corrosión, disminuir la fricción y por ultimo para darle un mejor aspecto al mecanismo.

El mecanismo consta de dos guías, para el diseño de estas, se considera: peso del cabezal y el peso mismo de las guías, a continuación se detalla cada una de ellas.

Peso del cabezal:

$$W_{cabezal} = v \gamma;$$

Ec. 2.1

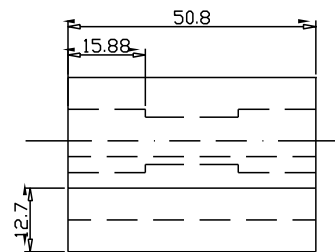
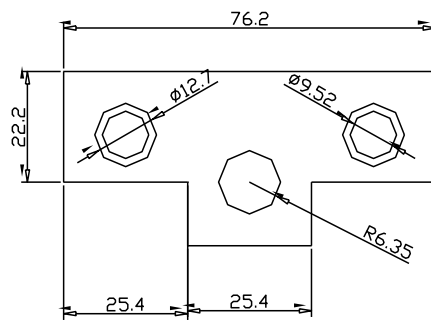
donde W : peso del cabezal

v : volumen

γ : peso específico¹

$\gamma_{\text{acero inoxidable}} = 76 \times 10^3 \text{ N/m}^3$

Cálculo de volumen:



Cotas en mm

$$v = \left[(0.22)(0.076 * 0.0508) - 2 \left(\frac{\pi}{4} (0.0095)^2 \times 0.0508 \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{\pi}{4} (0.0127)^2 \times 0.0508 \right) \right] + \left[0.0254(0.0508)(0.0127) - \frac{1}{2} \left(\frac{\pi}{4} (0.0127)^2 (0.0508) \right) \right]$$

$$v = 8.9 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

¹ Ver tabla A.1 en anexo

Sustituyendo en ecuación 2.1.

$$W_{cabezal} = (76 \times 10^3 \text{ N/m}^3) (8.9 \times 10^{-5} \text{ m}^3)$$

$$W_{cabezal} \cong 6.76 \text{ N}$$

La carga mínima que soportaran las guías, aparte de su propio peso, es el peso del cabezal, y la máxima es con una carga extra de 15 lbf o su equivalente a 66.72 N.

Carga mínima = 6.76 N

Carga máxima = 6.76 + 66.72 = 73.50 N

Aplicando factor de diseño de 1.5

Carga mínima = 10.14 N

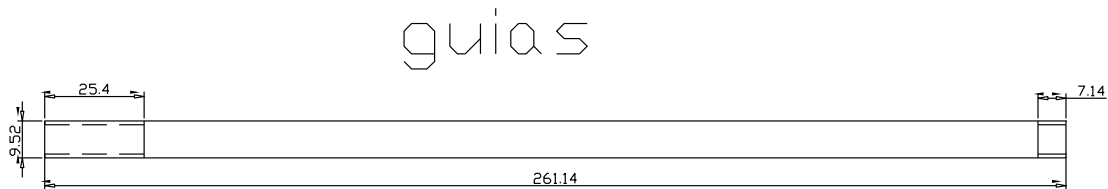
Carga máxima = 110.25 N

Peso de la guía:

Utilizando ecuación 2.1

$$W_{guía} = v \gamma$$

$$\gamma_{\text{acero inoxidable}} = 76 \times 10^3 \text{ N/m}^3$$



$$v = (0.2611) \left(\frac{\pi}{4} (0.0095)^2 \right)$$
$$= 1.9 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Sustituyendo de ecuación 2.1:

$$W_{Guía} = (1.9 \times 10^{-5}) (76.0 \times 10^3)$$
$$= 1.41 \text{ N}$$

Análisis por carga estática

Un elemento estructural que está diseñado para soportar cargas que están aplicadas en varios puntos a lo largo del mismo se conoce como una viga. En este caso, para el diseño de las guías, consideraremos a estas como vigas. En la mayoría de los casos, las cargas son perpendiculares al eje de la viga y únicamente ocasionarán corte y flexión sobre ella. Cuando las cargas no forman un ángulo recto con la viga, también producirán fuerzas axiales en estas últimas, las cuales serán despreciadas en este caso.

El diseño de una viga para soportar de la manera más efectiva las cargas aplicadas es un procedimiento que involucra dos partes: 1) Determinar las fuerzas cortantes y los momentos flexionantes producidos por las cargas y 2) seleccionar la sección transversal que resista de la mejor forma posible las fuerzas cortantes y a los momentos flexionantes que se determinaron en la primera parte.

Una viga puede estar sujeta a cargas concentradas P , expresadas en Newtons, libras o sus múltiplos kilonewtons y kips, a una carga distribuida w , expresada en N/m , kN/m , lb/ft o $kips/ft$, o a una combinación de ambas.

Las vigas se clasifican de acuerdo con la forma en que están apoyadas. En nuestro caso consideraremos las guías como vigas simplemente apoyada AB que tiene un claro L y que está sometida a una sola carga concentrada P que actúa en su punto medio D (fig. 2.2).

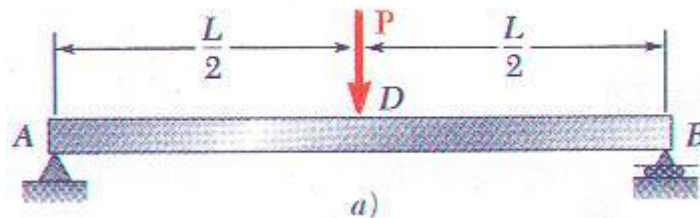


Fig 2.2 Diagrama de la guía.

Para determinar la fuerza cortante y el momento flexionante en la guía, primero se determinan las reacciones en los apoyos A y B a partir del diagrama de cuerpo libre para la guía completa (fig. 2.3).

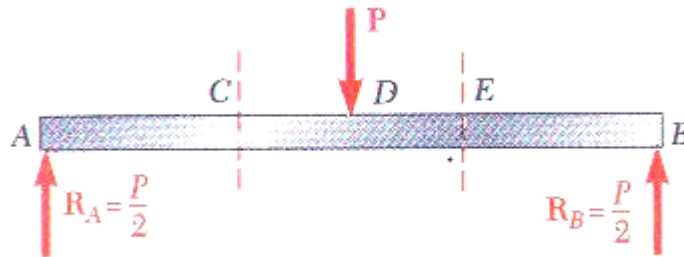


Fig 2.3 Diagrama de cuerpo libre de la guía.

De esta forma, se encuentran que la magnitud de cada reacción es:

$$R_A = \frac{P}{2}$$

$$R_B = \frac{P}{2}$$

Ec. 2.2

En donde

$$P = W_T$$

W_T : peso total sobre la guía

Ya que el mecanismo consta de dos guías, la carga máxima será distribuida entre las dos, por lo tanto:

$$W_T = \frac{\text{carga máxima}}{2} + W_{\text{guía}}$$

Ec. 2.3

$$= 56.53 \text{ N}$$

Por lo sustituyendo valores en las ec. 2.2, tenemos que las reacciones:

$$R_A = \frac{P}{2} = 28.26 \text{ N}$$

$$R_B = \frac{P}{2} = 28.26 \text{ N}$$

Después, se corta la guía en un punto C localizado entre A y D y se dibujan los diagramas de cuerpo libre para las porciones AC y CB (Fig. 2.4).

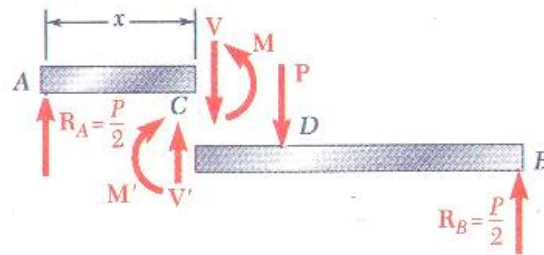


Fig 2.4 Diagrama de cuerpo libre de las porciones AC y CB.

Suponiendo que la fuerza cortante y el momento flexionante son positivos, se dirigen las fuerzas internas V y V' y los pares internos M y M' tal y como se indica en la figura 2.4. Considerando el cuerpo libre AC y escribiendo que la suma de los componentes verticales y la suma de los momentos con respecto de C de todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo libre son iguales a cero, se encuentra que:

$$V = \frac{P}{2}$$

$$M = \frac{Px}{2}$$

Ec. 2.4

Por lo tanto, las fuerza cortante como el momento flexionante son positivos; esto se puede corroborar observando que la reacción en A tiende a cortar y a flexionar la guía en C de la forma mostrada en la figura 2.5.

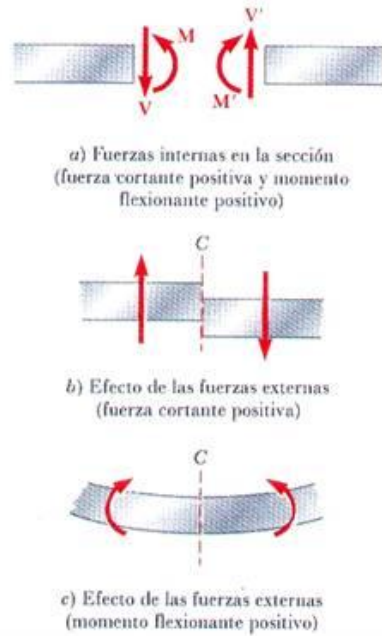


Fig 2.5 Diagrama del efecto cortante y momento flexionante

Se puede graficar V y M entre A y D (fig. 2.6); la fuerza cortante tiene un valor constante $V = P/2$ mientras que el momento flexionante aumenta linealmente desde $M = 0$ en $x = 0$ hasta $M = PL/4$ en $x = L/2$, en donde se obtiene el máximo valor.

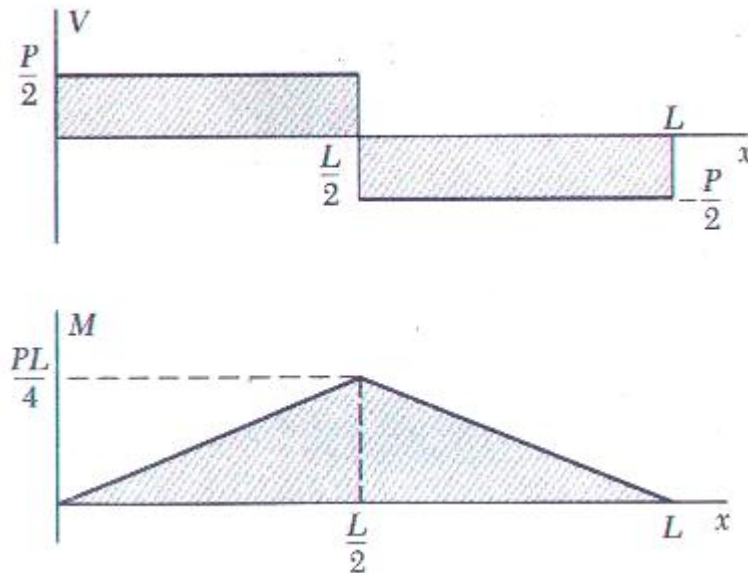


Fig 2.6 Diagrama fuerza cortante y momento flexionante

Ahora, cortando la viga en un punto E localizado entre D y B y considerando el cuerpo libre EB (fig. 2.7), se escribe que la suma de las componentes verticales y la suma de los momentos con respecto de E de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo libre son iguales a cero.

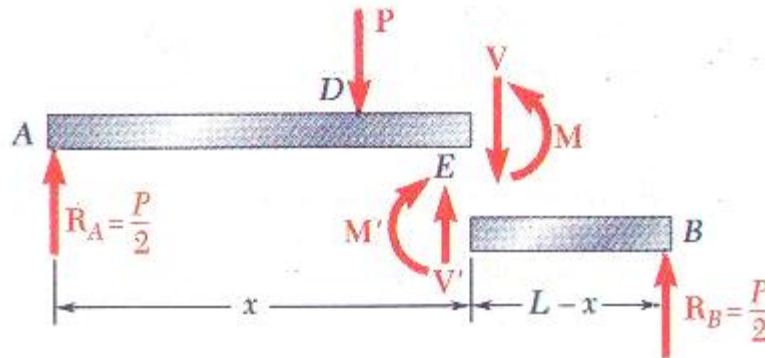


Fig 2.7 Diagrama de cuerpo libre de las porciones AE y EB.

De esta forma, se obtiene:

$$V = -\frac{P}{2}$$

$$M = -\frac{P(L-x)}{2}$$

Ec. 2.5

Por lo tanto, la fuerza cortante es negativa y el momento flexionante es positivo; lo anterior se puede corroborar observando que la reacción en B flexiona la viga en E de la forma indicada en la figura 2.5 pero tiende a cortarla de una manera opuesta a la mostrada en la misma figura.

Ahora se puede completar los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante de la figura 2.6; la fuerza cortante tiene un valor constante $V = -P/2$ entre D y B mientras que el momento flexionante decrece linealmente desde $M = PL/4$ en $x = L/2$ hasta $M = 0$ en $x = L$.

Sustituyendo valores en las Ec. 2.4, se obtiene que, las magnitudes máximas tanto del cortante como del momento flexionante son:

$$V = \frac{P}{2} = 28.26 \text{ N}$$

$$M = \frac{PL}{4} = 3.69 \text{ N.m}$$

Cálculo de esfuerzo de flexión:

Para deducir las relaciones correspondientes a los esfuerzos normales por flexión en vigas, se harán las siguientes idealizaciones:

1. La viga se somete a flexión pura; esto significa que la fuerza cortante es cero y que no hay cargas axiales o de torsión.
2. El material es isótropo y homogéneo.
3. El material cumple con la ley de Hooke.
4. La viga es inicialmente recta y su sección transversal es constante en toda su longitud.
5. La viga tiene un eje de simetría en el plano de la flexión.
6. Las dimensiones de la viga son tales que solo puede fallar por flexión y no por aplastamiento, corrugación o pandeo lateral.

La ecuación 2.6 establece que el esfuerzo por flexión σ es directamente proporcional a la distancia y desde el eje neutro y al momento flexionante M , como se indica en la figura 2.8.

$$\sigma = -\frac{M y}{I}$$

Ec. 2.6

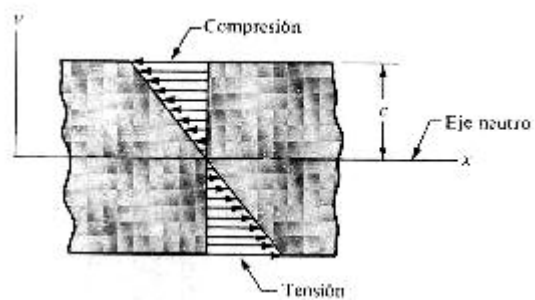


Fig 2.8 Diagrama de esfuerzo en una viga

Se acostumbra hacer la sustitución $c = y_{\max}$, omitir el signo negativo y escribir:

$$\sigma = \frac{M c}{I} \quad \text{Ec. 2.7}$$

Donde se entiende que la ecuación 2.7 da el valor del esfuerzo máximo. Luego, cuando se sabe qué sentido tiene el momento, se determina a simple vista si los esfuerzos máximos son de tensión o compresión.

También es común escribir la Ec. 2.7 en cualquiera de estas otras formas:

$$\sigma = \frac{M}{I/C} \quad \sigma = \frac{M}{Z} \quad \text{Ec. 2.8}$$

Donde $Z = I / c$ se llama módulo de sección.

Sustituyendo valores en Ec. 2.8, donde $I/c = \pi d^3 / 32$

$$\sigma = \frac{32M}{\pi d^3} \quad \text{donde : } d : \text{diámetro de la guía} \quad \text{Ec. 2.9}$$

$$= \frac{32(3.69)}{\pi(0.0095)^3}$$

$$\sigma = 4.38 \times 10^7 \text{ N/m}^2$$

Cálculo del esfuerzo cortante debido a flexión:

La mayoría de las vigas tienen esfuerzos cortantes y también momentos flexionantes. Sólo en ocasiones se encontraran algunas sujetas a flexión pura, es decir, en las que haya fuerza cortante nula. Más todavía la formula de la flexión fue desarrollada utilizando la hipótesis de flexión pura. De hecho, la razón por la cual se supone tal estado fue simplemente eliminar las complicaciones en la deducción debidas a los efectos de fuerza cortante. Para los fines de ingeniería, la fórmula de la flexión es valida, no importa si hay fuerza cortante o no. Por este motivo se utilizará la misma distribución normal del esfuerzo por flexión (Ec. 2.6 y 2.7) cuando también existen fuerzas cortantes.

Sustituyendo valores en ecuación 2.10 se obtiene:

$$\tau = \frac{4V}{3A} = \frac{4(28.23)}{3 \frac{\pi}{4} (0.0095)^2} \quad \text{Ec. 2.10}$$

$$= 531.69 \text{ kPa}$$

Cálculo del esfuerzo de von Mises:

La teoría de la energía de deformación máxima o de von Mises, anticipa que la falla causada por fluencia ocurre cuando la energía de deformación total en un volumen unitario iguala o excede el valor de la energía de deformación en el mismo volumen correspondiente a la resistencia de fluencia en tensión, o bien en compresión.

Utilizando la teoría de la energía de máxima deformación

$$\begin{aligned}\sigma' &= (\sigma^2 + 3\tau^2)^{1/2} && \text{Ec. 2.11} \\ &= \left((4.38 \times 10^7)^2 + 3(531.69 \times 10^3)^2 \right)^{1/2} \\ &= 4.38 \times 10^7 \text{ N/m}^2\end{aligned}$$

La resistencia del material se calcula a partir de la ecuación 2.12 considerando un factor de seguridad de 1.5

$$\begin{aligned}S_y &= n(\sigma') = 1.5(4.38 \times 10^7) && \text{Ec. 2.12} \\ &= 6.58 \times 10^7 \text{ N/m}^2 \\ &= 6.58 \text{ MPa}\end{aligned}$$

De acuerdo con los resultados obtenidos y según la tabla² A.2 cualquier acero cumple la condición mínima de esfuerzo de fluencia, pero debido a que se desea darle una mayor presentación y estética al mecanismo se selecciona Acero Inoxidable 304 Recocido, el cual posee una resistencia de fluencia de 276 MPa.

² Ver Tabla A.2 en anexo

¹ Ver Tabla A.1 en anexo

Cálculo de deflexión:

La deflexión se calcula a partir de la ecuación 2.13

$$\begin{aligned} Y_{m\acute{a}x} &= \frac{FL^3}{48EI} = \frac{W_T L^3}{48EI} \\ &= \frac{56.53(0.2611)^3}{48(190. \times 10^9)(4.04 \times 10^{-10})} \\ &= 0.27mm \end{aligned} \quad \text{Ec. 2.13}$$

donde: E: módulo de elasticidad ¹

$$\begin{aligned} I: \text{ momento de inercia} \quad I &= \frac{\pi D^4}{64} = \frac{\pi(0.0095)^4}{64} \\ &= 4.04 \times 10^{-10} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Como se puede apreciar la deflexión que presenta es casi despreciable, por lo que es aceptable el material previamente seleccionado.

En resumen, las guías son de acero inoxidable para evitar presencia de corrosión, fricción y sobre todo por estética y presentación del mecanismo, con un acabado superficial de precisión - deslizante h5 – H6. (ver tabla A.3).

2.2.3 Diseño del tornillo

Definición de Tornillo:

Pieza cilíndrica de metal cuya superficie tiene un resalte en espiral de separación constante; este se emplea como elemento de unión, suele enroscarse en una tuerca y el mismo puede terminar en punta, planos o cualquier otra forma estandarizada.

Tipos de roscas

Según el perfil generado las roscas se clasifican en dos grandes grupos:

- a) Roscas para tornillos de fijación, es decir para unir o sujetar una o más piezas.
- b) Roscas para tornillos de transmisión de movimiento o potencia, como pueden ser elevadores, prensas, etc.

En forma más específica las tornillos de potencia se usan:

- Para obtener una ventaja mecánica mayor con objeto de levantar pesos, como es el caso de los gatos tipo tornillos de los automóviles.
- Para ejercer fuerzas de gran magnitud, como en los compactadores caseros o en una prensa.
- Para obtener un posicionamiento preciso de un movimiento axial, como en el tornillo de un micrómetro o en el tornillo de avance de un torno.

Se suele utilizar la siguiente terminología para las roscas de tornillos:

- . p , paso: distancia entre dos hilos adyacentes
- . l , avance: distancia que avanza una tuerca cuando se le da una vuelta.

En la figura 2.9 se indica la nomenclatura de roscas, y en figura 2.10 se presenta esquemáticamente la rosca de perfil cuadrado, que se utiliza para la transmisión de potencia.

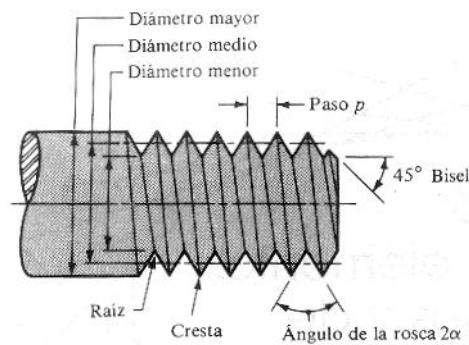


Fig. 2.9 Nomenclatura para

una rosca de Tornillo.

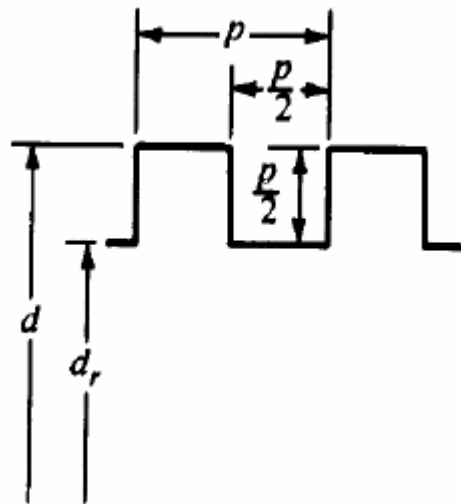


Fig. 2.10 Rosca Cuadrada.

Mecánica de los tornillos de fuerza o potencia.

Este tipo de tornillos se utilizan para transformar un movimiento angular en lineal, transmitiendo fuerza (prensas, gatos, husillos de avance de tornos, etc...).

Sea el tornillo de potencia de la figura 2.11, en la que:

- d_m = diámetro medio.
- p = paso.
- λ = ángulo de hélice, o de avance.

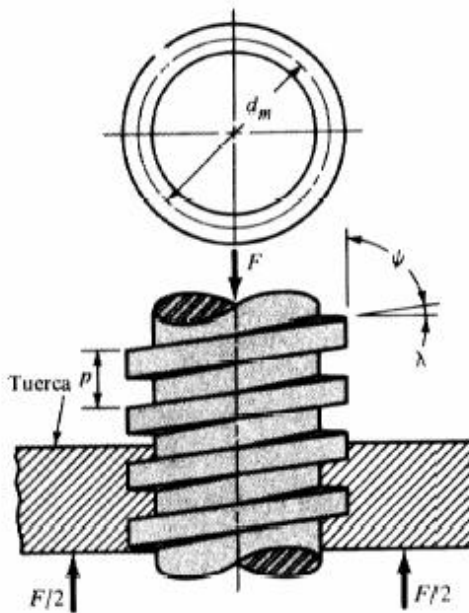


Fig. 2.11 Esquema de un tornillo de Potencia

Para la fabricación del tornillo al igual que las guías se ha seleccionado Acero Inoxidable, primero para evitar la presencia de corrosión, disminuir la fricción, formación de escoria o rebaba, y por ultimo para darle un mejor aspecto al mecanismo.

Datos:

Rosca cuadrada

Paso = $1/10''$ (ver tabla A. 3)³
 = 0.025 m

Diámetro exterior $d_{ext} = 1/2''$
 = 0.013 m

Longitud = $8 1/2''$
 = 0.216 m

Avance (L) = paso (P): $1/10''$

Diámetro medio: dm

$dm: d_{ext} - p/2 = 0.45''$
 = 0.01143 m

Material:

Acero Inoxidable

Bronce Grafitado (tuerca)

Tiempos mínimos:

Tiempo de transporte: $t=10$ seg

Tiempo de aceleración: $t_a=0.1t$

Tiempo de desaceleración: $t_d=0.1t$

Desplazamiento total : $S = 0.1524m$

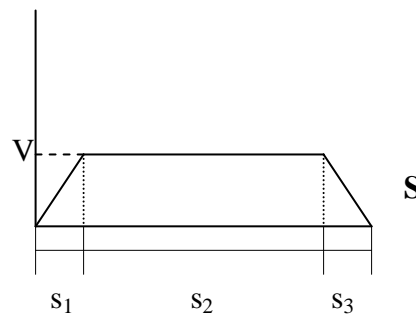


Figura 2.12 Diagrama de velocidad Vr. desplazamiento

³ Ver Tabla A.4 en anexo

Ec. 2.14

$$\begin{aligned} F_{fb} &= \mu_s N = \mu_s W \\ &= 2(0.15)(55.61) \\ &= 16.54 \text{ N} \end{aligned}$$

1. F_{fb} : fuerza de fricción en el arranque

$$F_{fb} = 16.54 \text{ N}$$

2. F_{fr} : fuerza de fricción en marcha
utilizando ecuación 2.11

$$\begin{aligned} F_{fr} &= \mu_k N = \mu_k W_T \\ &= 2(0.16)(55.12) \\ &= 17.64 \text{ N} \end{aligned}$$

3. Análisis Dinámico

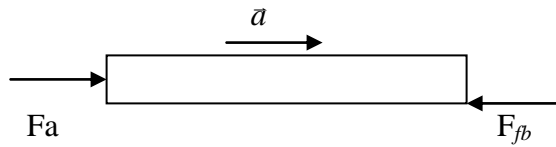


Figura 2.13 Diagrama del tornillo.

Donde: F_a : fuerza de arranque

$$\Sigma F = ma$$

Ec. 2.15

$$F_a - F_{fb} = ma$$

$$F_a = ma + F_{fb}$$

$$a = \frac{v}{t_a} = \frac{v}{0.1t}$$

Ec. 2.16

donde: a : aceleración
 v : velocidad nominal

S₁: desplazamiento de arranque

$$\begin{aligned} s_1 &= \frac{1}{2} a t_a^2 = \frac{1}{2} \frac{v}{0.1t} (0.1t)^2 \\ &= 0.05vt \end{aligned}$$

S₂: desplazamiento a velocidad nominal

$$s_2 = vt_2 = 0.8tv$$

S₃: desplazamiento de paro

$$s_3 = 0.05vt$$

$$\begin{aligned} s &= s_1 + s_2 + s_3 \\ &= 0.05vt + 0.8vt + 0.05vt \\ &= 0.9vt \end{aligned}$$

$$v = \frac{0.1524}{0.9(10)}$$

Ec. 2.17

$$= 0.0169 \text{ m/s}$$

Sustituyendo en ecuación 2.16:

$$\begin{aligned} a &= \frac{0.0169}{0.1(10)} \\ &= 0.0169 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

Sustituyendo de ecuación 2.15

$$\begin{aligned} Fa &= ma + Ffb \\ &= \frac{W}{g} a + Ffb \\ &= \frac{55.12}{9.81} (0.0169) + 16.54 \\ &= 16.55 \text{ N} \end{aligned}$$

4. Fuerza para el movimiento no acelerado (a = 0)

$$\begin{aligned} F - F_{fr} &= 0 \\ F &= F_{fr} = 17.64 \text{ N} \end{aligned}$$

Ec. 2.18

Donde: F_{fr} : fuerza de fricción en marcha

5. Fuerza de desaceleración (F_d)

$$\begin{aligned} F_d - F_{fr} &= -ma && \text{Ec. 2.19} \\ F_d &= F_{fr} - ma \\ &= F_{fr} - \frac{w}{g}a \\ &= 17.54 \text{ N} \end{aligned}$$

6. Tornillo

$$P = \frac{F_a \left(\frac{L}{\pi d_m} + \mu \right)}{1 - \frac{\mu L}{\pi d_m}} \quad \text{Ec.2.20}$$

donde:

P: fuerza necesaria para mover la carga

L: avance

d_m : diámetro medio

$$P = 4.21 \text{ N}$$

7. Momento de rotación necesario para mover la carga.

$$T = P \frac{d_m}{2} = 0.024 \text{ N.m} \quad \text{Ec. 2.21}$$

8. Eficiencia del tornillo

$$e = \frac{F_a L}{2\pi T} \quad \text{Ec. 2.22}$$

$$e = 2.74$$

En resumen, el tornillo es de acero inoxidable para evitar presencia de corrosión, fricción y sobre todo por estética y presentación del mecanismo, con un acabado superficial fino - giratorio g6 – G7. (ver tabla)

2.2.5 SELECCIÓN DEL MOTOR

Para seleccionar el motor se requiere determinar el torque del mismo, siendo el mas critico el torque de arranque es por medio de este que se selecciona dicho motor.

Ecuación característica del motor:

$$Tm = \frac{n}{\eta} T_c + (I_{tor}) \frac{\Delta\omega_m}{\Delta t}$$

Ec. 2.23

donde: Tm : torque de arranque

Tc : torque de carga

I_{tor} : inercia del tornillo

$$\begin{aligned} I_{tor} &= \frac{md^2}{8} \\ &= \frac{\pi d^2 l \gamma}{4g} \left(\frac{d^2}{8} \right) \\ &= \frac{\pi d^4 l \gamma}{32g} \\ &= 1.16 \times 10^{-7} \text{ N.m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \omega &= 0.667 \frac{\text{in}}{\text{s}} \left[0.0169 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \left(\frac{1 \text{ rev}}{0.1 \text{ in}} \right) \left(\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right) \\ &= 400 \text{ rpm} \\ &= 400 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \right) \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} \right) \\ \omega &= 41.889 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} \end{aligned}$$

$$\Delta t = 1 \text{ seg}$$

Sustituyendo en ecuación 2.23

$$\begin{aligned} Tm &= \frac{n}{\eta} T_c + (I_{tor}) \frac{\Delta\omega_m}{\Delta t} \\ &= 0.0294 \text{ N.m} \\ &= 0.2607 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

Por lo tanto de acuerdo al torque de arranque se selecciona un motor con un torque de arranque como mínimo de 5/16 lb.in.

2.3 Diseño del Sistema de Control

2.3.1 Pequeños Automatas Programables

Desde un principio, los PLCs fueron diseñados para aplicaciones industriales, siendo capaces del control de complicadas instalaciones y procesos productivos. En los últimos años y gracias a la evolución técnica en los materiales de construcción y al desarrollo de la electricidad en cualquier ámbito de la vida moderna, se ha optado por el diseño de pequeños autómatas programables con características bien diferenciadas de los clásicos autómatas industriales.

Los pequeños autómatas programables son PLCs diseñados para un uso sencillo sobre instalaciones de pequeño calibre. El propósito de estos PLCs es ampliar el abanico de consumidores de este tipo de controladores mediante:

- Adaptación de la funcionalidad a tareas cotidianas fuera de la industria:

Tomando como base un PLC de aplicación industrial, estos pequeños autómatas reducen las prestaciones adaptando las posibilidades del autómata a pequeñas instalaciones. Mediante esta adaptación se conservan únicamente las prestaciones necesarias para los ámbitos de aplicación previstos y se incluyen algunas otras pensadas especialmente para estas aplicaciones.

- *Facilidad de montaje, uso y mantenimiento del autómata:*

Se producen pequeños PLCs compactos que ocupan muy poco espacio, son fáciles de instalar y programar y necesitan muy poco mantenimiento. Todas estas características acercan los PLCs a usuarios externos al ámbito industrial.

- *Disminución de los costes de compra:*

Al fabricar PLCs de menores prestaciones, más compactos y de menos potencia, el coste de fabricación disminuye. Esto permite a los fabricantes ofrecer al mercado un producto atractivo con un precio competitivo ante las otras posibles soluciones disponibles.

- *Amplia gama de modelos:*

Además de reducir los costos de cada unidad, esta característica permite delimitar claramente el modelo de PLC necesario para cada aplicación determinada.

Algunas de las aplicaciones básicas de este tipo de autómatas se encuentran en alumbrados interiores y exteriores, instalaciones de ventilación, controles de acceso, bombeo de agua, domótica, control de pequeña maquinaria, instalaciones agrícolas, etc.

2.3.2 Selección del autómata.

En el supuesto de que se adopte la solución autómata para implementar el algoritmo de control de determinada aplicación, se plantea ahora la necesidad de seleccionar, de entre la amplia oferta del mercado, el equipo más adecuado. Como en otros casos, la decisión debe basarse en análisis sistemático de una serie de factores, pero

considerando no solo las características actuales de la tarea de control, sino también las necesidades futuras en función de los objetivos de la empresa.

2.3.2.1 Factores cuantitativos.

Se refieren a la capacidad del equipo para soportar todas aquellas especificadas para el sistema de control y se pueden agrupar en las siguientes categorías:

- Entradas/ Salidas (E/S): cantidad, tipo, prestaciones, ubicación, etc.
- Tipo de control: control de una o varias máquinas, proceso, etc.
- Memoria: cantidad, tecnología, expandibilidad, etc.
- Software: conjunto de instrucciones, módulos de programa, etc.
- Periféricos: equipos de programación, dialogo hombre - maquina, etc.
- Físicos y ambientales: características constructivas, banda de temperatura

2.3.2.1.1 Entradas / Salidas (E/S)

Determinar la cantidad de señales de Entrada y de Salida, tanto discreta como numéricas y analógicas, que debe ser capaz de tratar el equipo es el primer trabajo a realizar al iniciar la implementación del sistema de control. No hay más remedio que contar el número de dispositivos cuyo estado hay que leer o gobernar. Una vez obtenidas estas cantidades es muy recomendable reservar espacio para futuras ampliaciones (entre un 10 y un 20 %).

Los fabricantes ofrecen una gran diversidad de soluciones en cuanto a las características constructivas y funcionales de los elementos del sistema de entrada / salida. Aparte de los indicadores LED de estado para señales discretas, hay que procurar que las entradas incorporen filtros para evitar lecturas falsas en caso de señales “sucias” (rebote de un contacto).

Para las salidas discretas es preferible que incorporen una protección de sobrecarga, que en caso de ser un fusible, es mejor que sea de acceso frontal (evitará dejar fuera de servicio todas las salidas del módulo al retirarlo para cambiar el fusible), y además es deseable que incorporen un indicador de fusible fundido par su inmediata localización.

En cuanto a las E / S de señal analógica se encuentran las adecuadas para el tratamiento de señales, procedentes de instrumentación de campo (caudal, temperatura, presión, etc.) y para la regulación (variación de velocidad, válvulas motorizadas, etc.) con las bandas de trabajo más usuales. En las características del módulo del fabricante debe especificar los parámetros de precisión de la conversión. Algunos fabricantes ofrecen módulos para señales de bajo nivel.

Para aquellas aplicaciones complejas en las que la realización resulta difícil tanto en lo referente al material como a la programación, los fabricantes ofrecen un conjunto de E/S quasi-autónomas, están diseñadas para funciones de control PID, posicionamiento multi-eje, control de motores paso - paso, etc.

En el caso de grandes sistemas de control, es de particular importancia disponer de E / S remotas. La ubicación de estructuras de E / S junto a los dispositivos de entrada y salida y unidas a la Unidad Central con un cable de comunicaciones (un simple par trenzado), disminuye drásticamente los costes de cableado, tanto en material como en trabajo de instalación. Por, otra parte, facilita las tareas de puesta a punto y mantenimiento, ya que se pueden realizar por aéreas funcionales sin afectar al funcionamiento del resto del sistema.

2.3.2.1.2 Tipo de control.

En aplicaciones en las que se pretende el control de varias áreas o maquinas interdependientes, pero con funciones autónomas, se plantea la disyuntiva de optar por el control centralizado o por el control distribuido.

La importancia de dichas funciones por si solas, o la posibilidad de subdividir la tarea de control del proceso o conjunto de maquinas en esas funciones autónomas, determinará en muchos casos la elección de un tipo u otro de control..

El control centralizado presenta el inconveniente de que si el autómatas falla (particularmente la unidad central), se produce una parada total de la instalación. En los sistemas de control centralizado donde la disponibilidad del equipo es fundamental (procesos continuos), se optará por el empleo de unidades redundantes. Una unidad esta en ACTIVO controlando la E / S mientras la otra está en reserva o BACK-UP, de forma que si la primera deja de funcionar, la segunda asume el control de las E / S. La opción

de control distribuido requiere que puedan considerarse máquinas o grupos de máquinas o áreas funcionales del proceso susceptibles de ser definidas por un algoritmo de control. A cada una de ellas se destinará un autómata dimensionado de acuerdo con los requerimientos de aquella área.

Debido a la interdependencia que existe entre las operaciones que tienen lugar en cada área, hay que tener en cuenta que es necesario interconectar los autómatas entre sí o a través de una red de comunicaciones en Área Local para intercambio de datos y estados de E / S; por tanto el autómata evaluado debe permitir las comunicaciones.

2.3.2.1.3 Memoria.

En este aspecto, es necesario considerar dos características principales: tamaño y tipo de la memoria.

En general las unidades centrales incorporan una cantidad de memoria acorde con su capacidad de control y la potencia del conjunto de instrucciones con las que opera. Para mejor adaptarse a cada aplicación por razones económicas, un mismo equipo suele presentarse con distintas opciones de cantidad de memoria 1 K, 2 K, 4 K, etc. o bien ofrecer la posibilidad de ampliación de una cantidad de memoria de base ya instalada.

La ampliación se hará sobre el propio procesador mediante circuitos integrados o bien mediante módulo de memoria. En cualquier caso la posibilidad de expansión futura de la memoria debe existir para no encontrarse con la necesidad de sustituir toda una unidad central.

No existe una regla fija para la evaluación de la cantidad de memoria necesaria para una determinada aplicación, aunque existen ciertas formulas de aproximación, como por ejemplo multiplicar el numero total de E / S discretas por un factor (entre 5 y 10 dependiendo del equipo empleado). El valor obtenido debe ser incrementado considerable mente en el caso que el programa incluya cálculos de cierta complejidad, con variables numéricas y datos (número total de variables numéricas por un factor entre 15 y 30).

También para la memoria es altamente recomendable considerar un porcentaje adicional de reserva. Debido a la flexibilidad del autómeta es frecuente que el usuario, una vez resuelto el problema de control fundamental de su instalación, se plantee el obtener tal o cual información del proceso u optimizar tal o cual operación ya que los datos y señales existen ya en el control. Esto es cierto, pero hay que programar las instrucciones que ejecuten esas nuevas funciones en la memoria restante o acudir a una ampliación.

El tipo o tecnología de la memoria empleada dependerá de la aplicación concreta. En ciertas aplicaciones es necesario introducir cambios en la secuencia de control con cierta frecuencia, sin posibilidad de detener su funcionamiento; esto solo es posible cuando se está trabajando con una memoria del tipo RAM, por tanto volátil y que requiere un soporte de batería.

En cambio los fabricantes de maquinaria una vez desarrollado, probado y depurado el programa, estarán más interesados en trabajar con memoria permanentes del

tipo EPROMM o EEPROM, que proporcionan un medio muy fiable de almacenamiento del programa. En algunos equipos se ofrece la posibilidad de disponer de ambos tipos de memoria, permanente y volátil, en un a misma unidad, de forma que el usuario tiene la posibilidad de modificar con facilidad algunas secuencias.

2.3.2.1.4 Software.

Con el algoritmo de control definido, el programador tendrá una referencia clara del tipo de instrucciones que son necesarias para programar las secuencias lógicas definidas, pero también de aquellas funciones especiales, particularmente cálculos y tratamiento de datos, comunicaciones, regulación, etc., que requieren instrucciones especiales. Un potente conjunto de instrucciones facilitará la tarea de programación y por lo tanto reducirá el tiempo empleado, y en general reducirá el tiempo de respuesta.

También hay que considerar las instrucciones que permiten el control del ciclo de ejecución, la posibilidad de organización del programa en módulos funcionales y la existencia de una biblioteca de secuencias pre-programadas, que simplemente con personalizar parámetros y direcciones de variables que pueden emplearse en el propio programa.

2.3.2.1.5 Periféricos

Los fabricantes ofrecen distintos niveles de equipos de programación, cuya utilidad depende el tipo de empleo a que se destinen; así los pequeños terminales tipo calculadora son de gran utilidad y económicos cuando se emplean como unidad de

monitorización y para pequeñas modificaciones en planta, o para la programación de pequeños sistemas. Sin embargo, trabajar con ellos en programas complejos, puede ser molesto.

En las consolas con pantalla CRT aportan una mayor comodidad así como un gran número de opciones de interconexión a otros periféricos, particularmente impresoras y unidades de cinta (cassette o streamer), algunos de estos equipos llamados terminales inteligentes, permiten la programación autónoma (off - line), incorporan medios de archivo de programas (discos o cintas) y también capacidad de representación de gráficos.

Actualmente se ofrecen elementos para la programación mediante los ordenadores PC, lo que abre la posibilidad de disponer de un potente equipo de programación (varios lenguajes, gestión de producción, etc.) a un coste aceptable, si se considera que es un equipo multiuso.

Respecto a otros periféricos en cada caso hay que comprobar que el autómatas permite la interconexión a los que se considere formen parte del sistema de control: impresoras, monitores, unidades de disco, visualizadores y teclados alfanuméricos, unidades de cinta, etc.

2.3.2.1.6 Físicos y ambientales.

Las características, en cuanto a los materiales empleados, formas de presentación y dimensiones, deben ser analizadas en función de las condiciones mecánicas de la aplicación: aspectos como la forma de realizar el conexionado de los dispositivos de E/S, la existencia en los módulos de reservas para identificación de E / S , y otros, pueden ser importantes en relación al personal que debe realizar la instalación y al que deba mantenerla. En cada caso hay que valorar las condiciones ambientales de la instalación, polvo, humedad, temperatura, y considerar la necesidad de tomar precauciones al respecto (presurización del armario).

En general los fabricantes realizan una serie de pruebas cuyos resultados se reflejan en las características técnicas de los equipos: banda de temperatura de trabajo y almacenaje, vibración soportada, nivel de interferencia, etc.

2.3.2.2 Factores cualitativos.

Una vez evaluados los factores correspondientes a las características técnicas y constructivas de los componentes de autómatas y equipos periféricos, el número de equipos posibles para una determinada aplicación.

En muchas ocasiones la decisión se basa en criterios comerciales y en general limitados al aspecto económico de la adquisición, pero hay que tener en cuenta otros aspectos que en definitiva tendrán una mayor influencia a medio plazo. Es el momento de

evaluar factores menos tangibles que se ocultan en las mismas características del equipo y en las del fabricante o el suministrador del autómata.

2.3.2.2.1.- Ayudas al desarrollo del programa.

Proporcionadas por las herramientas de programación ofrecidas y que en un primer nivel se refieren a los analizadores de sintaxis en curso de programación, la indicación inmediata de la trasgresión de las normas o formatos de programación. Siguen, la potencia de los mandatos de edición y modificación, referencias cruzadas, visualización dinámica e histogramas de contactos.

Otras ayudas, son los medios de documentación del programa, tanto en lo que se refiere a listado de instrucciones, listado de referencias cruzadas, como la posibilidad de edición de un manual de la instalación que incluya el conexionado de E / S , situación física de módulos componentes, etc.

En las fases de puesta a punto suele ser interesante disponer del mandato de imposición de condición o forzado, tanto lo que se refiere a E / S como a variables internas. Este mandato permite que el usuario determine el estado o valor de la variable independientemente del que le corresponda por el desarrollo del proceso o del programa.

Estas ayudas reducen los tiempos de programación, y puesta a punto que constituyen siempre un coste significativo en los sistemas programables.

2.3.2.2.2 Fiabilidad del producto.

Este es un factor de particular importancia, si tenemos en cuenta que una falta de fiabilidad se traduce directamente en tiempos de parada y por tanto, costes de producción.

Un indicador de la fiabilidad lo constituyen los parámetros del tiempo medio entre fallos, que a buen seguro el fabricante está dispuesto a proporcionar, al igual que otros datos, acerca de su control de calidad en curso de fabricación.

Pero otro indicador lo constituyen las experiencias de otros usuarios y la existencia de otras instalaciones similares en las que el equipo ha probado su valía; consúlteles acerca de su experiencia con el equipo y la firma.

2.3.2.2.3 Normalización en planta

Pueden considerarse dos posturas respecto a la normalización de una determinada firma para cubrir todas las necesidades de empleo de autómatas:

1) Actualmente, los fabricantes ofrecen familias de productos compatibles entre si que cubren todas las necesidades, desde pequeños sistemas hasta aquellos capaces de controlar miles de E / S, que pueden comunicar a través de redes locales, y se configuran empleando componentes de E / S comunes a todos los modelos. En este aspecto la adopción de una sola marca cubre todas las necesidades y presenta las siguientes ventajas:

- La formación del personal respecto a nuevos componentes es simplemente una ampliación de conocimientos previos.
- Se reduce el stock de recambios distintos.
- Una unidad que se amplíe, en todo caso requerirá simplemente el cambio de la unidad central por otra más potente o añadir más memoria a la existente y reprogramar

2) Por otra parte existe un factor de riesgo en la dependencia única de un solo suministrador. Además, los productos de distintos fabricantes no son intercambiables por ahora, lo que complica la situación. Hay que pensar con más de una marca (dos a lo sumo) de forma que el personal técnico esté formado en el empleo de un tipo de equipo, y tener una alternativa cada vez que se presenta una nueva aplicación.

Las desventajas originales que representa tener que conocer dos o tres sistemas distintos, probablemente con lenguaje distintos y equipos de programación propios, van desapareciendo por la mayor similitud de los equipos actuales, las opciones de programación a través del ordenador, la disponibilidad de módulos de interconexión entre unidades de distintos fabricantes y la interconectabilidad de redes locales.

2.3.3 RELÉ PROGRAMABLE ZELIO DE TELEMECANIQUE

2.3.3.1 Características básicas

El relé programable Zelio es un pequeño autómata programable que la firma Telemecanique comercializa desde el año 2000. La figura 2.14 muestra el aspecto del relé programable Zelio.

Las funciones básicas de Zelio permiten actualizar fecha y hora del reloj interno, introducir el esquema de mando, borrar el esquema contenido en el relé programable, visualizar y modificar los parámetros de los bloques de función, cambiar el estado del autómata entre (run/stop), configurar las opciones básicas del relé programable, transferir programas de manera bidireccional, y visualización de los elementos necesarios para la introducción de un esquema de mando.



Figura 2.14 Rele Programable ZELIO

Las opciones básicas del relé configuran el uso de una contraseña para la protección de la información, la elección del idioma, el filtrado de las entradas para aumentar la ensibilidad, la activación/desactivación de los botones Zx como pulsadores y la activación desactivación de la ayuda automática.

En el frontal de Zelio se encuentran 8 teclas de función accesibles y de uso intuitivo, que permiten la gestión de menús, la entrada de valores, la edición de los esquemas de contactos necesarios para la programación y la utilización como simuladores de pulsadores en los esquemas.

La pantalla frontal de Zelio permite gestionar un sencillo sistema de menús para controlar todas las funciones del autómeta además de incluir una pantalla de estado donde se muestra el funcionamiento dinámico de las entradas y salidas, una pantalla de estado dinámico de los parámetros que definen a las funciones programadas en el esquema de contactos y una pantalla de estado dinámico del esquemas de contactos programado.

Zelio dispone de una interfaz que permite la transferencia de programas hacia o desde un PC equipado con el software ZelioSoft o una memoria EEPROM amovible.

2.3.3.2 Programación

El relé programable Zelio se programa mediante un intuitivo esquema de contactos con una notación especial del autómeta. El esquema de contactos se introduce a través de las teclas frontales o bien se transfiere desde una memoria EEPROM o desde un PC.

Para la programación de Zelio basta con trasladar y adaptar el esquema de contactos que deseamos programar al display del módulo de control. Cada línea de programa se compone un máximo de tres posiciones a ocupar por contactos y obligatoriamente de una bobina, cuando son necesarios más de tres contactos se pueden usar relés auxiliares para memorizar el estado.

En el programa del esquema de contactos de Zelio se pueden usar los siguientes elementos como contactos:

- Entradas todo o nada TON.
- Salidas todo o nada TON.
- Teclas de navegación como pulsadores.
- Relés auxiliares.
- Bloques de función.

El esquema de contactos del relé programable permite programar las siguientes salidas TON:

- Bobina.
- Bobina Set-Reset.
- Bobina telerruptor.

Zelio incluye los siguientes bloques funcionales:

- Bloque función reloj.
- Bloque función contador.

- Bloque función temporizador.
- Bloque función analógico.
- Relé auxiliar.

Los parámetros que definen a los relés de función se pueden modificar en el instante de programación o posteriormente mediante una opción incluida en el menú de inicio.

2.3.2.3 Modelos

SRI-B121BD: Alimentación a 24 V corriente continua, con 6 entradas TON (2 de ellas pueden funcionar como analógicas también) y 4 salidas TON. Incluye pantalla LCD, teclas de función Zx como pulsadores y reloj.

SRI-A101BD: Alimentación a 24 V corriente continua, con 6 entradas TON y 4 salidas TON. Incluye pantalla LCD y teclas de función Zx.

SRI-B101FU: Alimentación a 100/240 V corriente alterna, con 6 entradas TON y 4 salidas TON. Incluye pantalla LCD, teclas de función Zx como pulsadores y reloj.

SRI-A101FU: Alimentación a 100/240 V corriente alterna, con 6 entradas TON y 4 salidas TON. Incluye pantalla LCD y teclas de función Zx como pulsadores.

SRI-A201BD: Alimentación a 24 V corriente continua, con 12 entradas TON y 8 salidas TON. Incluye pantalla LCD y teclas de función Zx como pulsadores.

SRI-A201FU: Alimentación a 100/240 V corriente alterna, con 12 entradas TON y 8 salidas TON. Incluye pantalla LCD y teclas de función Zx como pulsadores.

SRI-B201BD: Alimentación a 24 V corriente continua, con 10 entradas TON (2 de ellas pueden funcionar como analógicas también) y 8 salidas TON. Incluye pantalla LCD, teclas de función Zx como pulsadores y reloj.

SRI-B201FU: Alimentación a 100/240 V corriente alterna, con 12 entradas TON y 8 salidas TON. Incluye pantalla LCD, teclas de función Zx como pulsadores y reloj.

SRI-E121BD: Alimentación a 24 V corriente continua, con 6 entradas TON (2 de ellas pueden funcionar como analógicas también) y 4 salidas TON. Incluye pantalla LCD y reloj.

SRI-D101BD: Alimentación a 24 V corriente continua, con 6 entradas TON y 4 salidas TON. Incluye pantalla LCD.

SRI-E101FU: Alimentación a 100/240 V corriente alterna, con 6 entradas TON y 4 salidas TON. Incluye pantalla LCD y reloj.

SRI-D101FU: Alimentación a 100/240 V corriente alterna, con 6 entradas TON y 4 salidas TON. Incluye pantalla LCD.

SRI-B122BD: Alimentación a 24 V corriente continua, con 6 entradas TON (2 de ellas pueden funcionar como analógicas también) y 4 salidas TON. Incluye pantalla LCD, teclas de función Zx como pulsadores y reloj.

Las entradas analógicas se deben entender como pseudo-analógicas ya que la señal de entrada sólo se puede procesar mediante un comparador analógico que proporcionará un valor digital en función del resultado de la comparación del valor de entrada con un valor patrón.

2.3.4 Maniobras con el Relé Programable Zelio

En el proyecto se ha utilizado el relé programable Zelio para el control de maniobras realizadas sobre máquinas eléctricas. Pese a que esta aplicación no es una de las previstas a priori por el fabricante, características del relé programable como facilidad de programación, precio o flexibilidad hacen posible que su utilización para fines educativos sea óptima.

Para el desarrollo de las prácticas se hacen necesarios conocimientos previos sobre la alimentación del relé programable, la conexión del relé con los elementos que intervienen en cada maniobra y la transferencia de datos.

2.3.5 Descripción y Funcionamiento del sistema de control

El sistema automatizado consta de un sistema de control lógico programable, por medio del cual se pueden programar diferentes acciones, el cual posee 6 entradas y 4 salidas ambas digitales, de las cuales en este caso solo se están utilizando 4 entradas y 2 salidas .

El funcionamiento del mecanismo en conjunto con el sistema de control consiste en activar microswitch que envían una señal o pulso al controlador y este a su vez de acuerdo al programa en ejecución controla por medio de pulsos el motor que genera la potencia necesaria para mover el mecanismo.

Entre las diferentes acciones que se pueden ejecutar por medio del controlador están las clásicas de “star-stop”, la utilización de temporizadores y contadores entre otras.

El primer modo de operación automática consiste en un proceso continuo de izquierda a derecha con temporizador y con un pulsador de paro (stop) el cual es el único modo de detenerlo.

El segundo modo de operación automática consiste en que una vez inicie la ejecución de la acción programada cuente el número de acciones y al realizar el número programado de acciones se detenga automáticamente hasta recibir nuevamente la señal de salida.

Otro modo de operación consiste en cuatro posiciones equidistantes entre si y luego regrese a su posición inicial.

Esas son solo una pequeña muestra de lo que es capaz de realizar y queda para despertar el interés por aprender a programar el controlador e incrementar la complejidad de las rutinas de control.

2.3.6 Diagramas del sistema de control

A continuación se presentan los respectivos diagramas de escalera que pueden ser representados tanto en Símbolos Ladder como en Símbolos Eléctricos.

Diagrama de escalera en símbolos Ladder, de modo continuo de operación.

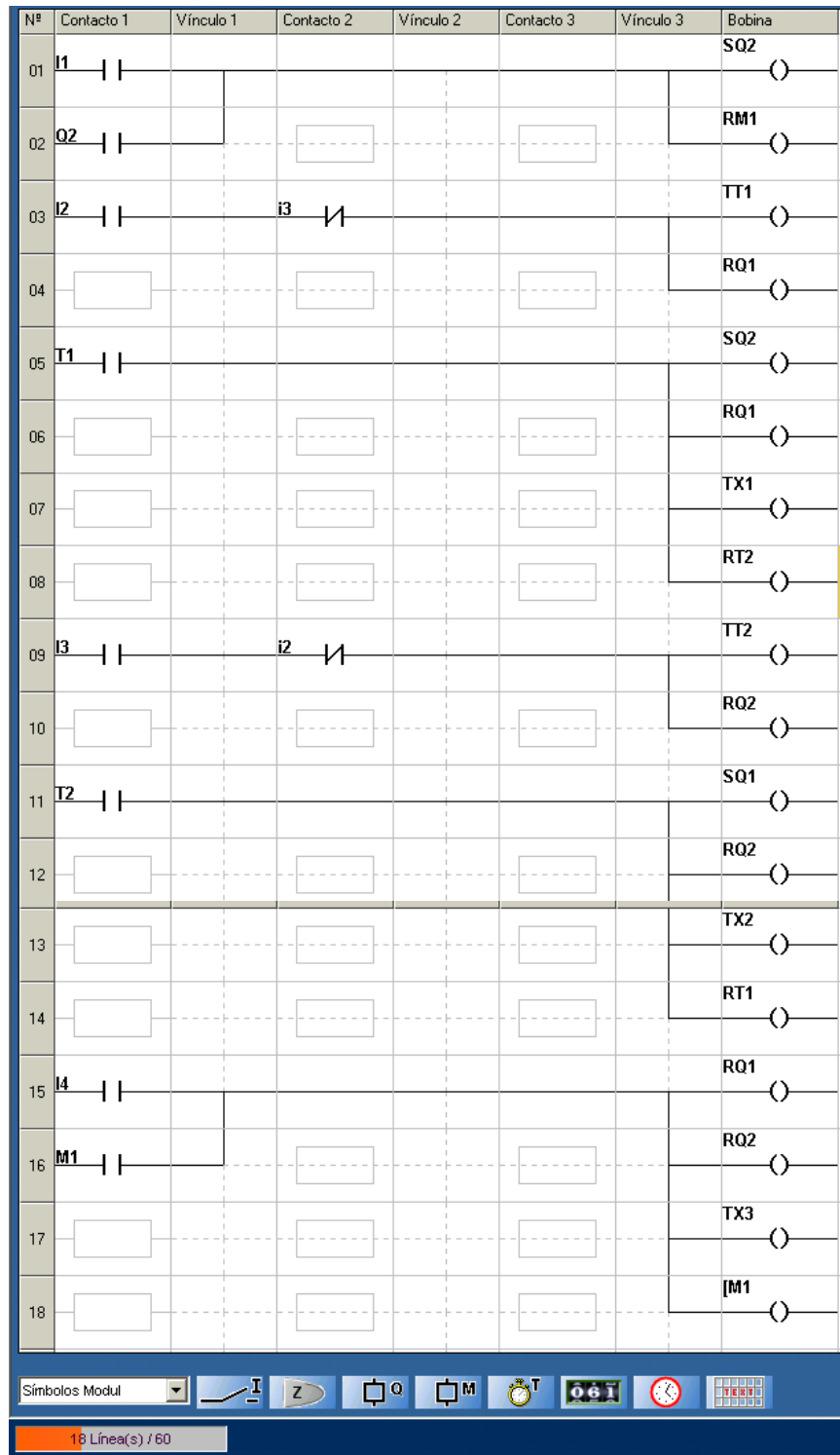


Figura 2.15 Diagrama de escalera en símbolos Ladder

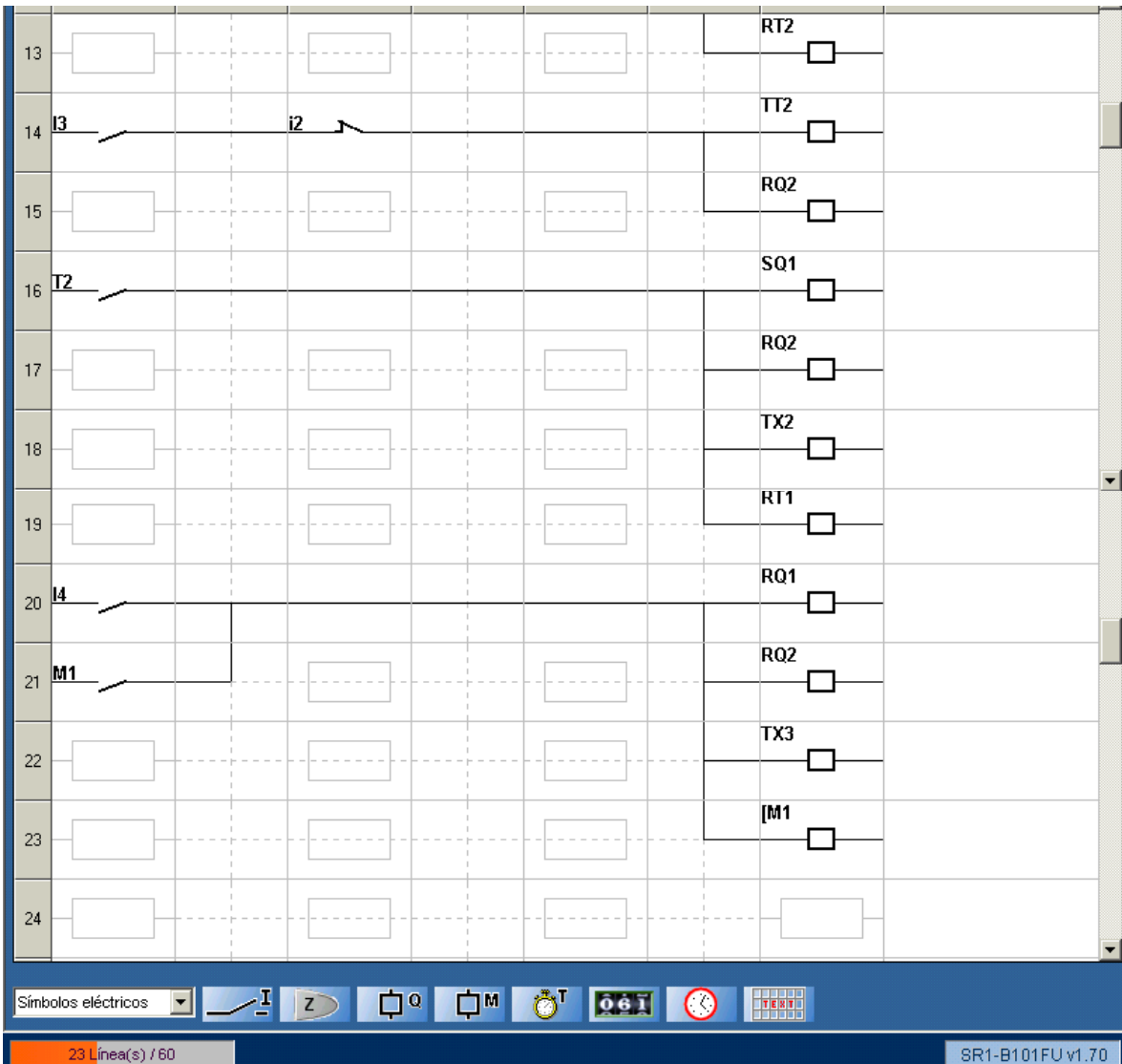


Figura 2.16 Diagrama de escalera en símbolos Eléctricos

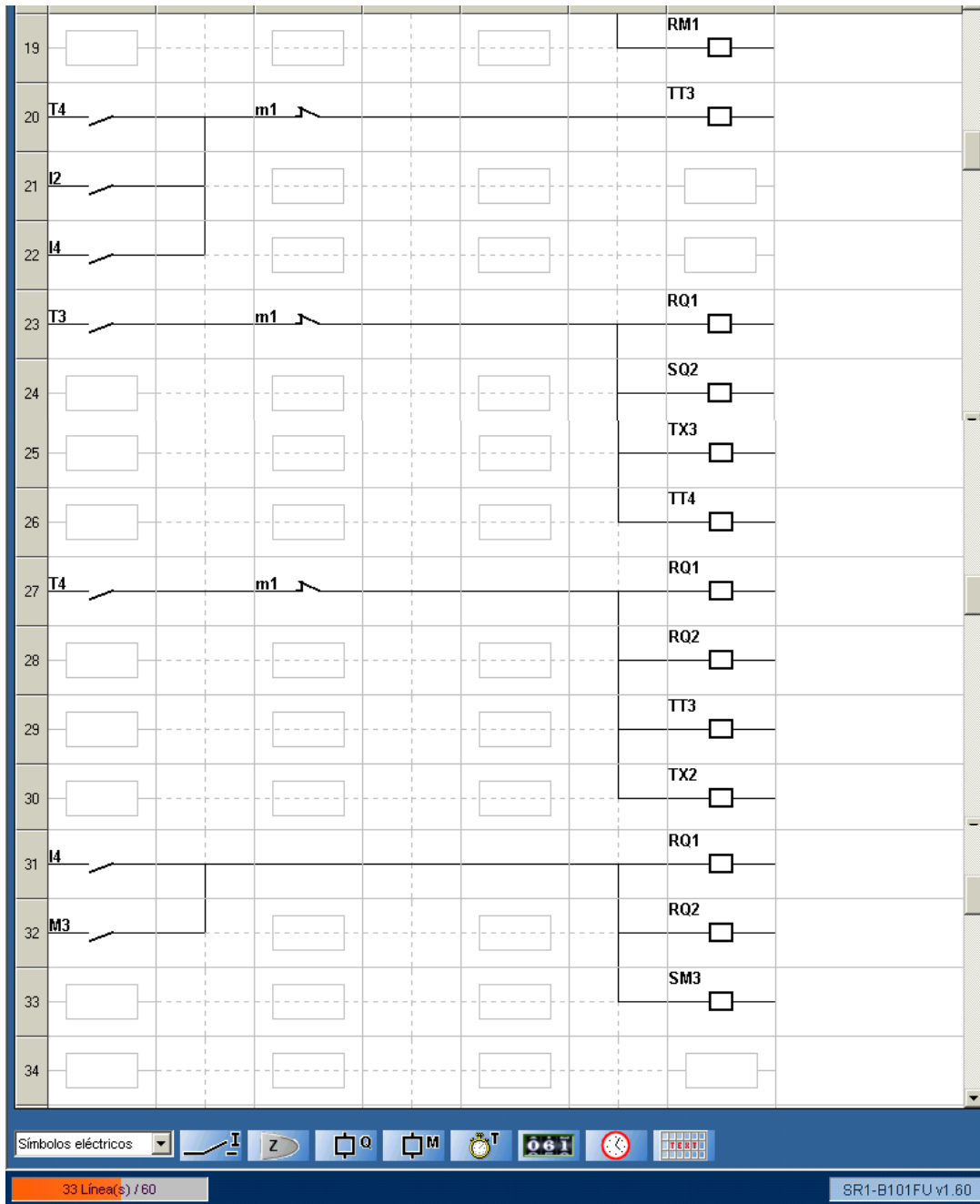


Figura 2.17 Diagrama de escalera en símbolos Eléctricos del modo de operación de posicionamiento.

2.3.7 Diagramas eléctricos del sistema de control

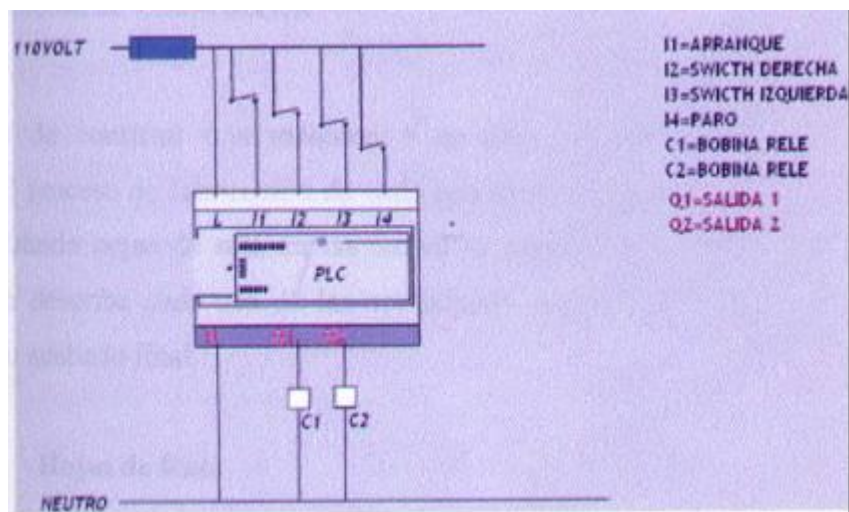


Figura 2.18 Diagrama Simplificado de Control

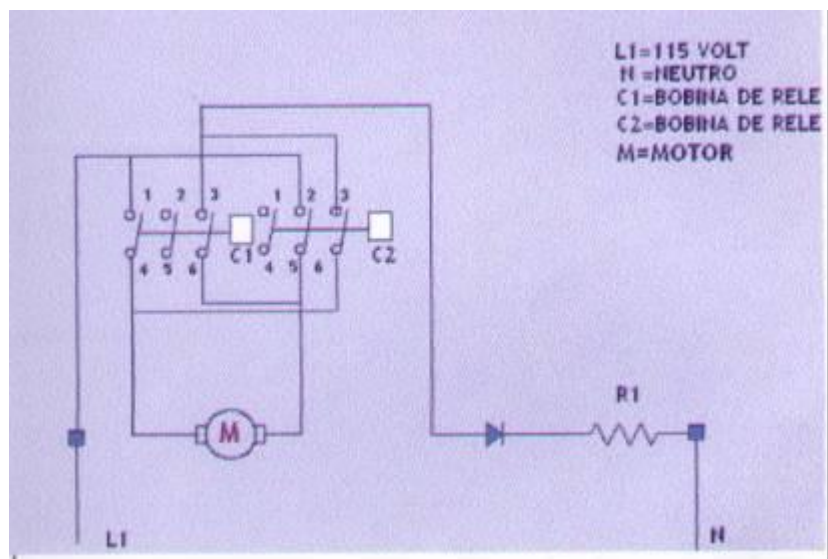


Figura 2.19 Diagrama Eléctrico del Sistema de Control

CAPÍTULO III

3. CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA FÍSICA

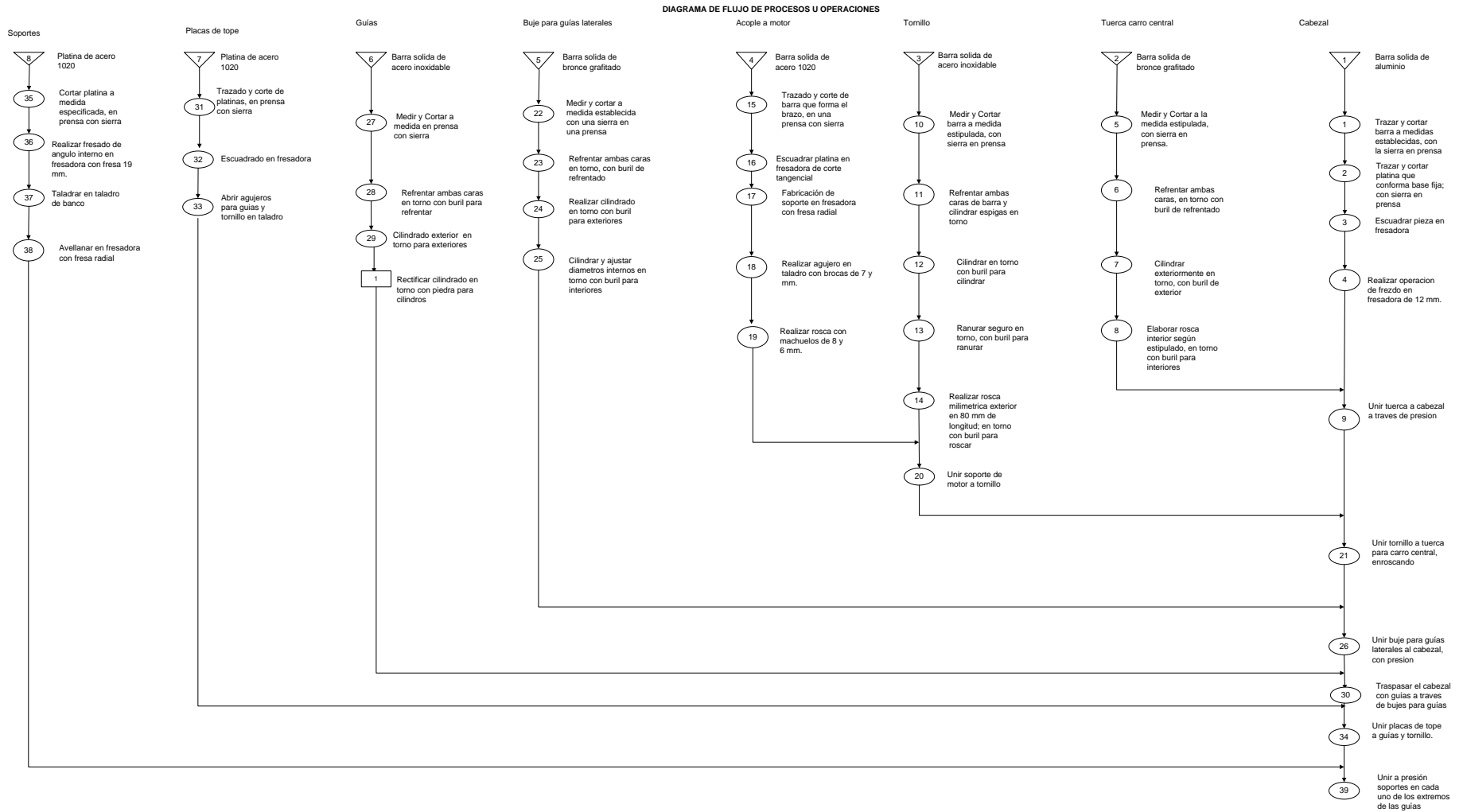
3.1 Proceso de Construcción

Antes de construir una máquina o en este caso un mecanismo es necesario especificar el proceso de fabricación de cada uno de los elementos que lo componen, esto se hace utilizando hojas de ruta en las cuales se especifica el nombre del elemento, el material y se describe cada una de las operaciones que deben efectuarse hasta llevar al elemento a su acabado final.

3.1.1 Diagrama de Flujo u Operaciones

A continuación se presenta el proceso de operaciones a seguir para la fabricación de cada una de los elementos del mecanismo, este proceso inicia desde el material con dimensiones en bruto hasta llevarlas a las dimensiones requeridas, las máquinas herramientas a utilizar para el proceso de fabricación son: torno tipo Horizontal, fresadora Vertical, taladro de pedestal, etc. En el siguiente diagrama se especifican cada una de dichas operaciones en el proceso de fabricación.

3.1.1 Diagrama de Flujo u Operaciones

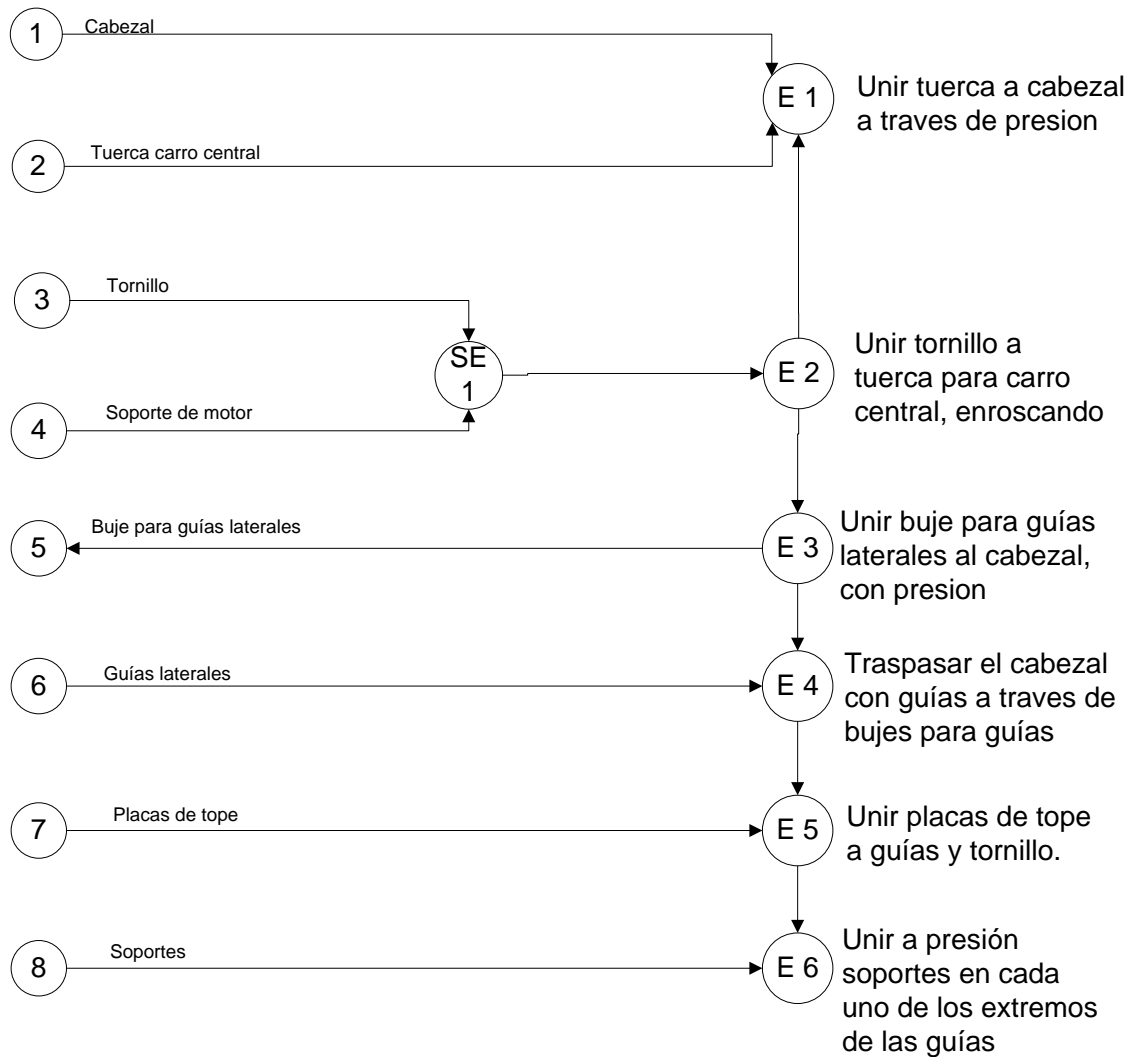


Descripción Total

Operaciones	39
Inspecciones	1
Almacenaje	8

3.1.2 Carta de Ensamble

CARTA DE ENSAMBLE



CAPITULO IV

4. ASPECTOS COMPLEMENTARIOS

4.1 Costos del Trabajo de Graduación

Los costos están agrupados en 5 áreas las cuales guardan relación entre sí y conforman la realización del trabajo de graduación.

Tabla 4.1 Costos para la realización del trabajo de graduación

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO \$
1	Fabricación del mecanismo	250
2	Sistema Eléctrico (incluye Motor)	50
3	Adapte del sistema de Control	25
4	Impresiones	150
5	Otros	100
	TOTAL \$	575

4.2 Criterios de Uso

El mecanismo en conjunto con el sistema de control que posee la escuela de Ingeniería Mecánica puede ser usado para implementarle cualquier tipo de programación y observar de manera perceptible lo que es control lógico programable, a la vez beneficia en el desarrollo de las practicas de laboratorio para la mejor formación de los estudiantes de Ingeniería Mecánica.

4.3 Propuestas para incrementar la complejidad del sistema

Entre las mejoras que se le pueden hacer están:

- Incorporarle una superficie en la cual se pueda instalar un dispositivo capaz de portar microswitchs móviles, con el fin de implementarle rutinas de desplazamiento más complejas.
- Adaptarle un encoder absoluto multivuelta al motor para poder controlar con mucha mas exactitud el posicionamiento del cabezal y crear rutinas con coordenadas especificas.

CONCLUSIONES

- Se desarrollo el diseño con el cual se construyo un sistema automatizado que es capaz de generar movimiento lineal
- Se identificador los mecanismos más importantes utilizados en procesos automatizados y sus características dinámicas más significativas.
- Se estableció mediante la observación cuidadosa que el mecanismo de tornillo sinfín es el más utilizado en diversos dispositivos para generar movimiento lineal.
- La automatización es una de las áreas de la tecnología que esta evolucionando a pasos agigantados, y a la vez ha permitido el desarrollo de muchas áreas de actividad económica en particular la actividad industrial, por lo tanto es un deber del profesional en Ingeniería Mecánica estar informado sobre el tema y en el mejor de casos realizar practicas sobre el mismo.

REFERENCIAS

- **FUNDAMENTOS DE ROBÓTICA**
Antonio Barrientos, Luis Felipe Peñín, Carlos Balaguer, Rafael Aracil
Editorial McGraw-Hill
España
1997

- **ROBÓTICA PRÁCTICA TECNOLOGÍA Y APLICACIONES**
Jose M^a Ángulo Usategui
Editorial Paraninfo
España
2000

- **INGENIERÍA DEL CONTROL AUTOMÁTICO**
Francis H. Raven
Editorial Hispano América S.A.
México

- **EL LIBRO DEL ROBOT**
Richard Pawson
Editorial Gustavo Gili S.A
España
1986

- **PROCESOS BÁSICO DE MANUFACTURA**
H.C. Kazanas, Glenn E. Baker, Thomas Gregor.
Mc. Graw Hill
1^a Edición

- **INSTALACIONES DE MANUFACTURA**
D.R. Sule
Thomson Learning
2^a Edición
México
2001

- **FUNDAMENTOS DE MECANISMOS Y MAQUINAS PARA INGENIEROS**
Roque Calero Pérez, José Antonio Carta González
Editorial McGraw-Hill
España
1999

- DISEÑO DE INGENIERÍA MECÁNICA
Joseph E. Shigley
Editorial McGraw-Hill
España
1990

- FUNDAMENTOS DE DISEÑO PARA INGENIERÍA MECÁNICA
Robert C. Juvinall
Editorial Limusa

- DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS
Robert L. Mott
Editorial Prentice Hill

- DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS
V. M. Faires
Editorial Montaner y Simón

- www.geocities.com/CollegePark/Pool/1549/frame.html

- www.sapiens.itgo.com/control_automatico/

- www.infopl.org/Documentacion/documentacion.htm

ANEXOS

TABLAS

Tabla A.1 Constantes elásticas y físicas de materiales

MATERIAL	MÓDULO DE ELASTICIDAD E		MÓDULO DE RIGIDEZ G		RELACIÓN DE POISSON ν	PESO UNITARIO w		
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lb/in ³	lb/ft ³	kN/m ³
Aluminio (todas las aleaciones)	10.3	71.0	3.80	26.2	0.334	0.098	169	26.6
Cobre al berilio	18.0	124.0	7.0	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Latón	15.4	106.0	5.82	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Acero común	30.0	207.0	11.5	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Hierro colado (gris)	14.5	100.0	6.0	41.4	0.211	0.260	450	70.6
Cobre	17.2	119.0	6.49	44.7	0.326	0.322	556	87.3
Madera (abeto Douglas)	1.6	11.0	0.6	4.1	0.33	0.016	28	4.3
Vidrio	6.7	46.2	2.7	18.6	0.245	0.094	162	25.4
Inconel	31.0	214.0	11.0	75.8	0.290	0.307	530	83.3
Plomo	5.3	36.5	1.9	13.1	0.425	0.411	710	111.5
Magnesio	6.5	44.8	2.4	16.5	0.350	0.065	112	17.6
Molibdeno	48.0	331.0	17.0	117.0	0.307	0.368	636	100.0
Monel	26.0	179.0	9.5	65.5	0.320	0.319	551	86.6
Níquel plata	18.5	127.0	7.0	48.3	0.322	0.316	546	85.8
Acero al níquel	30.0	207.0	11.5	79.3	0.291	0.280	484	76.0
Bronce fosforado	16.1	111.0	6.0	41.4	0.349	0.295	510	80.1
Acero inoxidable	27.6	190.0	10.6	73.1	0.305	0.280	484	76.0

Tabla A.2 Valores de coeficientes de fricción f (en seco o lubricado) f_0 (en el arranque)

MATERIALES	f_0	f
Acero sobre acero en seco	0,16	0,150
Acero sobre acero engrasado y pulido.....	0,10	0,010
Acero sobre fundición o bronce, seco	0,18	0,160
Acero sobre fundición o bronce, engrasado.....	0,10	0,015
Acero sobre metal antifricción, seco	0,23	0,220
Acero sobre metal antifricción, engrasado.....	0,10	0,015
Metal sobre madera seca	0,50	0,300
Metal sobre madera engrasada	0,10	0,050
Madera sobre madera seca.....	0,60	0,300
Madera sobre madera engrasada	0,20	0,100
Madera sobre madera con agua.....	0,70	0,250
Cuero sobre fundición en seco	0,56	0,280
Cuero sobre fundición engrasada		0,120
Cuero sobre madera en seco.....	0,47	0,270
Cuerda de cáñamo sobre roble seco.....	0,70	0,520
Piedra seca o grava sobre hierro.....	0,50	0,400
Piedra seca o grava sobre madera	0,60	0,450

Tabla A.3. Resultados de ensayos a la tensión de algunos metales.

NÚMERO	MATERIAL	CONDICIÓN	RESISTENCIA				EXP. RESIST. A DEFORM., m	DEFORM. A LA FRACT., ϵ_f
			DE FLUENCIA, S_y MPa (kpsi)	ÚLTIMA, S_u MPa (kpsi)	DE FRACTURA, σ_r MPa (kpsi)	COEFICIENTE DE, σ_0 , MPa (kpsi)		
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1)†	620 (90.0)	0.25	1.05
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130)†	992 (144)	0.14	0.49
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106)†	758 (110)	0.24	0.85
1045	Acero	Q&T 600°F	1520 (220)	1580 (230)	2380 (345)	1880 (273)†	0.041	0.81
4142	Acero	Q&T 600°F	1720 (250)	1930 (210)	2340 (340)	1760 (255)†	0.048	0.43
303	Acero inoxidable	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1520 (221)†	1410 (205)	0.51	1.16
304	Acero inoxidable	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1600 (233)†	1270 (185)	0.45	1.67
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2)†	620 (90)	0.28	0.10
2024	Aleación de aluminio	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3)†	689 (100)	0.15	0.18
7075	Aleación de aluminio	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102)†	882 (128)	0.13	0.18

Tabla A.4. Pasos preferidos para rosca ACME.

d , in	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	2	$2\frac{1}{2}$	3
p , in	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$