

# **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

---

---

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LOPEZ MATEOS”**

**“SISTEMA DE CONTROL ELECTRONICO PARA UNA PLANTA  
PRODUCTORA DE TELAS UTILIZANDO LA TECNOLOGIA RFID”**

## **T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA**

PRESENTA:

**CRISTHIAN BLANCO VÁSQUEZ**



MÉXICO D.F.

JUNIO 2012

## ÍNDICE GENERAL

<b>Introducción.....</b>	<b>5</b>
<b>Planteamiento del Problema.....</b>	<b>10</b>
<b>Marco Teórico.....</b>	<b>14</b>
<b>Sistema Propuesto.....</b>	<b>26</b>
<b>Simulación.....</b>	<b>62</b>
<b>Construcción y pruebas.....</b>	<b>83</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>88</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>91</b>
<b>Glosario de Términos.....</b>	<b>93</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>97</b>

# INTRODUCCIÓN

## INTRODUCCIÓN

La tecnología de identificación por radio frecuencia RFID, por sus siglas en inglés, radio frequency identification, está basada en ondas de radio, comúnmente usadas para transmitir y recibir información sin el uso de cables. Se ha utilizado por muchos años, en las estaciones de radio AM y FM, en la banda civil, en los hornos de microondas, en los teléfono celulares y en un sin número de aparatos y aplicaciones; pero no fue sino hasta hace poco que su aplicación específica para la identificación de “objetos” ha despertado interés en las empresas, principalmente en las que producen y distribuyen bienes de consumo, en el sector salud, logística y aplicaciones gubernamentales.

RFID, al ofrecer alternativas a las limitaciones de los códigos de barras, es una plataforma ideal de la recolección de datos, en sectores como el de salud, farmacéutico, manufactura, almacenamiento-inventarios, logística, trazabilidad y retail. Implantarlo, usarlo y acoplarlo de manera armónica en los procesos empresariales depende del claro entendimiento de sus capacidades, limitaciones y fundamentos.

La tecnología RFID no tiene una historia ni un descubridor claro, ha surgido por la aportación de numerosos investigadores y gracias a la aplicación de avances en otros campos tecnológicos. Los sistemas de RFID se han ido transformando, en pocas decenas de años, pasando de simples apariciones en artículos de revistas científicas a todo una realidad.

Mucha gente piensa que el primer dispositivo RFID conocido es el inventado por Leon Theremin como herramienta de espionaje por parte del gobierno ruso en 1945, una vez finalizada la Segunda Guerra Mundial, el que consistía en un dispositivo de escucha encapsulado pasivo; es decir, solo percibía sonido, no lo emitía, no era uno de los dispositivos de identificación que hoy conocemos.

La tecnología RFID ha sido utilizada desde el inicio de 1939, durante la Segunda Guerra Mundial, los británicos, comprensiblemente, deseaban distinguir sus aviones de regreso a sus bases y aquellos del enemigo que les atacaban desde la costa francesa a una distancia de menos

de 40 kilómetros. Se instalaba una antena en el fuselaje de los aviones aliados, de manera que dieran la respuesta correcta a una señal de interrogación que se les enviaba; así un avión “amigo” podría ser distinguido inmediatamente de uno “enemigo”.

Este fue el sistema llamado IFF, identificación amigo o enemigo, por sus siglas en inglés, Identify Friend or Foe, sobre el que está basado el sistema actual de control de aviación privada y comercial. Fue el primer uso obvio de la tecnología de identificación por radiofrecuencia RFID.

En la década de los 50 RFID siguió un proceso similar al que experimentaron la radio y el radar en las décadas anteriores. Diferentes sectores de la tecnología de radiofrecuencia se vieron impulsados, entre ellos los sistemas con transmisores de largo alcance que fueron determinantes para que la tecnología RFID dejase de ser una idea y se convirtiese en una solución.

El decenio de 1960-1970 se puede considerar con el preludeo de la explosión que se produciría en la siguiente década. Se realizaron numerosos artículos y la actividad comercial en este campo comenzó a existir. El primer sistema empleado fue el Sistema Electrónico de Vigilancia EAS, por sus siglas en inglés, Electronic Article Surveillance, para detectar robos en grandes almacenes. El sistema era sencillo, con un único bit de información, para localizar la etiqueta o no detectarla dentro del radio de acción del lector y hacer sonar una alarma acústica en caso de que una etiqueta no desactivada pasase por el alcance del lector. Típicamente son dos lectores ubicados de tal forma que el cliente tenía que pasar entre ellos para salir del establecimiento. A pesar de sus limitaciones, era económico y efectivo. Su uso se comenzó a extender de manera rápida.

Llegó la década de los 80 y con ello la implantación de tantos estudios y desarrollos logrados en años anteriores. En EUA se interesaron por aplicaciones en el transporte, accesos y en menor grado en animales. En países europeos como Francia, España, Portugal e Italia se centraron más aplicaciones industriales y sistemas de corto alcance para controlar animales.

En los primeros años de los 90 se comenzó a utilizar, en EUA, el control electrónico para el pago de peaje en las autopistas de Houston y Oklahoma.

En Europa también se investigo este campo y se usaron sistemas de microondas e inductivos para controles de accesos y billetes electrónicos.

Un nuevo avance en el mundo del automóvil vino con la tecnología RFID de la mano de Texas Instrument, un sistema de control de encendido del automóvil.

Apareció también un sistema de Philips que permitía el encendido, control del combustible y control de acceso al vehículo, entre otras acciones.

Las aplicaciones para autopistas y billetes electrónicos se fueron extendiendo por Asia, África, Suramérica y Australia.

En Dallas por primera vez cuando con una sola etiqueta era utilizado para el acceso a una autopista, al campus universitario, a diferentes garajes de la ciudad, incluido el aeropuerto.

El avance de la tecnología durante esta década fue rápido debido a los desarrollos tecnológicos en otros campos que permiten fabricar cada vez más equipos pequeños, con más memoria, alcance y abaratando los costos de fabricación. Hoy su mayor penetración está en la cadena de suministros. Las aplicaciones que se le han creado si bien simplifican los procesos de logística y trazabilidad también han causado gran polémica en cuanto a la llamada invasión de la privacidad.

El presente proyecto utiliza tecnología RFID en la frecuencia de 900 MHz denominada UHF, bajo el protocolo EPC Clase 1 Gen 2, la cual se le conoce con el estándar ISO 18000-6C.

## **Objetivo**

Diseñar un sistema de control con el uso de un PLC que permita entradas RFID para eficientar el proceso de producción y logística en una planta productora de telas.

## **Objetivos Particulares**

- Realizar el diseño y programa del proceso de producción, con dispositivos electrónicos.
- Implementar una tecnología de identificación en cada una de las etapas de producción.
- Simulación y construcción del proyecto.

## **Justificación**

Identificación automática, o auto ID, es el amplio término dado a un grupo de tecnologías que se utilizan para ayudar a las máquinas a identificar objetos.

La identificación automática está a menudo acoplada con captura automática de datos. Es decir que las compañías quieren identificar elementos o items, capturar información sobre ellos y de alguna forma ingresar esos datos en una PC sin tener empleados capturándolos.

El propósito de la mayoría de los sistemas de auto-ID es incrementar la eficiencia, reducir errores en la entrada de datos, y liberar personal para realizar funciones con mayor valor agregado.

Hay un grupo de tecnologías que caen dentro del concepto auto-ID. Entre ellas están códigos de barras, tarjetas inteligentes, reconocimiento de voz, algunas tecnologías biométricas, reconocimiento óptico de caracteres, identificación por radio frecuencia y otras.

Las empresas productoras de telas es un sector de la industria que necesita la adecuación de tecnológicas de identificación, que junto con el apoyo de dispositivos electrónicos, brindaran una solución integral, permitiendo la facilidad de labores en producción y logística.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**



El desarrollo del proyecto requiere un control de los procesos de producción y logística en una fábrica de telas, en donde solo cuentan con la tecnología de código de barras y bandas transportadoras controladas por el usuario.

Durante la fabricación, la empresa debe mantener un control de calidad muy estricto de su inventario en todas sus fases, asegurando que cada rollo de tela reciba los tratamientos y procesos adecuados, incluyendo la limpieza, el tinte y el secado. Los tratamientos incluyen mantener la tela en condiciones adversas como altas temperaturas, agua, alta humedad y potentes sustancias químicas. También tienen que dimensionar el rollo, cortarlo y prepararlo como producto finalizado para su distribución y entrega a cientos de distribuidores, a esto se suma un elevado volumen y mucha diversidad de tipologías de telas.

La fabricación de telas está dividida en dos fases:

1. En donde las máquinas de tejer transforman el hilo en tela, que entonces se colorea mediante el tinte correspondiente, se lava y se seca.
2. La parte logística donde los rollos de tela son cortados, se envuelven, se almacenan y se empacan antes de enviarlas a los distribuidores.

El proceso de seguimiento de la producción de los rollos de tela es una aplicación cerrada de ámbito interno donde el código de barras no se puede utilizar. El entorno de fabricación es duro ya que se utilizan líquidos, sustancias químicas y los productos se someten a temperaturas entre 120 y 180 °C.

Por otro lado existen requerimientos en la parte logística:

- Obtener una visibilidad en tiempo real de cada rollo de tela.
- Respuesta inmediata del usuario en caso de rotura de empaques.
- Prevención de excesos de inventario.

- Reducción de tiempos de entrega
- Pedidos correctamente surtidos

Las 2 fases de fabricación las podemos resumir en 6 procesos:

### **Tinte.**

La tela es sometida a humectación, coloración y blanqueo, esta es la etapa medular de la producción, ya que se establecen las características de producto, donde el intervalo de tiempo que se requiere en la cámara de tinte es entre 8 y 12 minutos.

### **Secado.**

La tela necesita secarse, para evaluar el correcto teñido, de ser favorable se pasa a la siguiente etapa, de lo contrario se vuelve a teñir, el periodo que un rollo debe permanecer en la cámara de secado es entre 10 y 15 minutos.

### **Limpieza.**

El proceso de limpieza remueve materiales desconocidos de las fibras, de tal manera que los grupos reactivos de las fibras, previamente bloqueados por las impurezas, son expuestos y el tejido en crudo es mejorado para el siguiente proceso, su tiempo de estado es entre 4 y 6 minutos.

### **Corte de bobina**

La tela es dimensionada dependiendo de las características de producto. Las medidas que se utilizan son de 40, 50 y 60 metros.

### **Distribución.**

El proceso de distribución implica el empaquetado, etiquetado y envío de los rollos a distribuidores o su almacenamiento en bodega.

Una vez conocido el funcionamiento de la planta productora de telas se busca:

### **Control de bandas transportadoras.**

Distribución de los rollos en cada uno de los procesos, permitiendo que las bandas puedan detener su marcha o reanudar de manera rápida después de alguna anomalía y realizar una acción cuando exista producto presente sobre estas, o en caso contrario deben permanecer detenidas.

### **Gestión en tiempo real de cada rollo en producción.**

Que se puede mover el tiempo de acuerdo a las necesidades. Cada entrada y salida de un proceso se deberá realizar una comprobación del estado del rollo, es decir, si debe ingresar a tinte, lavado, corte, etcétera. Permitiendo realizar ajustes en caso de errores y que los operadores puedan ser alertados.

### **Empaque y Distribución**

Separador, cambio de banda. Empacar los rollos necesarios para su distribución y evitar la saturación de inventario en almacén, es decir, producir lo que se tiene que distribuir y tener en el almacén solo lo necesario.

# MARCO TEÓRICO

Un proceso a automatizar requiere tener en cuenta un conjunto de elementos, cada uno de los cuales realiza su función dentro del proceso. Podríamos representar el proceso con el sistema de control y estos elementos mediante el gráfico de la figura 4.1

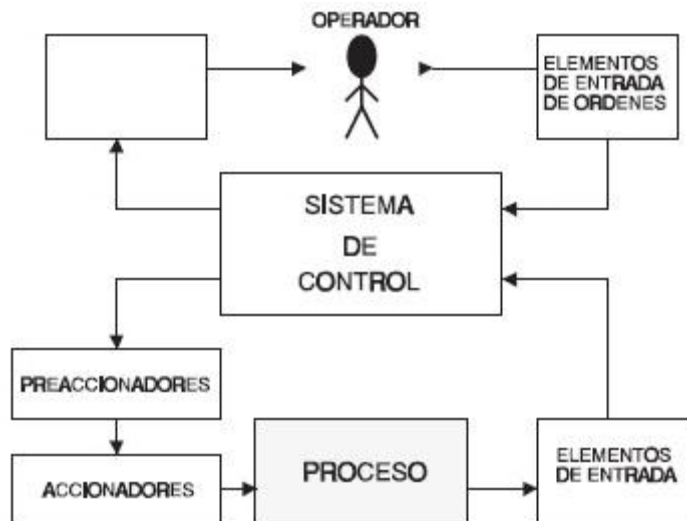


Figura 4.1 Sistema de Control

Seguidamente trataremos cada uno de los elementos que aparecen en este gráfico a fin de tener una visión general de las necesidades y posibilidades de la automatización industrial.

### Elementos de entrada de órdenes

Son los que permiten al operador la entrada de datos y órdenes al sistema. Podemos clasificarlos en dos categorías: binarios y numéricos (o alfanuméricos). Los elementos binarios son los que nos permiten entrar órdenes del tipo sí/no, cierto/falso, activado/desactivado, etc. Entre ellos destaca el pulsador que es el más usado en el entorno industrial, sin embargo, podemos destacar también los interruptores, los conmutadores, etc.

Los elementos numéricos permiten la entrada de números, codificados de diversas formas. Los más comunes son los preselectores digitales que son elementos con una rueda numerada, habitualmente del 0 al 9 que se puede hacer girar en uno u otro sentido mediante unos botones; el valor que aparece en el frontal del preselector es el que se envía al sistema de control.

También destacan los teclados numéricos, los elementos alfanuméricos permiten entrar letras y números a menudo codificados en código ASCII.

### **Elementos de entrada de información**

Los elementos de entrada de información se pueden clasificar según el tipo de señal que faciliten o según la magnitud que indiquen. Según el tipo de señal podemos distinguir los binarios, los numéricos y los analógicos. Los binarios comparan la magnitud con una referencia y la salida corresponde al resultado de la comparación mayor/menor; un ejemplo podría ser un termostato.

Los numéricos facilitan un código numérico que corresponde al valor de la magnitud leída; un ejemplo podría ser un codificador de posición axial absoluto. Los analógicos dan una señal en forma de tensión eléctrica proporcional al valor de la magnitud; por ejemplo podemos citar un transductor de par mecánico. Las informaciones de tipo analógico se presentan habitualmente en uno de los siguientes cuatro rangos: 0 a 10 V, 0 a 20 mA, -10 a 10V y 4 a 20 mA.

Las señales en corriente 0-20 mA y 4-20 mA tienen la ventaja respecto a los de tensión de no verse afectados por la longitud de los conductores; además el tipo 4-20 mA facilita la detección de fallas dado que el valor 0 mA sólo se puede obtener en caso de mal funcionamiento. Por estos motivos el tipo 4-20 mA es el más usado en el entorno industrial.

Las magnitudes a detectar o medir son muchas, podemos destacar algunas: Temperatura, presión, caudal, pH, posición, velocidad, aceleración, fuerza, par mecánico, deformación, corriente eléctrica, tensión eléctrica, potencia, iluminación, presencia, proximidad, etc.

Además podemos incluir dentro de esta categoría los avisos (todos ellos binarios) procedentes de los pre-accionadores; como podrían ser estado de contactores, fusibles, relés térmicos, etc.

### **Elementos de salida de información**

Se encargan de la comunicación con el operador. Se pueden clasificar de forma similar a los de entrada de órdenes. Los elementos binarios son los que dan informaciones del tipo sí/no.

Los elementos numéricos y alfanuméricos permiten la visualización de números o de números y texto. Los más sencillos son los displays de 7 segmentos y los displays alfanuméricos, pero también destacan las pantallas de cristal líquido (LCD) que permiten mensajes más largos y complejos o los monitores que permiten presentar gráficos fijos o en movimiento.

### Preaccionadores y accionadores

Los accionadores son los encargados de actuar sobre el proceso. A menudo los accionadores no son directamente conectables al sistema de control y requieren preaccionadores.

Por ejemplo, un motor eléctrico necesita un interruptor o un variador de velocidad para poder funcionar, un cilindro neumático necesitará una válvula distribuidora; un cilindro o un motor hidráulico necesitará una válvula distribuidora o una válvula proporcional; a un calentador eléctrico le hará falta un contactor o un variador de tensión; etc.

Fijémonos que entre los citados hay elementos binarios como el contactor, la válvula distribuidora y elementos de pedido analógico como un variador de tensión, válvulas proporcionales.

### Sistema de tratamiento de la información

El sistema de tratamiento de la información establece la forma en que se tienen que combinar las entradas de información a fin de activar las salidas del proceso. Cuando una combinación de entradas siempre da lugar a la misma combinación de salidas se dice que el proceso es de tipo combinacional.

El circuito de una máquina de picar carne, expresado en la figura 4.2 sería un circuito combinacional.

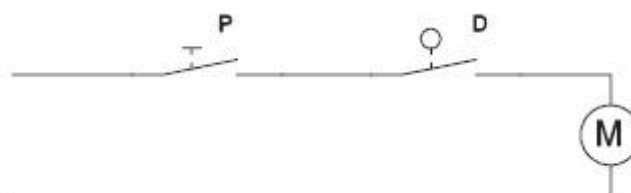


Figura 4.2 Circuito combinacional

Cuando una combinación de entradas da lugar a combinaciones diferentes de salidas dependiendo de la historia que ha seguido el proceso para llegar donde está, se dice que el proceso es de tipo secuencial. Un ejemplo de circuito secuencial podría ser un circuito marcha-parada como se ve en la figura 4.3

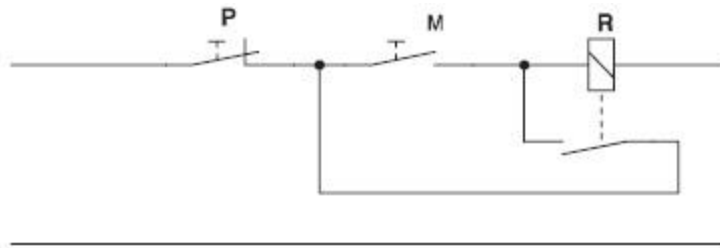


Figura 4.3 Circuito secuencial

En este circuito el pulsador M activa un relé R. Un contacto de este relé hace un puente al pulsador M. Esto hace que el pulsador se pueda dejar sin que se desactive el relé. Para desactivar el relé es necesario apretar el pulsador P.

### **Programador Lógico Controlable (PLC)**

Los PLC por sus siglas en inglés *Programmable Logic Controller* o controlador de lógica programable, son dispositivos electrónicos muy usados en Automatización Industrial.

Su historia se remonta a finales de la década de 1960 cuando la industria buscó en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinatorial.

Hoy en día, los PLC no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores proporcional integral derivativo (PID).

Los PLC actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son el diagrama de escalera (Lenguaje Ladder), preferido por los electricistas, lista de instrucciones y programación por estados, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo más fáciles de interpretar y mantener.



Un lenguaje más reciente, preferido por los informáticos y electrónicos, es el FBD (en inglés Function Block Diagram) que emplea compuertas lógicas y bloques con distintas funciones conectados entre sí.

En la programación se pueden incluir diferentes tipos de operandos, desde los más simples como lógica booleana, contadores, temporizadores, contactos, bobinas y operadores matemáticos, hasta operaciones más complejas como manejo de tablas (recetas), apuntadores, algoritmos PID y funciones de comunicación multi protocolos que le permitirían interconectarse con otros dispositivos.

Los PLC fueron inventados en respuesta a las necesidades de la automatización de la industria automotriz norteamericana por el ingeniero Estadounidense Dick Morley.

Antes de los PLC, el control, la secuenciación, y la lógica para la manufactura de automóviles era realizada utilizando relés, contadores, y controladores dedicados. El proceso para actualizar dichas instalaciones en la industria año tras año era muy costoso y consumía mucho tiempo, y los sistemas basados en relés tenían que ser recableados por electricistas especializados.

La industria automotriz es todavía una de las más grandes usuarias de PLC. Los PLC son utilizados en muchas diferentes industrias y máquinas tales como máquinas de empaquetado y de semiconductores. Algunas marcas con alto prestigio son ABB Ltd., Koyo, Honeywell, Siemens, Trend Controls, Schneider Electric, Omron, Rockwell (Allen-Bradley), General Electric, Fraz Max, Tesco Controls, Panasonic (Matsushita), Mitsubishi e Isi Matrix machines.

También existe un rango de PLC's fabricados para aplicaciones en automotores, embarcaciones, ambulancias y sistemas móviles para el mercado internacional de SCM International, Inc.

### **PLC en comparación con otros sistemas de control**

Los PLC están adaptados para un amplio rango de tareas de automatización. Estos son típicos en procesos industriales en la manufactura donde el costo de desarrollo y mantenimiento de un sistema de automatización es relativamente alto contra el costo de la automatización, y donde van a existir cambios en el sistema durante toda su vida operacional.

Los PLC contienen todo lo necesario para manejar altas cargas de potencia; se requiere poco diseño eléctrico y el problema de diseño se centra en expresar las operaciones y secuencias en la lógica de escalera (o diagramas de funciones). Las aplicaciones de PLC son normalmente hechas a la medida del sistema, por lo que el costo del PLC es bajo comparado con el costo de la contratación del diseñador para un diseño específico que solo se va a usar una sola vez.

Por otro lado, en caso de productos de alta producción, los sistemas de control a medida se amortizan por sí solos rápidamente debido al ahorro en los componentes, lo que provoca que pueda ser una buena elección en vez de una solución "genérica".

Sin embargo, debe ser notado que algunos PLC ya no tienen un precio alto. Los PLC actuales tienen todas las capacidades por algunos cientos de dólares.

Diferentes técnicas son utilizadas para un alto volumen o una simple tarea de automatización, Por ejemplo, una lavadora de uso doméstico puede ser controlada por un temporizador a levas electromecánico costando algunos cuantos dólares en cantidades de producción.

Un diseño basado en un microcontrolador puede ser apropiado donde cientos o miles de unidades deben ser producidas y entonces el coste de desarrollo (diseño de fuentes de alimentación y equipo de entradas y salidas) puede ser dividido en muchas ventas, donde el usuario final no tiene necesidad de alterar el control. Aplicaciones automotrices son un ejemplo, millones de unidades son vendidas cada año, y pocos usuarios finales alteran la programación de estos controladores.

Algunos procesos de control complejos, como los que son utilizados en la industria química, pueden requerir algoritmos y características más allá de la capacidad de PLC de alto nivel. Controladores de alta velocidad también requieren de soluciones a medida; por ejemplo, controles para aviones.

Los PLC pueden incluir lógica para implementar bucles analógicos, "proporcional, integral y derivadas" o un controlador PID. Un bucle PID podría ser usado para controlar la temperatura de procesos de fabricación, por ejemplo. Históricamente, los PLC's fueron configurados generalmente con solo unos pocos bucles de control analógico y en donde los procesos requieren cientos o miles de bucles, un Sistema de Control Distribuido (DCS) se encarga. Sin embargo, los

PLC se han vuelto más poderosos, y las diferencias entre las aplicaciones entre DCS y PLC han quedado menos claras.

Resumiendo, los campos de aplicación de un PLC o autómatas programables en procesos industriales son: cuando hay un espacio reducido, cuando los procesos de producción son cambiantes periódicamente, cuando hay procesos secuenciales, cuando la maquinaria de procesos es variable, cuando las instalaciones son de procesos complejos y amplios, cuando el chequeo de programación se centraliza en partes del proceso. Sus aplicaciones generales son las siguientes: maniobra de máquinas, maniobra de instalaciones y señalización y control.

### **Señales Analógicas y digitales**

Las señales digitales o discretas como los interruptores, son simplemente una señal de On/Off (1 ó 0, Verdadero o Falso, respectivamente). Los botones e interruptores son ejemplos de dispositivos que proporcionan una señal discreta. Las señales discretas son enviadas usando la tensión o la intensidad, donde un rango específico corresponderá al On y otro rango al Off. Un PLC puede utilizar 24V de voltaje continuo en la E/S donde valores superiores a 22V representan un On, y valores inferiores a 2V representan Off. Inicialmente los PLC solo tenían E/S discretas.

Las señales analógicas son como controles de volúmenes, con un rango de valores entre 0 y el tope de escala. Esto es normalmente interpretado con valores enteros por el PLC, con varios rangos de precisión dependiendo del dispositivo o del número de bits disponibles para almacenar los datos. Presión, temperatura, flujo, y peso son normalmente representados por señales analógicas. Las señales analógicas pueden usar tensión o intensidad con una magnitud proporcional al valor de la señal que procesamos. Por ejemplo, una entrada de 4-20 mA o 0-10 V será convertida en enteros comprendidos entre 0-32767.

Las entradas de intensidad son menos sensibles al ruido eléctrico (como por ejemplo el arranque de un motor eléctrico) que las entradas de tensión.

Un sistema analógico podría usar una báscula que pese el tanque, y una válvula ajustable. El PLC podría usar un PID para controlar la apertura de la válvula. La báscula está conectada a una entrada analógica y la válvula a una salida analógica. El sistema llena el tanque rápidamente cuando hay poca agua en el tanque. Si el nivel del agua baja rápidamente, la válvula se abrirá

todo lo que se pueda, si el caso es que el nivel del agua esta cerca del tope máximo, la válvula estará poco abierta para que entre el agua lentamente y no se pase de este nivel.

Con este diseño del sistema, la válvula puede desgastarse muy rápidamente, por eso, los técnicos ajustan unos valores que permiten que la válvula solo se abra en unos determinados valores y reduzca su uso.

Un sistema real podría combinar ambos diseños, usando entradas digitales para controlar el vaciado y llenado total del tanque y el sensor de peso para optimizarlos.

### **Capacidades E/S en los PLC modulares**

Los PLC modulares tienen un limitado número de conexiones para la entrada y la salida. Normalmente, hay disponibles ampliaciones si el modelo base no tiene suficientes puertos E/S.

Los PLC con forma de rack tienen módulos con procesadores y con módulos de E/S separados y opcionales, que pueden llegar a ocupar varios racks. A menudo hay miles de entradas y salidas, tanto analógicas como digitales. A veces, se usa un puerto serie especial de E/S que se usa para que algunos racks puedan estar colocados a larga distancia del procesador, reduciendo el coste de cables en grandes empresas. Alguno de los PLC actuales pueden comunicarse mediante un amplio tipo de comunicaciones incluidas RS-485, coaxial, e incluso Ethernet para el control de las entradas salidas con redes a velocidades de 100 Mbps.

Los PLC usados en grandes sistemas de E/S tienen comunicaciones P2P entre los procesadores. Esto permite separar partes de un proceso complejo para tener controles individuales mientras se permita a los subsistemas comunicarse mediante links. Estos links son usados a menudo por dispositivos de Interfaz de usuario (HMI) como keypads o estaciones de trabajo basados en ordenadores personales.

El número medio de entradas de un PLC es 3 veces el de salidas, tanto en analógico como en digital. Las entradas “extra” vienen de la necesidad de tener métodos redundantes para controlar apropiadamente los dispositivos, y de necesitar siempre mas controles de entrada para satisfacer la realimentación de los dispositivos conectados.

## **Programación**

Los primeros PLC, en la primera mitad de los 80, eran programados usando sistemas de programación propietarios o terminales de programación especializados, que a menudo tenían teclas de funciones dedicadas que representaban los elementos lógicos de los programas de PLC. Los programas eran guardados en cintas. Más recientemente, los programas PLC son escritos en aplicaciones especiales en un ordenador, y luego son descargados directamente mediante un cable o una red al PLC. Los PLC viejos usan una memoria no volátil (magnetic core memory) pero ahora los programas son guardados en una RAM con batería propia o en otros sistemas de memoria no volátil como las memoria flash.

Los primeros PLC fueron diseñados para ser usados por electricistas que podían aprender a programar los PLC en el trabajo. Estos PLC eran programados con “lógica de escalera” (ladder logic). Los PLC modernos pueden ser programados de muchas formas, desde la lógica de escalera hasta lenguajes de programación tradicionales como el BASIC o C. Otro método es usar la Lógica de estados, un lenguaje de programación de alto nivel diseñado para programas PLC basándose en los diagramas de transición de estados.

Recientemente, el estándar internacional IEC 61131-3 se está volviendo muy popular. IEC 61131-3 define cinco lenguajes de programación para los sistemas de control programables: FBD (Function block diagram), LD (Ladder diagram), ST (Structured text, similar al Lenguaje de programación Pascal), IL (Instruction list) y SFC (Sequential function chart).

Mientras que los conceptos fundamentales de la programación del PLC son comunes a todos los fabricantes, las diferencias en el direccionamiento E/S, la organización de la memoria y el conjunto de instrucciones hace que los programas de los PLC nunca se puedan usar entre diversos fabricantes. Incluso dentro de la misma línea de productos de un solo fabricante, diversos modelos pueden no ser directamente compatibles.

La estructura básica de cualquier autómatas programable es:

**Fuente de alimentación:** convierte la tensión de la red, 110 ó 220VAC a baja tensión de cc (24V por ejemplo) que es la que se utiliza como tensión de trabajo en los circuitos electrónicos que forma el autómatas.

**CPU:** la Unidad Central de Procesos es el auténtico cerebro del sistema. Es el encargado de recibir órdenes del operario a través de la consola de programación y el módulo de entradas. Después las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas.

**Módulo de entradas:** aquí se unen eléctricamente los captadores ( interruptores, finales de carrera... ). La información que recibe la envía al CPU para ser procesada según la programación. Hay 2 tipos de captadores conectables al módulo de entradas: los pasivos y los activos.

**Módulo de salida:** es el encargado de activar y desactivar los actuadores ( bobinas de contactores, motores pequeños... ). La información enviada por las entradas a la CPU, cuando esta procesada se envía al módulo de salidas para que estas sean activadas ( también los actuadores que están conectados a ellas ). Hay 3 módulos de salidas según el proceso a controlar por el autómatas: relés, triac y transistores.

**Terminal de programación:** la terminal o consola de programación es el que permite comunicar al operario con el sistema. Sus funciones son la transferencia y modificación de programas, la verificación de la programación y la información del funcionamiento de los procesos.

**Periféricos:** ellos no intervienen directamente en el funcionamiento del autómatas pero si que facilitan la labor del operario.

### **Comunicaciones**

Las formas como los PLC intercambian datos con otros dispositivos son muy variadas. Típicamente un PLC puede tener integrado puertos de comunicaciones seriales que pueden cumplir con distintos estándares de acuerdo al fabricante. Estos puertos pueden ser de los siguientes tipos:

- RS-232
- RS-485
- RS-422
- Ethernet

Sobre estos tipos de puertos de hardware las comunicaciones se establecen utilizando algún tipo de protocolo o lenguaje de comunicaciones. En esencia un protocolo de comunicaciones define la manera como los datos son empaquetados para su transmisión y como son codificados. De estos protocolos los más conocidos son:

- Modbus
- Bus CAN
- Profibus
- Devicenet
- Controlnet
- Ethernet I/P

Muchos fabricantes además ofrecen distintas maneras de comunicar sus PLC con el mundo exterior mediante esquemas de hardware y software protegidos por patentes y leyes de derecho de autor.

# **SISTEMA PROPUESTO**



Con base a las necesidades del proyecto, se analizará y propondrá un sistema que se adapte en funcionalidad, precio y autonomía.

Los requerimientos son:

- Control de bandas transportadoras
- Gestión en tiempo real de cada rollo de producción.
- Distribución.

### **Control de bandas transportadoras**

Comencemos definiendo un proceso industrial como una operación o secuencia de operaciones en las que las variables a controlar (temperatura, desplazamiento, presión, etc.) están debidamente definidas.

La gran mayoría de los procesos industriales requieren algún tipo de control. La necesaria automatización de estas funciones de control puede ser llevada a cabo de muy diferentes formas: a base de cuadros de relés, contactores, controladores, etcétera.

Lamentablemente, cualquier modificación en este tipo de sistemas de control supone un gran esfuerzo técnico y económico, y más todavía si estos cambios son frecuentes. Además debemos tener en cuenta que la mayoría de estos elementos son dispositivos mecánicos y poseen una vida limitada que requiere una estricta mantenimiento. Por otra parte, estos sistemas suponen un conexionado complejo cuando existen gran cantidad de elementos, lo que implica un enorme esfuerzo de diseño, mantenimiento, detección de fallas, entre otros.

Con el objetivo de solucionar estos inconvenientes se crearon los autómatas, que permiten cambiar la funcionalidad del control del proceso industrial sin más que cambiar el programa, ya que gran parte de los componentes necesarios como relés auxiliares, temporizadores, etc., se encuentran implementados en la programación interna del mismo. Además, en los casos en que las modificaciones superen la capacidad del sistema, es posible agregar módulos de ampliación que permitan cumplir con las nuevas exigencias.

Este automatismo fácilmente programable para tareas de control, y concebido para ser utilizado en ambientes industriales, es lo que se conoce como PLC, acrónimo de Programmable Logic Controller, es decir, Controlador Lógico Programable. A él se conectan los captadores, sensores, pulsadores, etc., por una parte, y los actuadores, bobinas de contactores, lámparas, pequeños receptores, etc. por otra.

Los autómatas programables no sólo tienen aplicación industrial, sino que también se emplean para automatizar procesos en el hogar como la puerta de un garaje, luces de la casa, etc., entre otros.

Entre las características del PLC destacan:

- Fácilmente programables por la mayoría de los técnicos.
- Facilidad en la modificación de programas.
- Comunicación con otros PLC's, pudiendo enviar y recibir señales.
- Tiempo de vida largo.
- Pueden trabajar sin problemas en todo tipo de ambientes industriales.

Una vez definido el uso de un PLC en nuestro diseño, es necesario elegir el más adecuado, en cuanto a funcionalidad, configuración y costo. En México existen tres marcas predominantes que son: ABB, Siemens y Allen-Bradley. Dichos fabricantes cuentan con equipos que se adaptan a las necesidades de nuestro proyecto, sin embargo, Siemens presenta una interfaz de programación más amigable con el usuario, además que la gran mayoría del personal técnico ha tenido que ver con esa clase de PLC en su formación profesional.

El modelo PLC que utilizaremos es el S7-200 CPU 224 de Siemens, como se observa en la figura 5.1, sus características principales son:

- Alimentación nominal de 120-240 VAC
- 14 Entradas digitales

- 10 Salidas digitales
- 1 Puerto Serial COM
- Dimensiones de 120.5 x 80 x 62 mm
- Peso de 300 g
- Disipación de 7W
- VDC disponible de 12 y 24 v a 660 y 280 mA respectivamente

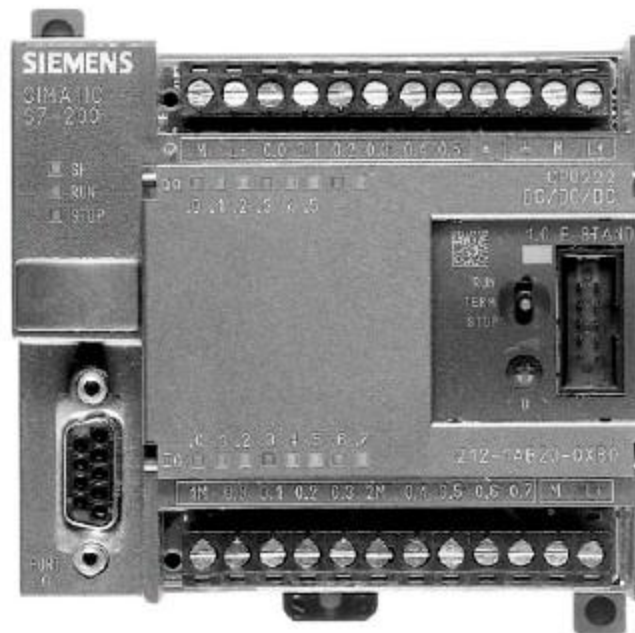


Figura 5.1 PLC Siemens S7-200

Una vez definido el equipo a utilizar, analizaremos a detalle cada uno de los procesos involucrados, definiendo variables y sus cálculos correspondientes.

La producción consta de 6 procesos que interactúan entre sí. En la figura 5.2 se muestra el diagrama de flujo general de la producción de telas.

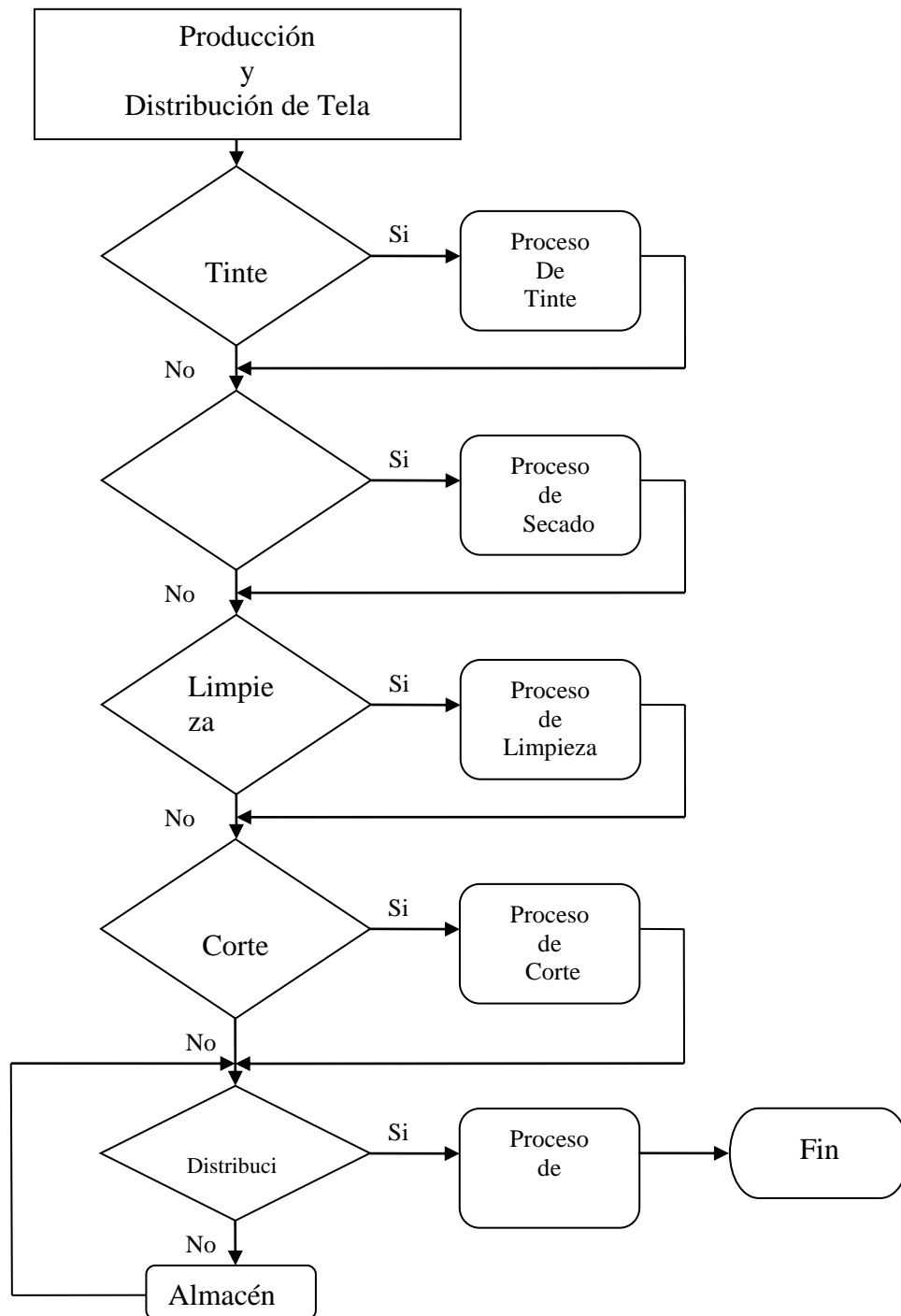


Figura 5.2 Diagrama de flujo de producción de telas.

Las variables a considerar en el diseño son:

- 3 tipos de telas: algodón, seda y poliéster.
- 3 colores: negro, rojo y azul.
- 3 longitudes: 40, 50 y 60 m.
- Se envía a proveedor o almacén.

### Proceso de Tinte

Se tienen 3 tipos de telas y 3 colores, dependiendo de su combinación es el tiempo que estará la tela en la cámara de tinte.

Las condiciones establecidas son:

Tipo de Tela / Color	Negro	Rojo	Azul
Algodón	10	12	8
Polyester	12	8	10
Seda	8	10	12

*Tiempo en cámara de tinte en minutos*

En base a las condiciones podemos establecer los estados:

Estado	Color de Tinte	Minutos
0	No hay producto	0
1	Negro	8
2	Negro	10
3	Negro	12
4	Rojo	8
5	Rojo	10

6	Rojo	12
7	Azul	8
8	Azul	10
9	Azul	12

Con la información obtenida elaboramos el diagrama de estados, figura 5.3:

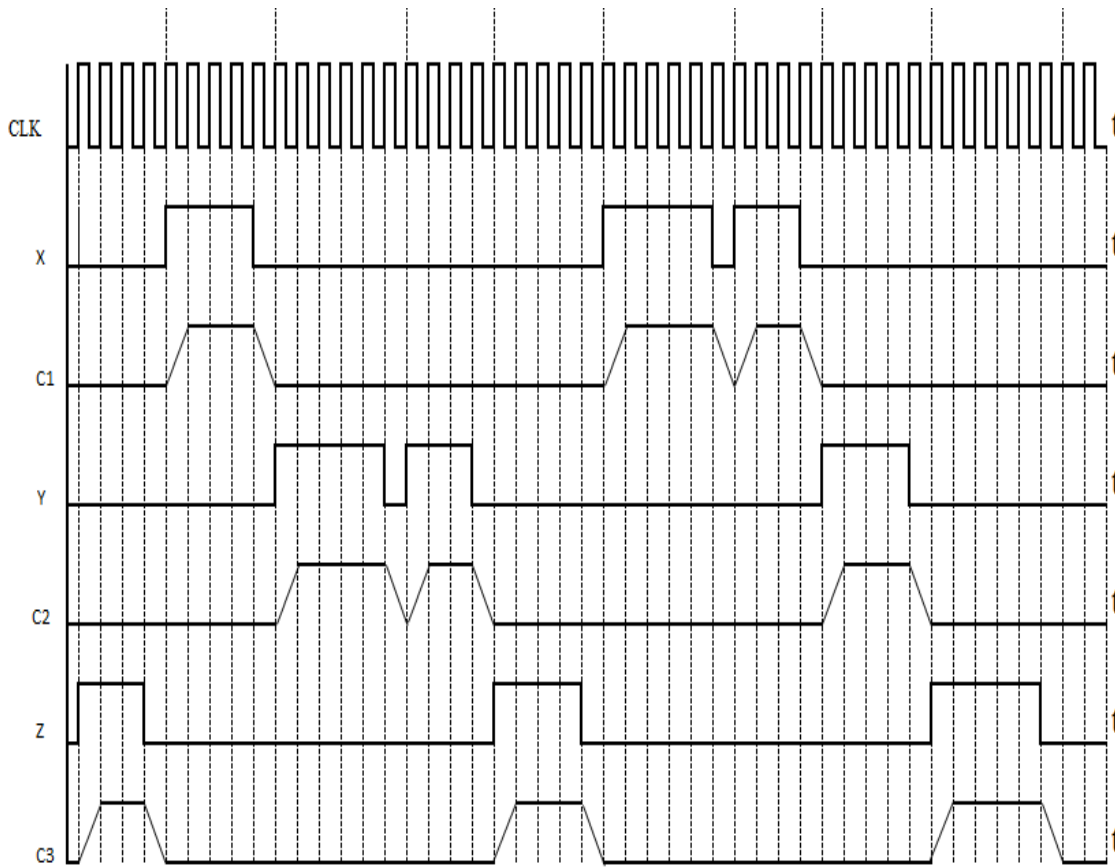


Figura 5.3 Diagrama de estados tinte

En el diagrama observamos el comportamiento de los tres tipos de tela asignados y los cilindros, donde:

X= Algodón

Y= Poliéster

Z= Seda

C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> y C<sub>3</sub>= Cilindros actuadores

En base al diagrama de estados obtenemos la tabla correspondiente:

	X	Y	Z	C1	C2	C3
<b>1</b>	0	0	1	0	0	1
<b>2</b>	1	0	0	1	0	0
<b>3</b>	0	1	0	0	1	0
<b>4</b>	0	0	0	0	0	0
<b>5</b>	0	1	0	0	1	0
<b>6</b>	0	0	1	0	0	1
<b>7</b>	1	0	0	1	0	0
<b>8</b>	0	0	0	0	0	0
<b>9</b>	1	0	0	1	0	0
<b>10</b>	0	1	0	0	1	0
<b>11</b>	0	0	1	0	1	0

Con la información de tabla podemos determinar tres estados:

- 001001
- 100100
- 010010

Los cambiamos a su base decimal:

- 9
- 36
- 18

Con la finalidad de obtener la función de nuestro sistema, emplearemos un método de simplificación de funciones de Boole, conocido como los mapas de Karnaugh.

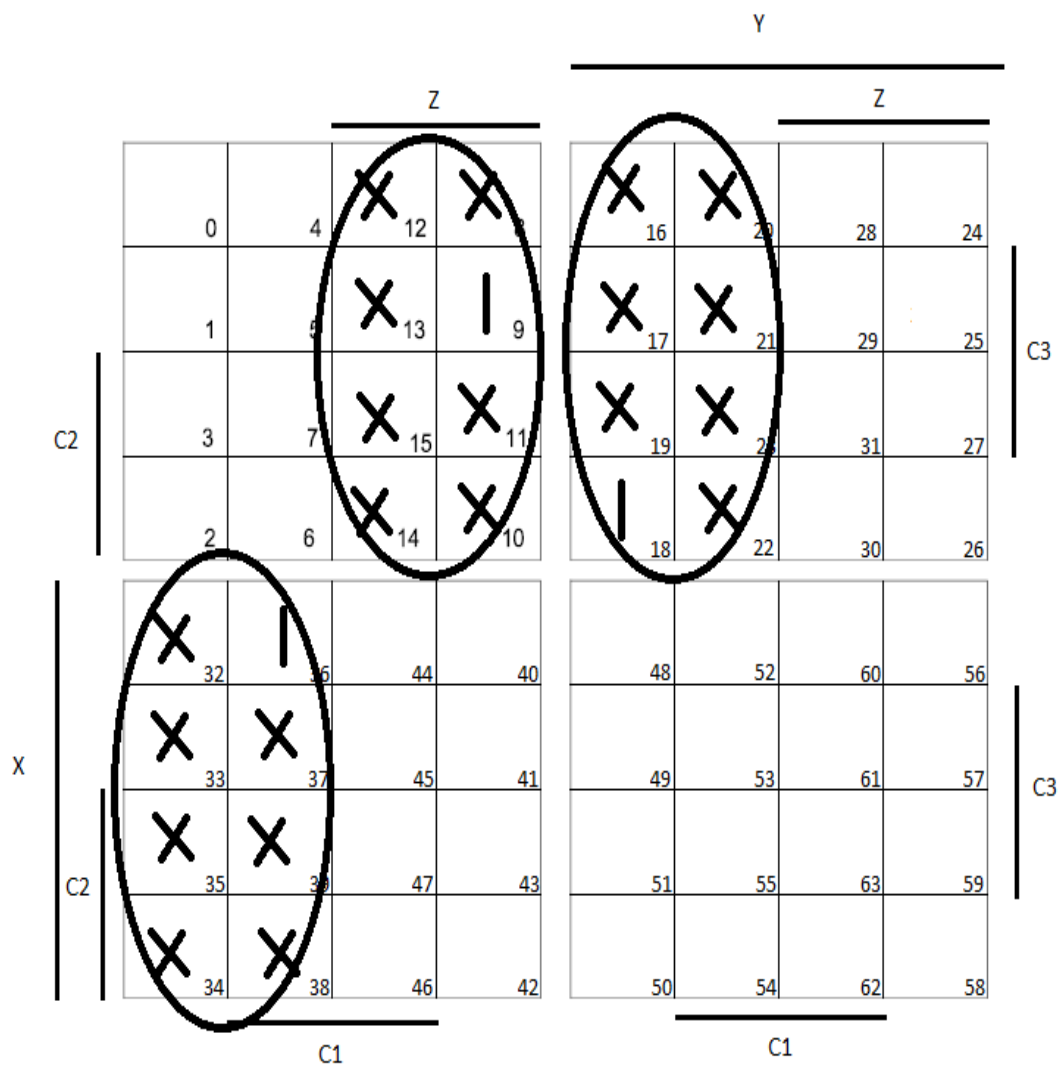


Figura 5.4 Mapa de Karnaugh tinte



Obtenemos las ecuaciones del mapa:

$$f(x,y,z,c_1,c_2,c_3) = \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}BC$$

El siguiente paso es obtener el circuito lógico, como lo muestra la figura 5.5

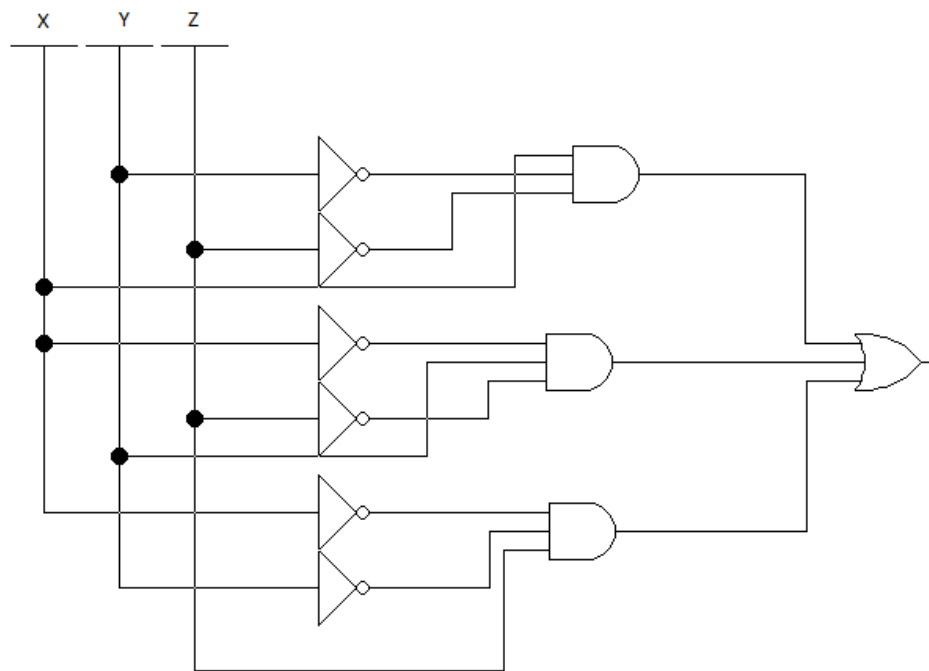


Figura 5.5 Circuito lógico tinte

Finalmente obtenemos el diagrama de los contactores:

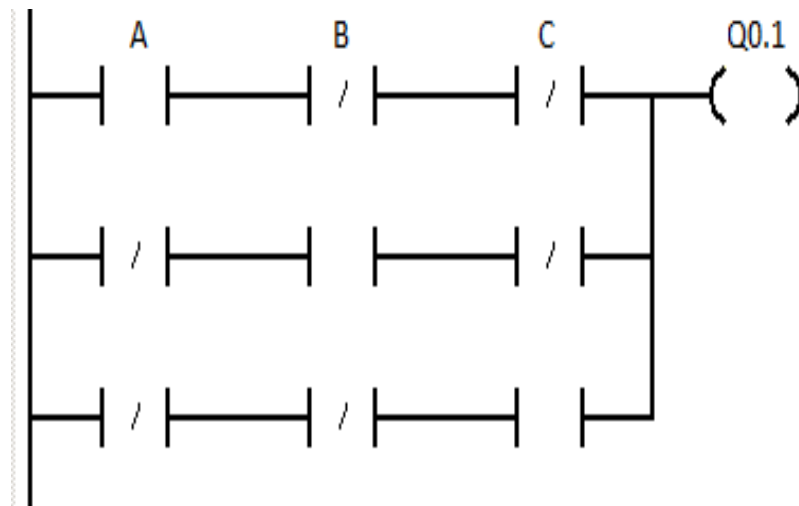


Figura 5.6 Diagrama de contactores tinte.

### Proceso de Secado

Las condiciones establecidas son:

Tipo de Tela / Color	Negro	Rojo	Azul
Algodón	12	15	10
Polyester	15	10	12
Seda	10	12	15

*Tiempo en secadora en minutos*

En base a las condiciones podemos establecer los estados:

Estado	Color de Tela	Minutos
0	No hay producto	0
1	Negro	10
2	Negro	12

3	Negro	15
4	Rojo	10
5	Rojo	12
6	Rojo	15
7	Azul	10
8	Azul	12
9	Azul	15

Con la información obtenida elaboramos el diagrama de estados, figura 5.7:

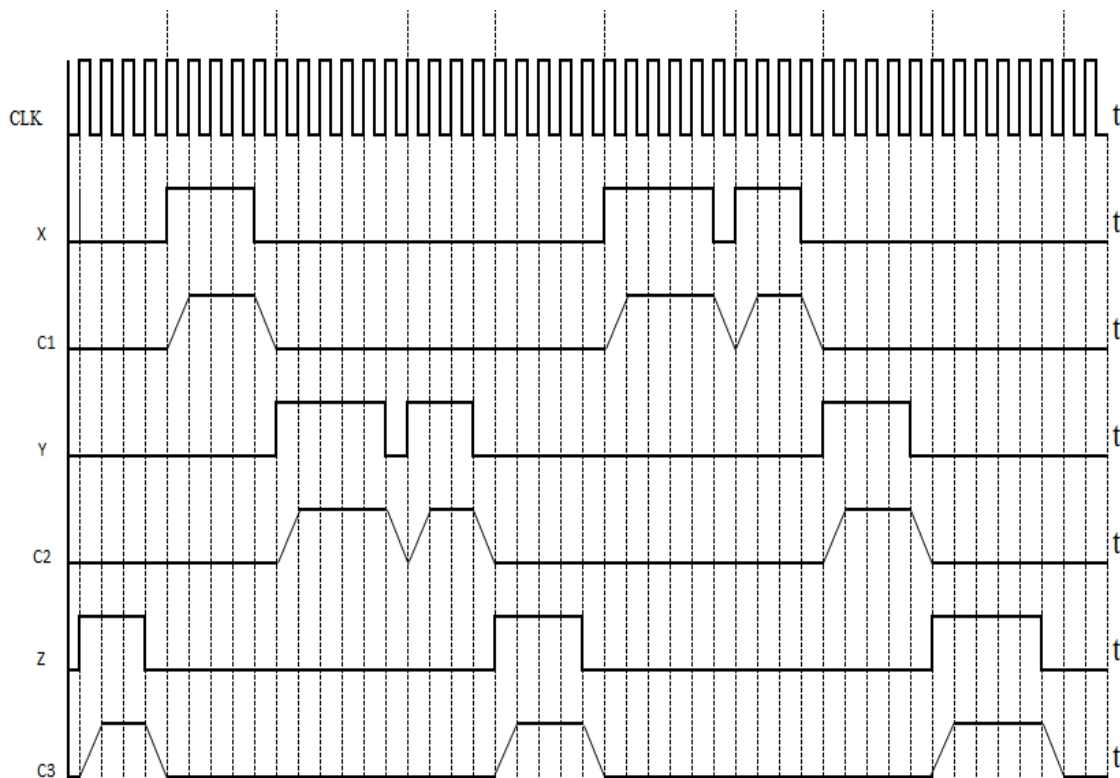


Figura 5.7 Diagrama de estados secado

En el diagrama observamos el comportamiento de los tres tipos de tela asignados y los cilindros, donde:

X= Algodón

Y= Poliéster

Z= Seda

C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> y C<sub>3</sub>= Cilindros actuadores

En base al diagrama de estados obtenemos la tabla correspondiente:

	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>
<b>1</b>	0	0	1	0	0	1
<b>2</b>	1	0	0	1	0	0
<b>3</b>	0	1	0	0	1	0
<b>4</b>	0	0	0	0	0	0
<b>5</b>	0	1	0	0	1	0
<b>6</b>	0	0	1	0	0	1
<b>7</b>	1	0	0	1	0	0
<b>8</b>	0	0	0	0	0	0
<b>9</b>	1	0	0	1	0	0
<b>10</b>	0	1	0	0	1	0
<b>11</b>	0	0	1	0	1	0

Con la información de tabla podemos determinar tres estados:

- 001001
- 100100
- 010010

Los cambiamos a su base decimal:

- 9
- 36
- 18

Con la finalidad de obtener la función de nuestro sistema, emplearemos un método de simplificación de funciones de Boole, conocido como los mapas de Karnaugh.

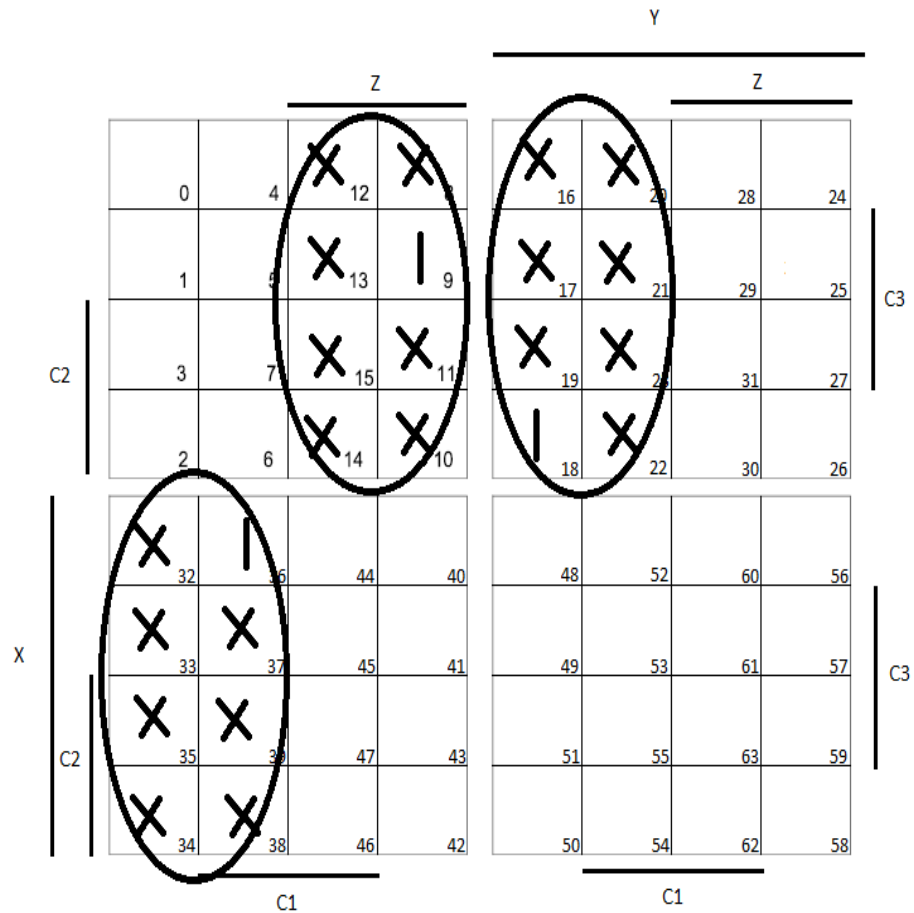


Figura 5.8 Mapa de Karnaugh secado

Obtenemos las ecuaciones del mapa:

$$f(x,y,z,c_1,c_2,c_3) = \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}BC$$

El siguiente paso es obtener el circuito lógico, como lo muestra la figura 5.9

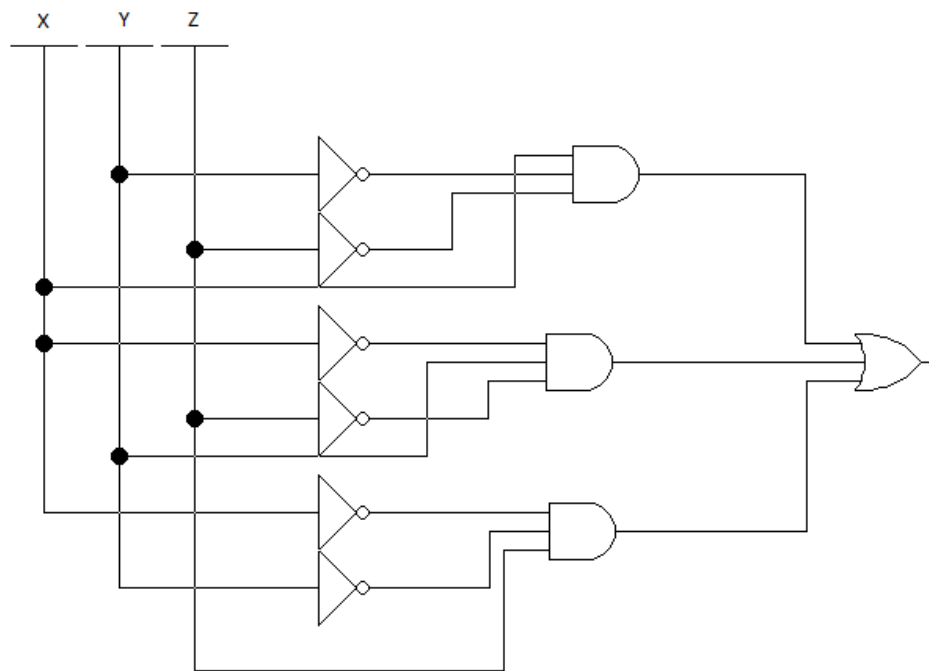


Figura 5.9 Circuito lógico seco

Finalmente obtenemos el diagrama de los contactores:

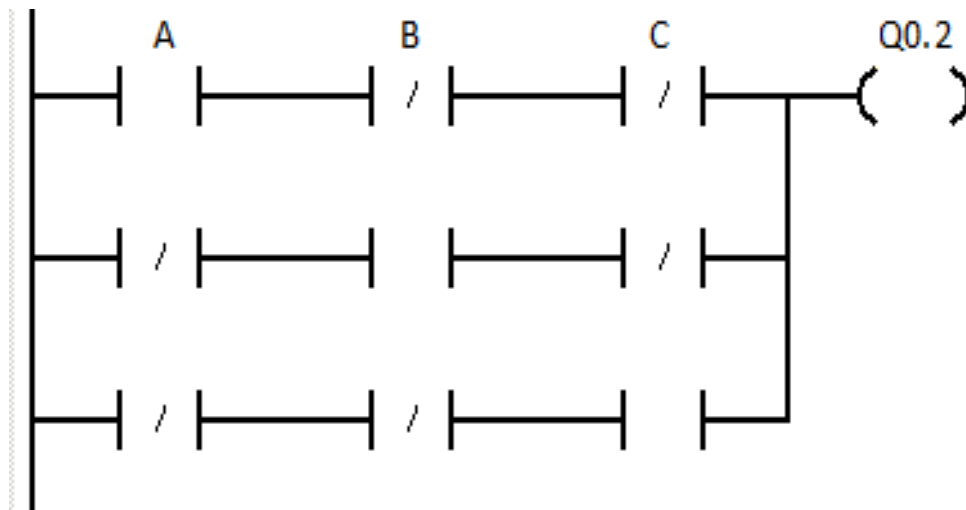


Figura 5.10 Diagrama de contactores secado.

### Proceso de Limpieza

Las condiciones establecidas son:

Tipo de Tela / Color	Negro	Rojo	Azul
Algodón	5	6	4
Polyester	6	4	5
Seda	4	5	6

*Tiempo en cámara de limpieza en minutos*

En base a las condiciones podemos establecer los estados:

Estado	Color de Tela	Minutos
0	No hay producto	0
1	Negro	4
2	Negro	5

3	Negro	6
4	Rojo	4
5	Rojo	5
6	Rojo	6
7	Azul	4
8	Azul	5
9	Azul	6

Con la información obtenida elaboramos el diagrama de estados, figura 5.11:

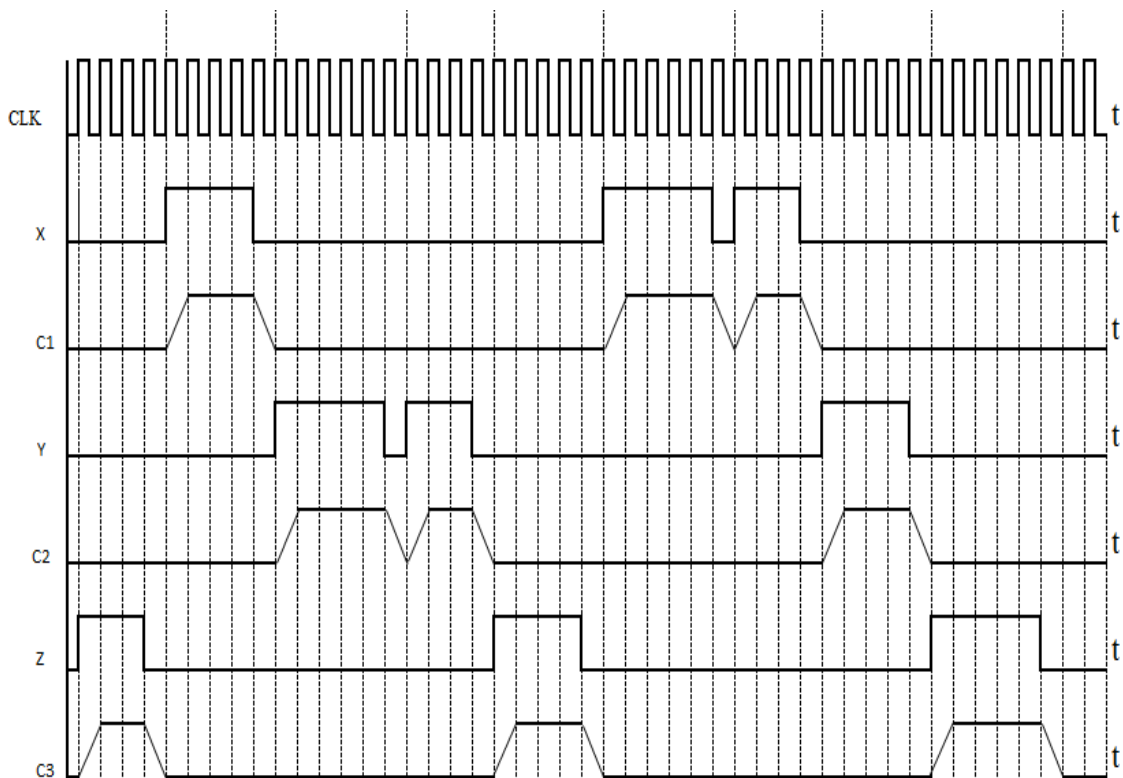


Figura 5.11 Diagrama de estados limpieza



En el diagrama observamos el comportamiento de los tres tipos de tela asignados y los cilindros, donde:

X= Algodón

Y= Poliéster

Z= Seda

C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> y C<sub>3</sub>= Cilindros actuadores

En base al diagrama de estados obtenemos la tabla correspondiente:

	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>
<b>1</b>	0	0	1	0	0	1
<b>2</b>	1	0	0	1	0	0
<b>3</b>	0	1	0	0	1	0
<b>4</b>	0	0	0	0	0	0
<b>5</b>	0	1	0	0	1	0
<b>6</b>	0	0	1	0	0	1
<b>7</b>	1	0	0	1	0	0
<b>8</b>	0	0	0	0	0	0
<b>9</b>	1	0	0	1	0	0
<b>10</b>	0	1	0	0	1	0
<b>11</b>	0	0	1	0	1	0

Con la información de tabla podemos determinar tres estados:

- 001001
- 100100
- 010010

Los cambiamos a su base decimal:

- 9
- 36
- 18

Con la finalidad de obtener la función de nuestro sistema, emplearemos un método de simplificación de funciones de Boole, conocido como los mapas de Karnaugh.

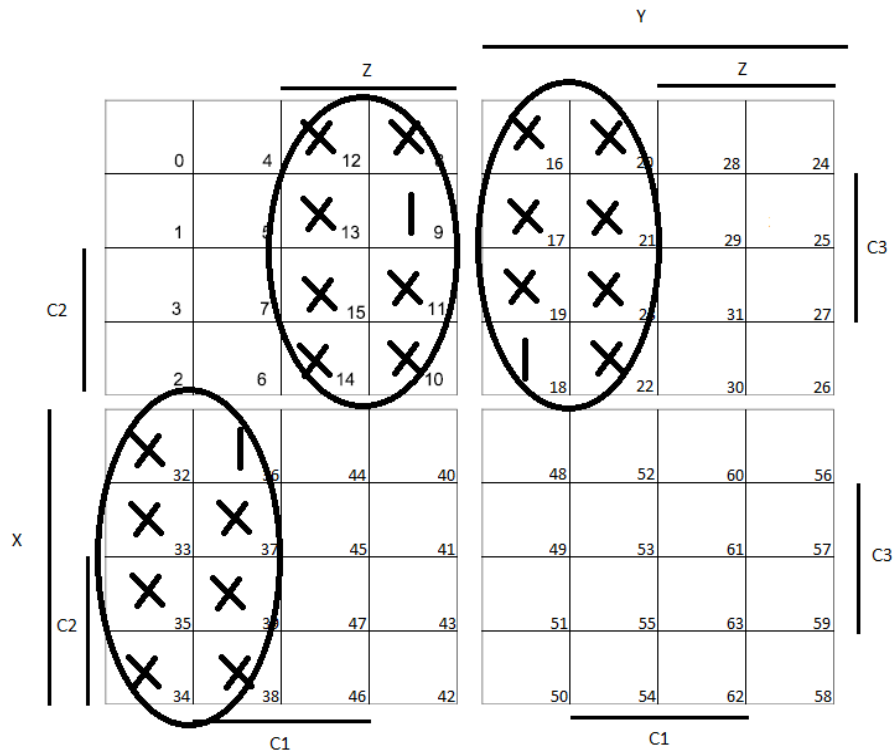


Figura 5.12 Mapa de Karnaugh limpia

Obtenemos las ecuaciones del mapa:

$$f(x,y,z,c_1,c_2,c_3) = \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}B\bar{C} + A\bar{B}C$$

El siguiente paso es obtener el circuito lógico, como lo muestra la figura 5.13

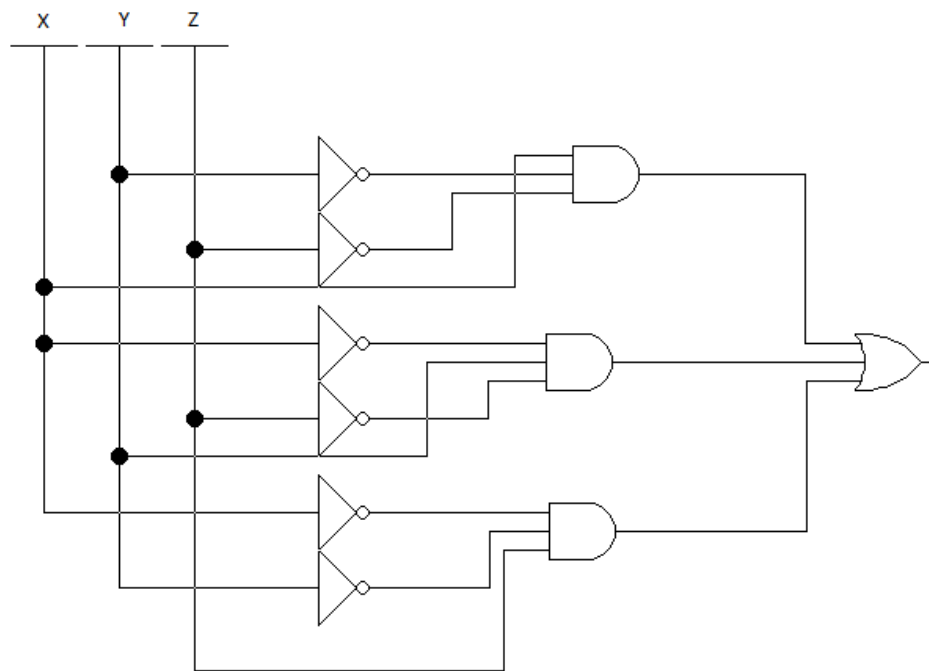


Figura 5.13 Circuito lógico limpia

Finalmente obtenemos el diagrama de los contactores:

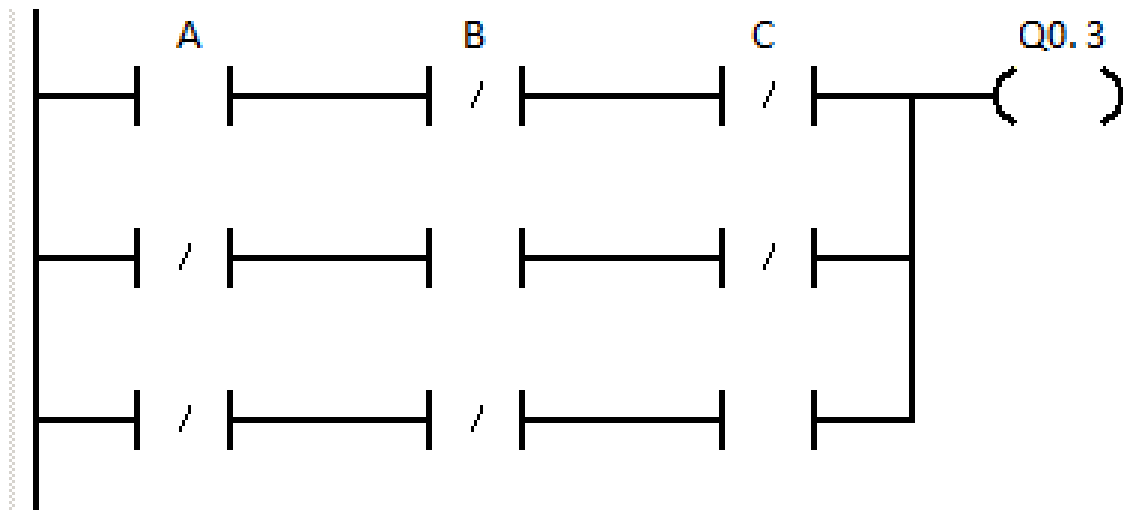


Figura 5.14 Diagrama de contactores limpieza.

**Proceso de Corte:**

Tipo de Tela / Color	Negro	Rojo	Azul
Algodón	50	60	40
Polyester	60	40	50
Seda	40	50	60

*Longitud de tela en metros*

En base a las condiciones podemos establecer los estados:

Estado	Color de Tela	Metros
0	No hay producto	0
1	Negro	40
2	Negro	50
3	Negro	60
4	Rojo	40
5	Rojo	50

6	Rojo	60
7	Azul	40
8	Azul	50
9	Azul	60

Con la información obtenida elaboramos el diagrama de estados, figura 5.15:

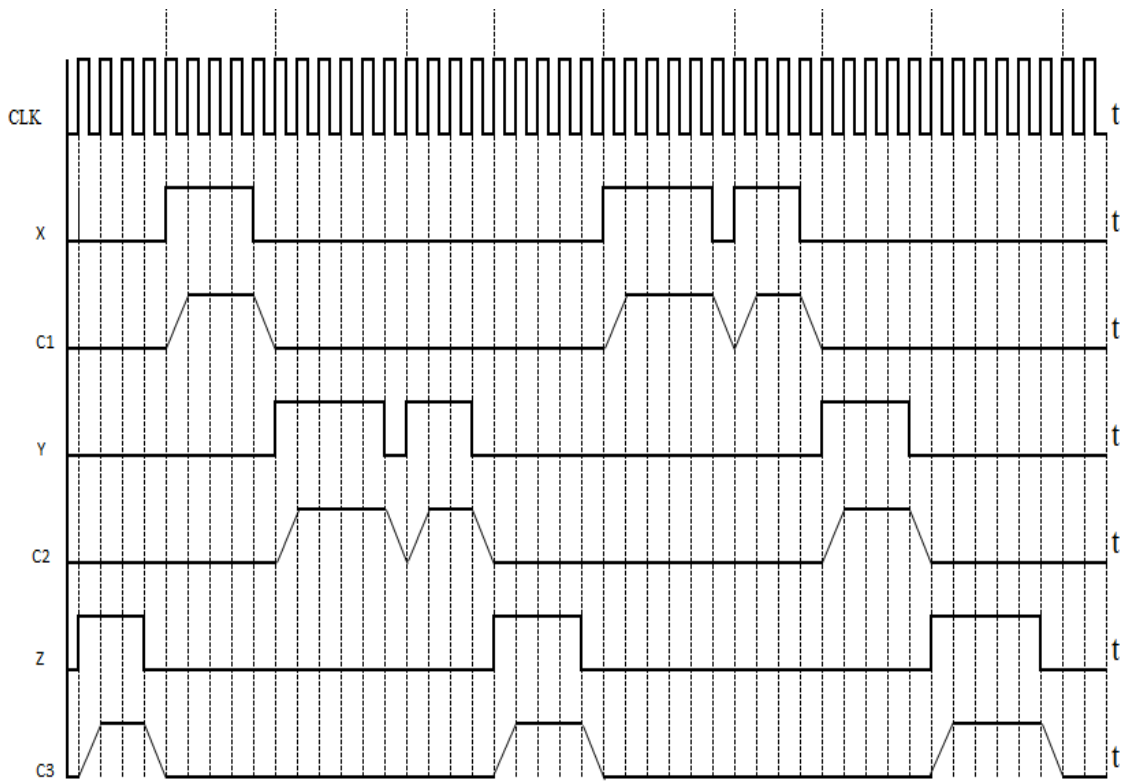


Figura 5.15 Diagrama de estados corte

En el diagrama observamos el comportamiento de los tres tipos de tela asignados y los cilindros, donde:

X= Algodón

Y= Poliéster

Z= Seda

C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> y C<sub>3</sub>= Cilindros actuadores

En base al diagrama de estados obtenemos la tabla correspondiente:

	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>
<b>1</b>	0	0	1	0	0	1
<b>2</b>	1	0	0	1	0	0
<b>3</b>	0	1	0	0	1	0
<b>4</b>	0	0	0	0	0	0
<b>5</b>	0	1	0	0	1	0
<b>6</b>	0	0	1	0	0	1
<b>7</b>	1	0	0	1	0	0
<b>8</b>	0	0	0	0	0	0
<b>9</b>	1	0	0	1	0	0
<b>10</b>	0	1	0	0	1	0
<b>11</b>	0	0	1	0	1	0

Con la información de tabla podemos determinar tres estados:

- 001001
- 100100
- 010010

Los cambiamos a su base decimal:

- 9
- 36
- 18

Con la finalidad de obtener la función de nuestro sistema, emplearemos un método de simplificación de funciones de Boole, conocido como los mapas de Karnaugh.

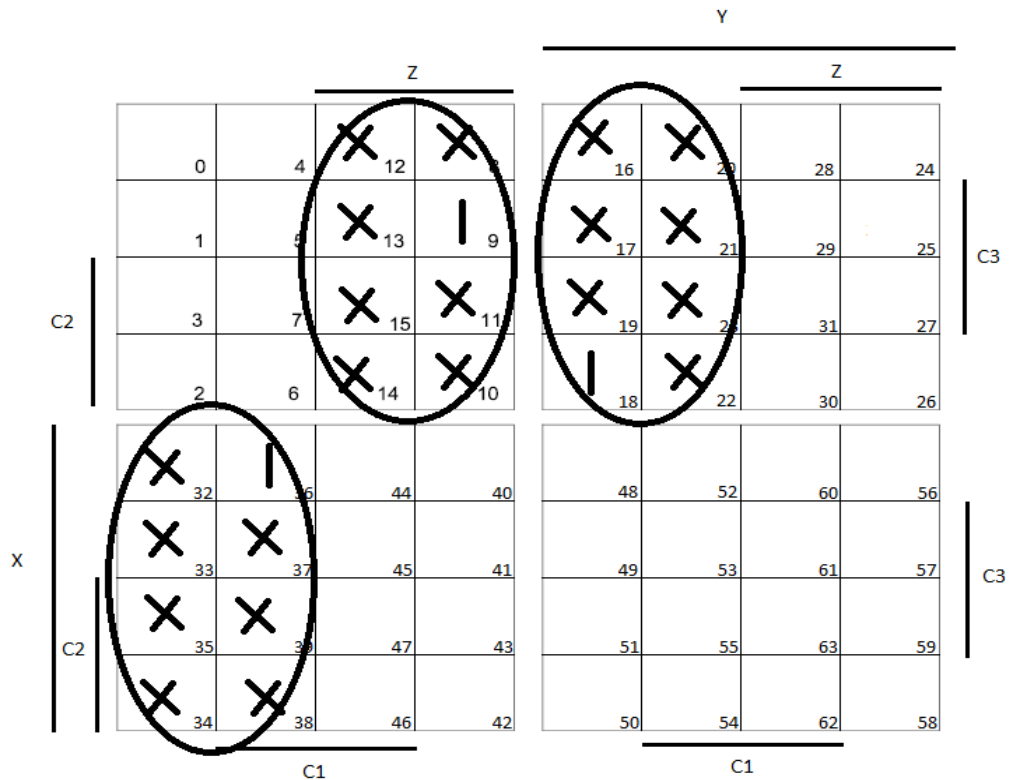


Figura 5.16 Mapa de Karnaugh corte

Obtenemos las ecuaciones del mapa:

$$f(x,y,z,c_1,c_2,c_3) = \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}BC$$

El siguiente paso es obtener el circuito lógico, como lo muestra la figura 5.17

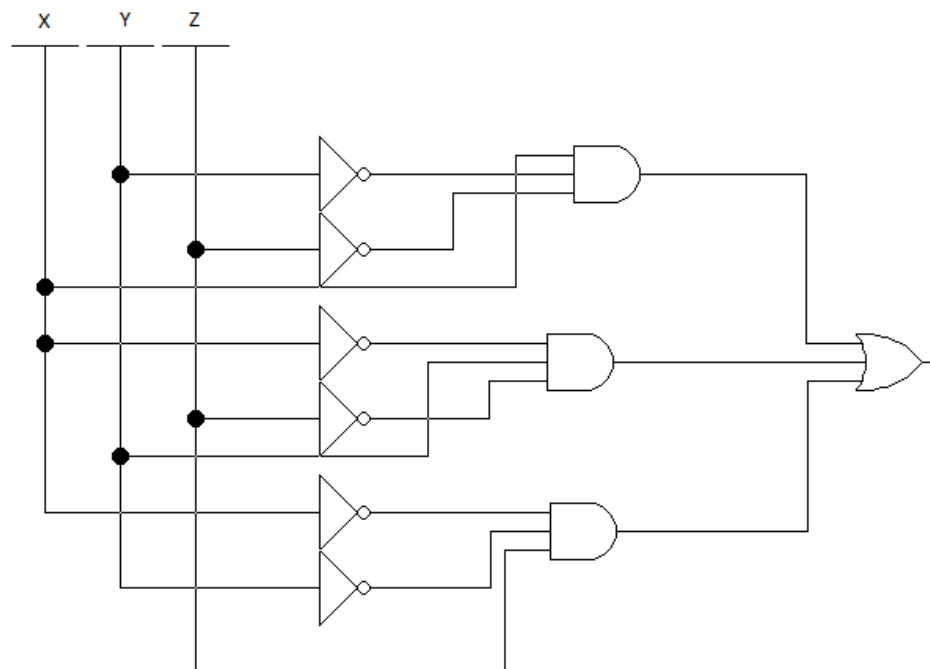


Figura 5.17 Circuito lógico.

Finalmente obtenemos el diagrama de los contactores:



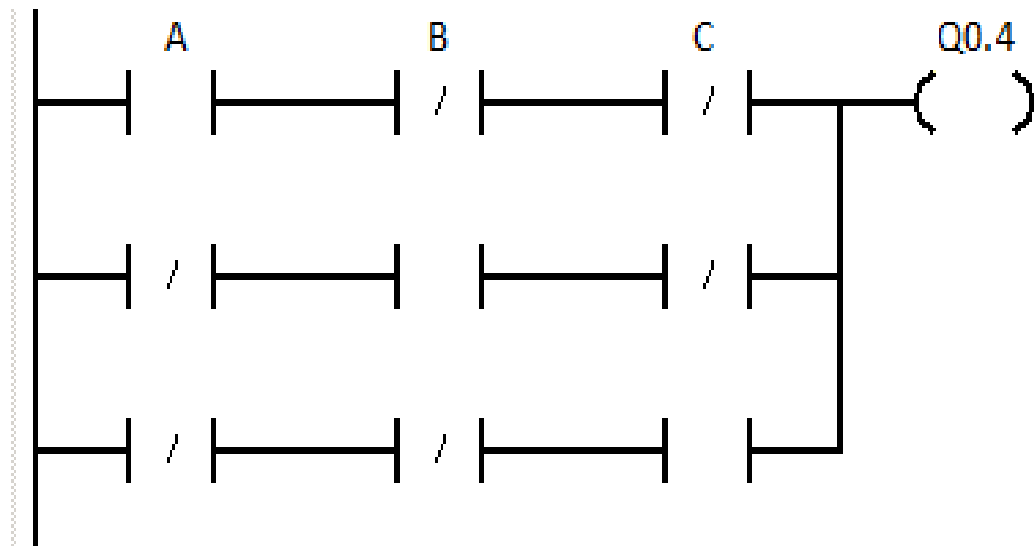


Figura 5.18 Diagrama de contactores corte.

### Proceso de Empaque y Distribución

Los rollos de tela al llegar a esta etapa, podemos determinar que contamos con 9 productos. Por lo que asignaremos el estado 0 lógico para que el rollo sea enviado al almacén y el 1 lógico para su envío a distribuidores.

### Gestión en tiempo real de cada rollo de producción

El poder visualizar el estado de los rollos, requiere forzosamente el uso de tecnologías de identificación, que puedan ser resistentes a los procesos de fabricación y una alternativa conjunta al código de barras.

La alternativa resulta en la tecnología RFID por sus siglas en inglés Radio Frequency Identification, en otras palabras identificación por radio frecuencia.

Bien es cierto que el crecimiento que ha tenido RFID en los últimos años, ha sido más espectacular que la trayectoria e implantación del código de barras, que ha evolucionado más lentamente.

Por lo tanto, a primera vista podemos ver que han tenido vidas paralelas, habiéndose cruzado en el transcurso de su evolución en varias ocasiones, y que la implantación de uno u otro no ha sido

excluyente, sino que ha venido definida por las necesidades de cada momento y de la demanda de cada sector.

La RFID originaria, partía de unas frecuencias de funcionamiento que la hacían más indicada para unos sectores que para otros. Los costos que presentaba eran muy elevados, de ahí su poca inserción en el sector privado. En nuestros días, esto está cambiando ya que emergen tecnologías RFID que están generando la creación de estándares, gracias a la gran aceptación que están teniendo.

Este es el caso del GEN2, tecnología RFID en la banda UHF, sobre la que los diferentes fabricantes del sector de la identificación investigan para mejorar.

Son muchos los sectores y aplicaciones sensibles a la implantación de la RFID, sectores como la logística, manufacturas, sanidad, seguridad, etc., pero en todos ellos el factor común que buscan es la identificación desatendida y eficaz.

Se busca mejorar las cadenas de suministro o algún proceso de las mismas, y gracias a la revolución tecnológica que se ha tenido en la tecnología RFID, podemos crear infraestructuras relevantes, que nos darán una mayor seguridad e información sobre un producto o productos, dónde está, por dónde pasó, etc.

En la producción de tela se requiere la gestión en tiempo real del rollo a través de cada uno de los procesos. Analicemos la manera en que RFID nos puede ayudar.

La tecnología RFID se divide en 4 partes principales, etiqueta o tag, antena, lector y software de gestión. Para el caso de la etiqueta y la antena se debe analizar las condiciones en que van operar, como distancias de lectura, presencia de campos electromecánicos, agua, materiales peligrosos.

### **Selección de la etiqueta.**

El espectro radioeléctrico es un recurso natural limitado compuesto por el conjunto de ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio sin necesidad de guía artificial y utilizado para la prestación de servicios de telecomunicaciones, radiodifusión sonora y televisión, seguridad,

defensa, emergencias, transporte e investigación científica, así como para un elevado número de aplicaciones industriales y domésticas. Es, por consiguiente, uno de los elementos sobre los que se basa el sector de la información y las comunicaciones para su desarrollo y, más allá de éste, para el acceso y la adopción de los ciudadanos de la misma sociedad de la información.

En la actualidad, además, existe una demanda creciente de espectro para la consolidación de nuevos servicios inalámbricos.

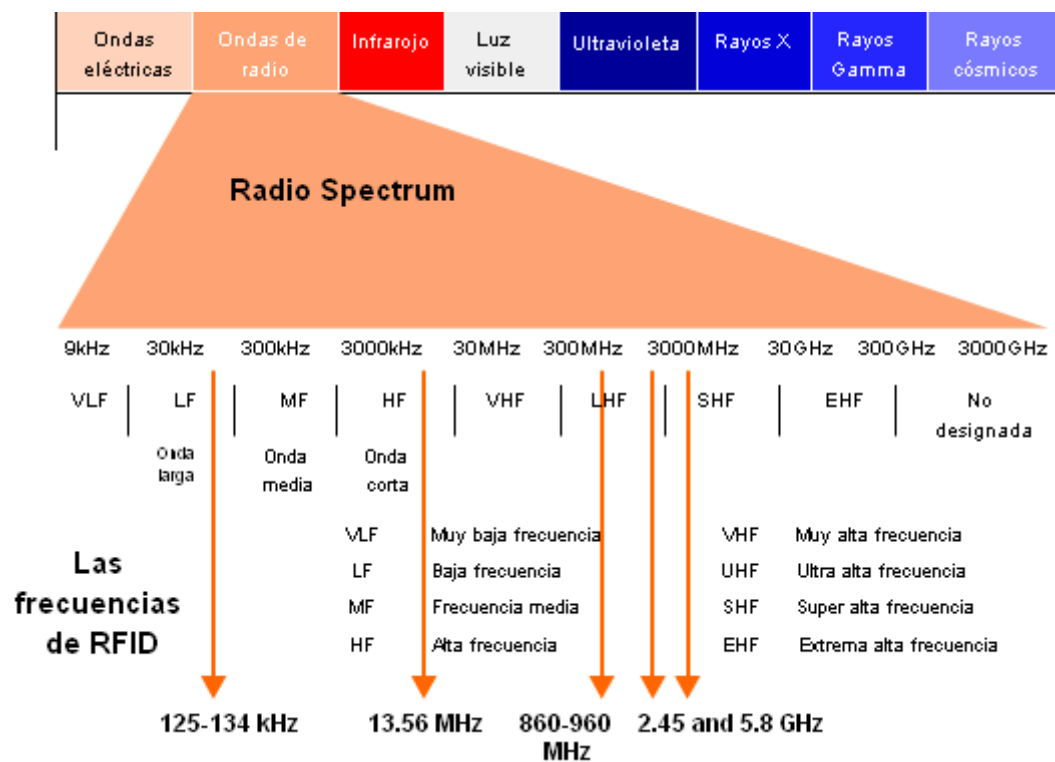


Figura 5.19 Espectro radio eléctrico

Las etiquetas están diseñadas para operar a diferentes frecuencias debido a:

- Requerimientos regulatorios del gobierno
- Tipo de material en que operarán –metal, agua, etc.
- Rango y velocidad requeridos de lectura.

Existen cuatro bandas de frecuencia en el diseño de etiquetas:

1. LF 125 KHz
2. HF 13.56 MHz
3. UHF 900 MHz
4. Microondas 2.4 GHz

Las longitudes de onda para las frecuencias bajas y altas son del orden de metros y para las frecuencias ultra y super altas, las longitudes de onda son del orden de centímetros. En la figura 5.6 mostramos un esquema de la relación de longitud de onda con la frecuencia.

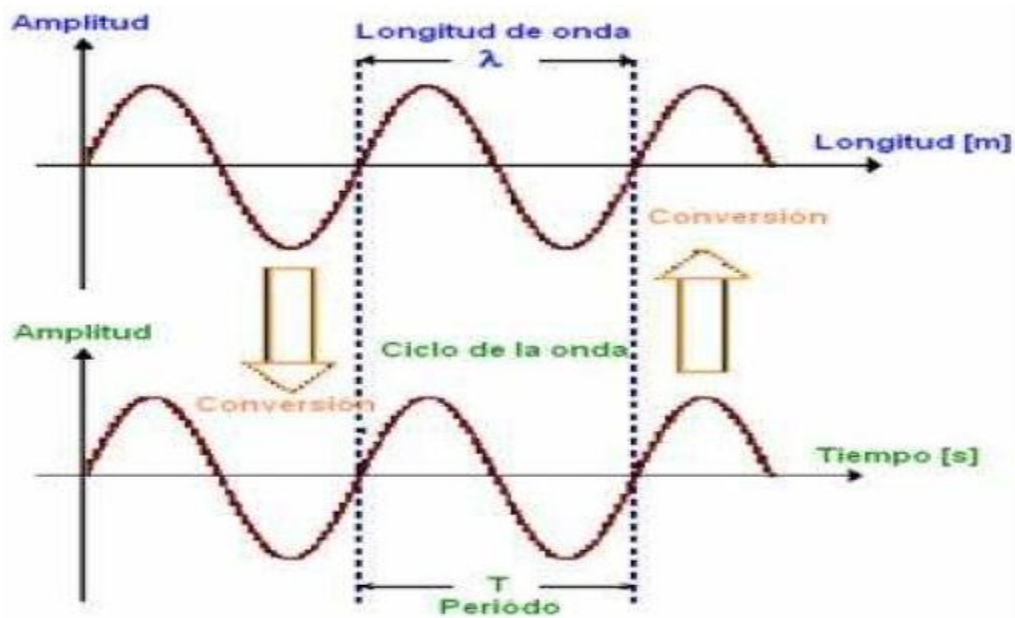


Figura 5.20 Relación de longitud de onda con frecuencia

Donde :

$$\lambda = c/f$$

$$f = 1/T$$

f = frecuencia

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

La información que se transmitirá de las etiquetas hacia la antena requiere que ambos sistemas trabajen en la misma frecuencia. Para la propagación de ondas en el espacio libre, las dimensiones de las antenas se especifican normalmente en fracciones de longitudes de onda (longitud eléctrica), el valor más común es el de  $\lambda/2$  ó  $\lambda/4$ .

Acorde a ello para la frecuencia de operación en la banda UHF de 915 MHz la longitud de onda quedara:

$$\lambda = c/f$$

$$\lambda = 3 \times 10^8 / 915 \times 10^6$$

$$\lambda = 0.33\text{m}$$

En esta banda se puede operar en la región de campo lejano, ya que las antenas son de dimensiones adecuadas a la aplicación de la tecnología RFID.

Un problema que se presenta en la región de campo lejano es la atenuación. Las ondas de radio pueden verse afectadas por el material a través del cual se propagan. Cuando un material permite que las ondas de radio, de una cierta frecuencia, pasen sin presentar pérdidas substanciales de energía cuando viajan a través de él, se le conoce como material-transparente o amigable con la radio frecuencia.

Cuando un material bloquea, refleja o dispersa las ondas de radio frecuencia, se le conoce como material opaco a la radio frecuencia. Si el material permite que las ondas de radio se propaguen a través de él pero que se presenten pérdidas sustanciales de energía se le llama material absorbente de radio frecuencia.

Este tipo de materiales y los que son catalogados como opacos, son materiales de propiedades relativas porque dependen de la frecuencia, es decir, un material que es opaco a cierto intervalo de frecuencias, puede ser transparente a otras frecuencias.

Además de ser influenciadas por los materiales por donde se propagan, las ondas de radio también son susceptibles a perturbaciones e interferencias por varios tipos de fenómenos físicos o climáticos tales como: neblina, lluvia y otros tipos de precipitación, la presencia de otras ondas de radio como teléfonos celulares, radios móviles, etc., descargas electrostáticas (ESD), estas son corrientes eléctricas repentinas que fluyen a través de un material que es un aislante bajo condiciones normales.

### **Selección de frecuencia de operación**

Las frecuencias que utiliza la tecnología RFID están en las bandas que no requieren licencia y la selección ellas depende de la aplicación. Para una identificación directa del objeto, como se lleva a cabo actualmente en toda la cadena de suministro, lo más adecuado es el uso de frecuencias en campo cercano (proceso inductivo), donde la optimización de operación del sistema se da para la relación del tamaño de la antena con la distancia de transmisión de información. Desde luego el tamaño de la antena está relacionada con el tamaño del transponder.

### **Etiquetas de ultra alta frecuencia (UHF)**

#### **Ventajas**

- Rangos de hasta 5 m
- Antenas más pequeñas
- Mayores rangos de datos (más alto que los de HF pero menores que los de microondas)
- Zona lectura controladas (a través de la direccionalidad de la antena)
- Modo de lectura más denso

- Anti-colisión
- Protocolo Gen2

### **Desventajas**

- No penetran agua/papel
- Asuntos regulatorios- diferencias en frecuencias, canales, potencias y ciclos de operación.
- Para operar globalmente requiere agilidad de frecuencias desde 865 a 954 MHz
- Los lectores tienen que operar en las frecuencias correctas y niveles de potencia correcto (0.5- 4 W)
- Los lectores tienen que operar a una frecuencia aprobada y dentro del rango apropiado de potencia de transmisión (0.5- 4 W)

La frecuencia ultra alta (UHF: 868 - 928 MHz) en México el rango de operación es de 902-928 MHz.

- El pegado de las etiquetas RFID en cada rollo de tela en la etapa inicial de producción
- La instalación de lectores RFID en cada de las etapas de producción.
- Protocolo de la EPC Global Clase 1 Gen 2.

### **Implementación de la tecnología RFID**

La producción de telas cuenta con 6 procesos, que deben ser controlados de manera individual, permitiendo una respuesta rápida a posibles inconvenientes que pudieran surgir.

Se propone utilizar 13 entradas y 6 salidas del PLC, en donde las entradas serán conformadas por los lectores RFID y los respectivos botones de paro.

Las salidas intervendrán directamente en las bandas producción, marcando la pauta para la constante producción y/o el paro para arreglar algún inconveniente.

La figura a continuación nos muestra el diagrama lógico de la producción.

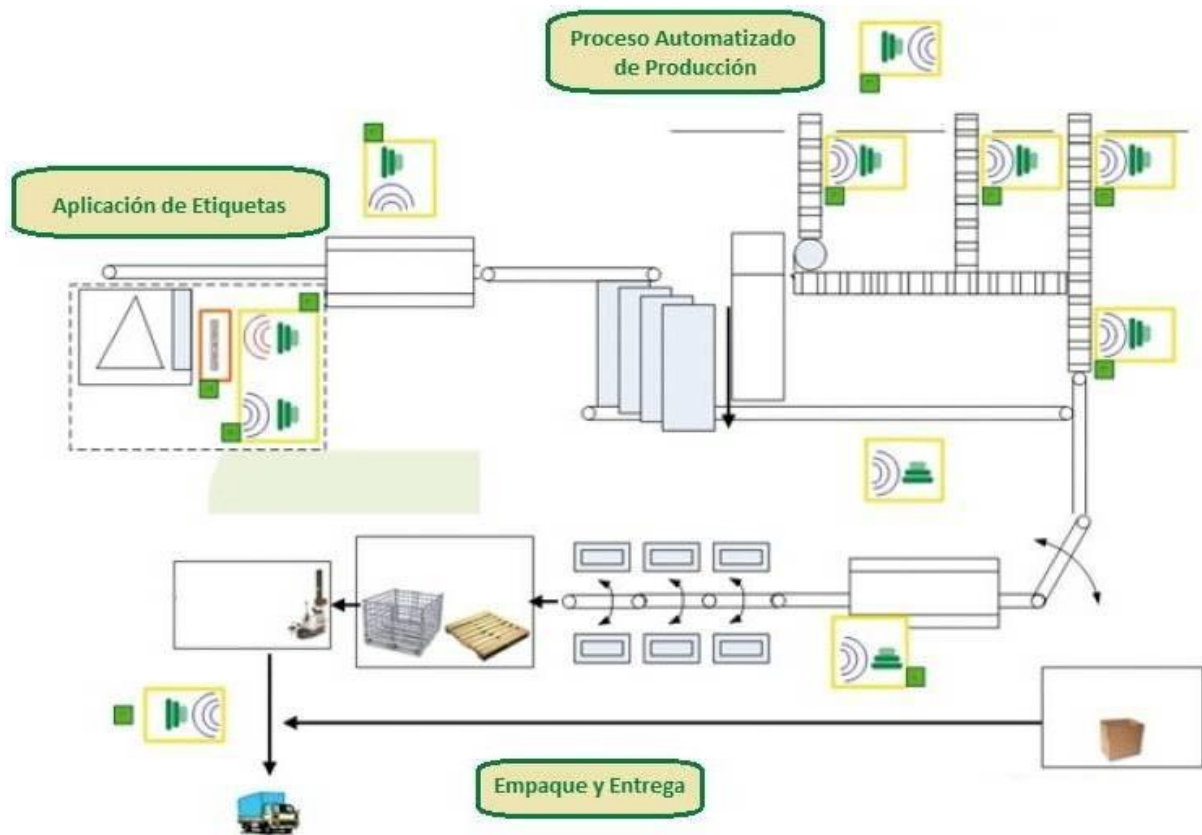


Figura 5.21 Diagrama lógico de producción de telas

### El manejo de las etiquetas RFID

Al inicio de la producción de un rollo de tela, se considera lo siguiente:

- Tipo de tela
- Color
- Longitud
- Distribución

Cada uno de estas características son capturadas en un software local, que a su vez grabará dicha información en cada una de las etiquetas.



El pegado de las etiquetas debe ser a una distancia de 3 cm del borde interior del rollo y de manera circular, es decir, imitando la circunferencia del mismo, esto permitirá que las antenas puedan detectar las etiquetas con mayor facilidad.

El proceso de captura y pegado de etiquetas en cada uno de los rollos de tela, es una tarea donde tiene que intervenir la mano del hombre, por lo que se debe ser muy cuidadoso en cada etapa, ya que una mal captura o un etiquetado erróneo truncará el proceso de producción constante.

### **La instalación de lectores RFID en cada de las etapas de producción.**

Se propone colocar los lectores RFID a una distancia máxima de 3 metros por donde pasan cada uno de los rollos de tela.

Dichos lectores deben instalarse de manera que entre el rollo de tela y lector no se interponga nada que pueda interrumpir la señal de lector-etiqueta, provocando así una mala lectura. Permittiéndonos de esta manera evitar al máximo los errores y lograr el objetivo de eficientar el proceso de producción.

### **EPC Global del protocolo Clase 1 Gen 2**

Finalmente en cumplimiento por parte EPC global del protocolo Clase 1 Gen 2 para identificación por radiofrecuencia se deben seguir las siguientes pautas:

1. Selección del tipo adecuado de tarjeta para impresora-codificadora. Elegir el tipo de tarjeta y consumible que se corresponda con su impresora/codificadora y su aplicación es esencial para conseguir un rendimiento óptimo de las etiquetas RFID inteligentes. Las tasas de transmisión de datos, la memoria, el diseño de la antena y la capacidad de escritura son aspectos que deben ser evaluados para garantizar el buen funcionamiento de la tarjeta.
2. Realizar pruebas preliminares con pequeños lotes de etiquetas RFID antes de comprar grandes cantidades – Es importante que el convertidor de etiquetas obtenga las especificaciones de colocación del transmisor del fabricante de la impresora-codificadora antes de producir etiquetas inteligentes para su aplicación.

3. Almacenar las etiquetas RFID a la temperatura adecuada – Las etiquetas RFID deben almacenarse a una temperatura de entre 15,5 y 95 grados centígrados y en condiciones ambientales estables. Se debe limitar la exposición a descargas electroestáticas, ya que pueden afectar al rendimiento. En los ambientes con bajos niveles de humedad, puede ser necesario el uso de colchonetas o prendas antiestáticas para reducir las descargas electrostáticas.

4. Capacitar a los empleados para que la impresión de las etiquetas sea óptima; es necesario capacitar sobre las configuraciones opcionales de la impresora-codificadora, sus funciones y los requisitos especiales de la tecnología RFID en su entorno de trabajo concreto ayudará a reducir los errores potenciales a la hora de imprimir etiquetas RFID.

5. Calibre la impresora/codificadora para asegurarse de que programa las tarjetas con precisión – Es importante que la impresora-codificadora almacene las medidas correctas de los extremos (o distancia entre etiquetas) antes de codificar los soportes de las etiquetas RFID inteligentes. Las impresoras-codificadoras con función de auto calibración pueden ayudar a optimizar esta operación.

6. Evite consumibles en láminas o bases metálicas – Como el metal refleja las señales de radiofrecuencia y es una de las principales fuentes de interferencias para los dispositivos RFID, se deben evitar siempre que sea posible. Las etiquetas con tintas metálicas puede impedir el correcto funcionamiento de la codificación y pueden limitar notablemente la distancia de lectura.

7. Cuidado con los líquidos – El agua u otros líquidos también obstaculizan el rendimiento de los sistemas RFID. Los líquidos pueden absorber las señales de radiofrecuencia y, por lo tanto, limitar la distancia o impedir las operaciones de lectura/escritura de las tarjetas.

8. Mantenga los equipos RFID separados – Pueden producirse interferencias si los equipos de radiofrecuencia están demasiado juntos. Dejar suficiente espacio entre la impresora-codificadora y otros productos de radiofrecuencia que compartan el mismo ancho de banda, como antenas, lectores, redes de área local inalámbricas o incluso otras impresoras-codificadoras.

9. Utilizar programas de administración de impresoras para alertar sobre problemas persistentes – Si el equipo funciona correctamente, la codificación y la impresión se completan en una única

pasada por la impresora-codificadora. Sin embargo, no es infrecuente que una incrustación no se codifique al primer intento. Si los errores persisten, puede que el problema sea mayor. Incorporar una aplicación potente de administración de impresoras y servidores de impresión en su estructura RFID proporciona alertas que pueden hacer que los problemas leves no vayan a mayores.

10. Colocar las etiquetas inteligentes en una posición óptima de lectura en los rollos y palets – En un proceso totalmente automatizado, la colocación de la etiqueta inteligente es esencial para garantizar que las rollos se lean con precisión y coherencia. Realice pruebas de colocación de las etiquetas con los lectores existentes para identificar dónde deben adherirse las etiquetas en las cajas y conseguir las más altas velocidades de lectura.

# **SIMULACIÓN**

La simulación de proyecto se divide en las siguientes etapas:

- Programación del PLC mediante STEP 7- Micro/WIN 32 y simulador del PLC S7-200 marca Siemens
- Simulador de bandas automatizadas y sensores RFID PCSIMU

### **STEP 7- Micro/WIN 32**

Es un práctico y fácil programa para el desarrollo de código y mantenimiento de autómatas programables SIMATIC S7-200. Esta aplicación permite crear programas para todos los CPU's SIEMENS 21x y 22x y es compatible con el sistema operativo Windows 7, además, puede ser utilizado para crear simulaciones de procesos de automatización con los programas S7\_200 y PC SIMU.

El uso de simuladores nos permite ahorrar tiempo y dinero al poder comprobar nuestros programas sin necesidad de cablear un PLC real o disponer de un cable especial de programación.

En la figura 6.1, observamos que la pantalla se divide en 4 partes principalmente (además de los menús e iconos de acceso rápido):

- **Barra de navegación:** nos permite acceder a las opciones más comunes de forma rápida.
- **Árbol de operaciones:** en donde se sitúan todas las órdenes de programación aceptadas por el autómata, la ventana principal del programa y una explicación de las áreas de trabajo.
- **Ventana de resultados:** en la que se visualiza el estado de la compilación del programa, errores, etc.
- **Ventana de programación:** situada a la parte derecha y dividida por Networks (líneas de programación). En este lugar elaboraremos el programa que ha de gobernar al

PLC. Su aspecto varía según el lenguaje elegido (KOP, AWL o FUP) y que podremos seleccionar a través de las teclas que llevan sus mismos nombres.

Hay que señalar que el programa es capaz de traducir a cualquiera de estos lenguajes, es decir: si por ejemplo estamos programando en AWL y seleccionamos el lenguaje KOP, se realizará automáticamente una traducción del programa de AWL a KOP.

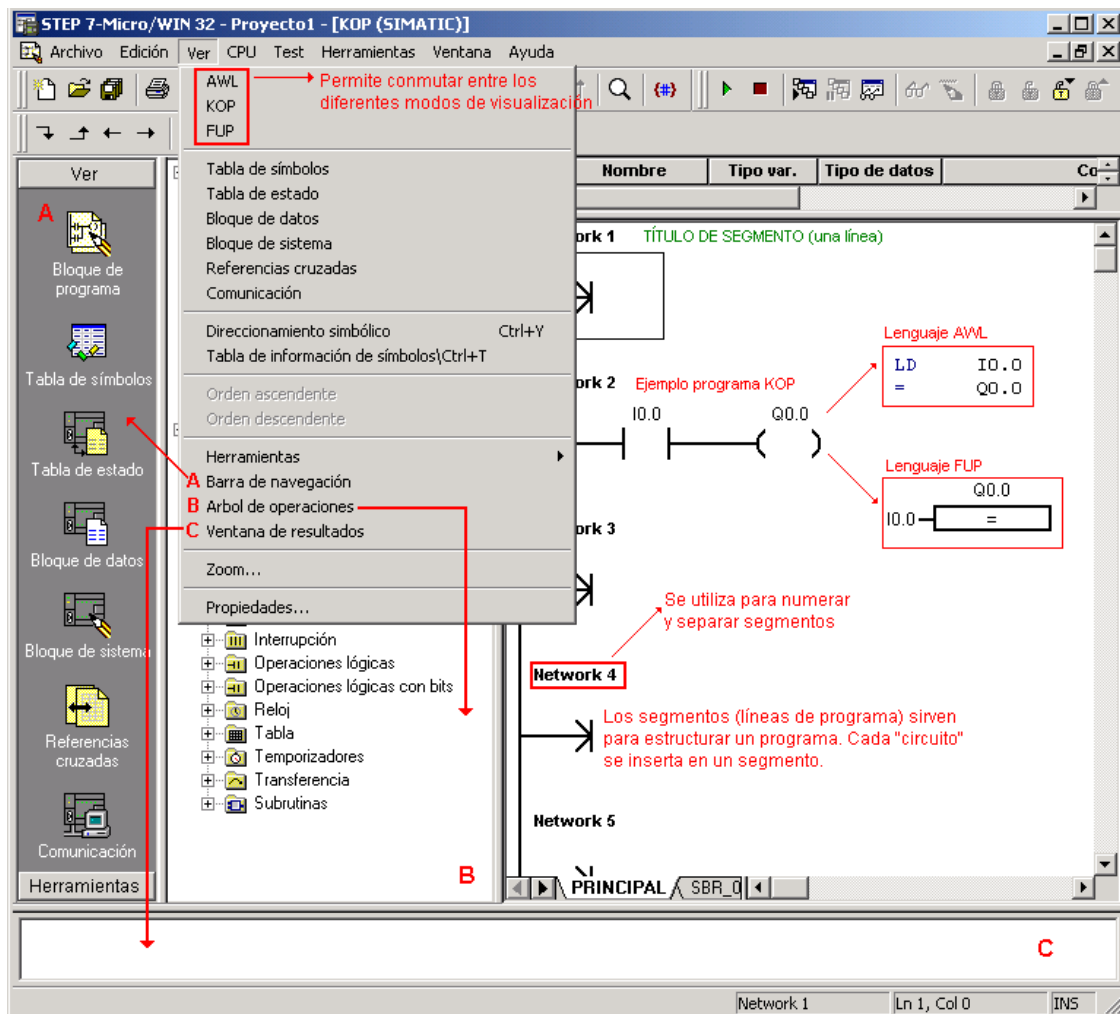


Figura 6.1 Ventana de trabajo STEP 7- Micro/WIN 32

## Introducir órdenes

A partir de ahora todas las explicaciones versaran sobre el lenguaje KOP, por tratarse del lenguaje más intuitivo debido a su carácter eléctrico. El programa presenta varias maneras de introducir contactos, bobinas o cuadros:

- Árbol de direcciones, abriendo las distintas carpetas existentes dentro de Operaciones.
- Iconos que aparecen como marcados en el dibujo:
  - 1 (contactos) → para insertar entradas.
  - 2 (bobinas) → para insertar salidas.
  - 3 (cuadros) → para insertar funciones ya programadas (contadores, temporizadores, etc.).

Como se observa en la figura 6.2

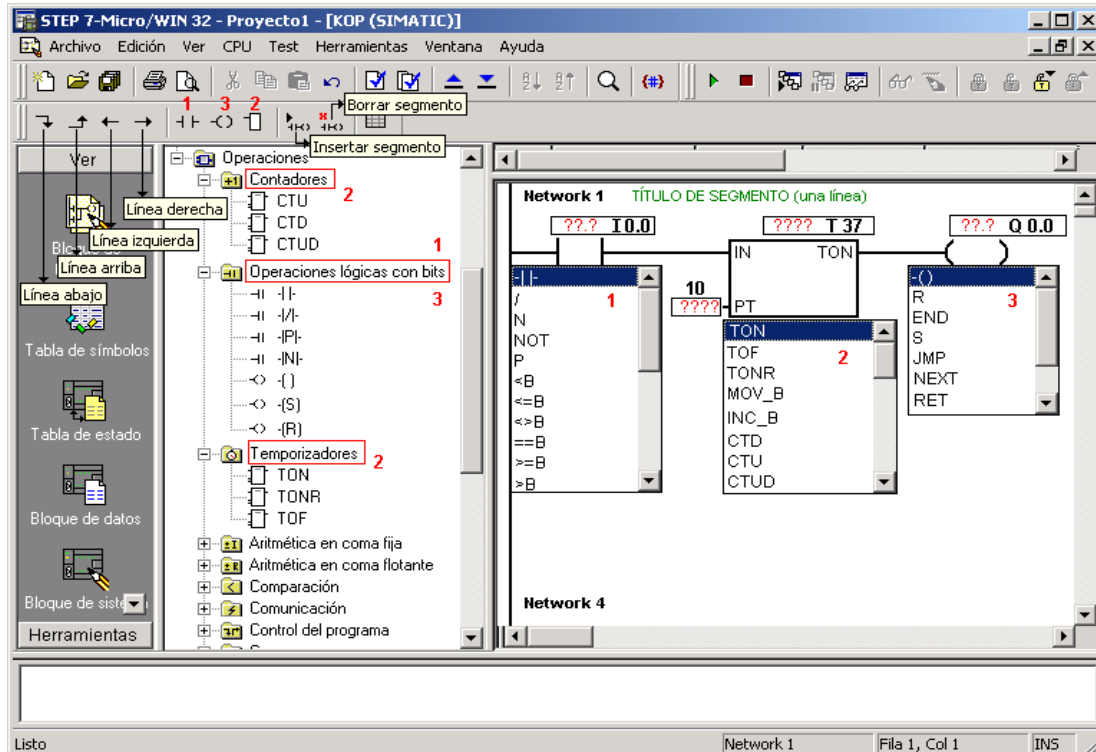


Figura 6.2. Introducción de órdenes

Una vez introducido el elemento seleccionado, deberemos darle nombre: para ello deberemos colocarnos en los interrogantes situados en la parte superior del elemento y teclear la estructura explicada con anterioridad para entradas y salidas.

Para realizar combinaciones (serie, paralelo, mixto...) de funciones/elementos deberemos utilizar “**las líneas**”, que permiten realizar ramificaciones a partir de una única línea.

### Menú Ayuda

Como cualquier programa, que se precie, disponemos de menús de ayuda de cualquier elemento. Para acceder a él, basta con seleccionar el objeto del que se quiere obtener la ayuda y presionar F1 sobre el teclado, como se ve en la figura 6.3

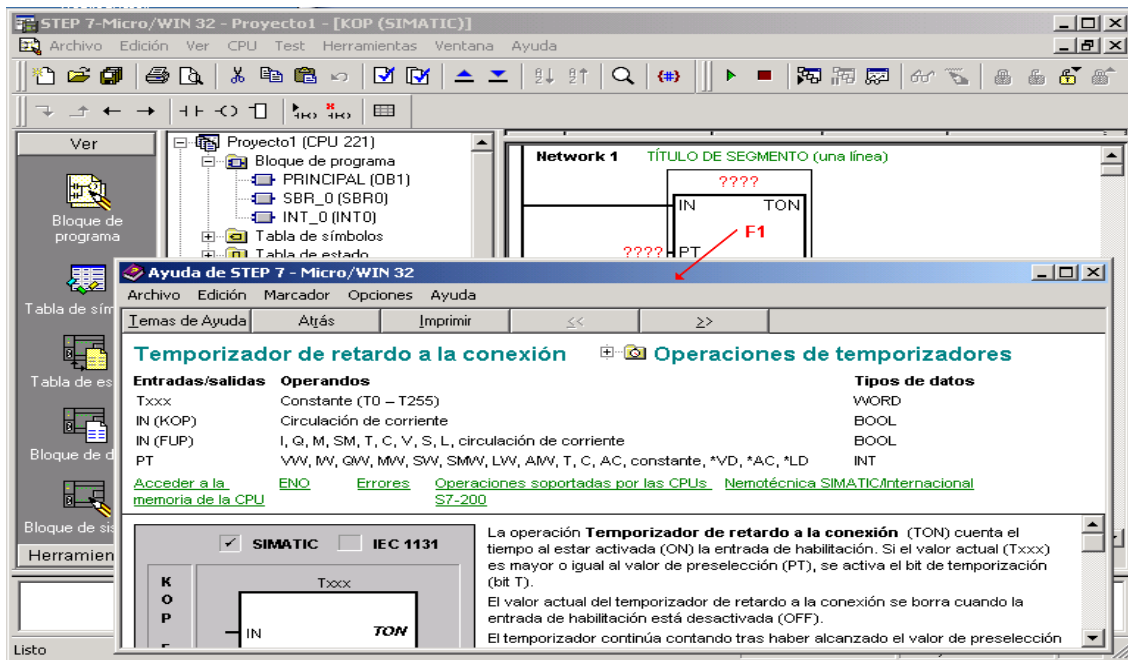


Figura 6.3 Nombre de componente y menú ayuda



### Introducir comentarios

Podemos introducir comentarios dentro de cada segmento que faciliten la interpretación del programa, como se muestra en la figura 6.4:

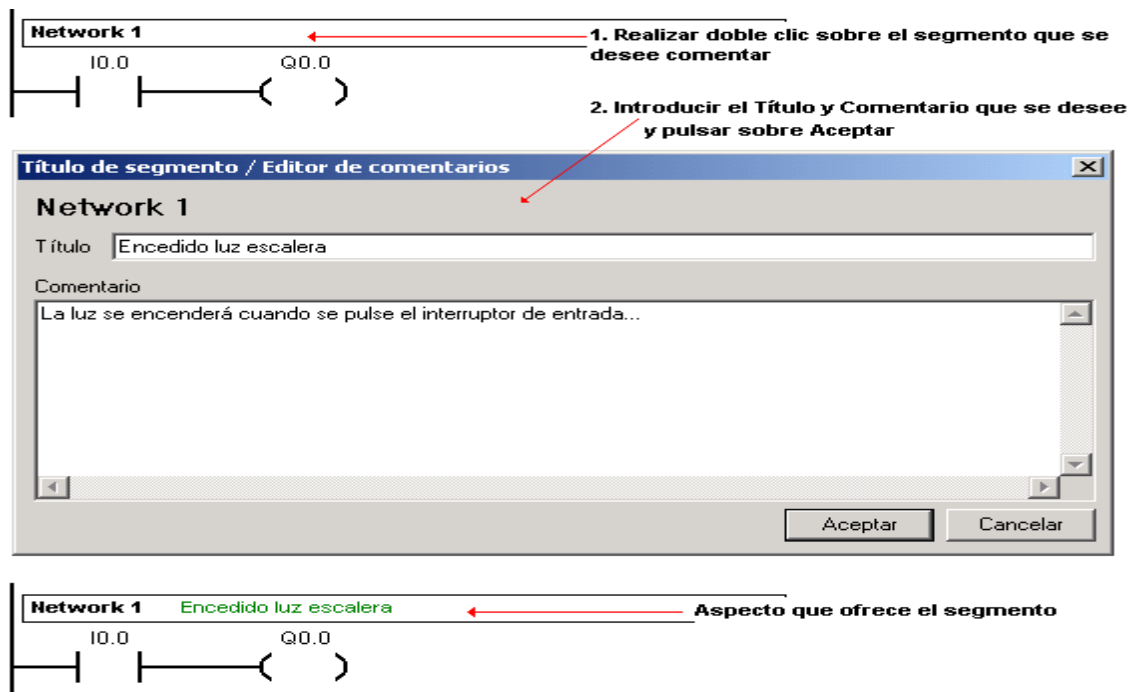


Figura 6.4 Introducción de comentarios

El editor de comentarios se dividen en:

- Título del segmento. Se visualiza en pantalla.
- Comentario. No aparece en pantalla, para poderlo observar deberemos realizar doble clic sobre el segmento/Network correspondiente, o bien, imprimir el programa, especificando que se impriman dichos comentarios.

En la figura 6.5 observamos la manera de imprimir:

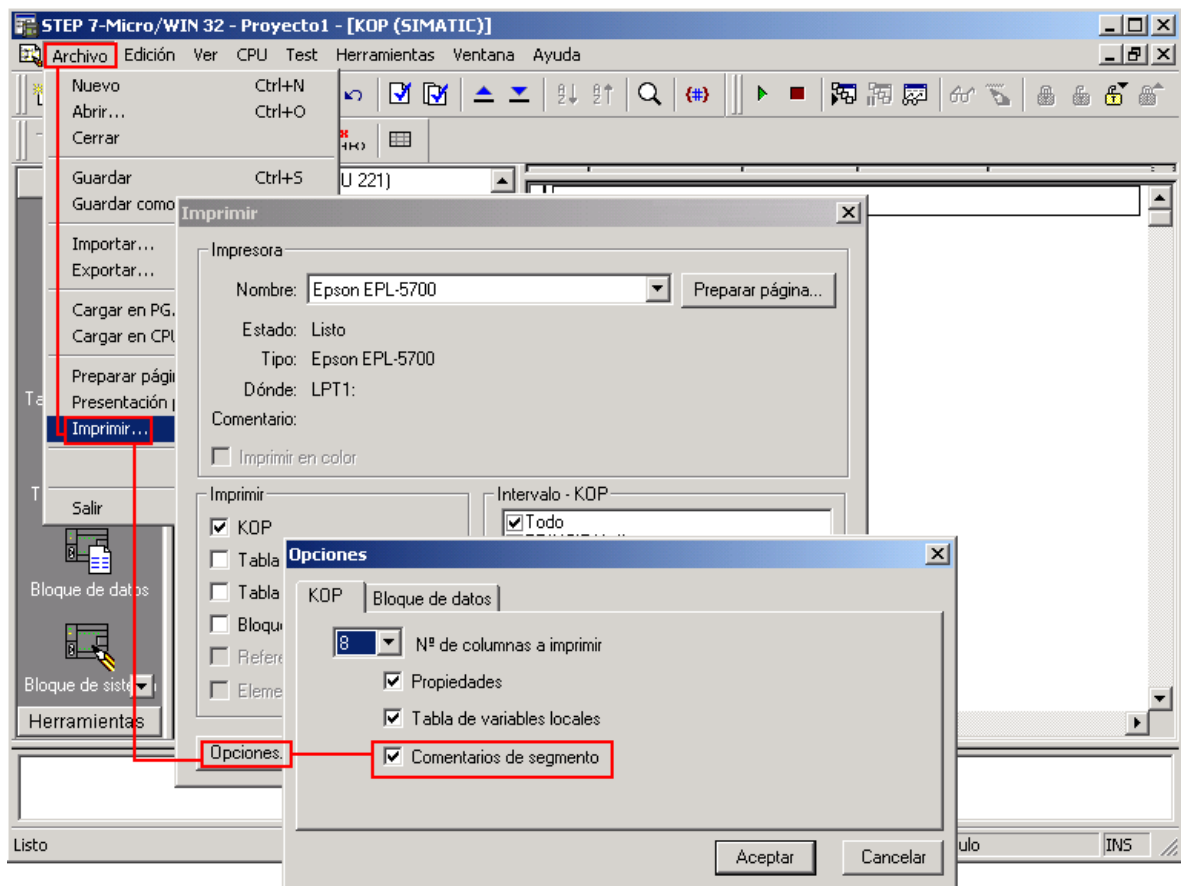


Figura 6.5 Imprimir en STEP 7

### Direccionamiento simbólico.

Es muy útil trabajar con las denominaciones de los interruptores o con un texto explícito, es decir, en lugar de I 0.0 utilizar “pulsador de marcha”. Para ello, hemos de recurrir al direccionamiento simbólico, al cual podemos acceder a través de la Barra de navegación o bien recurriendo a las opciones del menú Ver, seleccionando en ambos casos la opción tabla de símbolos.

Con ello obtendremos una ventana para editar la tabla de símbolos figura 6.6:

- “**nombre**” introduciremos lo que luego se visualizara como texto explícito.
- “**direcciones**” se introducen los operandos que deben ser sustituidos por los nombres simbólicos.

- “comentario” podemos introducir un texto explicativo.

Para que tenga efecto, no deberemos olvidar guardar el trabajo realizado.

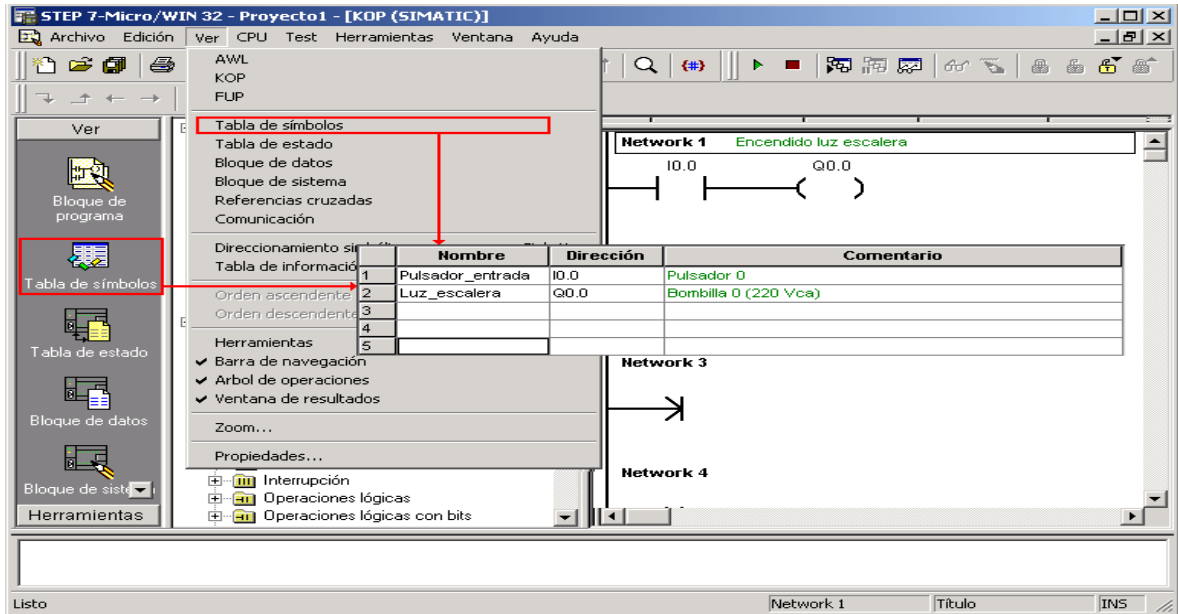


Figura 6.6 Tabla de símbolos

Finalmente, debemos activar el direccionamiento simbólico, figura 6.7, para ello, a través del menú ver seleccionaremos la opción Direccionamiento simbólico:

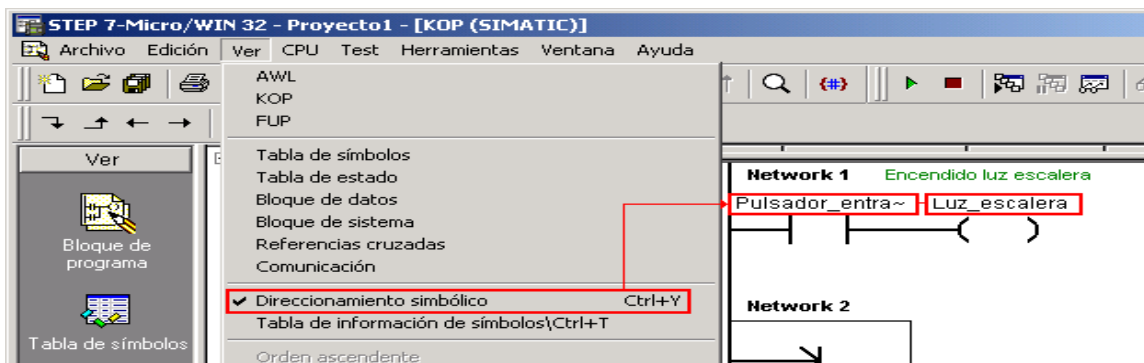


Figura 6.7 Direccionamiento simbólico

### Compilar-ejecutar

A continuación explicaremos la secuencia a seguir para una correcta transmisión y ejecución del programa diseñado:

1. En primer lugar compilaremos el programa, con la finalidad de depurar posibles “errores ortográficos”. El resultado de la compilación aparecerá en la Ventana de resultados, figura 6.8:



Figura 6.8 Compilación del programa

Si existe algún error deberemos subsanarlo, en caso contrario pasamos al siguiente punto.

2. Llegados a este punto debemos transferir el programa elaborado al autómata, para ello seleccionaremos el icono Cargar en CPU, figura 6.9:

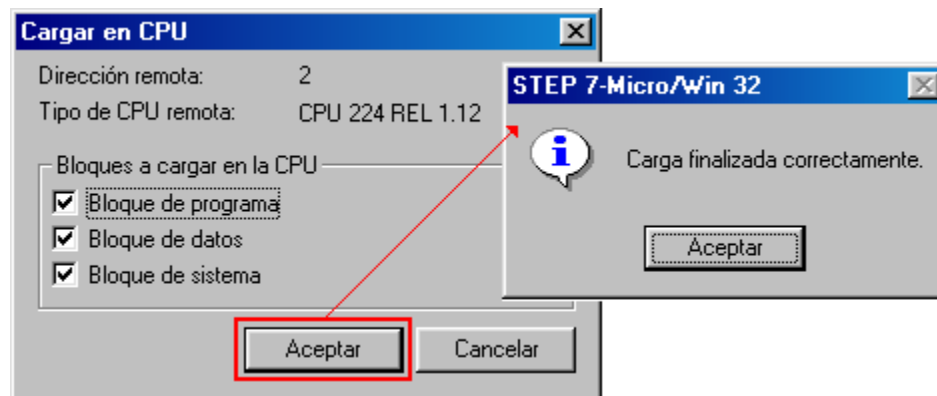


Figura 6.9 Carga en CPU

La opción Cargar en PG realiza el proceso contrario, es decir, carga el programa que tiene el autómata en memoria al MicroWin, figura 6.10:

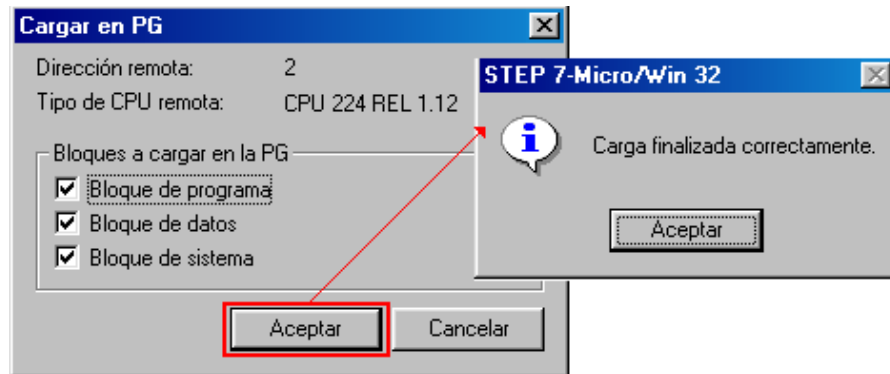


Figura 6.10 Carga en PG

3. Finalmente podemos ejecutar el programa, mediante la opción RUN, y observar su funcionamiento real a través del PLC. Debemos recordar que el autómata debe tener su selector en posición *TERM*.

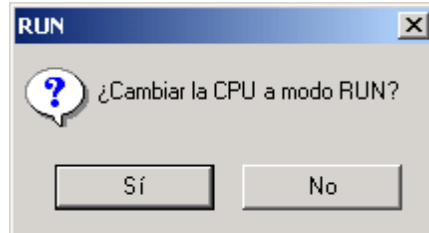


Figura 6.11 Modo RUN

Cuando queramos detener la ejecución, será suficiente con presionar el icono STOP.

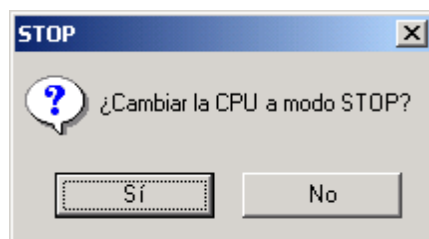


Figura 6.12 Modo STOP

4. Existe la posibilidad de visualizar el desarrollo del programa a través del MicroWin y de este modo poder depurar y perfeccionar el código elaborado. Esto es posible mediante la opción estado del programa, de este modo cuando se active un contacto su interior aparecerá de color azul, como se ve en la figura 6.13. Debemos tener cuidado con esta opción, pues cuando se encuentra activada no permite modificación alguna del programa.

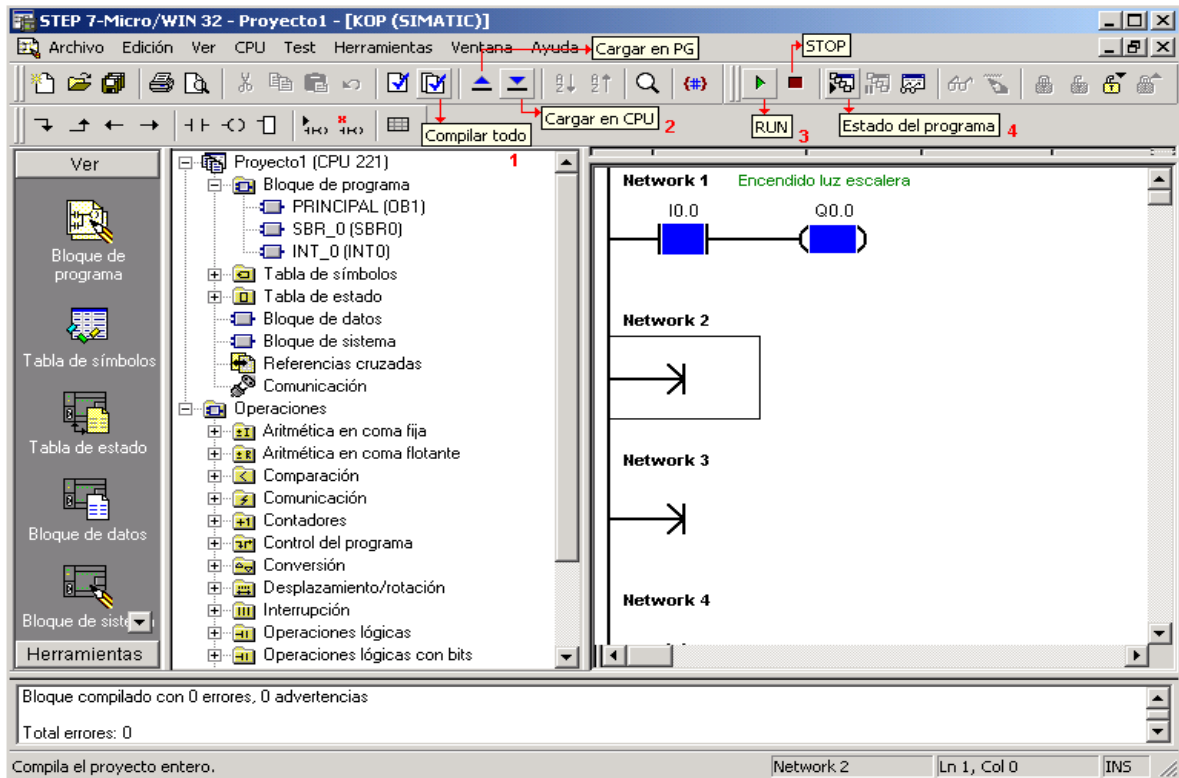


Figura 6.13 Desarrollo del programa

Cualquier modificación que se realice al programa deberá ser transmitida de nuevo al autónoma.

### Simulador S7\_200

El problema que plantea el programa anterior reside en el hecho de que no permite simular el programa diseñado a no ser que conectemos un autómata.

Para subsanar este hecho utilizaremos un simulador, desde el cual podamos probar nuestro diseño sin necesidad de tener un PLC

#### 4.1.- Adecuar el archivo

Una vez diseñado y compilado el programa, lo guardaremos... al guardar se crea un archivo de extensión MWP con el nombre que le indiquemos, por ejemplo Prueba.mwp

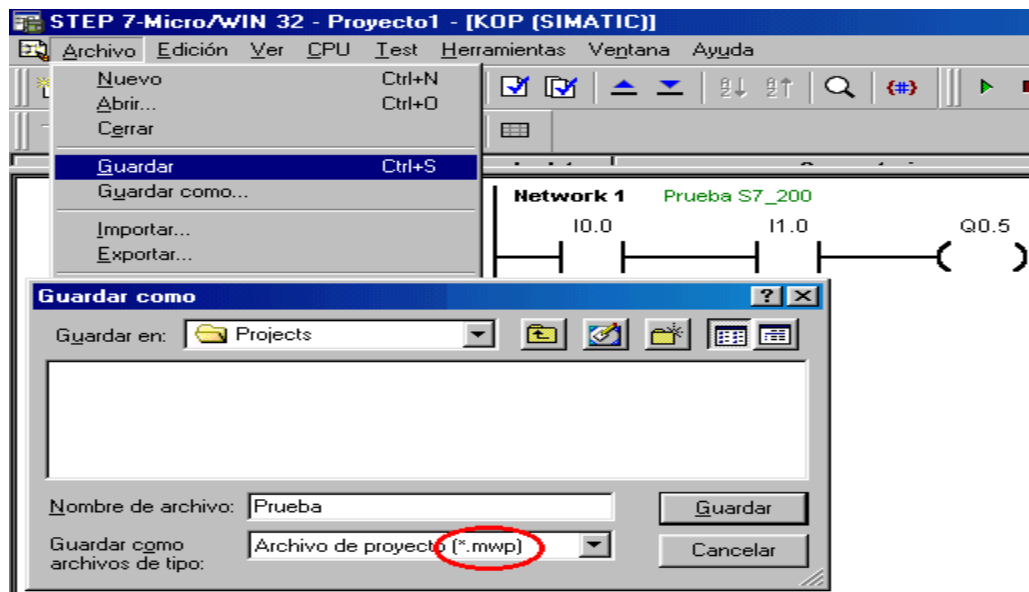


Figura 6.14 Guardar proyecto extensión MWP

Este archivo no es adecuado, ya que el simulador solo acepta archivos con extensión AWL. Por ello, una vez guardado, deberemos *exportar* el programa para conseguir un archivo con extensión AWL, que es la extensión aceptada por el simulador.

Podemos darle, por ejemplo, el nombre Prueba.awl:

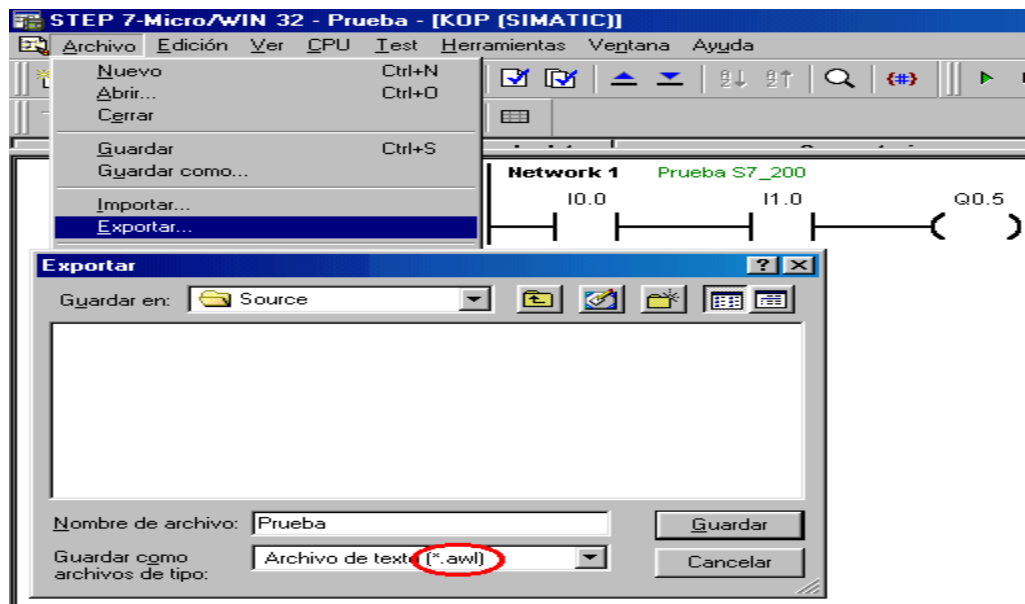


Figura 6.15 Exportar archivo extensión awl

#### 4.2.- Ejecutar el simulador

Cada vez que ejecutemos el simulador, nos pedirá una contraseña que deberemos introducir de forma correcta para habilitar sus funciones. Como se muestra en la figura 6.16.

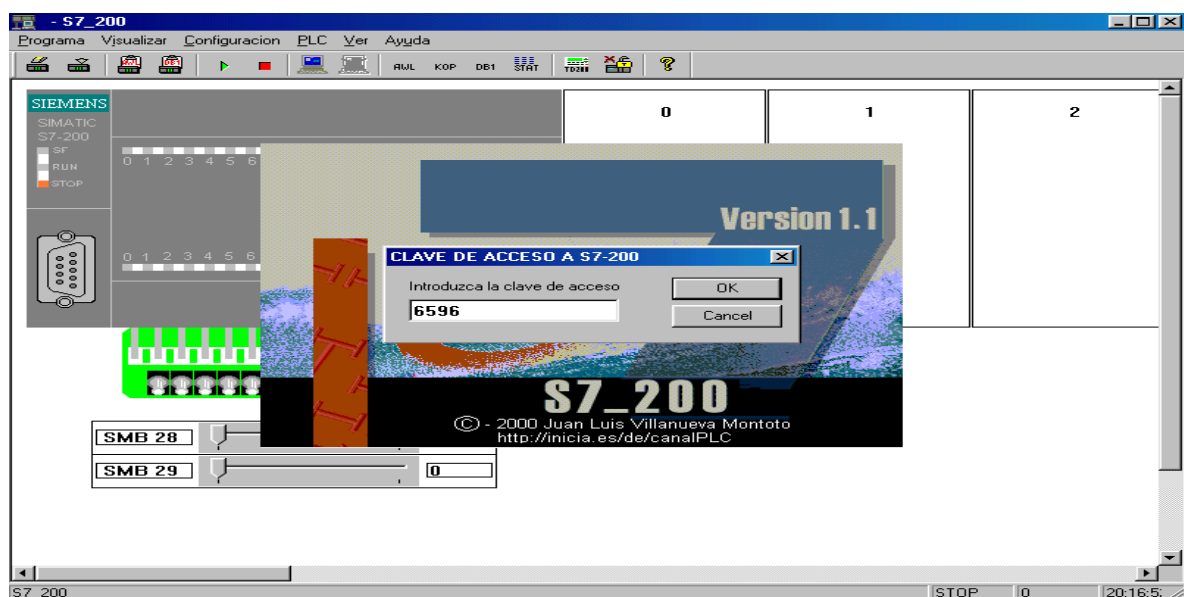


Figura 6.16 Inicio de simulador S7200



#### 4.3.- Configurar el tipo de CPU

Antes de cargar algún programa, deberemos configurar correctamente el tipo de autómeta, que se trata de la CPU 224.



Figura 6.17 Selección de CPU

#### 4.4.- Cargar el programa

Ahora ya podemos cargar el programa que deseamos simular, debemos tener en cuenta la versión del MicroWin utilizada para el diseño del programa.

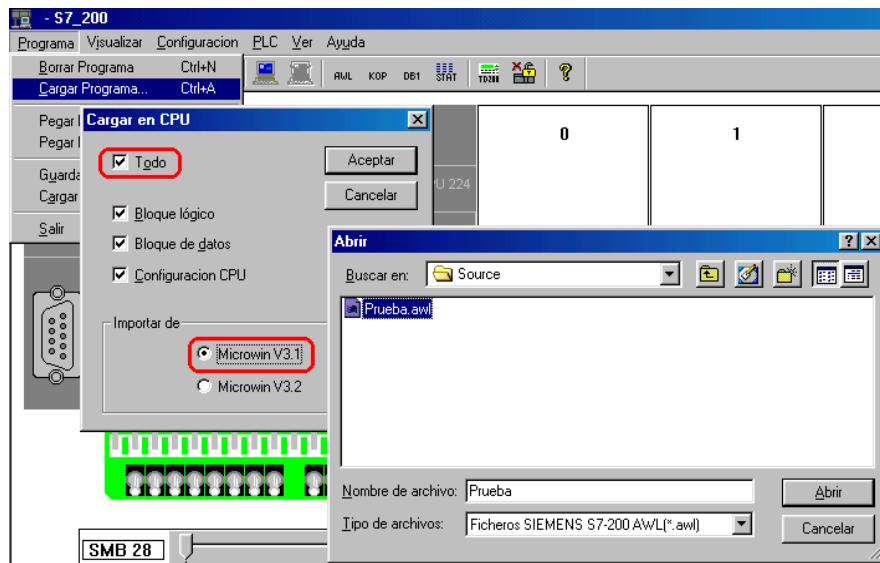


Figura 6.18 Versión de Micro Win

4.5.- RUN y simular

Finalmente ya solo nos queda poner en RUN el simulador y experimentar con la botonera

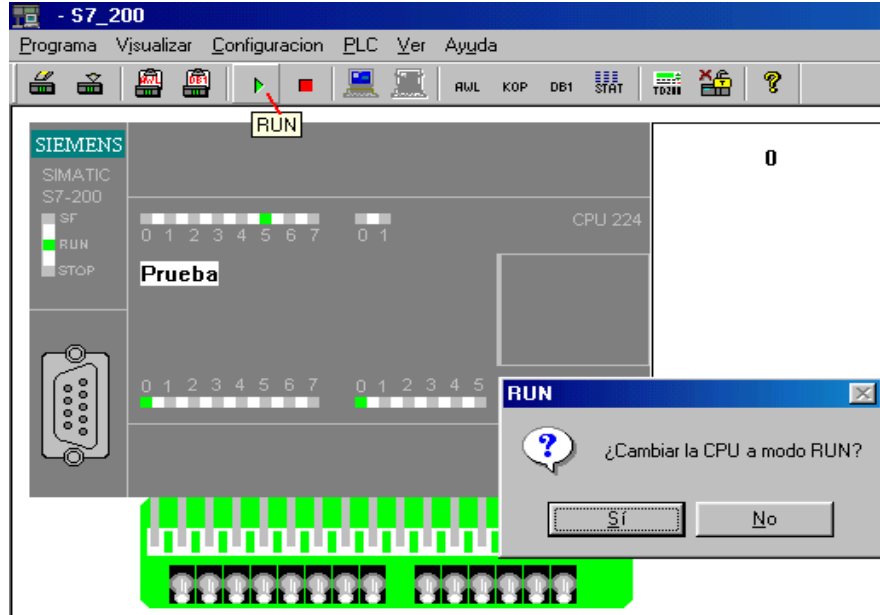


Figura 6.19 Modo RUN y similiar

Una vez conocido el manejo del programador y simulador se propone:

1. Se establece la cantidad de motores y sensores RFID a configurar:
  - 6 motores
  - 6 sensores RFID
  - 7 botones de paro
  
2. Se asigna las direcciones y nomenclatura de cada dispositivo:

Dispositivo	Dirección	Nomenclatura
Lector RFID tinte	I0.0	RFTIN
Lector RFID secado	I0.1	RFSEC
Lector RFID Dimensión	I0.2	RFDIM
Lector RFID Corte	I0.3	RFCOR
Lector RFID Distribución	I0.4	RFDIS

Lector RFID Almacén	I0.5	RFALM
Botón de Paro General	I1.0	BPGEN
Botón de Paro Tinte	I1.1	BPTIN
Botón de Paro Secado	I1.2	BPSEC
Botón de Paro Dimensión	I1.3	BPDIM
Botón de Paro Corte	I1.4	BPCOR
Botón de Paro Distribución	I1.5	BPDIS
Botón de Paro Almacén	I1.6	BPALM
Motor Tinte	Q0.0	MTIN
Motor Secado	Q0.1	MSEC
Motor Dimensión	Q0.2	MDIM
Motor Corte	Q0.3	MCOR
Motor Distribución	Q0.4	MDIS
Motor Almacén	Q0.5	MALM

Se captura en el programa la nomenclatura de entradas/salidas, teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- Símbolo
- Dirección
- Comentario

En la figura 6.20 se observa la captura de la nomenclatura:

	Símbolo	Dirección	Comentario
1	RFTIN	I0.0	LECTOR RFID TINTE
2	RFSEC	I0.1	LECTOR RFID SECADO
3	RFDIM	I0.2	LECTOR RFID DIMENSIÓN
4	RFCOR	I0.3	LECTOR RFID CORTE
5	RFDIS	I0.4	LECTOR RFID DISTRIBUCIÓN
6	RFALM	I0.5	LECTOR RFID ALMACEN
7	BPGEN	I1.0	BOTÓN DE PARO GENERAL
8	BPTIN	I1.1	BOTÓN DE PARO TINTE
9	BPSEC	I1.2	BOTÓN DE PARO SECADO
10	BPDIM	I1.3	BOTÓN DE PARO DIMENSIÓN
11	BPCOR	I1.4	BOTÓN DE PARO CORTE
12	BPDIS	I1.5	BOTÓN DE PARO DISTRIBUCIÓN
13	BPALM	I1.6	BOTÓN DE PARO ALMACÉN
14	MTIN	Q0.0	MOTOR TINTE
15	MSEC	Q0.1	MOTOR SECADO
16	MDIM	Q0.2	MOTOR DIMENSIÓN
17	MCOR	Q0.3	MOTOR CORTE
18	MDIS	Q0.4	MOTOR DISTRIBUCIÓN
19	MALM	Q0.5	MOTOR ALMACEN
20			

Figura 6.20 Asignación de direcciones PLC

3. Se realiza la programación del PLC mediante la elaboración del diagrama en escalera.

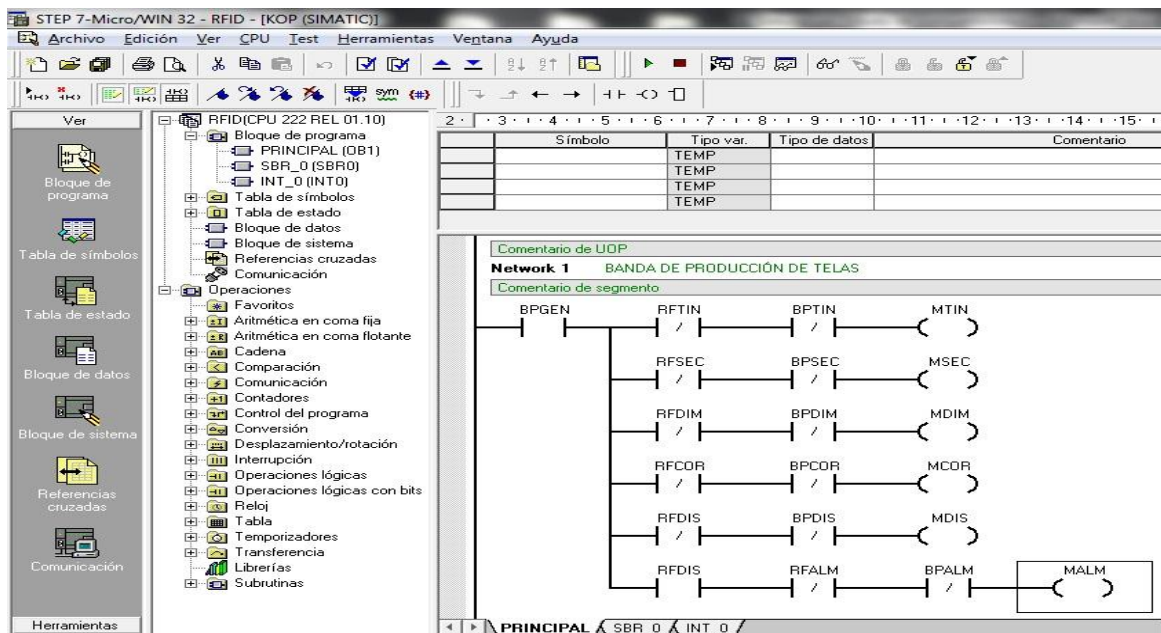


Figura 6.21 Programación del PLC

La aplicación PC SIMU nos permite desarrollar un entorno virtual en donde podemos simular el comportamiento del PLC, bandas automatizadas, sensores RFID y el tablero de control.

Se debe configurar de manera individual los siguientes componentes:

- Bandas
- Alarmas (Led)
- Depósitos
- Objetos
- Interruptores

En la figura 6.22 observamos la configuración de una banda automatizada, en donde se debe establecer el sentido del desplazamiento, velocidad y asignación de dirección.

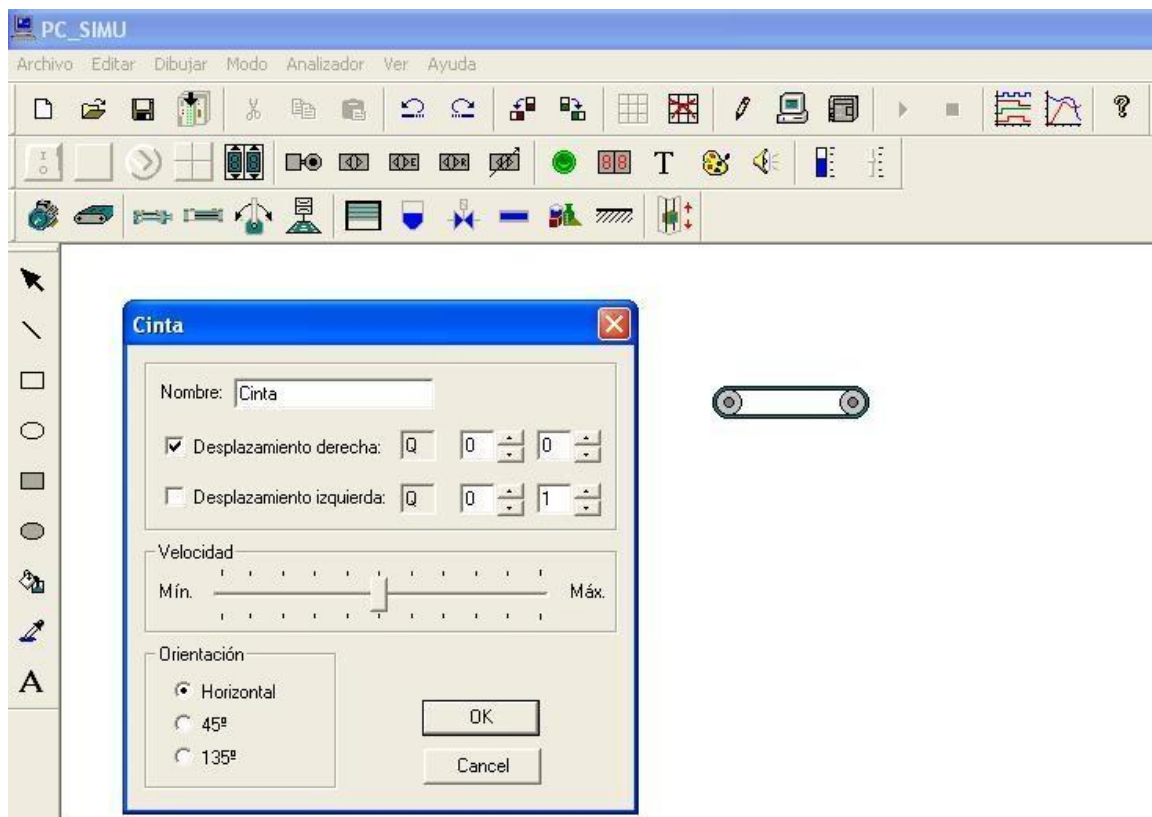


Figura 6.22 Diseño de banda

En la figura 6.24 se configura una alarma, quien nos va a indicar si una salida esta encendida o no. Se debe configurar la dirección, forma y color.

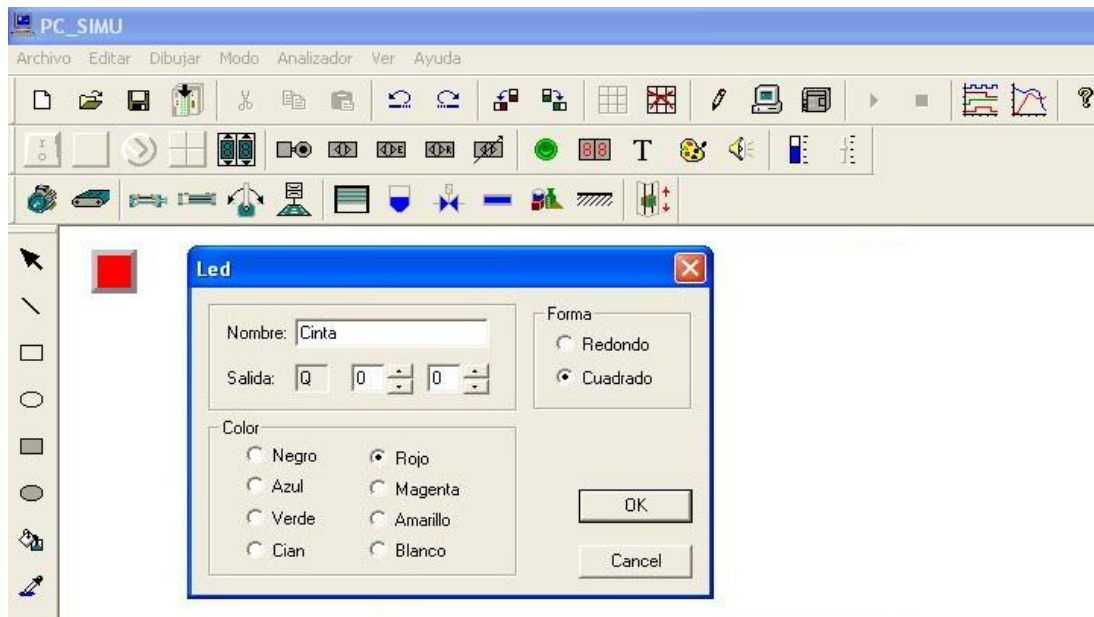


Figura 6.23 Diseño de alarma (Led)

En la figura 6.24 se observa la configuración del depósito, donde se debe asignar dirección y tipo de depósito.

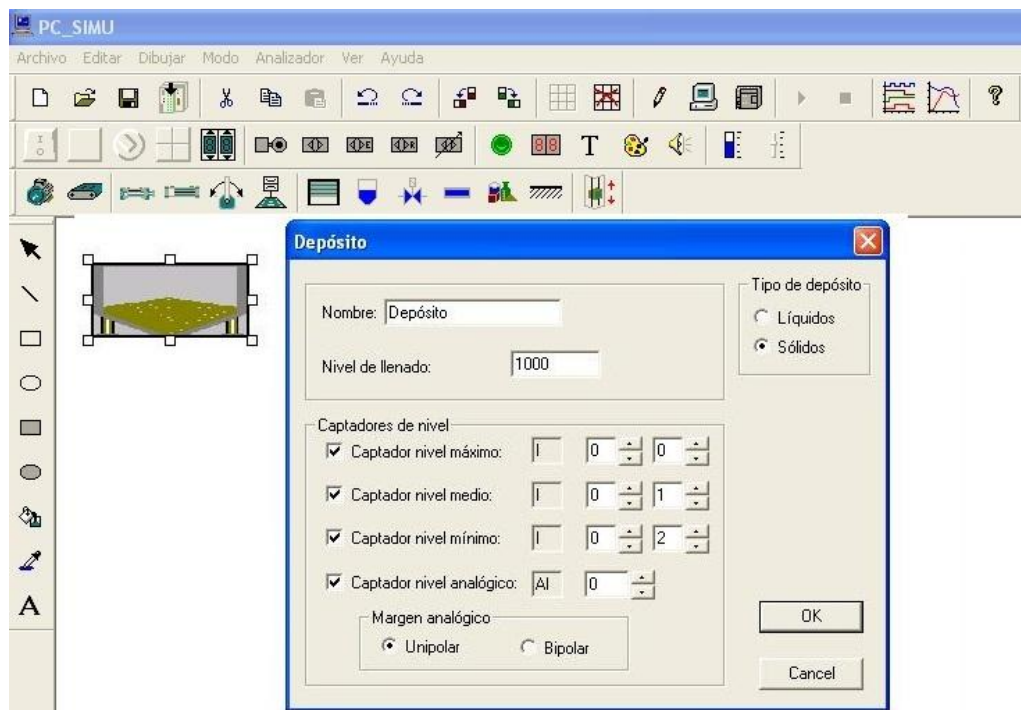


Figura 6.24 Diseño de depósito

En la figura 6.25, se configura el tipo de objeto, donde elegiremos de tipo caja, al igual que dirección y velocidad.

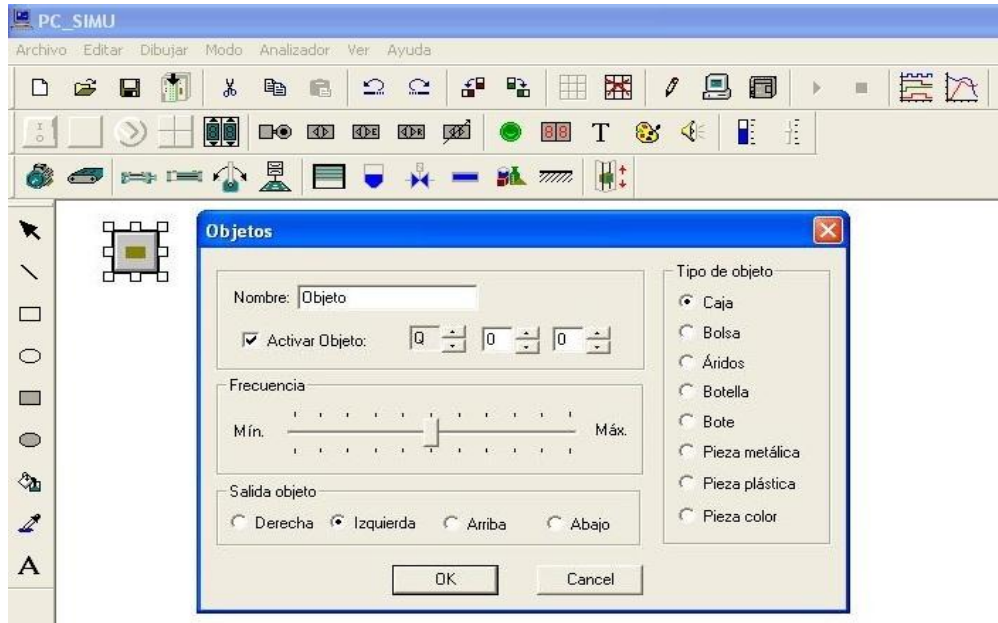


Figura 6.25 Diseño del objeto

En la figura 6.26, se configura los interruptores, asignándoles una dirección y estableciendo su modo de normalmente abierto o cerrado.

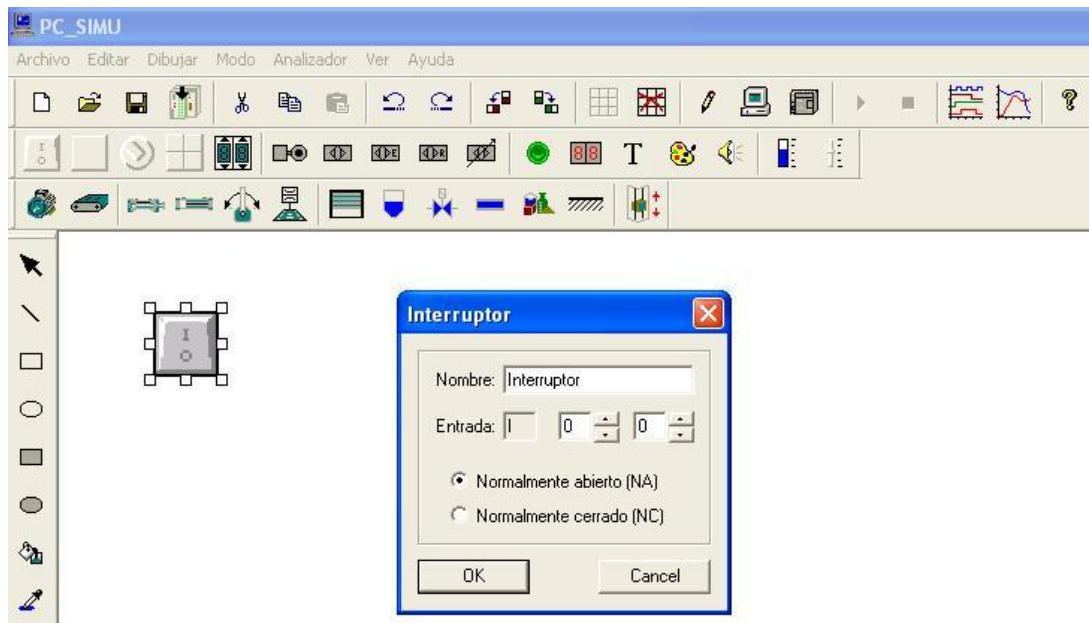


Figura 6.26 Diseño del interruptor

Finalmente, integrando todos los componentes, nuestra simulación queda mostrada en la figura 6.27.

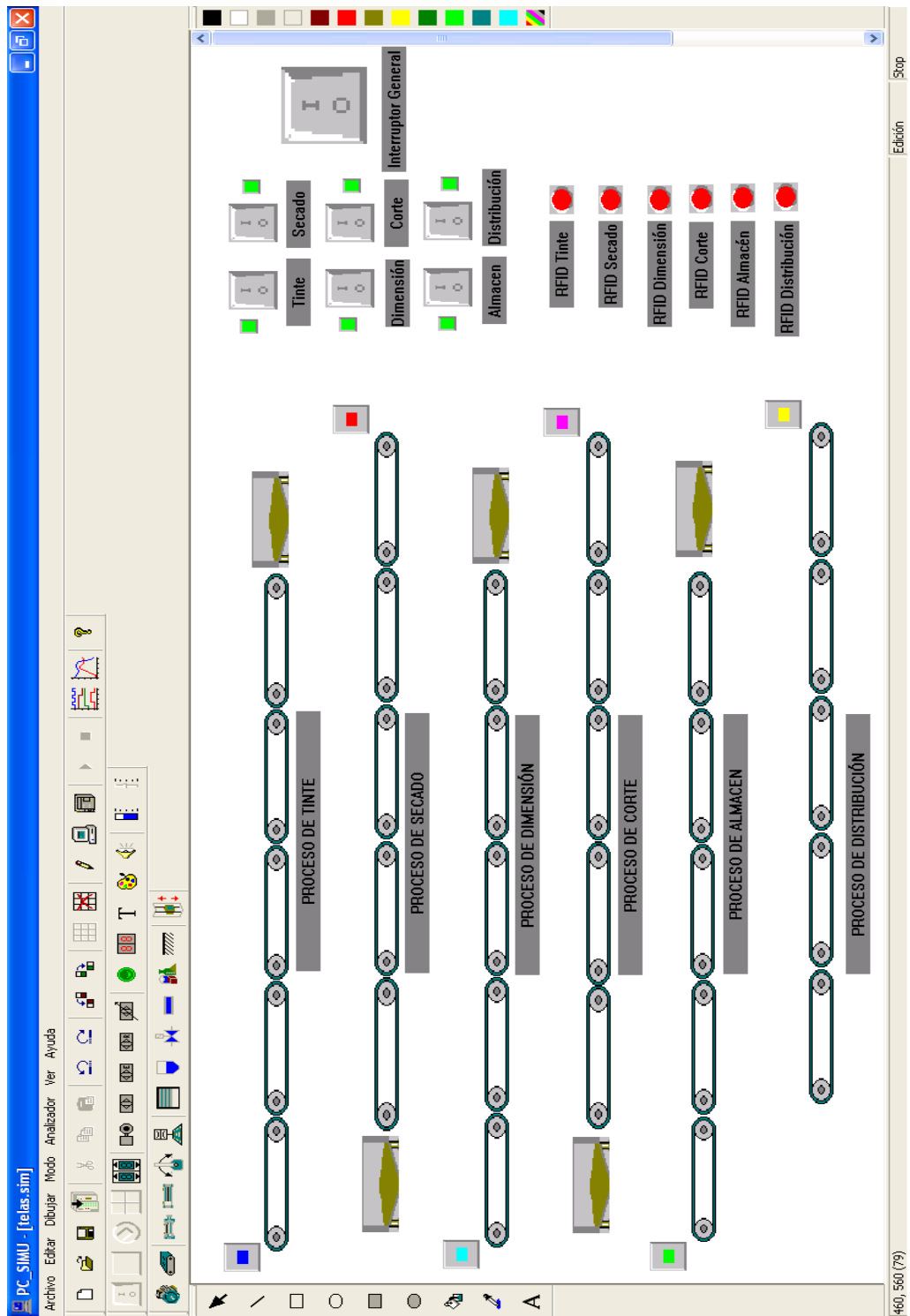


Figura 6.27 Simulación planta productora de telas



# **CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS**

### **Implementación de tecnología RFID**

La planta productora de telas presenta problemas con el manejo de código de barras debido a su ilegibilidad siendo los siguientes los tres principales:

- Plástico protector de rollos,
- Rotos
- Manchados

En la figura 7.1 podemos observar un rollo de tela en donde el código de barras queda cubierto por el empaque, imposibilitando que el lector puede efectuar una lectura correcta.



Figura 7.1 Código de barras ilegible por plástico protector

En la figura 7.2 observamos un código de barras deteriorado, en donde de nueva cuenta el lector no podrá realizar una lectura adecuada.



Figura 7.2 Código de barras ilegible por ruptura

En la figura 7.3 observamos un código de barras manchado, lo que impide una correcta lectura.



Figura 7.3 Código de barras ilegible por mancha

La propuesta de la implementación a la tecnología RFID, es utilizar etiquetas Alien UHF ALN-9640 Squiggle, que ofrecen características de operación con el protocolo EPC Gen 2, funcionando con frecuencias permitidas en México de (840-960 MHz).

En la figura 7.4 se observa la manera de pegar la etiqueta, en la orilla interna del rollo del tela, permitiendo su protección y fácil detección.



Figura 7.4 Tag RFID pegado en el rollo de tela.

Se colocan los lectores RFID a una distancia máxima de 4 metros por donde pasan cada uno de los rollos de tela. Dichos lectores deben instalarse de manera que entre el rollo de tela y lector no se interponga nada que pueda interrumpir la señal de lector-etiqueta, provocando así una mala lectura. Permittiéndonos de esta manera evitar al máximo los errores y lograr el objetivo de eficientar el proceso de producción.

Los lectores a utilizar son Alien ALR 9800 con antenas circulares, optimizado para altas velocidades de lectura de 2-4 antenas en lugares como muelles de carga y bandas transportadoras, capacidad de lectura para entornos de lectura múltiple Fácil integración con soluciones de software RFID EPC Gen 2 y actualizable.

En la figura 7.5 se muestra un ejemplo de colocación de antena, donde se encuentra una distancia aceptable, permitiendo que nada se interponga entre el lector y la etiqueta.



Figura 7.5 Lector RFID en proceso de producción de telas

## **CONCLUSIONES**

Al terminar de elaborar este trabajo de tesis se puede observar que la selección de un sistema electrónico control como es el PLC, permite implementar modificaciones en un sistema de producción sin tener que realizar grandes cambios en cuanto a su estructura electrónica; es suficiente con la programación de una nueva rutina y aprovechar al máximo los recursos que se tienen. A la vez el PLC permite la agregación de módulos, previendo en un futuro el crecimiento de la fábrica.

Son muchos los sectores y aplicaciones sensibles a la implantación de la RFID, sectores como la logística, manufacturas, sanidad, seguridad, etc., pero en todos ellos el factor común que buscan es la identificación desatendida y eficaz. Si bien, se busca mejorar las cadenas de suministro o algún proceso de las mismas, y gracias a la revolución tecnológica que han tenido tanto los lectores de código de barras, como los lectores de RFID, podemos crear infraestructuras mixtas, que nos darán una mayor seguridad e información sobre un producto o productos, ¿dónde está?, ¿por dónde pasó?, etc., que al final de todo es lo que se busca.

No olvidemos que el ser humano, no es capaz de leer una etiqueta, pero si es capaz de leer unos números impresos, incluso hay gente con mucha habilidad, capaz de descifrar un código de barras visualmente. Por este motivo, ¿por qué vamos a evitar dar mayor seguridad?, con la etiqueta podemos almacenar información, con el código de barras imprimir la necesaria, ya que el manipulador lo único que necesita es saber una referencia o un código. Habrá sectores y aplicaciones más sensibles a la utilización de uno u otro, pero un sistema conjunto los hace infalibles.

Analizando esta posible situación, ¿por qué no las combinamos y evitamos problemas? Hoy en día, los costos que presenta la RFID han disminuido, sin embargo, siempre se debe hacer un análisis y estudio de costos.

Como es el caso de la planta productora de telas al implementar RFID en su proceso de producción.

La solución ha cubierto todas las problemáticas que previamente se han especificado y detectado con el código de barras. Después de la implementación, la empresa puede llegar a una reducción de 0 errores de envío de material a los clientes, gracias a la información precisa y en tiempo real de los productos. También es capaz de incrementar la productividad reduciendo los trabajos manuales.

La apuesta por el trabajo en conjunto de la tecnología RFID y del código de barras es muy grande. Es momento de conocer, de analizar y se apueste por RFID como una tecnología de identificación de gran futuro, que incrementará sus virtudes trabajando conjuntamente con la identificación tradicional de código de barras.



# **BIBLIOGRAFÍA**

- 1) Josep Balcells y José Luis Romeral “Autómatas Programables”. Ed. Alfaomega 1998.
- 2) Hill Peterson “Teoría de Conmutación y Diseño Lógico”. Ed. Limusa/Noriega Editores 1994
- 3) Miguel Godines. “RFID: oportunidades y riesgos, su aplicación práctica”. Ed Alfaomega 2008.
- 4) ACCU-SORT SYSTEMS. “Auto ID in the material handling industry”. 2007.
- 5) Syed Ahson, Mohammad Ilyas. “RFID handbook”, CRC pres 2007.
- 6) Daniel Dobkin. “The RF in RFID”, Newnes 2008.
- 7) Siemens. “Microsistema SIMATIC S7-200”, Microsystems 2000.
- 8) <http://www.rfid4u.com>
- 9) <http://www.rfid.com.mx>

## **GLOSARIO DE TERMINOS**

**AC.-** Alternating Current - corriente alterna, abreviada CA en español.

**Algoritmo.-** Es un conjunto de pasos secuenciales y ordenados que permiten lograr un objetivo.

**Antena.-** Dispositivo diseñado con el objetivo de emitir o recibir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre. Una antena transmisora transforma voltajes en ondas electromagnéticas, y una receptora realiza la función inversa.

**Bit.-** Unidad mínima de información que representa un cero o un uno.

**Byte.-** Palabra de 8 bits.

**Código de barras.-** Es un tipo de identificación en formato impreso muy ampliamente utilizada para el manejo de las cadenas de suministro, que se lee por medios ópticos, regidos por normas internacionales.

**dB.-** Es la unidad relativa empleada en acústica y telecomunicaciones para expresar la relación entre dos magnitudes, acústicas o eléctricas, o entre la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia.

**DC.-** Direct Current - corriente continua, CC o CD en español.

**EE. UU.-** United States of America - Estados Unidos de América.

**EPCglobal.-** Electronic Product Code – código electrónico de producto.

**High Frequency.-** Frecuencia ultra alta.

**Hardware.-** Corresponde a todas las partes físicas y tangibles de una computadora.

**HF.-** High Frequency - altas frecuencias, rango de frecuencias de 3 MHz a 30 MHz.

**Input/Output.-** Entrada/Salida. En ocasiones, los dispositivos o controladores de entrada y salida de datos se describen con su nombre inglés o con las siglas I/O en lugar de E/S.

**ISO.-** International Organization for Standardization -Organización Internacional para la Estandarización.

**LF.-** Very Low Frequency - Frecuencia Muy Baja rango de frecuencias de 10 KHz a 30 KHz

**Longitud de una onda.-** Es la distancia entre dos líneas consecutivas, en otras palabras describe lo larga que es la onda.

**Microchip.-** Circuito integrado o componente electrónico.

**Middleware.-** Es un software de conectividad que ofrece un conjunto de servicios que hacen posible el funcionamiento de aplicaciones

**MF.-** Medium frequency- frecuencia media, rango de 300KHz a 3MHz.

**Microcontrolador.-** (Micro Controller Unit – MCU).- Circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de un ordenador: unidad central de proceso, memoria y entradas / salidas.

**Microprocesador.-** Es un circuito integrado que contiene algunos o todos los elementos hardware, y el de CPU, que es un concepto lógico.

**Protocolo.-** Conjunto de reglas de parámetros definidos y ordenados para obtener una comunicación.

**RF.-** Radio Frequency – Radiofrecuencia. IFF: Identification Friend or Foe - Identificación Amigo o Enemigo.

**RFID.-** Radio Frequency Identification - identificación por radiofrecuencia.

**Software.-** Se refiere al equipamiento lógico o soporte lógico de una computadora digital, y comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios para hacer posible la realización de una tarea específica, en contraposición a los componentes físicos del sistema (hardware).

**Tag activo.-** Etiqueta activa para RFID que contiene una batería interna para responder a los eventos del lector.

**Tag pasivo.-** Etiqueta pasiva para RFID que contiene un arreglo de capacitores que almacena de forma momentánea la energía suficiente para poder responder a los eventos del lector.

**Transponders.-** es un dispositivo cuyo nombre viene de la fusión de las palabras inglesas forma abreviada Transmitter (Transmisor) y Responder (Contestador/Respondedor).

**UHF.-** Ultra Alta Frecuencia, Ultra High Frequency en inglés, banda de frecuencia comprendida en el rango de los 30 MHz hasta los 3 GHz.

**UPC.-** Código Universal de Producto, Universal Product Code en inglés, es una clasificación única que se le asigna a los objetos que se requieren controlar, mediante un estándar de acuerdo a sus características de fabricación

**VLF.-** Low Frequency - Baja frecuencia rango de 30 KHz y 300 KHz.

## **ANEXOS**

## Código de barras

El sistema de código de barras se puede describir como una serie de barras rectangulares y espacios que representan letras, números y símbolos. Esto aplica para el caso de una sola dimensión lineal. Pero con la aparición de la tecnología de dos dimensiones, los símbolos del código de barras se pueden definir como patrones gráficos ópticamente escaneables para la codificación de datos.

### Unidimensional.

Un símbolo lineal es una serie de barras y espacios que representan una serie de caracteres. El patrón de barras y espacios está determinado por la simbología. El símbolo se compone de cuatro partes:

- Código de barras
- Zona tranquila
- Caracteres legibles
- Barra de guardia (que son opcionales)



Figura 8.1 Estructura de código de barras lineal.

Existen diferentes tipos de simbologías lineales. La diferencia entre ellas reflejan las numerosas aplicaciones que se utilizan actualmente. Ya en la práctica, cada simbología tiene ventajas y desventajas.

### Bidimensional



A diferencia de los códigos de barras lineales, los bidimensionales contienen datos a lo largo de dos ejes. Esto permite mayor cantidad de datos que se almacenan en un solo símbolo, en algunos casos de hasta 3000 bytes.

Los códigos bidimensionales están ganando popularidad en las principales industrias, tales como la electrónica, automotriz y paquetería. El más común es la simbología PDF 417.

El sistema se basa en codificar códigos de matriz de datos en una serie de cuadrados o hexágonos con "buscador" y la orientación de las estructuras, cada forma representa un poco de información binaria. Los bits se organizan a través de la zona de acuerdo con el algoritmo de la simbología en particular.

Los códigos de dos dimensiones tienen características de corrección de errores para reducir los índices de error. Así pues, los símbolos que han sido dañados por el uso o la mala impresión de los métodos se pueden leer correctamente.

### Operación

Un sistema de código de barras consiste en un escáner y el decodificador, ya sea por separado o integrado en un solo equipo. La principal función del escáner es de recuperar las barras y espacios como símbolo de una señal analógica, convertirlo a formato digital. El decodificador da la información que se traduce luego en caracteres.

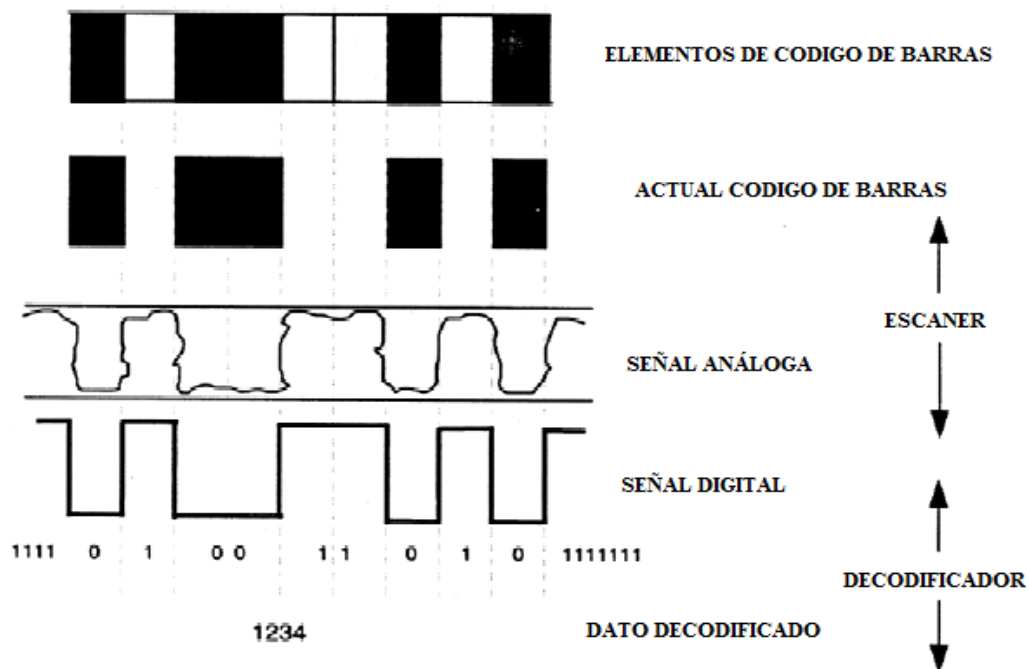


Figura 8.2 Sistema de operación.

Dos puntos clave para el equipo de lectura son:

- Autodistinguishing - La capacidad del escáner para reconocer una serie simbologías seleccionadas y el proceso de datos.
- Autodiscrimination - La capacidad del decodificador para reconocer y traducir correctamente (descifrar) más de una simbología.

### Elementos que integran un sistema de código de barras

#### Escáner

Un escáner de código de barras es el simple principio de que las barras oscuras absorben la luz y los espacios reflejan la luz. Aumentar el contraste entre claro y oscuro, es más fácil para el escáner para recoger la información desde el símbolo del código de barras.

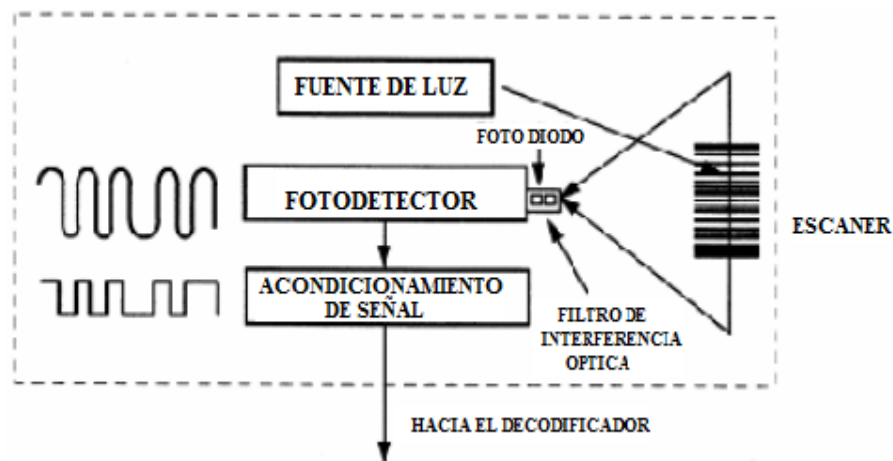


Figura 8.3 Escáner para código de barras

El escáner utiliza una fuente de luz para iluminar el símbolo. Normalmente se trata de un diodo láser visible (VLD). Una célula fotoeléctrica recoge una pequeña parte de la luz reflejada desde el símbolo de código de barras, que pasa a un filtro de interferencia óptica. El filtro bloquea la luz ambiental y sólo permite llevar la luz láser de absorción y reflexión de la información del código de barras para pasar al fotodiodo. El fotodiodo convierte la energía lumínica en una señal eléctrica que el circuito foto detector amplifica. Entonces la señal analógica pasa a través de la señal de acondicionado, que "limpia hacia arriba" la señal analógica y digital en un patrón de unos y ceros. Estos datos digitales se envían al decodificador.

### ***Decodificador***

El decodificador recibe la señal digital del escáner y compara el patrón de unos y ceros a la simbología particular del código de barras estándar de unos y ceros. Si hay una coincidencia entonces se logra una buena lectura, y los unos y ceros se convierten en una serie de caracteres de datos que reflejan la información codificada en la etiqueta del código de barras. Si el decodificador no puede coincidir con el patrón de unos y ceros después de leer, se genera un mensaje de que informa que no puede ser leído.

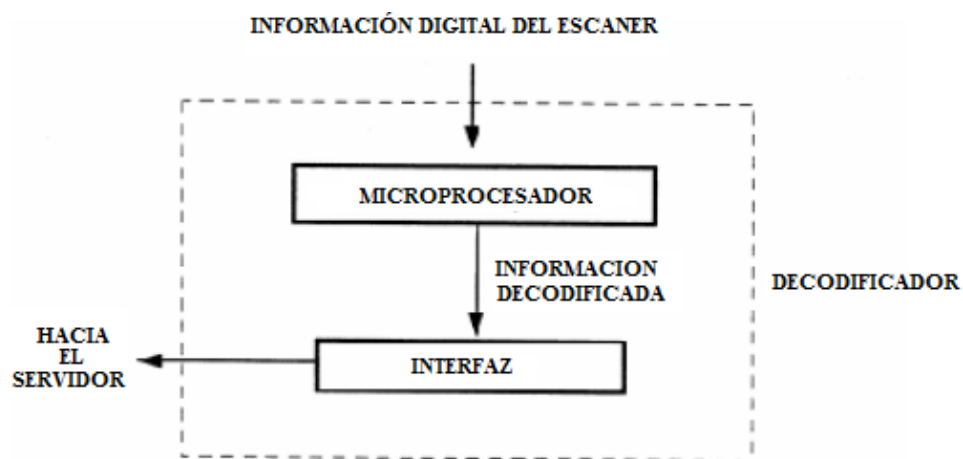


Figura 8.4 Diagrama del decodificador.

La interfaz envía los datos a un servidor para su posterior procesamiento.

### ***Iluminación***

El escáner utiliza la luz para poder escanear los códigos de barras. La mayoría de los escáneres proporcionan algunos medios de iluminación (fuente de luz) para iluminar el símbolo y algún método de detección de la luz (fotodetector) para capturar una fracción de la luz reflejada desde el símbolo. La iluminación utilizada en un escáner puede ser centrada o reflejada.

La iluminación centrada proyecta un haz de luz en el lugar en donde se encuentra el símbolo de código de barras e intenta capturar una fracción de la luz reflejada desde el símbolo.

La iluminación reflejada ilumina un área grande del símbolo por lo que una pequeña apertura (o hendidura) delante de la célula fotoeléctrica puede recoger una pequeña porción de la luz reflejada. El tamaño de la abertura determina la resolución del escáner.

### ***Fuentes de luz***

La fuente de luz utilizada para iluminar el símbolo de código de barras es normalmente un diodo de láser visible (VLD), LED (diodo emisor de luz), diodo láser infrarrojo (ILD), o de helio-neón (He-Ne) tubo láser. En la selección de un dispositivo de escaneo, la primera decisión es que utilizar, si una luz visible o una infrarroja.

Una fuente de luz visible es compatible con la mayoría de las tintas de impresión, tintas de impresión térmica y también porque las tintas y los colorantes que aparecen oscuras para el ojo humano absorben luz roja visible. En algunos casos, las tintas y los colorantes mismos no se pueden leer con luz infrarroja. Algunas tintas de impresión de origen orgánico absorben la luz en el espectro visible, pero no en el rango infrarrojo; de igual manera algunos tipos de papel térmico también absorben la luz roja, pero no la luz infrarroja. Por lo tanto, los códigos de barras impresos con tinta ecológica o en ciertos tipos de papel térmico no pueden ser leídos por un escáner infrarrojo.

Los Diodos láser visibles generan luz roja visible a longitudes de onda entre 660 y 700 nm.

Los diodos láser infrarrojos generan la luz en longitudes de onda superiores a 780 nm. A pesar de ser infrarrojos la luz no puede ser vista a simple vista, es visible para los fotodiodos y otros dispositivos de detección foto-óptico. Los escáners infrarrojos funcionan bien en los símbolos impresos con tintas a base de carbono, etiquetas fotográficas, etiquetas laminadas y algunos tintas de base metálica.

La principal ventaja de los infrarrojos es que se pueden leer a través de aceite, grasa, suciedad visible y cubiertas opacas. Las cubiertas opacas se describen mejor porque se pueden observar a simple vista y de la misma forma con la fuente de luz, pero invisible a un escáner de infrarrojos.

La desventaja es que los infrarrojos requieren la impresión del código de barras en blanco y negro con tinta que al menos contenga un 20% de carbono.

### ***Detección de luz***

El foto-detector utilizado en un escáner puede ser un fotodiodo, un circuito foto integrado, un fototransistor, o un CCD (charge coupled device, dispositivo de carga acoplada). Los tres primeros son detectores de un solo elemento, los cuales detectan la luz cuando el haz pasa a través de las barras y los espacios. Los niveles más altos de la señal resultan de centrar la luz de regreso en el detector.

El CCD se compone de conjuntos de foto-detectores microscópicos que, en esencia, siguen siendo una imagen del símbolo. Debido a su complejidad, los CCD son más caros que otros fotodetectores. Sin embargo, los escáners de mano CCD pueden tener un menor coste total, ya que pueden eliminar diversos componentes en un movimiento espejo.

### **Consideraciones de diseño de un Sistema de Código de Barras (una dimensión)**

Existen muchos factores que intervienen en el diseño de un sistema de código de barras, sin embargo, hay factores que no pueden ser omitidos, en los que destacan:

- Aplicación
- Velocidad de la línea
- Tipo de escaneo
- Escaneo a distancia
- Tiro óptico
- Densidad de símbolo de código de barras
- Altura, longitud, y orientación del símbolo de código de barras.
- Velocidad de decodificación.

### ***Aplicación***

Importantes preguntas que se deben responder antes de seleccionar y diseñar un sistema de código de barras son:

¿Cómo serán utilizados los datos del código de barras?

¿Las artículos serán comparados o simplemente escaneados para su identificación?

**Velocidad de línea**

La velocidad en la que un elemento se mueve en una línea de montaje determina la distancia en que el símbolo esta a la vista del escáner. Un movimiento más rápido del producto requiere un escáner con una tasa exploración más rápida.

**Velocidad de exploración vs velocidad de línea**

La velocidad de exploración es sólo un tema de importancia en un sistema automatizado; sin embargo, la velocidad de línea también debe considerarse. Por ejemplo, considere la posibilidad de un símbolo colocado verticalmente de una pulgada de longitud, colocado en una caja de 6 pulgadas (15,24 cm) de largo. La caja está viajando a una velocidad de 180 pies por minuto (1 pulgada aproximadamente cada 36 milisegundos).

Para conseguir la máxima fiabilidad del sistema, la etiqueta debe ser explorada varias veces para compensar las posibles imperfecciones de la impresión. Una regla de oro para cualquier aplicación es que el escáner debe hacer por lo menos cinco intentos de escanear el símbolo del código de barras. En este ejemplo, si el escáner escanea a una velocidad de 200 exploraciones por segundo (1 exploración cada 5 milisegundos), el código de barras será escaneado de cinco a seis veces.

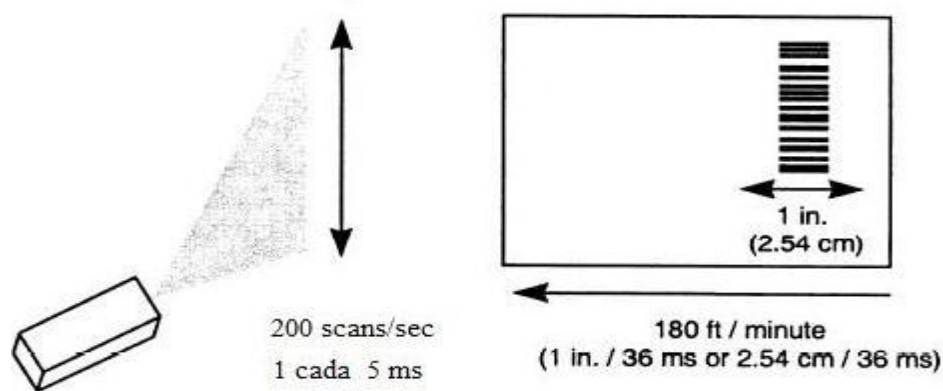


Figura 8.5 Velocidad de exploración vs Velocidad de Línea.

***Tiro óptico vs Profundidad de Campo***

El tiro óptico es la distancia desde la ventana del escáner hasta la mínima profundidad de campo. Profundidad de campo es el área donde el lente del scanner enfoca la fuente de luz. El centro de la profundidad de campo es el punto donde el haz es en realidad el más estrecho.

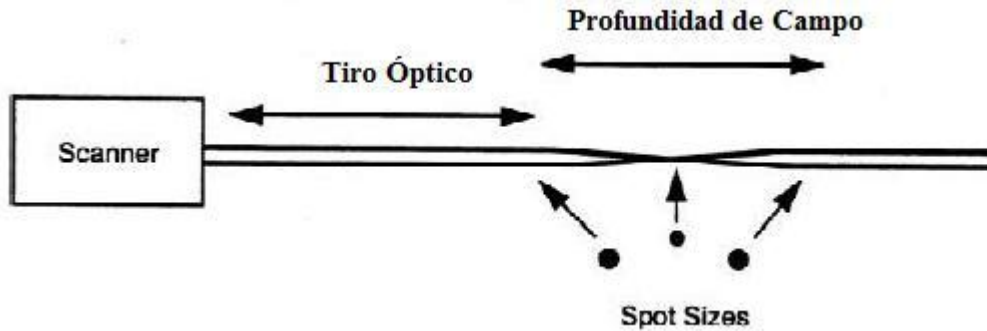


Figura 8.6 Tiro Óptico vs Profundidad de Campo.

***Spot size***

En la mayoría de los casos, debe ser de 0,7 y 1,4 veces el tamaño de los más pequeños elementos. Si el escáner está colocado incorrectamente el spot size puede ser demasiado pequeño o demasiado grande. El tener un spot size incorrecto producirá errores en la lectura.

***Distancia***

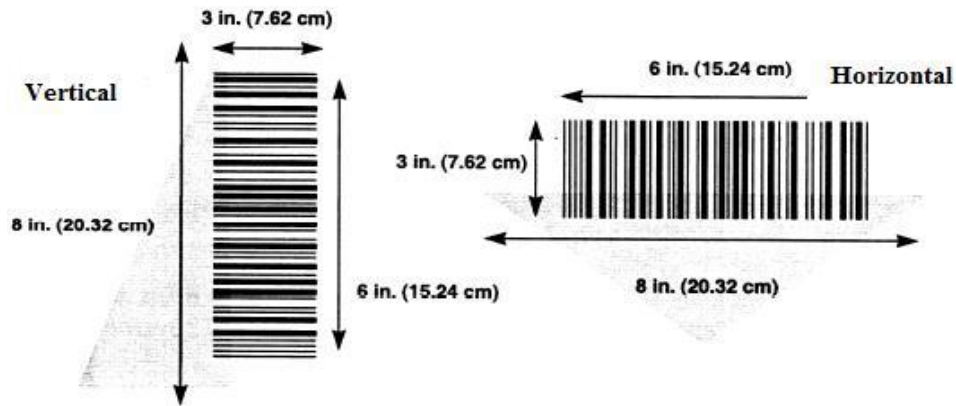
La distancia entre el símbolo y el escáner es importante porque todos los escáneres tienen definidos rangos de lectura.

***Densidad del Símbolo***

La densidad de símbolo determina la resolución mínima del scanner. La resolución del símbolo y la distancia entre éste y el escáner determinan la profundidad requerida de campo. Para leer barras estrechas, el spot size debe ser proporcionalmente menor.

**Altura del Símbolo**

La altura del símbolo tiene una gran influencia sobre el escáner y la velocidad de decodificación, especialmente cuando el símbolo se coloca de manera vertical. Un símbolo grande permanece en el scanner por más tiempo que el mismo símbolo orientado de una manera horizontal. Esto permitirá una mayor velocidad de exploración y tener más intentos de exploración. La orientación del símbolo también influye en la cantidad de tiempo que pasa en el campo de visión del scanner. Hay algunas evidentes excepciones, como un símbolo que es tan alto como es de ancho (1x1 o 2x2), o un símbolo cuya barras son más altas que su longitud [3 pulgadas (7,62 cm) de altura de las barras y 1 cm (2,54 cm) de longitud del símbolo.



Ambos símbolos están viajando a 180 ft/min. El símbolo de la izquierda estará al alcance del escaner por 108 ms y será escaneado 21 veces. El símbolo de la derecha estará por 60 ms y será escaneado 11 veces.

Figura 8.7 Orientación vertical vs Orientación horizontal.

**Longitud del Símbolo**

Un símbolo grande en una orientación horizontal ocupará la vista del scanner por menos tiempo que un símbolo más pequeño. Un símbolo requiere una rápida tasa exploración/decodificación, un menor número de intentos, un mayor barrido del haz, o un ritmo más lento de la línea de producción. Idealmente, el campo de vista del scanner debe ser el doble de la longitud del símbolo. Esto permite a los usuarios compensar la velocidad de la línea de producción y hacer más lenta la velocidad de exploración.





Figura 8.8 Comparación de longitud de símbolo.

### ***Orientación***

Las variaciones en la orientación se clasifican como skew, tilt y pitch:

- Skew reduce el número de intentos de exploración en una orientación vertical, mediante la reducción de la anchura del símbolo. Incrementando la profundidad de campo para satisfacer los requerimientos del skew.
- Tilt reduce el número de exploraciones que cruzan el símbolo debido a su posición inclinada. Dependiendo del grado de inclinación, el haz tiene menos posibilidades de cubrir todo el símbolo a la vez.
- Pitch tiene una serie de efectos diferentes. En orientación vertical, aumenta la profundidad de campo del scanner. En orientación horizontal, el haz del escáner no pueden cruzar todo el símbolo de una sola vez, porque el símbolo parece ser menor en la altura. Pitch también reduce el estado estrecho de las barras y el ancho de los espacios.

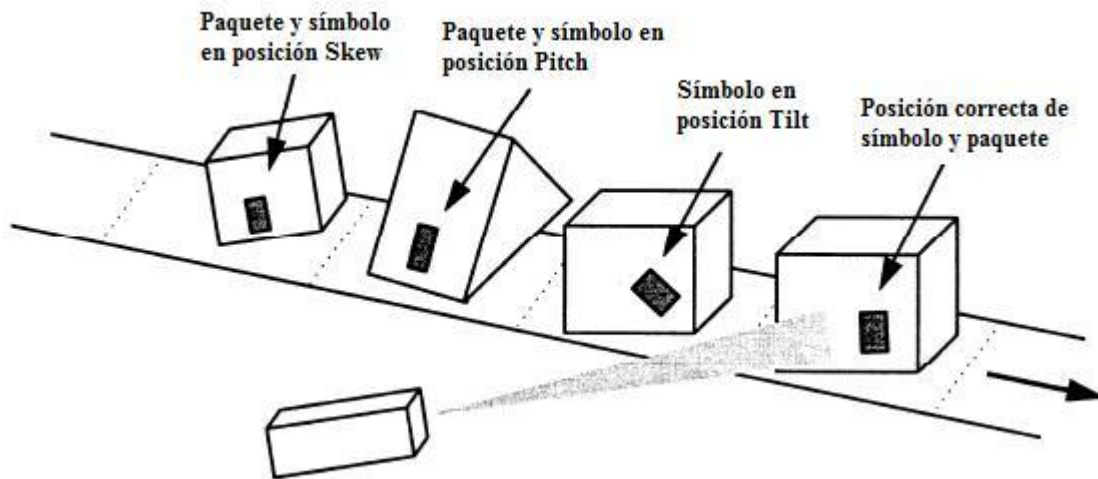


Figura 8.9 Skew, Tilt y Pitch

### ***Velocidad de Decodificación***

El número de intentos de decodificación necesaria para garantizar una buena lectura depende de la tasa de escaneo y la velocidad del procesador del decodificador. La mayoría de los decodificadores funcionan más lento que el scanner. Por lo tanto, sólo un porcentaje de exploraciones serán decodificadas o serán almacenados en un buffer y se procesará más tarde. En condiciones normales, el decodificador sólo requiere de 2 a 5 intentos para decodificar antes que de que el objeto se vaya. En virtud de las condiciones menos ideales, como la mala calidad de las etiquetas, el número de intentos de decodificación debe incrementarse.

### ***Rendimiento del sistema de códigos de barras***

El rendimiento del sistema de código de barras es evaluado por la sustitución del sistema de tasa de error y el primer tipo de lectura. Estos dos factores se basan en el sistema de hardware y software.

### ***Tasa de error de sustitución (Substitution Error Rate, SER)***

La sustitución de error se produce cuando los datos interpretados por el escáner difieren de la que realmente esta codificado en la etiqueta del código de barras. La sustitución por error por lo general se da por los defectos en la impresión de etiquetas. Sustitución por error es extremadamente difícil de determinar y por lo general no se descubre hasta que los datos han sido tratados y un evidente error de datos es notado.

***Tasa de Primera lectura (First Read Rate, TRF)***

La tasa de primera lectura es el porcentaje de tiempo que se escanea un símbolo en el primer intento. Los símbolos del código de barras deben tener una tasa de primera lectura de al menos el 90%. Una primera lectura con tasa inferior al 90% por lo general significa que los símbolos del código de barras o dispositivo de escaneo necesitan algún tipo de ajuste o modificación. Esto no significa que una primera lectura de la tasa de menos del 90% sea inaceptable.

***Precisión del escaneo***

Las características que influyen en el rendimiento de un escáner son las siguientes:

- La densidad del símbolo
- El spot size
- La anchura de la barra
- La calidad de impresión
- El contraste de impresión

*La Densidad del Símbolo:* La densidad del símbolo del código de barras se define por lo estrecho que se encuentra el ancho de las barras y espacios.

*Spot Size:* Para que el escáner pueda detectar con precisión la anchura de las barras y espacios, el tamaño del spot size debe estar entre 0,7 y 1,4 veces el elemento más estrecho. Si el tamaño es demasiado pequeño, algunas manchas y huecos en la etiqueta pueden ser leídas y enviadas para su decodificación. Si el spot size es demasiado grande, el scanner intentará leer una barra y espacio al mismo tiempo. Los resultados serán una señal no deseable enviada al decodificador, lo que reducirá el porcentaje de buenas lecturas.

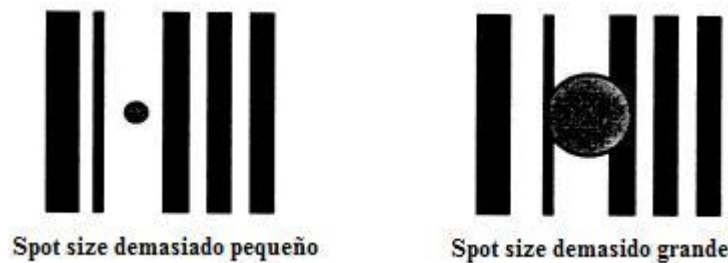


Figura 8.10 Spot size.

Un enfoque ajustable del scanner, puede ajustar automáticamente el punto óptimo de tamaño para una determinada profundidad de campo. Se calcula sobre la base de su tamaño, como el ancho de las barras, la posición del símbolo y la distancia del scanner. La optimización de la profundidad de campo aumentará la legibilidad del símbolo y a su vez el rendimiento general del sistema.

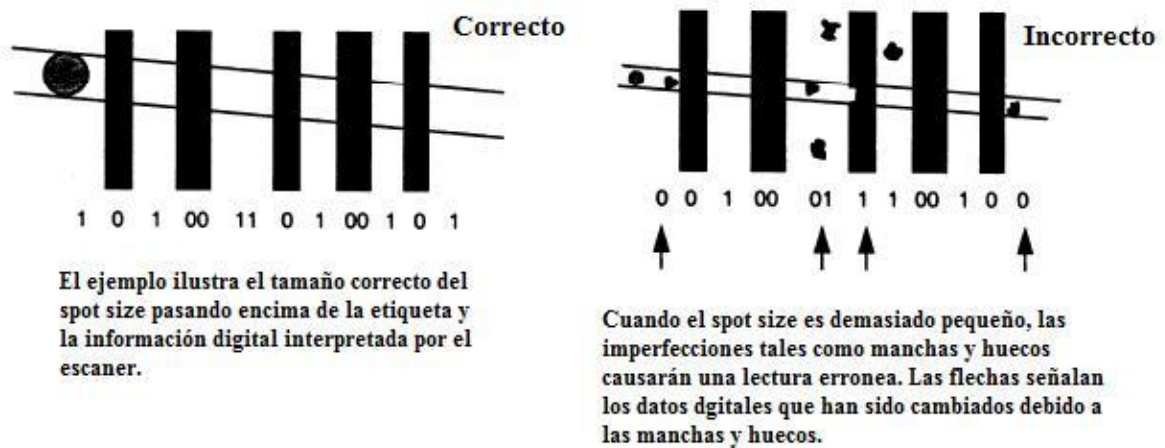


Figura 8.11 Pruebas de lectura de Spot size.

*Ancho de barra:* La barra más angosta que el escáner puede leer depende de la calidad de su óptica, spot size, la posición del símbolo, circuito amplificador y de acondicionamiento y la distancia de la etiqueta.

*Calidad de impresión de la etiqueta:* Una variedad de defectos de impresión puede causar una lectura errónea o inválida en un símbolo de código de barras.

- Derrames de tinta: Demasiado o poco las manchas de tinta o una impresión no uniforme puede causar lecturas erróneas o simplemente inválidas. Demasiada tinta esparcida produce barras más anchas y espacios más angostos.



Figura 8.12 Barras más anchas y espacios más angostos.

- Poca tinta ocasiona barras más estrechas y espacios más amplios. Si una barra no tiene suficiente cobertura de tinta, no podrá ser reconocida por el escáner como una barra.



Figura 8.13 Barras más estrechas y espacios más amplios.

- Las manchas pueden resultar en barras más amplias o lecturas nulas, dependiendo de cuán mal se encuentra el símbolo.



Figura 8.14 Símbolos manchados.

- Cobertura no uniforme que podría dar lugar a barras estrechas o simplemente carencia de barras lo que también podría resultar en lecturas no válidas o erróneas.



Figura 8.15 Cobertura no uniforme.

- Rugosidad de superficie: La superficie de las barras en un símbolo de código de barras debe ser lisa, de lo contrario, el escáner puede malinterpretar la anchura de las barras y espacios. La rugosidad de la superficie suele ser más evidente en los símbolos producidos por una impresora de matriz de puntos.



Figura 8.16 Rugosidad de superficie.

- Manchas y huecos: Las manchas y huecos son comunes en la mayoría de procesos de impresión de matriz de puntos. Las manchas son pequeñas áreas en donde existe tinta que no debería estar presente. Los huecos son pequeñas áreas que no tienen tinta en donde sí debería existir.



Figura 8.17 Manchas y huecos

- **Contraste de impresión:** es la relación entre la reflectividad de las barras y espacios en un símbolo de código de barras. La relación de impresión de contraste normalmente se expresa en porcentaje. Es recomendable la primera vez que se lee un símbolo código de barras, el símbolo debe tener un contraste de impresión de al menos 75%.

## **Tipos de código de barras**

### *Códigos de barra lineales*

#### *Code 128*

Esta simbología es un código de barras muy compacto para toda aplicación alfanumérica. El conjunto de caracteres ASCII completo (128 caracteres) puede ser codificado en esta simbología sin duplicar caracteres como en el Code 39 extendido. Si el código de barras tiene 4 o más números consecutivos (0 - 9), los números están codificados en modo doble densidad (donde dos caracteres están codificados en una sola posición). El Code 128 tiene cinco caracteres especiales para funciones no de datos. Estas son usadas para poner o regresar los parámetros del lector.



Figura 8.18 Símbolo Code 128

#### *Code 3*

El Code 39 (o Code 3 de 9) es el código de barras de uso más común para aplicaciones regulares. Es popular debido a que puede contener texto y números( A - Z, 0 - 9, +, - .), y puede ser leído por casi cualquier lector de código de barras en su propia configuración, además es uno de los

más viejos entre los códigos de barras modernos. El Code 39 es un código de barras de ancho variable y puede tolerar cualquier número de caracteres que el lector pueda barrer. El Code 39 se encuentra en muchas especificaciones militares y de gobierno. Estos códigos de barras son de auto revisión y no están propensos a errores de sustitución.



Figura 8.19 Símbolo Code 3

***Intercalado 2 de 5***

Es conocido también como el 2 de 5, es un código de barras exclusivamente numérico cuya figura es ligeramente más larga que el código de barras UPC-A cuando está codificado con 10 dígitos. Esta simbología tiene la flexibilidad para codificar cualquier número par de dígitos. Si el número es impar se coloca un cero al principio. Este código de barras es un excelente candidato para aplicaciones exclusivamente numéricas y es la mejor simbología para lectores de montaje fijo.



Figura 8.20 Símbolo Intercalado 2 de 5

***Codabar***

Los códigos de barras codabar pueden incluir caracteres numéricos, caracteres de seis puntuaciones (-\$/./+) y espacios. Hay también 4 caracteres especiales de inicio/alto, los cuales son A, B, C, y D. El Codabar es útil para codificar símbolos de pesos y de matemáticas. Estos códigos de barras son ligeramente más largos que los de Interleaved (intercalado) 2of5. El Codabar requiere caracteres para iniciar y parar.





Figura 4

### 8.21 Símbolo Codabar *EAN / JAN. El EAN / JAN -13*

Es usado para aplicaciones en el extranjero en los cuales se requiere una clave para el país. La simbología del UPC-A es en realidad un subconjunto del EAN / JAN-13. Este código de barras está compuesto de dos números para el código del país, 10 números para los caracteres de datos y un checksum.

UPC, código universal de producto UPC es la simbología más utilizada en el comercio minorista, pudiendo codificar solo números. El estándar UPC (denominado UPC-A) es un número de 12 dígitos. El primero es llamado "número del sistema". La mayoría de los productos tienen un "1" o un "7" en esta posición. Esto indica que el producto tiene un tamaño y peso determinado, y no un peso variable.

Los dígitos del segundo al sexto representan el número del fabricante. Esta clave de 5 dígitos (adicionalmente al "número del sistema") es única para cada fabricante, y la asigna un organismo rector evitando códigos duplicados. Los caracteres del séptimo al onceavo son un código que el fabricante asigna a cada uno de sus productos, denominado "número del producto". El doceavo carácter es el "dígito verificador", resultando de un algoritmo que involucra a los 11 números previos.



Figura 8.22 Símbolo EAN / JAN. El EAN / JAN -13

### *Código de Barras de Dos Dimensiones 2D (Dos Dimensiones)*

#### *2D (Dos Dimensiones)*

Una simbología para código de barras 2D permite una vasta cantidad de datos en un simple código de barras ya que almacena datos y/o imágenes en dos dimensiones. Una demostración común de la tecnología es un simple código de barras no mayor que un UPC estándar que contiene el domicilio completo de una persona. Algunas simbologías de códigos de barras 2D incluyen PDF 417, DataMatrix Code, y MaxiCode.



Figura 8.23 Símbolo 2D

#### *Algunos Otros Códigos*

##### *PDF 417*

Su nombre viene de Portable Data File 417 (por sus siglas) y es un conjunto de códigos de barra lineales, apilados, con un algoritmo interno que provee cierto nivel de redundancia y corrección de errores. Tiene también el inconveniente que requiere un área ciega antes y después del código además de zonas para delimitar el inicio y final de los datos más anchos que los códigos lineales.



Figura 8.24 Símbolo PDF 417

##### *Data Matrix*

EL Data Matrix es una simbología de dos dimensiones que consiste en bloques de información claros y oscuros. Tiene un patrón de identificación perimetral compuesto de dos líneas sólidas y

dos líneas punteadas que indica la localización de los módulos de datos dentro del código de barras. Requiere un área ciega circundante y puede tener problemas de lectura en lugares poco iluminados o en etiquetas donde el código termina muy cerca de las orillas.

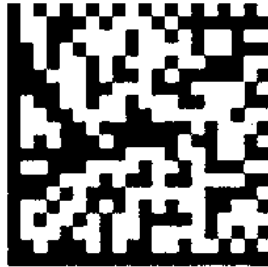


Figura 8.25 Símbolo Data Matrix

### *QR Code*

Su nombre viene de “Quick Response” y es una simbología que provee lecturas muy rápidas, de forma omnidireccional y cuenta con buenos algoritmos de corrección de error. Sin embargo, al igual que la simbología anterior, los patrones de identificación se encuentran en las orillas, lo que puede traer problemas de lectura cuando las condiciones del código no son óptimas. Debido a la ubicación del patrón de referencia, también se requieren áreas en blanco circundantes para que pueda ser correctamente decodificado.



Figura 8.26 Símbolo QR Code

### *Aztec Code*

Su mejor opción esta simbología de dos dimensiones y alta densidad está construida en una parrilla de forma cuadrangular que tiene un patrón de identificación de forma piramidal en el centro. Puede leerse en cualquier orientación y no requiere de espacios circundantes. Los datos

van leyéndose del centro hacia fuera, por lo que la información crítica puede ubicarse cerca de la pirámide para una mejor y más rápida decodificación.

Cuenta con sofisticados algoritmos de corrección de error redundancia que permiten leer incluso en etiquetas dañadas o en mal estado. Este conjunto de características hacen de esta simbología su mejor opción para la recolección automática de datos.



Figura 8.27 Símbolo Aztec code

## **TECNOLOGIA RFID**

### **¿Que es la tecnología RFID?**

Identificación automática, o auto ID, es el amplio término dado a un grupo de tecnologías que se utilizan para ayudar a las máquinas a identificar objetos. La identificación automática está a menudo acoplada con captura automática de datos. Es decir que las compañías quieren identificar elementos o items, capturar información sobre ellos y de alguna forma ingresar esos datos en una PC sin tener empleados capturándolos.

El propósito de la mayoría de los sistemas de auto-ID es incrementar la eficiencia, reducir errores en la entrada de datos, y liberar personal para realizar funciones con mayor valor agregado.

Hay un grupo de tecnologías que caen dentro del concepto auto-ID. Entre ellas están códigos de barras, tarjetas inteligentes, reconocimiento de voz, algunas tecnologías biométricas, reconocimiento óptico de caracteres, identificación por radio frecuencia y otras.

**Un sistema RFID comprende diferentes componentes, incluyendo:**

- Etiquetas RF
- Lectores RF
- Sensores
- Wi-Fi
- Dispositivos de redes
- Software de interfase.



Figura 8.28 Vista global de un Sistema RFID

### Capas del Sistema.

La tecnología RFID se divide en 2 capas para su estudio:

#### Capa física

- Una o más etiquetas rfid.
- Uno o más antenas.
- Uno o más lectores.
- Ambiente de lanzamiento en operación.
- Una o más computadoras conectadas a los lectores de etiquetas.

### Capa de software

- Drivers de los dispositivos.
- Aplicaciones de interface.
- Aplicaciones empresariales.

RFID es un término genérico usado para describir la tecnología que utiliza ondas de radio para la identificación automática de ítems individuales. Existen varios métodos de identificación basados en RFID, pero el más común es el de guardar un número de serie y quizás otra información en un microchip que es conectado a una antena.

La antena es el mecanismo que permite al chip transmitir la información de identificación al lector. El interrogador o lector convierte las ondas que retornan de la etiqueta RFID a una forma digital que puede ser procesada por una PC y sus aplicaciones de negocios.

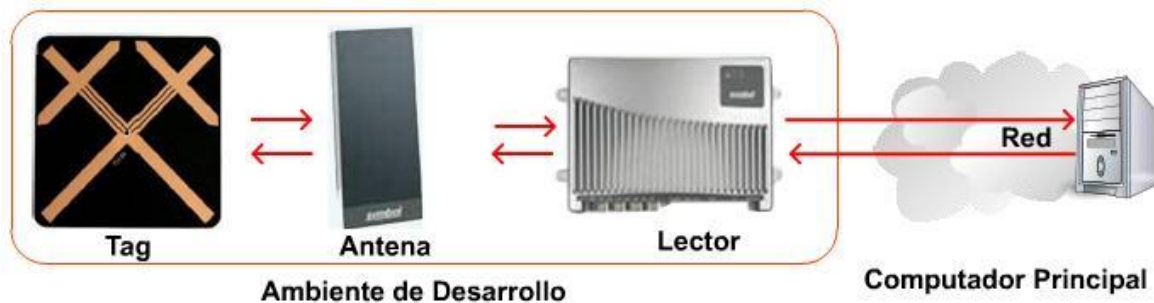


Figura 8.29 Capa física.

### Infraestructura del Sistema RFID.

1. La aplicación en la PC maneja el(los) lector(es) y emite comandos.
2. El lector y la etiqueta se comunican vía señales de RF
  - a) El lector, a pedido de la aplicación, genera una señal portadora.
  - b) La señal portadora es enviada por medio de las antenas de los lectores.
  - c) La señal portadora llega a las etiquetas.
  - d) La etiqueta recibe y modifica la señal portadora y “envía de vuelta” la señal modulada.

- e) Las antenas del lector reciben la señal modulada y la envían al lector.
3. El lector decodifica la señal analógica y la convierte en datos digitales.
  4. Los datos digitales son devueltos a la aplicación en la PC (host).

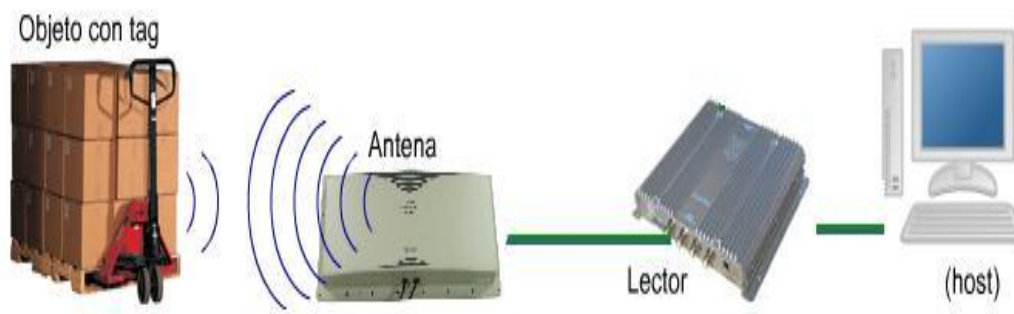


Figura 8.30 Infraestructura RFID

### Etiquetas RFID.

Constan de un dispositivo compuesto de un circuito electrónico y una antena integrados en uno solo. El circuito electrónico generalmente tiene una memoria para almacenar datos y alguna lógica de procesamiento. Parte de la memoria puede ser “de solo lectura”, utilizada para números de serie únicos escritos durante la etapa de producción, mientras que otra parte puede ser tanto escrita como leída repetidamente.

La memoria puede ser también programada en fábrica por su fabricante o en el campo por el usuario final. Parte de la memoria puede ser bloqueada o desbloqueada con una clave “password” y parte puede ser bloqueada permanentemente.

Las etiquetas básicas de RFID constan de 4 componentes:

- Antena
- Chip o circuito integrado

- Interconexión
- Sustrato

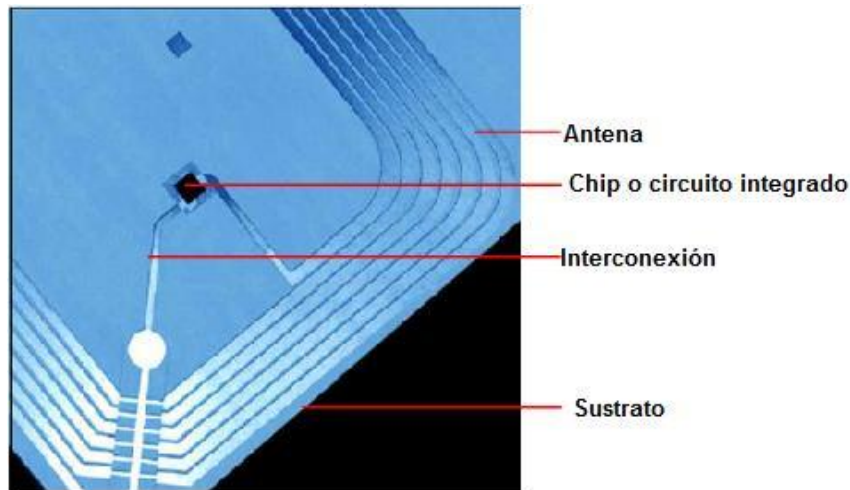


Figura 8.31 Componentes de etiquetas RFID

### Arquitectura de la etiqueta

- **Antena**
  - a) Recibe y refleja las ondas de RF.
  - b) La parte más grande de la etiqueta, afecta el tamaño del mismo.
  - c) Hecha a medida para la aplicación.
  - d) Resuena a una frecuencia de operación.
- **Strap**

El asa (strip) está hecha de un circuito integrado (CI) y dos almohadillas conductoras que pueden estar conectadas a una antena para habilitar la conversión de alta velocidad en empastes, etiquetas o materiales de empaque y facilitar la manufactura de empastes y etiquetas.
- **Circuito Integrado (CI)**
  - a) Contiene un microprocesador con 40k - 50k transistores para el caso pasivos Gen 2 (un Intel 8086 de un PC tiene 29000 transistores)



- b) Recibe la energía de las ondas de RF capturadas por la antena y modula ondas reflejadas de RF para comunicarse con el lector.
  - c) Mantiene una memoria para almacenar datos.
- **Sustrato**
    - a) Sostiene el CI, asa y antena juntas sobre la etiqueta y el empaste.
    - b) El sustrato puede tener adhesivo.
- **Etiqueta**
    - a) Un ensamblaje de CI, antena y sustrato con adhesivo en un lado.
    - b) Directamente pegado en el objeto de interés.
- **Empaste (inlay/insert)**
    - a) Un ensamblaje de CI, antena y sustrato sin adhesivo.
    - b) Usado para incrustar los componentes RFID en etiquetas.
- **Adhesivo**
    - a) Aplicado en un lado del sustrato de una etiqueta.
    - b) Usado para pegar etiquetas en los objetos.

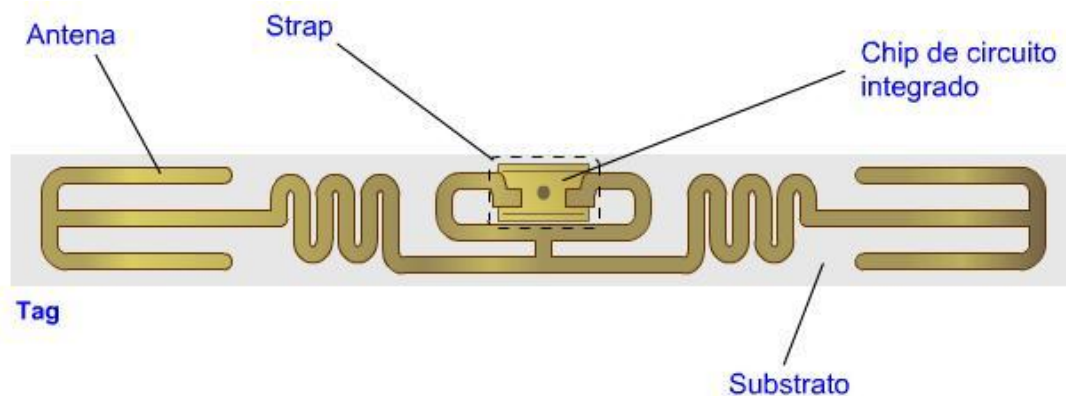


Figura 8.32 Arquitectura de tag RFID

Las etiquetas RFID se dividen en 4 grupos para su utilización:

1. Energía (pasivos, semi-pasivos y activos).
2. Frecuencia (125/134 KHz, 5-7 MHz, 13.56 MHz, 433 MHz, 860-960 MHz y 2.45 GHz).
3. Protocolo (estandarizados y propietarios).
4. Funcionalidad (clases de etiquetas EPC y capacidad de lectura y escritura).

### **Etiquetas Pasivas**

- Rango de lectura – hasta 5 mts y mas
- No contienen transmisores.
- Opera solo cuando son energizados por el lector.
- Usan reflexiones pasivas o acoplamiento inductivo para comunicarse.
- Tamaño y peso relativamente pequeños.

### **Ventajas**

- Tamaño pequeño
- Peso liviano
- Baratos
- Vida larga (20+ años)

### **Desventajas**

- Rango de lectura corto
- Requieren lectores de más potencia
- Cantidad limitada de datos almacenados.

Aunque las etiquetas activas y pasivas son consideradas RFID y a menudo se habla de ellos intercambiamente, las etiquetas activas tienen fundamentalmente diferente tecnología de las pasivas. Aunque ambos utilizan energía de radio frecuencia para comunicarse la etiqueta con el lector, el método de energizar la etiqueta es diferente.

Las etiquetas activas utilizan una fuente de poder interna, usualmente una batería, dentro de la etiqueta para energizar continuamente la etiqueta y sus circuitos de comunicaciones de RF,

mientras que las pasivas dependen de la energía de RF transferida desde el lector a la etiqueta para energizarlo.

### **Etiquetas semi-pasivas**

- También llamados Pasivas con Asistencia de Batería (BAP).
- El lector activa las etiquetas
- La batería provee energía a la memoria, los circuitos y otros sensores.
- No contienen transmisores.
- Rango de lectura - hasta 30 mts.

### **Ventajas**

- Mayor rango de lectura.
- Requiere menos potencia del lector.
- Puede almacenar más datos.
- Más funcionalidad como sensor de temperatura y GPS

### **Desventajas**

- Costo más alto.
- Mayor tamaño y peso.
- Vida limitada de la batería (2-7 años).

Poseen una fuente de poder interna para los circuitos de la etiqueta. La batería generalmente no se usa para energizar la transmisión de señales RF. La batería puede permitir a la etiqueta otras funcionalidades tales como el monitoreo de condiciones ambientales, como temperatura, sismos, etc.

Esas etiquetas usualmente transmiten datos solo cuando son energizadas por la señal RF del lector. Esas etiquetas son usualmente más complejas y por ello más costosas aunque esto puede valer la pena por la mayor funcionalidad.

### **Comunicaciones en las etiquetas pasivas.**

Todas las etiquetas pasivas y semi-pasivas emplean un sistema único de comunicaciones para evitar la necesidad de que la etiqueta de bajo costo requiera de un transmisor.

- En lugar de transmitir su propia señal, la etiqueta se acopla a la señal transmitida por el lector.
- Variando el acoplamiento la etiqueta se comunica sin transmisor.

### **Dos tipos de comunicación:**

- De campo cercano o acoplamiento inductivo, usado por etiquetas de LF y HF.

Las ondas de RF están hechas de componentes electromagnéticos. El acoplamiento inductivo utiliza el campo magnético. La antena del lector tiene una bobina y la antena de la etiqueta también tiene una bobina. La corriente en la antena del lector crea un campo magnético que a su vez crea corriente en la bobina de la antena de la etiqueta. Variando la carga de corriente el campo magnético pulsa y puede transferir datos.

- De campo lejano o acoplamiento reflejado pasivo (usado por las etiquetas de UHF y microondas).

El acoplamiento pasivo reflejado utiliza el campo eléctrico. La energía del lector energiza la etiqueta y el resto a través de la antena de la etiqueta transfiriendo datos de la etiqueta al lector.

**Etiquetas activas**

- Usan una fuente de poder interna dentro de la etiqueta para proveerle energía continuamente.
- Pueden transmitir en forma continua o en un momento definido.
- Contienen un transmisor.
- Rango de lectura 100 – 200 mts. dependiendo del poder de la batería.
- Almacenan más información – varios Kbytes.
- Usados para items de alto valor.
- Tamaño y peso relativamente grandes (6"x4"x1"). **Ventajas**
- Rango de lectura mayor.
- Menos potencia exigida al lector.
- Pueden almacenar más datos.
- Más funcionalidad.

**Desventajas (comparados con las pasivas)**

- Costo más alto.
- Tamaño y peso mayor.
- Vida limitada de la batería (2-7 años)

**Resumen de etiquetas activos y pasivos**

Parámetros	Etiquetas pasivos	Etiquetas activos
Fuente de poder de la etiqueta	Energía de RF del lector	Interno

Batería de la etiqueta	No	Si
Disponibilidad de energía	Solo cuando esté en el campo RF del lector	Continua
Costo	\$0.20 - \$0.5	\$20+
Tamaño	Pequeño	Limitado por el tamaño de la batería
Vida de la etiqueta	20+ años	2 – 5 años
Fuerza de la señal portadora del interrogador	Alta	Baja
Rango de lectura	De centímetros a 5 metros	100 – 200 metros
Lectura de múltiples etiquetas	Pocos cientos de etiquetas/segundo – a velocidad de movimiento relativamente lenta	Miles de etiquetas/segundo – hasta velocidades de 100 mph
Almacenamiento de datos	128 bytes de lectura/escritura	Hasta los 128Kb de lectura/escritura con búsquedas y accesos

### Algunas aplicaciones de los etiquetasPASIVAS

- Computadoras, impresoras, TVs
- Ganado, mascotas
- Suministro de sangre, paquetes de medicinas
- Puntos de venta
- Seguimiento de equipajes

- Vestimenta
- Registro de retiros de libros en bibliotecas
- DVDs, documentos
- Identificación (pasaportes o carnets)
- Activos de valor pequeño
- Seguimiento a nivel de item o de caja
- Cámaras, grabadoras
- Activos de compañías
- Monitoreo de corto rango

### **ACTIVAS**

- Monitoreo de sensores
- Seguridad
- Monitoreo de área
- Monitoreo de rango amplio
- Localización a tiempo real
- Seguimiento de personas (pacientes)
- Activos críticos o de alto valor
- Vehículos

El principal sacrificio entre etiquetas activos y pasivos es el de rango versus costo.

### **Criterios en la selección de etiquetas.**

Diferentes tecnologías de RFID, aun etiquetas que operan en la misma frecuencia, pueden tener muy amplio y diferente nivel de rendimiento. Entre los factores que dictan el desempeño están:

#### *Sensibilidad a la etiqueta.*

La habilidad de un chip para ser energizado y para maximizar la fuerza de la señal para enviar su identificación de vuelta al lector. A mayor sensibilidad del chip mayor el rango de lectura.

*Tamaño de la etiqueta.*

Más grandes significan generalmente mayor rango.

*Forma de la etiqueta.*

Diferentes formas de antena proveen sustancialmente diferentes niveles de desempeño.

*Número de antenas de la etiqueta pegadas al chip.*

Dos antenas bipolares pegadas a un solo chip resultan en un desempeño de la etiqueta que es menos sensible a la orientación- importante en ambientes de lectura al azar.

*Velocidad.*

La velocidad a la cual el lector conecta las identificaciones de velocidades altas:

Incrementa la confiabilidad de las lecturas y posiblemente imponen menos carga a los procesos de negocio. Las etiquetas RFID disponibles hoy día tienen velocidades de lectura que van desde las 20 etiquetas/seg a sobre 1000 etiquetas/ seg.

*Apilamiento apretado de etiquetas.*

Cuando están estrechamente apiladas se pueden interferir entre ellos. Hay una amplia variación de desempeño en ambientes de alta densidad. Las mejores etiquetas disponibles hoy en día trabajan con efectividad aún situados a 1 centímetro de ellos.

*Interferencia.*

Etiquetas y lectores bien diseñados se desempeñan con efectividad en ambientes de RF ruidosos.

*Materiales a los que esta pegado la etiqueta.*

Materiales basados en metales y agua son generalmente hostiles para RFID, afectando negativamente el rango de la lectura, sin embargo esto puede superarse. Si aun un pequeño espacio entre la etiqueta y el activo, el rango de desempeño mejorara dramáticamente. Los materiales más amigables parecen ser cartón, ropa y plástico.



## **Lectores RFID**

Los lectores son los encargados de enviar una señal de radiofrecuencia para detectar las posibles etiquetas en un rango de acción determinado. En su fabricación se separan en dos tipos:

1. Sistemas con bobina simple, que sirven para transmitir tanto la energía como los datos. Son más sencillos y más económicos, pero tienen menor alcance.
2. Sistemas interrogantes, con dos bobinas, una para transmitir energía y otra para datos. Son más costosos, pero se obtienen mayores beneficios.

Generalmente los lectores reúnen las siguientes características:

- Los lectores leen/escriben datos desde/hacia los etiquetas a través de la antena.
- Realizan anti-colisión, filtrado y funciones de manejo del lector.
- Se comunican por la red con la PC.
- Usualmente soportan múltiples protocolos (EPC, ISO).
- Tienen puertos de entrada/salida.
- Vienen en varias formas.
- Formas diferentes para fijos, móviles, manuales.

### ***Tipos.***

- Manuales, móviles, fijos.
- Lectores de simple protocolo, lectores de múltiple protocolo – Los protocolos del lector y de la etiqueta deben coincidir.
- De simple o múltiple frecuencia – Las frecuencias del lector y de la etiqueta deben coincidir.
- Bi-estáticos, mono-estáticos.
- Antena integrada.
- Antena externa – simple o múltiple.
- Batería, AC, o con energía de la red Ethernet.
- Lectores tontos o inteligentes.
- Conexión serial o Ethernet (alámbrica o inalámbrica).



Figura 8.33 Diferentes tipos de lectores.

### Lectores Fijos.

- Actúan con comandos del software de la aplicación.
- Suministran la energía a las etiquetas pasivas para comunicarse con ellos.
- Interrogan las etiquetas y colectan datos de las memorias de las etiquetas.
- Escriben datos a la memoria de las etiquetas.
- Convierten las ondas análogas de radio a datos digitales.
- Almacenan y/o transmiten datos a otros dispositivos con conexiones alámbricas o inalámbricas.
- Filtran o agregan datos.



Figura. 8.34 Lectores fijos.

**Lectores manuales (handheld).**

Los lectores manuales son típicamente usados para procesos por excepción, en el seguimiento de activos cuando éstos son fijos, o en colección remota de datos, y en instalaciones de baja escala.



Figura. 8.35 Lectores manuales.

### Construcción de lectores RFID

El oscilador provee señal portadora al modulador (del transmisor) y una señal de referencia al demodulador (en el receptor). El módulo de control procesa los datos transmitidos y recibidos, recibe comandos, tiene su memoria, controla todos los componentes del lector, etc.

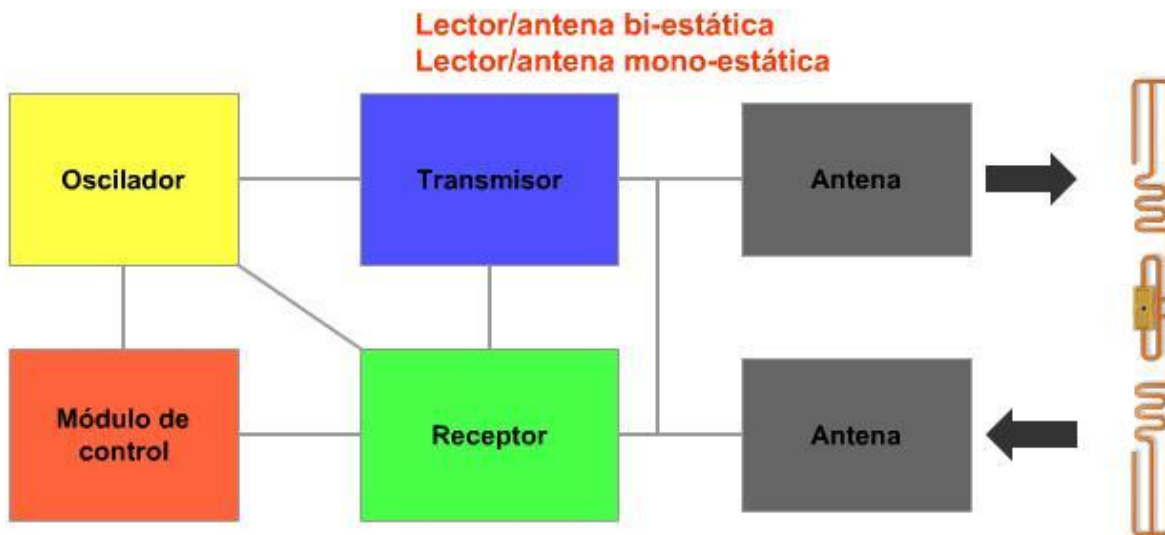


Figura. 8.36 Funcionamiento de lector RFID

Los lectores mono-estáticos tienen una antena con funciones transmisoras y receptoras. Esas son conmutadas según se requieran.

### Antenas de los lectores

- Transmiten la señal de interrogación del lector.
- Reciben la señal de retorno de la etiqueta.
- Vienen en varios tamaños y formas.
- Su tamaño depende de la frecuencia.
- A medida que la frecuencia aumenta, la longitud de onda y el tamaño de la antena disminuye.
- Se puede incrementar su rango de lectura aumentando el tamaño de la antena.
- Las antenas pueden tener polarización lineal o circular.



Figura.8.37 Antenas del lector

### RFID vs Código de barras

El código de barras ha sido el principal medio de identificación y ha probado ser muy efectivo, no obstante tiene sus limitaciones. ¿Qué ventajas y desventajas presenta respecto de RFID?

Las atribuciones claves a ser consideradas cuando se compara RFID con el código de barras giran entorno de la capacidad de legibilidad, la rapidez en la lectura, la durabilidad de la etiqueta, la cantidad de información, la flexibilidad de la información, los costos de la tecnología y los estándares.

Una migración hacia RFID involucra un conjunto de consideraciones, siendo una de las principales si el código de barras debe ser complementario o si será reemplazado definitivamente.

### **Método de Lectura.**

Los lectores ópticos de código de barra requieren una verificación visual directa. El lector indica cuándo obtiene una buena lectura dentro de su rango, y una mala lectura es inmediatamente asociada con una etiqueta y un ítem específicos. Este tipo de relaciones es establecido uno a uno.

La lectura por RFID no requiere línea de visión para obtener la información de la etiqueta. La señal de la frecuencia de radio (RF) es capaz de viajar a través de la mayoría de los materiales. Esto es particularmente ventajoso en las operaciones de recepción de mercaderías en depósitos y en aplicaciones donde la información debe ser recolectada a partir de ítems que tengan una orientación heterogénea.

Un lector RFID es capaz de distinguir e interactuar con una etiqueta individual a pesar de que múltiples etiquetas se encuentren dentro del rango de lectura dado. No obstante, la discriminación de etiquetas no provee la ubicación física absoluta de un ítem que sí ofrece el código de barras cuando el objetivo es un punto específico en la línea de empaque. Los tags que no responden por una razón u otra requieren de una búsqueda manual y un paso de verificación, o en su defecto el desvío del pallet entero para realizar un análisis de las causas.

### **Velocidad de Lectura**

Las etiquetas RFID pueden ser leídas más rápidamente que las etiquetas de código de barras en grados teóricos de 1.000 por segundo o más. Esto supera ampliamente la velocidad de lectura a nivel de cada unidad que posee el código de barras.

La velocidad de RFID tiene gran valor en las aplicaciones de recepción y despacho de mercaderías en grandes volúmenes, donde un elevado número de ítems necesitan ser contabilizados con rapidez. Por ejemplo, cuando se recibe un pallet de cajas etiquetadas en un depósito, un lector RFID puede identificar potencialmente todas las cajas sin tener que desconsolidar el pallet y escanear cada una individualmente.

### **Durabilidad**

Para mayor protección, las etiquetas RFID pueden ser insertadas en sustratos de plástico duro u otros materiales. A pesar de que son significativamente más duraderas que las etiquetas de papel

de código de barra, ambas dependen del adhesivo que las mantiene intactas y pegadas a un ítem. La naturaleza de las etiquetas RFID les permite perdurar más que las de código de barras.

El talón de Aquiles de una etiqueta RFID es el punto de unión de la antena con el chip. Un corte que dañe el punto de unión inutilizará la etiqueta, mientras que el código de barras sólo sería levemente degradado.

### **Almacenamiento de Datos**

El código UPC identifica la clasificación de un ítem genérico, pero EPC permite identificar un ítem en forma individual a través de un número serial asignado. Las etiquetas RFID de alto valor contendrán varios kilobites de memoria (miles de caracteres).

Este incremento de información en la capacidad de almacenamiento de datos crea una base de datos de información portátil, permitiendo que un gran número de productos sean rastreados, con datos como la fecha de manufactura, el tiempo consumido en tránsito, su ubicación en el centro de distribución o la fecha de vencimiento del ítem.

### **Flexibilidad de Información**

Con respecto a la información dinámica, las etiquetas RFID son capaces de realizar operaciones de lectura y escritura, permitiendo la actualización de información en tiempo real de un ítem que se mueve a lo largo de la cadena de abastecimiento.

### **Redundancia de Información**

Las etiquetas RFID retienen información en forma cautiva, ofreciéndola únicamente a través de un lector para recibir esos datos. La integridad del sistema no es lineal (se puede aceptar o rechazar lo que el lector transmite).

Los códigos de barra, por otro lado, tienen usualmente un formato de legibilidad de caracteres humanos adjuntos. Esto permite una recuperación directa en caso de que el código de barras falle al leer.

La combinación de etiquetas RFID conteniendo código de barras y caracteres humanamente legibles ofrece la mejor alternativa de redundancia e integridad de la información.

### **Seguridad**

Algunas etiquetas RFID soportan la combinación de palabras claves que pueden hacerlas ilegibles para los sistemas de lectura que no usan las claves de acceso del código EPC.

### **Costo**

RFID requiere inversiones en capital. Los principales costos están representados por el equipamiento (impresoras, lectores, antenas y etiquetas) y por los servicios profesionales (ingeniería de proyectos, instalación y puesta en marcha, capacitación de los usuarios).

Un retorno en la inversión justificaría la tecnología RFID frente el riesgo de perder a un cliente importante como Wal-Mart, Target o el Departamento de Defensa.