

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Sistema Automático Monitorizado de Transporte y Seguridad de Equipajes
en los Aeropuertos

Mario Fernando Lescano Córdova

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de
Ingeniero Electrónico en Control.

Quito

Enero de 2010

**Universidad San Francisco de Quito
Colegio Politécnico**

HOJA DE APROBACION DE TESIS

**Sistema Automático Monitorizado de Transporte y Seguridad de
Equipajes en los Aeropuertos**

Mario Fernando Lescano Córdova

Omar Aguirre, Mst.
Director de la Tesis y
Miembro del comité de Tesis

Santiago Navarro, Ph.D.
Director de Ingeniería Eléctrica y
Miembro del Comité de Tesis

Rene Jativa, Ph.D.
Miembro del Comité de Tesis

Daniel Cardenas, Ph.D.
Miembro del Comité de Tesis

© Derechos de autor

Mario Fernando Lescano Córdova

2010

AGRADECIMIENTO

A todos los que colaboraron directa o indirectamente con la elaboración de este proyecto. Los que forman el politécnico de la USFQ y al Ing. Nelson Herrera por su colaboración

Un agradecimiento fraterno para el Ing. Omar Aguirre y para el Ing. Santiago Navarro por su ayuda siempre oportuna.

DEDICATORIA

María Teresa Córdova y Fernando Lescano mis queridos padres, los que me alientan a seguir adelante y a propender a la excelencia, siempre mostrando Humildad y Respeto.

Carlos Alberto y María de los Ángeles, gracias por estar cerca de mi yo les abriré el camino en esta vida dura.

RESUMEN

Se diseñó e implementó un Sistema Automático Monitorizado de Transporte de Equipajes donde se realiza una contabilización, pesaje, revisión de seguridad (metales /no metales) de las maletas que pasan por un grupo de tres bandas transportadoras. Por medio de la Zona de Seguridad (Banda principal) se detecta el contenido interno de las maletas (metales/no metales) con el objetivo de distribuir el equipaje idóneo y el no idóneo a las dos bandas secundarias, toda la ejecución del sistema es monitoreado y controlado por LabVIEW. El Software de monitoreo es LabVIEW, la herramienta que nos permite controlar el ciclo de trabajo, también, producen alarmas e informes para los distintos casos. El Microcontrolador PIC 16F877A es la base del sistema sin embargo trabajar con un PLC también es posible la posibilidad de acoplamiento de un PLC para tener opciones de programación constituyen toda la base del sistema.

ABSTRACT

A Motorized Automatic System for Luggage Transportation was designed. The System counts, weights and performs security checks (metal/no metals) of luggage that crosses a group of three conveyer belts. Through the "Security Zone" (Main conveyer belt) the internal content of luggage (metal/no metal) is detected. Also, the weight is measure. This process aims to differentiate between "metal-content bags" and "non-metal-content bags". The entire systems is controlled and monitored by LabVIEW.

LabVIEW is the monitoring software. It let's us control the working cycle and it provides alarms and informs for the different stages of the system. A microcontroller PIC 16F877A is the base of the entire system. However, as an alternative, working with a PLC is also possible.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 TIPOS Y ORIGEN DE BANDAS TRANSPORTADORAS.....	5
1.3 MÉTODOS DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL.....	12
1.4 MÉTODOS DE MONITOREO.....	15
1.5 REDES DE COMUNICACIÓN.....	19
CAPÍTULO II ARQUITECTURA	22
2.1 PLC.....	23
2.2 SOFTWARE LABVIEW.....	27
2.3 ACTUADORES.....	30
2.4 TRANSDUCTORES.....	34
2.5 MICROCONTROLADOR.....	39
2.6 ADQUISICIÓN DE SEÑALES.....	46
2.7 ALMACENAMIENTO DE DATOS.....	48
CAPÍTULO III DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	51
3.1 REQUERIMIENTOS GENERALES.....	52
3.2 SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN.....	76
3.3 REPORTES Y ALARMAS.....	78
3.4 VISIÓN GENERAL DEL SISTEMA.....	79
CAPÍTULO IV PRUEBAS Y RESULTADOS	80
4.1 OBJETIVOS ESPERADOS.....	81
4.2 CONFIGURACIÓN DE LAS PRUEBAS Y RESULTADOS.....	82

4.3 RESUMEN DE PRUEBAS Y RESULTADOS.....	87
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
5.1 CONCLUSIONES.....	97
5.2 RECOMENDACIONES.....	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
ABREVIATURAS Y TÉRMINOS IMPORTANTES.....	101
ANEXO A REPORTE GENERADO POR EL PROGRAMA DE MALETAS CON METALES.....	102
ANEXO B APARIENCIA DEL SOFTWARE EN LABVIEW.....	104
ANEXO C MANEJO DE ENTRADAS Y SALIDAS EN MOTORES Y SENSORES.....	106
ANEXO D CÓDIGO FUENTE EN MICOCONTROLADOR.....	108
ANEXO E MAPAS CIRCUITALES Y DIAGRAMAS DE TARJETA DE CONTROL.....	115
ANEXO F SISTEMA DE COMUNICACIÓN.....	122
ANEXO G MANUAL LABVIEW.....	125
ANEXO H HOJA DE DATOS.....	165

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Bandas Transportadoras de Canal.....	6
Figura 1.2 Banda Transportadora de correa plana.....	7
Figura 1.3 Banda transportadora de correa telescópica.....	7
Figura 1.4 Banda transportadora de correa magnética.....	8
Figura 1.5 Banda transportadora de rodillo.....	9
Figura 1.6 Banda transportadora e remolque.....	10
Figura 1.7 Banda Transportadora de carretillas.....	11
Figura 1.8 Banda transportadora de corriente y libre invertida.....	12
Figura 1.9 Control en lazo abierto.....	13
Figura 1.10 Control en lazo cerrado.....	14
Figura 1.11 Esquema típico de SCADA.....	17
Figura 2.1 Aspecto físico de un PLC.....	23
Figura 2.2 Aplicación típica de un PLC.....	24
Figura 2.3 Tipos de memorias en un PLC.....	25
Figura 2.4 Capacidad modular de PLCs.....	26
Figura 2.5 Visualizador de status de PLCs.....	26
Figura 2.6 Lógica programada.....	26
Figura 2.7 Capacidad de Comunicación.....	27
Figura 2.8 Actuador Régimen Ralentí (motor paso a paso).....	28
Figura 2.9 Servomotor.....	33
Figura 2.10 Arquitectura de Von Neumann.....	41
Figura 2.11 Esquema de un microcontrolador.....	42
Figura 2.12 Camino de los datos en un microcontrolador PIC.....	44
Figura 2.13 Camino de los datos en un microprocesador tradicional.....	44
Figura 2.14 Esquema de bloques de un sistema de adquisición de datos.....	46
Figura 2.15 Proceso de almacenamiento de datos.....	49

Figura 2.16 Proceso Industrial.....	50
Figura 3.1 Requerimientos Generales del Sistema.....	52
Figura 3.2 Banda 1 (principal) de transporte de equipaje.....	53
Figura 3.3 Vista lateral de la banda.....	54
Figura 3.4 Vista superior de la banda.....	54
Figura 3.5 Placa Madre.....	55
Figura 3.6 Engranajes y caja reductora para motores.....	56
Figura 3.7 Zona de Pesaje.....	56
Figura 3.8 Estructura del Brazo selector.....	57
Figura 3.9 Brazo selector.....	57
Figura 3.10 Led transmisor.....	58
Figura 3.11 Fototransistor.....	58
Figura 3.12 Sensores de seguridad.....	59
Figura 3.13 Sistema de censado infrarrojo.....	60
Figura 3.14 Acondicionamiento de sensores.....	61
Figura 3.15 Sensores Inductivos.....	62
Figura 3.16 Diseño Digital.....	63
Figura 3.17 Circuito de Puente completo.....	64
Figura 3.18 Amplificador Instrumental.....	65
Figura 3.19 Acondicionamiento de celda de carga.....	67
Figura 3.20 Diagrama de Bloques del Sistema de Control.....	69
Figura 3.21 Sistema de Control.....	69
Figura 3.22 Posicionamiento del eje del servo.....	72
Figura 3.23 Proceso de desarme.....	73
Figura 3.24 Servomotor desarmado.....	74
Figura 3.25 Corte del tope del engranaje.....	74
Figura 3.26 Diagrama de Bloques del Sistema de alimentación.....	76
Figura 3.27 Sistema de Alimentación.....	78
Figura 4.1 Configuración del Puente de Wheatstone.....	83
Figura 4.2 Circuito de Puente Completo.....	84

Figura 4.3 Señal de salida de la Celda de Carga.....	85
Figura 4.4Amplificación de la señal "celda de carga"	85
Figura 4.5 Configuración en Labview.....	87
Figura 4.6 Configuración de parámetros en ambiente gráfico.....	90
Figura 4.7 Tratamiento de la información: lectura de sensores.....	92
Figura 4.8 Generador de formato de reporte.....	93
Figura 4.9 Reporte de estados.....	94
Figura 4.10 Vista 3D de la placa madre.....	95

INDICE DE TABLAS

Tabla2.1 Tipos de actuadores.....	32
Tabla2.2 Potencia másica.....	32
Tabla 2.3 Tipos de sensores electrónicos.....	39
Tabla 3.1 Características técnicas de varias marcas de Servomotores.....	73
Tabla 4.1 Parámetros para generar el control por PWM.....	86
Tabla 4.2 Código de colores de cableado virtual.....	88
Tabla 4.3 Configuración de parámetros de comunicación.....	90
Tabla 4.4 Instancias de Programación.....	91
Tabla 4.5 Asignación de Rangos de Comunicación para LabVIEW.....	92

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1INTRODUCCIÓN

La evolución de la tecnología es el punto de partida para la evolución de las industrias ya que rinde frutos directamente en las ganancias diarias de una empresa con el ahorro de mano de obra y la disminución notable del tiempo de ejecución de un proyecto. Las bandas transportadoras se emplean cuando se mueve material con frecuencia entre puntos específicos; se utilizan para mover material por una trayectoria fija. [2] Por lo tanto, debe existir un volumen de movimiento suficiente que justifique el equipo dedicado a la tarea de manejo (bandas transportadoras). Existen aplicaciones en aeropuertos grandes en Europa, por ejemplo: **El Sistema Automático de Transporte y Tratamiento de Equipajes (SATE)**, la nueva terminal, tiene en servicio el sistema de alta velocidad para el tratamiento y clasificación de equipajes aéreos más grande de Europa. Dicho sistema permite tratar alrededor de 16.500 equipajes por hora en los 172 mostradores de facturación con los que cuenta. Con la terminal 4, AENA ha aumentado

en más de un 60 por ciento la capacidad de tráfico de pasajeros del aeropuerto de Madrid-Barajas, lo que le permite atender a más de 70 millones de personas al año. [5] Para procesar la gran cantidad de equipajes derivada de este tráfico, es imprescindible contar con un sistema de tratamiento rápido y fiable [5]. El sistema SATE es una instalación de transporte y clasificación de equipajes que combina cintas y bandejas de alta velocidad y que ha sido diseñada y fabricada íntegramente por Siemens [5]. Las maletas se mueven en varios tramos a una velocidad de hasta diez metros por segundo por un recorrido aproximado de 96 kilómetros. El edificio principal de despacho y clasificación está comunicado con el edificio satélite por un túnel de tres kilómetros de longitud. Siemens implantó tanto la instalación de transporte de equipajes para la terminal 4 como el correspondiente sistema de información y control, que permite modificaciones en tiempo real de los itinerarios de transporte. Cada equipaje, además, se puede localizar en cualquier instante y lugar del recorrido. El sistema clasifica a tanta velocidad que, durante los transbordos, el equipaje de los pasajeros queda embarcado en el avión de conexión solamente en 45 minutos. Siemens ha firmado con AENA un contrato por un año para el mantenimiento del SATE, lo que pone de relieve la confianza del operador aeroportuario en el grupo. Siemens se ha convertido en uno de los primeros proveedores mundiales de logística aeroportuaria y ha realizado, en los últimos años, proyectos de gran envergadura de los sistemas de transporte y clasificación de equipajes en los aeropuertos de Charles de Gaulle (París), Franz Josef Strauss (Múnich), Palma de Mallorca y Madrid-Barajas. Actualmente están en fase de instalación en los aeropuertos de Pekín y Dubái. [5] Algunos datos relevantes del SATE:

- Más de 20 millones de equipajes gestionados hasta diciembre
- Tratamiento de 16.500 equipajes/hora

- El sistema de bandas transportadoras de cinta y de bandejas transportadoras de alta velocidad (10 metros por segundo) totalizan 96 kilómetros
- El sistema atiende a 172 puestos de facturación en los vestíbulos de los edificios Principal

En los aeropuertos de nuestro país ya existen mecanismos de control para el transporte y seguridad de los equipajes. Al implementar este proyecto mediante un PIC 16f877a (Microcontrolador) o un PLC se centralizará el control de tal manera que tanto la banda transportadora como los elementos sensores podrán ser administrados, monitoreados y controlados. Labview es la herramienta principal para el monitoreo, supervisa los datos adquiridos por las entradas y las salidas del PLC; por otro lado también realiza reportes de alarmas según los parámetros de comportamiento de los sensores (metales, peso y presencia) [1]. En el sistema SATED (Sistema automático de transporte de equipajes didáctico) el PLC (Control Lógico Programable) o PIC (16f877A) es la herramienta central para el control tanto de los motores que dan movimiento a la banda, como de los sensores que detectan el contenido de la maleta, peso y presencia. La banda transportadora, mediante las señales de detección enviadas por los diferentes sensores (Inductivos, Capacitivos, Infrarrojos, etc.), podrá ser monitoreada por LabVIEW ya que adquiere la lectura de comportamiento de entradas y salidas del PLC o en su defecto por el comportamiento de las entradas del PI 16F877A, esta herramienta recoge todos los datos enviados y recibidos por el PIC, los procesa y elabora un modelo virtual de todo el sistema (Banda Transportadora, Sensores, Motores, etc.),[1] en donde observaremos su comportamiento en tiempo real y a distancia, generando reportes diarios de posibles alarmas que existieron o existan en el ciclo de trabajo del sistema. Las bandas transportadoras en la industria son utilizadas para diferentes aplicaciones: en la construcción, metalurgia, industria automotriz, etc. [2] El

PLC es una herramienta de control sintetizada en un solo equipo con sus diferentes entradas y salidas que pueden ser análogas o digitales.

En el manejo de datos podremos decir que este equipo ingresa el estado de las diferentes entradas, algunas de ellas enfocadas a los sensores, los mismos que detectan el posible contenido interno del equipaje (Metal), así como la contabilización de los mismos; a más de los sensores, el PIC controla la velocidad de los motores de la banda transportadora para evitar la colisión de los equipajes. Otra herramienta adicional es el monitoreo del comportamiento de las salidas del PIC mediante LabVIEW, esto nos permite observar en el monitor en tiempo real la ejecución de todo el sistema y a la vez llevar un registro de las diferentes alarmas suscitadas en este caso por la detección de metales en el equipaje, también nos da la posibilidad de observar la velocidad de la banda transportadora, y registrar el número de equipajes idóneos y no idóneos en un ciclo de trabajo.

1.2 TIPOS Y ORIGEN DE BANDAS TRANSPORTADORAS

En los transportadores de banda se emplean distintos tipos de bandas: de tela cauchotada con tejido de algodón, sintéticas (de fibra sintética); de acero, totalmente laminadas o fabricadas de alambre, de tela cauchotada con cuerdas de acero vulcanizadas dentro de ellas. La banda transportadora debe reunir los siguientes requisitos: alta resistencia mecánica longitudinal, flexibilidad en direcciones longitudinal (en tambores) y transversal (en apoyo de rodillos), elevada resistencia al desgaste y a la destratificación a reiterados dobleces, poca elasticidad y alta resistencia a la humedad. [1] Las ventajas de la banda transportadora son: poco peso propio, ausencia de articulaciones de rápido desgaste, posibilidad de desplazar la carga a grandes velocidades.

1.2.1. BANDAS TRANSPORTADORAS DE CANAL

Es uno de los métodos más baratos para transportar material; con frecuencia se emplea para comunicar dos líneas transportadoras eléctricas o para acumular material en las líneas de embarque. [1] Como se puede apreciar en la Figura 1.1 una banda transportadora de material en espiral es útil para trasladar artículos entre pisos porque requiere de una cantidad mínima de espacio. Aunque las bandas transportadoras de canal son económicas, también es difícil controlar los artículos que trasladan los canales; los paquetes pueden dar vuelta y girar, de modo que ocurren atascos y bloqueos.

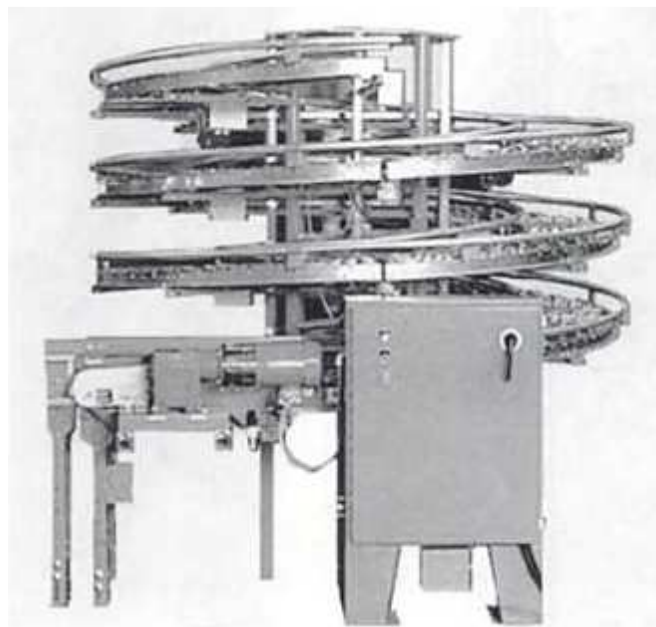


Figura 1.1 Bandas Transportadoras de Canal

1.2.2. BANDAS TRANSPORTADORAS DE CORREAS

Existe una amplia variedad de bandas transportadoras de correas que se emplean en los sistemas modernos para manejo de materiales. “Los tipos más populares son la banda transportadora de correa plana, la banda transportadora de correa telescópica, y la banda transportadora de correa magnética” [1].

BANDA TRANSPORTADORA DE CORREA PLANA

Se suele utilizar para mover cargas ligeras y medianas, entre operaciones, departamentos, niveles y edificios. Es muy útil cuando la trayectoria incluye una subida o bajada inclinada. "Debido a la fricción entre la correa y la carga, la banda transportadora de correa ofrece mucho control sobre la orientación y la colocación de la carga; sin embargo, la fricción también evita una acumulación, combinación y clasificación uniforme en la correa". [1] Casi siempre la correa tiene un soporte de rodillos o de guías deslizables como se puede observar en la figura 1.2.



Figura 1.2 Banda Transportadora de correa plana

BANDA TRANSPORTADORA DE CORREA TELESCÓPICA

"Una banda transportadora de correa telescópica en la figura 1.3 es una banda transportadora de correa plana que funciona sobre soportes de guías deslizables telescópicas". Son muy populares en bahías de recepción y embarque donde la banda transportadora se extiende hacia dentro y hacia fuera de los camiones para carga/descarga [1].

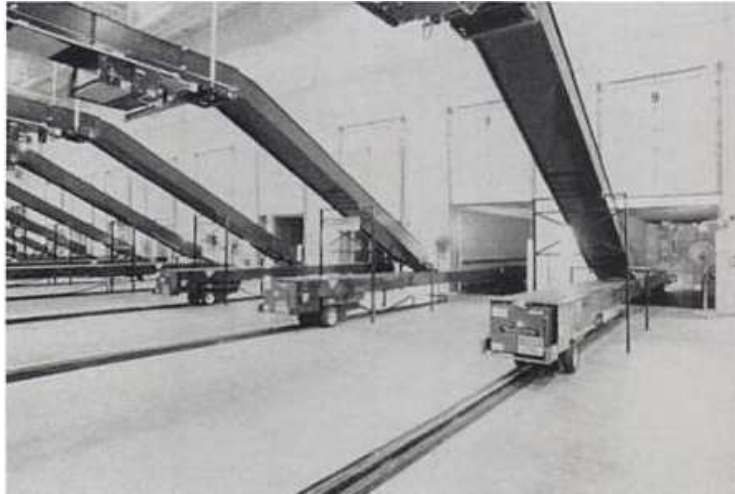


Figura 1.3 Banda transportadora de correa telescópica

BANDA TRASPORTADORA DE CORREA MAGNETICA

Esta consiste en una correa de acero y un soporte deslizante magnético o una polea magnética como se puede observa en la figura 1.4. "Se emplea para transportar materiales ferrosos en sentido vertical, colocados al revés, y en tramos no rectos, al igual que para separar los materiales ferrosos de los no ferrosos". Este tipo de bandas puede desplazar piezas hacia arriba y por una línea de producción y un pasillo con el fin de ahorrar y eliminar la necesidad de reasignación del equipo [1].



Figura 1.4 Banda transportadora de correa magnética

1.2.3 BANDA TRANSPORTADORA DE RODILLOS

La banda transportadora de rodillos es un tipo muy popular de banda transportadora para manejo de materiales: puede ser eléctrica o no. La banda transportadora de rodillos no eléctrica se le conoce como banda transportadora "por gravedad" porque el movimiento se consigue al inclinar la sección de los rodillos. La banda transportadora de rodillos eléctrica suele impulsarse mediante correas o una cadena. Sin embargo, algunos fabricantes han utilizado un eje propulsor giratorio para impulsar los rodillos; estos se conectan de forma individual al eje propulsor por medio de una correa elastomérica [1]. La banda transportadora de rodillos de la figura 1.5 es recomendable para acumular cargas y operaciones de combinación/clasificación. Debido a la superficie de los rodillos, los materiales transportados deben tener una superficie de contacto rígida.



Figura 1.5 Banda transportadora de rodillo

1.2.4 BANDA TRANSPORTADORA DE LINEA DE REMOLQUE

La banda transportadora de remolque o de línea de remolque de la figura 1.6 se emplea para aportar potencia a transportes con ruedas como camiones, plataformas rodantes o carretillas que avanzan por el suelo. Básicamente, la banda transportadora de remolque proporciona potencia para el tránsito por trayectorias fijas de los transportes que tienen una capacidad de trayectoria variable. [1] La línea de remolque puede ser colgante, a ras del suelo o en el interior del suelo. A menudo los sistemas de línea de remolque incluyen una clavija selectora o una palanca propulsora a fin de permitir una conmutación automática entre la línea de corriente eléctrica o hacia un apartadero sin corriente donde se acumule la carga. Por lo común, las bandas transportadoras de remolque se usan para distancias largas o cuando los movimientos son frecuentes.

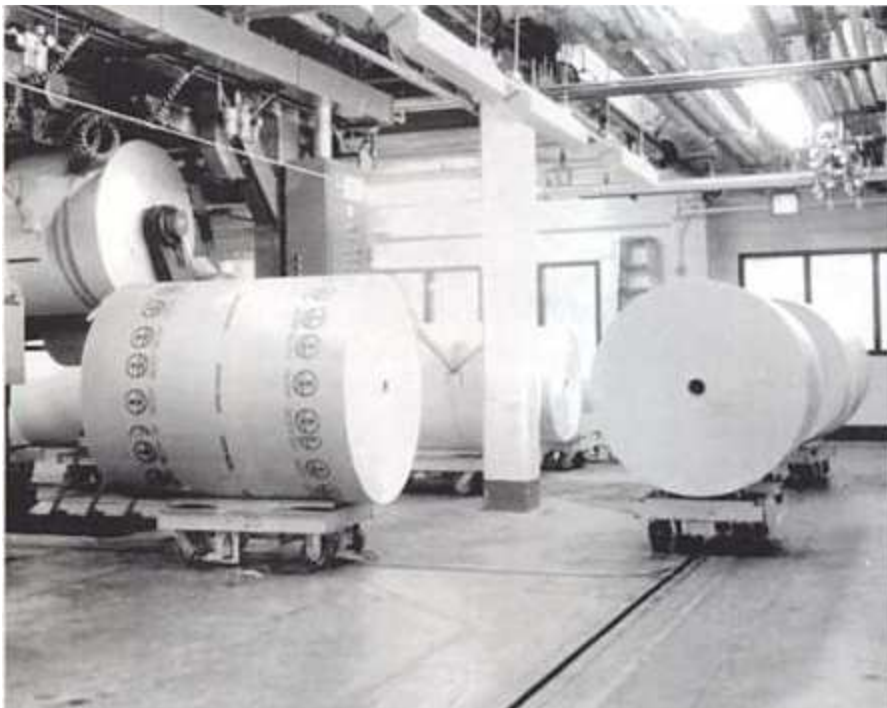


Figura 1.6 Banda transportadora de remolque

1.2.5 BANDA TRANSPORTADORA DE CARRETILLAS

La banda transportadora de carretillas en la figura 1.7 consiste en una serie de carretillas sostenidas por o dentro de una pista colgante. Suelen estar a distancias iguales en una

trayectoria de circuito cerrado y suspendidas de una cadena . Se adoptan transportadores especialmente diseñados para trasladar varias unidades de un producto. Tiene gran demanda en operaciones de procesamiento, montaje empaque y almacenamiento.

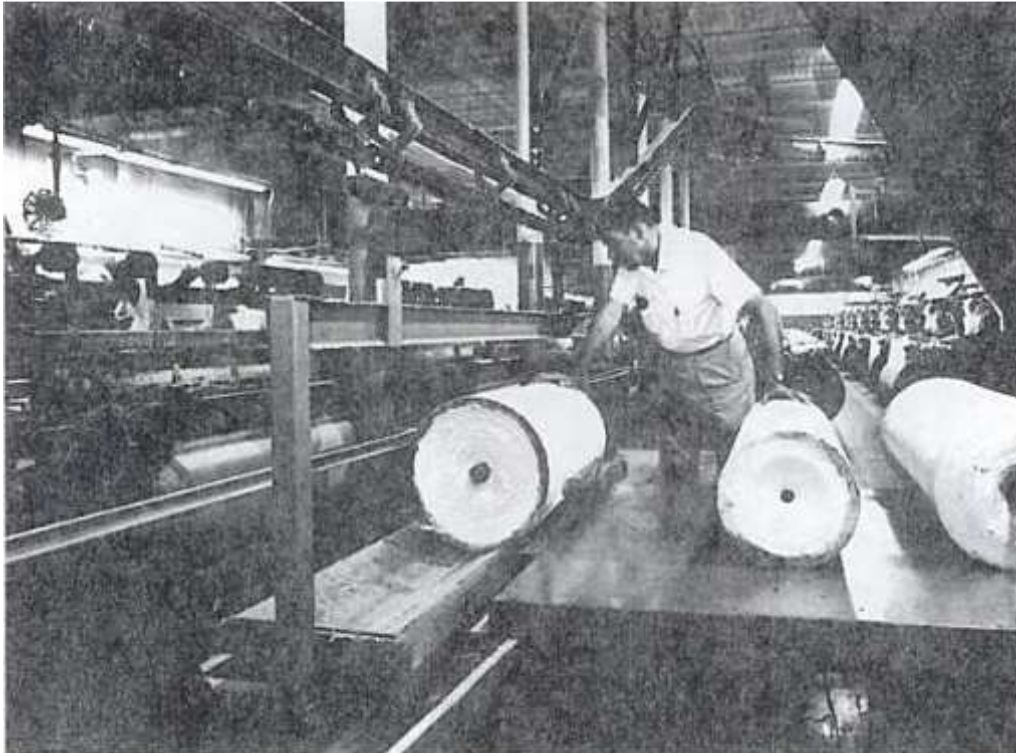


Figura 1.7 Banda Transportadora de carretillas

1.2.6 BANDA TRANSPORTADORA DE CORRIENTE Y LIBRE

La banda transportadora de corriente y libre de la figura 1.8 colgante es similar a la banda transportadora de carretillas en la que la cadena colgante moviliza transportadores espaciados a la misma distancia. Sin embargo, la banda transportadora de corriente y libre utiliza dos pistas: una con corriente y la otra sin corriente o libre. [1]

Los transportadores están suspendidos de un conjunto de carretillas que corren en la pista libre. La comunicación entre la cadena con corriente y las carretillas en la pista libre se consigue por medio de un "trinquete" o gancho. Los trinquetes en la cadena con corriente coinciden con extensiones similares en carretillas transportadoras y las

impulsan hacia la pista libre. La ventaja de diseño con corriente y libre es que los transportadores se pueden desmontar de la cadena de corriente y acumularse o cambiarse a apartaderos. Una variación de la banda transportadora de corriente y libre colgante se monta en el piso y se denomina banda transportadora de corriente y libre invertida. Este tipo de banda transportadora se encuentra en muchas plantas de montaje de automóviles. [1]

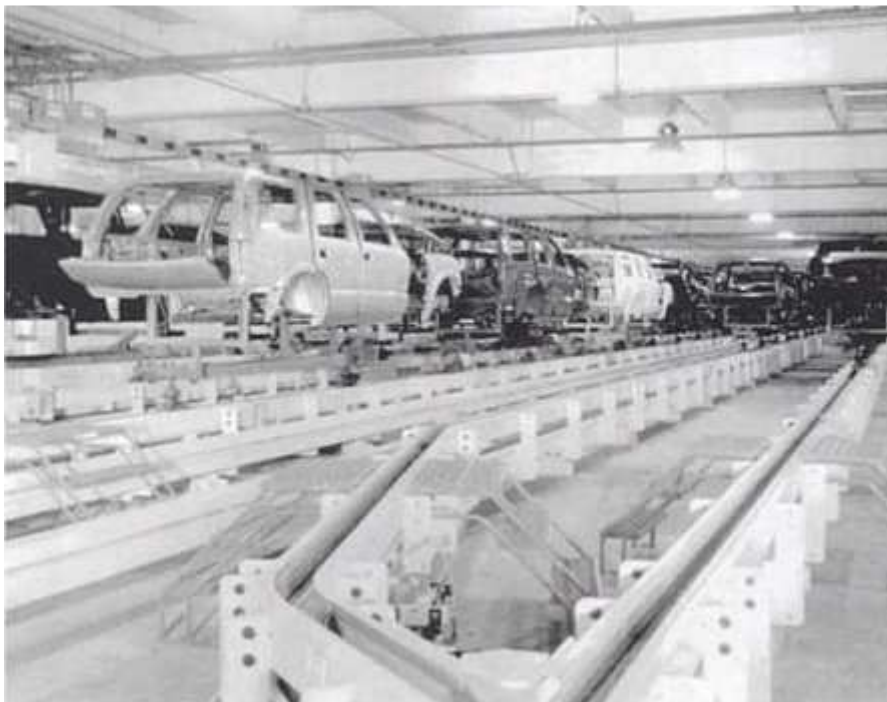


Figura 1.8 Banda transportadora de corriente y libre invertida

1.3 MÉTODOS DE AUTOMATIZACION Y CONTROL

“Un sistema automático es el conjunto de equipos trabajando juntos para realizar o producir un producto o una familia de productos” (Jon Stenerson). La demanda en la industria de un sistema económico, robusto, flexible, fácilmente modificable y con mayor facilidad para tratar con tensiones y corrientes fuertes que la que tenía el computador, hizo que se desarrollen los autómatas programables industriales o PLC. El objetivo del sistema de control es el de gobernar la respuesta de una planta, sin que el

operador intervenga directamente sobre sus elementos de salida. Dicho operador manipula únicamente las magnitudes denominadas de referencia y el sistema de control de la figura 1.9 se encarga de gobernar dicha salida a través de los actuadores.

El concepto lleva de alguna forma implícita que el sistema de control opera, en general, con magnitudes de baja potencia, llamadas generalmente señales, y gobierna unos accionamientos que son los que realmente modulan la potencia entregada a la planta.

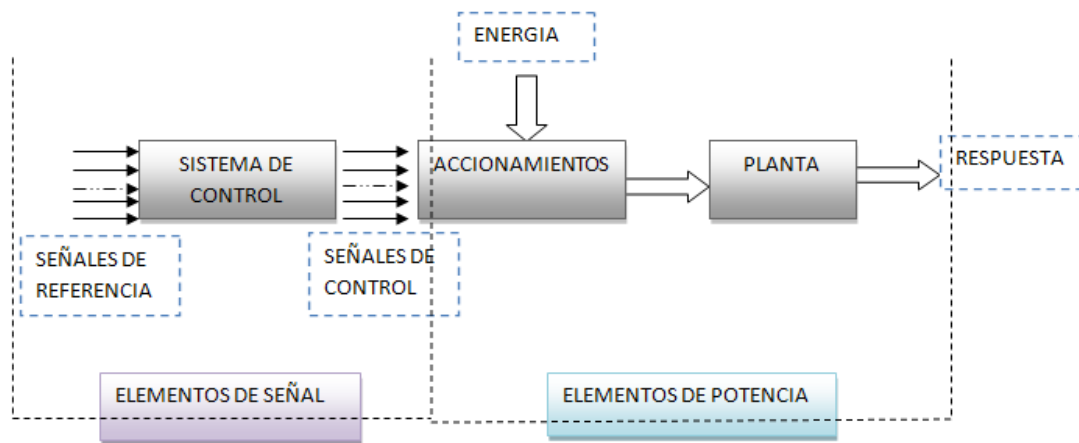


Figura 1.9 Control en lazo abierto

El conjunto de sistemas de control y accionamientos se limitaría a ser un convertidor amplificador de potencia que ejecuta las órdenes dadas a través de las magnitudes de referencia. Este tipo de sistemas de control se denomina en lazo abierto en la Figura 1.9, por el hecho que no recibe ningún tipo de información del comportamiento de la planta. Lo habitual, sin embargo, es que el sistema de control se encargue de la toma de ciertas decisiones ante determinados comportamientos de la planta, hablándose entonces de sistemas automáticos de control. Para ello se requiere la existencia de sensores que

detecten el comportamiento de dicha planta y de unas interfaces para adaptar las señales de los sensores a las entradas del sistema de control.

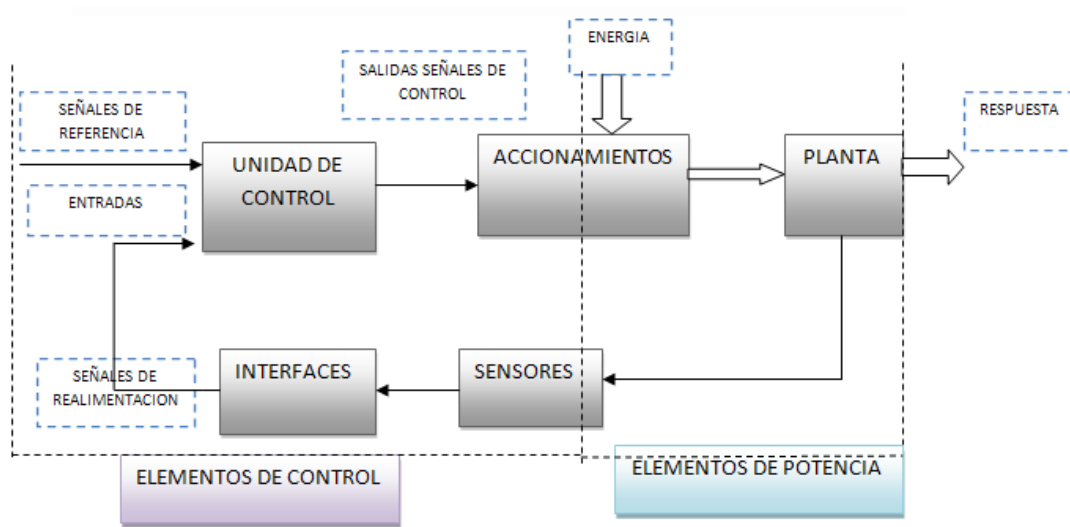


Figura 1.10 Control en lazo cerrado

En la figura 1.10 los sistemas se denominan en lazo cerrado, ya que su diagrama muestra claramente una estructura con camino directo y un retorno o realimentación, formando un lazo de control. En el caso general, podremos dividir el sistema de control en los siguientes bloques:

- Unidad de Control
- Accionamientos
- Sensores
- Interfaces

Cuando analizamos un problema de automatismo no hay una técnica única de aplicación. La técnica de automatismos es de muy variadas facetas que es preciso conocer.

- Mecánica
- Neumática
- Oleohidráulica
- Electricidad
- Electrónica

En las modernas fabricaciones y equipos no faltan las representaciones de estas técnicas confluyentes para lograr el fin que se pretende. Desde el punto de vista de la calle, cuando oímos hablar de automatización, enseguida se piensa en tremendos mecanismos, controles electrónicos, problemas sociales, paro obrero, superproducción, y es verdad que existen conexiones con estos aspectos. Existe, por tanto, la automatización de alto nivel y existe la pequeña automatización que está cercana a la mejora de métodos de trabajo, y también resuelve pequeños problemas, con pequeñas inversiones fácilmente amortizables, contribuyendo a mejorar el aspecto humano de la producción.

1.4 MÉTODOS DE MONITOREO

1.4.1 SCADA (SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION)

Es una aplicación de software especialmente diseñada para funcionar sobre computadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador como en el diagrama 1.11. También provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros usuarios supervisores dentro de la empresa (supervisión,

control de calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.). Comprende todas aquellas soluciones de aplicación para referirse a la captura de información de un proceso o planta, no necesariamente industrial, para que, con esta información, sea posible realizar una serie de análisis o estudios con los que se pueden obtener valiosos indicadores que permitan una retroalimentación sobre un operador o sobre el propio proceso, tales como:

- Indicadores sin retroalimentación inherente (no afectan al proceso, sólo al operador):
 - Estado actual del proceso. Valores instantáneos;
 - Desviación o deriva del proceso. Evolución histórica y acumulada;
- Indicadores con retroalimentación inherente (afectan al proceso, después al operador):
 - Generación de alarmas;
 - HMI Human Machine Interface (Interfaces hombre-máquina);
 - Toma de decisiones:
 - Mediante operación humana;
 - Automática (mediante la utilización de sistemas basados en el conocimiento o sistemas expertos).

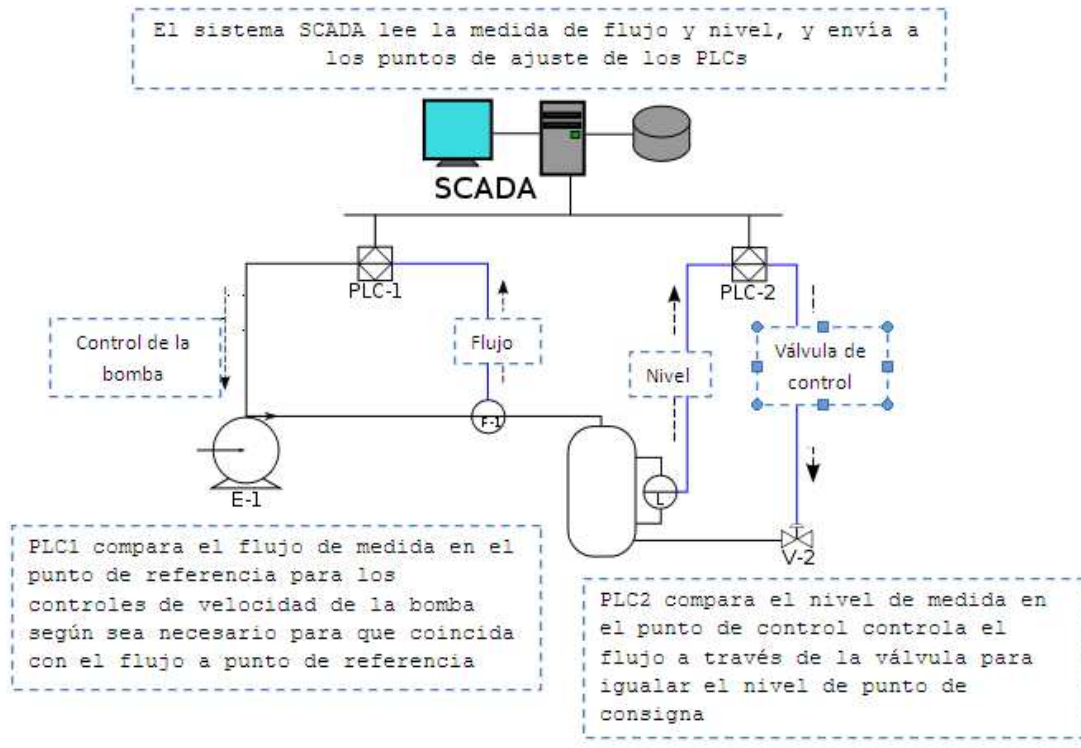


Figura 1.11 Esquema típico de SCADA

Este esquema es un ejemplo de la aplicación del sistema SCADA en áreas industriales.

Estas áreas pueden ser:

- Monitorear procesos químicos, físicos o de transporte en sistemas de suministro de agua, para controlar la generación y distribución de energía eléctrica, de gas o en oleoductos y otros procesos de distribución.
- Gestión de la producción (facilita la programación de la fabricación).
- Mantenimiento (proporciona magnitudes de interés tales para evaluar y determinar modos de fallo, MTBF, índices de Fiabilidad, entre otros).
- Control de Calidad (proporciona de manera automatizada los datos necesarios para calcular índices de estabilidad de la producción)

- Administración (actualmente pueden enlazarse estos datos del SCADA con un servidor ERP (Enterprise Resource Planning o sistema de planificación de recursos empresariales), e integrarse como un módulo más).
- Tratamiento histórico de información (mediante su incorporación en bases de datos).

1.4.2 NECESIDADES DE SUPERVISIÓN DEL PROCESO

Es necesaria la supervisión de diferentes procesos por las limitaciones de la visualización de los sistemas de adquisición y control. También para establecer un software de control en donde se establezca un cierre de lazo del control. Con el objetivo primordial de recoger, almacenar y visualizar la información.

1.4.3 INTERFAZ HOMBRE_MÁQUINA

Una interfaz Hombre - Máquina o HMI ("Human Machine Interface") es el aparato que presenta los datos a un operador (humano) y a través del cual éste controla el proceso. Los sistemas HMI en ordenadores se los conoce también como software HMI o de monitoreo y control de supervisión. Las señales del proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en el computador, PLC's (Controladores lógicos programables), PIC (Microcontrolador), PACs (Controlador de automatización programable), RTU (Unidades remotas de I/O) o DRIVER's (Variadores de velocidad de motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI. La industria de HMI nació esencialmente de la necesidad de estandarizar la manera de monitorear y de controlar múltiples sistemas remotos, PLCs y otros mecanismos de control. Aunque un PLC realiza automáticamente un control pre-programado sobre un proceso, normalmente se distribuyen a lo largo de toda la planta, haciendo difícil recoger los datos de manera manual, los sistemas SCADA lo hacen de

manera automática. Históricamente los PLCs no tienen una manera estándar de presentar la información al operador. La obtención de los datos por el sistema SCADA parte desde el PLC o desde otros controladores y se realiza por medio de algún tipo de red, posteriormente esta información es combinada y formateada. Un HMI puede tener también vínculos con una base de datos para proporcionar las tendencias, los datos de diagnóstico y manejo de la información así como un cronograma de procedimientos de mantenimiento, información logística, esquemas detallados para un sensor o máquina en particular, incluso sistemas expertos con guía de resolución de problemas. Desde cerca de 1998, virtualmente todos los productores principales de PLC ofrecen integración con sistemas HMI/SCADA, muchos de ellos usan protocolos de comunicaciones abiertos y no propietarios. Numerosos paquetes de HMI/SCADA de terceros ofrecen compatibilidad incorporada con la mayoría de PLCs, PICs incluyendo la entrada al mercado de ingenieros mecánicos, eléctricos y técnicos para configurar estas interfaces por sí mismos, sin la necesidad de un programa hecho a medida escrito por un desarrollador de software.

1.5 REDES DE COMUNICACIÓN

1.5.1 COMPONENTES DEL SISTEMA

Los tres componentes de un sistema SCADA son:

1. Múltiples Unidades de Terminal Remota (también conocida como UTR, RTU o Estaciones Externas).
2. Estación Maestra y Computador con HMI.
3. Infraestructura de Comunicación.

1.5.2 UNIDAD TERMINAL REMOTA (UTR)

La UTR se conecta al equipo físicamente y lee los datos de estado como los estados abierto/cerrado desde una válvula o un interruptor, lee las medidas como presión, flujo, voltaje o corriente. Por el equipo UTR se pueden enviar señales que pueden controlarlo: abrirlo, cerrarlo, intercambiar la válvula o configurar la velocidad de la bomba, ponerla en marcha, pararla. La UTR puede leer el estado de los datos digitales o medidas de datos analógicos y envía comandos digitales de salida o puntos de ajuste analógicos. Una de las partes más importantes de la implementación de SCADA son las alarmas. Una alarma es un punto de estado digital que tiene cada valor NORMAL o ALARMA. La alarma se puede crear en cada paso que los requerimientos lo necesiten. Un ejemplo de una alarma es la luz de "tanque de combustible vacío" del automóvil. El operador de SCADA pone atención a la parte del sistema que lo requiera, por la alarma. Pueden enviarse por correo electrónico o mensajes de texto con la activación de una alarma, alertando al administrador o incluso al operador de SCADA.

1.5.3 INFRAESTRUCTURA Y MÉTODOS DE COMUNICACIÓN

Los sistemas SCADA tienen tradicionalmente una combinación de radios y señales directas seriales o conexiones de módem para conocer los requerimientos de comunicaciones, incluso Ethernet e IP sobre SONET- SYNCHRONOUS OPTICAL NETWORKING (fibra óptica) es también frecuentemente usada en sitios muy grandes como ferrocarriles y estaciones de energía eléctrica. Es más, los métodos de conexión entre sistemas pueden incluso que sea a través de comunicación wireless (por ejemplo si queremos enviar la señal a una PDA, a un teléfono móvil, etc.) y así no tener que emplear cables. Para que la instalación de un SCADA sea perfectamente aprovechada, debe cumplir varios objetivos:

1. Deben ser sistemas de arquitectura abierta (capaces de adaptarse según las necesidades).
2. Deben comunicar con facilidad al usuario con el equipo de planta y resto de la empresa (redes locales y de gestión).
3. Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware.
También tienen que ser de utilización fácil.

CAPITULO II

ARQUITECTURA

2.1 PLC

Los sistemas automatizados han evolucionado desde el control a relés hasta los que usan facilidades computacionales desarrolladas en los tiempos presentes. Actualmente el corazón del desarrollo de los sistemas automáticos lo representan esencialmente los Controladores Lógicos Programables (PLC). [7] Uno de los aspectos más importantes dentro del trabajo con PLCs es la programación de los mismos y la creación o configuración de las aplicaciones. Así como también se desarrollan aplicaciones que pueden ser ejecutadas en el software de simulación que acompaña a este trabajo

2.1.1 ¿QUÉ ES UN PLC?

Un PLC (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo electrónico de estado sólido que puede controlar un proceso o una máquina y que tiene la capacidad de ser programado o reprogramado rápidamente según la demanda de la aplicación como lo podemos ver en la figura 2.1. Fue inventado para reemplazar los circuitos secuenciales basados en relés que eran necesarios para el control de las máquinas. [7] El PLC funciona monitoreando sus entradas, y dependiendo de su estado, activando y desactivando sus salidas. El usuario introduce al PLC un programa, usualmente vía Software, lo que ocasiona que el PLC se comporte de la manera deseada.



Figura 2.1 Aspecto físico de un PLC

Los PLCs son usados en muchas aplicaciones: Maquinado de piezas, Embaladoras, Manipulación de materiales, ensamblado automático, y en general cualquier tipo de aplicación que requiera de controles eléctricos puede usar más bien un PLC.

2.1.2. APLICACIÓN TÍPICA DE UN PLC

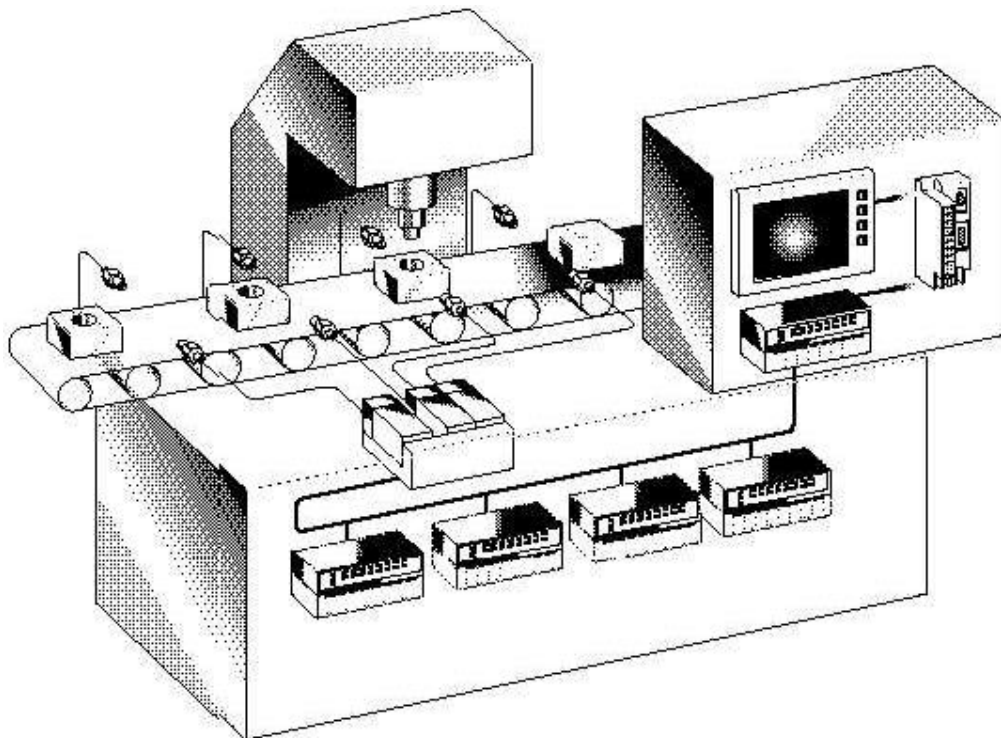


Figura 2.2 Aplicación típica de un PLC

En la figura 2.2 podemos asumir, que cuando un switch se activa, deseamos también activar una válvula solenoide por un período de 5 segundos y luego apagarla sin importar el tiempo que el switch estuvo activado. [7] Esto se puede hacer con un simple temporizador externo; pero, si el proceso incluye 10 switches y 10 solenoides obviamente se necesitaría una gran cantidad de contadores externos. Como se ve, mientras más grande es el proceso, mayor es la necesidad de un PLC, y por ejemplo, en el caso descrito bastaría con simplemente programar el PLC para que cuente sus entradas y mantenga activada sus salidas por un cierto período de tiempo.

2.1.3 CARACTERISTICAS SOBRESALIENTES DE LOS PLCs

Poseen memoria volátil y no volátil. Tanto el programa de aplicación escrito por el usuario como los datos internos del PLCs, normalmente es guardado en una RAM (memoria volátil), lo que le permite tener un acceso más veloz a las instrucciones de programa y a los datos internos de registros, contadores, temporizadores, bits internos, etc. También, una vez que se ha depurado el programa de aplicación, los PLCs permiten la opción de salvaguardar el programa en memorias tipo EEPROM (no volátiles) Figura 2.4 para así recuperar el mismo en caso de un corte muy prolongado de energía que ocasiona una pérdida de datos de la RAM.

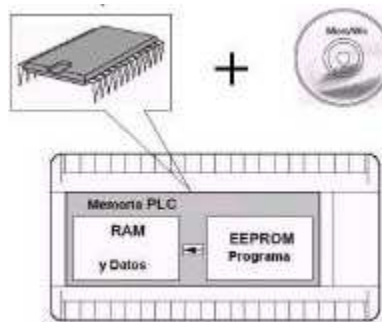


Figura 2.3 Tipos de memorias en un PLC

Capacidad modular de entradas / salidas. Esto permite la combinación de distintos niveles y tipos de señal de entrada, así como también el manejo de salidas para distintos tipos de carga como podemos ver en la figura 2.4. Igualmente si la aplicación crece, y se requiere mayor número de entradas / salidas, casi sin ningún problema los PLCs pueden adecuarse al nuevo requerimiento.

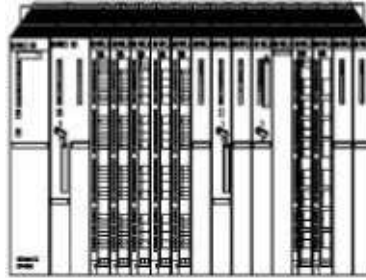


Figura 2.4 Capacidad modular de PLCs

Autodiagnóstico de fallas. El PLC monitorea el funcionamiento de su CPU, Memoria y circuito de interfaces de entrada y de salida, e igualmente, monitorea el correcto funcionamiento del programa de aplicación. En ambos casos señala por medio de LEDs en su cara frontal el estado respectivo como podemos ver en la figura 2.5. Obviamente esta capacidad es de gran utilidad para efectos de mantenimiento y corrección de fallas.

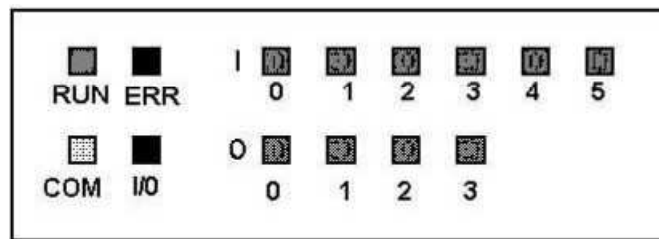


Figura 2.5 Visualizador de status de PLCs

Programación de la lógica de control. Esto permite la fácil adaptación a los cambios en la lógica de operación de las máquinas y procesos como en la figura 26.

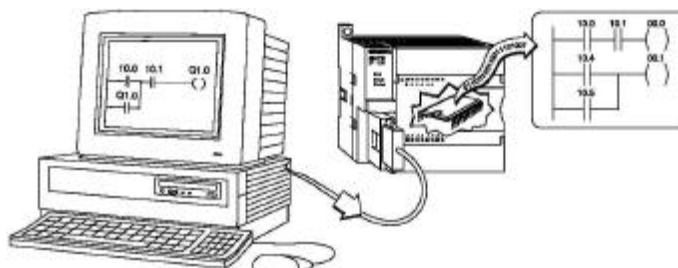


Figura 2.6 Lógica programada

Capacidad para generar reportes y comunicarse con otros sistemas. Con esta facilidad se pueden integrar interfaces de explotación Hombre-Máquina, sacándole al sistema mayor cantidad de información como podemos ver en la figura 2.7. Igualmente los PLCs pueden participar en redes de datos comunicándose con otros PLCs para formar sistemas de control distribuidos, o integrándose a las redes administrativas de la producción.

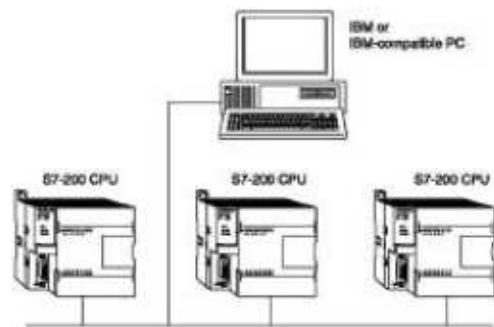


Figura 2.7 Capacidad de Comunicación

2.2 SOFTWARE LabVIEW

LabVIEW es una herramienta diseñada especialmente para monitorizar, controlar, automatizar y realizar cálculos complejos de señales analógicas y digitales capturadas a través de tarjetas de adquisición de datos, puertos serie y GPIBs (Buses de Intercambio de Propósito General).

Es un lenguaje de programación de propósito general, como es el Lenguaje C o Basic, pero con la característica que es totalmente gráfico, facilitando de esta manera el entendimiento y manejo de dicho lenguaje para el diseñador y programador de aplicaciones tipo SCADA.

Incluye librerías para la adquisición, análisis, presentación y almacenamiento de datos, GPIB y puertos serie. Además de otras prestaciones, como la conectividad con otros programas, por ejemplo de cálculo, y en especial MatLAB.

Está basado en la programación modular, lo que permite crear tareas muy complicadas a partir de módulos o sub-módulos mucho más sencillos. Además estos módulos pueden ser usados en otras tareas, con lo cual permite una programación más rápida y provechosa.

También ofrece la ventaja de “debugging” en cualquier punto de la aplicación. Permite la posibilidad de poner “break points”, ejecución paso a paso, ejecución hasta un punto determinado y se puede observar como los datos van tomando valores a medida que se va ejecutando la aplicación. Además también lleva incorporado generadores de señales para poder hacer un simulador.

2.2.1 FILOSOFÍA DE LABVIEW

LabVIEW es un lenguaje completamente gráfico, y el resultado de ello es que es totalmente parecido a un instrumento, por ello a todos los módulos creados con LabVIEW se les llama VI (Instrumento Virtual).

Existen dos conceptos básicos en LabVIEW: el Front Panel (Panel Frontal) y el Block diagram (Diagrama de Bloque). El Panel Frontal es el interfaz que el usuario está viendo y puede ser totalmente parecido al instrumento del cual se están recogiendo los datos, de esta manera el usuario sabe de manera precisa cual es el estado actual de dicho instrumento y los valores de las señales que se están midiendo. El diagrama de bloques es el conexionado de todos los controles y variables, que tendría cierto parecido al diagrama del esquema eléctrico del instrumento.

LabVIEW tiene la característica de descomposición modular ya que cualquier VI que se ha diseñado puede convertirse fácilmente en un módulo que puede ser usado como una sub-unidad dentro de otro VI. Esta peculiaridad podría compararse a la característica de procedimiento en los lenguajes de programación estructurada.

Es un sistema abierto, en cuanto a que cualquier fabricante de tarjetas de adquisición de datos o instrumentos en general puede proporcionar el driver de su producto en forma de VI dentro del entorno de LabVIEW. También es posible programar módulos para LabVIEW en lenguajes como C y C++, estos módulos son conocidos como Sub-VIs y no se diferencian a los VI creados con LabVIEW salvo por el interfaz del lenguaje en el que han sido programados. Además estos Sub-VIs son muy útiles por ejemplo en el campo de cálculos numéricos complejos que no se encuentran incluidos en las librerías de LabVIEW.

2.2.2 INTRODUCCIÓN A LA INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL

INSTRUMENTO VIRTUAL

Es un módulo software que simula el panel frontal de un instrumento, apoyándose en elementos hardware accesible por el computador (tarjetas DAQ, DSP, instrumentos vía GPIB, RS232, etc.), el cual realiza una serie de medidas como si se tratase de un instrumento real.

Por tanto, cuando se ejecuta un programa que funciona como instrumento virtual, el usuario ve en la pantalla de su computador un panel cuya función es idéntica a la de un instrumento físico, facilitando la visualización y control del aparato. A partir de los datos reflejados en el panel frontal, el VI debe actuar recogiendo o generando señales, como lo haría su homólogo físico.

PROGRAMACIÓN GRÁFICA

Anteriormente la construcción de un VI se llevaba a cabo con paquetes software que ofrecían una serie de facilidades, como funciones de alto nivel y la incorporación de elementos gráficos que simplifican la tarea de programación y elaboración del panel frontal. Sin embargo, el cuerpo del programa seguía basado en texto, lo que suponía mucho tiempo invertido en detalles de programación que nada tiene que ver con la finalidad del VI; posteriormente aparece el Software de Programación Gráfica como:

- VEE (Hewlett Packard)
- Lab VIEW (National Instruments)
- Visual Designer (Burr Brown)

Que ha simplificado notablemente la creación de un instrumento virtual, minimizando el tiempo de desarrollo de las aplicaciones.

Aplicaciones de los instrumentos virtuales.

Entre las principales tenemos:

Instrumentos de medida en muchos campos (Electrónica de Potencia, Procesamiento de Señales, Mecánica, etc.)

2.3 ACTUADORES

Un actuador es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide) como podemos ver un ejemplo en

la figura 2.8. Dependiendo del origen de la fuerza el actuador se denomina “neumático”, “hidráulico” o “eléctrico”.

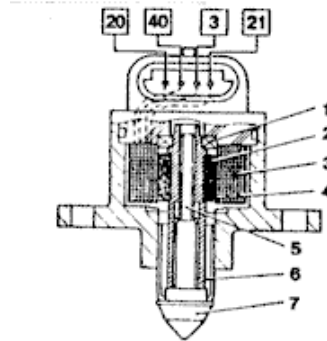


Figura 2.8 Actuador Régimen Ralentí (motor paso a paso)

1. Rodamiento	5. Tornillo
2. Rosca interna	6. Ranuras antirrotación
3. Bobinas	7. Obturador
4. Imán	

El actuador más común es el actuador manual o humano. Es decir, una persona mueve o actúa un dispositivo para promover su funcionamiento. Con el tiempo, se hizo conveniente automatizar la actuación de dispositivos, por lo que diferentes dispositivos hicieron su aparición. Actualmente hay básicamente dos tipos de actuadores.

- Lineales
- Rotatorios