

# Capítulo 1

## Introducción

La tecnología ha sido una gran herramienta para elevar la productividad del hombre. Desde los inicios de la civilización, el hombre ha utilizado los beneficios de la tecnología para su beneficio; logrando así, realizar tareas tan básicas como la fabricación de lanzas para caza, hasta robots capaces de ensamblar autos.

México, la zona de interés de este trabajo, ha sufrido cambios tecnológicos abrumadores en últimos años. El primer paso hacia la modernización tecnológica de nuestro país surge a principios del siglo pasado cuando en tiempos de Porfirio Díaz, la infraestructura ferroviaria conecta las ciudades más importantes del país, logrando con esto fomentar el crecimiento de zonas antes aisladas.

Es precisamente este sector el que logra impulsar el deseo de inversionistas nacionales e internacionales para apostar por el sector automotriz. Las facilidades del gobierno, mano de obra accesible y sobretodo el gran auge del ramo automotriz han logrado afianzar a esta industria hasta llegar al punto de tener más de una decena de plantas ensambladoras de autos en el país y cientos mas complementarias de este sector.

Puebla es un claro ejemplo de este desarrollo automotriz, cuenta con una de las plantas ensambladoras mas importante del país y es zona de paso obligado para el transporte del sureste del país hacia la capital y el resto de la zona central de la nación

Es precisamente este rubro, el automotriz, el que más avances tecnológicos ha logrado desde su creación, todas las compañías deben ser capaces de producir lo más rápido posible, con los menores defectos y sobretodo con un porcentaje mínimo de desperdicio para mantenerse competitivos en el mercado nacional e internacional

Es por esto, que esta tesis tiene como punto de estudio un avance tecnológico de una compañía del sector automotriz que puede ser utilizado para reducir tiempos de producción, defectos de trabajo y en especial para ser mas rentable para la empresa.

## **1.1 Automatización Industrial**

Se define automatización o automática como “la disciplina que trata de los métodos y procedimientos cuya finalidad es la sustitución del operador humano por un operador artificial en la ejecución de una tarea física o mental previamente programada” [1].

Los primeros autómatas se tienen registrados en la antigua Etiopía en el año de 1500 a. C. Amenhotep construye una estatua de Memnon, el rey de Etiopía que produce sonidos cuando lo iluminan los rayos del sol al amanecer. En China, en el 500 a.C. King-su Tse inventa una urraca voladora de madera y bambú y un caballo de madera que saltaba. En la Edad Media se desarrolló el autómata más antiguo que aun se conserva en la actualidad, el Gallo de Estrasburgo (figura 1.1) que funcionó desde el año 1352 hasta 1789, éste formaba parte de la Catedral de Estrasburgo y al dar las horas movía el pico y las alas. Durante los siglos XVII y XVIII se crearon ingenios mecánicos que tenían algunas características de los robots actuales, Jacques de Vaucanson construyó un pato (figura 1.2) que alargaba su cuello para tomar el grano de la mano y luego lo tragaba y digería, podía beber, chapotear, graznar e imitaba los sonidos que hace un pato cuando traga. Digería los alimentos por disolución y los conducía por unos tubos, donde había un esfínter que permitía evacuarlos [1].



Figura 1.1 Gallo de Estrasburgo

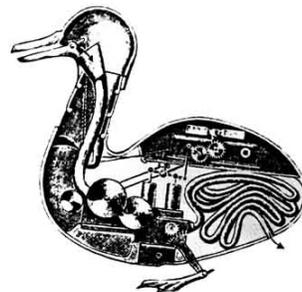


Figura 1.2 Pato de Jacques de Vaucanson

A finales del siglo XVIII y a principios del XIX se desarrollaron algunas invenciones mecánicas para la industria textil, entre ellas la hiladora giratoria de

Hargreaves, la hiladora mecánica de Cromton, el telar de Jacquard. Jacquard fue el primero en aplicar las tarjetas perforadas como soporte de programa de trabajo, estas máquinas constituyeron los primeros precedentes de las máquinas de control numérico. Estos autómatas del pasado se pueden considerar los antepasados de los sistemas actuales de automatización industrial [1].

En los sistemas automatizados, el proceso de fabricación no lo realiza un ser humano, sino que se encuentra contenida en una unidad de control. La implementación de esta inteligencia ha adoptado diferentes formas, desde mecanismos puramente mecánicos hasta autómatas programables [7].

Una forma clásica de abordar el estudio de Sistemas de Automatizados es dividirlos en una parte de mando y otra operativa (figura 1.3). La parte operativa es la que actúa directamente sobre la máquina, son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación, forman parte de ella los actuadores, como son los motores de corriente continua, motores de corriente alterna, cilindros neumáticos, accionadores hidráulicos, compresores, bombas, etc. La parte de mando puede ser un autómata programable, un microcontrolador, circuitos digitales, etc.

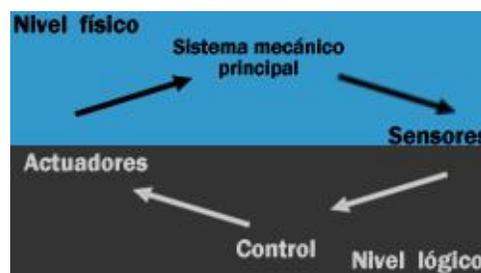


Figura 1.3 Partes Sistema Automatizado

No todos los procesos se pueden automatizar y algunas de las razones más comunes son: es muy caro desarrollar las máquinas o mecanismos para automatizar el sistema, no existen sensores fiables del proceso que se desea automatizar, es más barato que lo realice un ser humano.

## **1. 2 Controladores Lógico Programables (PLC)**

Los autómatas programables se introducen por primera vez aproximadamente en 1960. Bedford Associates desarrolló el denominado Modular Digital Controller (Modicon) para el fabricante de automóviles General Motors [6].

La combinación de los autómatas programables, así como el desarrollo de sensores y actuadores mas especializados, permite que se automatice un mayor número de procesos. La potencia de los autómatas programables ha aumentado considerablemente en los últimos años dejando de ser lentos elementos de control que solo pueden sustituir a los cuadros conectores a ejecutar complicadas aplicaciones de control en un tiempo de computo mínimo y con alta fiabilidad.

## **1.3 Control Difuso**

El control difuso es una alternativa práctica para aplicaciones complejas de control, ya que provee un método para construir controles no lineales usando información heurística. Esta información se obtiene del experto en la operación del proceso. Los controles difusos emulan el proceso de toma de decisiones que realizan los humanos. Una de las ventajas más grandes de este tipo de control es que permite operar con conceptos

vagos o ambiguos propios del razonamiento cualitativo, sin embargo tiene un soporte matemático que permite extraer conclusiones cuantitativas a partir de reglas antecedentes y reglas cualitativas [8].

## **1.4 Sensores y Actuadores**

Para que el proceso de control de un Sistema de Automatización sea efectivo, la información de los sensores debe ser suficiente y fiable. Los procesos de movimiento de bandas transportadoras y robots han sido totalmente automatizados dado a que existen los sensores y actuadores adecuados.

Para efectuar el control de los procesos es necesario que el controlador tenga información del proceso, como puede ser la posición de las partes móviles de las máquinas, los objetos ha producir o de variables como temperatura, humedad, presión, etc. La variedad de sensores disponible en el mercado para responder a múltiples problemas de detección en los procesos industriales, es muy amplia, se pueden encontrar: finales de carrera, detectores de proximidad inductivos, ultrasónicos, ópticos, etc.

### **1.4.1 Sensores ultrasónicos**

Los sensores ultrasónicos emiten un pulso ultrasónico y usan el primer eco reflejado por el objeto para calcular la distancia. Cuando un objeto interrumpe el haz, refleja la señal hacia el sensor y producirá su conmutación. En la cara activa del sensor un disco cerámico piezoeléctrico se encarga de transmitir ondas de sonido a alta frecuencia. Durante un tiempo el disco se le aplica un voltaje de alta frecuencia lo cual causa que vibre a la misma frecuencia emitiendo ondas de sonido de alta frecuencia. A continuación, el sensor no emite

durante un tiempo esperando los pulsos reflejados. Cuando las ondas chocan con un objeto, se produce un eco. Estas ondas reflejadas llegan al sensor, este conmutará indicando a cuanta distancia se encuentra el objeto [3].

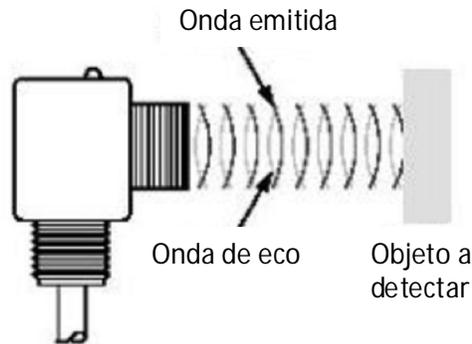


Figura 1.4 Sensor ultrasónico [15]

Algunas de las características de estos sensores son [3]:

- No son afectados por el material, superficie o color del objeto.
- Son resistentes a vibraciones, radiación y polvo.
- Son ideales para superficies transparentes o blancas.

### 1.4.2 Sensores Fotoeléctricos

Los detectores fotoeléctricos incorporan un emisor y un receptor. El receptor reacciona ante las variaciones de luz que es emitida por el emisor. El tratamiento de la variación de la luz se transforma en una activación de la salida. Para calcular la distancia miden el tiempo entre la emisión y la recepción de los pulsos de luz láser [3].

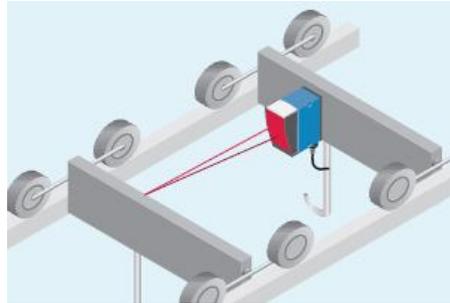


Figura 1.5 Sensor fotoeléctrico [16]

En los detectores fotoeléctricos la luz que emite el emisor es una luz modulada, de esta forma se eliminan las perturbaciones debidas a la luz solar u otras formas de luz. Existen varios modos de funcionamiento [3]:

- Modo reflexión: el emisor y el receptor se encuentran en la misma unidad. El haz de la luz se refleja en el objeto y es tratado por el receptor. No se necesita ajustar el eje óptico como en el caso del reflector. Permite diferenciar colores.
- Modo reflector: el haz de luz es reflejado mediante un reflecto. La conmutación se produce cuando un objeto interrumpe el haz. Al disponer de un reflector este se podrá instalar en espacios restringidos dado que no necesita cableado. La distancia de detección es mayor que en el sensor de tipo reflexión. Permite detectar objetos opacos sea cual sea su forma o material.

Algunas de las características de los sensores fotoeléctricos son [3]:

- Detección sin contacto, lo cual evita dañar al objetivo o al cabezal del sensor lo que consigue alargar la vida en servicio del sensor.
- Detección de todo tipo de materiales, la detección se basa en la cantidad de luz recibida o en el cambio de luz reflejada en el objetivo.
- Alta velocidad de respuesta, el tiempo transcurrido desde la detección del objetivo hasta la conmutación efectiva del sensor, puede ser de solo  $20\mu\text{s}$ , para este proyecto esta velocidad es suficiente.

### 1.4.3 Actuadores

Los actuadores son los encargados de realizar acciones físicas al proceso. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como puede ser motores de corriente directa o alterna, electroválvulas etc. [1].

Además de los actuadores hidráulicos existen otros actuadores capaces de generar fuerzas y movimientos en los sistemas, cada tecnología tiene sus campos de aplicación idóneos, en la tabla 1.1 se comparan las características típicas de las tres tecnologías más difundidas [4]:

Tabla 1.1 Comparación de los sistemas hidráulicos, eléctricos y neumáticos [4]

	<b>Electricidad</b>	<b>Hidráulica</b>	<b>Neumática</b>
<b>Fugas</b>		Contaminación	Aparte de las pérdidas de energía, no tiene desventajas
<b>Influencias del entorno</b>	Peligro de explosión de determinados entornos; relativamente sensible a la temperatura	Sensible a las oscilaciones de la temperatura, peligro de incendio en caso de fugas	No produce explosiones; insensible a las temperaturas
<b>Acumulación de energía</b>	Difícil y solo en cantidades reducidas mediante baterías	Dentro de ciertos límites recurriendo a gases	Fácil
<b>Transporte de la energía</b>	Sin límites aunque con pérdida de energía	Hasta 100 m con velocidad de caudal de $v=2.6$ m/s	Hasta 1000 m con velocidad del caudal de $v=20-40$ m/s
<b>Velocidad de trabajo</b>		$v=0.5$ m/s	$v=1.5$ m/s
<b>Costos de la energía consumida</b>	0.25	1	2.5
<b>Movimiento lineal</b>	Difícil y costoso, fuerzas pequeñas, complicada regulación de las velocidades	Sencillo con cilindros, fácil regulación de la velocidad, fuerzas muy grandes	Sencillo con cilindros, fuerzas limitadas, velocidades muy dependientes de las cargas
<b>Movimiento rotativo</b>	Sencillo y de gran rendimiento	Sencillo, par de giro elevado, revoluciones bajas	Sencillo, bajo rendimiento, revoluciones elevadas
<b>Exactitud de posicionamiento</b>	Exactitudes hasta $\pm 1 \mu\text{m}$ fáciles de alcanzar	Dependiendo del sistema pueden alcanzarse precisiones de hasta $\pm 1 \mu\text{m}$	Sin cambio de cargas exactitudes de hasta 1/10 mm
<b>Estabilidad</b>	Muy buena si se utilizan conexiones mecánicas	Buena, puesto que el aceite prácticamente no se comprime	Baja puesto que el aire se comprime
<b>Fuerzas</b>	No resiste sobrecargas, bajo rendimiento por los componentes mecánicos, pueden obtenerse fuerzas considerables	Resiste sobrecargas, si el sistema tiene presiones elevadas (600 bar), es factible generar fuerzas muy grandes $F < 3000$ kN	Resistente a sobrecargas, limitación de fuerzas por la presión del aire y el diámetro de los cilindros $F < 30$ kN a 6 bar.

### 1.5 Diseño de un sistema experto para el enderezado de chasis en frío

Este proyecto nació de la necesidad de la empresa Frankfer Reparación de Equipo Pesado, de disminuir el tiempo de reparación de las unidades (tractocamiones) cuando estos sufren daños en su estructura o chasis y de aumentar la calidad de su servicio. La reparación consiste en enderezar el chasis a través de fuerzas generadas por cilindros

hidráulicos. La primera parte del proceso es identificar que tipo de daño sufre la estructura o chasis, cada tipo de daño al que en este trabajo se llamará “Caso”. Para esto se necesitan medir varios puntos a lo largo de la estructura para comparar el lado izquierdo de la estructura con el lado derecho, la comparación de estas medidas serán las entradas al control difuso. Una vez identificado, se reparará utilizando los cilindros hidráulicos como se explica en el Capítulo 3.

En los siguientes capítulos se presenta una introducción a los sistemas expertos, la lógica difusa, el diseño del control difuso y las características que este tiene. También se explica el funcionamiento del Controlador Lógico Programable, ya que en este dispositivo se programó el control diseñado. Además, se describen los elementos hidráulicos del sistema de enderezado actual y de los elementos necesarios para que en un futuro pueda interactuar el control diseñado con el sistema de enderezado y finalmente se presentan los resultados a los que se llegó.