

2Ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

"CAMPUS ARAGON"

"DISPOSITIVOS DE CONTROL

PARA LA

AUTOMATIZACION"

T E S I S

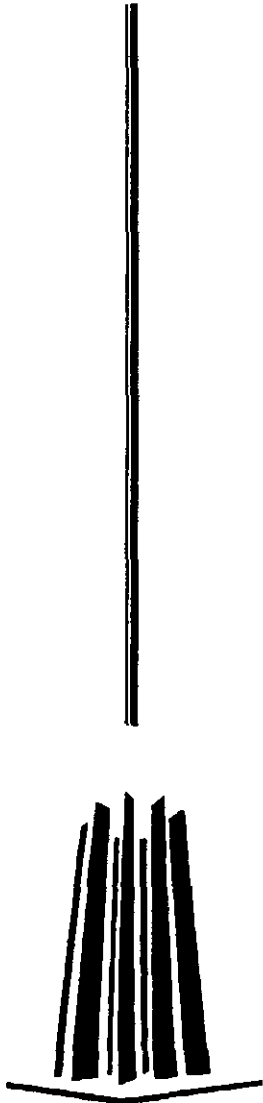
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA.

P R E S E N T A N:

JOSE CARLOS ACEVES SERNA

JOSE ANGEL SANCHEZ CORNEJO

ASESOR DE TESIS. ING. ENRIQUE GARCIA GUZMAN



SAN JUAN DE ARAGON, EDO. DE MEXICO

1999

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

27/09/99



Universidad Nacional
Autónoma de México

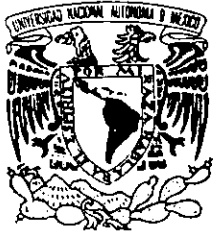


UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCION

UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

JOSÉ CARLOS ACEVES SERNA
P R E S E N T E.

En contestación a la solicitud de fecha 7 de diciembre del año en curso, presentada por JOSÉ ÁNGEL SÁNCHEZ CORNEJO y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. ENRIQUE GARCÍA GUZMÁN pueda dirigirles el trabajo de tesis denominado, "DISPOSITIVOS DE CONTROL PARA LA AUTOMATIZACIÓN", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

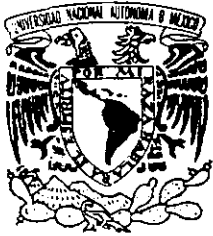
Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, México., 14 de diciembre de 1998
EL DIRECTOR



Lic. CARLOS EDUARDO LEVY VÁZQUEZ

- c c p Secretaría Académica.
- c c p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
- c c p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/MCA/vr



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCION

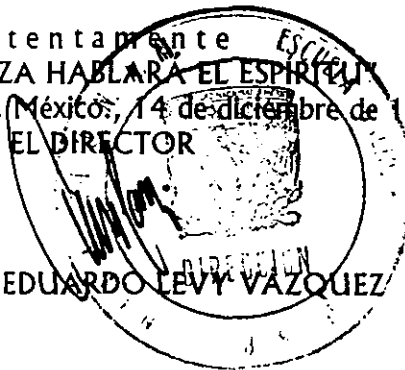
JOSÉ ÁNGEL SÁNCHEZ CORNEJO
P R E S E N T E.

En contestación a la solicitud de fecha 7 de diciembre del año en curso, presentada por JOSÉ CARLOS ACEVES SERNA y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. ENRIQUE GARCÍA GUZMÁN pueda dirigirles el trabajo de tesis denominado, "DISPOSITIVOS DE CONTROL PARA LA AUTOMATIZACIÓN", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 14 de diciembre de 1998
EL DIRECTOR

Lic. CARLOS EDUARDO LEVY VÁZQUEZ



- c c p Secretaría Académica.
- c c p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
- c c p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/MCA/vr

Cuando en tu vida concluye una etapa, cuando una cima logras conquistar, cuando obtenemos al fin lo que deseamos alcanzar, cuando después de la euforia natural, al deleitarnos con la victoria de un sueño convertido en realidad, nos enfrentamos a un espacio vacío y nuestro espíritu busca con ansia realizar una conquista, es cuando encontraremos el tesoro que cada día podemos acrecentar y en la dimensión de nuestra búsqueda estará nuestra grandeza.

Por esto y muchas cosas más dedico este trabajo de tesis a:

Mi Padre

Ing. Carlos Aceves Hernández

Por haber forjado en mi el sentido de
responsabilidad, honestidad y lucha hacia la vida

Mi Madre

Sra. Ma. Del Socorro Serna Hernández

Por formar en mi vida un camino lleno de cariño,
sinceridad y confianza gracias a sus consejos

Mis Hermanas

Guadalupe, Laura, Ana Lilia y Karla

Por compartir conmigo los momentos
difíciles y alegres que da la vida

Mis Padrinos y Familia

Sr. Gabino Beltrán Plata y
Sra. Maria Villagómez de Beltrán

Por ser para mi ejemplo de vida,
gratitud y modelo de familia a seguir

*Lic. Angeles D. Montoya Gómez
y Familia*

Por todos los momentos y recuerdos
gratos que valoro
y que serán memorables

*Ing. Miguel Angel González
y Familia*

Por el apoyo incondicional hacia los ideales
y creencia de mi ser

Lic. Nora Andalón Galindo y Familia

Por tan sincera amistad y
por ese espíritu de vida lleno de luz

Mis Amigos y Familiares

Por brindarme su amistad y ayuda, y
de quienes he disfrutado momentos únicos en mi vida,
principalmente Mario, Angel, Erika, Enrique,
Rogelio, Patricia, Sergio, Jesús, Patricia,
Victor Hugo, Tomás, Dulce

IBM DE MEXICO

ICYSLINE

DISTRIBUIDORA ORTIZ

Por formar en mi vida un sentido de superación profesional día con día

Pero principalmente a **"DIOS"** por permitirme ser quien soy,
gracias a la Fe de vida que me concedió

MUCHAS GRACIAS

JOSE CARLOS ACEVES SERNA

Una meta es un objetivo.

Un triunfo es un logro.

Por eso este trabajo de tesis

agradezco a:

Mi Madre

Sra. Soledad Cornejo Espejo

*por haberme guiado en la vida, dándome
sus consejos y su cariño. Gracias por confiar
en mi.*

Mis Hermanos

*Luz del Carmen, Arturo, Marco Antonio y
Juan Carlos. Por alentarme hasta en los momentos
más difíciles y compartido las alegrías.
Siempre juntos.*

Mis Amigos

*A todos de quien valoro el significado
de la Amistad y con quienes disfrute grandes
Momentos.*

MUCHAS GRACIAS

JOSE ANGEL SANCHEZ CORNEJO

A la Escuela:

*Por permitirme adquirir la formación profesional
y haber pertenecido a ella.*

A los Profesores:

*Un sincero agradecimiento por sus
Conocimientos y experiencias
En el transcurso de nuestra formación profesional.*

Al director de tesis:

Ing. ENRIQUE GARCIA GUZMAN

*Por su grandiosa amistad, ayuda, dedicación y comprensión
Para el desarrollo de esta tesis.*

A los Simodales

Ing. RAUL BARRON VERA

Ing. SILVIA VEGA MUYTOY

Ing. NARCISO HERNANDEZ ACEVEDO

Ing. ELEAZAR MARGARITO PINEDA DIAZ

*Por haber colaborado en la revisión y
Correcciones de este trabajo de tesis*

A todos muchas gracias con estimación.

JOSE CARLOS ACEVES SERNA

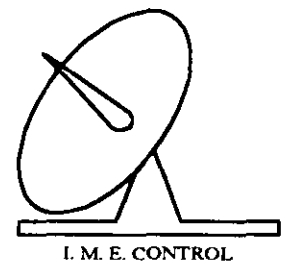
JOSE ANGEL SANCHEZ CORNEJO



TEMA:

DISPOSITIVOS DE CONTROL PARA LA

AUTOMATIZACION



INDICE

	Pag.
OBJETIVO:	I
JUSTIFICACION.	I
INTRODUCCION.	II
 CAPITULO I: INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS.	
➤ I.1. Introducción.	1
➤ I.2. Antecedentes Históricos sobre la implementación de Sistemas Automatizados en las Empresas.	2
➤ I.3. Características generales de los elementos que integran un Sistema de Control.	8
➤ I.4. Instrumentos de medición que se utilizan en la Automatización.	18
➤ I.5. Los elementos principales que controlan los Sistemas de Control.	23
 CAPITULO II: LA PC COMO HERRAMIENTA DE CONTROL.	
➤ II.1. Introducción.	29
➤ II.2. Repaso Histórico.	29
➤ II.3. La Computadora para Control de Procesos.	30
➤ II.4. Aplicaciones del Control Digital Directo a Procesos Industriales.	31
➤ II.5. Los Microprocesadores.	33
➤ II.6. Consideraciones sobre el diseño de controladores en base a Microprocesadores.	33
➤ II.7. Tendencias futuras del Control Digital de Procesos.	35
➤ II.8. Normas de Interfaz.	36
 CAPITULO III: CONVERTIDORES A/D Y D/A Y APLICACIONES.	
➤ III.1. Introducción.	41
➤ III.2. Conversión Analógica – Digital.	42
➤ III.3. Conversión Digital - Analógica.	48
➤ III.4. Circuito integrado de DAC y ADC.	56
➤ III.5. Aplicaciones de los DAC y ADC.	57

CAPITULO IV: SISTEMAS NEUMÁTICOS Y APLICACIONES.

➤ IV.1. Introducción.	58
➤ IV.2. Producción de aire comprimido.	62
➤ IV.3. Preparación del aire comprimido.	66
➤ IV.4. Elementos Neumáticos de trabajo.	68
➤ IV.5. Válvulas.	79
➤ IV.6. Captadores de posición sin contacto.	96
➤ IV.7. Convertidor de señal Neumático - Eléctrico	98
➤ IV.8. Ejemplos prácticos.	99

CAPITULO V. CONTROL DIGITAL CON P.L.C.

➤ V.1. Introducción.	102
➤ V.2. PLC Square D.	108
➤ V.3. Presentación LOGO!	117
➤ V.4. Aplicaciones de los Controladores Lógicos Programables.	135

CONCLUSIONES.

GLOSARIO.

BIBLIOGRAFIA.

OBJETIVO

El siguiente trabajo de investigación tiene por objetivo servir de apoyo a la materia de control digital, tanto en la teoría como en el laboratorio, para un mejor complemento hacia los alumnos de ingeniería y a los mismos ingenieros.

JUSTIFICACION

Ya que el siguiente trabajo describe los dispositivos importantes para la realización de un sistema a automatizar (ya sea un proceso industrial ó una tarea específica), como se mencionará en cada uno de los capítulos.

INTRODUCCION

Los sistemas automáticos de control consisten en demostrar la importancia del aprendizaje con ayuda de dispositivos (como la computadora, el PLC, etc.) en el área de control.

Ya que en los últimos años, los dispositivos de control se han vuelto poderosos y comunes, y la mayoría de los profesionales pueden usarlos para resolver problemas complejos de control con facilidad y eficiencia. Estos elementos facilitan mucho el estudio de problemas de control, pues el profesionista puede llevar a cabo numerosas corridas de análisis y diseño para aprender y aplicar la teoría.

Los sistemas de control automatizado son muy comunes en todos los sectores industriales, desde el control de calidad de productos industriales, líneas de ensamble automático, control de máquinas-herramienta, tecnología espacial y armamento, control por computadora, sistemas de transportación, robótica y muchos otros. Incluso problemas como el control de inventarios y los sistemas de control sociales y económicos, que pueden resolverse con enfoques teóricos de los controles automáticos.

Esta es la razón, por la cual de lo antes dicho se dará una explicación más clara de los elementos que intervienen en este trabajo.

En el capítulo I, se describe un panorama teórico sobre la evolución de la automatización; así como los elementos de medición que se utilizan en el control de procesos.

Para el capítulo II, se describe la importancia que tiene la computadora en los sistemas automatizados y la ventaja que trae a éstos; como también las características que debe cubrir para un control de procesos; y la descripción de las diferentes aplicaciones de control digital directo.

Para los convertidores A/D y D/A se mencionan en el capítulo III las nociones teóricas y prácticas para su uso.

Para los Sistemas Neumáticos y los dispositivos PLC's, se mencionarán la importancia que tienen en los procesos de control automatizados y con aplicaciones de gran utilidad.

Con la información presentada, se pretende hacer énfasis sobre la importancia que tiene hoy en día los sistemas de control automatizados.

CAPITULO I

INTRODUCCION A LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS



*El éxito no se logra con la suerte,
es el resultado de un esfuerzo constante.*

1.1. INTRODUCCION.

En los procesos industriales es absolutamente necesario controlar algunas magnitudes, tales como presión, el caudal, el nivel, la temperatura, etc.

El sistema de control puede definirse como aquel que compara el valor de la variable ó condición a controlar con un valor deseado, y efectúa una acción de corrección de acuerdo con la desviación existente, sin que el operario intervenga en absoluto.

El sistema de control incluye la unidad de medida, el transmisor, una unidad de control, el indicador, el registrador, un elemento final de control y el propio proceso. Todos estos elementos forman el denominado bucle ó lazo de control que puede ser abierto ó cerrado, como se ilustra en la figura I.1.

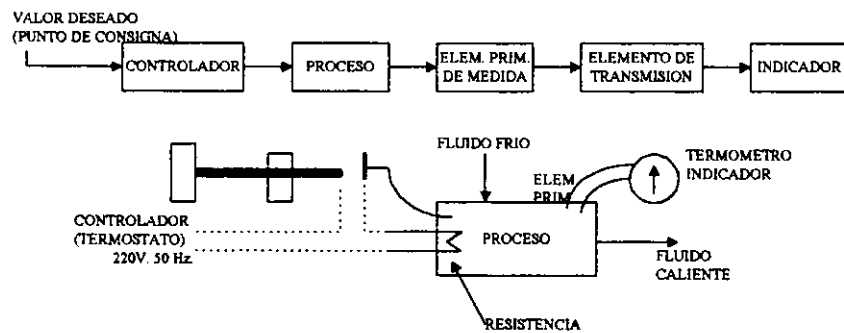


FIGURA I.1.a) BUCLE ABIERTO DE REGULACION.

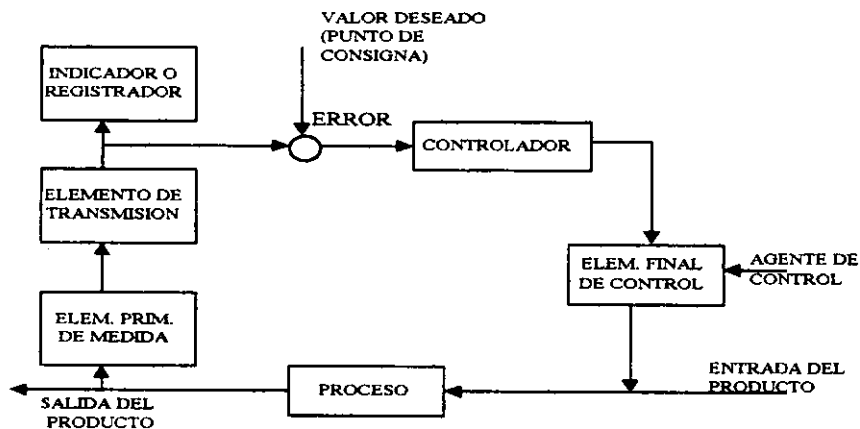


FIGURA I.1.b) BUCLE CERRADO DE REGULACION.

Las computadoras digitales están siendo usadas cada vez más para controlar sistemas de procesos industriales, ó una tarea específica; por lo tanto, es importante comprender bien los sistemas controlados por computadora.

L2. ANTECEDENTES HISTORICOS SOBRE LA IMPLEMENTACION DE SISTEMAS AUTOMATIZADOS EN LAS EMPRESAS.

> Historia de los Microprocesadores

En el transcurso de los años 50's, el transistor reemplazó a la válvula electrónica ó tubo de vacío, como elemento activo, amplificador ó conmutador en los circuitos electrónicos. En los años sesenta se desarrolla el circuito integrado (CI), con cierto número de transistores interconectados dentro de un pequeño chip de silicio, para proporcionar una gama comercial de circuitos integrados lineales (analógicos) y conmutadores digitales normalizados industrialmente y de bajo costo. A finales de esta década, los circuitos integrados realizaban en los circuitos electrónicos la mayor parte del trabajo que hasta entonces había sido efectuado por transistores discretos (transistores individuales).

Con el tiempo la familia de circuitos integrados, TTL (transistor – transistor – logic) se convirtió en estándar. Inicialmente los TTL eran SSI (small – scale - integration) pero a medida que mejoraron las técnicas de fabricación, aparecieron nuevos CI, MSI (medium – scale – integration), a finales de la década de los sesenta se contaba ya con CI de LSI (large – scale - integration), posterior a estos los CI VLSI (very - large – scale - integration) que contienen hasta unos 25,000 transistores ó 10.000 compuertas en el chip.

Ante este notable desarrollo técnico en circuitos integrados digitales, en 1969 una compañía de máquinas de oficina japonesa Busicom, pidió a una compañía de semiconductores norteamericana, Intel, que desarrollara para ella una serie de circuitos integrados digitales de silicio, para la parte electrónica de una calculadora - impresora. Intel fabricó una serie de circuitos integrados que constaba de cuatro chips separados (4001 a 4004), los cuales podían ser utilizados conjuntamente para producir un pequeño ordenador de aplicación general y capacidad limitada. El chip más importante de esta serie era el 4004, la unidad central del proceso del sistema ordenador, por ello generalmente se le conoce con el nombre de familia microprocesador 4004.

Debido a las necesidades y requerimientos de distintas compañías en 1971 Intel lanza la serie MCS-8 comúnmente conocida como familia 8008, porque era el número de tipo de la unidad central de proceso. Utilizando una palabra de datos de 8 bits, la familia 8008 de Intel constituye la primera generación de los verdaderos CI microprocesadores (término utilizado para designar un solo chip de CI).

Durante los años 70's, surgieron diferentes fabricantes de microprocesadores cada uno con distintos conceptos de diseño. Algunos de estos fabricantes fueron Fairchild, General Instrument, Motorola, National, Reytheon, RCA Signetics y Texas Instruments. En Europa Occidental han fabricado chips de microprocesadores compañías tales como AEG-Telefunken, Ferranti, Plessey, SGS/ATES, Siemens y Thomson/CSF, y en Japón encontramos Fujitsu, Hitachi, Matsushita, Mitsubishi, NEC y

Toshiba. Se puede clasificar las familias de chips microprocesador de distintas maneras. Probablemente la característica de selección más importante es el número de bits utilizado en la palabra de datos.

➤ *Tecnología de los Computadores*

La idea de utilizar computadoras digitales como componentes de sistemas de control surgió alrededor de 1950. Las primeras aplicaciones ensayadas fueron el control de misiles y de aviones. Los estudios mostraron que no era posible utilizar los computadores digitales disponibles por aquel entonces, los computadores eran demasiado grandes, consumían demasiada potencia y no eran suficientemente fiables. Por esta razón se desarrollaron computadores de propósito especial como analizadores diferenciales digitales (DDA de Digital Differential Analyzers), para las primeras aplicaciones aeroespaciales.

Los desarrollos más importantes en el control por computadora se produjeron en las industrias de proceso. El progreso de estos desarrollos aparece en la siguiente figura, que muestra el crecimiento del número de computadores usados en control de procesos durante los últimos 25 años.

Por otra parte, la idea de emplear computadoras digitales para el control de procesos surgió a mitad de los años 50's. El trabajo comenzó en marzo de 1956, cuando la compañía aeroespacial Thomson Ramo Woolridge (TRW) contactó con Texaco para realizar un estudio de factibilidad. Después de conversaciones preliminares, se decidió probar en una unidad de polimerización de la refinería de Por Arthur, Texas. Un grupo de ingenieros de TRW y Texaco hicieron un estudio de factibilidad completo, que requirió alrededor de 30 hombres/año. Se diseñó un sistema de control por computadora para la unidad de polimerización basada en un computador RW-300. El sistema de control se puso en marcha el 12 de marzo de 1959. El sistema controlaba 26 flujos, 72 temperaturas, 3 presiones y 3 composiciones. Las funciones esenciales eran minimizar la presión del reactor, determinar la distribución óptima entre la alimentación de los cinco reactores, controlar la entrada de agua saliente a partir de la actividad estática y determinar la circulación óptima.

Muchos fabricantes de computadores que vieron un gran mercado potencial para sus productos, tomaron nota del trabajo de los pioneros, realizado por TRW. Se iniciaron muchos estudios de factibilidad diferentes y comenzó un desarrollo muy activo.

Para tratar este tremendo desarrollo es útil considerar cuatro periodos:

Periodo de los pioneros.	1955
Periodo de control digital directo.	1962
Periodo del minicomputador.	1967
Periodo del microcomputador.	1972

➤ *El periodo de los Pioneros*

El trabajo realizado por TRW y Texaco hizo surgir un interés muy grande en las industrias de proceso, entre los fabricantes de computadores y en las organizaciones de investigación. Las industrias vieron una posible herramienta para una mayor automatización. Las industrias de computadores, vieron nuevos mercados y las universidades un nuevo campo de investigación. Los fabricantes de computadores iniciaron muchos estudios de factibilidad debido a que estaban ansiosos de aprender la nueva tecnología y muy interesados en conocer como debería ser un control de procesos por computador adecuado. Los estudios de factibilidad continuaron durante los años 60's.

Los sistemas de computador que se utilizaban entonces eran lentos, caros y poco fiables. Los sistemas primitivos empleaban válvulas de vacío. Datos típicos de un computador de alrededor de 1958 son: un tiempo de suma de 1 ms, un tiempo de multiplicación de 20 ms y un tiempo medio entre fallos (MTBF, de Mean Time Between Failures) de entre 50 y 100 horas para la unidad central. Para aprovechar el máximo de unos computadores tan caros, era necesario encomendarles la ejecución de muchas tareas. Como tenían tan poca fiabilidad, controlaban el proceso imprimiendo instrucciones al operador del proceso ó cambiando las consignas de los reguladores analógicos. A estas formas de operación de supervisores se les conocía como guía del operador y control de consigna.

Las tareas más importantes del computador eran encontrar las condiciones de operación óptimas, realizar las organizaciones y la planificación de la producción, y elaborar informes sobre la producción y el consumo de materias primas. El problema de encontrar mejores condiciones de operación se planteaba como un problema de optimización estática. Para realizar la optimización, hacían falta los modelos matemáticos de los procesos. Los modelos que se empleaban - que eran bastantes complicados - se obtenían de los modelos físicos de los procesos y del análisis de regresión de los datos del proceso. También se llevaron a cabo intentos de realizar una optimización en línea.

A menudo los avances se veían entorpecidos por una falta de conocimientos de proceso. También, fue quedando claro que no era suficiente con ver simplemente los problemas como cuestiones de optimización estática; hacían falta modelos dinámicos. Una parte significativa de los estudios de factibilidad estaban dedicados al modelado, lo que consumía bastante tiempo debido a la falta de una buena metodología de modelado.

Se seguían muy de cerca los progresos en las conferencias, reuniones y en las revistas. La revista *Control Engineering*, publicó una serie de artículos describiendo el empleo de los computadores en control de procesos. En marzo de 1961 se habían instalado 37 sistemas. Un año más tarde el número de sistemas había crecido a 159. Las aplicaciones comprendían el control de acerías, industrias químicas y plantas de generación de energía eléctrica. El desarrollo prosiguió a diferente ritmo en las distintas industrias. Los estudios de factibilidad continuaron a lo largo de los años 60's y 70's.

➤ *El Control Digital Directo.*

Las primitivas instalaciones de computadores de control operaban en modo supervisor, bien como guía de operador ó bien como control de consigna. En ambos casos hacia falta el equipo de control analógico ordinario. Imperial Chemical Industries (ICI) en Inglaterra se apartó drásticamente de este enfoque en 1962. Se sustituyó la totalidad de la instrumentación analógica de control de procesos por un computador, Argus de Ferranti. El computador media 224 variables y controlaba 129 válvulas directamente. Era el comienzo de una nueva era en el control de procesos, simplemente la tecnología analógica se sustituía directamente por la tecnología digital; la función del sistema era la misma. Se acuñó el nombre de Control Digital Directo (DDC del inglés Direct Digital Control) para destacar que el computador controlaba el proceso directamente. En 1962 un típico computador de control de procesos podía sumar dos números en 100 μ s y multiplicarlos en 1 ms. El MTBF era de alrededor de 1000 horas.

El costo era el argumento más fuerte para cambiar la tecnología. El costo de la tecnología analógica aumentaba linealmente con el número de lazos de control, el costo inicial de un computador digital era grande, pero el costo de añadir un lazo adicional era pequeño. El sistema era entonces más barato para los sistemas grandes. Otra ventaja era que la comunicación con el operador podía cambiar de forma drástica; un papel de comunicación con el operador podía sustituir a una larga pared de instrumentos analógicos. El panel empleado en el sistema ICI era muy sencillo: una pantalla digital y unos pocos pulsadores.

El DDC fue un cambio de dirección fundamental en el desarrollo de los sistemas de control por computador. El interés se centro en las funciones básicas de control en lugar de hacerlo en las funciones de supervisión de los sistemas anteriores. En los años 1963 - 1965 se realizó un progreso considerable. Las especificaciones de los sistemas DDC se elaboraban conjuntamente entre los usuarios y los vendedores. Se discutían con profundidad, problemas tales como la elección del periodo de muestreo y de los algoritmos de control, así como el problema clave de la fiabilidad. El concepto DDC se aceptó rápidamente a pesar del hecho que los sistemas DDC a menudo resultaban más caros que sus correspondientes analógicos.

➤ *El Periodo de los Minicomputadores.*

Durante los años 60's hubo un desarrollo sustancial en la tecnología de los computadores digitales. Los requisitos de los computadores de control de procesos se cumplían perfectamente gracias al progreso en la tecnología de los circuitos integrados, los computadores resultaban más pequeños, más rápidos, más fiables y más baratos. Se elaboró el término minicomputador para los nuevos computadores que surgieron.

El desarrollo de la tecnología de los minicomputadores combinado con el crecimiento alcanzado sobre el control de procesos con computador durante los periodos inicial y de DDC, produjo un rápido incremento en las aplicaciones del control por computador; varios fabricantes anunciaron computadores

especiales de control de procesos. Un computador de proceso típico de ese periodo tenía una longitud de palabra de 16 bits. La memoria principal era de 8 K a 124 K palabras. Se solía emplear un disco como memoria secundaria. Un computador típico de ese periodo fue el CDC - 1700 con un tiempo de suma de 2 μ s y un tiempo de multiplicación de 7 μ s. El MTBF de la unidad central era de alrededor de 20 000 horas.

Un factor importante en el rápido incremento del control por computador en este periodo fue que el control digital por computador ahora venía en «unidades» más pequeñas, esto permitía utilizar el control con computador para proyectos menores y para problemas más pequeños. Debido a los minicomputadores, el número de computadores de proceso creció desde unos 5000 en 1970, hacia alrededor de 50000 en 1975.

➤ *El periodo de los microcomputadores*

El minicomputador era todavía un sistema demasiado grande. Incluso aunque las prestaciones siguieron aumentando y los precios disminuyendo, el precio de un minicomputador en 1975 era todavía de unos \$10000. Esto significa que un pequeño sistema rara vez costaba menos de \$100000. El control por computador estaba todavía fuera del alcance de un gran número de problema de control. Pero con la llegada del microcomputador en 1972, el precio de un computador en una tarjeta con las prestaciones de un minicomputador de 1975 descendió a \$500 en 1980. Otra consecuencia fue que la potencia de cálculo digital en 1980, comparada en cantidad llegó a valer solamente \$50. Esto significa en la práctica que el control por computador podía considerarse en ese momento como una alternativa que había que tener en cuenta, sin importar lo reducido del tamaño de la aplicación.

Ya que durante los años 80's van a producirse unos desarrollos todavía más drásticos en microelectrónica con la tecnología VLSI, es una predicción segura que se producirá un gran aumento en las aplicaciones del control del computador. Los microcomputadores ya han producido un impacto apreciable sobre los equipos de control, los microcomputadores están sustituyendo a los circuitos analógicos incluso en los controladores de un solo lazo, se han construido pequeños sistemas DDC empleando microcomputadores. La comunicación con el operador se ha mejorado extraordinariamente en los sistemas con la introducción de pantallas, gráficas de color; se han construido sistemas jerarquizados de control con un gran número de microcomputadores, y se han diseñado reguladores de propósito especial basados en microcomputadores.

➤ *El Futuro*

Basándose en los extraordinarios desarrollos habidos en el pasado, se está tentando de especular sobre el futuro. Hay cuatro áreas que son importantes para el desarrollo del control de procesos por computador.

- Conocimiento del proceso.

- Tecnología de la medida.
- Tecnología de los computadores.
- Teoría del control.

El conocimiento acerca del control de procesos y de la dinámica del proceso está aumentando lenta pero continuamente. Las posibilidades de aprender sobre las características de los procesos están creciendo de forma sustancial con la instalación de sistemas de control de procesos, ya que entonces es fácil recoger datos, realizar experimentos y analizar los resultados. También han proporcionado una información muy valiosa los progresos en identificación de sistemas y análisis de datos.

Sin embargo, es muy difícil predecir los progresos en tecnología de la medida. Empleando las técnicas existentes se pueden hacer muchas cosas. Es muy interesante la posibilidad de combinar las salidas de diferentes sensores mediante modelos matemáticos. También es posible realizar la calibración automática mediante un computador. La aparición de nuevos sensores ofrecerá, sin embargo, nuevas posibilidades.

En tecnología de los computadores se esperan desarrollos espectaculares con la introducción de los circuitos VLSI. La relación de precio a prestaciones descenderá de forma sustancial. Se espera que los microcomputadores tengan una potencia de cálculo mayor que las de los grandes computadores de los años 70's y 80's. También se esperan mejoras sustanciales en las técnicas de presentación y en las comunicaciones.

La programación ha sido hasta ahora uno de los cuellos de botella. Desde 1950 a 1970, sólo hubo mejoras marginales en la productividad en programación. A finales de los 70's muchos sistemas de control por computador se programaban todavía en ensamblador. En el campo de control ha sido habitual marginar alguno de los problemas de programación mediante tablas. A los usuarios de sistemas DDC se les suministra un paquete de programas conocido como DDC que les permitía generar un sistema DDC simplemente rellenando una tabla, con lo que se necesitaba muy poco esfuerzo para generar un sistema. La amplia utilización con estos paquetes retrasan sin embargo el desarrollo, ya que aunque es muy fácil utilizar el DDC, la realización de cualquier cosa diferente exige mucho mayor esfuerzo. De esta forma sólo se empleaba en los métodos muy ensayados.

Por su parte la teoría de control tuvo un progreso sustancial durante el período 1955 - 1970. Sin embargo, muy poco de esta teoría se ensayó en los sistemas de control por computador, incluso a pesar de que los estudios de factibilidad habían indicado que podían conseguirse mejoras muy significativas. Una razón para esto es el costo de la programación. Como ya mencionamos antes se requiere poco esfuerzo para emplear un paquete suministrado por el vendedor. Sin embargo, supone un esfuerzo mucho mayor intentar cualquier cosa que sea diferente. Hay indicios de que se puede esperar que esta situación cambie. Los computadores personales con lenguajes interactivos como el BASIC están utilizándose para el control

de procesos. Con un lenguaje interactivo es muy fácil intentar cosas nuevas. En gran proporción también ocurre lo mismo con aquellos que utilizan BASIC de tiempo real. Sin embargo desgraciadamente es muy difícil escribir sistemas «seguros» en BASIC. Esto cambiará cuando se disponga de mejores sistemas interactivos.

1.3. CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN SISTEMA DE CONTROL.

➤ Clases de Instrumentos.

Según la función del instrumento se tiene:

- Instrumentos ciegos sin indicación visible de la variable.
- Instrumentos indicadores con un índice que señala en una escala graduada el valor de la variable, ó bien si es digital muestra la variable en forma numérica con dígitos.
- Instrumentos registradores de gráfico circular (es normal 1 revolución en 24 horas), y de gráfico rectangular ó alargado (la velocidad normal es de 209 milímetros/hora).
- Elementos primarios en contacto directo con la variable.
- Transmisores que transmiten la variable a distancia en forma de señal neumática ó electrónica digital.
- Transductores que modifican el tipo de señal de entrada. Son transductores: un relé, un transmisor, un convertidor PP/I (Presión de Proceso a Intensidad). Un caso particular son los convertidores P/I ó I/P (señal neumática de entrada a electrónica de salida ó viceversa).
- Receptores que reciben la señal procedente de los transmisores y la indican, la registran ó controlan.
- Controladores que comparan la variable controlada con un valor deseado, y ejercen una acción correctiva
- de acuerdo con la desviación.
- Elemento final de control que recibe la señal del instrumento controlador, y modifica el caudal del fluido
- ó agente de control.

En el control neumático el elemento es un servomotor neumático; en el control electrónico se trata de un convertidor de intensidad a presión I/P, que convierte la señal electrónica a neumática para alimentar un servomotor neumático, ó bien de un conjunto de resistencias de calentamiento; en el control digital, se emplea un convertidor de señal digital a neumática, y en el control eléctrico se utiliza un servomotor eléctrico.

➤ Definiciones y Descripciones de los Controlles.

Contactos.

Un contacto consiste en partes conductoras que continúan para completar ó interrumpir un circuito eléctrico. Un contacto de una sola interrupción tiene un elemento fijo montado en un brazo conductor. Un

contacto de doble interrupción tiene dos elementos fijos montados en una base aislada y un elemento conductor móvil montado en un brazo aislado, el elemento móvil actúa como conexión variable entre los dos contactos.

Un contacto este abierto ó cerrado en el estado normal, se conoce como normalmente abierto (NO) ó normalmente cerrado (NC). En el caso de contactos que funcionan magnéticamente, el estado normal ocurre cuando la bobina de operación no está energizada.

Jamás se hace un contacto en una unidad completa dentro de sí mismo. Se debe proporcionar alguna manera de abrir ó cerrar el contacto. Una de las maneras más simple es con un interruptor.

Interruptores.

Un interruptor es un dispositivo para establecer, interrumpir ó cambiar las conexiones en un circuito eléctrico. Todos los interruptores contienen uno ó más polos. Un polo consiste en un conjunto completo de contactos que abre ó cierra un circuito eléctrico. En consecuencia se utiliza un interruptor de un solo polo en los casos en que sólo participa un circuito. Un interruptor doble se utiliza para dos circuitos, etc..

Interruptores de botones de presión.

Los botones de presión son los dispositivos piloto que se utilizan más en el campo de control de motores. A manera de definición se puede decir que un botón de presión, es un interruptor que funciona manualmente para establecer ó interrumpir uno ó más circuitos de control. Estos circuitos pueden hacer funcionar dispositivos de control magnético tales como arrancadores, contactores y relevadores.

Contactores electromagnéticos.

Los contactores son dispositivos para establecer ó interrumpir repetidamente un circuito de energía eléctrica. Un contactor electromagnético es un relevador del tipo de potencia con contactos de trabajo pesado para interrumpir cargas industriales. El diseño del magneto de un contactor de C.A. consiste en un núcleo estacionario y una armadura móvil. El magneto hecho de acero laminado de alta permeabilidad proporciona la trayectoria para el campo magnético que establece la corriente de la bobina. Este campo atrae la armadura hacia el núcleo. Los contactos móviles de la armadura hacen conexión con los contactos estacionarios, completando un circuito eléctrico. Cuando se interrumpe la corriente de bobina, el campo magnético desaparece y, por gravedad ó mediante resortes se regresa la armadura a su posición original, separando con ella los contactos. Los contactores pueden tener contactos auxiliares para hacer funcionar lámparas indicadoras, relevadores, otros contactores y para fines de retención ó cierre de combinación.

Relevador de tiempo.

Un relevador de tiempo ó retraso es un dispositivo de circuito de control que suministra una función de conmutación con el paso del tiempo. Puede haber muchos tipos de relevadores de tiempo, tales como los operados por motor, hidráulicos, de decaimiento de flujo magnético, de descarga de capacitor y electrónicos. Sin embargo, las características de construcción y comportamiento del relevador con retraso neumático lo hacen adecuado para la mayoría de las operaciones de control industrial. Un relevador con retraso neumático es un dispositivo de restablecimiento que utiliza el escape de un flujo ó aire a través de un orificio ajustable. A los relevadores de tiempo que provocan un retraso en la activación a la carga se les conoce como relevadores de retraso.

Relevador de control.

Los relevadores de control se diseñan para utilizarlos como dispositivos en circuitos piloto, en los circuitos de control de diferentes relevadores, contactores u otros dispositivos. Debido a sus requerimientos más bajos de corriente y voltaje de conmutación, los contactos pueden ser mucho más pequeños, y tener menos separación. Su potencia de operación es relativamente baja y se pueden clasificar como relevadores de trabajo ligero, tipo sensible.

Relevador de sobrecarga.

El relevador de sobrecarga es un dispositivo de circuito de control, para proteger a un motor contra cargas excesivamente pesadas. En serie con los conductores de la línea del motor, se conectan elementos térmicos ó magnéticos sensibles a la corriente. Cuando se produce algún valor predeterminado de corriente de sobrecarga, el relevador se dispara y corta la energía a los controles de arranque. Se proporciona un motor de restablecimiento manual ó automático para restablecer el funcionamiento del circuito de control.

Interruptor de circuito.

El interruptor de circuito es un dispositivo diseñado para abrir y cerrar un circuito por medios no automáticos, y de abrir automáticamente el circuito a una sobrecarga predeterminada de corriente, sin daño a si mismo cuando se usa apropiadamente dentro de sus especificaciones.

Existen interruptores que proporcionan las siguientes funciones:

- ***Interruptor de desconexión:*** Proporciona la manera de aislar los conductores de un circuito de su fuente de energía. Una sola palanca controla los tres polos. Cuando se usa de esta manera también se puede llamar interruptor de seguridad ó aislamiento.

- ***Protector de circuito:*** Proporciona protección confiable contra la sobrecarga del circuito. La estructura consiste en tres polos simples, cada uno capaz de soportar 5 amperes, y compuestos con un cierre de

combinación mecánico interno que controla simultáneamente a todas las unidades, abriendo cada conductor de línea. La palanca simple se mueve a la posición de desconectado bajo sobrecarga y no se puede forzar a que se cierre sino hasta eliminar la sobrecarga. Se dice que es a prueba de disparo.

- **Interruptor de control manual:** Sus características especiales de disparo en serie con retraso y alta capacidad de corriente de ruptura lo hacen útil como un interruptor de control de encendido - apagado de motor directo cuando se utiliza dentro de sus especificaciones. También se puede llamar interruptor de circuito de motor.

Reloj secuencial

Un reloj secuencial del tipo de leva de circuito operado por motor, es un dispositivo de control piloto que se utiliza cuando debe ocurrir un proceso definido de "encendido" ó "apagado", ó una secuencia de operaciones dentro de un intervalo dado. Los relojes secuenciales cíclicos abren y cierran interruptores de acuerdo con un programa fijo. El ciclo de funcionamiento se repite hasta abrir el circuito del motor que mueva el reloj.

Interruptores de tambor

Los interruptores de tambor están entre los dispositivos más conocidos y usados para controlar motores a mano. Son interruptores rotatorios, formados por conjuntos de contactos, operados por una palanca. Girando la palanca es posible que un interruptor de tambor ó controlador de tambor encienda, pare, invierta, ó control de la velocidad de un motor de C.A. ó C.D. El interruptor de tambor de tipo segmentado tiene sus contactos controlados por segmentos conductores en la periferia de un tambor rotatorio. El interruptor de tambor de tipo de leva tiene sus contactos controlados por levas que actúan soportadas por el tambor rotatorio.

Interruptores de enchufe.

Un interruptor de enchufe es un dispositivo detector, conectado mecánicamente a una flecha de motor para proporcionar conmutación eléctrica independiente de la dirección en que trabaja el motor.

A veces se conoce como interruptor de velocidad cero y puede servir para parar automáticamente un motor en forma rápida. El interruptor impide la inversión rotacional después de que se ha enchufado eléctricamente el motor (por ejemplo invirtiendo el voltaje de línea ó la secuencia de fases).

Frenos magnéticos.

Se utilizan en diversas aplicaciones de motores no sólo para conseguir la parada rápidamente de un motor, sino también para impedir que una carga estacionaria, se mueva bajo la influencia de la gravedad, presión de viento u otras fuerzas; se puede emplear una combinación de los sistemas de frenado eléctrico (dinámico). El freno se aplica conforme el motor reduce su velocidad y actúa para retener el motor

después de que ha cesado el movimiento. Se pueden diseñar los frenos electromagnéticos para que proporcionen torsión de retención cuando la bobina tiene energía ó cuando no la tiene.

Amplificador operacional.

Actualmente un amplificador operacional (OPAM) es un microcircuito integrado con un par de terminales de entrada que proporcionan una resistencia muy elevada. La tensión aplicada a sus terminales se amplifica considerablemente y aparece en sus terminales de salida.

Un OPAM ideal debería tener una resistencia de entrada infinita (un circuito abierto para cualquier corriente de entrada); una resistencia de salida igual a cero (de forma que la tensión de salida sea independiente de la corriente de la carga conectada a la salida del amplificador) y una ganancia infinita.

El OPAM requiere de una fuente externa de energía equilibrada (por ejemplo $\pm 15\text{v}$) para que funcione. Existen dos formas básicas para conectar un OPAM para que funcione como un simple amplificador. Representados en las siguientes figuras I.2 a) y b):

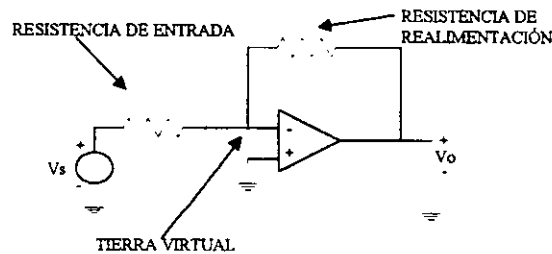


FIGURA I.2 a). AMPLIFICADOR INVERSOR

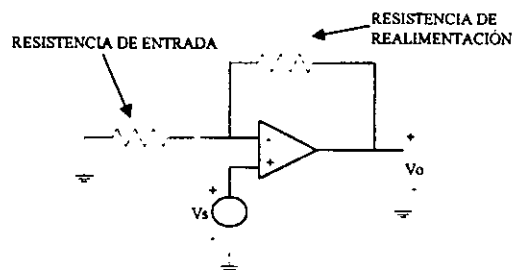


FIGURA I.2 b). AMPLIFICADOR NO INVERSOR

El amplificador no inversor mostrado en la figura I.3 siguiente:

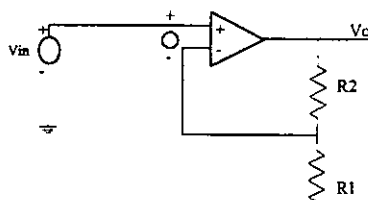


FIGURA I.3.

Un caso especial de amplificador inversor es el circuito sumador de la figura I.4:

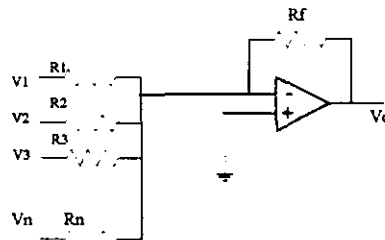


FIGURA I.4.

Que es un simple amplificador inversor con varias entradas, cada una con su respectiva resistencia.

Resistencias.

Las resistencias se utilizan en los circuitos de control de motores para limitar el flujo de la corriente durante determinados periodos de funcionamiento. También se utilizan como divisores de voltaje ó para limitar el voltaje aplicando a los dispositivos piloto. Contrario a los interruptores ó capacitores, las resistencias no pueden almacenar energía eléctrica, sino que la disipan en forma de calor.

Capacitores y diodos.

Los capacitores se utilizan en los circuitos de control de C.D., para suprimir los arcos entre los contactos de relevadores, para dar tiempo en la operación de relevadores y disminuir el rizo de voltajes rectificadas.

Algunos dispositivos de control funcionan más eficientemente con C.D que con C.A. Los diodos permiten que la corriente sólo fluya en una dirección, por lo que tiene la habilidad de convertir (rectificar) la corriente alterna en corriente directa pulsante. La amplitud de las pulsaciones, u ondulación, se puede reducir conectando un capacitor de filtro a través de la carga. En operación a C.D., los diodos se pueden colocar en paralelo con las bobinas para reducir los altos voltajes inversos inductivos durante la conexión y desconexión.

Lámparas indicadoras.

Las lámparas indicadoras son dispositivos piloto que generalmente se montan en ó cerca de los motores de conmutación. Sirven para mostrar una condición de funcionamiento específica del motor tal como directa, reversa, rápido, lento, ascenso, descenso, sobrecarga, etc. Aunque generalmente son rojas ó verdes, se pueden utilizar otros colores tales como el ámbar, azul ó blanco.

Conjunto de cable remoto.

Las funciones de operación de un motor tal como arranque, parada, directa, reversa, rápido y lento, generalmente se controlan desde una estación de interrupción (con botón de presión e interruptor de palanca) controlada manualmente. La estación de control puede estar ubicada próxima al controlador

físico del motor ó lejos del mismo. Las corrientes del circuito de control son relativamente pequeñas y la longitud de los conductores que van del controlador del motor a una estación remota de botones no afectan materialmente el funcionamiento del controlador.

Transformador de control.

Los transformadores de control son dispositivos diseñados especialmente para promocionar bajo voltaje (usualmente 120v) en forma razonablemente constante y seguro para relevadores, contactores y otros dispositivos electromagnéticos. Las fallas, rupturas, alumbrado descuidado y demás del circuito de control pueden exponer al operador a choque eléctrico que puede ser grave a mayores voltajes (tal como 440v). Además del factor de seguridad, otra razón de limitar los circuitos de control a 120 volts; es el costo de los dispositivos piloto, relevadores de control, contactores y demás para funcionar a altos voltajes.

El zumbador de prueba.

El zumbador de prueba es un dispositivo de señales audibles que utilizan los electricistas, para identificar los alambres y terminales interconectados directamente. Determinan si los contactos de un interruptor están abiertos ó cerrados, ó si un alambroado tiene un corto circuito. A diferencia de un óhmetro, el zumbador nos indica continuidad de circuito si hay resistencia muy grande.

Cierres de combinación mecánica.

Los cierres de combinación, mecánica y eléctrica se utilizan para impedir el cierre simultáneo de dos contactores. Dos ejemplos son contactores de inversión de motores ó los contactores de motores de velocidades múltiples. Hay muchas formas de cierres de combinación mecánica. Todos los males se arreglan para funcionar de manera que cuando se cierra un contactor, se mueve ó impide el cierre del segundo contactor.

Volantes.

El volante es una rueda relativamente pesada sujeta a un eje ó flecha. Su propósito es suavizar los cambios repentinos en la velocidad de la flecha provocados por las fluctuaciones de carga periódica tal como las que se encuentran en las prensas de perforación, compresoras de aire del tipo de pistón y bombas de agua. Proporciona inercia para mantener a la flecha girando en forma uniforme durante los periodos de carga cíclica máxima. El volante absorbe energía del motor conforme se aproxima a la máxima velocidad y libera energía cuando la velocidad tiende a disminuir.

Los pequeños motores eléctricos poseen inercias que son, proporcionalmente, mucho más pequeñas que las máquinas grandes, con el resultado de que alcanzan su velocidad nominal con mayor

rápidez. En consecuencia, se les debe agregar inercia para que estas pequeñas máquinas se comporten como las grandes, para lo cual se usa la rueda de inercia EMS.

La rueda de inercia EMS es un volante diseñado para almacenar 74.8 joules (550 libras pie) de energía cuando gira a 180 r.p.m.

Tablero de componentes.

El tablero de componentes proporciona un método conveniente de armar los dispositivos para realizar los experimentos anotados en el manual del estudiante. Los tableros también proporcionan un camino a tierra para el marco metálico de cada dispositivo de control. Este camino pasa por la pista metálica hasta la terminal de tierra ubicada en la esquina inferior izquierda. Durante cada experimento es necesario conectar esta terminal mediante un cable apropiado a una de las terminales "N" de la fuente de energía, la que a su vez está conectada internamente al conductor de tierra de la línea de energía de entrada.

Cables para conexión.

El conjunto de cables para conexión consiste en cables de conexión con clavijas de banana de aplicación. Estos cables altamente flexibles para uso pesado vienen en distintas longitudes y colores para utilizarlos en las interconexiones de los circuitos de control.

Válvulas de control.

En el control automático de los procesos industriales la válvula de control juega un papel muy importante, el bucle de regulación, realiza la función de variar el caudal del fluido de control que modifica a su vez el valor de la variable medida, comportándose como un orificio de área continuamente variable. Dentro del bucle de control tiene toda importancia como el elemento primario, el transmisor y el controlador. Una válvula de control típica esta compuesta básicamente del cuerpo y del servomotor.

El cuerpo de la válvula contiene en su interior el obturador y los asientos, y esta provisto de rosca ó de bridas para conectar la válvula de la tubería. El obturador es quien realiza la función de control de paso de fluido y puede actuar en la dirección de su propio eje ó bien tener un movimiento rotativo. Esta unido a un vástago que pasa a través de la tapa del cuerpo y que es accionada por el servomotor.

El cuerpo de la válvula debe resistir la temperatura y la presión del fluido sin pérdidas, debe tener un tamaño adecuado para el caudal que debe controlar y ser resistente a la erosión ó a la corrosión producidas por el fluido. El cuerpo y las conexiones a la tubería (bridadas ó roscadas) están normalizados de acuerdo con las presiones y temperaturas de trabajo.

Las válvulas pueden ser de varios tipos según sea el diseño del cuerpo y el movimiento del obturador. Las válvulas de movimiento lineal, en las que el obturador se mueve en la dirección de su propio eje, se clasifican como se muestra a continuación:

1. Válvula de globo.
2. Válvula en ángulo.
3. Válvula de tres vías.
4. Válvula de jaula.
5. Válvula de compuerta.
6. Válvula de cuerpo partido.
7. Válvula en Y.
8. Válvula de bola.
9. Válvula de flujo axial.
10. Válvula de mariposa.

Como partes internas de la válvula se consideran generalmente las piezas metálicas internas desmontables que están en contacto directo con el fluido. Estas piezas son: el vástago, la empaquetadora, el collarín de lubricación en la empaquetadora, los anillos de guía del vástago, el obturador y el asiento. Hay que señalar que el obturador y el asiento constituyen el «corazón de la válvula» al controlar el caudal gracias al orificio de paso variable que forman al variar su posición relativa y que además tienen la misión de cerrar el paso de fluido.

El obturador y los asientos generalmente se fabrican normalmente en acero inoxidable porque este material es muy resistente a la corrosión y a la erosión del fluido. Cuando la velocidad del fluido es baja pueden utilizarse PVC, fluorocarbonos y otros materiales blandos, solos ó reforzados con fibras de vidrio ó grafito. En algunas válvulas pueden utilizarse obturadores y asientos de cerámica.

El obturador determina la característica del caudal de la válvula; es decir, la relación que existe entre la posición del obturador y el caudal de paso del fluido.

Servomotores.

Los servomotores pueden ser neumáticos, eléctricos, hidráulicos y digitales, si bien se emplean generalmente los dos primeros, por ser más simples, de actuación rápida y tener gran capacidad de esfuerzo. Puede afirmarse que el 99% de las válvulas utilizadas en la industria son accionadas neumáticamente.

Los servomotores hidráulicos consisten en una bomba de accionamiento eléctrico que suministre fluido hidráulico a una servoválvula. La señal del instrumento de control actúa sobre la servoválvula que dirige el fluido hidráulico a los dos lados del pistón actuador hasta conseguir, mediante una retroalimentación, la posición exacta de la válvula. Se caracterizan por ser extremadamente rápidas, potentes y suaves, si bien su costo es elevado, por lo que solo se emplean cuando los servomotores neumáticos no pueden cumplir con las especificaciones de servicio.

Las válvulas digitales disponen de compuertas neumáticas accionadas por electroválvulas que a su vez son excitadas por la señal de salida binaria del microprocesador. Su respuesta es muy rápida (una compuerta 500ms) y el grado de abertura depende de la combinación de las compuertas (8 compuertas darán 1, 2, 3,....., 128 relaciones de capacidad). Aunque estas válvulas están limitadas a fluidos limpios y no corrosivos, presentan interés para el mando digital directo, si bien su velocidad de apertura instantánea no representa una vieja ventaja esencial frente a las válvulas neumáticas industriales (5 a 20 segundos según el tamaño) y su costo es elevado.

Símbolos gráficos y especificaciones de los dispositivos

Los símbolos gráficos se utilizan como forma taquigráfica de mostrar y definir los componentes y funciones de un circuito de control eléctrico. En los diagramas elementales de circuitos, los símbolos representan, los elementos básicos de circuitos, es decir, los contactos de relevadores, bobinas, interruptores, botones de presión, transformadores y demás. Estos símbolos básicos son representaciones gráficas de las funciones eléctricas que ocurren en el circuito.

En los diagramas, se utilizan abreviaturas para designar los dispositivos ó las funciones del circuito. Estas abreviaturas se forman asignando una letra ó letras que representan la función primordial que realiza el dispositivo.

Se ha limitado la cantidad de símbolos gráficos y abreviaturas de dispositivos para incluir solo los que se utilizan comúnmente, dichos símbolos y abreviaturas corresponden a los estándares de la National Electrical Manufacturers Association; NEMA, American National Standards Institute; ANSI y el Institute of Electrical and Electronics Engineering; IEEE.

<i>DISPOSITIVO O CONTROL</i>	<i>ABREVIATURA</i>
Amperímetro	AM
Armadura	ARM
Freno	B
Interruptor de leva	CS
Capacitor	C,CAP.
Ruptor de circuito	CB
Relevador de control	CR
Diodo	D
Interruptor de desconexión	DS
Freno dinámico	DB
Pérdida de campo	FL
Hacia adelante	F, FWD
Tierra	GND
Grúa	H
Instantáneo(a)	INST
Mancha gradual	J

Interruptor de límite	LS
Reducción	L
Contactador principal (de línea)	M
Relevador de control maestro	MCR
Interruptor maestro	MS
Motor	MOT
Normalmente cerrado	NC
Normalmente abierto	NO
Sobrecorriente	OC
Sobrecarga	OL
Interruptor de enchufe	PS
Interruptor de botón de presión	PB
Resistencia	R, RES
Reversa	R, REV
Interruptor secuencial	ST
Interruptor de selección	SS
Jaula de ardilla	SC
Interruptor	S
Sincrono (a)	SYNCH
Bloque de terminales	TB
Terminales	
Freno (bobina)	B1, B2
Campo (derivación)	F1, F2
Línea (energía)	L1, L2
Motor (estator)	T1, T2
Motor (rotor)	M1, M2 Y H1, H2
Transformador (alto voltaje)	
Transformador (bajo voltaje)	X1, X2
Relevador de retraso de tiempo	TD, TDR
Cierre de retraso. d. 0- d. ti.p.	TC, TDC
Abertura de retraso de tiempo	TD, TDO
Transformador	T
Voltímetro	V

1.4. INSTRUMENTOS DE MEDICION QUE SE UTILIZAN EN LA AUTOMATIZACION

➤ Definiciones en Control

La terminología empleada se ha unificado con el fin de que los fabricantes, usuarios y organismos ó entidades que intervienen directa ó indirectamente en el campo de la instrumentación industrial empleen el mismo lenguaje. Según la SAMA (Scientific Apparatus Makers Association):

- Campo de medida (range).

Espectro ó conjunto de los valores de la variable medida que están comprendidos dentro de los límites superior e inferior de la capacidad de medida de transmisión del instrumento; se expresa estableciendo los dos valores extremos.

- Alcance (span).

Es la diferencia algebraica entre los valores superior e inferior del campo de medida del instrumento.

- Precisión (accuracy).

La precisión es la tolerancia de medida ó de transmisión del instrumento, y define los límites de los errores cometidos cuando el instrumento se emplea en condiciones normales de servicio.

El fabricante especifica la precisión en todo el campo de medida del instrumento, si bien a veces indica su valor en algunas zonas de la escala. Por ejemplo un manómetro puede tener una precisión de +/- 1% en toda la escala y de +/- 0.5 % en la zona central.

La calibración que el fabricante especifica en sus manuales corresponde a un valor que alcanza el instrumento después de un año de servicios en condiciones normales de uso, lo que es distinto de los valores exigidos en el control de calidad de fabricación y en el almacén de entrega. Por ejemplo, un instrumento de precisión del +/- 0.5 % tendrá en control de calidad un +/- 0.3 % y en almacén un +/- 0.4 %.

- Zona muerta (dead zone o dead band).

Es el campo de valores de la variable que no hace variar la indicación ó la señal de salida del instrumento, es decir, que no produce su respuesta. Viene dada en tanto por ciento del alcance de la medida.

- Sensibilidad (sensitivity).

Es la razón entre el incremento de la lectura y el incremento de la variable que lo ocasiona, después de haberse alcanzado el estado de reposo. Viene dada en tanto por ciento del alcance de la medida.

- Repetibilidad (repeatability).

La repetibilidad es la capacidad de reproducción de las posiciones de la pluma ó del índice del instrumento al medir repetidamente valores idénticos de la variable en las mismas condiciones de servicio y en el mismo sentido de variación, recorriendo todo el campo. Se considera en general su valor máximo (repetibilidad máxima), y se expresa en tanto por ciento del alcance.

- Histéresis (hysteresis).

La histéresis es la diferencia máxima que se observa en los valores indicados por el índice ó la pluma del instrumento para un mismo valor cualquiera del campo de medida, cuando la variable recorre toda la escala en los dos sentidos, ascendente y descendente. Se expresa en tanto por ciento del alcance de la medida.

➤ *Medidas de Presión.*

La presión es una unidad de superficie y se puede expresar en unidades tales como Pascal, bar, atmósferas, Kilogramos por centímetro cuadrado y psi (libra por pulgada cuadrada). En el S.I. esta normalizada como Pascal. El Pascal es 1 newton por metro cuadrado (1 N/m^2 siendo el Newton la fuerza que aplicada a un cuerpo de masa de 1 Kg., le comunica una aceleración de 1 m/s^2).

El campo de aplicación de los medidores de presión es amplio y abarca desde valores muy bajos (vacío) hasta presiones de miles de bar. Los instrumentos de presión se clasifican en tres grupos: mecánicos, neumáticos, electromecánicos y electrónicos.

➤ *Elementos Mecánicos*

Se dividen en:

Elementos primarios de medida directa que miden la presión comparándola con la ejercida por un liquido de densidad y alturas conocidas.

Elementos primarios elásticos que se deforman por la presión interna del fluido que contienen.

Los elementos primarios elásticos más empleados son:

- El tubo Bourdon.
- El elemento en espiral.
- El helicoidal.
- El diafragma.
- El fuelle.

En la medida de presiones de fluidos corrosivos pueden emplearse elementos primarios elásticos con materiales en contacto directo con el fluido. Sin embargo, en la mayoría de los casos es más económico utilizar un fluido de sello cuando el fluido es altamente viscoso y obtura el elemento, ó bien cuando la temperatura del proceso es demasiada alta.

➤ *Elementos Neumáticos*

Como elementos neumáticos se consideran, los instrumentos transmisores neumáticos cuyo elemento de medida es de presión adecuado al campo de medida correspondiente. El tipo de transmisor queda establecido por el campo de medida del elemento. Es obvio que, por ejemplo, un transmisor de $0 - 20 \text{ Kg/cm}^2$ utilizará un transmisor de equilibrio de fuerzas de tubo Bourdon, mientras que uno de $3 - 15 \text{ psi}$ será de equilibrio de movimientos con elementos de fuelle.

➤ *Elementos Electromecánicos*

Los elementos electromecánicos de presión utilizan un elemento mecánico elástico combinado con un transductor eléctrico que genera la señal eléctrica correspondiente. El elemento mecánico consiste en un

tubo Bourdon, espiral, helice, diafragma, fuelle ó una combinación de los mismos que a través de un sistema de palancas convierte la presión en una fuerza ó en un desplazamiento mecánico.

Los elementos electromecánicos de presión se clasifican según el principio de funcionamiento de los siguientes tipos:

- Transmisores electrónicos de equilibrio de fuerzas
- Resistivos
- Magnéticos
- Capacitivos
- Extensométricos
- Piezoeléctricos

➤ *Elementos Electrónicos de Vacío*

Los transductores de vacío se emplean para la medida de alto vacío, son muy sensibles y se clasifican en la tabla I.1, los diferentes tipos:

Mecánicos.	Fuelle y Diafragma.	Ionización.	Filamento caliente. Cátodo frío. Radiación.
Medidor McLeod. Termicos	Termopar. Pirani Bimeted		

TABLA I.1 TIPOS DE TRANSDUCTORES DE VACIO.

➤ *Mediciones de nivel*

En la industria, la medición de nivel es muy importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento correcto del proceso como de la consideración del balance adecuado de materias primas ó de productos finales.

Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo, bien directamente la altura del líquido sobre una línea de referencia, bien la presión hidrostática, bien el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque de proceso, ó bien aprovechando características eléctricas del líquido.

Los primeros instrumentos de medida directa se dividen en: sonda, cinta y plomada, nivel de cristal e instrumentos de flotador.

Los aparatos que miden el nivel aprovechando la presión hidrostática se dividen en:

- Medidor manométrico
- Medidor de membrana

- Medidor de tipo burbujeo
- Medidor de presión diferencial de diafragma.

El empuje producido por el propio liquido lo aprovecha el medidor de desplazamiento a barra de torsión.

Los instrumentos que utilizan características eléctricas del liquido se clasifican en:

- Medidor resistivo
- Medidor de membrana
- Medidor de tipo burbujeo
- Medidor de presión diferencial de diafragma

➤ *Medidores de Nivel de Sólidos*

En los procesos continuos, la industria ha ido exigiendo el desarrollo de instrumentos capaces de medir el nivel de sólidos en puntos fijos ó de forma continua; en particular en los tanques ó silos destinados a contener materias primas ó productos finales.

Los detectores de nivel de punto fijo proporcionan una medida en uno ó varios puntos fijos determinados. Los sistemas empleados son: el diafragma, el cono suspendido, la válvula flexible, el medidor conductivo, las paletas rotativas y los ultrasonidos.

Los medidores de nivel continuo proporcionan una medida continua del nivel desde el punto más bajo al más alto. Entre los instrumentos empleados se encuentran: el de peso móvil, el de balanza, el capacitivo, el de presión diferencial, el de ultrasonido y el de radiación.

➤ *Medidas de Temperatura*

La medida de temperatura constituye una de las mediciones más comunes y más importantes que se efectúen en los procesos industriales. Las limitaciones del sistema de medida quedaran definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, por la velocidad de captación de la temperatura, por la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor, y por el tipo del instrumento indicador, registrador ó controlador necesarios.

Los instrumentos de temperatura utilizan diversos fenómenos que son influidos por la temperatura y entre los cuales figuran:

- a) variaciones en volumen ó en estado de los cuerpos (sólido, líquidos ó gases).
- b) variaciones de resistencia de un conductor (sondas y resistencia).
- c) variación de resistencia de un semiconductor (termistores).
- d) f.e.m. creada en la unión de dos metales distintos (termopares).
- e) intensidad de la radiación total emitida por el cuerpo (pirometros de radiación).

f) otros fenómenos utilizados en el laboratorio (velocidad del sonido en un gas, frecuencia de resonancia en un cristal).

De este modo se emplean los instrumentos siguientes:

Termómetros de vidrio, termómetros bimetalicos, elementos primarios de bulbo y capilar rellenos de liquido, gas ó vapor, termopares, pirometros de radiación, termómetros de resistencias, termómetros ultrasónicos, termómetros de cristal de cuarzo.

1.5. LOS ELEMENTOS PRINCIPALES QUE CONTROLAN LOS SISTEMAS DE CONTROL

Los equipos que responden el concepto de Autómata Programable Industrial, se presentan en diversas formas de construcción física y organización interna, pero en todas ellas se distinguen dos grandes grupos de componentes: la unidad central de proceso (CPU) y el sistema de entradas y salidas (E/S). Estos elementos se complementan en conjunto con equipos de programación y periféricos.

➤ La Unidad Central de Procesos

La unidad central de procesos de un autómata comprende esencialmente dos componentes: el procesador y la memoria como se ilustra en la figura I.5. La forma constructiva con que se presenta varia desde un modulo único, pasando por un modulo de procesador y un modulo de memoria, hasta un formato de rack ó armario.

Bajo el aspecto funcional, el CPU es el corazón del autómata, realizando todas las tareas de control, en lo que se refiere a adquisición de información y gobierno de los accionadores del proceso a controlar, como en lo que atañe a funciones internas de vigilancia del adecuado funcionamiento de los componentes del equipo.

En las tareas que realiza la unidad central tienen lugar un intercambio continuo de información entre los distintos componentes de la misma.

Procesador. Encargado de la adquisición y actualización de los estados, de las entradas y las salidas, en base a la interpretación de las instrucciones de la memoria de programa, ó de usuario ó de funciones internas.

Memoria. Almacena las instrucciones del programa, estados de E/S, estados internos y datos.

Interconexión de E/S. Establece la comunicación efectiva entre la unidad central y el sistema E/S.
Interconexión a periféricos. Establece la comunicación efectiva entre la unidad central de procesos y los periféricos de programación.

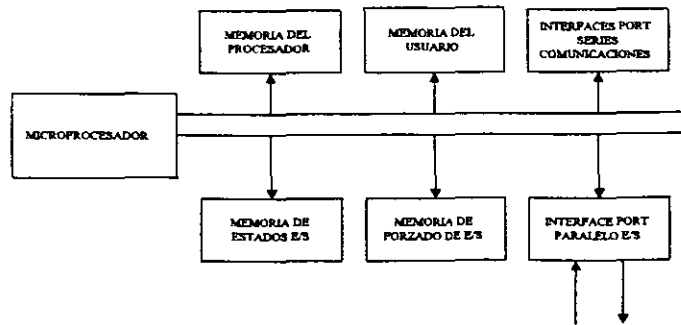


FIGURA 1.5. COMPONENTES DEL CPU DE UN AUTOMATA

➤ *Procesadores*

En los autómatas actuales, el procesador lo construyen una ó varias placas de circuito impreso, en donde alrededor de un microprocesador se agrupan una serie de circuitos integrados (chips) y principalmente memorias. En esas memorias el fabricante ha grabado una serie de programas ejecutivos llamados firmware destinados a que el microprocesador realice las tareas propias del procesador del autómata, es decir:

- Adquisición y actualización de estados de las señales de entrada y salida.
- Interpretación de las instrucciones del programa de usuario.
- Vigilancia y diagnostico del funcionamiento del equipo.

Comunicaciones con periféricos.

En la placa del procesador puede estar la totalidad ó parte de la memoria.

El procesador se comunica con los distintos componentes de CPU mediante el bus, ó barra de datos, direcciones y señales de control. Su tarea principal consiste en la lectura de las instrucciones del programa de usuario, ó de la aplicación y su resolución mediante el empleo de los estados de las entradas ó salidas del sistema.

Esta tarea se efectúa cíclica, ya que por naturaleza del procesador el tratamiento de la información se realiza de forma secuencial; es decir, instrucción tras instrucción. Estas operaciones cíclicas reciben el nombre de ciclo de ejecución ó escrituración del programa (scan), que queda definido por un conjunto de operaciones y un tiempo de ejecución ó de ciclo (scan time).

Por otra parte en la puesta en marcha y en la parada del sistema, el procesador ejecuta una serie de secuencias preestablecidas.

- Al dar alimentación se efectúan una serie de comprobaciones internas del procesador: comprobación de memoria, comunicaciones correctas entre los componentes, etc..
- Comprobación de la integridad del programa de aplicación.
- Comprobación de los elementos de E/S para detectar un posible fallo en él modulo.
- Comprobación de la operatividad de los circuitos de comunicaciones con periféricos.

- Se envía una orden al sistema de E/S para asegurar que todas las salidas están activadas.
- Se inicia el ciclo de exploración del programa.

En la parada del sistema, el procesador realiza de una forma ordenada

- Cese de la escritura del programa.
- Puesta a cero de todas las salidas, excepto aquellas variables internas que han sido seleccionadas como retentivas.

En el curso del funcionamiento normal del equipo, se realizan las siguientes funciones de diagnóstico:

- Vigilancia del ciclo de ejecución. Si el tiempo de ciclo supera cierto valor, el procesador detiene la ejecución del programa y realiza un chequeo completo de sus circuitos.
- Comprobación de la integridad de la memoria de programa (paridad de los códigos de instrucción).
- Comprobación de la operatividad del bus de E/S; cuando el procesador ordena la activación ó desactivación de una salida se comprueba que el modulo correspondiente responde adecuadamente y ejecuta la orden.

Para reducir los tiempos de ejecución algunas unidades centrales se construyen alrededor de dos ó más procesadores dedicados a tareas específicas.

El tiempo total de ciclo de ejecución lo determinan los tiempos empleados en las distintas operaciones. El tiempo dedicado al final del ciclo de la canalización de E/S y autodiagnóstico suele estar alrededor de milisegundos (1 ms) al que habrá que sumar la atención a las comunicaciones, si esta tiene lugar.

➤ *Memoria*

A diferencia de otros equipos programables, el autómata dispone de una memoria perfectamente organizada en áreas de trabajo específicas.

En primer lugar, hay que considerar un área de Memoria del sistema generalmente no accesible por usuario (por lo menos en su totalidad), en donde se almacenan los programas ejecutivos ó "firmware" y un espacio de memoria de almacenamiento temporal intermedio que es empleado por los programas ejecutivos (memoria scratch - pad). En segundo lugar se distingue el área de memoria de datos en la que se almacena información de estado de E/S (variable de E/S), estados internos intermedios ó auxiliares (variables internas), y los datos ó números (variables numéricas).

Por último, se considera la Memoria de usuario (de programa ó de aplicación) donde residen las instrucciones que definen el algoritmo de control,

La memoria esta organizada en palabras y registros, constituidos por un cierto numero de bits: 8, 12, 16 o 32 dependiendo del tipo de procesador que se emplee. La cantidad de palabras de que dispone la memoria se expresa en unidades de millar ó K (en realidad corresponde a 1024 que es la potencia de dos).

El área correspondiente a la memoria ejecutiva la constituyen unidades de memoria de solo lectura - ROM (Read Only Memory) que instala el fabricante del equipo conteniendo el firmware. Para las áreas de memoria "scrat-pad", tabla de E/S, variables internas y registros de datos se emplean unidades de Memoria de acceso aleatorio RAM (Random Access Memory) por su facilidad de escritura, modificación y borrado en curso de operación del procesador

➤ *PLC s*

Un PLC es toda máquina electrónica, diseñada para controlar el tiempo real y en un medio industrial los procesos secuenciales. Su manejo y programación puede ser realizada por personal eléctrico ó electrónico sin conocimientos informáticos. Realiza funciones lógicas: series, paralelos, temporizaciones, contajes y otras más potentes como cálculos, regulaciones, etc.

También se le puede definir como una caja negra en la que existen unas terminales de entrada a los que se conectarán pulsadores, finales de carrera, fotoceldas, detectores; unas terminales de salida a los que se conectarán bobinas de contactores, electroválvulas, lámparas. De tal forma que la actuación de éstos últimos está en función de señales de entrada que esten activadas en cada momento, según el programa almacenado.

Estructura externa.

El término estructura externa ó configuración externa de un autómata programable se refiere al aspecto fisico exterior del mismo, bloques ó elementos en que esta dividido.

Actualmente son dos las estructuras más significativas que existen en el mercado:

Estructura Compacta y Estructura Modular.

Estructura Compacta. Se distingue por presentar en un solo bloque todos los elementos, esto es fuente de alimentación, CPU, memorias, entradas, salidas, etc. En cuanto a unidades de programación, existen tres versiones, unidad fija a enchufable directamente en el autómata; enchufable mediante cable y conector ó la posibilidad de ambas. Si la unidad de programación es sustituida por un PC, nos encontraremos que la posibilidad de conexión del mismo será mediante cable y conector.

Estructura Modular: La estructura de este tipo de autómatas se divide en módulos ó partes del mismo que realizan funciones específicas. Aquí cabe hacer dos menciones:

a) **Estructura Americana.** Separa las E/S del resto del autómata, así en bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario ó de programa y fuente de alimentación, y separadas las unidades de E/S.

b) Estructura Europea. Basta un modulo para cada función: fuente de alimentación, CPU, E/S, etc. La unidad de programación se une mediante cable y conector.

Estructura Interna

Son las partes en que se ordena su conjunto físico a hardware, y las funciones y funcionamiento de cada una de ellas.

Los autómatas programables se componen de tres bloques:

Sección de entradas. Mediante la interfaz, adapta y codifica de forma comprensible por la CPU las señales procedentes de los dispositivos de entrada ó captadores (pulsadores, finales de carrera, sensores, etc.). Tienen una misión de protección de los circuitos electrónicos internos del autómata realizando una separación eléctrica de estos y las captadoras.

La unidad central de proceso (CPU), es la inteligencia del sistema, ya que mediante la interpretación de los instrumentos del programa de usuario y en función de los valores de las entradas, activa la salida deseada.

La sección de salidas. Mediante la interfaz trabaja la forma inversa a la de entradas, es decir, decodificar las señales procedentes de la CPU, las amplifica y manda con ellas los dispositivos de salida ó actuadores, como lámparas, relés, contactores, arrancadores, electroválvulas, etc.

Existen otros elementos.

La unidad de alimentación. Adapta la tensión de red de 220v y 50 Hz a la del funcionamiento de los circuitos electrónicos internos del autómata, así como los dispositivos.

Periféricos. Son elementos auxiliares físicamente independientes del autómata que se une al mismo para realizar su función específica.

Interfaz. Circuitos ó dispositivos electrónicos que permiten la conexión al CPU de los elementos periféricos descritos.

Ahora bien, con lo que respectan a sus ventajas no todos ofrecen las mismas sobre su lógica cableada, ello es debido, a la variedad de modelos existentes en el mercado; por lo tanto proporcionamos las ventajas de un autómata tipo medio:

1. Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:

- No es necesario dibujar el esquema de contactos.
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que la capacidad de almacenamiento de módulos de memoria es lo suficientemente grande.
- La lista de materiales queda sensiblemente reducida.

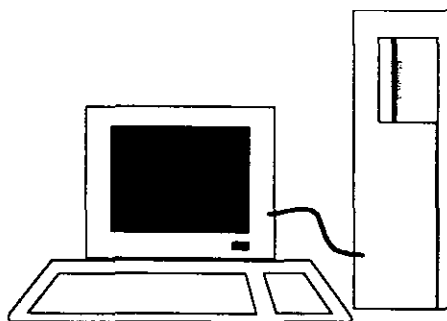
2. Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.

3. Mínimo espacio de comunicación.

4. Menor costo de mano de obra de instalación.
5. Economía de mantenimiento. Aumenta fiabilidad del sistema, elimina contactos móviles.
6. Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómeta.
7. Menor tiempo por la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
8. Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómeta sigue siendo útil para otra máquina ó sistema de producción.

CAPITULO II

LA PC COMO HERRAMIENTA DE CONTROL



*Por esta fruta no impongo condición,
pero ahora aprenderás acerca de la ambición*

II.1. INTRODUCCION.

El desarrollo industrial en los últimos veinticinco años se ha caracterizado por al menos dos hechos espectaculares. Primero, la construcción de procesos de gran escala y segundo, el desarrollo de las computadoras digitales. Ambos desarrollos han estado relacionados con el control de procesos industriales.

Tanto la complejidad como el tamaño de los procesos han crecido enormemente, de manera que el uso de computadoras para el control de los mismos constituye actualmente una verdadera necesidad.

En este capítulo se exponen los aspectos más relevantes del control de procesos por computadora digital. Primeramente, se presenta brevemente un repaso histórico, sobre el control de procesos y la introducción de la computadora en el control de los mismos. Posteriormente, se presentan las características principales de las computadoras para control de procesos, para después discutir sobre las aplicaciones del control por computadora. Se hacen enseguida la presentación de los microprocesadores como herramienta potencialmente útil para el control de procesos, discutiéndose de manera general, algunas consideraciones sobre el diseño de controladores en base a microprocesadores. Por último, se mencionan las tendencias futuras en el campo del control de procesos por computadora digital. .

II.2. REPASO HISTORICO.

El estudio del control de la velocidad de una máquina y de la estabilidad de la misma fueron los tópicos principales. De 1900 a 1944 se realizaron aplicaciones sobre sistemas eléctricos de potencia, sistemas hidráulicos y de vapor para generación de energía, barcos y aeroplanos, y sobre varias unidades de procesamiento industrial. El primer libro formal sobre control automático de velocidad escrito por Max Tolle, fue publicado en 1921.

En los inicios de la década de los 30's, los controladores de procesos utilizados eran en su mayoría de tipo tradicional. Fue necesario que transcurrieran varios años antes de que surgiera el Proceso Industrial (P.I.), y no fue sino hasta fines de la década de los 30's que apareció el Proceso Industrial Digital (P.I.D.) cuando la segunda guerra mundial comenzaba, las reglas de Ziegler y Nichols para ajuste óptimo de controladores fueron publicadas.

Alrededor de 1945 hizo su aparición la técnica de la respuesta en frecuencia para el análisis y diseño de sistemas de control de un solo lazo. Esta técnica se basa en el análisis de la función de transferencia de los sistemas dinámicos lineales.

En 1948 apareció el libro "Dynamics of Automatic Control" en su versión en inglés. En dicho libro se exponían todos los tratamientos analíticos en el dominio del tiempo; se incluían algunos otros tópicos "nuevos", como retrasos y ecuaciones de diferencias. Las ecuaciones de diferencias en el dominio del tiempo fueron olvidadas por un buen tiempo, pues el tratamiento por transformada de Laplace era el que

estaba en boga en Estados Unidos, y posteriormente se generalizó al dominio Z para abarcar los sistemas de datos muestreados. Para el tratamiento de algunas no linealidades, sólo existía la función descriptiva.

Fue a fines de la década de los 50's (1957) cuando surgió un cambio en las publicaciones de teoría de control. La función de transferencia y los diagramas a bloques dejaron de ser las formas utilizadas para representar un sistema, y en su lugar aparecieron las ecuaciones diferenciales.

En agosto de 1958 fue puesto en marcha el primer sistema de control por computadora en una planta de Texaco Oil Co. Era un sistema de control supervisor conectado a un conjunto de controladores analógicos ya existentes. El estudio de factibilidad tomó 30 años-hombre. Entre otras cosas se medían 26 flujos y 72 temperaturas. Tales instalaciones aumentaron hasta 700 en aproximadamente una década. A fines de los 60s la tecnología sobre computadora alcanzó la etapa de poder realizar Control Digital Directo.

En la figura II.1 se muestra el esfuerzo realizado en el desarrollo tecnológico de computadoras digitales. Este esfuerzo se caracteriza por aumentos en la velocidad de cómputo, capacidad de memoria y confiabilidad. Al mismo tiempo el costo decreció drásticamente.

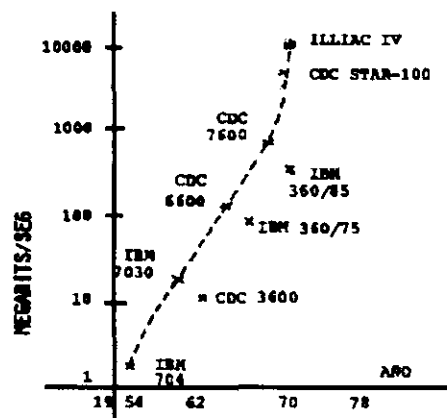


FIGURA II.1: DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA DE COMPUTADORAS DIGITALES.

En 1974 aparece el primer microprocesador de propósito general: el INTEL 4004. La primera microcomputadora consistió de 3 ó 4 circuitos modulares más una memoria. Estos dispositivos están siendo ya utilizados en gran cantidad para realizar control de procesos.

II.3. La Computadora para Control de Procesos.

Las características principales que debe tener una computadora para control de procesos son las siguientes:

1. Debe trabajar en tiempo real. Significa que el tiempo requerido para realizar cualquier tratamiento de datos dentro de la computadora, es despreciable cuando se compara con la constante de tiempo básica del proceso controlado.

2. La computadora debe disponer de *entradas y salidas* que puedan ser conectadas al proceso.
3. Desde el punto de vista de la programación, es importante que maneje interrupciones de manera eficiente.
4. Se requiere que sea altamente confiable.

II.4. Aplicaciones del Control Digital Directo a Procesos Industriales

Existen varios esquemas de control que involucran una computadora para realizar el control de un proceso. Entre los que han sido más utilizados se pueden mencionar los siguientes:

Control Supervisor. En este esquema la computadora sólo realiza una supervisión del proceso, fijando las referencias de los controladores analógicos de lazos individuales ya existentes.

Control Digital Directo. Consiste en emplear una computadora digital en un lazo de regulación, tanto para fijar la consigna como para actuar como controlador.

Control Centralizado. Este tipo de esquema utiliza sólo una computadora para manejar toda la información proveniente del proceso, y en base a ella y a criterios específicos a optimizar, genera las acciones de control requeridas. Naturalmente que este tipo de esquema podría realizar una mejor optimización de todo el proceso al disponer de toda la información sobre el mismo en un solo punto. Sin embargo, el mayor problema es que se requiere de una gran confiabilidad en la computadora.

Control Distribuido. En este esquema se utiliza una red de microcomputadoras, cada una de las cuales realiza el control a nivel local de una parte del proceso. La información de cada unidad de control local puede ser centralizada en una computadora situada en un nivel jerárquico superior. Esta configuración es la que ofrece mejores perspectivas para ser utilizada con éxito en el control de procesos industriales.

Como ya se mencionó antes, el primer sistema de control por computadora fue puesto, en marcha en una planta de la Texaco Oil Co., en agosto de 1958. Desde entonces el número de tales instalaciones ha aumentado en forma impresionante. Igualmente es impresionante la capacidad de las instalaciones actuales, al grado de que se puede afirmar que ha habido una mejora en un factor de 20000/1 con respecto a las primeras instalaciones.

El desarrollo del control de procesos por computadora ha sido seguido por la revista "Control Engineering". En 1961 se hablaba sobre 37 instalaciones de este tipo; las instalaciones correspondían a las industrias del acero, petróleo, energía eléctrica y química. En 1962, se reportaban ya 159 instalaciones en todo el mundo, 25 de las cuales se encontraban fuera de los Estados Unidos. La industria eléctrica mantenía 53 del total de las instalaciones.

Para julio de 1968 se reportaron alrededor de 3000 instalaciones. En enero de 1969 la revista mencionada publicó un reporte sobre 188 usuarios de computadoras en línea. Los usuarios pertenecían a las industrias petrolera, química, metalúrgica, de energía eléctrica, papelera, cementera y de manufactura.

Los vendedores de computadoras fueron, de acuerdo al número de instalaciones: General Electric, Westinghouse, IBM, DEC, SEL y Foxboro. Entre los aspectos relevantes reportados se pueden mencionar las siguientes:

Solo el 40% de las instalaciones registradas en la industria química disponía de controladores analógicos para respaldo en caso de falla de la computadora. Las fallas por circuitería durante los primeros 3 meses fueron 70 en total; por programación fueron 56, en promedio.

La tabla II.1 muestra las tareas de control, que realizaban las computadoras en las industrias química y de energía eléctrica.

	Química	Energía Eléctrica
Adquisición de datos.	15	13
Cálculo de Funcionamiento	12	10
Control Supervisor.	7	6
Control Digital Directo.	3	7
Operaciones Lógicas.	3	3

TABLA II.1.

En el grupo de Sistemas de Potencia, el número de señales de entrada y salida involucradas en 40 aplicaciones fue como se muestra en la tabla II.2:

	Entrada	Salida
Canales analógicos.	9365	176
Relevadores.	6308	1934
Trenes de pulsos.	192	113
Señales codificadas. 143	143	81
Canales de control	440	262

TABLA II.2.

El 57% de los usuarios de la industria petrolera tenía instalaciones con un costo entre 200,000 y 500,000 dólares. El número promedio de meses-hombre dedicados a la programación del control era de 37.

En enero de 1976 se tenía una estimación de 125,000 computadoras en total, siendo el 50% de microcomputadoras. En cuanto a costo se refiere, la primera minicomputadora, la PB-250 (1960), utilizaba palabras de 22 bits y 1 K de memoria; contenía 350 transistores discretos y costaba 30,000 dólares. En 1965 apareció la PDP-8 a un precio de 8,000 dólares, introduciendo integración en pequeña escala (5 a 10

transistores por paquete). Cuando en 1968 se introdujo la PDP-11 la integración había alcanzado la escala media con 50 a 500 transistores por módulo. En 1974 apareció el primer microprocesador de integración en gran escala, el INTEL 4004 con alrededor de 1500 transistores por módulo. Desde entonces, el número de transistores por módulo ha aumentado alrededor de 50,000 y los precios han bajado sensiblemente.

Es interesante hacer notar que, mientras que en los 60's se hablaba de una sola computadora controlando ciertos lazos en un proceso, ahora se habla de una microcomputadora, para cada lazo de control jerárquicamente controlados por una mini ó microcomputadora.

II.5. Los Microprocesadores.

El microprocesador es en la actualidad el tópico de investigación más popular, de aplicación potencial mayor y de más fuerte especulación en el campo. No hay duda de que se van a poder hacer muchas cosas extraordinarias con ellos; sin embargo, se están cometiendo errores que ya se cometieron antes. Por ejemplo, en las aplicaciones para control de un solo lazo, los microprocesadores utilizados son muy rápidos y eficientes para manejar palabras de 8 ó 16 bits, y realizar operaciones enteras y lógicas, mientras que el control de procesos demanda en general sólo velocidades modestas; en cambio requiere de la habilidad para manejar cálculos directamente en unidades de ingeniería, lo que requiere de capacidad para punto flotante (palabras de al menos 24 bits).

Una respuesta al problema anterior podría ser el uso de la tecnología de calculadoras, ya que todos los cálculos se pueden realizar en notación científica. Por otra parte, su programación es muy simple de entender y aplicar, y el costo parece razonable. La objeción principal podría ser la velocidad de cálculo, pero para muchos procesos el tiempo de cálculo no es en realidad un problema. Los convertidores A/D y D/A son periféricos comunes para estos dispositivos, de manera que existen pocos problemas en el diseño de controladores de un lazo basados en calculadoras. Esto es, sin embargo, sólo una alternativa al problema planteado antes.

En el campo del control de procesos, los microprocesadores deben su gran popularidad a dos características fundamentales: su bajo costo y la flexibilidad que brinda su programación. La primera de ellas ha permitido emplearlo en sistemas de control distribuido, donde las funciones que cumplía en el control centralizado una gran computadora (con los problemas de confiabilidad, complejidad de programación, etc.) son ahora desempeñados por una red de microprocesadores distribuidos a lo largo de la planta.

II.6. Consideraciones Sobre el Diseño de Controladores en Base a Microprocesadores.

Se llaman controladores no soportados a sistemas que no están conectados a una computadora central de control, y que generalmente utilizan controladores analógicos independientes. En dichos sistemas, los

microprocesadores pueden utilizarse como sustitutos baratos de controladores analógicos con algoritmos convencionales (PID, tiempo de establecimiento finito, etc.) ó bien, los microprocesadores se pueden utilizar para el desarrollo de nuevas estrategias de control que requieran mayores facilidades de cómputo.

Las características que hacen sumamente atractiva la inclusión de microprocesadores como controladores no soportados son:

Bajo costo. El costo típico de un sistema de este tipo con memoria suficiente para el desarrollo de algoritmos complejos (2 K bytes) e interfaces de entrada/salida es de 1,500 a 3,000 dólares.

Flexibilidad. Esto es la posibilidad de resolver algoritmos de control relativamente complejos, y la facilidad de poder cambiar ó ajustar los parámetros del mismo.

Alta confiabilidad. Sin embargo, es necesario realizar algunas consideraciones para seleccionar a los microprocesadores como controladores. En primer lugar, debe tomarse en cuenta la velocidad del proceso, pues una de las limitantes para la aplicación de controladores digitales sigue siendo el tiempo de ejecución de las instrucciones. En un microprocesador, este tiempo es de 1 a 6 μ s, de manera que la operación más sencilla con un mínimo de 10 instrucciones, requerirá de 10 a 60 μ s. Este tiempo requerido para la ejecución de una sola instrucción puede llevarnos a la conclusión de que ciertos sistemas mecánicos (tipo servomotores) son difíciles de controlar con microprocesadores, debido a que el algoritmo de control puede tomar una cantidad de tiempo para su ejecución comparable a la constante de tiempo del sistema.

Otra consideración que es necesario hacer es la cantidad de unidades por construirse, ya que existe un compromiso entre el costo de desarrollo y el costo por unidad.

Existen otros factores a considerar para seleccionar los microprocesadores como controladores. Entre éstos, se pueden mencionar: condiciones del medio donde va a operar el microprocesador, forma de transmisión de los datos y de operación de los actuadores, facilidades disponibles para la realización de la programación y modularidad del diseño.

En cuanto a los algoritmos de control que son susceptibles de ser realizados en un microprocesador, deben satisfacer algunos requisitos, como son:

Tiempo de Cómputo predecible. Es el tiempo requerido para sintetizar la señal de control, y es una característica importante que permitirá elegir el periodo de muestreo.

Satisfacción de los índices de Funcionamiento del proceso.

Robustez. Es decir, poca sensibilidad de las variables del proceso respecto a variaciones en los parámetros del mismo.

Sintonizable en Operación. Facilidad para ajustar los parámetros durante la operación normal del proceso.

Para la realización del prototipo es necesario tomar en consideración dos aspectos muy importantes, el diseño y construcción de las interfaces y la programación. En cuanto a las interfaces, el costo en componentes es importante; sin embargo, el costo del desarrollo de la programación excede con mucho el costo total del desarrollo y adquisición de la parte electrónica.

Lo expresado hasta ahora son sólo algunas consideraciones que pueden resultar útiles cuando se trata de diseñar un controlador basándose en un microprocesador. Existen algunos otros aspectos a considerar como: longitud de palabra, problemas de redondeo, manejo de interrupciones, etc., que podrían tratarse con cierto detalle, pero que se prefiere remitir a la literatura especializada por considerar que estos aspectos caen dentro del problema general de la programación.

II.7. Tendencias Futuras del Control Digital de Procesos.

Ya se ha mencionado el impacto de los microprocesadores en el control de procesos. La gran aceptación que estos dispositivos han tenido ha dado lugar a un fructífero intercambio de opiniones entre los especialistas de control y los diseñadores y fabricantes de componentes electrónicos. Es cada vez más inminente también la necesidad de una colaboración estrecha con los especialistas en computación.

Los sistemas de control distribuido; en base a, una red de microprocesadores serán cada vez más frecuentes. Mención especial merece el hecho de que existen ya algunos trabajos orientados al desarrollo de apoyos de programación dedicados al diseño de controladores en microprocesadores y cada vez surgen más lenguajes para el uso de microprocesadores en control. Al respecto, cabe señalar que será muy poco lo que se haga en lenguajes como FORTRAN y, en vez de eso, se diseñarán lenguajes cada vez más especializados de acuerdo al tipo de proceso de que se trate. Tal vez se desarrolle un lenguaje de alto nivel y de tipo universal para usarse en control de procesos.

En el área de electrónica se han empezado a desarrollar circuitos integrados especializados en funciones tales como inversión y álgebra de matrices, unidades de procesamiento aritmético que han revolucionado el Control Digital Directo. En cuanto a los dispositivos sensores, la tendencia es que entreguen directamente señales digitales, lo cual haría más eficiente el uso de los microprocesadores.

En el aspecto de programación, se ha venido trabajando con técnicas de multiprogramación en las microcomputadoras. Esto podría aportar la solución a los problemas de velocidad para dinámicas rápidas en algunos procesos. Existe la posibilidad de que se desarrollen circuitos integrados de propósito particular sin requerir de ninguna programación, lo que resolvería el problema de la creciente necesidad de programadores, los cuales podrían orientar sus esfuerzos a la programación de computadoras de uso general.

Los sistemas de control distribuido se desarrollarán fuertemente en el futuro. El bajo costo de los microprocesadores es una fuerte razón para ello. Al mismo tiempo, se prevé una modularización y

simplificación de los sistemas de programación que los harán sumamente atractivos. Todo esto, combinado con una ganancia en la confiabilidad, hace fácil predecir que todos los sistemas tenderán a ser distribuidos más que centralizados.

Las tendencias en el control de procesos parecen estar orientadas hacia el uso creciente de microprocesadores. La brecha existente entre la teoría y la práctica podría reducirse enormemente si las características de los microprocesadores son bien aprovechadas. Si esto sucede, el advenimiento del microprocesador podría dar origen a una “nueva revolución industrial”.

II.8. NORMAS DE INTERFAZ

➤ Interfaz en Paralela

Una interfaz en paralelo transmite ocho bits o más de información a la vez. Una norma reconocida por la industria es de tipo de comunicación paralela para impresora CENTRONIS.

A principios de la década de 1970, la Centronics Data Computer Corporation elaboró esta interfaz para su popular serie 100 de impresoras. Al venderse cada vez más impresoras Centronics, otros fabricantes diseñaron sus impresoras de manera que fueran más compatibles con la interfaz Centronics y así lograr una mayor aceptación en el mercado (estos competidores muchas veces utilizaban el término “interfaz en paralelo estándar de la industria”, a fin de evitar el nombre de Centronics).

Muchos de los sistemas de computo personales actuales incluyen una conexión para impresora en paralelo Centronics. A las conexiones de interfaz se les llaman puertos. Si tanto la computadora como la impresora que se elige tiene puertos Centronics compatibles, entonces puede lograrse la conexión de los equipos. Pero todavía es posible que surjan problemas si la impresora elegida no puede reconocer las instrucciones del programa (programa impulsor ó driver), que utiliza la computadora para comunicarse con ella.

➤ Interfaz en Serie

A diferencia de las interfaces en paralelo para impresora, que se valen de ocho alambres para transmitir al mismo tiempo los ocho bits de un byte, las interfaces en serie transmiten en orden los bits, uno por uno, a través de un solo alambre.

Cuando una computadora personal utiliza un puerto de salida en serie, los bytes de ocho bits que la computadora produce en paralelo, se organizan para formar un flujo único de bits que se transmite en serie a una impresora u otro dispositivo. Una interfaz en serie muy popular es la RS-232 C, norma establecida originalmente por la Asociación de Industrias Electrónicas, con el propósito de facilitar la transmisión de datos por líneas telefónicas. Muchos puertos en serie instalados en sistemas personales de computo siguen esta norma. No obstante lo único que esta norma garantiza, es que el cable que conecta a dos dispositivos va a poder insertarse en ambas unidades. A menudo surgen problemas de sincronización

del número de bits, que se transmiten cada segundo, y con la comunicación con la computadora para indicarle cuando debe disminuir su velocidad de salida, con el objeto de no dejar atrás a la impresora.

➤ *Puertos*

Los ordenadores personales incorporan un determinado número de dispositivos y adaptadores (Puertos), a lo que podemos conectar nuestra impresora (u algún otro dispositivo que se desee controlar); se trata del puerto de comunicación SERIE y el puerto de comunicación PARALELO.

Puerto Serie.

La interfaz serie asíncrona es el principal dispositivo de comunicación de sistema a sistema. Asíncrono significa que no hay presente una señal de sincronización ó de reloj, de modo que se puedan enviar caracteres sin ningún espacio de tiempo arbitrario.

Serie se refiere a los datos enviados a través de un cable en donde cada bit se alinea en una serie según se va enviando.

Para conectar un dispositivo (impresora) al puerto de comunicaciones de nuestro ordenador, debemos indicar primero una serie de datos para que este nos direccioné toda la información del puerto LPT1 al de comunicaciones. Para ello utilizaremos el mandato MODE de DOS.

MODE<IMPRESORA>:=<PUERTO>.

Ya que tenemos preparada la ruta de acceso de la información desde el ordenador hasta el dispositivo, debemos indicar una serie de parámetros para poder establecer las condiciones de comunicación.

Parametros a seguir:

- Velocidad de transmisión, número de caracteres por segundo que se envían ó reciben, pueden ser: 110, 150, 300, 600, 1200, 9600 y actualmente 19200.
- Paridad: es el tipo de sistema utilizado para la detección de errores en la comunicación, puede ser N, ninguna; O impar ó desemparejada; y E par ó emparejada.
- Bits por carácter: El número de impulsos eléctricos necesarios para definir un carácter puede ser: 7 u 8 bits de longitud de palabra.
- Bit de parada ó stopbits: El número de impulsos eléctricos necesarios para indicar el fin del carácter. Pueden ser de 1 a 2 bits de longitud de palabra (2 sí la velocidad es 110).

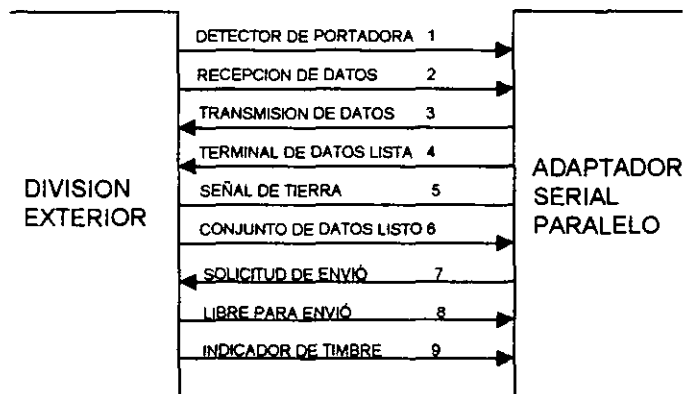
El formato MODE para reinicializar todos los parámetros será:

MODE COM#: <Velocidad de transmisión>, <paridad>, <bits de carácter>, <bits de parada>.

A continuación se incluye un resumen de las generalidades del puerto de comunicaciones serie:

- Método de entrada de datos: interface serie de 7 u 8 bits.
- Buffer de datos: entre 2 y 8 kb generalmente.
- Velocidad de transmisión: 110, 150, 300, 600, 1200, 4800 y 9600 baudios por segundo.
- Protocolo de datos: sistema DATA READY/BUSY (DTR) y XON / XOFF.
- Sistema de sincronización: 1 bit de start y 1 ó 2 de stop, con 7 u 8 de longitud de palabra.
- Detección de errores: el chequeo de paridad; VCR (chequeo de paridad vertical), par, impar, no paridad.

Especificaciones del conector del puerto serie tipo DB-9 terminales:



Puerto Paralelo.

Un puerto paralelo tiene 8 líneas para enviar todos los bits de un byte de datos, en forma simultánea a través de 8 alambres. Esta interfaz es rápida y se reserva por lo general para impresoras que para comunicaciones de computadora a computadora. El único inconveniente con los puertos paralelos, es que no se pueden extender los cables en longitudes mayores, sin amplificar la señal ó en caso contrario, se presentarán errores en la señal. Si la distancia es superior debemos elegir una comunicación serie (no obstante conviene señalar que la longitud máxima de un cable serie no debe superar los 15 metros).

Un puerto paralelo de la PC, XT y AT es unidireccional. Los datos viajan en una sola dirección del ordenador al puerto y al dispositivo paralelo. En PS/2, el puerto paralelo es bidireccional, de modo que los datos pueden viajar desde ó hacia el puerto.

Sin embargo, la capacidad bidireccional puede crear un nuevo uso para el puerto paralelo, como compuerta de entrada para dispositivos de transferencia de datos de alta velocidad, que "hablan" como lectores ópticos, los lectores de códigos de barras, etc.

El puerto paralelo es apropiado para la impresora, en el cual solo tenemos que indicar la anchura deseada de las líneas y el espacio entre ellas. Cuando tenemos la impresora en el puerto LPT #, deberemos introducir el siguiente comando para controlar la impresora.

MODE LPT#: <ANCHO>, <ESPACIO>.

LPT#: Será 1, 2 ó 3 según el puerto al que se conecte la impresora.

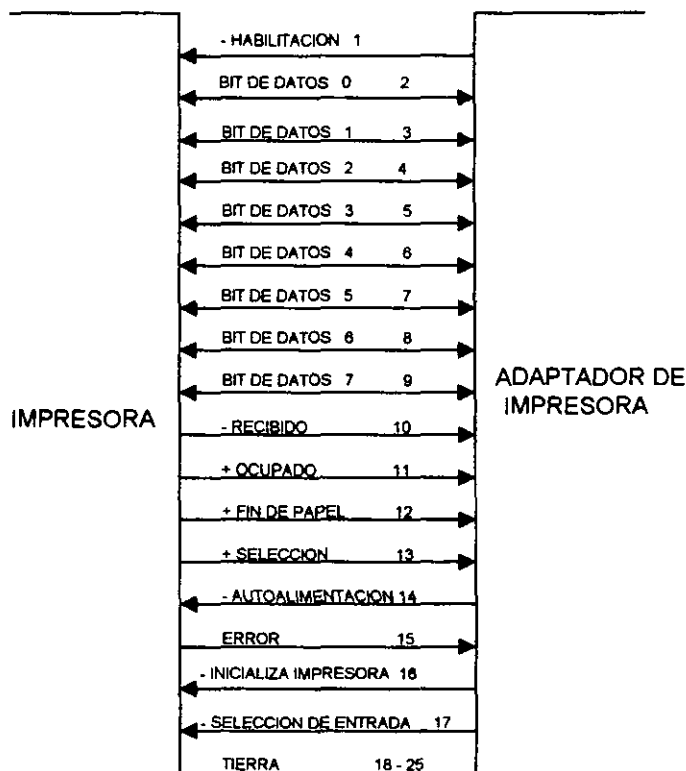
El ancho será de 80 ó 132, según se requiera.

El espacio será de 6 u 8 líneas por pulgada.

Algunas generalidades que se dan en el puerto paralelo son:

- Método de entrada de datos: interfaz paralela de 8 bits.
- Señales de control: STROBE, ACK, RESET, ERROR, SELECT IN (todas ellas negadas, porque se activan en bajo), BUSY, SELECT (se activan en alto).
- Buffer de datos entre 2 y 8 kb generalmente.

Especificaciones del conector estándar de 25 terminales del puerto paralelo



Hay programas como el Laplink de Traveling Software, que permite transmitir datos de una computadora a otra, a través de un cable conectado al puerto paralelo. La transferencia es muy rápida. Algunos dispositivos de almacenaje (como la unidad de cinta para respaldo), también pueden usar el

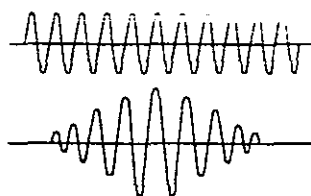
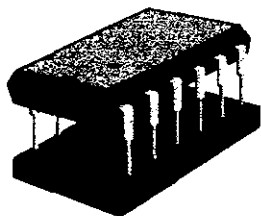
puerto paralelo. Se pueden conectar hasta tres puertos paralelos al PC sin ningún problema, ya que hay reservadas, tres zonas en el espacio de direcciones de I/O (entrada/salida) del PC para puertos paralelos:

Dirección Lógica	PUERTO
3BCh – 3BFh	Puerto paralelo en la tarjeta MDA.
378h – 37Fh	Primer puerto paralelo.
278h – 27Fh	Segundo puerto paralelo.

Independientemente de como estén los puertos, la BIOS analiza en cualquier caso durante su inicialización los puertos enumerados, para descubrir todos los puertos paralelos instalados.

CAPITULO III

CONVERTIDORES A/D Y D/A Y APLICACIONES.



*Mi vida será en gran medida
lo que haga de ella.
¡Aceptare la responsabilidad!*

III.1 INTRODUCCIÓN:

Una cantidad digital tiene un valor que se especifica por una de dos posibilidades como "0" ó "1", BAJO ó ALTO, falso ó verdadero, entre otras. En la práctica, una cantidad digital como un voltaje, toma un valor que puede ser cualquiera dentro de ciertos rangos especificados; los valores que están dentro de un rango se definen de modo que representen el mismo valor digital. Por ejemplo, para lógica TTL se sabe que:

desde 0 hasta 1.9 V = 0 lógico

desde 2 hasta 5 V = 1 lógico

Cualquier voltaje que se encuentre dentro del rango desde 0 hasta 1.9 V representa el valor digital 0, y a cualquiera que se encuentre desde 2 hasta 5 V se le asigna el valor digital 1. Los valores exactos de los voltajes no son significativos, ya que los circuitos digitales responden de la misma manera para todos los voltajes que se encuentran dentro de un cierto rango dado.

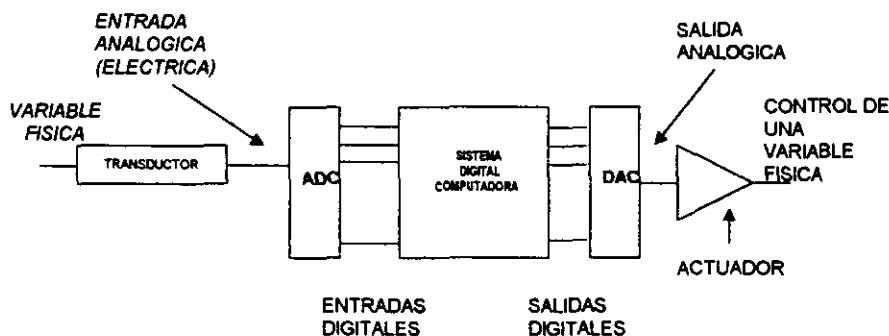


FIGURA III.1. LOS CONVERTIDORES ANALÓGICO - DIGITAL (ADC) Y DIGITAL - ANALÓGICO (DAC) SE UTILIZAN PARA CONECTAR LA COMPUTADORA CON EL MUNDO ANALÓGICO DE FORMA QUE ESTA PUEDA VIGILAR Y CONTROLAR UNA VARIABLE FÍSICA.

En contraste, una cantidad analógica puede tomar cualquier valor sobre un rango continuo de valores, y lo más importante, su valor exacto sí es significativo. Por ejemplo, la salida de un convertidor analógico de temperatura a voltaje bien puede medirse como 2.76 V, valor que tal vez represente una temperatura específica de 27.6 grados centígrados. Si el voltaje medido fuese un poco diferente, 2.34 V ó 3.78 V, este representaría una temperatura muy diferente. En otras palabras, cada posible valor de una cantidad analógica tiene un significado distinto. Otro ejemplo de la situación anterior es la salida en voltaje proveniente de un amplificador de audio hacia los altavoces, este voltaje es una cantidad analógica porque cada uno de sus posibles valores produce una respuesta diferente en el altavoz.

Muchas variables físicas son de naturaleza analógica y pueden tomar cualquier valor dentro de un rango continuo de estos. Ejemplos de variables de este tipo incluyen temperatura, presión, intensidad luminosa, señales de audio, posición, velocidad rotacional y velocidad de flujo. Los sistemas digitales llevan acabo todas sus operaciones internas mediante el uso de circuitería y operaciones digitales. Cualquier información

que tenga que introducirse en un sistema digital, primero debe ponerse en forma digital. De manera similar, las salidas de un sistema de esta naturaleza siempre son digitales. Cuando un sistema digital como una computadora, se utiliza para vigilar y/o controlar un proceso físico, el diseñador se enfrenta con la diferencia entre la naturaleza digital de la computadora y la analógica de las variables del proceso. La figura III.1 ilustra esta situación. El diagrama muestra los cinco elementos que participan cuando una computadora vigila y controla una variable física que es analógica:

1.- *Transductor*. Por lo general la variable física no es una cantidad eléctrica. Un transductor es un dispositivo que convierte una variable física en una eléctrica. Algunos transductores de uso común son los termistores, las fotoceldas, los fotodiodos, los medidores de flujo, los transductores de presión y los tacómetros. La salida eléctrica de un transductor es una corriente ó un voltaje analógico proporcional a la variable física que se esta vigilando.

2.- *Convertidor analógico-digital (ADC)*. La salida analógica (eléctrica) del transductor es la entrada al ADC. El ADC convierte esta entrada en una salida digital. Esta última consiste de varios bits que representan el valor de la entrada analógica.

3.- *Computadora*. La representación digital de la variable del proceso se transmite desde el ADC hacia la computadora, que lo almacena y procesa de acuerdo con las instrucciones del programa en ejecución.

4.- *Convertidor digital-analógico (DAC)*. La salida digital de la computadora se conecta a un DAC, que la convierte a un voltaje ó corriente proporcional. Por ejemplo, la computadora puede producir una salida que cambia desde 00000000 hasta 11111111, la que el DAC convierte en un voltaje que varía desde 0 V hasta 10 V.

5.- *Actuador*. A menudo la señal analógica que proviene del DAC esta conectada a algún circuito ó dispositivo que sirve como actuador para el control de la variable física.

Es así como se observa que los ADC y DAC funcionan como interfaces entre un sistema totalmente digital, como una computadora y el mundo analógico. Esta función tiene cada vez mayor importancia a medida que las microcomputadoras de bajo costo penetran en áreas de control de procesos donde antes no era factible el uso de la computadora.

III.2. CONVERSION ANALOGICA – DIGITAL.

Un convertidor A/D toma un voltaje de entrada analógico y después de cierto tiempo produce un código de salida digital que representa la entrada analógica. El proceso de conversión A/D es generalmente más complejo y largo que el proceso D/A, y se han creado y utilizado muchos métodos. Examinaremos varios de estos métodos con detalle, aunque se llegue a necesitar, diseñar ó construir convertidores A/D (se tiene a

disposición muchas unidades completamente equipadas). Sin embargo, las técnicas que se utilizan ofrecen una perspectivas de que factores determina el rendimiento de un convertidor A/D.

DIAGRAMA A BLOQUES DE UN ADC

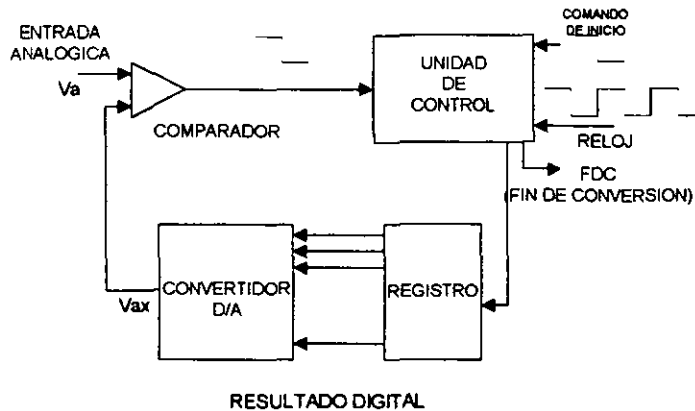


FIGURA III.2 DIAGRAMA GENERAL DE UNA CLASE DE CONVERTIDORES A/D.

Varios tipos importantes de ADC utilizan un convertidor D/A como parte de sus circuitos. La figura III.2 es un diagrama de bloque general para esta clase de ADC. La temporización para realizar la operación la proporciona la señal de reloj de entrada. La unidad de control contiene los circuitos lógicos para generar la secuencia de operaciones adecuada en respuesta al comando de INICIO, el cual comienza el proceso de conversión. El comparador con amplificador operacional tiene dos entradas analógicas y una salida digital que intercambia estados, según que entrada analógica sea mayor.

La operación básica de los convertidores A/D de este tipo consta de los siguientes pasos:

- 1.- El comando INICIO pasa a ALTO, dando inicio a la operación.
- 2.- A una frecuencia determinada por el reloj, la unidad de control modifica continuamente el número binario que esta almacenado en el registro.
- 3.- El número binario del registro es convertido en un voltaje analógico, V_{ax} , por el convertidor D/A.
- 4.- El comparador compara V_{ax} con la entrada analógica V_a . En tanto que $V_{ax} < V_a$, la salida del comparador permanece en ALTO. Cuando V_{ax} excede a V_a por lo menos en una cantidad $= V_t$ (voltaje de umbral), la salida del comparador pasa a BAJO y suspende el proceso de modificación del número del registro. En este punto, V_{ax} es un valor muy aproximado de V_a , y el número digital del registro que es el equivalente digital de V_{ax} es así mismo el equivalente digital de V_a , en los límites de la resolución y exactitud del sistema.
- 5.- La lógica de control activa la señal de fin de conversión, FDC, cuando se completa el proceso de conversión.

Las diversas variaciones de este esquema de conversión A/D difieren principalmente en la forma en que la sección de control modifica continuamente los números contenidos en el registro. De lo contrario, la idea básica es la misma, con el registro que contiene la salida digital requerida cuando se completa el proceso de conversión.

➤ METODOS DE CONVERSION ANALOGICA - DIGITAL

A continuación se describirán algunos de los métodos usados para la conversión analógica-digital.

➤ CONVERTIDOR ANALOGICO - DIGITAL DE RAMPA DIGITAL

El método de rampa digital para la conversión A/D se conoce también como el método de rampa en escalera ó método contador. Se emplea un DAC y un contador binario para generar el valor digital de una entrada analógica. La figura III.3 presenta un diagrama de este tipo de convertidor.

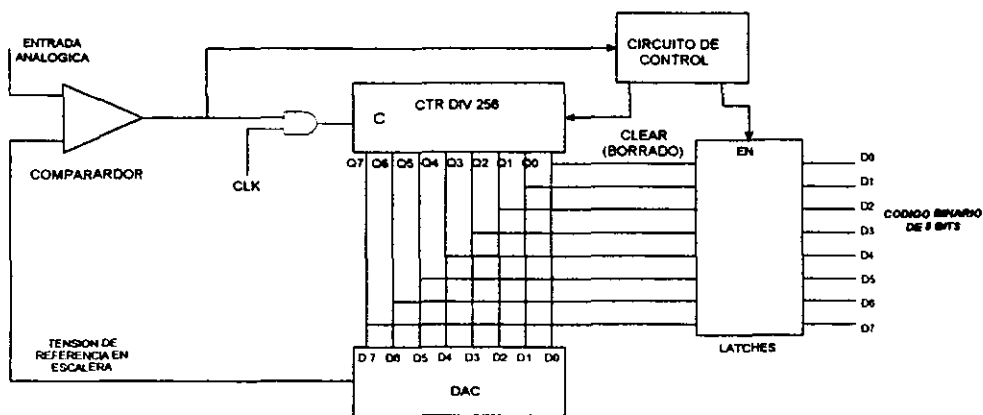


FIGURA III.3 CONVERTIDOR DE RAMPA DIGITAL.

Suponemos que el contador se inicia en el estado de RESET y la salida del DAC es cero. A continuación, suponemos que se aplica a la entrada una tensión analógica. Cuando se sobrepasa la tensión de referencia (salida del DAC), el comparador conmuta su salida a nivel alto y activa la puerta AND. Los pulsos del reloj hacen que el contador avance a través de sus estados binarios, produciendo una tensión de referencia en escalera a partir del DAC. El contador continua pasando de un estado al siguiente dando lugar sucesivamente a escalones más altos en la tensión de referencia. Cuando la tensión de referencia en escalera alcanza la tensión de entrada analógica, la salida del comparador pasa a nivel bajo y la puerta AND se desactiva, lo que hace que cesen los pulsos de reloj y el contador se pare. El estado binario del contador en ese momento es igual al número de escalones requeridos de la tensión de referencia para hacer la referencia igual ó mayor de la entrada analógica. Por supuesto, este número binario representa la tensión de la entrada analógica. La lógica de control carga la cuenta binaria en los latches, y pone a cero el contador, iniciándose después otra secuencia de cuenta para muestrear el valor de entrada.

En el caso peor de entrada máxima, el contador debe pasar a través del número máximo de estados antes de realizar la conversión. Para una conversión de 8 bits, esto significa un máximo de 256 estados.

➤ CONVERTIDOR ANALÓGICO - DIGITAL DE SEGUIMIENTO

El método de seguimiento utiliza un contador ascendente/descendente y es más rápido que el método de rampa digital, porque el contador no se pone a cero después de cada muestreo, sino que sigue a la entrada analógica. La figura III.4 muestra un típico ADC de seguimiento de 8 bits.

Mientras que la tensión de referencia de salida es menor que la entrada analógica, la salida del comparador permanece a nivel alto, poniendo al contador en modo ascendente (UP), lo que da lugar a una secuencia de cuenta ascendente en cuenta binaria. Esto hace que la tensión de salida en escalera del DAC se incrementa hasta que la rampa alcance el valor de la tensión de entrada.

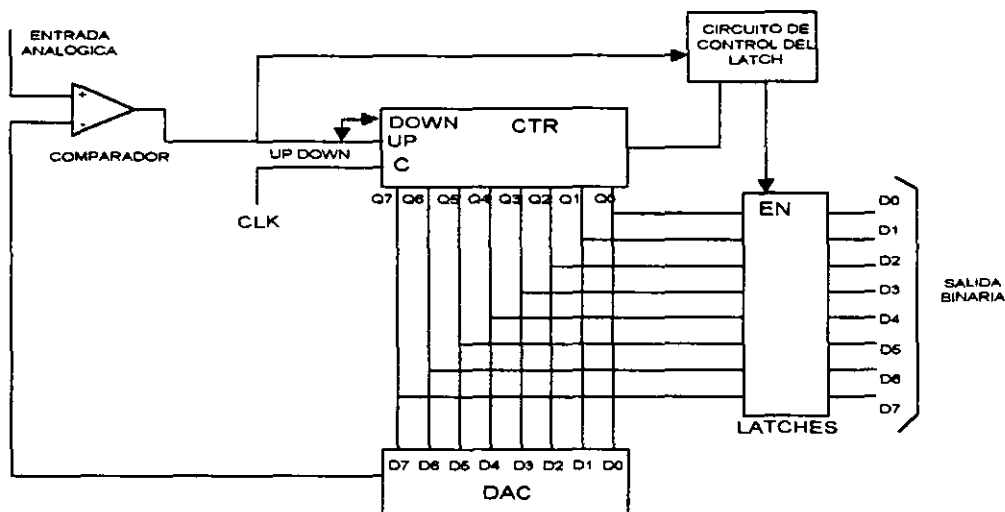


FIGURA III.4 ADC DE SEGUIMIENTO DE 8 BITS.

Cuando la tensión de referencia es igual a la entrada analógica, la salida del comparador conmuta a nivel bajo, y pone al contador en modo descendente (DOWN), haciendo que la cuenta se decremente.

Si la entrada analógica decrece, el contador continuará descendiendo a través de su secuencia y seguirá de forma efectiva a la entrada. Si la entrada aumenta, el contador volverá al modo ascendente. Cuando la entrada es constante, el contador desciende una vez cuando se produce la comparación. Ahora, la salida de referencia es menor que la entrada analógica, y el comparador pasa a nivel alto haciendo que el contador pase a modo ascendente. Tan pronto como el contador asciende al estado correspondiente, la tensión de referencia se hace mayor que la entrada, conmutando al comparador a nivel bajo esto hace que el contador se decremente una unidad. Esta acción atrás-adelante continua mientras la entrada analógica sea un valor constante, lo que origina una oscilación de salida entre dos estados binarios. Esta es la desventaja de este tipo de convertidor.

➤ CONVERTIDOR ANALÓGICO-DIGITAL DE PENDIENTE SIMPLE

A diferencia de los métodos de rampa digital y seguimiento, el convertidor de pendiente simple no requiere un DAC. Se utiliza un generador de rampa lineal para generar una tensión de referencia de pendiente constante. En la figura III.5 se muestra un diagrama. Al comienzo del ciclo de conversión, el contador está en el estado RESET, y la salida del generador de rampa es 0 V. En esta situación, la entrada analógica es mayor que la tensión de referencia, y por consiguiente se produce un nivel alto en la salida del comparador. Este nivel habilita la señal de reloj para que el contador arranque el generador de rampa.

Suponemos que la salida de la rampa es de 1 V/ms. La entrada aumentará hasta que sea igual a la entrada analógica, en dicho momento la rampa se pone a cero y la cuenta binaria ó BCD se almacena a los latches mediante la lógica de control. Supongamos que la entrada analógica es de 2 V y que han transcurrido 2 ms. Puesto que la salida del comparador en 2 ms ha estado a un nivel alto, se ha permitido el paso de 200 pulsos de reloj a través de la puerta del contador (suponemos que la frecuencia de reloj es de 100 kHz). Cuando se realiza la comparación, el contador esta en el estado binario que representa el decimal 200. Aplicando la decodificación y escalado adecuados, este número binario se puede presentar en un display como 2.00 V. Este concepto básico es el que utilizan algunos voltímetros digitales.

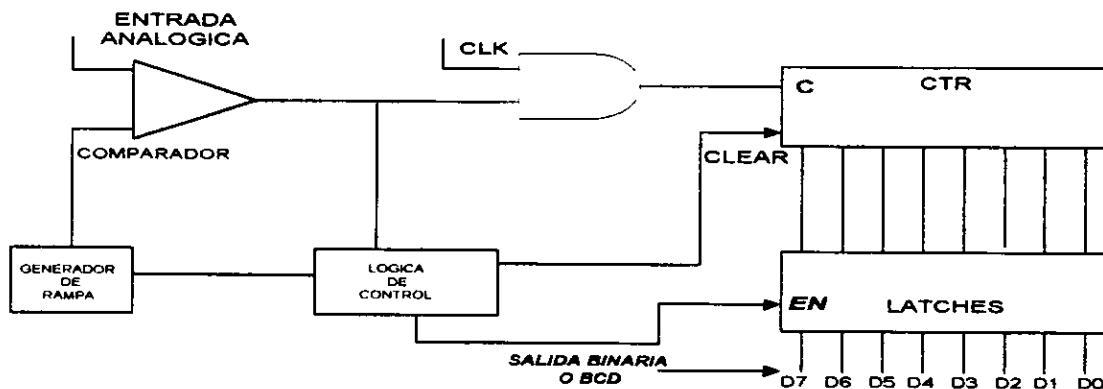


FIGURA III.5 ADC DE PENDIENTE SIMPLE.

➤ CONVERTIDOR ANALÓGICO - DIGITAL DE DOBLE PENDIENTE

El funcionamiento del ADC de doble pendiente es similar al de pendiente simple excepto en que utiliza una rampa de pendiente variable y otra de pendiente fija. Este tipo de convertidor se aplica comúnmente a multímetros digitales y otros tipos de instrumentos de medida.

Un ADC de doble rampa mide el tiempo que se necesita para que una salida del integrador atraviese una gama de voltajes proporcional al valor promedio de la entrada a un índice constante (referencia).

En la figura III.6, al comienzo de la conversión, el integrador esta desenganchado y comienza a integrar la señal de entrada V_i . Al mismo tiempo, el contador comienza a contar pulsaciones de reloj. Cuando se han contado $N1$ pulsaciones del reloj después de un periodo $t1$, el contador cede y conmuta la entrada.

Se aplica al integrador una referencia ($-V_{ref}$) de polaridad opuesta a la señal, el integrador comienza a integrar en dirección opuesta a un índice constante y el contador comienza a contar. Cuando la salida del integrador llega al valor inicial, el comparador se dispara y la conversión está completa.

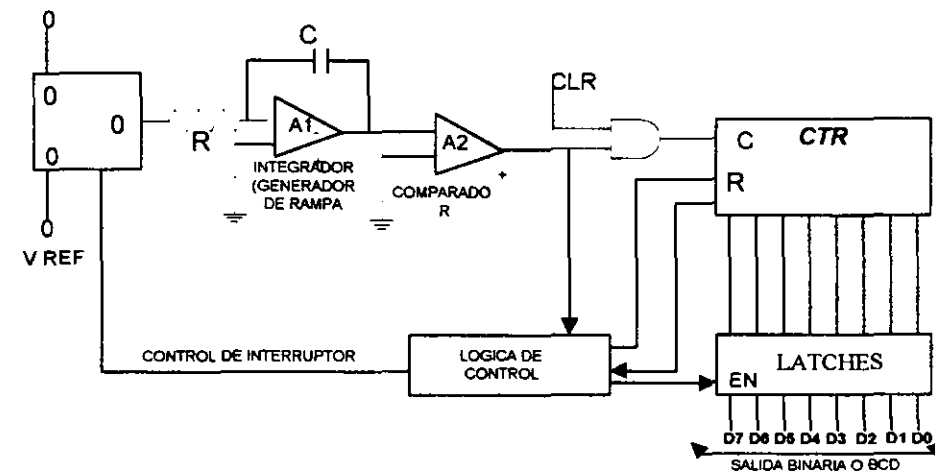


FIGURA III.6 ADC DE PENDIENTE DOBLE.

➤ CONVERTIDOR ANALÓGICO - DIGITAL POR APROXIMACIONES SUCESIVAS

Quizás el método de conversión A/D más ampliamente utilizado es el de las aproximaciones sucesivas. Tiene un tiempo de conversión mucho menor que los otros métodos. El tiempo de conversión es fijo para cualquier valor de la entrada analógica.

La figura III.7 muestra un diagrama a bloques básico de un ADC por aproximaciones sucesivas de 4 bits. Esta formado por un DAC, un registro de aproximaciones sucesivas (SAR, Successive - Approximation Register) y un comparador. Su funcionamiento básico es el siguiente: Los bits del DAC se habilitan (se ponen a 1) uno por vez, comenzando por el MSB. Cada vez que se habilita un bit, el comparador produce una salida que indica si la tensión analógica de entrada es mayor ó menor que la salida del DAC. Si la salida del DAC es mayor que la entrada analógica, la salida del comparador está a nivel bajo, haciendo que el bit en el registro pase a cero. Si la salida es menor que la entrada analógica, un bit 1 se mantiene en el registro. El sistema realiza esta operación con el MSB primero, luego con el siguiente bit más significativo, después con el siguiente y así sucesivamente. Después de que todos los bits del DAC hayan sido aplicados, el ciclo de conversión estará completo.

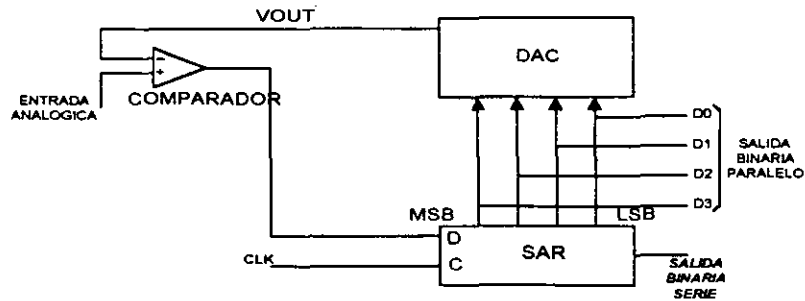


FIGURA III.7. ADC POR APROXIMACIONES SUCCESIVAS.

III.3 CONVERSION DIGITAL-ANALOGICA

Básicamente, la conversión D/A es el proceso de tomar un valor representado en código digital (como binario directo ó BCD) y convertirlo en un voltaje ó una corriente que sea proporcional al valor digital. La figura III.8 es un diagrama a bloque de esto:

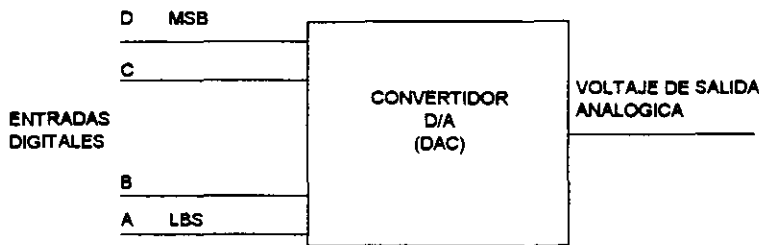


FIGURA III.8. DIAGRAMA A BLOQUES DE UN CONVERTIDOR D/A DE CUATRO BITS CON SALIDA ANALOGICA.

Examinaremos ahora las diversas relaciones de entrada y salida.

Las entradas digitales D, C, B y A se derivan principalmente del registro de salida de un sistema digital. Los $2^4 = 16$ diferentes números binarios representados por estos 4 bits se muestran en la tabla III.1:

DCBA	Vsal (V)
0000	0
0001	1
0010	2
0011	3
0100	4
0101	5
0110	6
0111	7
1000	8
1001	9
1010	10
1011	11
1100	12
1101	13
1110	14
1111	15

TABLA III.1. COMBINACIONES CON CUATRO BITS Y SU VALOR CORRESPONDIENTES

Por cada número de entrada, el voltaje de salida del convertidor D/A es un valor distinto. De hecho, el voltaje de salida analógico V_{sal} es igual en volts al número binario. También podría tener dos veces el número binario ó algún otro factor de proporcionalidad. La misma idea se aplica si la salida del D/A fuese la corriente I_{sal} .

En general:

$$\text{Salida Analógica} = K \times \text{Entrada Digital}$$

Donde "K" es el factor de proporcionalidad y tiene un valor constante para un DAC dado. Claro que la salida analógica puede ser un voltaje ó una corriente. Cuando es un voltaje "K" tiene unidades de voltaje, y cuando es una corriente "K" tiene unidades de corriente. Para el DAC de la figura III.8, $K = 1$ V así que

$$V_{sal} = (1 \text{ V}) \times \text{Entrada Digital}$$

Se puede utilizar la expresión anterior para calcular V_{sal} para cualquier valor digital de entrada. Por ejemplo, con una entrada digital de 1100 (2) = 12 (10) se obtiene

$$V_{sal} = 1 \text{ V} \times 12 = 12 \text{ V}$$

SALIDA ANALOGICA. Desde un punto de vista técnico, la salida de un DAC no es una cantidad analógica ya que solo puede tomar valores específicos, como los 16 posibles niveles de voltaje para V_{sal} de la figura III.8. De este modo, y en este sentido, la salida en realidad es digital. Sin embargo se puede reducir la diferencia entre dos valores consecutivos al aumentar el número de diferentes salidas, mediante el incremento de bits de entrada. Esto permite producir una salida cada vez más similar a una cantidad analógica, la que cambia de manera continua sobre un rango de valores. En otras palabras, la salida del DAC es una cantidad "pseudoanalógica".

FACTORES DE PONDERACION DE ENTRADA. Para el DAC de la tabla III.2, debe observarse que cada entrada digital contribuye con una cantidad diferente de salida analógica. Esto puede observarse fácilmente en los casos donde sólo una de las entradas es ALTA:

DCBA	V_{sal} (V)
0001	1
0010	2
0100	4
1000	8

TABALA III.2. FACTORES DE PONDERACION DE ENTRADA

A las contribuciones de cada entrada digital se les asignan factores de ponderación según su posición en el número binario. Por lo tanto, A que es el LBS, tiene un factor de ponderación de 1 V, B de 2 V, C de 4 V y D que es el MSB, tiene el mayor 8 V. Los factores de ponderación se duplican

sucesivamente por cada bit, comenzando por el LBS. Por lo tanto, podemos considerar a V_{sal} como la suma de los factores de ponderación de las entradas digitales.

RESOLUCION DE TAMAÑO DE PASO. La resolución de un convertidor D/A se define como la menor variación que puede ocurrir en la salida analógica como resultado de un cambio en la entrada digital. Haciendo referencia a la tabla que sigue de la figura III.8 podemos apreciar que la resolución es 1 V, puesto que V_{sal} puede variar en no menos de 1 V cuando cambie el código de entrada. La resolución siempre es igual al factor de ponderación del LBS, y también se conoce como tamaño de paso, ya que es la cantidad V_{sal} que variará cuando el código de entrada pase de un paso al siguiente.

La salida máxima de un DAC se le da el nombre de escala completa, en el caso del DAC de 4 bits, el valor máximo de la salida será 15 V, este valor es la salida a escala completa.

PORCENTAJE DE LA RESOLUCION. Aunque la resolución puede expresarse como la cantidad de voltaje ó corriente por paso, resulta más útil expresarla como un porcentaje de la salida a escala completa. Para ilustrar lo dicho anteriormente, el convertidor de la figura III.8 tiene una salida a escala completa máxima de 15 V (cuando la entrada digital es 1111). El tamaño de paso es de 1V, lo que da una resolución porcentual de:

$$\begin{aligned} \text{Resolución Porcentual} &= (\text{Tamaño de Paso/ Escala Completa}) \times 100 \% \\ &= (1V / 15V) \times 100\% = 6.67\% \end{aligned}$$

CODIGO DE ENTRADA. BCD. Los convertidores D/A que se han considerado hasta ahora, han hecho uso de un código de entrada binario. Muchos convertidores D/A utilizan un código de entrada BCD donde se emplean grupos de códigos cuatro bits por cada dígito decimal. La figura III.9 muestra el diagrama de un convertidor de 8 bits (dos dígitos) de este tipo. Cada grupo de código de 4 bits puede variar de 0000 a 1001, de manera que las entradas BCD representan cualquier número decimal de 00 a 99. Dentro de cada grupo de códigos, los factores de ponderación de los diferentes bits es igual que el código binario (1, 2, 4 y 8), pero los factores de ponderación relativos para cada grupo son diferentes por un factor de 10. La figura III.9 muestra los factores de ponderación relativos para cada uno de los diferentes bits. Note que los bits que forman el código BCD para el dígito más significativo (MSD) tienen un factor de ponderación que es 10 veces mayor que el que corresponde a los bits del LSD.

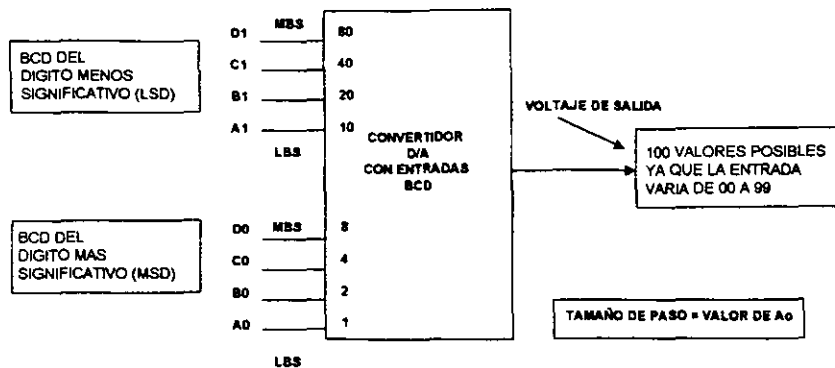


FIGURA III.9 DAC QUE EMPLEA CODIGO DE ENTRADA BCD. ESTE CONVERTIDOR ACEPTA UNA ENTRADA DE DOS DÍGITOS Y GENERA UNA SALIDA DE 100 POSIBLES VALORES ANALÓGICOS.

DAC BIPOLAR. Hasta el momento se ha supuesto que la entrada binaria del DAC es un número sin signo, y que la salida del DAC es un voltaje ó corriente positiva. Algunos DAC están diseñados para producir valores tanto positivos como negativos, tales como -10 V y $+10\text{ V}$. En general, lo anterior se hace utilizando la entrada binaria como un número con signo, donde el MSB es el bit de signo (0 para + y 1 para -). Con frecuencia, los valores de entrada negativos están representados en forma complemento a dos, aunque algunos DAC utilizan la forma de magnitud verdadera.

Por ejemplo, suponga que se tiene a la mano un DAC bipolar de 6 bits que utiliza el sistema complemento a 2 y que ofrece una resolución de 0.2 V . Los valores binarios en la entrada varían desde 100000 (-32) hasta 011111 ($+31$) y producen salidas analógicas que van desde -6.4 V hasta $+6.2\text{ V}$. Entre estos límites negativo y positivo existen 63 pasos ($2^6 - 1$) de 0.2 V .

➤ METODOS DE CONVERSION DIGITAL - ANALOGICA

Ahora se describirán algunos métodos que se utilizan para lograr una conversión digital-analógica.

➤ CONVERTIDOR DIGITAL - ANALOGICO CON PONDERACION BINARIA

Existe un método de conversión D/A que utiliza una red resistiva en la que los valores de las resistencias representan los valores binarios de los bits de entrada del código digital. La figura III.10 muestra un DAC de 4 bits de este tipo. Por cada una de las resistencias de entrada puede circular ó no corriente, dependiendo del nivel de tensión de entrada. Si la tensión de entrada es cero (0 binario), la corriente también es cero. Si la tensión de entrada es un nivel alto (1 binario), la corriente depende del valor de la resistencia de entrada y es diferente para cada una de las resistencias, como se indica en la figura III.10.

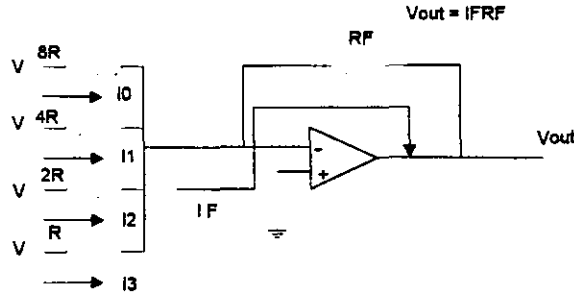


FIGURA III.10 DAC CON PONDERACION BINARIA.

Puesto que, prácticamente, por la entrada inversora del Opam, la suma de todas las corrientes de entrada pasa a través de R_f . Como la entrada inversora esta a 0V (tierra virtual), la caída en R_f es igual a la tensión de salida, es decir $V_{sal} = I_f \cdot R_f$.

Los valores de las resistencias de entrada se seleccionan de modo que sean inversamente proporcionales a los valores binarios de los correspondientes bits de entrada. La resistencia de menor valor "R" corresponde a la entrada ponderada más alta (2^3). Las restantes resistencias son múltiplos de "R" ($2R$, $4R$ y $8R$), y corresponden a los valores binarios 2^2 , 2^1 y 2^0 , respectivamente. Las corrientes de entrada también son proporcionales a los valores binarios. Luego la tensión de salida es proporcional a la suma de los valores binarios, ya que es la suma de las corrientes de entrada por R_f .

Una de las desventajas de este tipo de DAC es el número de resistencias diferentes que utiliza. Por ejemplo, un convertidor de 8 bits requiere de 8 resistencias en el rango que va desde R hasta $128R$, en pasos ponderados. Este rango de resistencias requiere tolerancias de 1 entre 255 (menor que el 0.5%), para convertir la entrada con precisión, lo que hace muy difícil fabricar este tipo de DAC en grandes cantidades.

➤ **CONVERTIDOR DIGITAL - ANALOGICO EN ESCALERA $R/2R$**

Otro método para realizar la conversión D/A es utilizar la red escalonada $R/2R$. Como se muestra en la figura III.11 para 4 bits. Este método resuelve uno de los problemas del DAC con ponderación binaria, ya que sólo requiere dos valores de resistencias:

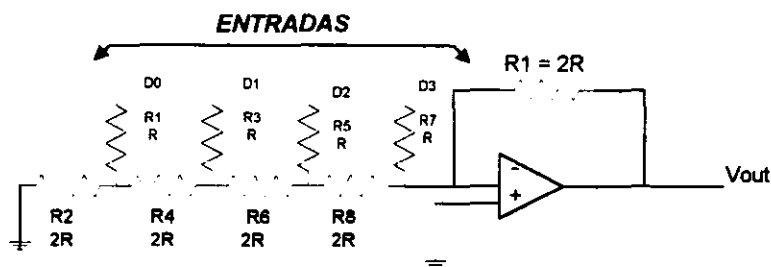


FIGURA III.11 DAC EN ESCALERA $2/2R$.

Comencemos asumiendo que la entrada D3 esta a nivel alto (+5V) y las demás a nivel bajo (tierra 0V). Esta condición representa el número 1000. Un análisis del circuito demostraría que este circuito es equivalente al mostrado en la figura III.11 (a). A través de la resistencia equivalente $2R$ prácticamente no circula corriente, ya que la entrada inversora esta a tierra virtual. Luego toda la corriente ($I = 5 \text{ V}/2R$) a través de $R7$ pasa también por Rf , y la tensión de salida es de $-5V$. El amplificador mantiene la entrada inversora (-) a casi cero volts (0V), debido a la realimentación negativa. Por consiguiente, toda la corriente pasa a través de Rf en lugar de por la entrada inversora.

La figura III.11 (b) muestra el circuito equivalente cuando la entrada D2 esta a (+5V) y las demás están a tierra. Esta condición representa 0100. Si se aplica el equivalente de Thevening mirando desde $R8$, se obtienen $2.5V$ en serie con R , como se indica. Esto da lugar a una corriente a través de Rf de $I = 2.5 \text{ V}/2R$, lo que determina una tensión de salida de $-2.5V$. No se olvide que no circula corriente por la entrada inversora ni por la resistencia equivalente conectada a tierra, ya que caen 0V en ella debido a la tierra virtual.

La figura III.11 (c) muestra el circuito equivalente cuando la entrada D1 esta a +5V y las demás a tierra. Esta condición representa el código 0010. De nuevo aplicando el teorema de Thevening al circuito de la izquierda de $R8$, se obtienen $1.25V$ en serie con R , como se indica. Esto da lugar a una corriente a través de Rf de $I = 1.25V/2R$, lo que genera una tensión de salida de $-1.25V$.

En la figura III.11 (d), se representa el circuito equivalente en el caso en que $D0$ está a +5V y las demás entradas están a tierra. Esta condición representa el código 0001. Aplicando el teorema de Thevening desde $R8$, se obtienen $0.625V$ en serie con R , como se indica. Esto da lugar a una corriente por Rf de $I = 0.625V/2R$, lo que genera una tensión de salida de $-0.625V$.

Obsérvese que cada entrada de menor peso sucesiva produce una tensión de salida que es la mitad de la anterior, por lo que la tensión de salida es proporcional al peso binario de los bits de entrada.

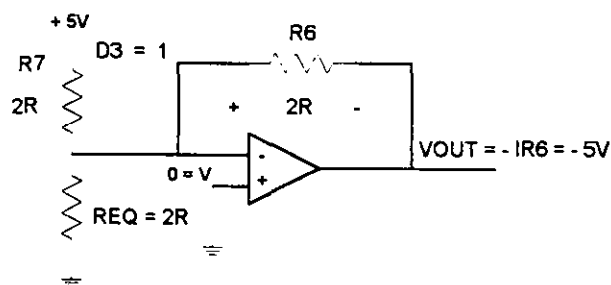


Figura III.11 (a).

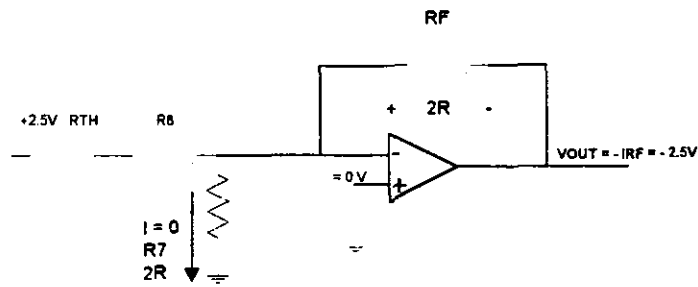


Figura III.11 (b).

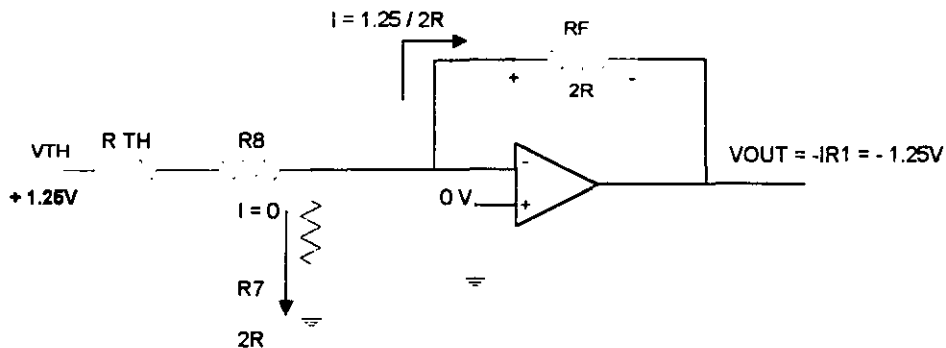


FIGURA III.11 (C).

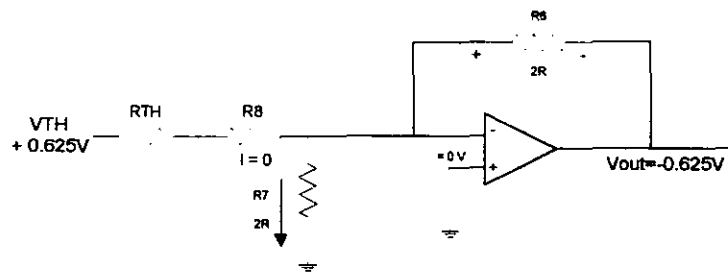


FIGURA III.11 (D).

➤ ESPECIFICACIONES DEL DAC (características)

Se dispone de una amplia variedad de DAC como CI ó bien como paquetes encapsulados autocontenidos. Uno debe estar familiarizado con las especificaciones más importantes de los fabricantes a fin de evaluar un DAC en una determinada aplicación. Estas especificaciones son resolución, precisión, tiempo de establecimiento, voltaje de offset y monotonicidad que a continuación se describen cada una de ellas.

RESOLUCION. La resolución porcentual de un DAC depende únicamente del número de bits. Por esta razón los fabricantes, por lo general especifican una resolución de DAC como el número de bits. Un DAC de 10 bits tiene una resolución más sensible (mayor exactitud) que uno de 8 bits.

PRECISION. Los fabricantes de DAC tienen varias maneras de especificar la precisión. Las dos más comunes se les llama error de escala completa y error de linealidad, que normalmente se expresan como un porcentaje de la salida a escala completa del convertidor (% F.S).

El error a escala completa es la máxima desviación de la salida del DAC de su valor estimado (ideal), expresado como un porcentaje a escala completa. Por ejemplo suponga que un DAC tiene una exactitud de $\pm 0.01\%$ F.S , y suponga que tiene una salida a escala completa de 9.375V , este porcentaje se convierte en

$$\pm 0.01\% \times 9.375V = 0.9375 \text{ mV.}$$

Esto significa que la salida de este DAC puede, en cualquier instante, variar 0.9375 mV de su valor esperado.

El error de linealidad es la desviación máxima en el tamaño de paso del tamaño de paso ideal. Por ejemplo si el DAC anterior tiene un tamaño de paso estimado de 0.625V. Si este convertidor tiene un error de linealidad de ± 0.01 F.S., esto significará que el tamaño de paso real podría apartarse del estimado hasta 0.9375 mV.

TIEMPO DE ESTABLECIMIENTO. La velocidad de operación de un DAC por lo general se especifica dando su tiempo de establecimiento, que es el tiempo requerido para que la salida del DAC cambie desde 0 hasta su valor a escala completa cuando todos los bits de la entrada binaria cambian de 0 a 1. En la práctica, el tiempo de establecimiento se mide como el tiempo necesario para que la salida del DAC se estabilice dentro de $\pm \frac{1}{2}$ el tamaño de paso (resolución) de su valor final. Por ejemplo, si un DAC tiene una resolución de 10 mV, el tiempo de establecimiento se mide como el tiempo necesario para que la salida se estabilice dentro de un intervalo de 5 mV de su valor a escala completa.

VOLTAJE DE OFFSET. Desde el punto de vista ideal, la salida de un DAC siempre es cero cuando todos los bits de la entrada son cero. Sin embargo, en la práctica, para esta situación existe un voltaje muy pequeño en la salida. Lo cual genera un error de offset. Este error si no se corrige, se suma en todos los casos a la salida esperada del DAC. Este tipo de error puede ser positivo ó negativo.

Muchos DAC tienen un ajuste externo de offset que permite reducir el offset a cero. En general, esto se hace aplicando ceros a todas las entradas del DAC, y observando la salida mientras se hacen cambios en el potenciómetro de ajuste de offset hasta que la salida se encuentre lo más próximo a 0V.

MONOTONICIDAD. Un DAC es monótonico si su salida aumenta a medida que la entrada binaria se incrementa de un valor a otro. Otra forma de describir esta característica es que la salida en escalera no tendrá pasos hacia abajo, a medida que la entrada binaria aumente desde cero hasta su valor de escala completa.

III.4. CIRCUITOS INTEGRADOS DEL DAC Y ADC

A continuación se describe un CI de un convertidor ADC, específicamente nos referimos al ADC0804 que corresponde a un ADC por aproximaciones sucesivas.

El ADC0804 es un ejemplo de un ADC por aproximaciones sucesivas. En la figura III.12 se presenta el diagrama de bloques. Este dispositivo funciona con una alimentación de +5 V y tiene una resolución de 8 bits, con un tiempo de conversión de 100 μ s. También garantiza la característica de monotonidad y dispone de un generador de reloj interno. Las salidas de datos triestados sirven para realizar la interfaz con el sistema de buses de un microprocesador.

El funcionamiento básico del dispositivo es el siguiente: El ADC0804 contiene el equivalente de un DAC de 256 resistencias. La lógica de aproximaciones sucesivas, secuencía la red para adaptar la tensión analógica de entrada diferencial (V_{in+} - V_{in-}) a la salida de la red resistiva. En primer lugar, se comprueba el MSB. Después de realizar 8 comparaciones (64 periodos de reloj), un código binario de 8 bits se transfiere a los latches de salida y la salida de interrupción (INTR activa en bajo) pasa a nivel bajo. El dispositivo puede funcionar en modo de marcha libre (free - running), conectando la salida INTR a la entrada de escritura (WR activa en bajo), y manteniendo la entrada de inicio de conversión, CS activa en bajo. Para garantizar una adecuada inicialización bajo todas las posibles condiciones, se requiere un nivel bajo en la entrada cuando se conecta a la alimentación. A partir de ahí, se pone a nivel bajo en cualquier instante, se interrumpirá el proceso de conversión.

Cuando la entrada WR se pone a nivel bajo, el registro de aproximaciones sucesivas (SAR) interno y el registro de desplazamiento de 8 bits se ponen a cero. Mientras tanto CS como WR permanecen a nivel bajo, al ADC permanecerá en estado de RESET. Uno a ocho periodos de reloj después de que CS ó WR hagan una transición de nivel bajo a nivel alto, se inicia el proceso de conversión.

Cuando ambas entradas CS y RD están a nivel bajo, el latch de salida de tres estados se habilita y el código de salida se aplica a las líneas D0 a D7. Cuando la entrada CS ó RD (activa en bajo) la entrada RD pasan a nivel alto, las salidas D0 a D7 se desactivan.

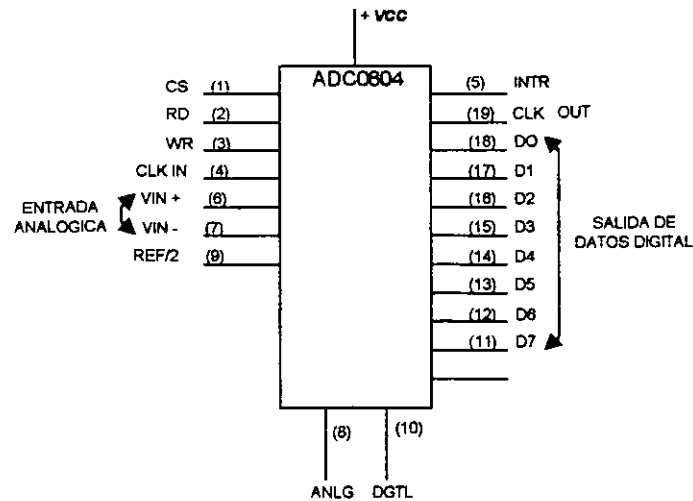


FIGURA III.12 C.1 ADC0804

III.5 APLICACIONES DE LOS DAC Y ADC

Para llevar a cabo la interfaz entre los mundos analógico y digital se requieren de dos procesos que son: la conversión analógica - digital (A/D) y la conversión digital - analógica (D/A). Los siguientes tres ejemplos de sistemas ilustran algunas de las aplicaciones de estos procesos.

TERMOSTATO ELECTRICO. Un sensor de temperatura de una habitación produce una tensión analógica proporcional a la temperatura. Esta tensión es amplificada por un amplificador lineal y se aplica a un ADC, en el que se convierte a un código digital y es periódicamente muestreada por la lógica de control. Por ejemplo, supongamos que la temperatura de la habitación es 20 grados centígrados. A esta temperatura le corresponderá un valor de tensión concreto, que aparecerá en la entrada del ADC y que será convertido en el número binario de 8 bits 00010100.

La lógica de control compara este número binario con un número binario que representa la temperatura deseada (es decir, 00010110 para 22 grados C). Este valor deseado se ha introducido previamente a través de un teclado numérico y se ha almacenado en un registro. La comparación indica que la temperatura real en la habitación es menor que la temperatura deseada. Como resultado de ello, la lógica de control manda al circuito de control de la unidad encender el calefactor. Mientras funciona el calefactor, la lógica de control continúa monitoreando la temperatura real por medio del ADC. Cuando la temperatura real exceda ó iguale la temperatura deseada, la lógica de control apaga el calefactor. Ambas temperaturas real y deseada se pueden visualizar en un display.

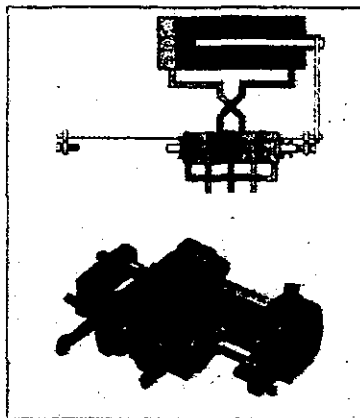
REPRODUCTOR DE CD El reproductor de CD es un ejemplo de un sistema que utiliza un DAC. Una señal de audio se registra digitalmente en el CD, mediante una serie de agujeros que son detectados por un cabezal láser y amplificados. La señal digital amplificada se convierte en una secuencia de códigos binarios que representan la señal de audio originalmente registrada. La representación binaria de la señal de audio se convierte a un formato analógico mediante un DAC, se amplifica y se envía a los altavoces.

GRABADOR-REPRODUCTOR DIGITAL DE CINTAS DE AUDIO. Otro sistema ejemplo que incluye conversiones A/D y D/A es el grabador reproductor DAT. Por supuesto, una señal de audio es una magnitud analógica. En el modo grabación, el sonido se capta, se amplifica y se convierte a formato digital mediante el ADC. Los códigos digitales que representan la señal de audio se procesan y graban en la cinta.

En el modo de reproducción, la señal de audio digitalizada se lee de la cinta, se procesa y se convierte de nuevo a formato analógico mediante el DAC, luego se amplifica y se envía al sistema de altavoces.

CAPITULO IV

SISTEMAS NEUMÁTICOS Y APLICACIONES.



Soñare lo que me atreva a soñar

Iré donde quiera ir y

Seré lo que quiera ser.

IV.1. INTRODUCCION.

Neumática: Pertenece ó relativo al aire ó a los gases; dicese de diversos aparatos destinados a operar con el aire, tubo neumático, máquina neumática ó tubo de caucho que lleno de aire comprimido y protegido por una cubierta especial también de caucho.

El aire comprimido es una de las formas de energía más antigua que conoce el hombre y aprovecha para reforzar sus recursos físicos.

Los términos neumático y neumática provienen de la palabra griega ""Pneuma"" que significa aliento ó sopro.

La neumática moderna, con sus múltiples posibilidades de aplicación se inicio en la Alemania a partir de 1950.

Los elementos neumáticos son módulos ó unidades normalizadas que pueden emplearse en sistemas de mando sencillos ó complejos. La función del elemento determina la posición del modulo dentro del sistema de mando.

En la actualidad la necesidad de automatizar la producción no afecta únicamente a las grandes empresas también a la pequeña empresa; la fuerza muscular y la habilidad manual deberán sustituirse por la fuerza y precisión mecánica, hidráulica, neumática, etc. La fuerza neumática puede realizar muchas funciones, mejor y más rápidamente de forma más regular y sobre todo durante más tiempo sin sufrir efecto de fatiga ó desgaste. La energía neumática no es utilizada en todos los casos de automatización. Las posibilidades técnicas de la neumática están sometidas a ciertas limitaciones en lo que se refiere a fuerza, espacio, tiempo y realidad en el proceso de información.

➤ EVOLUCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO

Dentro del ámbito de la industria en general, los componentes que utilizan fluidos a presión van adquiriendo una gran preponderancia y su aceptación se universaliza cada vez más a medida que se van encontrando nuevas aplicaciones.

El empleo de la energía neumática se generaliza en las máquinas herramientas, en la industria siderúrgica, en la del automóvil, en las construcciones navales, eléctricas, petroquímicas, informática, etc.

La impulsión del aire para realizar un fin útil, la podemos ver en cualquier gráfico de la historia de la humanidad. Como primer compresor mecánico se puede citar el fuelle manual, que no fue inventado hasta mediados del tercer milenio antes de Cristo, y el fuelle de pie, que no empezó a emplearse hasta unos mil quinientos años antes de nuestra era.

Los hechos más notables sobre el avance en la utilización de aire comprimido, podemos resumirlo, por orden cronológico, como sigue:

1650 Otto von Guericke inventa la bomba de aire.

- 1688 Denis Papin sugiere la utilización de aire por tubos neumáticos.
- 1717 El Dr. Edmund Halley inventa la campana de buzo.
- 1762 John Smeaton inventa el cilindro soplante.
- 1776 La primera máquina soplante de la historia salió de las manos de Wilkinson y fue instalada en su factoría Wilby, en Shropshirs (Inglaterra), siendo el prototipo de todos los compresores mecánicos.
- 1800 Comienza a estudiarse el empleo del aire comprimido como medio de transmisión de energía, al comprobar que el vapor, debido a su rápido enfriamiento y condensación, solo podía emplearse en distancias cortas.
- 1810 M. Medhurst construye un compresor.
- 1822 Jalabert, en Francia, obtiene la primera patente para un motor de aire comprimido.
- 1845 Triger envía el aire comprimido al fondo de una mina francesa, a la profundidad de 160 m.
- 1851 J.W. Fowle inventa el perforador a percusión.
- 1857 La primera gran prueba de utilización del aire comprimido en gran escala, fue con motivo de la perforación del túnel Mont-Cenis en los Alpes suizos, para el ferrocarril doble vía, con una longitud de 13.6 Km.
- 1861 German Sommeiller, ingeniero jefe del túnel, construyó sus propias perforadoras de percusión, que fueron utilizadas en este túnel, siendo 40 las personas que trabajaron en el vagón perforador.
- 1865 Fue construida la insolación de correo neumático de París, Viena y Berlín.
- 1869 Westinghouse inscribe la patente de invención del freno de aire comprimido.
- 1881 Se instaló en París una central de aire comprimido para el mando de un nuevo tipo de reloj que siempre marcaba la hora exacta, accionado por los impulsos de aire que llegaban desde la planta. Este sistema de reloj se introdujo rápidamente hasta llegar a tener 800 relojes repartidos en la capital.
- 1882 El Dr. J.G. Poblet inventa el ascensor de aire comprimido.
- 1883 Funciona en París la primera central de compresores. Víctor Popp había obtenido permiso para utilizar el sistema de alcantarillado y montar una red distribuidora de aire comprimido que se extendería por toda la ciudad.
- 1891 El profesor Riedler construyó, para esta instalación, el primer gran compresor de dos escalones.

El aire comprimido es utilizado por su versatilidad y rapidez de respuesta en el trabajo. Su acción no es tan inmediata como la eléctrica, pero si es notablemente más rápida que la hidráulica.

La neumática se sirve, como materia prima, del aire atmosférico que nos circunda, el cual podemos tomarlo en la cantidad que sea necesario para comprimirlo y transformar energía en trabajo. La compresión se hace en una central de compresores que se puede situar en cualquier punto de la fábrica, pues el aire comprimido es fácilmente transportable, aun en largas distancias por medio de tuberías, las

cuales distribuyen la presión de trabajo uniformemente hacia los puestos de consumo.

Por ser el aire un fluido compresible, podemos almacenarlo fácilmente en depositas, los cuales sirven, además, para regular la entrada en funcionamiento del compresor y reponer el aire comprimido consumido, con el ahorro consiguiente de kW/hora.

El mantenimiento de las instalaciones de aire comprimido es de poco gasto y puede confiarse a personas normalmente entrenadas en instalaciones.

➤ PROPIEDADES DEL AIRE COMPRIMIDO.

Causará asombro el hecho de que la neumática se haya podido expandir en tan corto tiempo y con tanta rapidez. Esto se debe, entre otras cosas, a que en la solución de algunos problemas de automatización no puede disponerse de otro medio que sea más simple y más económico.

Así que, nos podemos preguntar qué ventajas tiene el aire comprimido y cuales son sus aplicaciones inmediatas; pues bien, vamos a tratar de hacer un breve esquema ilustrativo de estas consideraciones.

Entre las ventajas del aire comprimido, podemos encontrar las siguientes:

** El aire esta a prueba de explosiones porque no existen los riesgos de chispas en minas, fábricas de explosivos, petroquímicas, etc., no precisando las especiales protecciones que exige el empleo de la electricidad.

En este aspecto podría tomarse como ""energía"" la oleohidráulica, aunque posteriormente veremos que esta competencia solo es posible en un pequeño campo debido a la separación de características.

** El aire está indicado en automatización para lugares húmedos, porque no existe riesgo de descargas.

** Cuando se producen averías (poco frecuentes ya que se trabaja con pequeña presión), estas no dan lugar a suciedades, excelente característica para su utilización en laboratorios, industria alimentaria, etc.

**Rapidez en su desplazamiento por el interior de las conducciones.

**El aire comprimido se almacena fácilmente en dispositivos para ser empleado en el momento necesario.

**Fácil transformación de la energía en otras como la hidráulica.

**En función de automatización, el aire después de utilizado vuelve a la atmósfera, dividiendo por dos el gasto de la instalación, al no precisar tuberías de retorno al tanque como en técnica oleohidráulica.

Las máquinas que producen el aire comprimido son los compresores; están muy depuradas y existen en todas las gamas de presión y caudal, adaptándose a cada aplicación desde el minúsculo

compresor para airear el agua de los pequeños acuarios caseros hasta los grandes turbocompresores mineros.

Entre aplicaciones usuales del aire comprimido podemos considerar las siguientes:

- a) Limpieza y proyección.
- b) Herramientas portátiles.
- c) Servomotores y automatización.
- d) Elevación.
- e) Verificación.
- f) Frenado y suspensión de vehículos.
- g) Apertura de puertas automáticas.

➤ **RENTABILIDAD.**

Es muy importante ver como la rentabilidad va de la mano con las propiedades, de hecho es una de ellas, esto se refiere a que la neumática es muy rentable, pero también tiene sus desventajas.

En realidad casi siempre se hace alusión a la comparación entre herramientas eléctricas y neumáticas.

Respecto a herramientas eléctricas le favorecen gastos de instalación y ahorro de energía, porque en las de aire comprimido aparte de la luz necesitamos un compresor y más gasto de energía.

Pero en lo que aventaja las herramientas de aire comprimido a las eléctricas son los gastos de mantenimiento menores en las de aire, más ligeras que las eléctricas, más manejables y flexibles en mantenimiento.

➤ **GASTOS DE INSTALACION.**

Costes de energía, mano de obra, gastos de mantenimiento, reparación de sobrecargas, adaptación de diseño ó más desventajas.

IV.2. PRODUCCION DE AIRE COMPRIMIDO.

➤ **COMPRESORES (GENERADORES DE AIRE COMPRIMIDO)**

Para la producción del aire comprimido se utilizan los compresores, que elevan la presión deseada del aire. Los mecanismos son alimentados a partir de una estación central, siendo el problema de la transformación y transmisión común para todos los elementos. El aire comprimido es llevado por las canalizaciones hacia los dispositivos de mando neumático.

Los compresores móviles se utilizan solamente para útiles y herramientas que son desplazados frecuentemente.

En el momento de realizar la elección, es necesario prever un tamaño inmediatamente superior de la red, con el fin de poder alimentar los dispositivos ó maquinaria que se colocarán en el futuro. Por ello es necesario sobredimensionar la instalación con el fin de que el compresor no resulte insuficiente al poco tiempo de su adquisición, puesto que toda modificación ulterior supone gastos muy considerables.

Para aumentar la duración del generador de aire, éste debe ser el adecuado y debido a que existen diferentes tipos de compresor se mencionarán algunos de ellos.

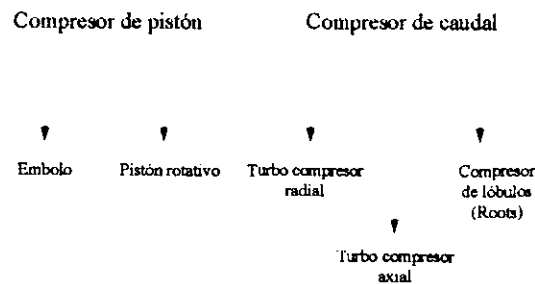
La presión de trabajo y el volumen de aire necesario son los criterios en que se basa la elección.

Se distinguen básicamente dos tipos de compresores (pistón y caudal), como se muestra en el esquema IV.1

La compresión se obtiene por la admisión del aire en un recinto hermético, donde enseguida se le reduce el volumen. Este sistema es el utilizado por el compresor de pistón (émbolo ó pistón rotativo).

En otro sistema de trabajo, según el principio de la dinámica de los fluidos, el aire es aspirado por el propio sistema compresor. Sistema de grandes caudales.

Tipos de compresoras



Esquema IV.1

➤ Tipos de Compresores

Compresores de émbolo

Compresor de émbolo oscilante. Este es el tipo de compresor más difundido que se muestra en la figura IV.1.

Se distinguen entre ellos por ser de baja, media ó alta presión. Su campo de trabajo se extiende desde 1 a varios millares de bar.

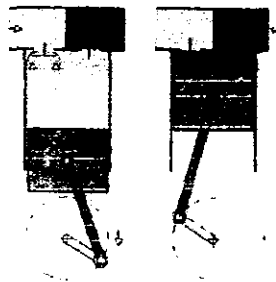


FIGURA IV.1 COMPRESOR DE EMBOLO OSCILANTE

Para obtener el aire a presiones elevadas, es necesario disponer varias etapas compresoras. El aire aspirado se comprime por un primer pistón, seguidamente se refriega, y vuelve a introducirse a un segundo pistón; la compresión a muy alta presión supone una creación de calor realmente elevada, resultando indispensable una refrigeración intermedia.

Los compresores de pistón pueden ser refrigerados por aire ó por agua, y según las presiones de trabajo, las etapas que se precisan son:

- hasta 4 bar, una sola etapa
- hasta 15 bar, dos etapas
- superior a 15 bar, tres etapas ó más.

En detrimento de la rentabilidad se podrán utilizar los compresores.

- de una etapa, hasta 12 bar
- de dos etapas, hasta 20 bar
- de tres ó más, hasta 220 bar

Compresor de dos etapas. En los compresores de dos etapas hay un primer cilindro grande que aspira el aire de la atmósfera, y la comprime hasta una cierta presión; el aire comprimido en esta primera etapa pasa a un refrigerador intermedio donde cede calor antes de pasar a un segundo cilindro que recoge el aire comprimido y eleva su presión al nivel de trabajo, como se muestra en la figura IV.2. Ciñendonos a los compresores que encontramos corrientemente, debemos decir que para la misma presión final de aire tienen más rendimiento los de dos etapas que los de una etapa, ó lo que es lo mismo, con la misma energía eléctrica consumida los compresores de dos etapas proporcionan más litros de aire comprimido que los de una etapa.

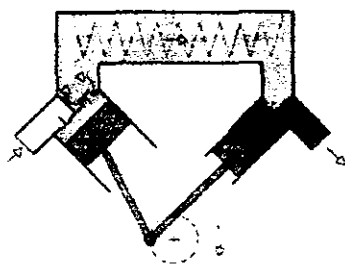


FIGURA IV.2. COMPRESOR DE 2 ETAPAS

Compresor de membrana. Este tipo forma parte del grupo de compresores de pistón. Una membrana separa el pistón de la cámara de trabajo, ilustrado en la figura IV.3; el aire no toma contacto con las piezas móviles, y estará exento de aceite.

Estos compresores son muy apropiados para las industrias alimenticias, farmacéuticas y químicas.

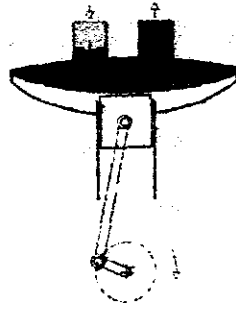


FIGURA IV.3. COMPRESOR DE MEMBRANA

Compresor de émbolo rotativo. Consiste en un pistón que está animado de un movimiento rotativo. El aire es comprimido por la continua reducción *del volumen en un recinto hermético.*

Compresor rotativo multicelular. Un rotor excéntrico gira en el interior de un cárter cilíndrico en un orificio de entrada y otro de salida.

El rotor está provisto en un cierto número de paletas que se deslizan en el interior de las ranuras y forman las células con la pared del cárter. Cuando el rotor gira, las paletas son oprimidas por la fuerza centrífuga, y debido a la excentricidad, el volumen de éstas células varía constantemente, como se ve en la figura IV.4.

Este compresor se caracteriza por sus dimensiones reducidas, ausencia de ruidos y por su caudal constante.

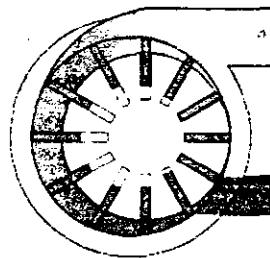


FIGURA IV.4. COMPRESOR ROTATIVO

Compresor de tornillo helicoidal, de dos ejes. Dos tornillos helicoidales que engranan por sus perfiles cóncavo y convexo impulsan hacia el otro lado el aire, aspirando axialmente, como se observa en la figura IV.5.

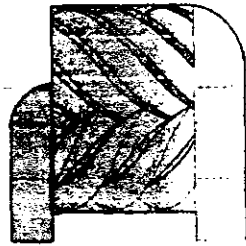


FIGURA IV.5. COMPRESOR DE TORNILLO HELICOIDAL

Compresor Roots. Aquí el aire es llevado de un lado a otro sin modificación de volumen. En el lado de impulsión la estanqueidad se asegura por los labios de los pistones, mostrado en la figura IV.6.

La compresión se realiza contra la resistencia que presenta el receptor.

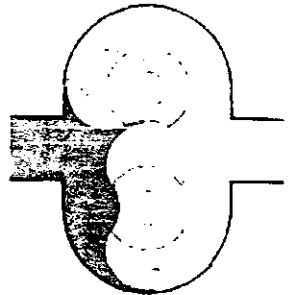


FIGURA IV.6. COMPRESOR ROOTS

Turbocompresores. Trabajan según el principio de la dinámica de los fluidos, y son muy convenientes para grandes caudales.

Son tipo axial y radial. La velocidad de circulación del aire es acelerada por una ó varias ruedas, que tienen por finalidad transformar la energía cinética en una energía elástica de compresión, como se ilustran en las siguientes figuras IV.7 (a) y (b).

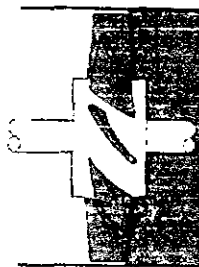


FIGURA IV.7 (a) COMPRESOR AXIAL

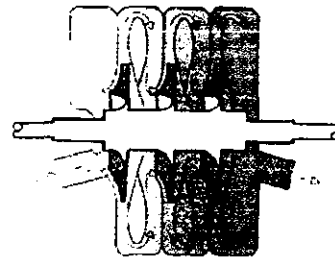


FIGURA IV.7 (b) COMPRESOR RADIAL

IV. 3 PREPARACION DEL AIRE COMPRIMIDO.

El aire comprimido para ser utilizado en los sistemas neumáticos, si se quiere que no origine averías, no puede conectarse a ellos según sale del compresor.

En el aire hay una serie de impurezas nocivas para la buena marcha de la instalación que es preciso eliminar. Las impurezas que podemos encontrar son las siguientes:

➤ **IMPUREZAS SOLIDAS:**

- Polvo de Sílice.
- Oxido de las conducciones.
- Virutas de goma de los flexibles.
- Residuos de cierre estancados.
- Hilachas de empaquetadoras de teflón.
- Residuos de aceites quemados.

➤ **IMPUREZAS LIQUIDAS:**

- Agua en fase liquida.
- Aceites Lubricantes.

➤ **IMPUREZAS GASEOSAS**

- Vapor de agua.
- Gases procedentes del calentamiento del aceite en el compresor.
- Gases Varios.
- Microbios y Bacterias.

Entre las impurezas veremos cuales interesa eliminar y cuales no.

Es posible técnicamente eliminar todas y cada una de las impurezas por medio de decantaciones, filtraciones, ultrafiltraciones, esterilizaciones, etc., pero solo nos interesa eliminar aquellas que sean perjudiciales para el buen éxito de nuestra instalación, como son:

a) Polvo de sílice. Normalmente se encuentra en suspensión en el aire. Con exceso se encuentra en las minas, plantas de cemento, etc., A pesar de que los componentes tienen unos filtros de aspiración, puede no ser suficiente, pasando gran cantidad de partículas a la red. Por ser un producto altamente abrasivo, etc.

b) Oxido. Es inevitable que en el interior de las conducciones se encuentren cascarillas de oxido. Estas escamas, al ser arrastradas por el aire, se introducen en los elementos del circuito produciendo averías.

c) Virutas de goma. Se producen cuando la goma que forma las tuberías flexibles se cuarteo y desprende en pequeños trozos que originan averías y taponamientos. También hilachas de empaquetadoras de teflón, barniz hermético del montaje, pueden ser arrastrados por el aire obstruyendo orificios y originando averías.

Para eliminar cada uno de estos elementos se emplean los componentes y tratamientos que se indican a continuación.

➤ *FILTROS*

Se diseñan para eliminar impurezas sólidas y líquidas.

Los filtros se eligen teniendo en cuenta los tres factores importantes siguientes:

- 1.- Eliminación eficaz de impurezas, polvo, agua, etc.
- 2.- Efectuar esta eliminación con la menor pérdida de carga posible, puesto que la pérdida de carga supone desperdicio de aire comprimido.
- 3.- Que tenga un mantenimiento y limpieza sencillo.

El aire, al pasar por el filtro, lo hace forzado por un deflector que por centrifugado proyecta contra las paredes las partículas sólidas y líquidas más pesadas, que chocan contra la pared del vaso, descendiendo a la parte inferior de éste (zona inferior de calma).

En algunas instalaciones es necesaria la utilización de filtros, entre estas aplicaciones pueden citarse:

- ** Medición y calibración neumática.
- ** Instrumentación neumática.
- ** Pulverización de pinturas.
- ** Fabricación de productos delicados.
- ** Industria alimentaria y farmacéutica.
- ** Equipos científicos.

Se utilizan filtros purificadores de aire en los cuales hay tres procesos:

- Filtros centrífugos.
- Filtros mecánicos.
- Filtros por carbón activo.

IV.4. ELEMENTOS NEUMÁTICOS DE TRABAJO

La energía del aire comprimido se transforma por medio de los cilindros, en un movimiento lineal de vaivén, y con ayuda de los motores neumáticos en movimiento de giro.

➤ *Elementos neumáticos que trabajan en sentido longitudinal (cilindros neumáticos)*

A menudo, la generación de un movimiento rectilíneo con elementos mecánicos combinados con accionamiento eléctrico supone un gasto considerable; es por ello que el uso de los siguientes cilindros neumáticos resultan ser más rentables:

Cilindros de simple efecto

Estos cilindros tienen solamente una conexión de aire comprimido, no pueden realizar trabajo más que en un solo sentido; el retorno del vástago se realiza por un muelle incorporado, ó fuerza externa. El aire comprimido pues, es sólo necesario para un sentido de traslación.

El resorte interno es dimensionado de manera que vuelva lo más rápidamente posible el émbolo a su posición inicial, como es visto en la figura IV.8.

Para los cilindros de simple efecto, con muelle incorporado, la carrera está en función de la longitud de dicho resorte, y por ésta causa, los cilindros de simple efecto no sobrepasan la carrera de 100 mm.

Su utilización se limita a trabajos simples, tales como sujeción, expulsión, alimentación, etc.

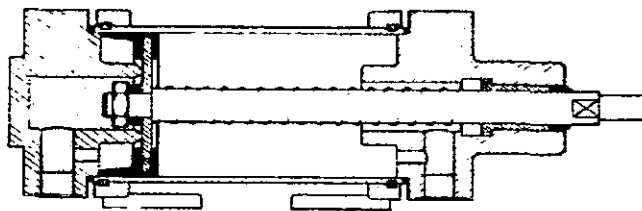


FIGURA IV.8 CILINDRO DE SIMPLE EFECTO

Cilindro de émbolo

La estanqueidad se logra por un material flexible que recubre el pistón metálico, de material sintético (perbunan). Durante el movimiento del émbolo, los labios de junta se deslizan por la pared interna cilindro y garantizan la estanqueidad necesaria.

Otras ejecuciones, la carrera de trabajo es realizada por el muelle, mientras que el aire comprimido efectúa el retorno del vástago a su posición inicial.

Aplicación: cuando existe riesgo de una interrupción brusca de la energía (circuito de frenos en camiones y trenes), su ventaja principal es el frenado instantáneo.

Cilindros de membrana

Una membrana de caucho, plástico ó metal reemplaza aquí al pistón, y el vástago es la superficie de la membrana. Todo fenómeno de rozamiento por deslizamiento es inexistente; la única fuerza antagonista es debida a la dilatación de la membrana.

Aplicaciones principales:

- Sujeción de piezas
- Prensa de embutición
- Entre otros

Cilindros de membrana arrollable

Como su nombre indica, éste cilindro también es de membrana; cuando está sometido a la presión del aire, se desarrolla a lo largo de la pared interna del cilindro y efectúa el vástago su salida. Las salidas son más importantes que en los cilindros de membrana (50 - 80mm).

El rozamiento es casi nulo.

Cilindros de doble efecto

En éste caso, la fuerza ejercida por el aire comprimido anima al émbolo de un movimiento de traslación de dos sentidos. Se dispone de fuerza útil tanto a la ida como al retorno.

La carrera, en principio, no está limitada, pero existe el riesgo de pandeo. La estanqueidad la realizan juntas de labios ó membranas.

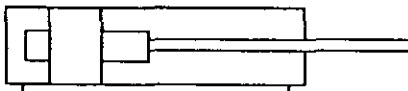
Cilindros con amortiguación interna

Cuando las masas trasladadas son importantes, para evitar choques graves y el deterioro prematuro se utiliza el sistema de amortiguación regulable, que entra en acción momentos antes de alcanzar el final de carrera. Este sistema está constituido principalmente por un émbolo amortiguador que reduce considerablemente la sección de paso del escape (el aire contenido en ésta cámara).

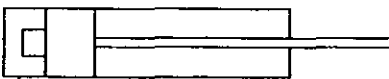
El aire almacenado es comprimido en la última parte de la cámara del cilindro, y la sobrepresión así creada tiene por efecto absorber una parte de la energía. El émbolo es frenado y llega lentamente a su posición extrema. En el momento de la inversión, el aire penetra en el cilindro a través del antirretorno y comienza rápidamente su desplazamiento; las fuerzas disponibles son igualmente máximas.

Otros tipos de amortiguación

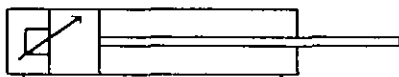
Amortiguación en los dos lados, no regulable:



Amortiguación posterior no regulable:



Amortiguación posterior regulable:



Cilindros especiales, doble efecto

Cilindros con doble vástago

El guiado es mejor, puesto que tiene más puntos de sujeción; además resulta muy útil en el caso de falta de espacio para la colocación de levas. La fuerza resultante es la misma para los dos sentidos, puesto que las secciones de aplicación son iguales.

Cilindro tándem

Está constituido por dos cilindros de doble efecto, acoplados en serie. Aplicando simultáneamente presión sobre los dos émbolos se obtiene una fuerza casi doble a la de un cilindro del mismo diámetro. Se utiliza cuando son necesarias fuerzas considerables y se dispone de un espacio reducido, no siendo posible la utilización de un diámetro superior.

Cilindro multiposicional

Este elemento está constituido por dos o más cilindros de doble efecto. Los diferentes elementos están acoplados como se indica en el siguiente esquema. Según el émbolo solicitado actúa uno u otro cilindro. Cuando se unen dos cilindros de carreras distintas, pueden obtenerse cuatro posiciones finales diferentes, como se muestra en la figura IV.9.

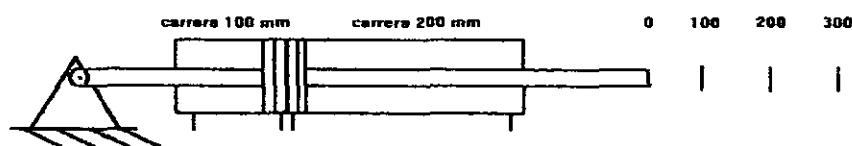


FIGURA IV.9 CILINDRO MULTIPOSICIONAL

Aplicación:

Mando de palancas

Selección de vías

Cilindro de impacto

Si se utilizan cilindros normales para trabajos de transformación, las fuerzas disponibles son a menudo insuficientes. El cilindro de impacto es el conveniente para estos casos, para obtener energía cinética de valor elevado. Según la fórmula

$$E_c = (\text{masa} / 2) * \text{velocidad}^2$$

Cuando aumenta la velocidad, la fuerza aumenta de una manera mucho mayor.

Estos cilindros desarrollan la velocidad comprendida entre 7.5 y 10 m/s, (velocidad normal 0.5 a 1 m/s). Solo con una concepción especial permite mantener éstas velocidades. La energía de éstos cilindros se utilizan para el prensado, estampado, etc. La fuerza de choque es considerable en relación a sus dimensiones.

Nota: Estos cilindros no pueden utilizarse en largos recorridos, puesto que la velocidad a partir de un momento determinado disminuye y con ella la energía disponible.

Según el diámetro del cilindro puede obtenerse desde 2.5 a 50 kpm.

Funcionamiento:

El émbolo tiene una junta que cierra la cámara posterior; cuando existe aire comprimido en las dos cámaras, debido a la mayor sección anterior, una presión menor será capaz de sostener al émbolo en ésta posición; sin embargo, al descender a un nivel mínimo, la presión en la cámara anterior vencerá el espacio para la separación de la junta, aplicándose entonces un presión a la superficie del émbolo, en su lado posterior con la ventaja adicional de estar carente de aire a presión la cámara anterior.

Cilindro de cable

Los extremos del cable están fijados a ambos lados del émbolo, y es guiado por medio de poleas. Su trabajo es siempre de tracción.

Aplicación:

Apertura y cierre de puertas.

Características:

Tiene dimensiones reducidas permitiendo obtener carreras largas.

Mandos sin contacto externo

Es un problema muy frecuente la imposibilidad de colocación de levas para la señal de inversión; ya sea por reducido espacio lubricante, agua ó las virutas que resultan del trabajo.

Puede solucionarse por diversos métodos, mando electroneumático y un indicador de posición sin contacto en el cilindro. Un palpador puede colocarse en cualquier posición del cilindro, funcionando según la influencia del campo magnético en un imán colocado en el émbolo.

Cilindro con bloque de mando neumático incorporado

Esta unidad (cilindro, válvula de mando) funciona dándose a sí mismo la señal de inversión. Desde el momento en que se conecta el aire se realiza un movimiento de vaivén continuo, que no cesa hasta que se desconecta el aire.

Este tipo de cilindro se utiliza en las máquinas y dispositivos que trabajan en servicio permanente; para la alimentación continua de piezas ó su expulsión para avance de cadenas de montaje con trinquete, a una cadencia determinada.

Cilindro con movimiento de giro

Estos cilindros de doble efecto, el vástago es una cremallera que engrana con un piñón, que transforma el movimiento lineal en giratorio y del sentido mandado por el émbolo. Los ángulos de giro pueden ser 45° , 90° , 180° 290° hasta 720° , que se ilustran en las siguientes figuras IV.10 (a) y (b).

El momento es función de la presión, superficie del émbolo y de la relación de transmisión. Estos sistemas se utilizan para el doblado de tubos, giro de piezas, regulación de instalaciones de climatización, mando de válvulas de cierre, etc.

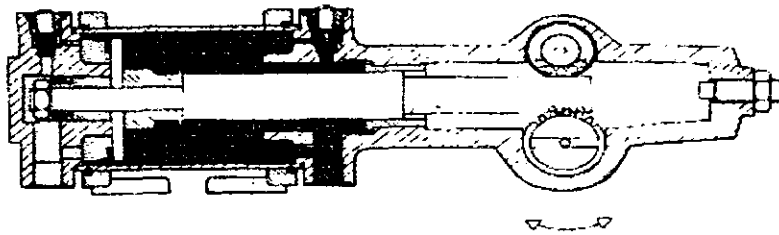


FIGURA IV.10 (a) CILINDRO CON MOVIMIENTO DE GIRO

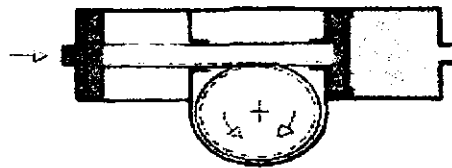


FIGURA IV.10 (b) CILINDRO CON MOVIMIENTO DE GIRO

Cilindro de émbolo giratorio

Como los cilindros descritos anteriormente, éste puede realizar un movimiento angular limitado, sin sobrepasar los 300° , mostrándose en la figura IV.11. En neumática es poco utilizado puesto que la estanqueidad es muy difícil, además la proporción entre tamaño y movimiento resultante es desventajosa, sin embargo se utiliza en hidráulica.



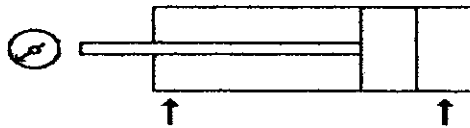
FIGURA IV.11 CILINDRO DE EMBOLO GIRATORIO.

Ejecuciones especiales para aplicaciones particulares

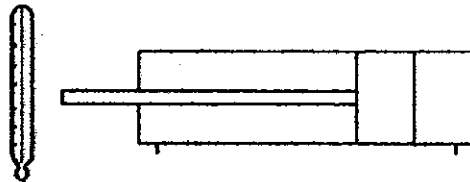
- Cilindros con vástago reforzado:



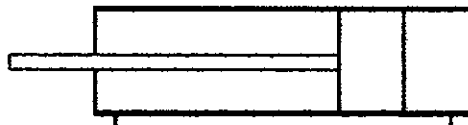
- Juntas estancas hasta 25 bar:



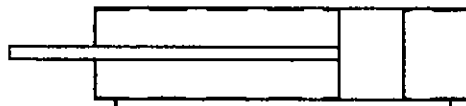
- Juntas aptas para temperaturas de 200°C:



- Tubo de cilindro en latón:



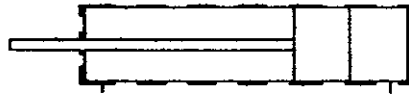
- Interior cromado duro:



- Vástago anticorrosivo:



- Cuerpo recubierto de materia plástica y vástago anticorrosivo:



➤ *Fijación*

La fijación está en función del modo de colocación del cilindro en la máquina. Si la fijación es definitiva, el cilindro puede ser equipado con los accesorios de montaje necesarios. Este sistema de montaje en el que las fijaciones se pueden colocar a elección, facilita el almacenamiento en empresas que utilizan a menudo el aire comprimido, puesto que tiene mayor versatilidad con el mismo cilindro básico, mostrado en las figuras IV.12 (a) y (b)

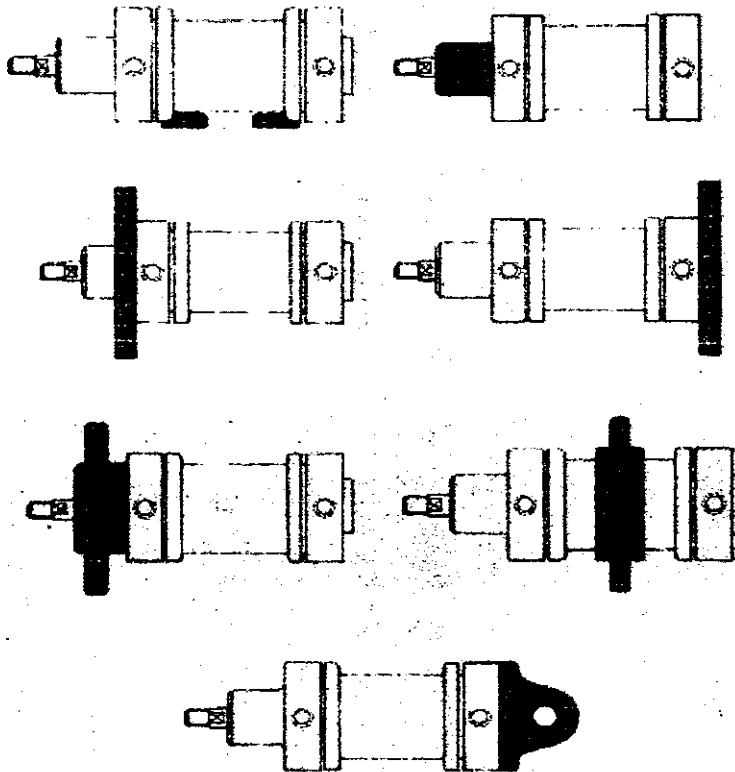


FIGURA IV.12 (a) TIPOS DE FIJACIONES.

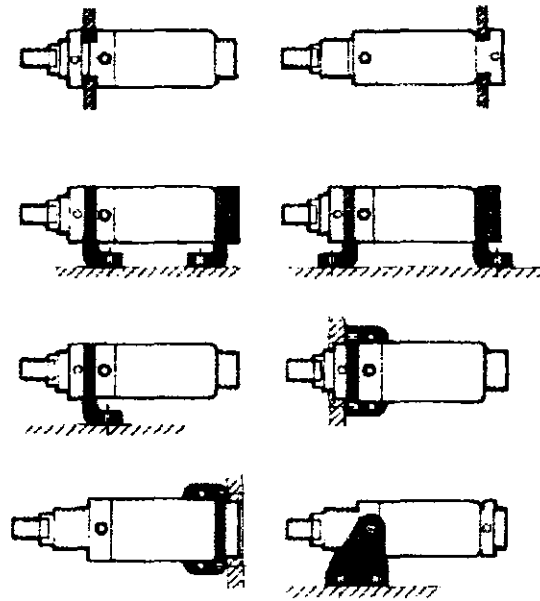


FIGURA IV.12 (B) TIPOS DE FIJACIONES.SOBRE UN CILINDRO BASE

➤ *Constitución de los cilindros*

El cilindro de émbolo se compone de:

- Tubo
- Tapa posterior con cojinete
- Tapa interior con cojinete
- Junta del vástago
- Vástago
- Junta de rascador
- Embolo con junta

- Véase en la figura IV.13 la constitución del cilindro.

El tubo cilíndrico (1) se constituye en un tubo de acero sin costura. Para prolongar la vida de las juntas, la superficie del tubo debe tener un mecanizado de precisión (bruñido).

Para aplicaciones especiales, el tubo se construye en aluminio, latón con superficie de rozadura en cromo duro. Estas ejecuciones especiales se emplean para proteger de influencias corrosivas.

Para la capa posterior (2) y la tapa anterior (3) se emplea preferentemente material de fundición (fundición de aluminio ó maleable).

La fijación de ambas tapas con el tubo se puede realizar por tirantes, roscas ó bridas.

El vástago (4) es preferentemente de acero inoxidable, con determinado porcentaje de cromo para prevenir el riesgo de roturas, generalmente las roscas son laminadas.

Si se desea puede solicitarse un endurecimiento especial en el vástago. La profundidad superficial debe ser de $1\mu\text{m}$.

Para la obturación de la cámara anterior se monta en la tapa frontal una junta (5). La guía del vástago se realiza con un cojinete autolubricante (6), que puede ser de bronce sintetizado ó un casquillo de plástico con revestimiento metálico.

Ante el casquillo, la guía esta la junta de rascador (7), que impide la penetración de materias extrañas al interior del cilindro. Por ello no es necesario el revestimiento con fuelle del vástago.

La junta de doble vaso (8) separa las dos cámaras del cilindro (T - dúo).

Material:

- Perbunan	entre -20°C y $+80^{\circ}\text{C}$
- Viton	entre -20°C y $+190^{\circ}\text{C}$
- Teflón	entre -30°C y $+200^{\circ}\text{C}$

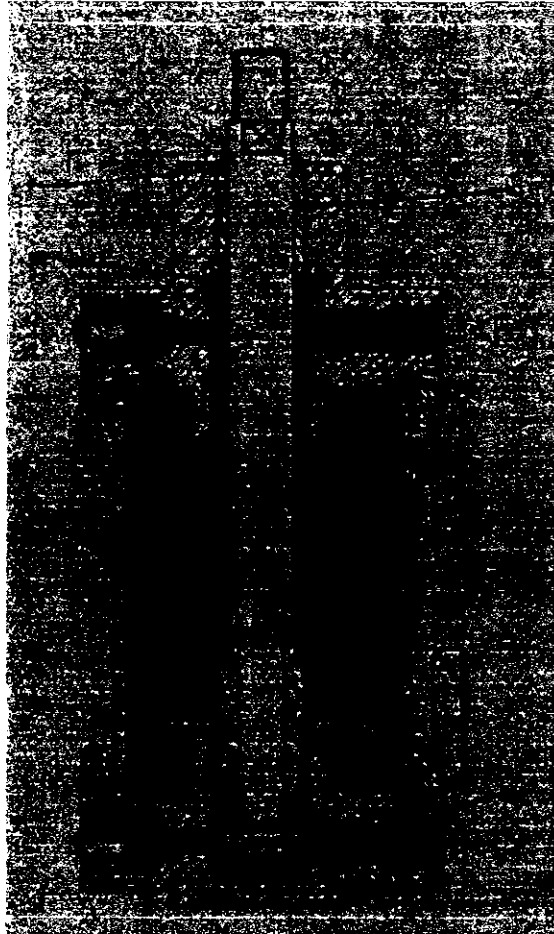


FIGURA IV.13 CONSTITUCION DE UN CILINDRO

Para la obturación estática, se utilizan juntas tóricas (9). La junta tórica debe tensarse previamente, y esto es la causa, en su aplicación dinámica de elevadas pérdidas por fricción, vistas en la figura IV.14.

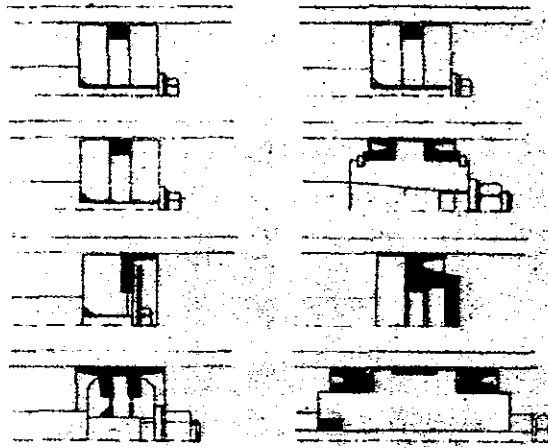


FIGURA IV.14 JUNTAS TORICAS

➤ *Elementos neumáticos con movimiento giratorio.*

Estos elementos transforman la energía en neumática en un movimiento de giro mecánico. Son motores de aire comprimido, como el mostrado en la figura IV.15.

Motor de aire comprimido

Se utiliza para obtener movimientos rotativos, y según su concepción se distingue:

- Motores de émbolo
- Motores de láminas (ó paletas)
- Motores de engranaje
- Turbomotores

Sus características son las siguientes:

- Regulación continua de la velocidad de rotación y del par.
- Pequeñas dimensiones (y reducido peso)
- Gran fiabilidad, incluso con sobrecarga
- Insensibilidad al polvo, agua y cambios de temperatura
- Ausencia de peligro de explosión
- Cambio de velocidades muy grande
- Mantenimiento casi nulo

- Reversibilidad fácil de sentido de rotación

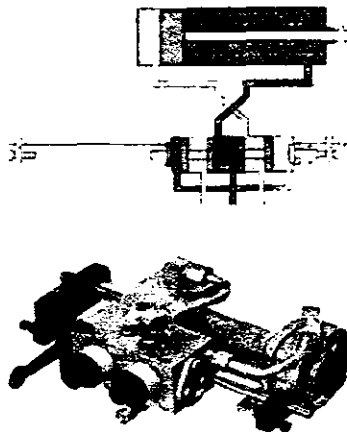


FIGURA IV.15 ELEMENTOS NEUMATICOS CON MOVIMIENTO GIRATORIO

Estos elementos transforman la energía neumática en un movimiento de giro mecánico.

IV.5 VÁLVULAS

➤ Generalidades

Los mandos neumáticos están constituidos por los elementos de información, órganos de mando y los ejemplos de trabajo. Los dos primeros modulan las fases de trabajo de la máquina ó dispositivos, y se designan, en neumática, bajo la denominación de válvulas.

Las válvulas regulan la puesta en marcha, el paro y el sentido de la presión, el caudal del fluido transportado por la bomba ó almacenado en un recipiente. En lenguaje internacional, el término <<distribuido>> denomina a los tipos tales como válvulas de corredera, de bola, asiento, etc.

Según la norma DIN 24300 y recomendaciones de CETOP se subdividen en 5 grupos:

1. Válvulas de vías, distribuidoras
2. Válvulas de bloqueo
3. Válvulas de presión
4. Válvulas de caudal
5. Válvulas de cierre

➤ Válvulas distribuidoras

Estas válvulas de varios orificios, son los componentes que determinan el camino que debe tomar el fluido bajo presión (marcha, paro, dirección).

Representación esquemática de los distribuidores

ESTADO DE LA
DINAMICA

Estas válvulas pueden ser de dos, tres, cuatro ó cinco orificios en lo que corresponde a la parte de trabajo (sin incluir los pilotajes).

Para representar los distribuidores en los esquemas se utilizan los símbolos; estos símbolos no dan ninguna orientación sobre el método constructivo de la válvula, solamente indica su función.

Las válvulas de vías se representan por cuadros.



La cantidad de cuadros yuxtapuestos indica la cantidad de posiciones del distribuidor.



El funcionamiento está representado esquemáticamente en el interior del cuadro.

Las líneas esquematizan las canalizaciones internas.



La flecha indica el sentido de circulación del fluido.



Las posiciones de cierre se representan por líneas transversales.



La unión de las canalizaciones se realiza por un punto.



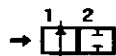
Las conexiones (llegadas y salidas) se representan por trazos que están unidos al cuadrado que esquematiza la posición cero ó de salida.



La otra posición se realiza por traslación lateral de los cuadrados, coincidente con las conexiones.



Las posiciones pueden ser diferenciadas por números.



Válvulas con 3 posiciones.

Posición intermedia = posición cero



Por posición cero ó de reposo se entiende, en el caso de las válvulas con retorno por muelle, por eje, la posición que las piezas móviles ocupan cuando no es accionado.

La posición de salida es la que tiene la válvula después del montaje, establecimiento de la presión, ó tensión eléctrica. Es la posición por medio de cual comienza el programa preestablecido.

Canalizado de escape sin rosca (aire evacuado al ambiente). Triángulo directamente al cuadrado.



Canalización de escape con rosca (aire evacuado hacia el exterior). Triángulo ligeramente separado del cuadrado.



Para evitar errores durante el montaje, los orificios se identifican por letras mayúsculas (probablemente, según normas europeas próximas, la identificación se realizará por números).

- Circuito de utilización, trabajo A,B,C
- La alimentación de entrada P
- Las salidas de escape R,S,T
- Las conexiones de pilotaje Z,Y,X

Tabla de Resumen de Válvulas Distribuidoras

Designación	Posición Cero	Símbolo
2/2 vías	cerrado	
2/2 vías	abierto	
3/2 vías	cerrado	
3/2 vías	abierto	

3/3 vías cerrado

4/2 vías 1 línea bajo presión
1 línea de escape

4/3 vías Posición cero cerrado



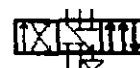
4/3 vías A y B en escape



5/2 vías 2 escapes



6/3 vías 3 posiciones caudal



La designación de un distribuidor está en función de la cantidad de orificios activos y de las posiciones de trabajo.

La primera cifra indica la cantidad de vías, ó sea la cantidad de orificios activos.

La segunda cifra indica la cantidad de posiciones.

Ejemplo:

3/2 vías 3 orificios activos
2 posiciones (2 cuadrados)

4/3 vías 4 orificios activos
3 posiciones (3 cuadrados)

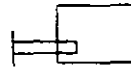
Accionamiento de válvulas

Según su utilización las válvulas pueden ser accionadas de diferentes modos.

Los símbolos de los elementos de accionamiento se colocan a los lados de los cuadrados.

1. Por fuerza muscular

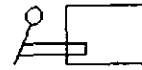
general



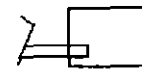
por pulsador



por palanca

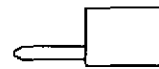


por pedal



2. *Mecánicamente*

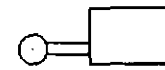
por leva



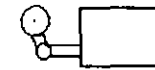
por muelle



por rodillo



por rodillo escamotable



3. *Eléctricamente*

por electroimán, con un arrollamiento



por electroimán, con varios arrollamientos en un sentido



por electroimán, con varios arrollamientos de acción recíproca.



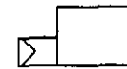
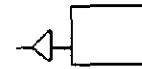
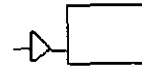
4. *Accionamiento neumático*

por presión

por depresión

por presión diferencial

Accionamiento neumático, indirecto
por presión



5. *Accionamiento combinado*

por electroimán y neumáticamente (servopilotaje)



Ejemplo: Válvula 3/2, mandada por pulsador y retorno por muelle

Válvula 4/2, mandada neumáticamente y retorno por muelle.

Según el tiempo de accionamiento se distinguen:

1. Mando permanente (señal continua).

La válvula es accionada manualmente ó por medios mecánicos, neumáticos ó eléctricos durante todo el tiempo que dura la inversión. El retorno es manual ó mecánico por medio de un muelle.

2. Mando momentáneo (impulso).

Las válvulas es invertida por una señal breve, permaneciendo indiferente en esta posición, hasta que otra señal retorna a la posición anterior.

Tipos y Características

Las características constructivas de las válvulas son las que determinan su duración, fuerza de accionamiento, modos de inversión, racordaje y fijación.

Según la construcción, se distinguen los tipos siguientes:

Válvulas de asiento	Esférico
	Disco plano
Válvulas de corredera	Embolo
	Embolo y cursor
	Disco giratorio

Válvulas de asiento

En estas válvulas los orificios se abren ó cierran por medio de bolas, discos ó conos.

La estanqueidad se asegura de una manera muy simple, generalmente por juntas elásticas. Los elementos de desgaste son muy pocos, y por tanto de una granulación; son insensibles al polvo y muy robustos.

La fuerza de maniobra es relativamente elevada, puesto que es necesario vencer la resistencia de muelles y la presión.

Válvulas de asiento esférico

Estas válvulas, de concepción muy simple, dan muy buen resultado. Se caracterizan por sus dimensiones muy reducidas, como se ilustra IV.16.

Un muelle mantiene cerrada la bola contra un asiento; el aire comprimido no puede circular hacia el orificio A; accionando la leva, la bola se separa y puede fluir el aire. Es necesario vencer la resistencia del muelle y la presión del aire. Tienen dos posiciones finales, y con 2 ó 3 orificios, esta última ejecución tiene escape a través de la leva de accionamiento.

El accionamiento puede ser manual ó mecánico.

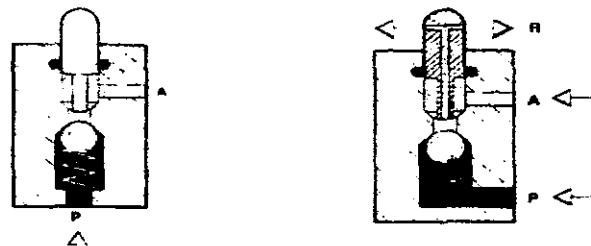


FIGURA IV.16 VALVULA DE ASIEN TO ESFERICO

Válvulas de asiento plano

Una simple junta asegura la estanqueidad necesaria.

El tiempo de respuesta es muy pequeño, puesto que un desplazamiento corto determina un gran caudal de paso. Al igual que la válvula anterior, es insensible al polvo y también de gran duración.

Cuando se acciona la leva y el desplazamiento es lento, la alimentación puede escaparse por purga, y perderse una gran cantidad de energía, como se observa en la figura IV.17.

Es necesario evitar este escape por una posición intermedia.

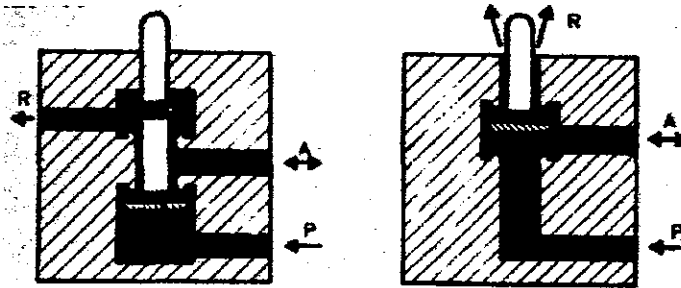


FIGURA IV.17 VALVULA DE ASIEN TO PLANO

Las válvulas construidas según este principio deben impedir el escape de la alimentación, aunque el accionamiento sea lento.

Al descender la leva se cierra el conducto de escape entre A y R, al apoyar contra el disco se separa y el aire puede circular desde P hacia A; el retorno se realiza por un muelle.

Las válvulas 3/2 vías se utilizan para el mando de cilindros de simple efecto ó para el pilotaje de otras válvulas.

En el caso de una válvula abierta en reposo como se ilustra en la figura IV18, se cierra en primer lugar el paso P hacia A, y luego se abre el paso de A hacia R. Los Muelles retoman a las juntas a su posición inicial.

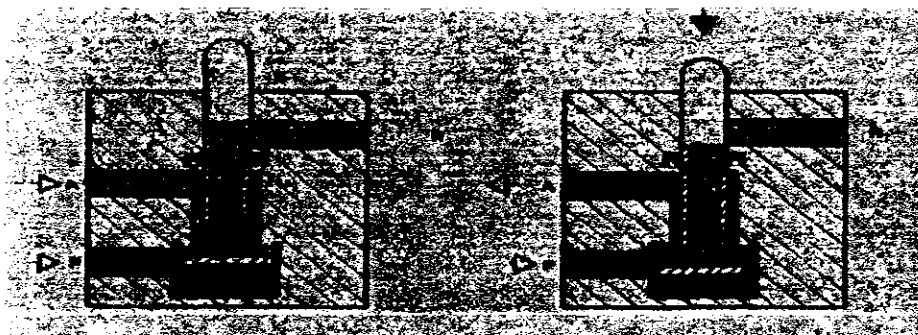


FIGURA IV.18. VALVULA ABIERTA EN REPOSO.

El accionamiento puede realizarse manualmente ó por medio de elementos mecánicos, eléctricos ó neumáticos.

Válvulas 3/2 vías, normalmente cerrada, sin interacción con el escape.

Válvulas 3/2 vías, normalmente abierta, sin interacción con el escape.

Indicando estas dos posiciones en la figura IV.19.

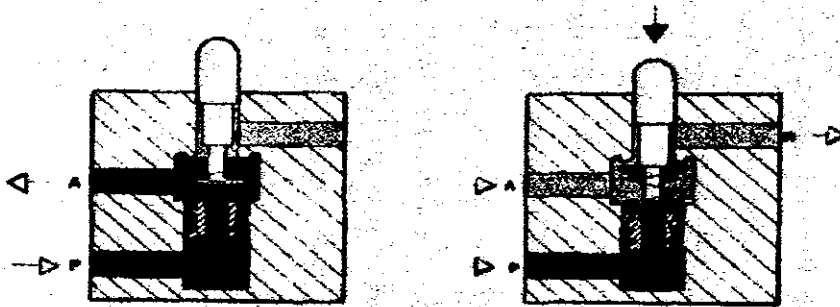


FIGURA IV.19. VALVULAS 3/2 VIAS

Una válvula 4/2 que trabaja según este principio es una combinación de dos válvulas 3/2, una normalmente cerrada y otra abierta en posición de reposo, ilustrado en la figura IV.20.

Aquí las canalizaciones de P hacia B y de A hacia R están abiertas. Accionando simultáneamente las dos levas se cierran el paso de P hacia B y A hacia R. Cuando se ejerce una fuerza progresiva sobre las levas se abre paso de P hacia A y de B hacia R.

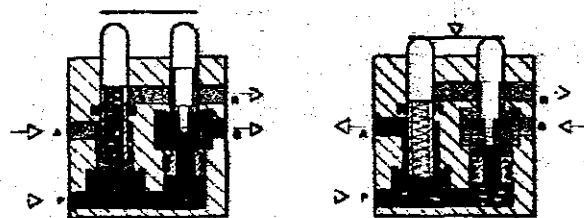


FIGURA IV.20 VALVULA 4/2 VIAS.

Esta válvula retorna a su posición por medio de muelles, indicada para mandos de cilindros de doble efecto.

Válvula 3/2, accionamiento neumático, (junta plana de disco)

Aplicando a través de z, una presión neumática al pilotaje, se unen los conductos P y A, cerrándose el escape R, como se observa en la figura IV.21.

Cuando se pone a escape el conducto Z, el émbolo de pilotaje retorna a su posición inicial por medio del muelle. El disco cierra el conducto P-A y el aire contenido en la utilización escapa por R.

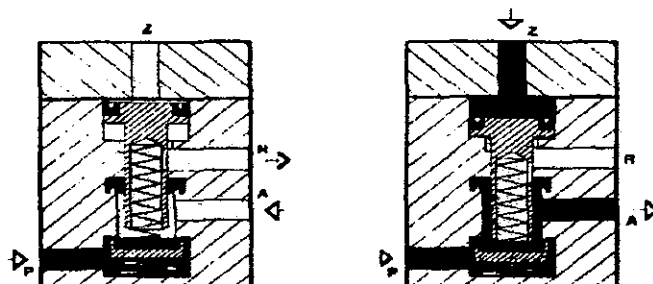


FIGURA IV.21 VALVULA 3/2 CON ACCIONAMIENTO NEUMATICO

Electroválvulas

Como se ilustra en la figura IV.22, estas válvulas se utilizan cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, final de carreras, prestató ó mando electrónico. Es general para las transmisiones desde largas distancias, puesto que la longitud de la línea no afecta el tiempo de respuesta y resulta más económica la transmisión.

Las electroválvulas se dividen en mando directo ó indirecto; las primeras se utilizan solamente cuando el caudal es pequeño, puesto que para grandes caudales serian necesarios electroimanes grandes.

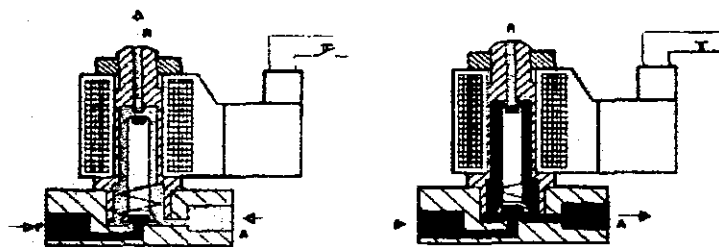


FIGURA IV.22 ELECTROVALVULAS

Cuando se somete bajo tensión el núcleo extraído, venciendo la resistencia del muelle, liberándose el paso de P hacia A, la parte trasera del núcleo obtura la salida R. Cuando cesa la tensión eléctrica el muelle hace retornar al núcleo a su posición original.

Cerrando el paso de P y abriendo A hacia R, obsérvese que hay interacción entre la conexión P y R.

Para reducir al mínimo los electroimanes se utiliza el mando indirecto; se compone de dos válvulas: electromagnética de pequeño caudal, y distribuidor principal de mando neumático.

Funcionamiento de la electroválvula representada en la figura IV.23:

El conducto de alimentación P tiene una derivación interna hacia la electroválvula. Cuando se excita el electroimán, abre el paso de este pequeño conducto, piloteándose los dos émbolos de accionamiento, realizándose ahora la inversión de las válvulas 3/2 vías que forman este distribuidor 4/2, circulando ahora el aire P-A y B-R. El conducto R ha sido cerrado.

Cuando cesa la tensión, el muelle devuelve a su posición de reposo al núcleo de la electroválvula, y al purgarse el aire de los émbolos de accionamiento, estos también retornan a su posición inicial.

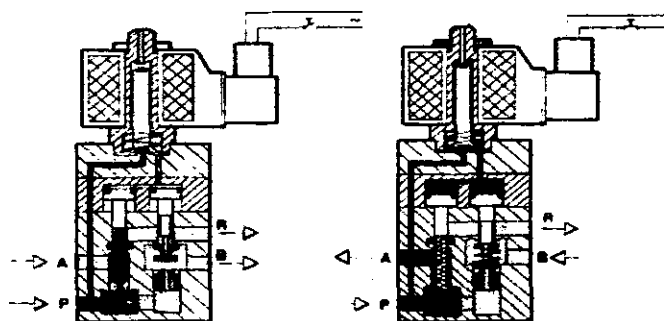


FIGURA IV.23 ELECTROVALVULA.

Válvula 3/2, servopilotada.

Para que las fuerzas de accionamiento sean pequeñas, se equipa igualmente a las válvulas de mando mecánico del servopilotaje. El accionamiento su fuerza es muy reducida, solamente 180p a 6bar de alimentación, para un paso de rosca de 1/8".

En la figura IV.24 se describe el funcionamiento de la electroválvula 3/2 servopilotada:

El servomando esta conectado por un pequeño taladro derivado de P. Cuando se acciona el rodillo se abre la microválvula y circula el aire hacia la membrana, y hace descender el vástago de mando.

La inversión se realiza en dos fases:

En primer lugar, se cierra el conducto A hacia R, y luego abre P hacia A.

Cuando cesa el accionamiento, la conexión de la membrana se conecta a la atmósfera, y entre la tensión de la propia membrana y el muelle se retorna a la posición inicial.

Por simple inversión del cabezal del servopilotaje 180° y permutación P-R, la válvula puede ser normalmente abierta ó cerrada.

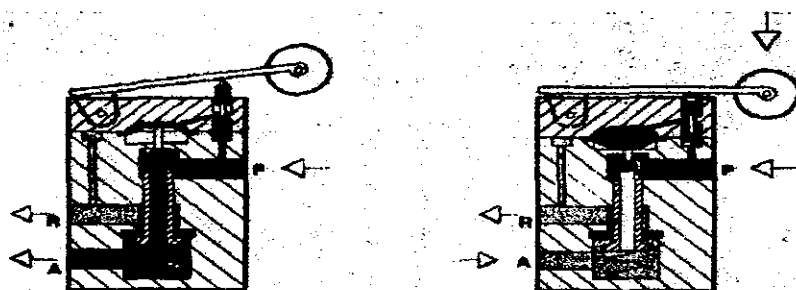
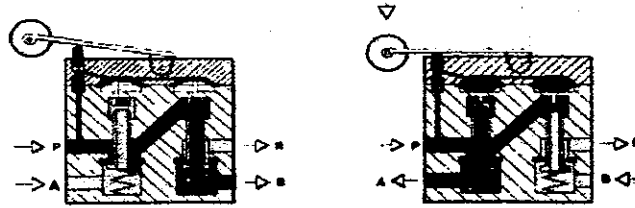


FIGURA IV.24 VÁLVULA 3/2 VIAS SERVOPILOTADA.

Para la aplicación de 4/2 vías que se muestra en la figura IV.25, se utilizan dos de 3/2 vías, al igual se esta realizando la presión de alimentación con la fuerza necesaria de conmutación; la fuerza de accionamiento continua siendo muy reducida, de 180p.



FIRUA IV.25 VALVULA 4/2 VIAS SERVOPILOTADA

Microválvulas

Estas microválvulas para racor M 5, son elementos miniaturizados utilizados como captadores de información ó para el mando directo de pequeños cilindros, ilustrados en la figura IV.26.

Ciertas microválvulas pueden ser utilizadas como componentes lógicos y acoplarse a otras válvulas ó distribuidores de otro tipo. Gracias a sus pequeñas dimensiones, se emplean sobre todo cuando el emplazamiento es muy reducido.

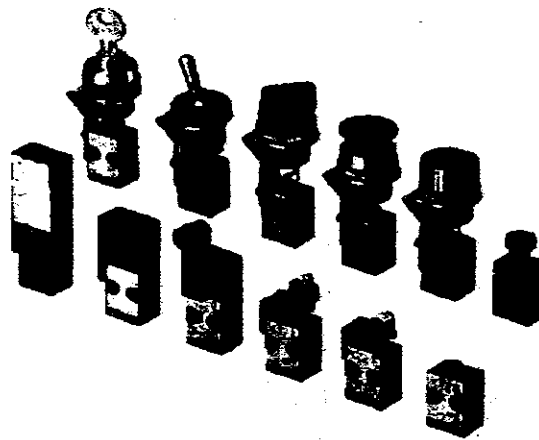


FIGURA IV.26 MICROVALVULAS.

Estas válvulas trabajan según el principio de asiento por bola. Pueden equiparse con cualquier tipo de mando.

Su campo de utilización en presión es de 0 a 8bar, y el caudal nominal $Q_N = 80$ NI/min. A título de comparación, existen válvulas de 1/8" cuyo caudal es de 120 NI/min.

La válvula 3/2 de mando neumático trabaja según el principio de válvula de asiento, como se ve en la figura IV.27.

Cuando proviene el aire por Z, se aplica una membrana, y el vástago portador de disco libera y obtura los diferentes orificios.

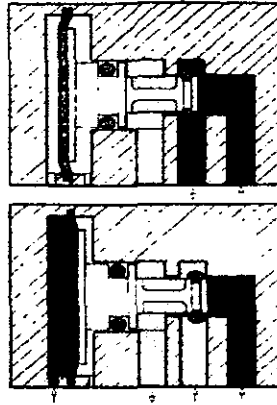


FIGURA IV.27 VALVULA 3/2 VIAS DE MANDO NEUMATICO.

Por permutación de P y R, la válvula puede funcionar como normalmente abierta ó cerrada. La presión mínima del pilotaje es de 1.2 bar para una presión de trabajo de 6 bar; la presión máxima es de 8bar, el caudal QN = 100 NI/min.

En la siguiente figura IV.28 muestra una válvula 5/2 de la serie microdistribuidores que trabaja según el principio de las válvulas de disco flotante. Se invierte alternativamente por aire comprimido, y permanece en esa posición hasta que recibe un impulso inverso. La distribución la efectúa el disco central con su junta que libera la unión A ó B y P. El escape se realiza a través de R ó S.

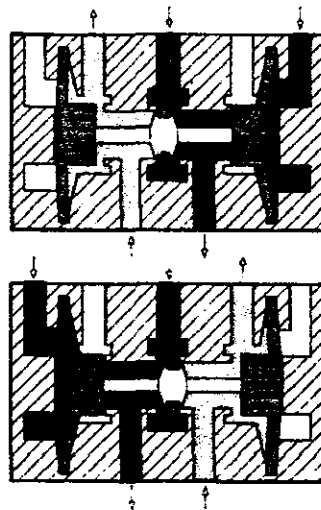


FIGURA IV.28 VÁLVULA 5/2 VIAS

Una placa de montaje sobre la cual son fijadas las microválvulas, garantiza la intercambiabilidad de los diferentes módulos. Existen también válvulas de la serie de bloqueo, que se verán en su grupo correspondiente.

➤ VÁLVULA DE BLOQUEO

Son elementos que permiten únicamente el paso del caudal en un sentido.

La presión del lado de entrada solicita a un órgano activo de obturación, y asegura la estanqueidad del conjunto.

Válvula de antirretorno.

Estas válvulas impiden el paso en un sentido determinado, y el aire puede circular en el contrario, con una pérdida de carga mínima ilustrado en la figura IV.29. La obturación puede lograrse por una bola, cono, disco ó membrana. El antirretorno, se cierra por la presión de trabajo.

Cuando el antirretorno contenga fuerza incorporada de cierre, la circulación será posible cuando la presión venza la resistencia antagonista.

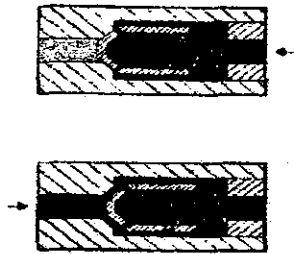


FIGURA IV.29 VALVULA DE ANTIRRETORNO.

Válvula selectora de circuito

También se llama antirretorno de doble mando, antirretorno doble, como ilustra en la figura IV.30. Esta válvula tiene 2 entradas P y una salida A. Cuando el aire comprimido llega por cualquiera de las dos entradas, la bola obtura a la otra, y el aire circula hacia A. Lo mismo sucede si el aire penetra por la otra entrada.

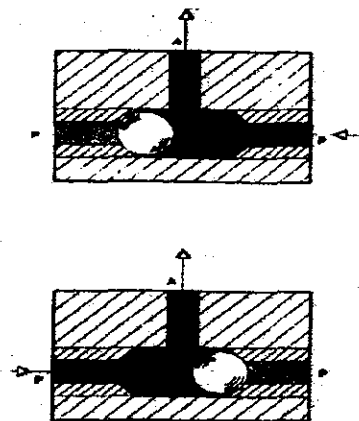


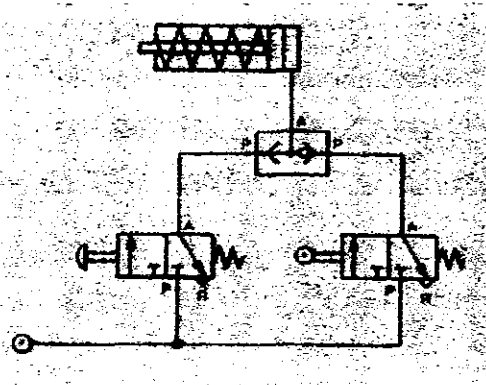
FIGURA IV.30 VALVULA ANTIRRETORNO DOBLE.

Aísla la señal emitida por dos válvulas, y desempeña la función denominada en lógica <<O>>, impidiendo que en una condición paralela, el aire se escape a la atmósfera.

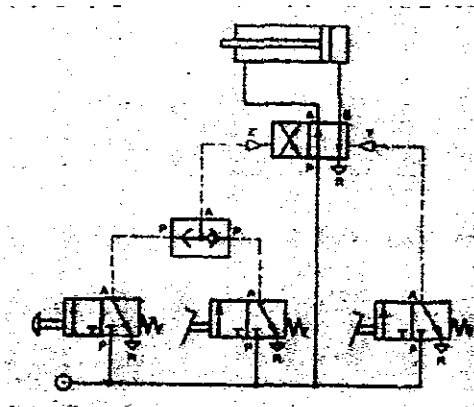
Cuando un cilindro ó válvula deba ser mandada desde dos puntos, es necesario colocar este sector.

Ejemplo: Un cilindro debe poderse mandar desde una válvula manual ó desde un pedal.

Modo de un cilindro de simple efecto:



Cilindro de doble efecto:



Antirretorno, con estrangulación regulable.

También se denomina regulador de velocidad ó regulador unidireccional mostrado en la figura IV.31.

Limita el caudal en un sentido y el aire no puede circular más por una estrangulación prerregulada. En el sentido contrario, el aire circula libremente a través del paso libre del antirretorno.

Se utilizan para la regulación de velocidad en los cilindros neumáticos, y también para obtener retardos en los circuitos de mando.

Para los cilindros puede regularse la velocidad de dos maneras muy distintas, como montándose lo más cerca posible de los cilindros.

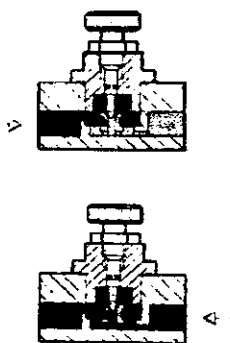
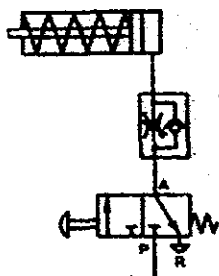


FIGURA IV.31 VALVULA CON ESTRANGULACIÓN REGULABLE

Limitación del caudal de alimentación (estrangulación primaria).

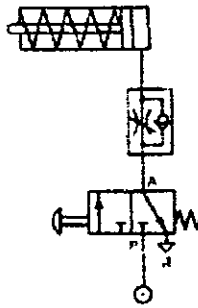
Esta actúa en la entrada del cilindro. Sin embargo puede escapar rápidamente: la más mínima variación de la carga en el momento de pasar sobre un final de carrera (supone una disminución de la velocidad). La limitación de caudal se utiliza solamente para cilindros de simple efecto y de pequeño volumen.



Limitación de caudal de escape (estrangulación secundaria)

En este caso la limitación del aire no está limitada, pero si el aire estaba en la cámara del cilindro, el émbolo se halla entre un cojín de aire. Esta disposición mejora el comportamiento y estabiliza la velocidad, dentro de ciertos márgenes, siendo el método más adecuado para los cilindros de doble efecto.

En los cilindros de pequeño volumen y los de carrera muy limitada, la puesta bajo presión conviene realizarla con estrangulación de aire de alimentación y el de escape.



Regulador unidireccional, con rodillo

Por medio de esta válvula es posible variar de manera programada la velocidad de los cilindros de simple ó doble efecto, durante su recorrido.

Para los cilindros de doble efecto, esta válvula puede servir de amortiguación final de carrera. Antes de alcanzar el cilindro el extremo, la masa del embolo es frenada por obturación del aire de escape. Este sistema se utiliza cuando el amortiguador interno del cilindro es insuficiente.

El tomillo ajusta la velocidad inicial del émbolo mostrado en la figura IV.32. La forma de la leva que acciona el rodillo determinara su descenso y la sección de paso. Cuando el cilindro es alimentado por aire en sentido inverso, un antirretorno permite el paso libre. Esta válvula puede ser de dos ejecuciones, normalmente abierta ó cerrada.

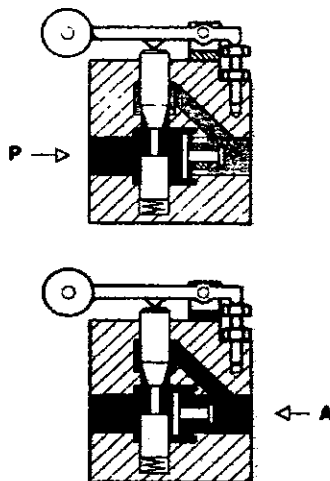


FIGURA IV.32 VALVULA REGULADOR UNIDIRECCIONAL.

Válvula de escape rápido

Esta válvula mostrada en la figura IV.33, permite obtener la máxima velocidad en los cilindros de doble efecto, y el retorno en los de simple efecto.

La válvula tiene una conexión de alimentación P y un escape R (puede ser obturado), y una salida A.

Cuando se conecta la válvula por P, la junta se desplaza y obtura R, circulando el aire hacia A. Cuando P desciende de valor, el aire comprimido que está en A empuja la junta hacia P, y escapa rápidamente por R, sin recorrer la línea hasta efectuar la purga por la válvula. Es recomendable montar esta válvula directamente sobre el cilindro lo más cerca posible.

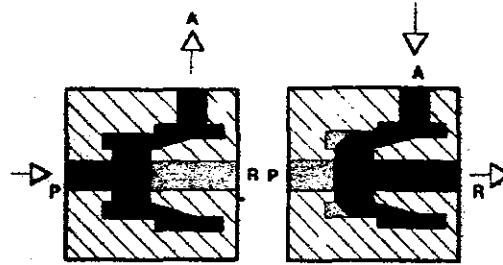


FIGURA IV.33 VALVULA DE ESCAPE RAPIDO

IV. 6. CAPTADORES DE POSICIÓN SIN CONTACTO

La tendencia de aumentar la rentabilidad de los medios de producción, seguridad y fiabilidad hace considerar los medios de automatización. En numerosos casos la detección sin contacto es posible; para transmitir las señales recogidas se emplean los captadores neumáticos.

Estos captadores pueden ser de dos tipos:

➤ DETECTOR DE PASO

Es comparable a la barrera luminosa utilizada en electricidad; está constituida por un emisor y un receptor, unidas por un rícor de alimentación de baja presión. El aire tiene una presión de 0.1 a 0.2 bar, el consumo ($Q = 0.5 - 0.8 \text{ Nm}^3/\text{h}$) es bastante reducido. Para que se mantenga correcto su funcionamiento es necesario que el aire de alimentación este exento de agua y aceite, además de carecer de oscilaciones en la alimentación.

Para descontaminar el aire se emplean filtros-reguladores. La distancia máxima entre emisor y receptor es de 100mm.

En la figura IV.34 se muestra el funcionamiento de un detector de paso:

El flujo de aire que proviene del emisor es captado por el receptor, alimentado también con aire y que emite un chorro más débil.

El emisor perturba al flujo del receptor. Esta contrapresión engendra un reflujo que supone una cierta señal P_X . La interrupción de este flujo entre los dos detectores por un objeto cualquiera hace que desaparezca la señal P_X .

Los detectores deben estar correctamente alineados en el mismo eje. Un amplificador posterior sensible a tan bajas presiones actúa sobre una válvula de presión normal.

Es necesario montar el detector de manera que quede al abrigo de influencias externas.

Campo de aplicación del detector de paso: recuento de piezas en máquinas y montajes, control de objetos en general. Muy utilizado en los recintos con riesgo de explosión.

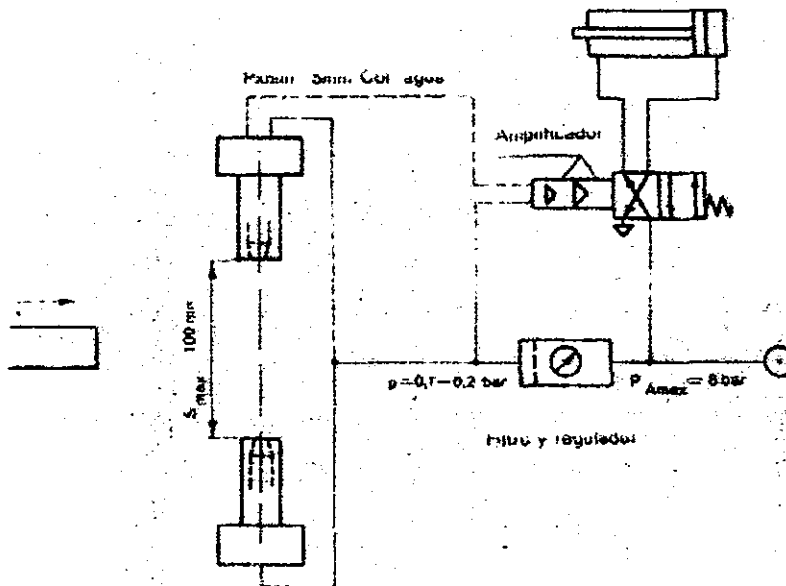


FIGURA IV.34 DETECTOR DE PASO

➤ DETECTOR DE PROXIMIDAD

Es más simple, insensible a toda influencia parásita y más fiable; el emisor y receptor están incorporados en el mismo elemento.

Entre dos conductos, uno de pequeño diámetro y otro mayor, fluye el aire de alimentación, en forma de pantalla cónica sobre la boquilla interior. Por efecto de esta corriente se produce una aspiración en la conexión de salida (presión de valor negativo).

Funcionamiento de un detector de proximidad ilustrado en la figura IV.35:

Este detector es alimentado con 0.1 - 0.2 bar. Consumo a esta presión de $Q = 0.8 \text{ Nm}^3/\text{h}$. También en este elemento existe una salida permanente de aire que impide la entrada de suciedad en la boquilla.

Si el flujo de aire emitido por el detector es perturbado por cualquier elemento, el caudal de salida es frenado; y el fenómeno de succión cesa en la conexión de salida, creándose una señal que por medio de un amplificador gobierna la correspondiente válvula.

Según el tipo, la separación entre detector y objeto varía entre 1 y 15mm. La tolerancia de repetición es de décimas de milímetro.

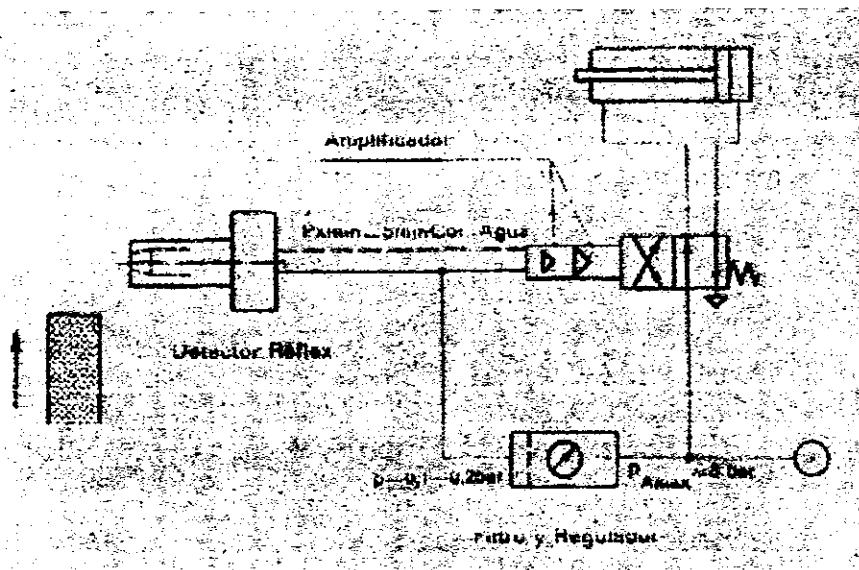


FIGURA IV.35 DETECTOR DE PROXIMIDAD.

Este detector se utiliza en todos los sectores de la industria; por ejemplo, para el control de herramientas de corte y embutición, para el centrado automático, recuento y control de objetos, ya sea en la industria textil ó de envasado, etc.

La presencia de suciedad, ondas sonoras, peligro de explosiones, oscuridad, objetos transparentes ó antimagnéticos, no ejercen ninguna influencia desfavorable en su funcionamiento.

También se utiliza la baja presión para detección de niveles de líquidos, con una presión de alimentación de 100 - 300 mbar. Esta presión fluye, a través de una estrangulación, hacia la sonda y una derivación va hacia el amplificador, cuando se obtura la libre salida, el aire se dirige hacia la conexión de mando del amplificador.

Este mismo sistema se aplica para topes que deben invertir movimientos de traslación, por contacto, siendo posible la obtención de una gran exactitud del punto de repetición, sin intervención de ningún órgano móvil en el detector.

Algunos milisegundos después de haber alcanzado la posición de tope, el circuito de mando X entrega una señal. A 3 bar de alimentación el consumo es de 0.5 Nm³/h. La señal de pilotaje puede actuar directamente sobre una válvula neumática de alta presión.

IV.7. CONVERTIDOR DE SEÑAL NEUMÁTICO - ELÉCTRICO

Consiste en transformar una señal neumática en la conmutación de un microrruptor eléctrico.

El tipo más simple está constituido por un micro accionado por un cilindro de simple efecto, mostrado en la figura IV.36. Para simplificar el montaje, estos dos componentes se montan en el interior

del mismo elemento. Cuando llega una señal neumática, de presión comprendida entre 0.6 a 10 bar, se invierte el conmutador eléctrico.

Para bajas presiones se utilizan otros tipos, pero basados en sistema similar, desde presiones de 0.5 a 100 mbar.

Cuando las potencias a controlar son elevadas, es preciso colocar un contactor con mando neumático, consistiendo en un relé en el cual la acción del electroimán es realizada por un cilindro de simple efecto, que trabaja a tracción.

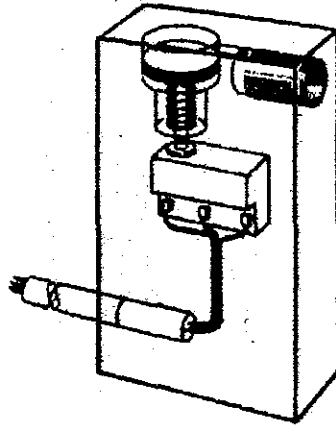


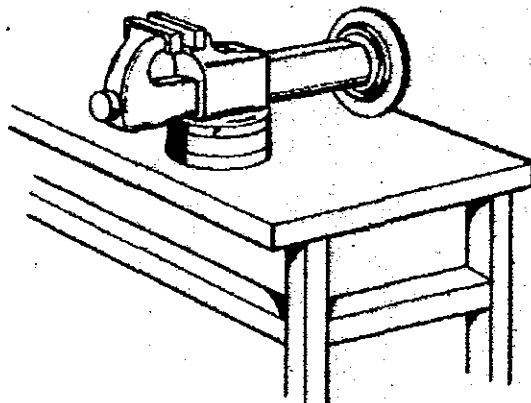
FIGURA IV.36

IV.8. EJEMPLOS PRACTICOS

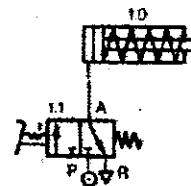
Sujeción de piezas.

Por medio de un interruptor de pedal han de sujetarse a deseo, piezas en un tornillo de banco, para trabajarlas. La pieza debe permanecer sujeta al soltar el interruptor.

Esquema de posición:



Esquema de circuito:



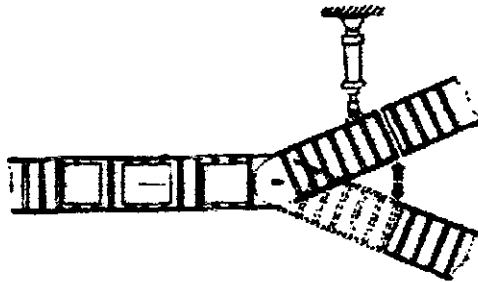
Solución:

Con la válvula distribuidora 3/2 se hace salir y entrar el vástago del cilindro de membrana 1.0. Al soltar el pedal la válvula 1.1 permanece en su posición por el efecto de un enclavamiento.

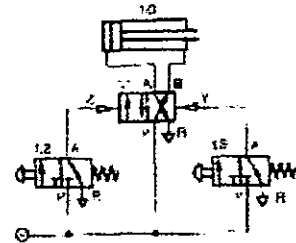
Distribución de cajas.

La cinta de rodillos debe poderse girar, a deseo, mediante un pulsador. Al soltar éste, la cinta debe permanecer en la posición adoptada.

Esquema de posición:



Esquema de circuito:



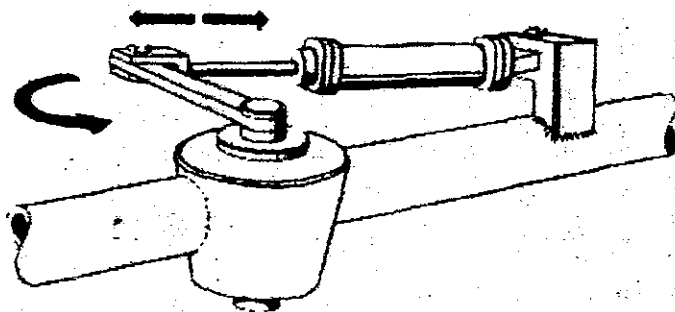
Solución:

Al accionar la válvula 1.2, la 1.1 se invierte por la entrada de pilotaje Z. El cilindro de doble efecto desplaza la bancada de la cinta de rodillos a la segunda posición. Esta se conserva hasta que se da la siguiente señal por medio de la válvula 1.3.

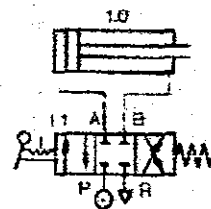
Accionamiento de una válvula dosificadora.

La dosificación de un líquido debe realizarse mediante una válvula de accionamiento manual. Debe existir la posibilidad de parar la válvula dosificadora en cualquier posición.

Esquema de posición:



Esquema de circuito:



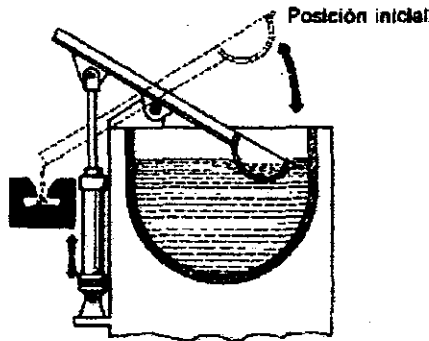
Solución:

Por medio de la válvula distribuidora 4/3 se hace salir y entrar el vástago del cilindro. Con la posición central de la válvula (posición de cierre), la válvula dosificadora puede fijarse en cualquier posición.

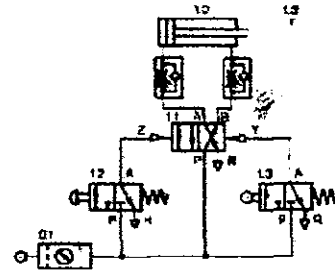
Accionamiento de una cuchara de colada

Mediante un pulsador a de hacerse bajar lentamente la cuchara de colada. Esta ha de levantarse por inversión automática de la marcha (levantamiento lento).

Esquema de posición:



Esquema de circuito:



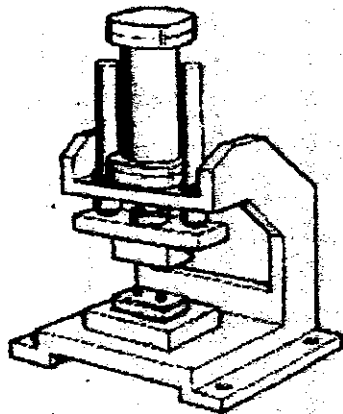
Solución:

Todas las válvulas se alimentan desde la unidad de mantenimiento 0.1. Al accionar el pulsador 1.2, la cuchara de colada baja lentamente. Al alcanzar la posición inferior, el final de carrera 1.3 invierte la válvula 1.1 la cuchara se levanta lentamente.

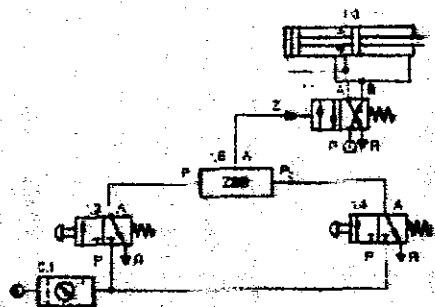
Remachado de placas.

Al accionar dos pulsadores manuales, un cilindro tándem ha de remachar dos placas a través de un bloque de seguridad.

Esquema de posición:



Esquema de circuito:



Solución:

Se accionan los pulsadores 1.2 y 1.4. Si ambas señales están presentes en un tiempo inferior de a 0.5s, el bloque de seguridad bimanual deja pasar la señal. La válvula 1.1 se invierte, y el vástago del cilindro tándem sale remachando las dos piezas.

CAPITULO V

CONTROL DIGITAL CON P.L.C.



*Aunque este universo poseo,
nada poseo
pues no puedo conocer lo desconocido
Si me aferro a lo conocido.*

V.I INTRODUCCION.

Los Controladores Lógicos Programables(PLC), de acuerdo a los estándares NEMA, son aparatos electrónicos de operación digital, que utilizan memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones, que implementan funciones lógicas y analógicas tales como: tiempo, continuidad, aritméticas y PID en control de máquinas y procesos.

Los aspectos más importantes que marcan la diferencia entre una computadora y un controlador programable, radican en el lenguaje de programación que utilizan y el medio ambiente en que operan ambos, un PLC se diseña en tal forma que pueda resistir un ambiente duro (vibraciones, humedad, polvo, altas temperaturas ambientales); circunstancias que una computadora normal no podría resistir sin un equipo especial de acondicionamiento; aunado a esto para controlar alguna operación industrial, requiere de interfaz adecuada para controlarla y de una instalación eléctrica adicional en caso de que no se alimente con los voltajes que se tienen en pantalla.

La arquitectura típica de los PLC's es la siguiente: Los modelos de Texas Instruments, Gould Modicon, Allen Bradley, General Electric, Square D, Cutler-Hammer y otros. Los modelos tienen varios niveles de capacidad y complejidad, y son continuamente adaptados a los requerimientos de la industria.

A continuación se tratará dar a entender el funcionamiento de dos tipos de PLC, dando primeramente un bosquejo teórico, y posteriormente algunos ejemplos de utilización.

➤ *DEFINICION.*

Se entiende por controlador lógico programable (P.L.C.) a toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales. Realiza funciones lógicas: series, paralelos temporizaciones, contajes y otras más potentes como cálculos, regulaciones, etc.

También se le puede definir como una caja negra, en la que existen unas terminales de entrada a los que se conectará pulsadores, finales de carrera, fotocelulas, detectores; unas terminales de salida a los que se conectará bobinas de contactores, electroválvulas, lámparas. De tal forma que la actuación de estos últimos esta en función de las señales de entrada que estén activadas en cada momento, según el programa almacenado.

➤ *ANTECEDENTES*

El PLC ha sido el motor impulsor del desarrollo de nuevas tecnologías para conseguir una mayor productividad. Debido a que ciertas etapas en los procesos de fabricación se realizan en ambientes nocivos para la salud con gases tóxicos, ruidos, temperaturas extremadamente altas ó bajas, etc., unidos a consideraciones de productividad, se llegó a pensar en la posibilidad de dejar ciertas tareas tediosas,

repetitivas y peligrosas a un ente al que no pudieran afectarle las condiciones ambientales adversas: Había nacido la máquina y con ella la automatización.

Surgieron empresas dedicadas al desarrollo de los elementos que hicieron posible tal automatización, se hizo necesario crear unos elementos estándar, que mediante la combinación de los mismos, el usuario podría realizar la secuencia de movimientos deseada para solucionar su problema de aplicación particular.

Relés, temporizadores, contadores, fueron y son los elementos con que se cuenta para realizar el control de cualquier máquina. Debido a las constantes mejoras de la calidad de estos elementos, y la demanda del mercado se fue incrementando el número de etapas en los procesos de fabricación controlados de forma automáticas. El desarrollo tecnológico que trajeron los semiconductores primero y los circuitos integrados después intentaron resolver el problema sustituyendo las funciones realizadas mediante relés, por funciones realizadas por compuertas lógicas. Con estos nuevos elementos se ganó en fiabilidad, y se redujó el problema del espacio, pero no así la detección de averías ni el problema de un mantenimiento de un STOP.

En 1968, Ford y General Motors impusieron a sus proveedores de automatismo, unas especificaciones para la realización de un sistema de control electrónica para máquinas transfer. Este equipo debería ser fácilmente programable, sin recurrir a las computadoras industriales ya en servicio de la industria. A medio camino entre estos microcomputadores y la lógica cableada aparecen los primeros modelos de autómatas, también llamados Controladores Lógicos Programables (PLC's). Limitados originalmente a los tratamientos de lógica secuencial, los autómatas se desarrollaron rápidamente y actualmente extienden sus aplicaciones al conjunto de sistemas de control de procesos y de máquinas

➤ CAMPOS DE APLICACIÓN

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del Hardware y Software, amplía continuamente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro y sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones donde es necesario realizar procesos de maniobra, control, señalización, etc., por tanto su aplicación abarca desde procesos de fabricación industrial de cualquier tipo de transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extrema facilidad de su voltaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación ó alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.

- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Cheque de programación centralizado de las partes del proceso.

Ejemplos de aplicaciones generales podrían ser los siguientes:

a) Maniobra de máquinas

- Maquinaria industrial del mueble y madera
- Maquinaria y proceso de grava, arena, y cemento
- Maquinaria en la industria del plástico
- Máquinas - Herramientas complejas
- Maquinaria y procesos textiles y de confección
- Maquinaria de ensamblaje
- Máquinas Transfer

b) Maniobra de instalaciones

- Instalaciones de aire acondicionado, calefacción, etc.
- Instalaciones de seguridad
- Instalaciones de frío industrial
- Instalaciones de almacenamiento y trasvase de cereales
- Instalaciones de plantas embotelladoras
- Instalaciones en la industria de automoción
- Instalaciones de tratamiento térmico
- Instalaciones de plantas depuradas de residuos
- Instalaciones de cerámica

c) Señalización y control

- Chequeo de programas
- Señalización del estado de proceso

➤ *VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL PLC*

No todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido principalmente a la variedad de los modelos existentes en el mercado, y a las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Tales consideraciones nos obligan a referirnos a las ventajas que proporciona un autómata de tipo medio.

➤ *VENTAJAS DEL PLC*

Las condiciones favorables que presenta un PLC son las siguientes:

1. Menos tiempo empleado en las elaboraciones de proyectos debido a que:
 - No es necesario dibujar el esquema de contactos
 - No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que por lo general, la capacidad de almacenamiento del modulo de memoria es lo suficientemente grande.
 - La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente se eliminará parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega, etc.
2. Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos
3. Mínimo espacio de ocupación
4. Menor costo de mano de obra de la instalación
5. Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos movibles, los mismos autómatas pueden detectar e indicar averías.
6. Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata
7. Menor tiempo para la puesta en funcionamiento de proceso, al querer reducir el tiempo de cableado
8. Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina ó sistema de producción.

➤ *PARTES CONSTITUTIVAS DE UN PLC*

Las partes constitutivas de los PLC's son:

1. La Unidad de Procesamiento Central (CPU)
2. Memoria
3. Suministro de poder
4. Sección de entrada /salida
5. Dispositivos programables

El procesador tiene como función el tomar decisiones de control con base en un programa definido en las señales provenientes del módulo de entradas. Con la información obtenida el procesador efectúa operaciones lógicas enviando los resultados al módulo de salida para activar los dispositivos conectados a éste. Si en el proceso de control es requerido algún cambio, bastará con modificar el programa lo cual se hace con relativa facilidad.

Los módulos de entrada/ salida forman la interfaz entre el procesador y la operación controlada. El estado de las máquinas y /o procesos son comunicados al procesador mediante sensores conectados al

módulo de entrada. En este módulo se forma las señales provenientes de los sensores para que el procesador pueda trabajar en forma adecuada con ellas.

Las acciones finales de control son realizadas sobre la máquina ó proceso por dispositivos conocidos como actuadores, quienes transforman una señal electrónica en una señal eléctrica ó mecánica, dependiendo del tipo de actuador que se trate. Para que los actuadores desempeñen su función, las señales provenientes del procesador deben ser modificadas convenientemente, función que desarrolla el módulo de salida; se puede citar como ejemplo de los actuadores a los siguientes dispositivos: contadores, motores de arranque, solenoides, válvulas entre otros.

➤ SOFTWARE

La programación de un PLC presenta una estructura rígida, que es determinada por la electrónica en la unidad central de proceso, los lenguajes de programación de las aplicaciones son:

1. En forma de diagrama de contactos (Diagrama Escalera)
2. Utilizando bloques funcionales
3. Listado de instrucciones
4. Lenguajes de alto nivel BASIC, C.

Algunos tipos de PLC ofrecen varios lenguajes de programación para un mismo modelo de sistema; es decir el PLC tiene su versión más rudimentaria en un lenguaje Booleano, y como equipo extra se le adapta un cartucho con un lenguaje gráfico ó de más alto nivel. Esto depende fundamentalmente de la decisión del cliente, ya que con cualquier lenguaje disponible en los PLC's, se tiene la mayoría de las soluciones de los problemas típicos de automatización, salvo los casos que se requiera el uso de tarjetas de entrada ó de salida de tipo analógico; para algunos procesos donde las variables a medir son continuas (temperatura, presión, nivel) es en donde se hace necesario el uso de palabras internas del PLC, con el objeto de realizar operaciones aritméticas con éstas, ó de comparación ó de manejo de registros de tipo LIFO ó FIFO de corrimiento. La ventaja de manejar un lenguaje de alto nivel, radica sobre todo en la facilidad de visualización del programa, fácil acceso y modificación de algunos parámetros.

➤ PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE UN PLC

La operación de la mayoría de los controladores programables consiste en un ciclo repetitivo de 4 pasos principales:

1. Todas las entradas provenientes de la interfaz, controladores de lazo cerrado ó algún dispositivo de control en el bus de E / S, son leídas a fin de producir una imagen consistente de estas denominadas "imágenes de entrada".
2. Se ejecuta el algoritmo de control, la ejecución de programas en diagramas de escalera ó bloques funcionales se lleva a cabo típicamente de izquierda a derecha.

3. Los datos actualizados de las imágenes de salida se transfieren a la interfaz, controladores de lazo cerrado y/o algún otro dispositivo de control.
4. Por último, se ejecutan las tareas de manipulación final, entre las que se pueden mencionar principalmente las de comunicación con el operador ó con un controlador de supervisión, ó algún otro dispositivo de control.

➤ *BENEFICIOS REALES DE APLICAR UN PLC*

En general, la arquitectura de los PLC es modular y flexible, permitiendo al hardware expandirse de acuerdo a los requerimientos de la aplicación. En caso de que alguna aplicación crezca fuera de los límites del PLC, la unidad puede ser fácilmente reemplazada por una unidad de mayor memoria y capacidad de entrada /salida, y la unidad puede ser rehusada para otra aplicación. Un PLC da muchos beneficios para una solución de control, de su confiabilidad y repetibilidad hasta su programación.

En grandes instalaciones, las estaciones de entrada/salida se ubican donde son requeridas. La estación remota es conectada al CPU vía cable coaxial ó por medio de par torcido. Esta configuración nos reduce una cantidad considerable de cable y trabajo de alambrado. El dividir el sistema en varios subsistemas, nos permite que los integradores ó proveedores de PLC puedan alambrarlo antes de su instalación en sitio. Esto reduce el tiempo de instalación en sitio y su verificación.

➤ *RESOLUCIÓN DE FALLAS Y MANTENIMIENTO*

Desde el comienzo, los PLC'S han sido diseñados para fácil mantenimiento. Con casi todos los elementos del hardware siendo de estado sólido, el mantenimiento se reduce al reemplazo del módulo. La detección de fallas en circuitos y los indicadores de diagnóstico, incorporados en cada elemento nos indican si están trabajando adecuadamente.

Con la ayuda del dispositivo de programación, cualquier lógica programada puede ser revisada: el estado operativo de las entradas y salidas, instrucciones programadas que se pueden escribir para anunciar ciertas fallas, etc.

Una vez instalada, su contribución será tal que su retorno de inversión se alcanzará rápidamente. Los beneficios potenciales del PLC, como cualquier otro dispositivo inteligente, dependen de la creatividad de quien lo aplique.

➤ *INCONVENIENTES DEL PLC*

Como inconvenientes podríamos hablar en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido.

Pero hay otro factor importante, como el costo inicial, que puede ó no ser un inconveniente, según las características del automatismo en cuestión. Dado que el PLC cubre ventajosamente un amplio espacio

entre la lógica cableada y el microprocesador, es preciso que el proyectista lo conozca tanto en su amplitud como en sus limitaciones. Por tanto, aunque el costo inicial debe ser tenido en cuenta a la hora de decidimos por uno u otro sistema, conviene analizar todos los demás factores para aseguramos una decisión acertada.

➤ *ESTRUCTURA COMPACTA*

Este tipo de autómatas se distingue por presentar en un solo bloque todos sus elementos(fuente de alimentación, CPU, memorias, entradas/salidas, etc.). En cuanto a su unidad de programación existen tres versiones: unidad fija ó enchufable directamente en el autómata; enchufable mediante cable y conector, ó la posibilidad de ambas conexiones. Si la unidad de programación es sustituida por un PC nos encontraremos que la posibilidad de conexión del mismo será mediante cable y conexión. El montaje del autómata al armario que a de contener, se realiza por cualquiera de los sistemas conocidos: carril din, placa perforada, etc.

➤ *ESTRUCTURA MODULAR*

Como su nombre indica, la estructura de este tipo de autómatas, se divide en módulos ó partes del mismo que realiza funciones específicas. Aquí cabe hacer dos divisiones para distinguir entre las que denominaremos Estructura Americana y Europea.

- a) Estructura Americana. Se caracteriza por separar las entradas/salidas del resto del autómata, de tal forma que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario ó de programa y fuente de alimentación, y separadamente las unidades de entrada/salida en los bloques ó tarjetas necesarias.
- b) Estructura Europea. Su característica principal es la de que existe un módulo para cada función: fuente de alimentación, CPU, entrada/salida, ect. La unidad de programación se une mediante cable y conector. La sujeción de los mismos se hace bien carril din ó placa perforada, sobre rack, en donde va alojado el bus externo de unión de los distintos módulos que lo componen.

V.2. PLC Square D

➤ *ESTRUCTURA Ó ARQUITECTURA EXTERNA*

Los autómatas programables se componen esencialmente de tres bloques, como se ilustra en la figura V.1:

- Sección de entradas
- CPU
- Sección de salidas

Con las partes descritas, podemos decir que tenemos un autómata, pero para que sea operativo son necesarios otros elementos tales como:

- Unidad de alimentación

- Unidad ó consola de programación
- Dispositivos periféricos
- Interfaz

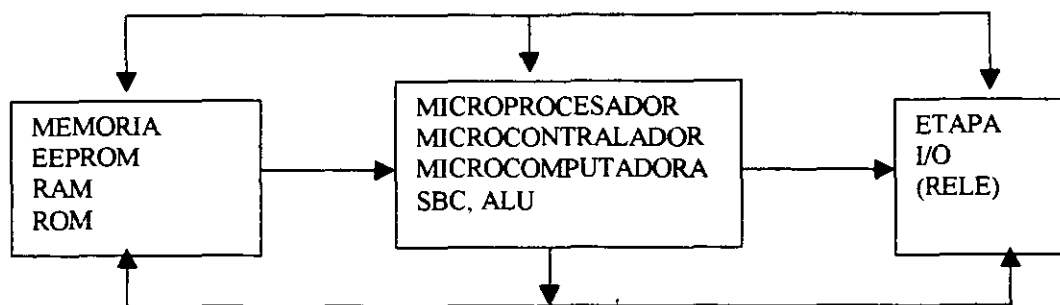


FIGURA V.1 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL P.L.C. EN GENERAL

➤ **ESPECIFICACIONES PLC SQUARE -D**

- 1.- 8 entradas físicas
- 2.- 6 salidas físicas
- 3.- alimentación 127 VCA-50/60Hz
- 4.- memoria LDPR3 600 líneas
- 5.- pantalla LCD una línea por 12 caracteres
- 6.- transferencia de datos serial
- 7.- 24 teclas tipo membrana
- 8.- un switch de modo de operación
- 9.- terminal L1, L2 (conexión de las fases)

➤ **TECLAS DE EDICION DEL PLC SQUARE-D**

ENTER. Sirve para confirmar cualquier línea programada

CLR. Sirve para borrar ó limpiar la línea que se esta programando, siempre y cuando haya sido firmada por ENTER

ADRS. Sirve para direccionar las líneas del programa

VERI. Sirve para mover el cursor atrás ó adelante

DELT. Sirve para mover líneas confirmadas. Borra una ó más instrucciones y reenumera automáticamente el programa.

INST. Inserta una instrucción

TRS. Sirve para transferir datos:

- Escritura L/P
- Lectura P/L
- Verificación P/L

MON. Monitorea los estados ó los relevadores internos del PLC

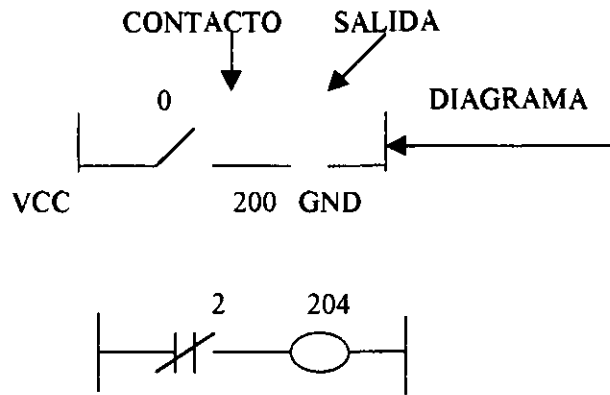
- simultaneo visualiza hasta 8 puntos consecutivos
- secuencial hace una inspección secuencial del programa

➤ EJERCICIOS

Instrucciones del programa

```

LOD 0
ESCALERA
OUT 200
END
LODNOT 2
OUT 204
END
    
```

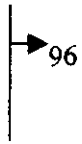


Cualquiera de estos registros de corrimiento podemos utilizar:

000 – 127 REG-CORRIMIENTO

600 – 607

610 – 617

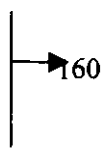


710 - 717

Cualquiera de estos relevadores internos podemos utilizar, ya que no se pueden repetir salidas en la programación:

400 – 407

410 – 417



RELEVADORES
FUNCIONES
GENERA

590 – 597

Cualquier de estos temporizadores podemos utilizar, básicamente nos proporcionan un tiempo determinado para realizar la operación requerida:

00 – 79 ➔ 80 TEMPORIZADORES

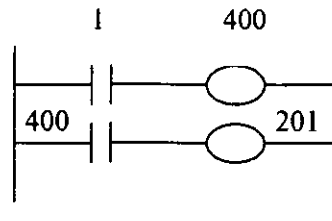
Cualquiera de estos contadores podemos utilizar en la programación aún teniendo en cuenta que solo a determinado número de conteos se activará un relevador:

00 - 44 → CONTADORES ASCENDENTES

45 - 46 → CONTADORES DESCENDENTES

```

LOD 1
OUT 400
LOD 400
OUT 201
END
    
```



Esta condición indica que se van a transferir el programa al CPU del PLC:

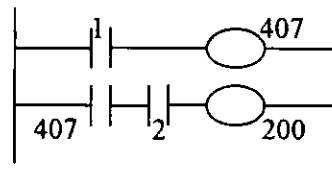
<TRS><ENTER><ENTER>

BEDD (ESPERAR A QUE SE ESCUCHE)

➤ EJEMPLOS

```

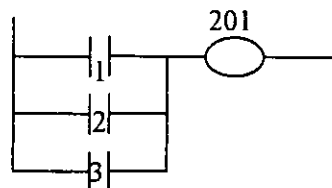
LOD 1
OUT 407
LODNOT 407
AND 2
OUT 200
END
    
```



FUNCIÓN OR

```

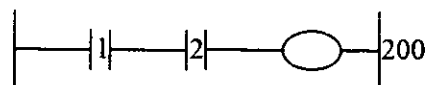
LOD 1
OR 2
OR 3
OUT 201
END
    
```



FUNCIÓN AND

```

LOD 1
AND 2
OUT 200
END
    
```



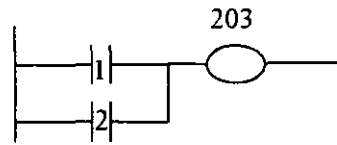
FUNCIÓN OR

LOD 1

OR 2

OUT 203

END



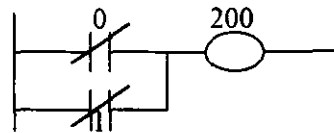
FUNCIÓN OR NOT

LODNOT 0

ORNOT 1

OUT 200

END



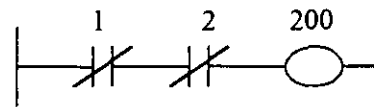
FUNCIÓN AND NOT

LODNOT 1

ANDNOT 2

OUT 200

END



LODNOT 1

AND 2

OUT 400

LOD 1

ANDNOT 2

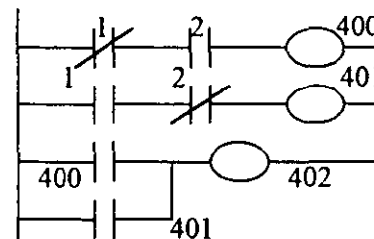
OUT 401

LOD 400

OR 401

OUT 402

END



LODNOT 1

ANDNOT 2

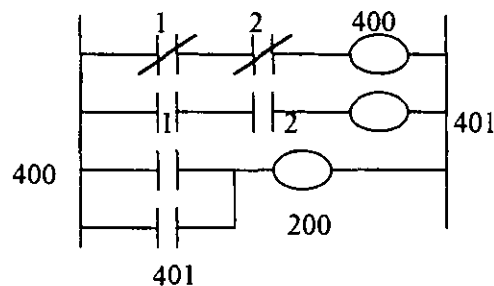
OUT 400

LOD 1

AND 2

OUT 401

LOD 400



OR 401
 OUT 200
 END

➤ *DISEÑAR EL DIAGRAMA DE ESCALERA DEL PROBLEMA SIGUIENTE:*

Hacer que un motor pueda prenderse y apagarse con un push, deberá haber dos botones para poder realizar esta función, como se muestra en el diagrama siguiente:

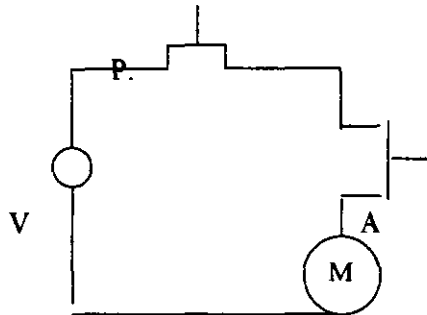
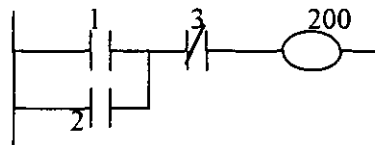
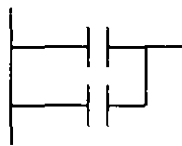


Diagrama Escalera

LOD 1
 OR 2
 ANDNOT 3
 OUT 200
 END



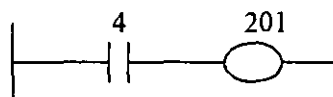
CIRCUITO DE ENCLAVAMIENTO



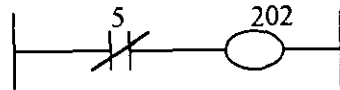
Este tipo de arreglo nos indica que no va a depender de una sola señal para poder encender una salida, sino que necesitará forzosamente otra, en caso de que la primera se bloquee.

➤ EJERCICIOS

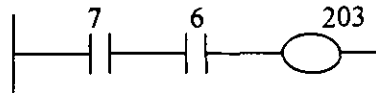
LOD 4
 OUT 201
 END



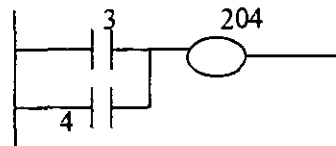
LODNOT 5
 OUT 202
 END



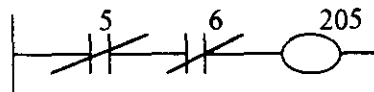
LOD 7
 AND6
 OUT 203
 END



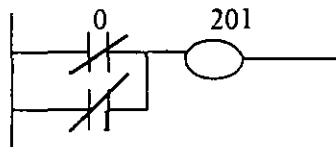
LOD 3
 OR 4
 OUT 204
 END



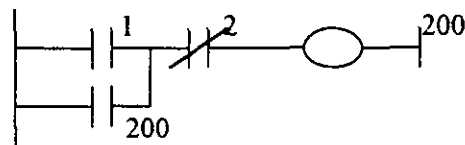
LODNOT 5
 ANDNOT 6
 OUT 205
 END



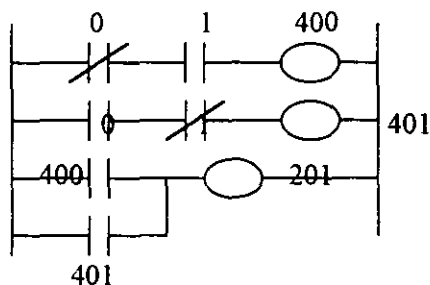
LODNOT 0
 ORNOT 1
 OUT 202
 END



LOD 1
 OR 200
 ANDNOT 2
 OUT 200
 END



LODNOT 0
 AND 1
 OUT 400
 LOD 0
 ANDNOT 1
 OUT 401
 LOD 400

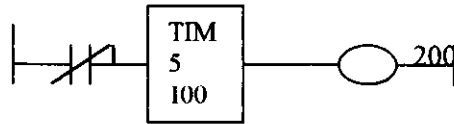


OR 401
 OUT 201
 END

TEMPORIZADORES <TIM><0><79>

LOD NOT1

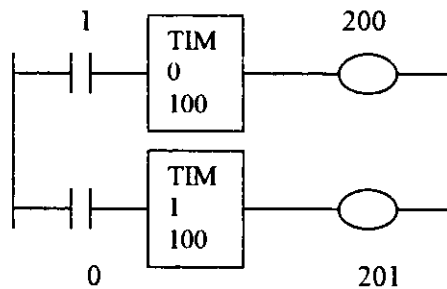
TIM 5
 100



OUT 200
 END

LOD 1

TIM 0
 100



OUT 200

LOD 0

TIM 1
 100

OUT 201
 END

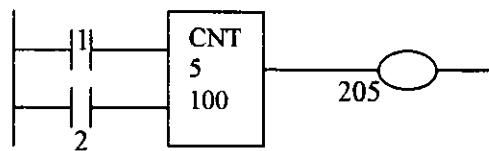
CONTADORES <CNT><0 - 44> ASCENDENTES

<45 - 46> ASCENDENTES/DESCENDENTES

LOD 1

LOD 2

CNT 5
 100



OUT 205

END

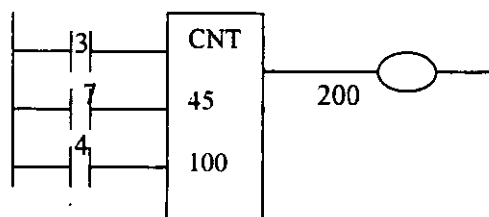
LOD 3

LOD 7

LOD 4

CNT 45

100

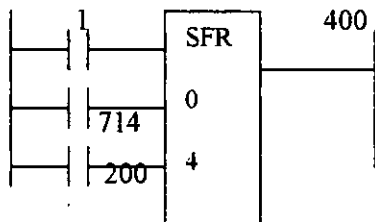


OUT 200

➤ *REGISTROS DE CORRIMIENTO*

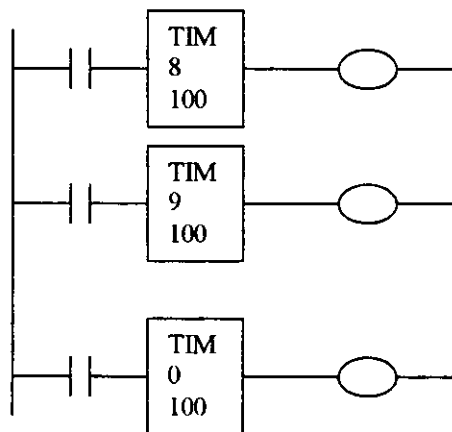
Específicamente estos registros harán la ejecución del programa en una forma determinada, ya que apartará localidades en el CPU como si fuera una memoria, y por lo cual se realizará al momento el programa.

LOD 1
 LOD 714
 LOD 200
 SFR
 4
 OUT 400



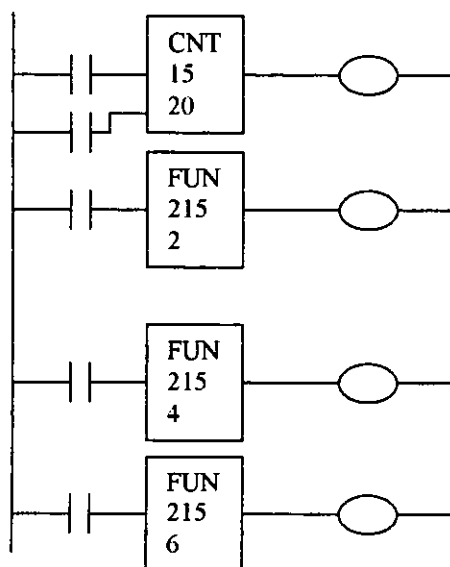
FUNCION COMPARACION

FUN = 100+No.CONTADOR



FUNCION MAYOR IGUAL

FUN >= 200+No.CONTADOR



V. 3 PRESENTACION DE LOGO

¿Qué es logo?

Logo es el nuevo módulo lógico universal de SIEMENS, como se ilustra en la figura V.2.

Logo lleva integrados:

- Control
- Unidad de operación y visualización
- Fuente de alimentación
- Interfaz de módulos de programa y cable de PC
- Ciertas funciones usuales en la práctica, por ejemplo para activación - desactivación temporizada y relé de impulsos.
- Reloj(Logo 230 RC, Logo 230 RCL, Logo "\$ RC)
- Determinadas entradas y salidas según del tipo del equipo

Mediante logo se solucionan errores cometidos en la técnica de instalaciones en edificios, y en la construcción de máquinas y aparatos.

➤ QUE TIPOS DE LOGO EXISTEN.

Se preveen las siguientes variantes de logo tanto para 24v como para 230v.

- Variante estándar con seis entradas y cuatro salidas, integrada en 72x90x55mm.
- Variante "L" con dos entradas y ocho salidas, así como funciones ampliadas integrada en 126x90x55mm.
- Variante "LB11" con dos entradas y ocho salidas así como funciones ampliadas y conexión de BUS adicional de interfaz AS, a través del que hay disponibles en el sistema BUS otras de 4 entradas y otras 4 salidas.

Todo ello integrado en 126x90x55mm.

Las distintas variantes permiten la adaptación sumamente flexible a su aplicación especial LOGO!, mencionadas en la tabla V.1. Le ofrece soluciones que abarcan desde la pequeña instalación doméstica, pasando por cometidos de automatización pequeños hasta aplicaciones de gran envergadura con implementación del sistema BUS de interfaz.

➤ ESTRUCTURA DE LOGO

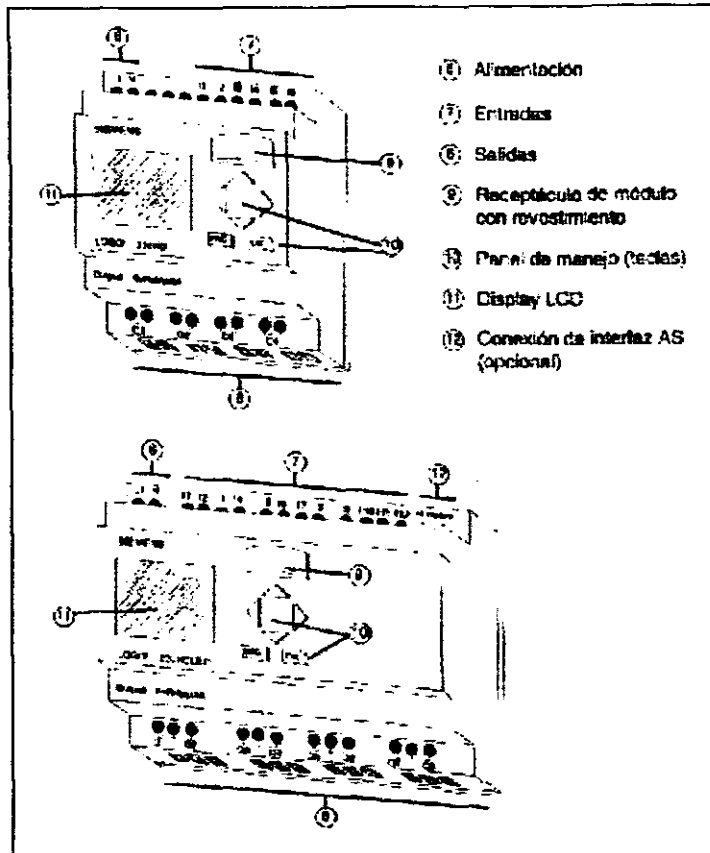


FIGURA V.2

VARIANTES DE LOGO.

Designación	Salida de Relé	Salida de transistor	Reloj	Bus ASI
LOGO! 230R	4*230V; 8Amp			
LOGO! 230RS	4*230V; 8Amp		✓	
LOGO! 24R	4*230V; 8Amp			
LOGO! 24RS	4*230V; 8Amp		✓	
LOGO! 24		4*24; 0.3Amp		
LOGO! 230RL	8*230V; 10Amp			
LOGO!230RLC	8*230V; 10Amp		✓	
LOGO! 24RL	8*230V; 10Amp			
LOGO!24L		8*24; 0.3Amp		
LOGO!230RLB11	8*230V; 10Amp			✓
LOGO!24RB11	8*230V; 10Amp			✓
LOGO!24RB11	8*24V; 0.3Amp			✓

TABLA V.1.

LOGO! está certificado según UL, SCA y FM. LOGO!. Lleva el símbolo CE, cumple las normas BDE0631 e IEC1131 y cuenta con supresión de radiointerferencias según en 55011 (clase de valor límite B).

Homologación para construcción naval (ABS, BV, DMV, GL, RLS), obtenida ó solicitada para las variantes de LOGO!...L...

Por consiguiente, LOGO! encuentra aplicaciones tanto en el sector industrial como en el doméstico.

➤ IDENTIFICACION DE LOGO!

La identificación de LOGO! puede reconocerse de diferentes propiedades:

- 24: versión 24V c.c
- 230: versión de 115/230V en alterna
- r: salida de relé
- c: reloj de temporización integrada
- l: cantidad doble de entradas y salidas, así como funciones ampliadas
- b1 l esclavo: con conexión de bus de interface AS.

➤ MONTAJE Y CABLEADO DE LOGO!

Generalidades.

El montaje y desmontaje se muestran a base de un gráfico de LOGO! 230 RS. Las medidas que pueden adoptarse rigen análogamente también para los demás módulos de LOGO!.

LOGO! debe montarse en una caja de distribución ó en un armario de conexiones. Tras el montaje, los bornes deben quedar cubiertos para impedir con certeza que se toquen por descuido piezas de LOGO! bajo tensión.

LOGO! solo podrá ser montado y cableado por un especialista calificado, que conozca y observe las reglas generales de técnica, así como las prescripciones y normas vigentes en cada caso.

MONTAR/DESMONTAR LOGO!

Montaje.

Para montar LOGO! sobre un perfil normalizado:

- 1.- Colocar LOGO! sobre el perfil y
- 2.- Enganchar LOGO! sobre éste. Debe encajar el pestillo dispuesto en la parte posterior de LOGO!.

Según el tipo de perfil, el mecanismo de encaje puede estar a veces demasiado apretado. Si resultará muy difícil el enganche, es posible hacer retroceder el pestillo.

Desmontaje.

Para desmontar LOGO!:

1.- Introducir un destornillador en el extremo inferior del pestillo y tirar el pestillo hacia abajo, como se indica en la figura V.3.

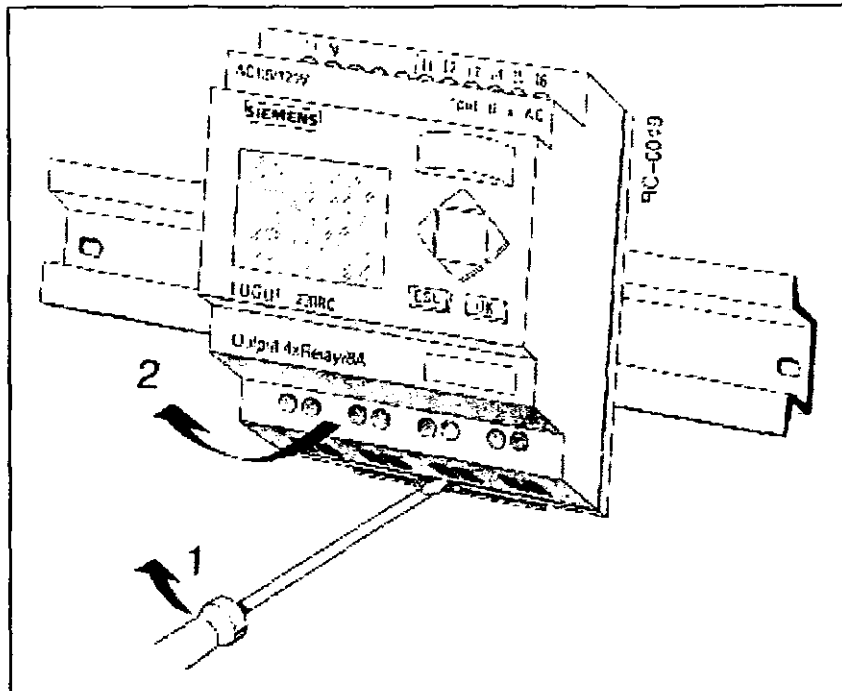


FIGURA V.3.

2.- Desencajar LOGO! de la barra de sujeción.

CÓMO CABLEAR LOGO!

Para cablear LOGO!, utilizar un destornillador con ancho de pala de 3mm.

Para los bornes no se requieren casquillos terminales, pudiendo utilizarse hasta:

- 1x2.25mm
- 2x1.25mm

CONECTAR ALIMENTACION

Las variantes de LOGO! 230 son adecuadas para tensiones de red con valor nominal de 115V y 230V; las variantes de LOGO! 24 para tensiones de alimentación de 24V de cc.(vease figura V.4 y tabla V.2). Las tolerancias de tensión frecuencias de red y consumos admisibles se especifican en los datos técnicos incluidos.

~ NOTA: Si se opera LOGO! En sus entradas con la misma tensión de alimentación, podría almacenarse un valor erróneo para las funciones remanentes debido al punteo del corte de la tensión en las funciones especiales controladas por flancos; se podría generar entonces envoltamiento un flanco adicional tras reponerse la red. Por consiguiente hay que cerciorarse de que el LOGO! y sus entradas sean alimentadas por separado.

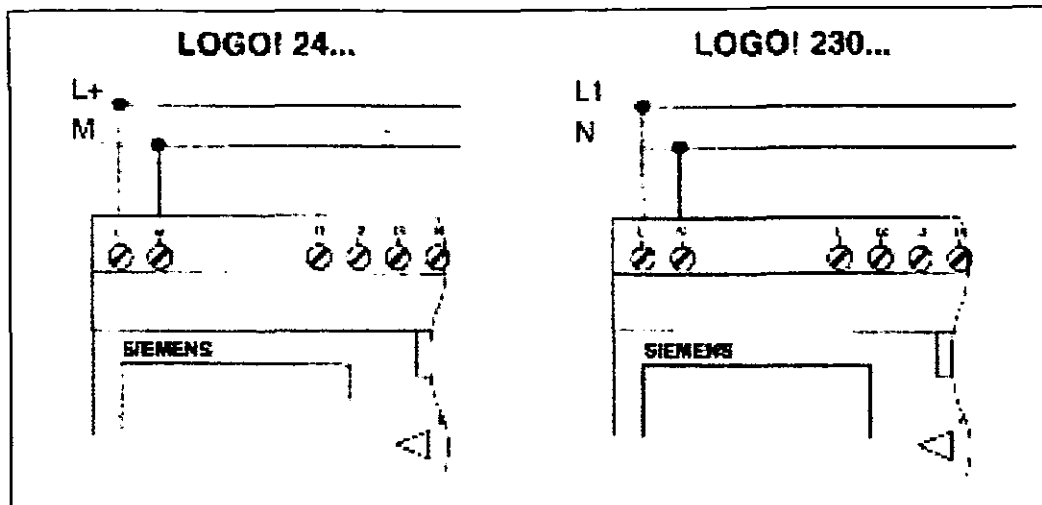


FIGURA V.4.

LAS ENTRADAS DE LOGO!

	LOGO 230...	LOGO 2301..	LOGO 24..	LOGO 24..L..
Estado de conmutación 0	< 40V c.a.	< 40V c.a.	< 5V c.c	<5V c.c
Corriente de entrada		0.8 - 1.2 mA		<1.5mA
Estado de conmutación 1	>79V c.a	> 79V c.a	>15V c.c	>12V c.c
Corriente de entrada	tip 0.24mA	tip 2.5mA	tip 3mA	tip 5mA
Detectores de proximidad	3 hilos	3 hilos	3 hilos	2 hilos
	4 hilos	4 hilos	4 hilos	3 hilos 4 hilos
Pulsadores con lamparas de efluvios	Si*/No**	Si	-	-

TABLA V.2.

*Lámparas de efluvios con corriente de reposo de hasta 0.2mA.

**Lámparas de efluvios con corriente de reposo > 0.2ma, posible a través de un relé ó con conductor N adicional para la lámpara de efluvios.

➤ *COMO CONECTAR LAS SALIDAS*

LOGO! 230R... Y LOGO! 24R...

Las salidas de LOGO! 230R y LOGO! 24R son relés. En los contactos de relés están separados el potencial de la tensión de alimentación y de las entradas.

➤ *CONDICIONES PARA LAS SALIDAS DE RELE*

A las salidas pueden conectarse distintas cargas por ejemplo lámparas, tubos fluorescentes, motores, contactores. La carga conectada a LOGO!..R.. debe atenerse a las propiedades siguientes:

- La máxima corriente de conmutación depende de la carga y de la cantidad de maniobras deseadas. (para más detalles véase los datos técnicos).
- En el estado conectado(Q=1) puede circular como máximo una corriente de 8ª (10 A para LOGO!..RL..) en caso de carga ohmica y una de 2 Amperios (3 A para LOGO!..RL..) en caso de carga inductiva.

➤ *LOGO 24. CON SALIDA DE TRANSISTOR*

Las variantes de LOGO 24 con salidas de transistor se reconocen por faltar la letra R en su designación de tipo. Las salidas están protegidas contra cortos circuitos y sobrecargas. No es necesario aplicar por separado la tensión de la carga ya que LOGO! 24 sume la alimentación de esta tensión.

➤ *CONDICIONES PARA LAS SALIDAS DE TRANSISTOR*

La carga conectada a LOGO! 24 debe atenerse a las propiedades siguientes:

- La máxima carga de conmutación es de 0.3 A por cada salida
- En el estado conectado (Q=1) puede circular como máximo una corriente de 0.3 A

➤ *CONEXIÓN DEL BUS (Sólo LOGO!.LBII)*

LOGO! LB11 es posible implementar LOGO! LB!! en una red como esclavo ASI. A través de un conductor bifilar puede usted entonces:

- Introducir y procesar 4 entradas adicionales a través del bus ASI
- Operar 4 salidas adicionales hacia un maestro superpuesto del bus ASI.

Tengasé en cuenta que LOGO! LB11 debe estar dado de alta en el sistema ASI, es decir que LOGO! recibe una dirección del maestro del bus

➤ *CONECTAR LOGO/REPOSICION DE LA RED*

LOGO! no cuenta con interruptor de red. La reacción de LOGO! a la conexión varia según :

- Si hay almacenado un programa en LOGO!
- Si hay insertado un modulo de programa.
- El estado en que se hallaba LOGO antes de desconectarse la red.

En la figura V.5 se describe la reacción de LOGO!, durante las situaciones posibles:

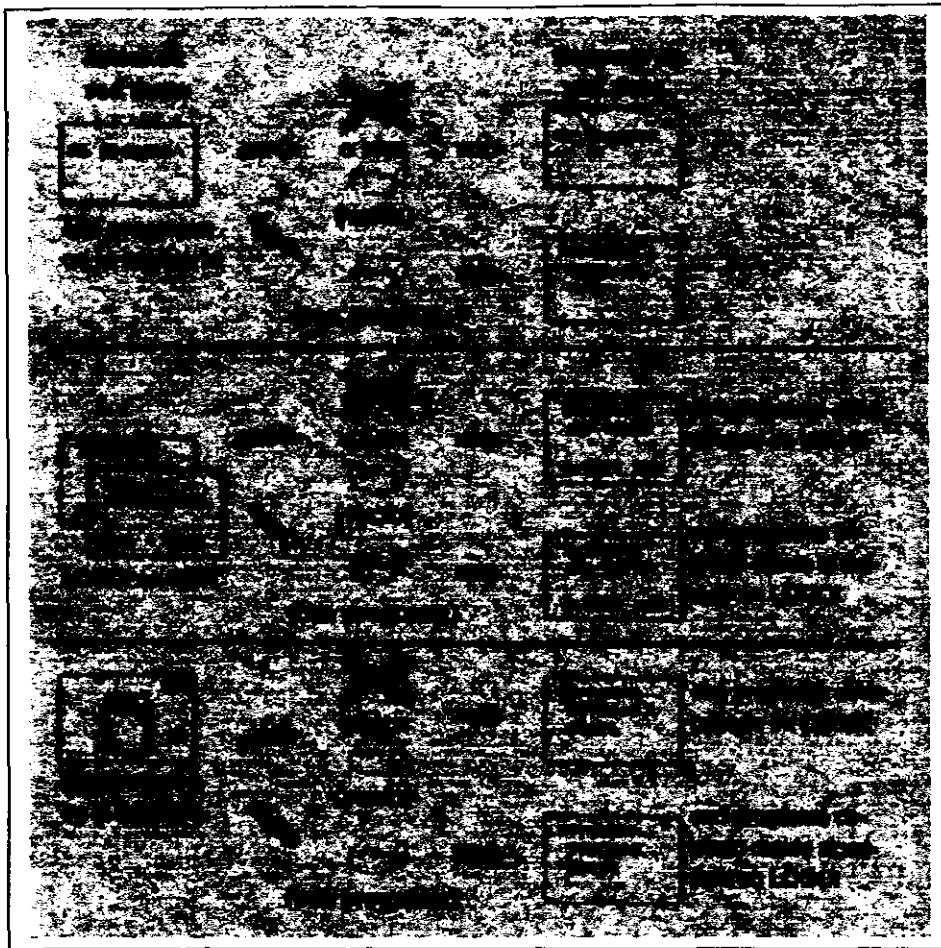


FIGURA V.5.

He aquí 5 reglas sencillas para comprender el arranque de LOGO!:

- Si no hay ningún programa en LOGO!, ni en el módulo de programa insertado, LOGO! visualiza no program.
- Si el modulo del programa contiene un programa, es copiado éste automáticamente en LOGO!, sobre escribiéndose el programa que hubiera en LOGO.
- Si existe un programa en LOGO! ó en el módulo del programa LOGO!, pasa al estado de servicio que ocupaba antes de desconectarse la red.
- Si usted utiliza una variante de LOGO!.. L con modulo rojo ó amarillo, y sea activada la remanencia para una función por lo menos, ó bien se prevee una función con remanencia activada continuamente, se conservan sus valores actuales tras desconectarse la red
- En las demás variantes, son repuestos los tiempos y los valores de computo al desconectarse la red, pero el programa se conserva almacenado a prueba de cortes de la red.

➤ PROGRAMACION DE LOGO!

PRIMEROS PASOS CON LOGO

Se entiende aquí por programación la introducción de un circuito. Un programa LOGO! equivale sencillamente a un esquema de circuitos, pero representado de manera algo diferente.

La representación se ha adaptado al cuadro de visualización de LOGO!; en la primera parte se describe la manera de operar con LOGO!, a base de un pequeño ejemplo:

- Primeramente se explican los dos conceptos fundamentales borne y bloque, y todo lo relacionado con los mismos
- En un segundo paso aprenderemos conjuntamente a desarrollar un programa a partir de un circuito convencional sencillo.
- En el tercer paso se le indica a usted como puede introducir el programa directamente en LOGO!

BORNES

LOGO! cuenta con entradas y salidas, como se observa en la figura V.6:

- Las entradas se designan con la letra I y una cifra., visto LOGO! por delante los bornes para las entradas aparecen arriba.
- Las salidas se designan con la letra Q y una cifra, los bornes de las salidas se hayan en la parte inferior

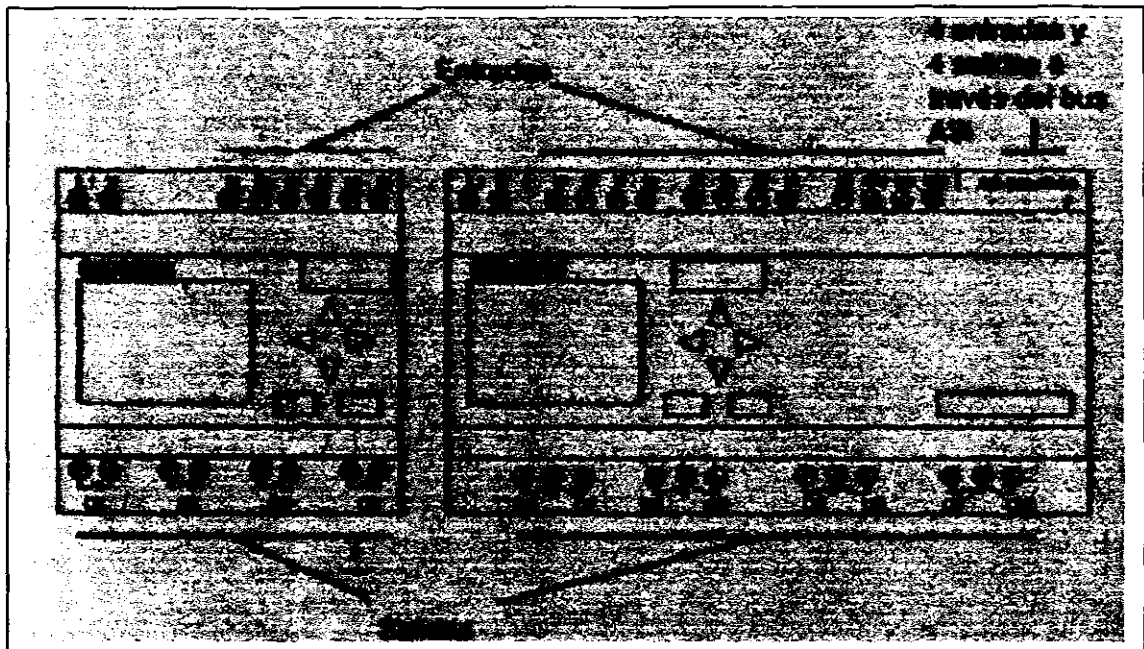


FIGURA V.6.

Se entiende por borne a todas las conexiones y estados que encuentran ampliación de LOGO!.

Las entradas y salidas pueden tener el estado 0 ó el estado 1. El estado 0 significa que la entrada no lleva aplicada tensión, y el estado 1 que hay aplicada tensión.

BLOQUES Y NÚMEROS DE BLOQUE

Un bloque es en LOGO! una función que convierte informaciones de entrada e informaciones de salida. Antes tenía usted que cablear los distintos elementos en el armario de conexiones ó en la caja de distribución.

En la programación se enlaza bornes con bloques a tal efecto, basta con elegir la conexión deseada en el menú Co. Este menú se denomina Co basándose en el término inglés connector (borne).

Los bloques más sencillos son combinaciones lógicas (y, o, ...).

Bastante más eficiente son las funciones especiales (contador, rele de impulsos retardo de activación, ...).

BORRAR UN BLOQUE

Supongamos que en el programa siguiente se desea borrar un bloque B02, y enlazar B01 directamente con Q1, como se ilustra en la figura V.7.

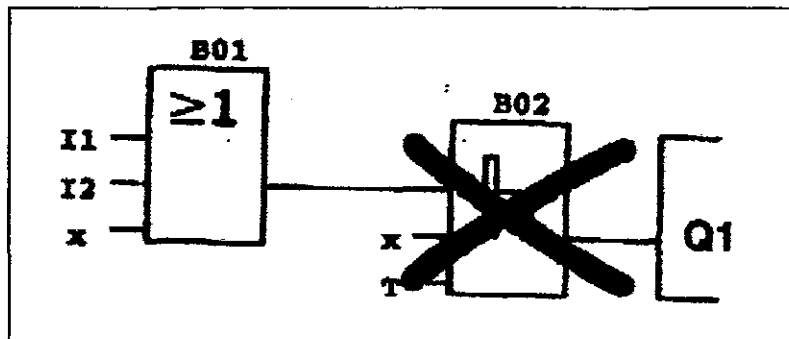


FIGURA V.7.

Procédase para ello de la forma siguiente:

- Conmutar LOGO! a la clase de servicio programación (pulsación triple)
 - Elegir edit PRG usando la tecla OK
 - Posicionar el cursor en la entrada de Q1, es decir bajo B02. Utilice para ello la tecla ◀
 - Pulsar la tecla Ok
 - Ahora se aplica directamente el bloque B01 a la salida Q1 en vez del bloque B02
- Elegir la lista BN y pulsar Ok
- Elegir B01 y pulsar Ok

BORRAR VARIOS BLOQUES CONSECUTIVOS

Supongamos que en el programa se desean borrar los bloques B01 y B02

Procédase de la forma siguiente:

- Conmutar LOGO! a la clase de servicio programación (pulsación triple) *
- Elegir edit PRG usando la tecla OK.
- Posicionar el cursor en la entrada de Q1, es decir bajo B02
- Pulsar la tecla Ok
- Ahora se aplica el conector x a la salida Q1 en vez del bloque B02
Elegir la lista Co y pulsar Ok
Elegir x y pulsar Ok

➤ **CORRECCION DE INTRODUCCIONES ERRONEAS**

LOGO! permite corregir muy fácilmente las introducciones erróneas:

- Mientras no haya acabado la introducción, se puede retroceder un paso mediante ESC.
- Si ya ha acabado la introducción repetir sencillamente ésta:
- 1.- Posicionar el cursor al punto que debe corregirse
- 2.- Conmutar el modo de introducción: tecla Ok
- 3.- Introducir el cableado correcto para la entrada

Para poder sustituir un bloque por otro, es condición indispensable que el bloque nuevo cuente con la misma cantidad de entradas que el antiguo. Sin embargo es posible borrar el bloque antiguo e intercalar uno nuevo elegible discrecionalmente.

➤ **? EN EL DISPLAY**

Si se ha introducido un programa y se desea abandonar edit PRG mediante ESC LOGO!, comprueba si estan cableadas todas las entradas de todos los bloques. Si se hubiera olvidado alguna entrada ó parámetro LOGO!, visualiza el primer punto donde se olvido algo, marca con un signo de ? todas las entradas y parámetros no cableadas, y los parámetros que faltan.

➤ **BORRAR PROGRAMA**

Manera de borrar un programa:

- Conmutar LOGO! a la clase de servicio programación: teclas ◀ ▶ y Ok simultáneamente.

> Program..
PC/Card
Start

- Desplazar el > mediante las teclas ^ ▼ hacia el programa, y pulsar la tecla Ok

Logo! pasa al menú de programación:

>	Edit	Prg
	Clear	Prg
	Set	Clock

- Desplazar la tecla > hacia clear PRG
- Aceptar clear PRG

Para evitar que se borre por descuido el programa, hemos previsto además esta consulta:

Clear	Prg
>	No
	YES

Si no se desea borrar el programa , dejar ">" en No y pulsar la tecla Ok. Si tiene la certeza de que debe borrarse el programa almacenado en Logo!, entonces

- Desplazar > hacia YES
- Pulsar OK

Logo! borra el programa y regresa a continuación al menú de programación:

Edit	Prg
>	Clear Prg
	Set Clock

➤ CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO Y MAGNITUD DE UN CIRCUITO

Para un programa rigen determinadas limitaciones:

- Cantidad de bloques conectados en serie
- Capacidad de almacenamiento

Cantidad de bloques conectados en serie.

Entre una salida y una entrada es posible prever hasta 7 bloques en serie.

Capacidad de almacenamiento.

LOGO! supervisa el aprovechamiento de la memoria, ofreciendo en las listas de funciones sólo aquellas funciones para las que aún baste efectivamente la capacidad de memoria.

A continuación se exponen a este respecto únicamente dos condiciones marginales que deberían tenerse presentes:

- En un programa son posibles 30 bloques como máximo. Recordemos que un bloque puede ser tanto una sencilla función AND como una función especial compleja (por ejemplo un contador de horas de servicio).

- Si se emplean varias funciones especiales, se reduce correspondientemente la cantidad de bloques posibles.

➤ *MODULOS POSIBLES DEL PROGRAMA LOGO!*

El programa almacenado en LOGO!, puede copiarse en un módulo de programa. Enchufando este módulo de programa en otro LOGO!, es posible copiar aquí el programa. El módulo de programa permite:

- Archivar programas.
- Reproducir programas.
- Enviar programas por correo.
- Redactar y verificar programas en la oficina y transferirlos luego a otros LOGO!, en el armario de conexiones.

LOGO! se suministra con una tapa de revestimiento. El módulo de programa/tarjeta se adjunta al equipo por separado.

En la tabla V.3 se exponen los tres módulos que se pueden adquirir para LOGO!, todos ellos tienen capacidad suficiente para almacenar la memoria de programas completa en LOGO!:

Módulo	Número pedido	Aplicación
Módulo estándar	6EDI 056-AA00-0AA0	Todas las variantes de LOGO!
Módulo de programa con protección know-how y remanencia	6EDI 056-4BA00-0AA0	
Módulos de programa con remanencia	6EDI 056-IBA00-0AA0	

TABLA V.3.

➤ *VISTA DE CONJUNTO DE LOS MÓDULOS.*

En la tabla V.4 aparece un resumen de las aplicaciones posibles de los módulos. Busque el símbolo de su LOGO!, para deducir que módulos puede usted utilizar en el mismo:

Módulo estándar	Módulo para datos remanentes	Módulo para programas protegidos y datos remanentes
Leer e inscribir programas Sustituible en todas las variantes	No utilizable	No utilizable

Sustituible en todas las variantes	Leer e inscribir programas y datos remanentes	Inscribir programas Leer e inscribir datos remanentes
Sustituible en todas las variantes de LOGO!..L	Sustituible en todas las variantes de LOGO!..L	Programas ejecutables solo con el módulo enchufado
Leer e inscribir programas	Leer e inscribir programas y datos remanentes	Inscribir programas Leer e inscribir datos remanentes
Sustituible en todas las variantes de LOGO! LB11	Sustituible en todas las variantes de LOGO!..L	Programas ejecutables solo con el módulo enchufado

TABLA V.4.

➤ **DESMONTAJE E INSERCIÓN DEL MÓDULO DE PROGRAMA/TARJETA**

Para retirar el módulo de programa téngase en cuenta la tabla V.5:

Módulo	Observaciones
Estándar	Es posible sustituir el módulo de programa estando el equipo conectado a la red y en el estado RUN o en la clase de servicio Programación
Remanencia	El módulo tiene que estar enchufado para que se puedan proteger los datos remanentes tras desconectarse la red. El módulo no es necesario para la ejecución del programa
Protección know-how y remanencia	El programa almacenado en el módulo sólo es ejecutable si este permanece enchufado durante toda la operación. Si se retira el módulo LOGO!, visualiza no program

TABLA V.5.

COPIAR EL PROGRAMA DE LOGO! EN EL MÓDULO DE PROGRAMA

Manera de copiar un programa en el módulo de programa:

- Enchufar el módulo de programa/tarjeta en el receptáculo
- Conmutar LOGO! al modo de servicio programación. Teclas ◀ ▶ y OK simultáneamente
- Desplazar > hacia PC/Card
- Pulsar la tecla OK se visualiza el menú de transferencia
- Desplazar > hacia LOGO!-Card
- Pulsar la tecla OK

LOGO! copia ahora el programa en el módulo de programa. Durante el proceso de copiado, parpadea un # en la pantalla.

Cuando LOGO! acaba de copiar, regresa automáticamente al menú principal.

COPIAR EL PROGRAMA DEL PROGRAMA EN LOGO!

Si se tiene un módulo de programa, es posible copiar éste en LOGO! de dos maneras diferentes:

- Automáticamente al arrancar LOGO!, ó bien
- A través del menú PC/Card de LOGO!

Copia automática al arrancar LOGO!

- Conmutar LOGO! al modo de servicio programación
- Desconectar la tensión de alimentación de LOGO!
- Retirar la tapa del receptáculo
- Enchufar el módulo de programa en el receptáculo
- Conectar nuevamente la tensión de alimentación de LOGO!.

Ahora puede conmutarse LOGO! a RUN

- Desplazar el > a Start
- Pulsar la tecla OK

Copia a través del menú PC/Card

- Enchufar el módulo de programa
- Conmutar LOGO! a la clase de servicio Programación. Teclas ◀ ▶ y OK simultáneamente
- Desplazar el > a Pc/Card
- Pulsar OK se visualiza el menú de transferencia
- Desplazar el > a Card-LOGO!
- Pulsar OK.

➤ **APLICACIONES POSIBLES DE LOGO!-soft**

Es posible trabajar con LOGO!-Soft tanto en combinación con LOGO! como en servicio autónomo.

A tal efecto, deben cumplirse las condiciones de la tabla V.6:

LOGO!-Soft no enlazado con LOGO!	LOGO!-Soft en combinación con LOGO!
<ul style="list-style-type: none"> • LOGO!-Soft desde versión 2.0 • Capacidad libre en el disco duro para instalación completa 7MB 	<ul style="list-style-type: none"> • LOGO!-Soft desde versión 2.0 • Capacidad libre en el disco duro para instalación completa 7MB • LOGO!... • Cable de PC para enlazar el PC con LOGO!

TABLA V.6

CONEXIÓN DE LOGO! CON UN PC

Conmutar LOGO! al modo de servicio PC-LOGO

- Conmutar LOGO! a la clase de servicio Programación
- Elegir PC/Card
- Pulsar OK
- Elegir PC-LOGO
- Pulsar OK

Conmutar LOGO! al modo de servicio PC-LOGO durante la conexión

- Desconectar la red
- Retirar la tapa ó el módulo de programa y enchufar el cable en el receptáculo
- Conectar la red

UTILIZACION DE LOGO!-Soft EN LOGO!

- Elegir LOGO!: para adaptar LOGO!-Soft a su variante de LOGO!, esto es necesario para que sean soportadas todas las funciones de LOGO!
- PC-LOGO!: para transferir a LOGO! un programa generado mediante LOGO!-Soft
- LOGO!-PC: para transferir a LOGO! un programa generado mediante LOGO!
- Establecer enlace: Para determinar la interfaz en serie del PC a través del que deben intercambiarse los datos con LOGO!

➤ *APLICACIONES*

Para que pueda tener una visión de conjunto de las múltiples aplicaciones posibles de LOGO!, exponemos aquí algunos ejemplos de utilización.

*ALUMBRADO DE ESCALERA Ó DE PASILLOS**REQUISITOS IMPUESTOS A UN ALUMBRADO DE ESCALERA*

A la instalación de alumbrado para una escalera, se imponen en principio los requisitos siguientes:

- La luz a de encenderse cuando se halle alguien en la escalera.
- La luz debe estar apagada cuando no halla nadie en la escalera a fin de ahorrar energía.

SOLUCION HASTA AHORA

Hasta ahora existen dos posibilidades de conectar el alumbrado:

- mediante un relé de impulsos
- mediante un interruptor automático de escalera

Componentes utilizados:

- pulsadores
- interruptores automáticos de escalera ó relé de impulsos.

OTRAS APLICACIONES POSIBLES

Resulta particularmente conveniente la aplicación de LOGO! en los casos siguientes:

- Cuando las funciones integradas en LOGO! permiten prescindir de varios elementos conectores auxiliares.
- Cuando deseen evitarse los trabajos de cableado y montaje, recurriéndose en vez de ello al cableado de LOGO!.
- Cuando desee reducirse el espacio ocupado por los componentes en el armario de conexiones ó la caja de distribución, en ciertos casos es suficiente un armario de conexiones/caja de distribución menor.
- Cuando se desee introducir ó modificar funciones, posteriormente sin necesidad de montar un elemento adicional, ni de cambiar el cableado.
- Cuando deban ofrecerse a los clientes nuevas funciones adicionales para la instalación de edificios comerciales y de viviendas, como por ejemplo:
 - Seguridad en los domicilios privados: mediante LOGO! es posible conectar regularmente una lámpara, abrir ó cerrar persianas cuando se esta de vacaciones
 - Instalaciones de calefacción: mediante LOGO! es activada la bomba de circulación sólo cuando se requieran efectivamente agua ó calor.
 - Instalación frigoríficas: mediante LOGO! son descongelados los frigoríficos automáticamente a intervalos regulares, ahorrándose así gastos de energía.
 - Acuarios y terrarios: es posible alumbrarlos en función del tiempo.

➤ DATOS TECNICOS

Criterios	Verificación	Valores
Dimensiones AxAxP en mm		72x90x55 con dispositivos de montaje 72x90x59 aprox. 190g
Peso		en perfil de 35 mm
Montaje		ancho: 4 unidades de división
Dimensiones AxAxP en		126x90x55

mm		con dispositivo de montaje: 126x90x59
Peso		aprox 360g
Montaje		en perfil de 35 mm ancho: 7 unidades de división

CONDICIONES AMBIENTALES CLIMÁTICAS

Temperatura ambiente	Frio según IEC 68-2-1	
Montaje horizontal	Calor según	0 a 55 °C
montaje vertical	IEC 68-2-2	0 a 55°C
Almacenaje/transporte		-40°C a +70°C
Humedad relativa	según IEC 68-2-30	de 5 a 96% sin formación de rocío
Presión atmosférica		de 795 a 1,080hPa
Sustancia nocivas	según IEC IEC 68-2-42 según IEC 68-2-43	SO ₂ 10cm ³ /m ³ , 4 días H ₂ S 1 CM ³ /m ³ , 4 días

CONDICIONES AMBIENTALES MECÁNICAS

CLASE DE PROTECCION		IP20
Vibración	según IEC 68- 2-6	10 a 57 Hz(amplitud constante .15mm) 57 a 150 Hz(aceleración constante 2 G)

➤ CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO REQUERIDA

La máxima cantidad de bloques funcionales en un programa es 30, esto rige para las funciones básicas. Si Ud., utiliza en sus aplicaciones funciones especiales, podría reducirse correspondientemente a la máxima cantidad de bloques funcionales posibles.

Con respecto a ello, los bloques funcionales para las funciones especiales de cada programa requieren una capacidad de almacenamiento especial. En LOGO! se previene a tal efecto cuatro zonas de memoria distintas, como se describe en la tabla V.7. Según la función utilizada, se requiere en cada zona de memoria, una capacidad de almacenamiento diferente.

Zona de memoria	Significado
▲	Area donde se almacena los valores prescritos. LOGO! cuenta en esta zona de memoria con capacidad para 27 unidades.
□	Area donde se almacena los valores reales actuales. LOGO! cuenta en esta zona de teoría con capacidad para 24 unidades.
Zona de memoria	Significado
○	Area que utilizan las funciones de temporización. LOGO! cuenta en esta zona de memoria con capacidad para 10 unidades.
RE	Area donde almacena de forma remanente los valores donde se almacena de forma remanente los valores reales actuales. Este almacenamiento remanente de los datos sólo es posible en las variantes de LOGO!. LOGO! cuenta en esta zona de memoria con capacidad de 7 unidades.

TABLA V.7.

ABREVIATURAS

b=! BLOQUE NUMERO 1

bn Número de bloque

Cnt count (entrada par contador)

Co Connector (borne)

Dir Direccction(dirección para el contador computo progresivo regresivo).

En Enable (conectar el generador de reloj)

GF función básica

No Leva (reloj de temporización)

Par Lista de parámetro para diversas funciones

R Reset(entrada de preposición)

S set(activar el relé de autocorrección)

SF función especial

T

Tiempo (parámetros)

Ta Valor actual de un tiempo

Trg Trigger(parámetros):

V.4. APLICACIONES DE LOS CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES

➤ Areas Típicas de Aplicación de los Controladores Lógicos Programables

Desde su concepción primaria al final de la década de los años 60 los controladores programables, han sido utilizados prácticamente en todo tipo de industrias. Esto quizá se deba a la facilidad que brindan en su instalación, manejo y programación. Enseguida se listan algunas de las áreas de aplicación:

➤ Industria Química y Petroquímica,

Procesos en lote

Manejo de materiales

Pesado

Mezclado

Manejo de productos terminados

Tratamiento de aguas residuales

Control de tuberías

Perforación de pozos

➤ Industria Manufacturera y de Maquinado

Demanda de energía

Maquinado en tornos

Bandas transportadoras

Máquinas de ensamblado

Molinos

Desbastado de materiales

Manejo de grúas viajeras

Galvanoplastia (electrodeposición)

Máquinas soldadoras

Pintado

Moldeo por inyección y soplado

Fundición

➤ *Industria Minera*

Bandas transportadoras de materiales

Procesamiento de minerales

Carga y descarga

Manejo de aguas residuales

➤ *Industria de la Pulpa y el Papel*

Digestores en lote

Manejo de astillas

Recubrimientos

Empacado y sellado

➤ *Industria del Vidrio y Películas*

Proceso

Formado

Acabado

Empacado y sellado

Paletizado

Manejo de materiales

Pesado en tolvas

➤ *Industria Alimenticia y de Refrescos*

Manejo de materiales en masa

Industria cervecera

Destilado

Mezclado de fluidos

Manejo de contenedores

Empacado

Llenado

Pesado

Manejo de productos

Bandas ordenadoras

Bandas acumulativas

Carga de formado

Paletizado

Retiro y almacenamiento en bodegas de materia prima.

Enlatado

➤ *Industria Metalúrgica*

Control de hornos de arco

Formado continuo

Rolado en frío

Cámaras de hidratación (Soaking pit)

➤ *Generación de Energía Eléctrica*

Manejo de carbón

Control de quemadores

Control de combustible

Separadores de carga

Ordenadores

Procesos de soplado

Desbastado de madera

Cortadores longitudinales

Aplicaciones Específicas

➤ *Industria Hulera y de Plástico*

Monitoreo de prensas de neumáticos. El controlador programable lleva a cabo por tiempo el monitoreo de presión y temperatura en forma individual de las prensas, durante el ciclo de prensado de neumáticos. La información concerniente al estado de las máquinas se almacena en tablas, para su posterior uso, a la vez que alerta al operador acerca del mal funcionamiento de las prensas. También genera reportes impresos; para cada ciclo, donde se resume las veces en las que el ciclo se termino satisfactoriamente, así como los tiempos en que la prensa dejo de operar debido a mal funcionamiento.

Fabricación de neumáticos. En este caso el PLC se puede utilizar en el proceso de curado y prensado de neumáticos, para controlar la secuencia de eventos que deben ocurrir para transformar la materia prima (caucho) en neumáticos, estos para ser montados en automóviles. Dicho control incluye el moldeo del patrón de cuerdas y curado del caucho, para obtener las características de resistencia al camino. La aplicación del controlador programable, reduce sustancialmente el espacio físico requerido e incrementa la confiabilidad y la calidad del producto.

Producción de caucho. Un controlador programable dedicado provee un control preciso de peso, de las funciones lógicas de mezclado, controla la fórmula múltiple de operación del carbón negro, así como la aplicación de aceite y pigmentos usados en la producción de caucho. El sistema maximiza la utilización de las máquinas-herramientas durante la secuencia de producción, así como poder llevar a cabo inventarios en línea, con lo que se ahorra tiempo y se reduce el personal requerido para supervisar la producción, evitando la generación manual de reportes al final de cada turno.

Moldeo por inyección de plástico. El controlador programable se emplea para monitorear variables tales como temperatura y presión, las que son usadas para optimizar el proceso de moldeo por inyección. El sistema provee control de inyección en lazo cerrado, tal que se pueden tener varios niveles de velocidad para mantener un llenado consistente, reduciendo los defectos superficiales y el esfuerzo requerido, lo que se traduce en una reducción en el tiempo del ciclo. El sistema también puede acumular datos de producción para uso futuro.

➤ *Industria Química y Petroquímica.*

Procesamiento de amoníaco y etileno. Los controladores programables en este caso monitorean y controlan grandes compresores, que se usan para la manufactura de amoníaco, etileno y otros productos químicos. También se emplean para monitoreo de la temperatura en rodamientos, velocidad de compresores, consumo de potencia, vibración, temperaturas de descarga, presión, flujos de succión y consumo de gases combustibles.

Colorantes (dyes). Los PLC's monitorean y controlan el procesamiento de colorantes utilizados en la industria textil. Estos proveen un procesamiento preciso de mezclado e igualado de colores.

Reactores continuos en lote. El PLC controla la relación de dos ó más materiales en proceso continuo. El sistema determina la razón de descarga de cada material, así como el llevar a cabo el registro de información para inventario y de otros datos de interés. Se pueden almacenar también recetas, las cuales pueden ser reutilizadas automáticamente ó por orden del operador.

Control de ventiladores. El controlador programable opera automáticamente los ventiladores en medios ambientes con atmósferas peligrosas, basándose en los niveles de gases tóxicos. El sistema también provee mediciones efectivas de gases de expulsión cuando un nivel previamente establecido de contaminación se alcanza. También el PLC controla el arranque y paro de ventiladores, así como ciclos preestablecidos de los mismos, además de la velocidad, para mantenerla dentro de ciertos niveles cuando se trata de minimizar el consumo de energía.

Transmisión y distribución de gas. En este caso el controlador programable monitorea y regula la presión y flujo en sistemas de transmisión y distribución de gases, también puede ser utilizado como colector de datos y mediciones de campo.

Perforación en campos petroleros. El PLC provee información acerca de las características tales como, profundidad del pozo y densidad de los lodos extraídos una vez que ha procesado las mediciones de campo. También controla y monitorea las maniobras y operaciones en el proceso de perforación, pudiendo avisar al operador de cualquier posible mal funcionamiento.

Control de estaciones de tuberías de bombeo. El PLC controla las bombas principales y de succión empleadas en la distribución de petróleo crudo. También puede llevar a cabo mediciones de flujo, succión, descarga y límites altos ó bajos en tanques (sólo por mencionar algunas tareas). También puede establecer comunicación con sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) para tener una supervisión total de las tuberías.

➤ *Generación de Energía Eléctrica.*

Plantas generadoras. El controlador programable regula la apropiada distribución de la electricidad disponible, gas ó vapor. Adicionalmente, el PLC monitorea las facilidades de potencia en la planta, la distribución de energía, y puede generar reportes de la misma. El PLC controla la carga durante la operación de la misma, así como también el proceso automático de tirar carga, y el reestablecimiento durante salidas de la misma.

Manejo de energía. A través de la lectura de temperaturas en el interior y exterior de la planta, el PLC controla los sistemas de aire acondicionado. El sistema basado en el PLC controla las cargas, pudiendo llevar a cabo ciclos preestablecidos de encendido y apagado de los sistemas de aire acondicionado, pudiendo generar reportes de la cantidad de la energía utilizada por dichos sistemas.

Proceso de pulverización de carbón. El controlador puede monitorear que tanta energía se genera a partir de una cantidad dada de carbón, y regula el triturado y mezclado del mismo en los molinos de bolas. El PLC monitorea y controla a los quemadores, así como la temperatura en los generadores de vapor, el secuenciado de válvulas, y el control analógico de las válvulas a chorro (jet).

Control de eficiencia de compresores. El PLC controla varios compresores localizados en estaciones típicas de estos. El sistema maneja los interlocks, las secuencias de arranque y paro, los ciclos de los compresores y los mantiene trabajando a su máxima eficiencia utilizando las curvas no lineales de dichos compresores.

➤ *Industria Metalúrgica*

Producción de acero. El PLC controla y opera a los altos hornos, a fin de que estos produzcan el metal con las especificaciones preestablecidas. El controlador también calcula los requerimientos de oxígeno, adición de chatarra y requerimientos de potencia.

Cargado y descargado de altos hornos. A través de secuencias precisas de pesado y cargado de materiales, el sistema controla y monitorea la calidad del carbón, chatarra y metales a ser fundidos. También puede ser controlada la secuencia de descarga del acero en carros torpedo.

Formado continuo. El controlador programable direcciona el acero al rojo vivo a través de las guías de transporte, hacia las máquinas de formado continuo, donde el acero es vaciado en moldes con agua fría para su solidificación.

Rolado en frío. los PLC's en este caso son utilizados para la conversión de productos semiterminados en productos terminados, a través de las máquinas de rolado en frío. El sistema controla la velocidad de los motores para garantizar la tensión correcta, y provee un adecuado perfil del material rolado.

Manufactura de aluminio. El controlador monitorea el proceso de refinación en el que son retiradas las impurezas de la bauxita mediante calor y químicos. El sistema puede mezclar y pulverizar el metal con químicos que posteriormente son bombeados hacia recipientes presurizados, donde son calentados, filtrados y combinados con más químicos para producir el aluminio.

➤ *Industria de la Pulpa y el Papel*

Mezclado de pulpas. El PLC controla la secuencia de operación, medición de las cantidades de los ingredientes, así como de almacenar las recetas para el proceso de mezclado. El sistema permite al operador modificar las entradas de los lotes de cada una de las cantidades si es necesario, y proporciona reportes impresos para el control de inventarios y para el conteo de ingredientes utilizados.

Preparación de materias primas para el proceso de fabricación del papel. Este tipo de aplicaciones incluye el control del sistema de preparación de pulpa para la fabricación de papel. Los procedimientos a seguir para cada uno de los tanques se seleccionan y ajustan desde la consola del operador. El sistema también puede controlar la lógica de realimentación para la adición de químicos basándose en las menciones de nivel de los tanques. Al término de cada ciclo completo, el controlador programable puede proporcionar reportes de manejo y uso de materiales.

Digestores de papel. Son sistemas basados en PLC's, llevan a cabo completamente el control de los digestores de pulpa para el proceso de pulpa de papel a partir de astillas de madera. El sistema calcula y controla la cantidad de astillas tomando como base la densidad de la mezcla y el volumen del digestor, también calcula el porcentaje de los licores de cocción y las cantidades requeridas se alimentan en secuencia. El PLC aumenta y mantiene la temperatura de cocción hasta que dicho proceso sea completado. Toda la información concerniente al proceso es transmitida hacia el PLC para posteriormente generar reportes.

Producción de papel. El controlador regula la base de peso promedio y humedad para el grado (peso) del papel. El sistema manipula las válvulas de vapor, ajusta las válvulas stock para regular el peso, así como monitorea y controla el flujo total.

➤ *Industria de Procesamiento del Vidrio*

Mezclado de materias primas. Los PLC's controlan el pesado de materias primas de acuerdo con las fórmulas de composición del tipo de vidrio que se desee producir. El sistema también controla a los alimentadores electromagnéticos, ya sea para depositar ó extraer material de la tolvas de pesado.

Pesado del cullet (pedaceria de vidrio). Los PLC's direccionan los sistemas de pedaceria de vidrio, controlando los alimentadores vibratorios así como las básculas de banda y las bandas transportadoras. Todas las secuencias de operación e inventario de las cantidades pesadas son almacenadas en el PLC para su uso posterior.

➤ *Industria automotriz*

Monitoreo de máquinas de combustión Interna. El sistema adquiere información de los sensores localizados en las máquinas de combustión interna, entre las que se pueden considerar, la temperatura del agua de enfriamiento, temperatura de aceite, velocidad angular, par, temperatura de gas de expulsión, presión de aceite, presión en el cigüeñal y tiempo de la máquina.

Prueba de carburadores. Los PLCs proveen un análisis en línea para carburadores de automóviles en el ensamble. Estos sistemas reducen significativamente el tiempo de prueba, mientras que pueden asegurar un alto nivel de calidad de los carburadores. Algunas de las variables bajo prueba son: presión, vacío, así como el flujo de aire y combustible.

➤ *Industria Manufacturera y de Maquilado.*

Producción de máquinas. El PLC controla y monitorea la producción de máquinas a altas tasas de rendimiento. El estado de la máquina y el conteo de piezas producidas también se monitorea, y se pueden tomar acciones correctivas de manera inmediata si una falla es detectada por el controlador.

Máquinas embobinadoras. El controlador monitorea el tiempo de los ciclos de encendido y apagado de la máquina embobinadora. El sistema provee el control de sincronización y aumento de velocidad de los drivers de los motores. Todos los ciclos son registrados y se generan reportes sobre la demanda, a fin de obtener la eficiencia de la máquina que previamente ha calculado el PLC.

Intercambio de herramientas de corte. El PLC controla una máquina de desvastado de metales que cuenta con varios grupos de herramientas de corte. El sistema mantiene la secuencia de cuando es necesario que la herramienta sea reemplazada, tomando como base el número de partes a manufacturar. También puede mostrar la cuenta y número de reemplazos de todos los grupos de herramientas de corte.

Pintado con pistolas de aire. Los PLC's controlan la secuencia de pintado en armadoras de vehículos automotores. La información de color y estilo es alimentada por el operador, y los vehículos transitan a lo largo de una banda transportadora hasta que alcanzan la pistola de aire. El controlador decodifica la información referente a las partes del vehículo y controla las pistolas de aire para que dichas partes sean pintadas. El movimiento de la pistola de aire se optimiza para mantener un pintado uniforme de todas las partes.

CONCLUSIONES

El gran desarrollo tecnológico para aplicaciones industriales y comerciales, hacen que cada vez se implemente la automatización en un mayor número de fabricas, para producir productos de calidad a bajo costo. Para poder cumplir con estas características en los productos, la producción de estos mismos (sea en partes o en su totalidad) debe cubrir con las siguientes características:

- ◆ Menos mano de obra.
- ◆ Menor tiempo de realización ó fabricación.
- ◆ Menor costo de fabricación.

Por consiguiente, al tener en cuenta esto también debemos conocer como ingenieros el funcionamiento e importancia de los dispositivos de control, para poder implementar un sistema automatizado (ya sea para un proceso industrial ó una tarea específica).

En el desarrollo de este trabajo se vieron dos dispositivos de control (la P.C. y el PLC.), y los elementos que interactúan entre sí para implementar un proceso de control automático; y aunque se vieron los elementos teóricos por separado, se sientan las bases para ponerlas en práctica.

Este tema nos intereso mucho por las aplicaciones que se les pueden dar a estos dispositivos; ya que como se menciona a lo largo del trabajo nos sirven como interfaz entre sistemas digitales y el medio ambiente, u otros sistemas. En lo personal pensamos que estos dispositivos nos serán de gran ayuda cuando se requiera controlar variables continuas, por lo general fisicas por medio de la computadora ó PLC's, que para nosotros es interesante.

Por lo cual se puede mencionar ó concluir, que será de gran apoyo para los estudiantes de ingeniería en su formación profesional como material de apoyo.

GLOSARIO.

Actuador.- Actúa como dispositivo controlador de una variable física.

ADC.- Convertidor Analógico Digital.

ANSI.- Instituto Americano Nacional de Estándares.

AT.- Tecnología Ampliada.

Autómata.- Máquina que imita los movimientos de un ser animado.

BASIC.- Código de instrucciones simbólicas de propósito general para principiantes.

BCD.- Sistema de codificación decimal en binario.

Bipolar.- Que consta de dos polos.

Brida.- Anillo que une dos tubos.

Buffer.- Almacén temporal de información que sirve para compensar la diferencia de velocidad de flujo de datos desde un dispositivo a otro.

C.I.- Circuito Integrado.

Cilindro.- Tubo en el que se mueve el émbolo de una máquina

Código.- Conjunto de símbolos que representan una información

Compresor.- Aparato que sirve para comprimir un gas.

Cóncavo.- Que tiene la superficie más deprimida en el centro que en el borde.

Contacto.- Consiste en partes conductoras que continúan para complementar ó interrumpir un circuito eléctrico

Control.- Dispositivo para hacer funcionar ó comprobar el funcionamiento de una máquina ó mecanismo.

Convexo.- Esférico, abombado exteriormente.

CPU.- Unidad Central de Proceso. Parte de la computadora cuya misión es la ejecución de los programas.

DAC.- Convertidor Digital Analógico

DDA.- Analizador Diferencial Digital.

DDC.- Control Digital Directo.

Display.- Representación visual.

Electroimán. Barra de hierro dulce, encerrada en un carrete eléctrico y que se convierte en imán cada vez que pasa una corriente eléctrica por el carrete.

Electromecánico.- Dispositivo mecánico que se gobierna por medio de la electricidad.

Émbolo.- Disco cilíndrico que se mueve alternativamente en el interior de un cuerpo de bomba ó del cilindro de una máquina

Frenos.- Dispositivos que sirven para detener ó moderar la velocidad de una máquina.

Fuelle.- Instrumento que sirve para soplar.

Grafito.- Carbono natural casi puro.

Hidráulica.- Parte de la mecánica que estudia el equilibrio y el movimiento de los fluidos.

Histéresis.- Es la diferencia máxima que se observa en los valores indicados por la pluma del instrumento para un mismo valor.

I/P.- Señal electrónica de entrada a neumática de salida.

ICI.- Industria Química Imperial.

IEEE.- Instituto de Ingeniería Electrónica y Eléctricos.

Interfaz.- Frontera compartida entre dos partes de un sistema.

Interruptor.- Dispositivo para establecer, interrumpir ó cambiar las conexiones en un circuito eléctrico.

LBS.- Bit Menos Significativo.

LSI.- Integración de Escala Larga.

Manómetro.- Medición hecha con un instrumento que sirve para indicar la presión de los fluidos.

MBS.- Bit Más Significativo.

Memoria.- Dispositivo físico para el almacenamiento de información.

Microcomputador.- Computadora de tamaño que utiliza un Microprocesador.

MSI.- Integración de Escala Media.

MTBF.- Tiempo Medio Entre Fallos.

NC.- Normalmente Cerrado

NEMA.- Asociación Nacional de Manufacturas Eléctricas.

Neumática.- Pertenciente o relativo al aire ó a los gases; Proviene de la palabra griega "Pneuma" que significa aliento ó sople.

NO.- Normalmente Abierto.

Obturbación.- Cerrar una abertura introduciendo ó aplicando un cuerpo en ella.

Opam.- Amplificador Operacional; es un microcircuito integrado con un par de terminales de entrada que proporcionan una resistencia muy elevada.

P.I.- Proceso Industrial.

P/I.- Señal neumática de entrada a electrónica de salida.

Periféricos.- Unidades de entrada, salida y almacenamiento, conectadas a la computadora.

PID.- Proceso Industrial Directo.

Piezoeléctrico.- Cuerpo sometido a una presión mediante un fenómeno eléctrico.

PLC.- Control Lógico Programable.

PP/I.- Presión de proceso a intensidad.

Precisión.- Es la tolerancia de medida ó de transmisión del instrumento que define los límites de los errores cometidos cuando se emplea el instrumento en condiciones normales.

Presión.- Fuerza ejercida sobre una unidad de área.

Procesador.- Elemento físico cuya misión es la de ejecutar instrucciones.

Proceso.- Evolución de una serie de fenómenos, tratamiento de la información.

Radiación.- Elemento de una onda luminosa ó electromagnética.

RAM.- Memoria de Acceso Aleatorio. Memoria central de la computadora.

Relevador.- Es un dispositivo de circuito de control que suministra una función de conmutación.

Reloj.- Dispositivo generador de señales periódicas que se utiliza para sincronizar las operaciones del CPU.

ROM.- Memoria de Sólo Lectura. Memoria, cuyo contenido no se puede alterar, que almacena programas del sistema.

Rosca.. Vuelta circular ó espiral de una cosa.

SAMA.- Asociación Científica de Aparatos Fabricados.

SAR.- Registro de Aproximaciones Sucesivas.

Secuencial.- Proceso en el que cada operación precede a otra y sigue a otra.

SSI.- Integración de Escala Pequeña.

Temporizador.- Aparato que deja un intervalo de tiempo entre el comienzo y fin del funcionamiento de un dispositivo eléctrico.

Transductor.- Es un dispositivo que convierte una variable física a una eléctrica ó viceversa.

TRW.- Thomson Ramo Woolridge

TTL.- Lógica Transistor - Transistor.

Válvula.- Dispositivo de cierre para regular el paso de líquidos ó gases por tuberías.

Vástago.- Varilla o parte más delgada de algunos mecanismos.

VLSI.- Integración de Escala Muy Larga.

Volante.- Es una rueda relativamente pesada sujeta a un eje ó flecha. Su propósito es suavizar los cambios repentinos en la velocidad de la flecha.

XT.- Tecnología Extendida-

Zumbador.- Es un dispositivo de señales audibles que utilizan los electricistas, para identificar los alambres y terminales interconectados directamente.

BIBLIOGRAFIA.

➤ ***Sistemas de Control por Computadora.***

KM J. Astrom.

2a edición

Editorial Paraninfo

➤ ***Introducción al Control Automático.***

C. Weyrick. Robert

3a edición

Editorial Gustavo Gili.

➤ ***Instrumentos Industriales.***

Creus, Antonio

2ª edición

Alfaomega Marcombo.

México 1993.

➤ ***Automatas Programables.***

Purras C, AJejandro - Muntanero, Antonio

McGraw-Hill.

España 1990

➤ ***Instrumentación industrial.***

Creus, Antonio.

5ª Edición

Alfaomega Marcombo

P.g. 732

➤ ***Stochastic Control of Processes by Computer.***

Lindberger N. L.,

Notas de curso. CIEA del IPN, 1977.

➤ ***On Line Digital Control and Data Processing.***

Takahashi Y.,

Notas de curso, CIEA del IPN, 1975.

➤ ***Sistemas Digitales***

Ronald J. Tocci

Prentice-Hall

➤ ***Fundamentos de Sistemas Digitales***

T.L. Floyd

Prentice-Hall.

➤ ***Manual de DAC y ADC.***

Motorola.

➤ ***Análisis y diseño de Circuitos Lógicos Digitales.***

Nelson, Nagle e Irwin

Prentice-Hall

➤ ***Introducción a la Neumática.***

Manual de Estudio.

Festo Didactic.

➤ ***Informe Técnico "Control Digital"***

Joaquin Alvarez Gallegos.

Jaime Alvarez Gallegos.

CINVESTAV

➤ ***Controladores Lógicos Programables.***

Sociedad de Instrumentistas de America.

Direcciones de Internet.

<http://www.neumatica/apli.dir.org>

<http://www.cursosneuma.ejer/hidroneuma.org.mx>

<http://www.neumatica.apli.mx>

➤ *Manual de LOGO!*

SIEMENS.
