



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**

---

---

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y  
ELECTRICA

INGENIERIA EN CONTROL Y AUTOMATIZACION

AUTOMATIZACION DE LINEA DE PRODUCCION  
EN LA FABRICACION DE CUERPOS CERAMICOS  
DE BUJIAS.

## **TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**INGENIERO EN CONTROL Y AUTOMATIZACION**

PRESENTAN:

**ALCANTARA CRUZ RAUL  
SUAREZ CARCAÑO ULISES**

ASESORES:

**M. EN C. ANTONIO OBREGÓN TENORIO  
M. EN C. IVONE CECILIA TORRES RODRÍGUEZ  
M. EN C. PEDRO FRANCISCO HUERTA GONZÁLEZ**



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**  
**UNIDAD PROFESIONAL “ ADOLFO LOPEZ MATEOS”**

**TEMA DE TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
POR LA OPCION DE TITULACION  
DEBERA(N) DESARROLLAR**

**INGENIERO EN CONTROL Y AUTOMATIZACION  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN SIP20110159  
C. RAUL ALCANTARA CRUZ  
C. ULISES SUAREZ CARCAÑO**

**“AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN LA FABRICACIÓN DE CUERPOS CERÁMICAS DE  
BUJIAS ”**

**AUTOMATIZAR LA LINEA DE PRODUCCIÓN DE BUJIAS PARA AUTOMÓVIL, PARA DISMINUIR LAS  
PERDIDAS DE MATERIAL, UTILIZANDO EQUIPOS DE AUTOMATIZACIÓN**

- ❖ **OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.**
- ❖ **PROBLEMÁTICA.**
- ❖ **DESARROLLO DEL PROYECTO.**
- ❖ **PROGRAMACIÓN Y USO DE SOFTWARE.**
- ❖ **COSTOS.**
- ❖ **CONCLUSIONES.**

**MÉXICO D. F., A 28 DE MAYO DE 2012.**

**ASESORES**

  
**M. EN C. ANTONIO  
OBREGÓN TENORIO**

  
**M. EN C. IVONE CECILIA  
TORRES RODRÍGUEZ**

  
**M. EN C. PEDRO FRANCISCO  
HUERTA GONZÁLEZ**

  
**DR. JUAN JOSÉ MUÑOZ CÉSAR**  
**JEFE DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE  
INGENIERÍA EN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN**





## INTRODUCCION

En este trabajo se muestra la propuesta de implementación de equipos nuevos y mejores para la línea de producción de horneado de bujías. Las razones por la cual se presenta este trabajo son para dar solución a un problema dentro de una empresa, este trabajo está basado en fuentes claras y precisas obtenidas de catálogos y capacitación debido a que los equipos lo requieren

Se presenta como primera estancia una breve reseña de lo que es una bujía, así como sus componentes principales y el proceso de fabricación de la misma, enseguida se detalla el proceso actual en el cual se analiza la problemática para con esto obtener una solución y realizar un desarrollo de ingeniería, esto se muestra en el capítulo tres de este trabajo, así como una definición general de los equipos que se utilizaran y la definición propia con el funcionamiento de cada uno de los elementos y cada una de las partes que los componen específicamente.

Se hace mención a los softwares utilizados así como la red que se ocupara para la sincronización de todos y cada uno de los equipos, se tienen algunas fotografías de los mismos, para una mejor noción de ellos especificadas en el índice e figuras y tablas.

En el capítulo 5 de este trabajo se señalan los costos por cada elemento, como también una reseña del costo total por este trabajo y algunos elementos principales que se deben considerar al realizar un trabajo de esta índole.

Debido a que es un trabajo tecnológico en anexos se compilan los programas completos del PLC, se hace mención al nombre de la guía de selección en donde se tomo el criterio para escoger correctamente cada uno de los elementos.



## INDICE GENERAL

<b>CAPITULO 1 OBJETIVOS Y JUSTIFICACION</b> .....	1
1.1 OBJETIVOS GENERALES.....	2
1.2 OBJETIVOS PARTICULARES.....	2
1.3 JUSTIFICACION.....	2
1.4 ANTECEDENTES.....	2
<b>CAPITULO 2 PROBLEMÁTICA</b> .....	6
2.1 PROCESO DE FABRICACIÓN DE BUJÍAS.....	7
2.2 PROBLEMÁTICA.....	9
<b>CAPITULO 3 DESARROLLO DEL PROYECTO</b> .....	11
3.1 SISTEMA DE VISIÓN.....	12
3.2 SISTEMA DE VISIÓN COGNEX CRN-500 SERIES.....	13
3.3 PLC.....	15
3.3.1 Estructura del PLC.....	15
3.3.2 Módulos de entrada y salida.....	16
3.3.3 Tipos de módulos de entradas y salidas.....	16
3.3.4 Tipos de Memorias.....	17
3.3.5 Unidad de programación.....	17
3.4 CLASIFICACIÓN DE PLC´s.....	19
3.4.1 PLC tipo Nano.....	19
3.4.2 PLC tipo Compacto.....	20
3.4.3 PLC tipo Modular.....	21
3.5 PLC FX3U-16MR/ES.....	22
3.6 ROBOT INDUSTRIAL.....	24
3.6.1 Manipuladores.....	26
3.6.2 Robots de repetición o aprendizaje.....	26
3.6.3 Robots con control por computadora.....	27
3.6.4 Robots inteligentes.....	27
3.6.5 Tipos de Brazos Mecánicos.....	27
3.6.5.1 Clasificación por la Geometría.....	27
3.6.5.2 Clasificación por el método de control.....	28
3.6.5.3 Clasificación por la función.....	28
3.7 ROBOT SCARA RH-6SH.....	28



3.8 SISTEMA SERVO.....	30
3.8.1 Control en modo Posición.....	30
3.8.2 Control en modo Velocidad. ....	31
3.8.3 Control en modo Par. ....	32
3.8.4 Modo de control combinado. ....	32
3.8.5 Servomotor.....	33
3.9 SERVO AMPLIFICADOR MR-J3-T.....	34
3.10 HMI.....	36
3.10.1.1 Terminal de Operador .....	37
3.10.1.2 PC + Software. ....	38
3.10.2 Software HMI.....	38
3.10.3 COMUNICACIÓN .....	39
3.11 HMI GOT 1000.....	39
3.12 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN.....	40
3.12.1 Protocolo Profibus. ....	42
3.12.1.1 Protocolo Profibus DP.....	42
3.12.1.2 Profibus FMS.....	42
3.12.1.3 Profibus PA.....	42
3.12.2 Protocolo DEVICENET .....	44
3.12.3.1 Mecanismo de colisiones.....	47
3.12.4 Protocolo CC-Link. ....	48
3.14 DIAGRAMA DE CONEXIONES. ....	51
<b>CAPITULO 4 PROGRAMACION Y USO DE SOFTWARE.....</b>	<b>52</b>
4.1 SOFTWARE GX DEVELOPER.....	53
4.2 Software RT TOOLBOX.....	54
4.3 GT WORKS. ....	55
4.4 CONFIGURACION DEL SISTEMA DE VISON Y ROBOT .....	56
4.6 PROGRAMACION.....	59
<b>CAPITULO 5 COSTOS .....</b>	<b>64</b>
5.1 COSTOS.....	65
5.2 SISTEMA DE COSTOS ESTIMADO.....	65
5.3 VENTAJAS DEL SISTEMA DE COSTOS ESTIMADOS. ....	66
5.4 HOJAS DE COSTOS ESTIMADOS.....	66



<b>CAPITULO 6 CONCLUSIONES</b> .....	74
6.1 CONCLUSIONES. ....	75
<b>ANEXO</b> .....	77
Programa PLC .....	78



## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1.1 Cámara de combustión.....	3
Figura 1.2 Casquillo de bujía.....	4
Figura 1.3 Cuerpo cerámico de la bujía.....	4
Figura 1.4 Electrodo de bujía.....	5
Figura 2.1 Proceso de horneado de bujías.....	7
Figura 2.2 Mezclado de oxido de aluminio con otros ingredientes.....	8
Figura 2.3 Aislante de bujía.....	8
Figura 2.4 Rebajado de aislante de bujías.....	8
Figura 2.5 Base con bujías para horneado.....	9
Figura 2.6 base con pines doblados.....	10
Figura 3.1 Cámara de sistema de visión.....	12
Figura 3.2 Sistema de visión en proceso de control de calidad.....	13
Figura. 3.3 Esquema de conexión de sistema de visión.....	14
Figura 3.4 Cámara de sistema de visión.....	15
Figura 3.6 Diferentes tipos de PLC utilizados en la industria.....	19
Figura 3.7 Ejemplo de PLC tipo nano.....	19
Figura 3.8 PLC de tipo compacto.....	21
Figura 3.9 PLC modular con módulos de I/O.....	22
Figura 3.10 PLC FX3U-16MR/ES.....	22
Figura 3.11 Ventosa para una capacidad de 15psi max.....	23
Figura 3.12 Componentes del sistema de un robot.....	24
Figura 3.13 Robot SCARA RH-6H.....	29
Figura 3.14 Partes de un encoder.....	31
Figura 3.15 Controlador para servomotores.....	32
Figura 3.16 Partes generales de un servomotor.....	33
Figura 3.17 Servo amplificador MR-J3-T.....	35
Figura 3.18 Servomotor HF-SP.....	36
Figura 3.19 HMI con monitoreo de proceso.....	37
Figura 3.20 HMI en planta.....	37
Figura 3.21 Software de monitoreo de proceso.....	38
Figura 3.22 HMI GOT 1000.....	40
Figura 3.23 Estructura de profibus.....	43



Figura 3.24 Estructura de frame.....	45
Figura 3.25 Modulo master para comunicación CC-LINK. ....	50
Figura 3.26 Conexión de equipos utilizados.....	51
Figura 4.1 Panorama general de GX-Developer. ....	54
Figura 4.2 Panorama general de RT TOOLBOX.....	54
Figura 4.3 GT Works.....	55
Figura 4.4 Configuración IP. ....	56
Figura 4.5 Ventana de comunicación.....	56
Figura 4.6 Calibración del sistema de visión. ....	57
Figura 4.7 Switch de numero de estación. ....	57
Figura 4.8 Asignación de numero de estación. ....	58
Figura 4.9 Diagrama de bloques del programa. ....	59
Figura 4.10 Línea de programa de arranque.....	60
Figura 4.11 Activación de las bandas transportadoras.....	60
Figura 4.12 Programa de sistema de visión. ....	61
Figura 4.13 Movimiento de recolección de cuerpos cerámicos. ....	61
Figura 4.14 Activación de las ventosas.....	62
Figura 4.15 Acción de vacío en ventosa. ....	62
Figura 4.16 Rutina de colocado de bujías. ....	63
Tabla 3.1 Tamaño de la red por tasa de transmisión. ....	44
Tabla 5.1 Relación de precios de los equipos.....	72



## **SIMBOLOS Y SIGLAS**

PLC: Controlador lógico programable.

CPU: Unidad central de procesamiento.

RAM: Memoria de acceso aleatorio.

ROM: Memoria solo de lectura.

EEPROM: Memoria de lectura Programable eléctricamente borrable.

HMI: Interfaz humano maquina.

I/O: Entradas y salidas.

OPC: Ole for Proccess Control.

DDE: Dynamic data exchange.

LAN: Local Area Network.

OSI: Open System Interconnection.

DCS: Sistema de control distribuido.

PDU: Protocol Data Units.

FCS: Frame Check Sequence.

SFD: Start Frame Delimiter.

NIC: Network Interface Card.

MAC: Media Access Control.

CRC: Cyclical Redundancy.

CSMA/CD: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection.

DTE: Data Terminal Equipment.



CD: Collision Detection.

MA: Múltiple Access.

V.C.D: Voltaje de corriente directa.

v.c.a: Voltaje de corriente alterna.



# CAPITULO 1

## OBJETIVOS Y JUSTIFICACION



## **1.1 OBJETIVOS GENERALES.**

Automatizar la línea de producción de bujías para automóvil, para disminuir las pérdidas de material, utilizando equipo de automatización.

## **1.2 OBJETIVOS PARTICULARES.**

- 1.- Desarrollar el sistema de control para el posicionamiento del cuerpo de bujía en la base para su horneado.
- 2.- Instalación del equipo de visión, configuración de la red de PLC, programación de robot, así como configuración de sistema servo en bandas transportadoras.
- 3.- Monitoreo del sistema a través de HMI y visión del sistema en tiempo real.

## **1.3 JUSTIFICACION.**

Este trabajo se está llevando a cabo en una empresa, donde nos brindaron su confianza, así como sus instalaciones, para realizar cambios en la línea de producción tanto de automatización y control y así disminuir las pérdidas de la empresa y obtener la mayor ganancia y aprovechamiento del sistema propuesto.

## **1.4 ANTECEDENTES.**

Las primeras patentes para la bujía datan de Nikola Tesla, casi al mismo tiempo Richard Simms y Robert Bosch. Karl Benz también tiene el crédito de esta invención. Pero sólo debe darse crédito a la primera de ellas comercialmente viable económicamente y de alto voltaje inventada por el ingeniero de Robert Bosch llamado Gottlob Honold en 1902 que hizo posible el desarrollo de los motores de combustión interna. Una bujía sella la cámara de combustión, conduce una chispa, que se genera en la bobina de ignición, hasta la cámara de combustión y proporciona una separación para que la chispa salte.

Finalmente, conduce el calor que recoge del proceso de combustión, hasta la cabeza del cilindro y hacia el sistema de enfriamiento como se muestra en la figura 1.1. Cuando una bujía brinda estos tres aspectos básicos, entonces, es capaz de iniciar el proceso de combustión.



Figura 1.1 Cámara de combustión.

Hay una gran cantidad de tecnología que entra en el diseño y la fabricación de una bujía que reúne estos requerimientos y le confiere al motor una larga vida y un desempeño superior. Es importante recordar que no hay un diseño que le permita a una bujía generar más voltaje o una chispa más caliente, ya que la energía de la chispa es generada en la bobina. También es importante recordar que las bujías no producen calor, ellas recogen el calor desde la cámara de combustión y lo transmiten hacia el sistema de enfriamiento. La bujía consta de tres componentes principales: el casquillo, el aislador y el electrodo central. El casquillo de la bujía es un hexágono metálico con rosca que se usa para sellar la cámara de combustión y proporcionar un medio para remover e instalar la bujía. Las dimensiones del casquillo son estándares dentro de la industria. La mayoría de los casquillos usan un acero estirado a presión para mantener las tolerancias exactas. El casquillo estirado a presión es sometido a un proceso de laminado en frío para formar las roscas de las bujías, esto evita los bordes filosos que podrían cortar roscas nuevas dentro de las cabezas del cilindro de aluminio. En la figura 1.2 se muestra el casquillo terminado de una bujía.



Figura 1.2 Casquillo de bujía.

Una vez que el casquillo está formado con su rosca, se recubre con zinc para prolongar su vida y reducir la posibilidad de atascamiento en las cabezas de aluminio. Nuestra última tecnología combina los revestimientos Tinc Tac y Ultraseal sobre el recubrimiento para reducir aún más la corrosión y el atascamiento.

El segundo componente en una bujía es el aislador, el cual tiene dos funciones. Primero aísla el voltaje secundario de ignición de una conexión a tierra a cualquier parte, excepto a través de la separación entre los electrodos en la cámara de combustión. Su segunda función es transmitir el calor recogido en el proceso de combustión hasta el sistema de enfriamiento.

Los aisladores son fabricados de cerámica de alto grado como se muestra en la figura 1.3, que consiste de óxido de aluminio con un alto contenido de zirconio. Esta cerámica puede aislar el voltaje más elevado usado en los sistemas de ignición de la actualidad.



Figura 1.3 Cuerpo cerámico de la bujía.

El último componente de una bujía es el electrodo (se muestra en la figura 1.4), está diseñado para conducir la chispa desde el cable de la bujía hacia la cámara de combustión y proporcionar la separación. Existen electrodos de aleación con alto contenido de cromo y níquel para proporcionar larga vida y desempeño.



Figura 1.4 Electrodo de bujía.

Los productos químicos creados en el proceso de combustión, a menudo son corrosivos y rápidamente dañan a los metales menores. Para aumentar aún más la vida de una bujía se usa un núcleo de cobre en el electrodo central que de hecho disminuye la temperatura en la punta del electrodo, reduciendo aún más la erosión eléctrica y la corrosión química. Adelantos adicionales en el desempeño (vida) de las bujías implican el uso de metales preciosos, tales como: iridio, tungsteno, plata, platino y oro paladio.



# CAPITULO 2

## PROBLEMATICA

## 2.1 PROCESO DE FABRICACIÓN DE BUJÍAS.

En la figura 2.1 se muestra un diagrama de bloques de cómo se encuentra funcionando el proceso actualmente.

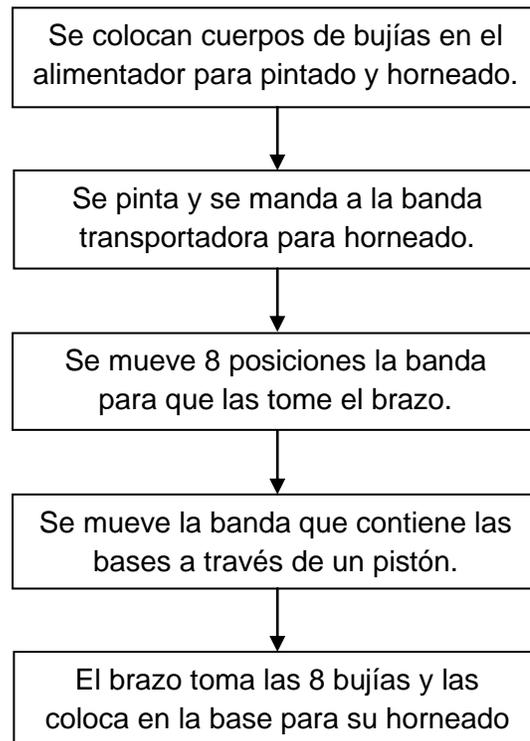


Figura 2.1 Proceso de horneado de bujías.

En el proceso de fabricación de la bujía como primer punto se mezcla polvo de cerámica de oxido de aluminio y otros ingredientes con agua. Se ingresa a una mezcladora donde todo el liquido se homogeniza perfectamente, esto se puede ejemplificar en la figura 2.2.



Figura 2.2 Mezclado de oxido de aluminio con otros ingredientes.

Después pasa por una secadora donde todo el liquido de aspecto lechoso se convierte una vez más en polvo, el polvo entra en un molde, este se cierra para que el polvo adopte la forma de los aislantes de las bujías (como se muestra en la figura 2.3) y un ingrediente cohesionante de la mezcla ayuda a que se conserve esa mezcla.



Figura 2.3 Aislante de bujía.

Un sistema automático los carga en mandriles que giran los aislantes de cerámica contra una muela, esta los rebaja y los gradúa con precisión como se muestra en la figura 2.4. Estos cuerpos son bastante frágiles, por lo tanto hay que cocerlos para que se endurezcan, pero antes se comprueban las medidas con un medidor laser.



Figura 2.4 Rebajado de aislante de bujías.

Después se envían a una banda transportadora donde un brazo neumático recoge las bujías para acomodarlas en la otra banda en su respectiva base para pasar al horno de cocción hasta que tengan la dureza deseada.

## 2.2 PROBLEMÁTICA.

En el presente trabajo se analizaron varias alternativas para la realización de ingeniería, en el cual se pudiera llevar a cabo experimentalmente y comprobar en realidad la factibilidad del mismo así como sus beneficios y su funcionamiento.

El proceso ya explicado, tiene el problema con 4 líneas de horneado para el cuerpo cerámico de bujías, debido a que cuenta con equipo un tanto inadecuado y obsoleto para este proceso. Un brazo neumático se encarga de recoger el cuerpo de las bujías de una banda transportadora lineal para pasarlas a otra de igual forma, donde ese encuentran las bases con pines para soportar a los cuerpos de las mismas, una vez que se colocan las bujías en estos pines pasan directamente a un horno donde terminara su proceso de temple.

En la figura 2.5 se muestra la base para el horneado, cuenta con 4 filas de 8 pines.



Figura 2.5 Base con bujías para horneado.

El problema existente en estas líneas es en primera estancia que el brazo no se encuentra sincronizado con las bandas de transportación de los materiales por lo tanto al tomar las bujías de la banda que las transporta y pasarlas a la otra en realidad el brazo por lo regular no acomoda en su totalidad la bujías en su base, así mismo las bases en algunos de los pines por desgaste y por el calor de los hornos se tienden a doblar (como se muestra en la figura 2.6), y por esta razón también el material no se puede acomodar en su lugar, lo que causa que haya mucho desecho y es necesario tener personal encargado de recoger todos los cuerpos que se caen, así mismo estar limpiando en periodos cortos toda el área del horno debido a que se junta mucho material desperdiciado y tiende a atorarse en la entrada del mismo.



Figura 2.6 base con pines doblados.

Por esto es imposible obtener una buena producción de estas líneas debido a su funcionamiento y el porcentaje de error que se maneja. Por eso nos hemos dado a la tarea de investigar y cooperar para obtener un resultado y una solución de manera que la empresa quede satisfecha con nuestro trabajo.



# CAPITULO 3

## DESARROLLO DEL PROYECTO

La labor será realizar un proyecto tecnológico que resuelva su necesidad de producción, será la automatización y remodelación de su línea de producción con dispositivos de última tecnología que harán más sencillo el proceso y disminución de scrap (desperdicio), con esto se pretende tener el menor índice posible de desecho y así lograr que la empresa disminuya sus pérdidas y logre más ingresos anuales así como eliminar tiempos muertos y obtener un mayor índice de producción.

En este trabajo se han propuesto equipos más sofisticados que harán de esta línea un mejor proceso.

### 3.1 SISTEMA DE VISIÓN.

Los sistemas de Visión implementados miden sin la necesidad de contacto físico. Esto es posible con una cámara y un lente que nos entrega una imagen a escala. Teniendo esta imagen acondicionada en una computadora y desarrollando algoritmos de imágenes, podemos trabajar el objeto como si lo dimensionáramos físicamente. Esto se logra haciendo una comparación de píxeles que contiene la imagen tomada, con las dimensiones de un objeto conocido a una distancia fija. En la figura 2.6 se muestra una cámara usada para un sistema de visión.



Figura 3.1 Cámara de sistema de visión.

La forma tradicional de medir cualquier objeto involucra contacto físico entre éste y el instrumento con el que se efectúa la medición. Existe otra forma de efectuar esta acción sin necesidad de tocar el objeto. A esto se le conoce como “Medición de No Contacto”.

Todo esto requiere métodos de prueba sofisticados como, por ejemplo los que brinda el procesamiento industrial de imágenes, tecnología que avanza en forma continua para convertirse en un componente integral de las soluciones de automatización, desarrollándose cada vez más como disciplina estándar para el control de calidad como se muestra en la figura 2.7.



Figura 3.2 Sistema de visión en proceso de control de calidad.

### 3.2 SISTEMA DE VISIÓN COGNEX CRN-500 SERIES.

El modelo del sistema de visión utilizado es un CRn-500 series, indispensable en este sistema debido a que es el que nos dará la orden de acomodar cada elemento en su lugar, con este dispositivo logramos tomar una imagen de la base donde estarán colocadas los cuerpos de las bujías y con esto detectar el lugar exacto donde deben de ir y donde no deben colocarse.

En la figura 3.1 se muestra el sistema de visión conectado a los equipos así como también se muestra la red de los elementos principales del sistema a implementar.

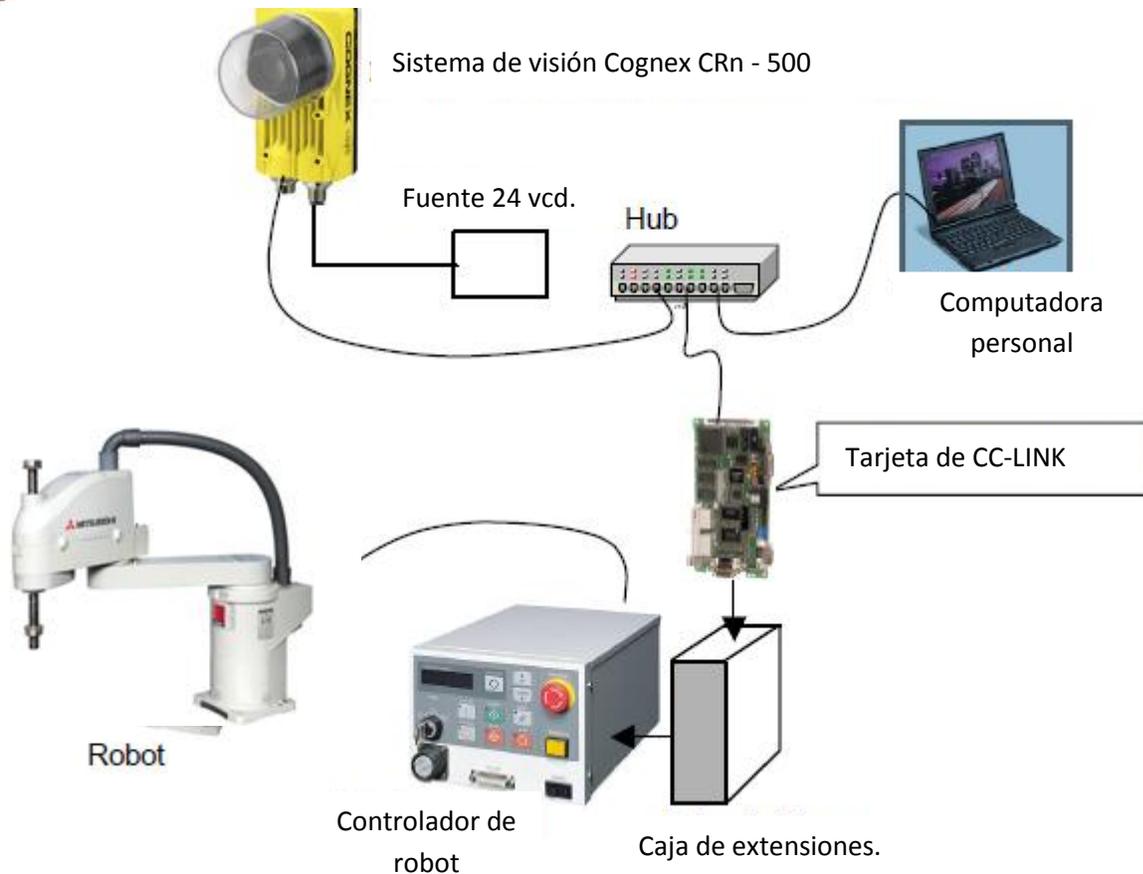


Figura. 3.3 Esquema de conexión de sistema de visión.

En la solución que planteamos, ofrecemos cambiar el brazo robot por uno más moderno, así como el mecanismo de movimiento de las bandas transportadoras.

El sistema de visión, analizará a través de una fotografía la base que contiene los pines para las bujías, procesa la imagen a alta velocidad lo que hace que el proceso sea efectivo y no tenga retrasos. La cámara estará colocada en la parte superior de la banda aproximadamente a una altura de 50cm. y un ángulo de 30° sobre la base de los pines, estos datos son tomados del manual de instalación de este sistema, cuando la base está exactamente a los 30° bajo la cámara, captura la fotografía. La forma en la que se comunica la cámara con el PLC es por medio del controlador del robot. En la figura 3.2 se muestra la cámara que se utilizará para este trabajo, tiene una carcasa protectora la cual tiene como fin protegerla del polvo y ambientes corrosivos y temperaturas altas.



Figura 3.4 Cámara de sistema de visión.

### 3.3 PLC.

Como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales.

#### 3.3.1 Estructura del PLC.

Está constituido por un conjunto de tarjetas o circuitos impresos, sobre los cuales están ubicados componentes electrónicos. El PLC tiene la estructura típica de muchos sistemas programables, como por ejemplo una microcomputadora. La estructura básica del hardware de un PLC está constituida por:

- Fuente de alimentación
- CPU
- Módulos de interfaces de entradas/salidas
- Modulo de memorias
- Unidad de programación

En algunos casos cuando el trabajo que debe realizar el controlador es más exigente, se incluyen Módulos de expansión.



### 3.3.2 Fuente de alimentación.

La función de la fuente de alimentación en un controlador, es suministrar la energía al CPU y demás tarjetas según la configuración del PLC y en ocasiones ayuda con el suministro de corriente a los módulos que se le pueden agregar al PLC. Las tensiones más comunes que se utilizan en un PLC son:

+ 5 V para alimentar a todas las tarjetas

+ 24 V para la configuración de entradas y salidas dependiendo la marca.

### 3.3.3 CPU.

Es la parte más compleja ya que es el cerebro. La unidad central está diseñada a base de microprocesadores y memorias; contiene una unidad de control, la memoria interna del programador RAM, temporizadores, contadores, memorias internas tipo relé, imágenes del proceso, etc. Su misión es leer los estados de las señales de las entradas, ejecutar el programa de control y gobernar las salidas, el procesamiento es permanente y a gran velocidad.

### 3.3.4 Módulos de entrada y salida

Son los que proporciona el vínculo entre la CPU del controlador y los dispositivos de campo del sistema. A través de ellos se origina el intercambio de información ya sea para la adquisición de datos o la del mando para el control de maquinas del proceso.

### 3.3.5 Tipos de módulos de entradas y salidas.

Debido a que existen gran variedad de dispositivos exteriores (captadores actuadores), encontramos diferentes tipos de módulos de entradas y salidas, cada uno de los cuales sirve para manejar cierto tipo de señal ya sea digital o analógica, a determinado valor de V.C.D o v.c.a.



Una señal analógica es aquella en la cual se manejan más de 2 valores como por ejemplo una temperatura y una señal digital es aquella que tiene únicamente 2 valores como por ejemplo un switch o algo en lo cual solo se requieran pocos valores.

Módulos de entradas digitales

Módulos de salidas digitales

Módulos de entrada analógica

Módulos de salida analógica

Cabe mencionar que los PLC's de tipo modular se puede elegir el tipo de entradas y salidas que se desee ocupar, en los compactos ya trae las entradas y salidas predeterminadas, pero existen módulos especiales en los cuales se puede elegir más de un tipo.

### **3.3.6 Tipos de Memorias.**

Son dispositivos destinados a guardar información de manera provisional o permanente. La memoria RAM es en donde se guardan los archivos provisionales mientras el PLC este encendido, aquí es donde se hacen las ejecuciones del programa guardado. La memoria ROM es aquella en donde se tiene todas las configuraciones, y las librerías de funciones del PLC. La memoria EEPROM es aquella donde se guardan los programas, esta memoria es de escritura lo que facilita el cambio o modificación de algún programa ya hecho.

### **3.3.7 Unidad de programación.**

Los terminales de programación, son el medio en donde se programa el PLC, depende de cada marca como se programe y como se configure. Normalmente se programa a través de una computadora y se comunica a través de un protocolo de comunicación.



Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere secuenciar. Esta información es recibida por captadores, que gracias al programa lógico interno, logran implementarla a través de los accionadores de la instalación.

Un PLC es un equipo comúnmente utilizado en maquinarias industriales de fabricación de plástico, en máquinas de embalajes, entre otras; en fin, son posibles de encontrar en todas aquellas maquinarias que necesitan controlar procesos secuenciales, así como también, en aquellas que realizan maniobras de instalación, señalización y control.

Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones como las de detección y de mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los pre-accionadores y accionadores. Además cumplen la importante función de programación, pudiendo introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa.

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentra que, gracias a ellos, es posible ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos, pudiendo realizar modificaciones sin costos adicionales. Por otra parte, son de tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, además permiten ahorrar dinero en mano de obra y la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo.

Sin embargo, y como sucede en todos los casos, los PLC's, presentan ciertas desventajas como es la necesidad de contar con técnicos calificados y adiestrados específicamente para ocuparse de su buen funcionamiento. En la figura 2.11 se puede observar algunos tipos de PLC que se utilizan en la industria.



Figura 3.6 Diferentes tipos de PLC utilizados en la industria.

### 3.4 CLASIFICACIÓN DE PLC's.

Debido a la gran variedad de tipos distintos de PLC, tanto en sus funciones, en su capacidad, en su aspecto físico y otros, es que es posible clasificar los distintos tipos en varias categorías.

#### 3.4.1 PLC tipo Nano.

Generalmente PLC de tipo compacto (Fuente, CPU y I/O) que puede manejar un conjunto reducido de I/O, generalmente en un número inferior a 100. Permiten manejar entradas y salidas digitales y algunos módulos especiales, en la figura 2.12 se muestra un ejemplo de estos elementos.



Figura 3.7 Ejemplo de PLC tipo nano.



### 3.4.2 PLC tipo Compacto.

Estos PLC tienen incorporado la Fuente de Alimentación, su CPU y módulos de I/O en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas I/O hasta alrededor de 500 I/O, su tamaño es superior a los Nano PLC y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como:

- Entradas y salidas analógicas
- Módulos contadores de alta velocidad
- Módulos de comunicaciones
- Expansiones de I/O

Los módulos de entradas y salidas analógicas pueden ser para control y medición de variables en las cuales se necesitan saber un rango muy amplio de valores, por ejemplo en la presión, temperatura y el caudal, estos módulos convierten una señal eléctrica en una serie de bits para que el PLC interprete el valor recibido.

Los contadores de alta velocidad pueden que vengan integrados ya en el PLC pero en otras ocasiones se tiene que anexar un módulo, tienen la facilidad de leer pulsos a muy altas frecuencias provenientes de algún dispositivo el cual envía trenes de pulsos como por ejemplo un encoder, con este tipo de módulos se puede hacer una amplia serie de aplicaciones de control de movimiento.

Los módulos de comunicación tienen como objetivo que el PLC este intercambiando datos con algún otro dispositivo como una pantalla u otro PLC. Existen diversos tipos de módulos ya que depende del tipo de protocolo de comunicación utilizado.

Las expansiones de I/O son anexadas cuando se requieren más entradas o salidas de las que traen el PLC, pero se tiene que tomar en cuenta que hay un límite el cual está definido por la marca, y así evitar mal funcionamiento en el equipo. En la figura 2.13 se muestra el PLC de tipo compacto, cada fabricante de estos dispositivos puede variar los tamaños y los diseños de sus equipos.

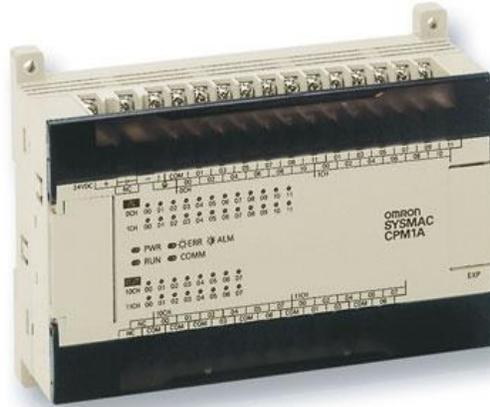


Figura 3.8 PLC de tipo compacto.

### 3.4.3 PLC tipo Modular.

Los PLC's modulares se caracterizan por tener una amplia gama de aplicaciones, gracias a que su estructura es ampliamente configurable. El usuario tiene así gran flexibilidad para diseñar el sistema de automatización, conforme a sus exigencias. El acceso es por medio de un protocolo de comunicación el cual puede ser elegido por el usuario. Estos PLC's se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final, estos son:

- Rack (Base de módulos)
- Fuente de Alimentación
- CPU
- Módulos de I/O

El rack es la base en donde van montados todos los módulos, la ventaja de estos PLC's es que tanto como las I/O el CPU pueden ser elegidos a como se requieran, la fuente de alimentación es para que todos los módulos montados funcionen.

De estos tipos existe una gama muy amplia de marcas, las cuales tienen características para sistemas de control complejos. En la figura 2.14 se aprecia un ejemplo de un PLC de tipo modular.



Figura 3.9 PLC modular con módulos de I/O.

### 3.5 PLC FX3U-16MR/ES.

Este equipo se alimenta de 100 a 240 v.c.a, tiene 8 entradas y 8 salidas, las salidas son tipo relevador y entradas digitales, la función de este es recibir las señales de la fotografía procesada por la cámara y así activar solo las salidas necesarias para así colocar las bujías en su lugar correcto. En la figura 3.3 se muestra el equipo físico para una mejor noción del mismo.



Figura 3.10 PLC FX3U-16MR/ES.

Las salidas activan bobinas de las electroválvulas de un sistema neumático equipado con ventosas, estas bobinas se alimentan con 24 V.C.D, el cual hace posible la transportación del cuerpo de la bujía de una banda a otra en su respectivo lugar.

El sistema neumático se tomo del robot que anteriormente se encontraba instalado por lo que no se hizo ninguna modificación, se colocara de igual manera al nuevo robot, es importante recordar que la empresa cuenta con suministros neumáticos con una presión de trabajo de 6kg, esta predeterminada para todos los sistemas neumáticos dentro de la planta. Cabe mencionar que existen varios tamaños de bujías, por lo tanto las ventosas tienen un diámetro adecuado para poder tomar todos los tamaños de las bujías que se tengan en esta línea de horneado (en la figura 3.4 se muestra el tipo de ventosa a ocupar en el equipo), esto ya actualmente instalado en el sistema original, es por eso que no nos dimos a la tarea de implementar uno nuevo, si no reutilizarlo para nuestro equipo y así reducir costos.



Figura 3.11 Ventosa para una capacidad de 15psi max.

Las bandas transportadoras originalmente cuentan cada una con un motor eléctrico de v.c.a, que transmite movimiento a la banda a través de una Catarina y una cadena. Debido a que el funcionamiento de las bandas es completamente independiente del movimiento del robot, era posible que este no actuara en conjunto con las bandas de forma correcta.

Sistemas accionados por dos servomotores, uno en cada banda reemplazara a los motores eléctricos y las catarinas, estos al mismo tiempo estarán sincronizados en tiempo real con el movimiento del robot, es decir que nosotros podremos modificar la velocidad del robot y al mismo tiempo las bandas transportadoras aumentaran o disminuirán su velocidad para mantener el sistema completamente trabajando en conjunto sin atrasos o adelantos tanto en los movimientos de las bandas como del robot.

Cuando la base de pines pasa por el sistema de visión existirá una pequeña pausa mientras toma la imagen para ser procesada y enviada al sistema neumático que actuara solo las ventosas que colocaran las bujías en sus respectivos lugares.

El sistema de visión toma un papel importante, debido a que la comunicación que existe con el robot es tal que al capturar la imagen automáticamente envía la información al robot de las coordenadas exactas y los movimientos correctos donde deberá posicionarse para dejar las bujías en el lugar correcto.

### 3.6 ROBOT INDUSTRIAL

Un robot es un manipulador programable, multifuncional para mover materiales, partes, herramientas o aparatos especiales con movimientos programados para el desempeño de diversas tareas. Todos los aditamentos para ejecutar movimientos dentro de una sola trayectoria que no son reprogramables, no caen en la categoría de los robots.

El movimiento es desempeñado por todo el sistema, no sólo por el robot en sí; el brazo mecánico solo lo ejecuta y la tarea es desempeñada por toda la célula de trabajo. La figura 2.15 muestra el sistema de robot:

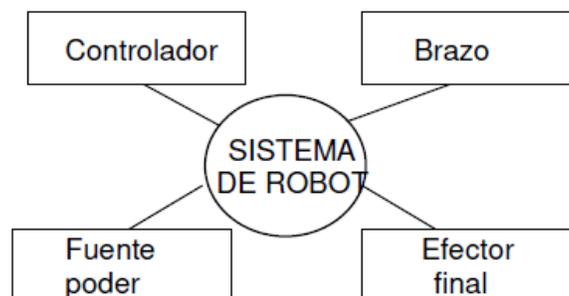


Figura 3.12 Componentes del sistema de un robot.

El brazo mecánico es la parte que ejecuta el trabajo, se clasifica de acuerdo al movimiento.



- a) Rectangular.
- b) Cilíndrico.
- c) Esférico o Polar.
- d) Articulado.

La potencia puede ser suministrada en tres formas:

- 1. Eléctrica.
- 2. Hidráulica.
- 3. Neumática.

Un sistema de robot con brazo grande puede llegar a utilizar las tres fuentes de potencia. El controlador es similar en funciones a una computadora, cuenta con un CPU y una serie de entradas y salidas. En conjunción con el controlador se tienen las estaciones o terminales de enseñanza, los monitores de visión, los paneles frontales del controlador y las memorias permanentes. El cerebro o controlador generalmente adopta la forma de un microprocesador, tiene tres funciones principales:

- 1. Iniciar y terminar el movimiento del manipulador de acuerdo con una secuencia y en los puntos deseados.
- 2. Almacenar información de la secuencia y la posición de la memoria.
- 3. Realizar la interface con el entorno o ambiente en que opera el robot.

El efector final es el elemento del robot que realizará la actividad para la cual se colocó el robot en el proceso, esta puede ser como sujetador o herramienta, dependiendo de lo que se quiera mover es como se elige. Se requiere una muñeca para orientar la mano o efector final en el espacio. En tanto que los tres primeros eslabones de un robot se usan para el control de la posición general de un efector final, la función principal del eslabón de la muñeca es la orientación angular. Cada orientación del efector final requiere un grado de libertad en el conjunto de la muñeca.



Existen muchas formas de suministrar seis grados de libertad a un efector final, pero ninguna de ellas sirve para un propósito útil sino hasta que se incluye una verdadera carga de trabajo. Lo anterior puede tomar la forma de una herramienta, como pueden ser un porta electrodos de soldadura, un taladro, una pistola rociadora, etc. En forma optativa, la carga de trabajo puede ser un objeto, como en el caso de una pieza fundida, un chocolate, una hoja de vidrio, que se transfiere de una estación de trabajo a otra.

### **3.6.1 Manipuladores.**

Los manipuladores, conocidos también como brazos mecánicos son sistemas mecánicos multifuncionales, con un sencillo sistema de control de los cuales existen 3 tipos:

- Manual: cuando un operario controla directamente al manipulador.
- Secuencia fija: cuando se repite de forma invariable el proceso de trabajo preparado previamente.
- Secuencia variable: se pueden modificar características del ciclo de trabajo.

Una particularidad de estos robots es que mientras las funciones de trabajo sean sencillas y repetitivas son ampliamente usados.

### **3.6.2 Robots de repetición o aprendizaje.**

Estos manipuladores se limitan a repetir una secuencia de movimientos, previamente ejecutada por un operador, haciendo uso de un controlador manual o un dispositivo auxiliar.

En la fase de enseñanza el operador usa una pistola de programación con diversos pulsadores, teclas, joysticks, o desplaza directamente la mano del robot. Esta clase de robots son los más conocidos hoy en día en los ambientes industriales.



### **3.6.3 Robots con control por computadora.**

Manipuladores multifuncionales controlados por una computadora que frecuentemente es un microordenador. En esta clase de robots el operador no necesita mover realmente el elemento de la maquina. El control por computadora tiene un lenguaje en específico compuesto por varias órdenes adaptadas al robot con las que se crea un programa de aplicación utilizando solo la terminal de la computadora, a esta clase de programación se le denomina textual y se crea sin la intervención del manipulador. El problema con esta clase de robots es que exige una preparación especial para la programación en la computadora.

### **3.6.4 Robots inteligentes.**

Similares al grupo anterior pero estos tienen la variante de que se relacionan con su entorno por medio de sensores haciendo que tome decisiones en tiempo real. Esta clase de robots usan inteligencia artificial y por eso aun están en fase experimental ya que se trata de hacerlos más efectivos y darles más potencia al mismo tiempo que accesibles en precio. No todos los robots son usados en el ambiente industrial, existen también robots que realizan tareas no industriales de servicio.

### **3.6.5 Tipos de Brazos Mecánicos.**

Uno de los problemas clásicos en el diseño de brazos mecánicos es su peso, el cual genera un par que debe ser soportado por motores, que a su vez tienen que tener fuerza adicional para soportar el par, generado por el peso de un objeto que pueda sujetar. Por esta razón es que los brazos mecánicos se clasificaron en distintos modelos:

#### **3.6.5.1 Clasificación por la Geometría.**

- Cilíndricos: cada eje es de revolución total(o casi) y esta encajado en el anterior.



- Esféricos: hay ejes de rotación que hacen pivotar una pieza sobre otra.
- Paralelogramo: la articulación tiene una doble barra de sujeción.
- Mixtos: poseen varios tipos de articulación.
- Cartesianos: las articulaciones hacen desplazar linealmente una pieza sobre otra.

#### **3.6.5.2 Clasificación por el método de control.**

- No servo-controlados: son aquellos en los que cada articulación tiene un número fijo (normalmente 2) posiciones con tope y solo se desplazan para fijarse en ellas. Suelen ser neumáticos, bastante rápidos y precisos.
- Servo-controlados: en ellos cada articulación lleva un sensor de posición (lineal o angular) que es leído, y enviado al sistema de control que genera la potencia para el motor. Se pueden así parar en cualquier punto deseado.
- Servo-controlados punto a punto: para controlarlos solo se les indican los puntos iniciales y finales de la trayectoria: el ordenador calcula el resto siguiendo ciertos algoritmos normalmente pueden memorizar posiciones.

#### **3.6.5.3 Clasificación por la función.**

- Producción: usados para la manufactura de bienes, pueden a su vez ser de manipulación, de fabricación, de ensamblado y de test.
- Exploración: para obtener datos acerca de terreno desconocido.
- Rehabilitación: prolongaciones de la anatomía, se usan para ayudar a los discapacitados.

### **3.7 ROBOT SCARA RH-6SH.**

El robot que se utiliza para este trabajo fue seleccionado de acuerdo a la ficha técnica y las necesidades requeridas en el proceso. Este equipo cuenta con

muchas ventajas que nos sirvieron de respaldo para poder definir con mejor exactitud nuestro criterio de selección, se muestra a continuación algunas de estas ventajas así como ficha técnica y detalles importantes de este equipo.

Este modelo de robot de la serie RH-6SH es un potente equipo diseñado especialmente para la realización de tareas de ensamblaje, está equipado con servomotores y engranajes reductores que permiten la operación a alta velocidad con un excelente rendimiento de aceleración y frenado. Así el modelo RH-6SH alcanza una velocidad 18% mayor que la de otros modelos comprobables de robot. La programación del RH-6SH de Mitsubishi de lo que se supone normalmente, el lenguaje de programación tiene una sencilla estructura de frases. Así por ejemplo la instrucción MOV tiene como consecuencia un movimiento. Además tenemos los beneficios de una programación extendida, así como simulaciones más completas.

En la figura 3.6 se muestra el robot RH-6SH el cual soporta 6 kilogramos de peso, que en este caso queda perfecto ya que no se transportaran pesos grandes.



Figura 3.13 Robot SCARA RH-6H.



### 3.8 SISTEMA SERVO.

Un sistema de control para servo mecanismos es uno de los más importantes y conocidos sistemas de control. Sus principales objetivos son:

- Mantener la velocidad del motor constante entre ciertos límites, aun cuando la carga en la entrada del motor puede variar. Esto es comúnmente conocido como regulación.
- Variar la velocidad de la carga de acuerdo a un programa de requerimientos normalmente externo al sistema. Esto es también conocido como seguimiento de una frecuencia

Consta de un controlador el cual tiene como función recibir todas las señales de control, dar señales de monitoreo y la comunicación con otros dispositivos. En el controlador se tiene una etapa de control y de potencia los cuales hacen este tipo de sistemas muy eficientes.

Tienen un rendimiento más alto y funciones superiores a un sistema convencional con algún variador, estos sistemas tienen 3 modos de control:

#### 3.8.1 Control en modo Posición.

En este modo de control se recibe un tren de pulsos de un PLC o algún otro controlador, estos trenes de pulsos indica a qué velocidad y dirección debe girar el servomotor, el par es constante en este modo de control o dependiendo de la marca y modelo del amplificador se puede modificar el par. Para saber en qué posición se encuentra el servomotor tiene un encoder montado internamente.

Los encoders constan de un disco transparente con una serie de marcas opacas colocadas radialmente y a la misma distancia entre sí, de un sistema de iluminación y de un elemento foto receptor.

El eje cuya posición se quiere medir va acoplado al disco, a medida que el eje gira se van generando pulsos en el receptor cada vez que la luz atraviese las marcas, llevando una cuenta de estos pulsos es posible conocer la posición del eje.

La resolución depende del número de marcas que se pueden poner físicamente en el disco. Existen 2 tipos de encoders, incremental, el cual ya ha sido mencionado anteriormente y el de tipo absoluto que es similar, pero el disco se divide en un número de sectores, codificándose cada uno de ellos con un código binario, con zonas transparentes y opacas. En la figura 2.8 se muestra como está construido un ecoder internamente.

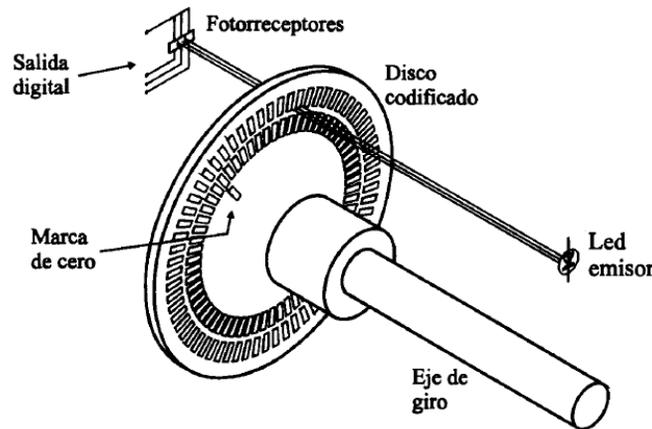


Figura 3.14 Partes de un encoder.

### 3.8.2 Control en modo Velocidad.

En este modo de control, se tiene en el controlador una serie de parámetros en los cuales podemos configurar varias velocidades y ya sea con algún tipo de controlador se manipulan de manera como se requiera, la dirección puede ser configurada ya sea por parámetros o con una señal de control esto depende de la marca y modelo utilizado. El torque se puede mantener constante o en algunos casos puede modificarse por parámetro o analógicamente, para mantener monitoreado la velocidad y la dirección del servomotor se utiliza un encoder como el mencionado anteriormente el cual mantiene informado al controlador de la velocidad y la dirección.

### 3.8.3 Control en modo Par.

El par del motor es configurado analógicamente de acuerdo a como se requiera, la velocidad es definida ya sea por señales de control o se puede mantener constante modificando algún parámetro del controlador.

### 3.8.4 Modo de control combinado.

Se puede realizar modos de control combinados, por ejemplo, posición / velocidad, velocidad / par y par / posición. Por lo tanto, es aplicable a una amplia gama de campos, no sólo un posicionamiento de precisión y control de velocidad de máquinas y herramientas industriales en general, sino también la línea de control.

En la figura 2.9 se muestra un controlador para servo, existen una gran variedad dependiendo de la necesidad en cada proceso.



Figura 3.15 Controlador para servomotores.

### 3.8.5 Servomotor.

Está conformado por un motor, una caja reductora y un circuito de control. Un servo normal o estándar tiene 3kg/cm de par, lo cual es bastante fuerte para su tamaño. También potencia proporcional para cargas mecánicas. Un servo, por consiguiente, tiene un consumo de energía reducido. La corriente que requiere depende del tamaño del servo. Normalmente el fabricante indica cual es la corriente que consume.

La corriente depende principalmente del par, y puede exceder un amperio si el servo está enclavado, pero no es muy alto si el servo está libre moviéndose todo el tiempo. En la figura 2.10 se muestra las partes principales de un servomotor.

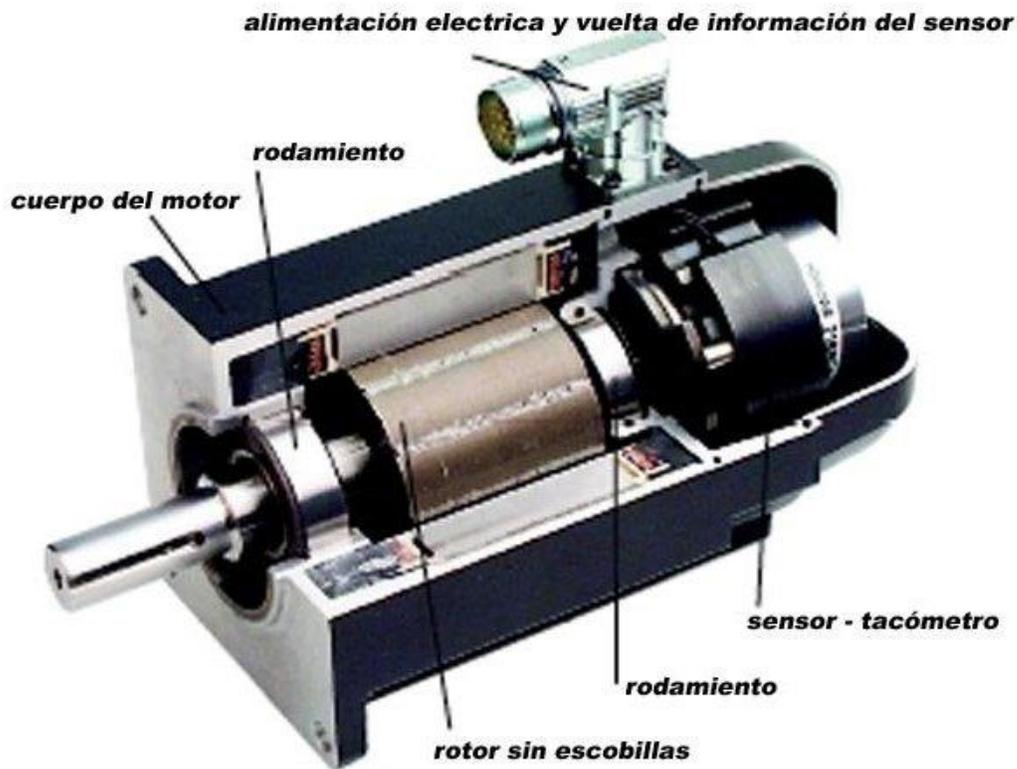


Figura 3.16 Partes generales de un servomotor.

### 3.9 SERVO AMPLIFICADOR MR-J3-T.

El MR-J3-T tiene incluido el puerto para comunicarlo por medio de CC-Link servo puede y así tener el monitoreo y mandar las señales a través de este protocolo. Pueden ser conectados hasta 42 amplificadores que pueden ser controlados o monitoreados desde el controlador.

Para la configuración de la comunicación con el controlador se tienen que configurar los parámetros correspondientes para envío y recepción de datos, así a través de la programación del PLC se puede manejar en cualquiera de los modos de control ya mencionados del sistema servo. Una ventaja de tener CC-Link incluido es que no se tiene que anexar un modulo extra y podemos trabajar con una sencilla programación.

Todos los servomotores están equipados con un codificador de posición absoluta de serie. Un sistema de detección de posición absoluta puede ser configurado por la adición de un batería con el amplificador. Una vez que la posición inicial se ha establecido, aun cuando el equipo se apague la posición inicial no se pierde.

Se alimenta con un voltaje de 220 V.c.a, tanto en la parte de control y potencia, tiene una comunicación vía RS-422 y CC-LINK para control y USB para configuración. EN este servo amplificador se tiene un puerto de I/O en el cual se puede controlar y monitorear, para tener monitoreado al servomotor se cuenta con un puerto en el cual va conectado el encoder, pero si se desea mandar estos trenes de pulsos a un controlador en las I/O se tienen configuradas las fases del encoder para control y monitoreo.

En la figura 3.7 se muestra el servo amplificador, como se observa es compacto y puede ser colocado en un espacio reducido, cuenta con un panel de acceso rápido para configuración de parámetros y monitoreo de cualquier error.



Figura 3.17 Servo amplificador MR-J3-T.

Como se muestra en la figura anterior la instalación de este equipo es sencilla y los puertos de conexión son muy fáciles de identificar, en sistema servo se trabajara en control de modo posición ya que las bandas transportadoras van a tener una velocidad y un par constante y solo se necesita saber en donde se encuentra colocado el servomotor. Antes de poner a funcionar el equipo y para poder manipular el servo motor en este modo de control es importante la configuración del parámetro correspondiente en el servoamplificador, en el cual se elige el modo de control que se requiera.

El control de modo posición trabaja con 2 trenes de pulsos, uno para la velocidad y el otro para el sentido de giro, para poder obtener estos trenes de pulsos es necesario generarlos con un controlador externo, pero en este caso no será necesario conectarlo así ya será manipulado por la red CC-Link. La resolución del encoder del equipo es de 262144 pulsos/rev, el cual con ajuste de parámetros se puede configurar para aumentar o disminuir esta resolución.

El servomotor ocupara es un HF-SP, consume 0.85 Kw se alimenta de 220 V.c.a y tiene una velocidad máxima de 1000 rpm, en la parte posterior se encuentra el encoder y arriba la conexión que va hacia el amplificador. En la figura 3.8 se muestra el servomotor incluido.

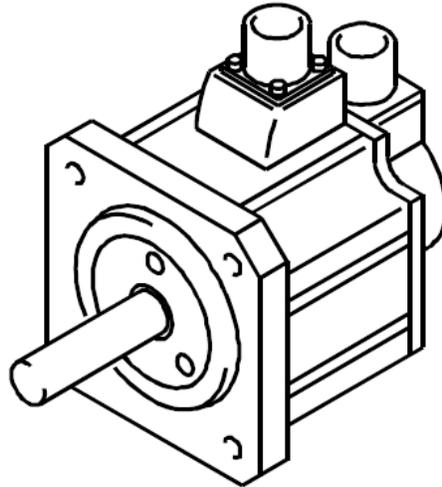


Figura 3.18 Servomotor HF-SP.

### 3.10 HMI.

Es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina. Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso. En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI bastantes más poderosos y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas. En la figura 2.16 se muestra un HMI actualmente utilizados en la industria.



Figura 3.19 HMI con monitoreo de proceso.

### 3.10.1 Tipos de HMI.

Descontando el método tradicional, podemos distinguir básicamente dos tipos de HMIs:

#### 3.10.1.1 Terminal de Operador

Consistente en un dispositivo, generalmente construido para ser instalado en ambientes agresivos como se muestra en la figura 2.17, donde pueden ser solamente de despliegues numéricos, o alfanuméricos o gráficos. Pueden ser además con pantalla sensible al tacto.



Figura 3.20 HMI en planta.

### 3.10.1.2 PC + Software.

Esto constituye otra alternativa basada en un PC en donde se carga un software apropiado para la aplicación como se muestra en la figura 2.18. Como PC se puede utilizar cualquiera según lo exija el proyecto, en donde existen los llamados Industriales (para ambientes agresivos).

Los de panel (Panel PC) que se instalan en gabinetes dando una apariencia de terminal de operador, y en general veremos muchas formas de hacer una PC, pasando por el tradicional PC de escritorio.



Figura 3.21 Software de monitoreo de proceso.

### 3.10.2 Software HMI.

Estos softwares permiten entre otras cosas las siguientes funciones: Interface gráfica de modo de poder ver el proceso e interactuar con la HMI , registro en tiempo real e histórico de datos, manejo de alarmas. Casi todos los proveedores incluyen las otras dos ya sea en el mismo paquete o bien como opcionales. También es normal que dispongan de muchas más herramientas.



Esta es una herramienta de diseño o desarrollo, la cual se usa para configurar la aplicación deseada. Por otro lado, este software puede comunicarse directamente con los dispositivos externos (proceso) o bien hacerlo a través de un software especializado en la comunicación, cual es la tendencia actual.

### **3.10.3 COMUNICACIÓN**

La comunicación con los dispositivos de las máquinas o proceso se realiza mediante comunicación de datos empleando las puertas disponibles para ello, tanto en los dispositivos como en la computadora.

Actualmente para la comunicación se usa un software denominado servidor de comunicaciones, el que se encarga de establecer el enlace entre los dispositivos y el software de aplicación (HMI u otros) los cuales son sus clientes.

La técnica estandarizada en estos momentos para esto se llama OPC, por lo que contamos entonces con Servidores y Clientes OPC, sin embargo aún quedan algunas instalaciones donde se usaba DDE para este propósito, como también muchos softwares de aplicación sólo son clientes DDE por lo que lo usual es que los servidores sean OPC y DDE.

### **3.11 HMI GOT 1000.**

El innovador sistema de informe de errores de la serie GOT1000 garantiza una rápida detección de errores, reduciendo así los tiempos de inactividad. Para fines de diagnóstico, las páginas de pantalla predefinidas ofrecen un acceso directo a las entradas, a las salidas y a los registros de datos del PLC.

Además de soportar ampliamente los PLC's, variadores de frecuencia y servoamplificadores de la misma marca, puede conectarse también a un número cada vez mayor de productos de automatización de otros fabricantes. Ello le permite al usuario realizar una solución de visualización para su aplicación que abarque varios sistemas. La carga del procesador de un PLC conectado u otros componentes de automatización puede reducirse programando scripts.

Estos scripts están especialmente diseñados para la serie GOT y el lenguaje de programación es muy similar al C. Por este motivo, los programadores pueden emplear sus editores habituales para ampliar la funcionalidad de las unidades de control de forma fácil y flexible.

Tiene una resolución de 1024x768 pixeles y un tamaño de 8" se comunica a través de RS232C, RS422, RS485 y USB y es compatible con CC-Link.

En la figura 3.9 se muestra la GOT 1000, es compacta y fácil de montar. Se alimenta con una voltaje de 24 V.c.d esto permite alimentarla directamente de la fuente del PLC.



Figura 3.22 HMI GOT 1000.

### 3.12 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN.

Un protocolo es un conjunto de reglas de comunicaciones entre dispositivos (computadoras, teléfonos, enrutadores, switches, etc.). Los protocolos gobiernan el formato, sincronización, secuencia y control de errores. Sin estas reglas, los dispositivos no podrían detectar la llegada de bits. Pero los protocolos van más allá que sólo una comunicación básica. Suponga que deseas enviar un archivo de una computadora a otra.



Desafortunadamente, quien podría detener a los otros usuarios que están usando la LAN durante el tiempo que toma enviar dicho archivo. Adicionalmente, si un error ocurre durante la transmisión, todo el archivo tendría que enviarse de nuevo. Para resolver estos problemas, el archivo es partido en piezas pequeñas llamados "paquetes" agrupados de cierta manera. Esto significa que cierta información debe ser agregada al paquete para decirle al receptor donde pertenece cada grupo en relación con los otros, pero éste es un asunto menor.

Para mejorar la confiabilidad de la información, información de sincronización y corrección deberá ser agregada al famoso paquete. A la información útil (es decir el mensaje), junto con la información adicional se le conoce como protocolo.

Debido a su complejidad, la comunicación entre dispositivos es separada en pasos. Cada paso tiene sus propias reglas de operación y, consecuentemente, su propio protocolo. Esos pasos deben de ejecutarse en un cierto orden, de arriba hacia abajo en la transmisión y de abajo hacia arriba en la recepción. Debido al arreglo jerárquico de los protocolos, el término "pila de protocolos" es comúnmente usado para describir esos pasos. Una pila de protocolos, por lo tanto, es un conjunto de reglas de comunicación, y cada paso en la secuencias tiene su propio subconjunto de reglas.

Es software que reside en la memoria de una computadora o en la memoria de un dispositivo de transmisión, como una tarjeta de red. Cuando los datos están listos para transmitirse, este software es ejecutado. EL software prepara los datos para la transmisión y configura la transmisión en movimiento. En la parte receptora, el software toma los datos y los prepara para la computadora, desechando toda la información agregada, y tomando sólo la información útil.

Existen muchos protocolos, y con frecuencia esto nos confunde más. Una red tipo Novell se comunica a través de sus propias reglas (su propio protocolo llamado IPX/SPX), Microsoft lo hace a su manera (NetBEUI), DEC también lo hace a su manera (DECnet), así como IBM (NetBIOS) y así cada sistema de cómputo tiene sus propios protocolos y sus propias reglas para comunicarse.



Debido a que el transmisor y el receptor tienen que "hablar" el mismo protocolo, estos cuatro sistemas no pueden hablarse ni entenderse uno al otro.

### **3.12.1 Protocolo Profibus.**

La arquitectura del PROFIBUS se divide en tres tipos principales:

#### **3.12.1.1 Protocolo Profibus DP.**

Esta es la solución de alta velocidad del PROFIBUS. Su desarrollo fue perfeccionado principalmente para comunicación entre los sistemas de automatización y los equipos descentralizados. Es aplicable en los sistemas de control, donde se destaca el acceso a los dispositivos distribuidos de I/O. Es utilizado en sustitución a los sistemas convencionales 4 a 20 mA, HART o en transmisiones de 23 Volts, en medio físico RS-485 o fibra óptica. Requiere menos de 2 ms para transmitir 1 kbyte de entrada y salida y es muy usado en controles con tiempo crítico.

#### **3.12.1.2 Profibus FMS.**

El Profibus-FMS brinda al usuario amplia selección de funciones cuando comparado con otras variedades. Es la solución estándar de comunicación universal usada para solucionar tareas complejas de comunicación entre DCS's.

Esa variedad soporta la comunicación entre sistemas de automatización, además del cambio de datos entre equipos inteligentes, y es usada, en general, a nivel de control. Debido a su función primaria establecer la comunicación maestro-a-maestro (peer-to-peer) viene siendo reemplazada por aplicaciones en Ethernet.

#### **3.12.1.3 Profibus PA.**

El Profibus-PA es la solución que satisface las exigencias de la automatización de procesos, donde hay la conexión de sistemas de automatización y los sistemas de control de proceso con equipos de campo, tal como: transmisores de presión, temperatura, convertidores, posicionadores, etc.

Permite medición y control a través de línea de dos hilos simples. También permite accionar los equipos de campo en zonas con seguridad intrínseca. Permite aún el mantenimiento y la conexión/desconexión de equipos mismo durante la operación, sin afectar otras estaciones en zonas de potencial explosivo.

La conexión de los transmisores, convertidores y posicionadores de red se hace con un acoplador DP/PA. El par torcido de hilos es utilizado en la impulsión y la comunicación de datos de todos los equipos, resultando en la instalación más fácil y en el bajo costo de hardware, menos tiempo de iniciación, mantenimiento libre de problema, bajo costo de software de ingeniería y alta confianza en la operación.

Todas las variedades del Profibus se basan en el modelo de comunicación de redes OSI. Debido a las exigencias del campo, sólo los niveles 1 y 2, además del nivel 7 del FMS, son instalados, por razones de eficiencia. En la figura 2.19 se muestra la estructura de cómo funciona el protocolo Profibus.

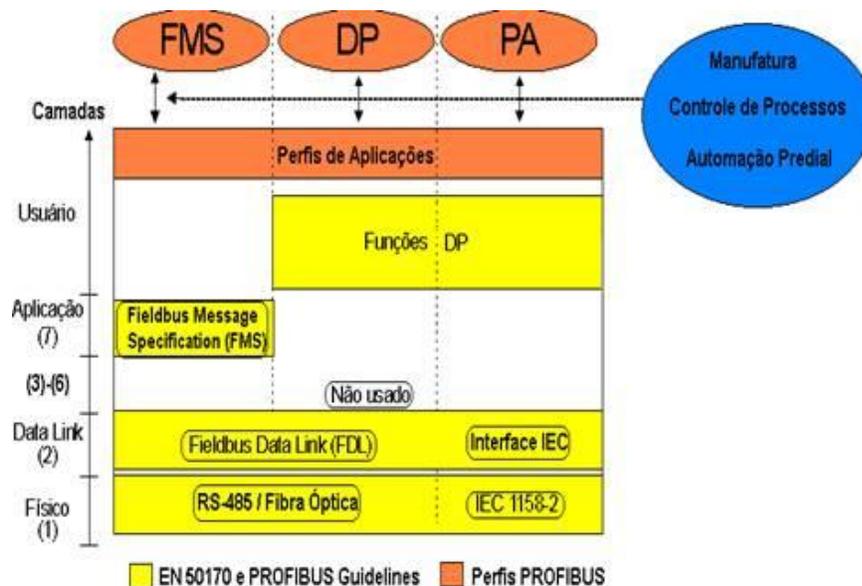


Figura 3.23 Estructura de profibus.

Las tres variedades de los niveles inferiores son muy parecidas, siendo la gran diferencia la interfaz de los programas de aplicación.



El nivel 1 define el medio físico. El nivel 2 (nivel de transporte de datos) define el protocolo de acceso al barramiento. El nivel 7 (nivel de aplicación) define las funciones de aplicación.

La arquitectura garantiza la transmisión de datos rápida y eficaz. Las aplicaciones disponibles del usuario, además del comportamiento de los varios tipos de dispositivos Profibus DP están especificados en la interfaz del usuario. El Profibus FMS tiene los niveles 1, 2 y 7 definidos, siendo el nivel de aplicación compuesto por mensajes FMS y de la camada inferior. El FMS define un gran número de servicios potentes de comunicación entre maestros y entre maestros y esclavos. El LLI define la representación de servicios del FMS en el protocolo de transmisión del nivel 2.

### 3.12.2 Protocolo DEVICENET

DeviceNet utiliza una topología de red tipo tronco/derivación que permite que tanto la fijación de señal cuanto de alimentación estén presentes en el mismo cable.

Esta alimentación, pródida por una fuente conectada directamente en la red, suple los transceivers CAN de los nudos, y tiene las siguientes características:

- 24Vdc
- Salida DC aislada de la entrada AC;
- Capacidad de corriente compatible con los equipamientos instalados.

El tamaño total de la red varía de acuerdo con la tasa de transmisión utilizada, conforme mostrado en la tabla 2.1.

Tabla 3.1 Tamaño de la red por tasa de transmisión.

Taja de transmisión	Tamaño de la red	Derivación	
		Máximo	Total
125kbps	500m	6m	156m
250kbps	250m		78m
500kbps	100m		39m

La camada de enlace de datos del DeviceNet es definida por la especificación del CAN, el cual define dos estados posibles; dominante (nivel lógico 0) y recesivo (nivel lógico 1). Un nudo puede llevar a la red al estado dominante se transmitir alguna información.

Así, el barramiento solamente estará en estado recesivo. CAN utiliza el CSMA/NBA para acceder el medio físico. Esto significa que un nudo, antes de transmitir, debe verificar se el barramiento está libre. Cuando se cumple, entonces él puede iniciar la transmisión de su telegrama.

Cuando no cumple, debe aguardar. Si más de un nudo accede a la red simultáneamente, un mecanismo basado en prioridad de mensaje entrará en acción para decidir cuál de ellos tendrá prioridad sobre el otro. Este mecanismo es no destructivo, o sea, el mensaje es preservado mismo que ocurra colisión entre dos o más telegramas.

CAN define cuatro tipos de telegramas (data, remote, overload, error). De estos, DeviceNet utiliza apenas el frame de datos (data frame) y el frame de errores (error frame).

Los datos son intercambiados utilizándose el frame de datos. La estructura de este frame es mostrada en la figura 2.20.

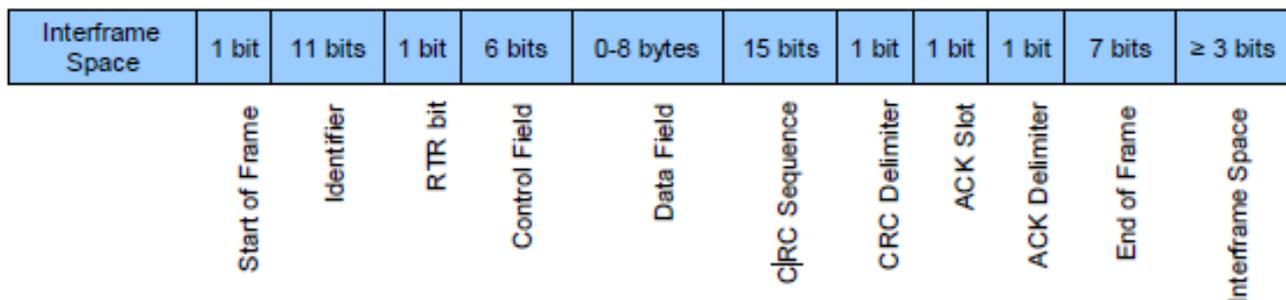


Figura 3.24 Estructura de frame.



### 3.12.3 Protocolo ETHERNET/IP.

La arquitectura Ethernet puede definirse como una red de conmutación de paquetes de acceso múltiple (medio compartido) y difusión amplia ("Broadcast"), que utiliza un medio pasivo y sin ningún control central.

Proporciona detección de errores, pero no corrección. El acceso al medio (de transmisión) está gobernado desde las propias estaciones mediante un esquema de arbitraje estadístico.

Los paquetes de datos transmitidos alcanzan a todas las estaciones (difusión amplia), siendo cada estación responsable de reconocer la dirección contenida en cada paquete y aceptar los que sean dirigidos a ella.

Ethernet realiza varias funciones que incluyen empaquetado y desempaquetado de los datagramas; manejo del enlace; codificación y decodificación de datos, y acceso al canal. El manejador del enlace es responsable de vigilar el mecanismo de colisiones, escuchando hasta que el medio de transmisión está libre antes de iniciar una transmisión (solo un usuario utiliza la transmisión cada vez -Banda base-). El manejo de colisiones se realiza deteniendo la transmisión y esperando un cierto tiempo antes de intentarla de nuevo.

Existe un mecanismo por el que se envían paquetes a intervalos no estándar, lo que evita que otras estaciones puedan comunicar. Es lo que se denomina captura del canal.

El formato de los paquetes PDU's, un diagrama Ethernet incluye: Un preámbulo; campos de dirección de origen y de destino; tipo de campo; campo de datos, y chequeo de integridad FCS.

El preámbulo es una serie de 8 octetos que preceden al datagrama en la capa física. Tiene por finalidad permitir que las estaciones receptoras sincronicen sus relojes con el mensaje entrante a fin de que puedan leerlo sin errores.

El último de estos bytes se denomina delimitador de comienzo de marco SFD.



Las direcciones de destino y origen son direcciones físicas en el sentido de que se refieren a dispositivos físicos (adaptadores de red) conocidos generalmente como NIC. Estas direcciones se refieren al NIC que recibirá el datagrama (a quién va dirigido) y al NIC remitente ("Source address"). La dirección de destino es conocida también como dirección del recipiente ("Recipient address"). Cada NIC tiene un número de identificación (dirección) de 6 bytes que es único en el mundo y no se repite (algo así como la huella dactilar de una persona); el denominado MAC. Esta dirección está contenida en el hardware de la tarjeta o adaptador de red y no puede/debe ser alterado.

Los 6 bytes de los campos de dirección suelen indicarse en formato hexadecimal; algo parecido a: 00-10-A4-01-FF-F1. El tipo de código es un número de 16 bits que se utiliza para identificar el tipo de protocolo de alto nivel que está siendo utilizado en la red Ethernet. Señala por tanto el tipo de dato que está siendo transportado en el campo de datos del paquete.

El campo de datos del datagrama puede variar entre un mínimo de 46 y un máximo de 1500 bytes, así que la longitud máxima de un paquete Ethernet es de 1518 bytes, y 64 la mínima.

El campo de chequeo de integridad FCS es un valor de 32 bits (4 octetos) que contiene un "checksum" del marco. El remitente realiza un control CRC de los datos e incluye este valor en este campo. El receptor realiza a su vez el mismo cálculo con los datos recibidos y los compara con el valor del campo FCS del datagrama recibido. Si existe discordancia se solicita el reenvío del paquete erróneo.

### **3.12.3.1 Mecanismo de colisiones.**

El protocolo CSMA/CD utilizado en Ethernet. Se basa en que cuando un equipo DTE conectado a una LAN desea transmitir, se mantiene a la escucha hasta que ningún equipo está transmitiendo; una vez que la red está en silencio, el equipo envía el primer paquete de información.



A partir de este momento entra en juego la parte CD, que se encarga de verificar que los paquetes han llegado a su destino sin colisionar con los que pudieran haber sido enviados por otras estaciones por error. En caso de colisión, los DTEs la detectan y suspenden la transmisión; cada DTE espera un cierto lapso, pseudo aleatorio, antes de reiniciar la transmisión. Cada segmento de una red Ethernet (entre dos router, bridges o switches) constituye lo que se denomina dominio de tiempo de colisiones o dominio de colisiones Ethernet.

Cada bit permanece en el dominio un tiempo máximo ("Slot time") de  $25.6 \mu\text{s}$  (algo más de 25 millonésimas de segundo), lo que significa que en este tiempo debe haber llegado al final del segmento.

Si en este tiempo la señal no ha salido del segmento, puede ocurrir que una segunda estación en la parte del segmento aún no alcanzado por la señal, pueda comenzar a transmitir, puesto que su detección de portadora indica que la línea está libre, dado que la primera señal aún no ha alcanzado a la segunda estación. En este caso ocurre un acceso múltiple MA y la colisión de ambos datagramas es inevitable.

Los síntomas de una colisión dependen del medio de transmisión utilizado. En el caso de cable coaxial, la señal del cable, que normalmente está constituida por ceros y unos nítidos, contiene estados intermedios. La interferencia produce en algunos puntos un debilitamiento de la señal, cuya amplitud se cancela, mientras que en otros se produce un reforzamiento, duplicándose su amplitud al doble del máximo permitido; esta condición de sobretensión es detectada por los nodos.

En cambio, cuando se utiliza cable de par trenzado, el síntoma es que existe señal en el par TX mientras que simultáneamente se recibe también señal por el par RX.

#### **3.12.4 Protocolo CC-Link.**

CC-Link utiliza un puerto RS-485 compatible con la interfaz de operación en una configuración de red que cuenta con hasta 64 estaciones de esclavos. Además de



un tipo de bus T-rama y las transmisiones de tipo estrella están disponibles en este protocolo.

Ofrece compatibilidad entre los productos de proveedores múltiples marcas, proporciona un "perfil memoria asignada" que define los datos para cada tipo de producto dependiendo la marca. Esta definición incluye la señal de control y diseño de datos (direccionamiento). Proveedores múltiples pueden desarrollar CC-Link compatibles para que coincida con este "perfil". Los usuarios son capaces de cambiar fácilmente de la marca del producto a otro sin necesidad de cambiar las conexiones o los programas de control

La longitud máxima total del cable es de 100 metros cuando la velocidad es de 10 Mbps. Esta longitud puede ampliarse a 1,2 km cuando la velocidad de la red es de 156 Kbps. El uso de repetidores por cable y los repetidores ópticos permite distancias aún mayores para ser cubiertos. Soporta aplicaciones a gran escala y reduce el trabajo necesario para el cableado y la instalación del dispositivo.

### **3.12 MODULO DE COMUNICACIÓN FX2N-16CCLM**

Todos los elementos que usaremos se comunicaran a través de una red CC-LINK propia de la marca Mitsubishi, es un modulo modelo FX2N-16CCLM que va conectado al PLC y que hará posible el envío y la recepción de datos entre todos los elementos, así como monitoreo del proceso en la pantalla, este es un modulo máster alimentado a 24 V.C.D, y con opción a manipular 16 módulos esclavos.

El protocolo CC Link, es una red que tiene rápido intercambio de datos, tiene un ancho de banda de 10 Mbps, evita instalación de cable y dispone de una utilización fácil. El robot utilizado es Marca Mitsubishi modelo MELFA RH-6SH, este con una capacidad de 6kg, con 4 ejes de movimiento. Se muestra en la figura 3.5 el modulo máster de comunicación CC-LINK utilizado en este equipo.



Figura 3.25 Modulo máster para comunicación CC-LINK.

El software de cada elemento programable y cables han sido elegidos en base a manuales y catálogos, así como el robot y el sistema servo, es importante mencionar que en el presente trabajo no se ha diseñado ningún elemento para la realización del mismo, solo se ha hecho el trabajo de implementar nuevos equipos ya existentes en el mercado, se ha investigado sobre su funcionamiento, programación, de igual manera se ha experimentado prácticamente con todos estos equipos para analizar su funcionamiento real y sus propiedades para hacer que operen de manera adecuada y obtener el mayor rendimiento posible de cada elemento. El software utilizado para la programación del PLC es el GX developer, el robot se programara con el software RT toolbox. Para la pantalla de monitoreo se ocupara el software GT Works 3. Hemos realizado la labor de investigar sobre precios de equipos con las mismas características de los que se ocuparan en este trabajo para ofrecer a la empresa un menor costo, debido a que la empresa nos exige trabajemos con la marca Mitsubishi descartamos otras marcas.

### 3.14 DIAGRAMA DE CONEXIONES.

En la figura 3.10 se muestra de cómo tiene que ir conectado todo el sistema de control.

Robot RH-6SH.

Cámara CRn-500.

Servo amplificadores MR-J3T y servo motores HF-SP.

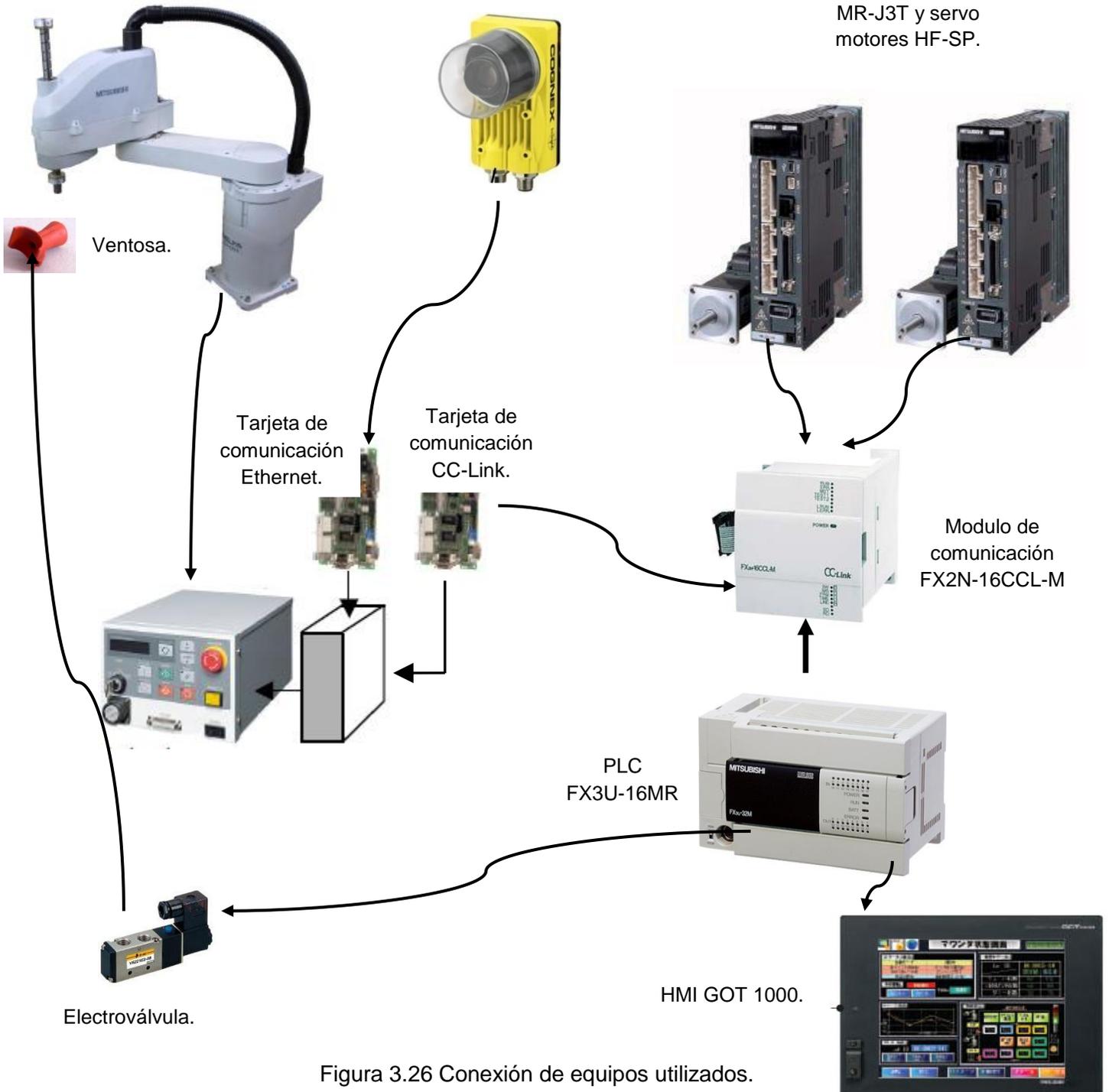


Figura 3.26 Conexión de equipos utilizados.



# CAPITULO 4

## PROGRAMACION Y USO DE SOFTWARE



#### 4.1 SOFTWARE GX DEVELOPER.

Este software será el indicado para la programación de nuestro PLC, la interfaz de comunicación se realiza por protocolo de comunicación RS 232. Dentro de este software nosotros podremos programar en forma de diagrama de escalera o programación estructurada, según el tipo de programación del que se tenga conocimiento.

Este software nos ofrece las siguientes ventajas:

- Poderoso entorno de desarrollo de programación.
- Vista general del proyecto PLC y los recursos.
- Apropiado para proyectos grandes y complejos.
- Un sólo software de programación para los controles modulares y compactos (serie Q/A y FX).
- Desarrollo flexible de programas.
- Bien comprensible gracias a la excelente documentación del programa.
- Lenguajes de programación en escalera y estructurado.
- Poderosa simulación offline.
- Modificaciones de programa online.
- Bibliotecas.
- Reducidos tiempos de inactividad.
- Compatibilidad con Windows XP, VISTA, 7.

En la figura 4.1 se muestra un panorama general del GX-developer, es sencillo de utilizar y cuenta con un simulador para ver los errores del programa.

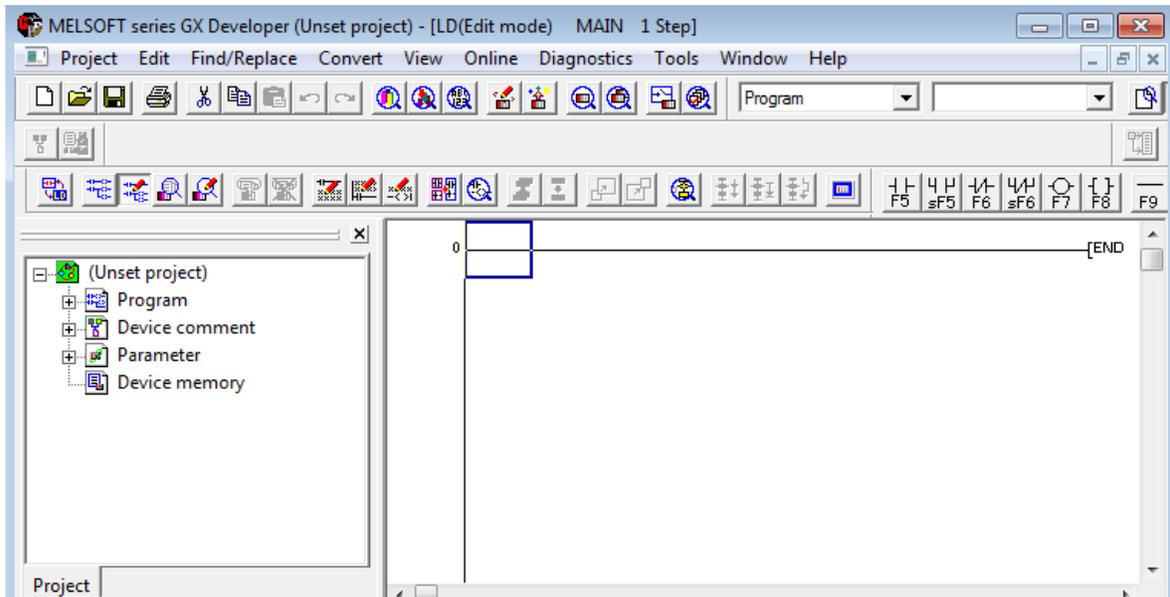


Figura 4.1 Panorama general de GX-Developer.

## 4.2 Software RT TOOLBOX.

Este software es esencial y básico para la configuración del robot que se utilizara en este trabajo, debido a que dentro de este se configuran los orígenes y los movimientos que deberá realizar, así mismo la programación y la simulación se realizaran en este software para poder realizar pruebas antes de iniciar un trabajo real con movimientos del robot. En la figura 4.2 se muestra la pantalla principal del software y la pantalla de simulación en línea.

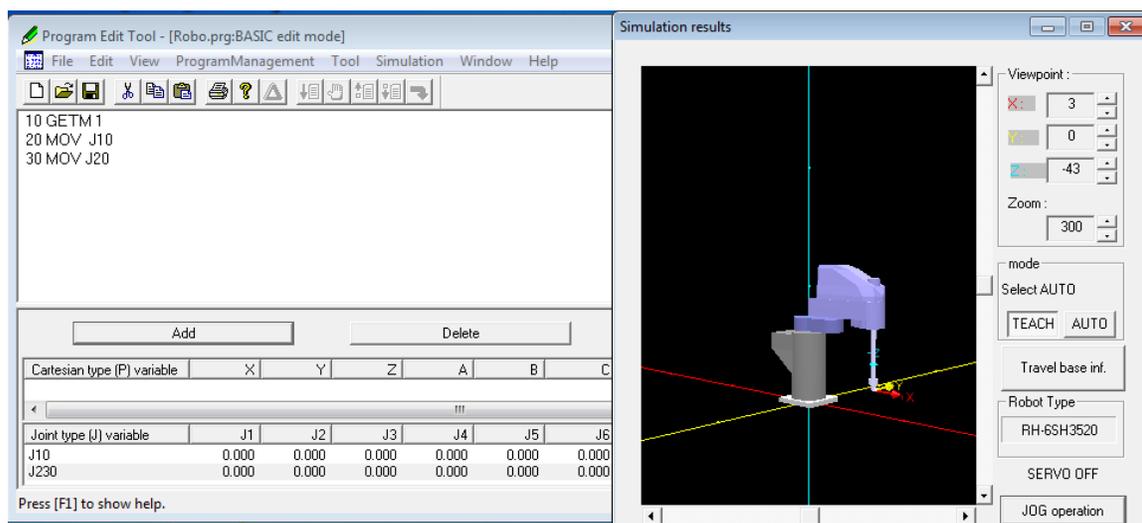


Figura 4.2 Panorama general de RT TOOLBOX.

Con esta herramienta podremos realizar el trabajo y los movimientos necesarios para obtener un máximo desempeño de nuestro robot.

### 4.3 GT WORKS.

GT Works, incluye una amplia gama de herramientas de visualización, programación y control a la medida exacta de GOT.

El componente principal es el GT Designer, un programa para unidad de control intuitivo y sencillo de manejar. Una amplia biblioteca con objetos gráficos pregrabados y numerosas fuentes ayudan al usuario a crear páginas bien estructuradas y, junto con el simulador integrado, le permiten poner en servicio con rapidez y facilidad las unidades de control GOT. En la figura 4.3 se muestra como GT Works tiene un ambiente grafico y sencillo.



Figura 4.3 GT Works.

#### 4.4 CONFIGURACION DEL SISTEMA DE VISION Y ROBOT

La función principal de la cámara es verificar los pines que estén doblados, va conectada directamente al controlador del robot por medio de una tarjeta Ethernet, para que el controlador del robots reconozca la cámara necesita configuración desde el control manual del robot. En la figura 4.4 se observa cómo se habilita la dirección IP de la cámara.

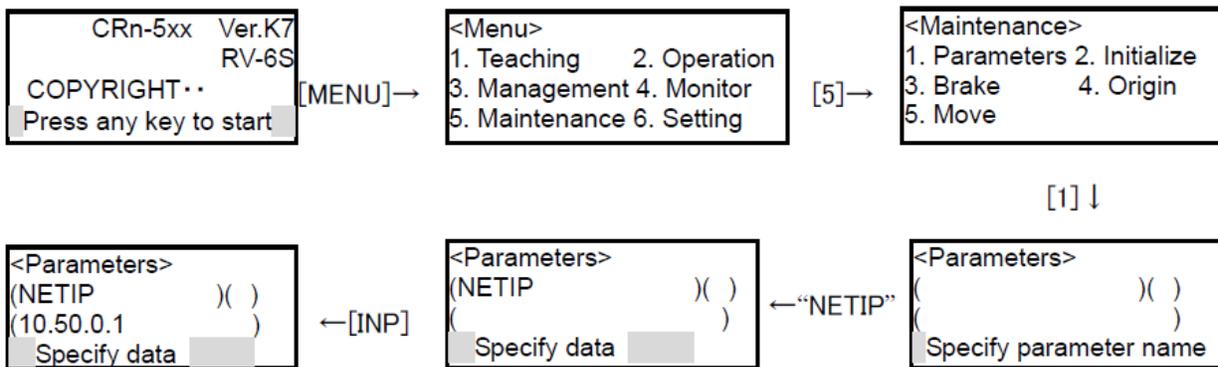


Figura 4.4 Configuración IP.

Una vez que ya este dada de alta la IP se tiene que reiniciar el controlador y corroborar mediante el software de la cámara que se ha dado de alta. Se tiene que ir a las opciones de comunicación y si la ventana es del color que se muestra en la figura 4.5 entonces se tiene lista la cámara.

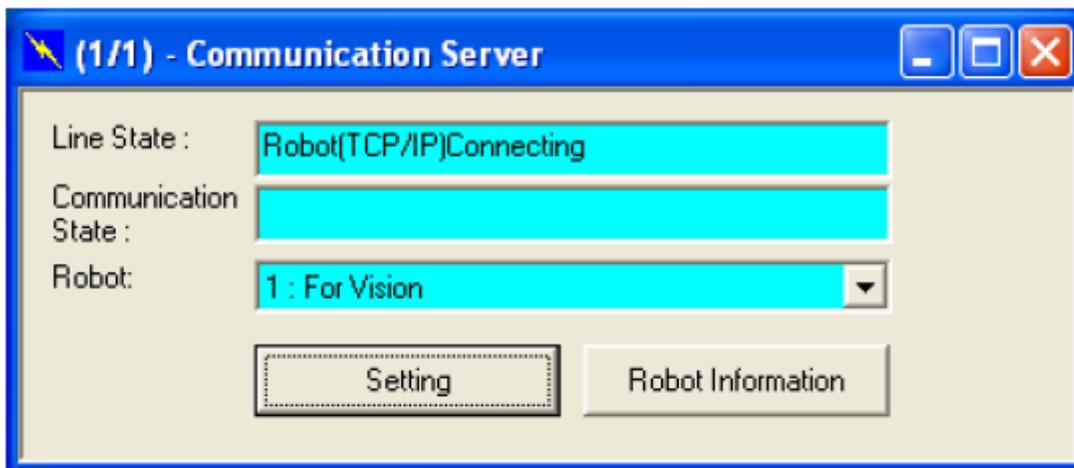


Figura 4.5 Ventana de comunicación.

Para la calibración se realiza desde el software del sistema de visión, desde ahí se le puede indicar al robot en qué punto se quiere que se ubique como se muestra en la figura 4.6.

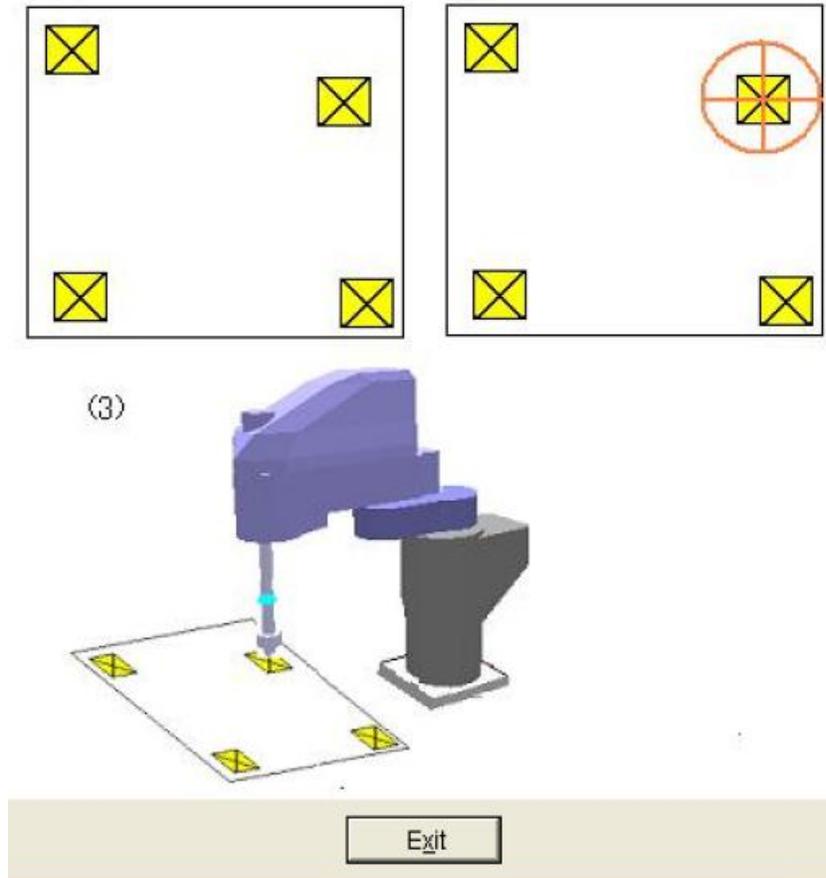


Figura 4.6 Calibración del sistema de visión.

Una vez ya configurado el sistema de visión ahora se tiene que seleccionar que número de estación va a ser el robot ya que en el PLC se tiene que identificar cada dispositivo conectado, para esto en la tarjeta CC-Link instalada se tiene una serie de switch como se muestra en la figura 4.7 en los cuales se decide el número de estación, se elige en sistema hexadecimal.



Figura 4.7 Switch de número de estación.

## 4.5 CONFIGURACION DE LOS SERVOS

Los 2 sistemas servos ocupados se tienen que configurar los parámetros para que envíen y reciban datos mediante CC-Link. Primero se tiene que configurar que número de estación va a ser cada uno, esto se configura en el panel principal del servoamplificador como se muestra en la figura 4.8. El número se asigna en sistema hexadecimal y de fábrica viene como 1.

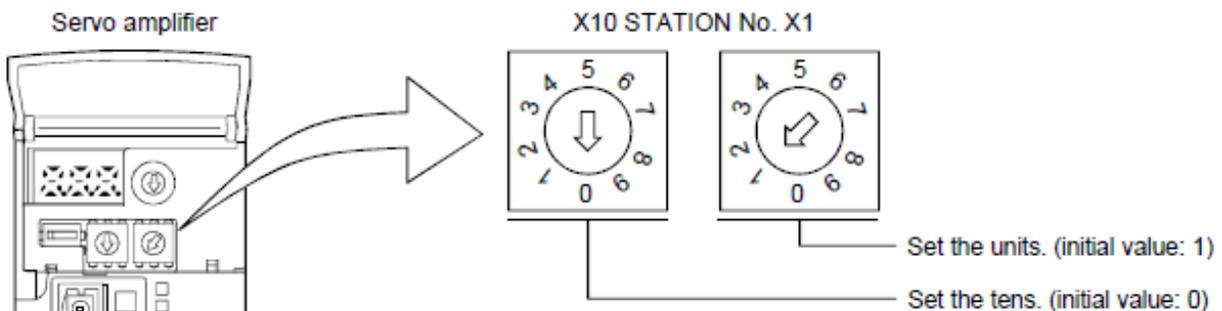


Figura 4.8 Asignación de número de estación.

Una vez ya configurado el número de estación ahora se conecta con el módulo CC-Link del PLC. Cuando se termina la configuración de la cámara se encuentra lista para su uso. El controlador del robot ahora tiene que conectarse con el PLC, ya que la comunicación CC-Link no tiene que configurarse se programa directamente en el PLC. La comunicación

#### 4.6 PROGRAMACION.

En la figura 4.9 se muestra un diagrama de bloques de cómo funciona el programa.

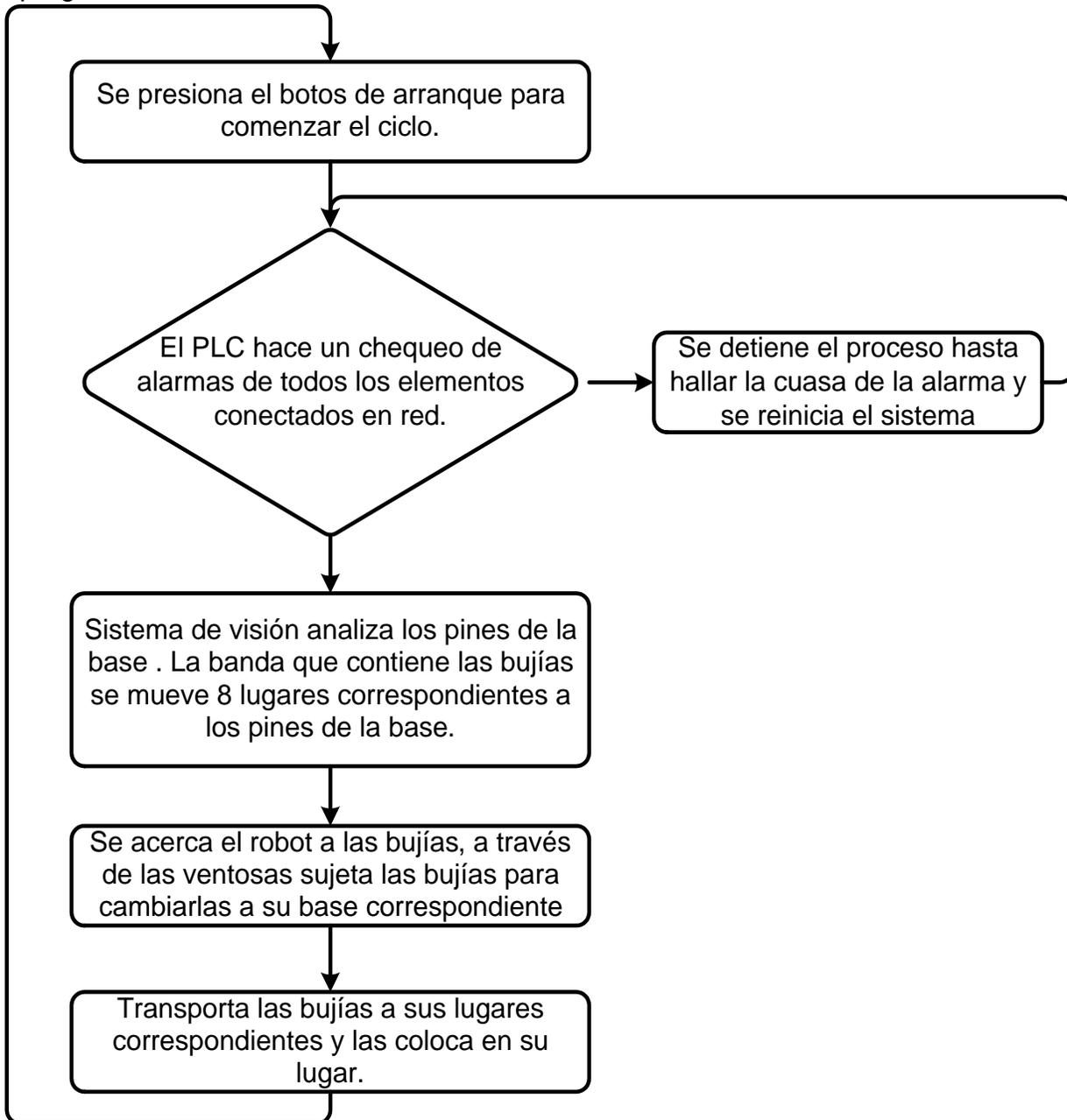


Figura 4.9 Diagrama de bloques del programa.

En la figura 4.10 se muestra la línea de programación con la cual se arrancara el sistema, físicamente es un botón pulsador el cual está conectado a la entrada número 0 del PLC la cual activa una bobina que inicia la secuencia del programa.



Figura 4.10 Línea de programa de arranque.

Una vez ya arrancado el sistema empiezan a avanzar las 2 bandas transportadoras cumpliendo claro con las condiciones iniciales, en la figuras 4.11 se muestra el programa utilizado para arrancar las 2 bandas, las condiciones iniciales que el robot no tenga alguna alarma encendida y que el chequeo de las bandas transportadoras este bien.

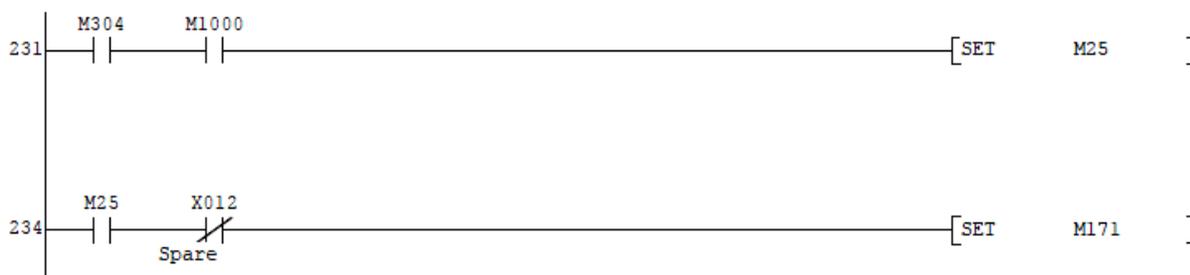


Figura 4.11 Activación de las bandas transportadoras.

Mientras las bandas transportadoras avanzan el sistema de visión está listo para analizar la base para esto cuando la banda transportadora avanza 1" cada 5 segundos esto debido que el robot realiza su rutina en ese tiempo, el sistema de visión es activado cuando la banda que contienen las bases esta a una distancia suficiente para tomar la imagen en la figura 4.12 se muestra el programa utilizado para el sistema de visión, el cual toma 2 fotos para asegurar la condición de cada uno de los pines.

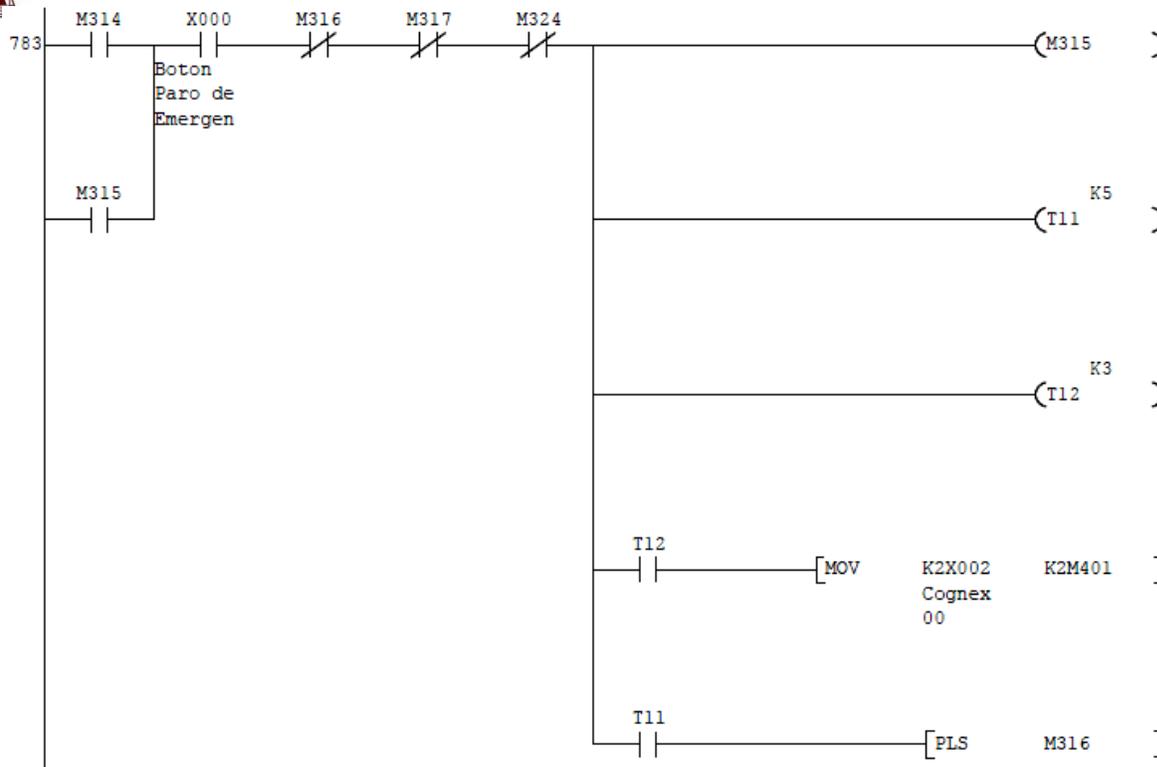


Figura 4.12 Programa de sistema de visión.

El brazo empieza a moverse hacia la banda transportadora que contiene los cuerpos de bujía, este movimiento es hacia la derecha, los datos de posición del robot son movidos a un registro el cual indica en la HMI la posición en tiempo real del mismo, y también para que saber el momento preciso en el cual debe detenerse para tomar los cuerpos cerámicos. En la figura 4.13 se muestra como está configurado el programa para activar la rutina del robot.

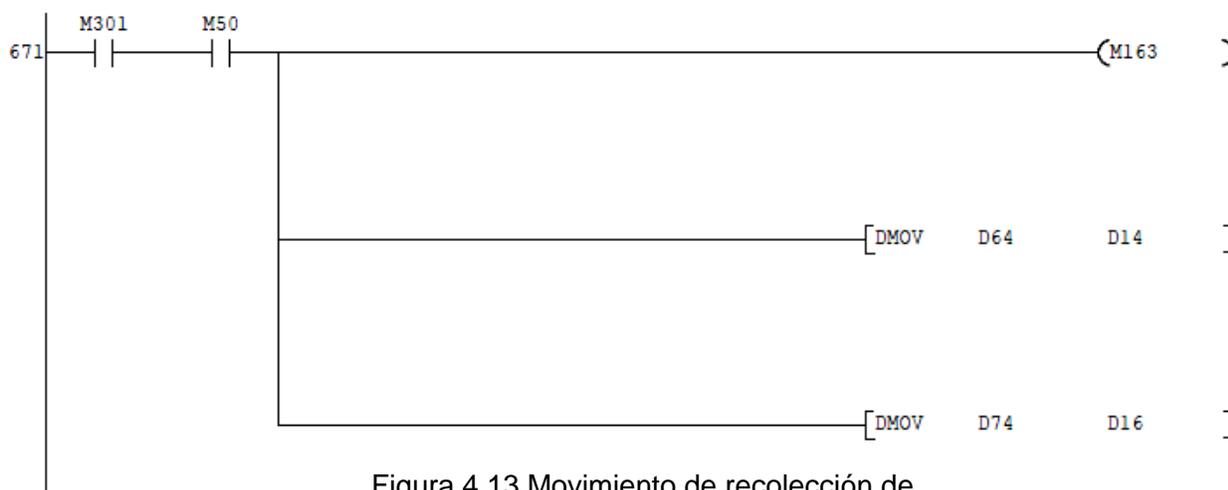


Figura 4.13 Movimiento de recolección de cuerpos cerámicos.

Una vez ya en la posición correcta el brazo, se activan las salidas del PLC las cuales son las que activan el sistema neumático que solo recogerán los cuerpos cerámicos que se van a transportar hacia el horno. Una vez ya activadas estas salidas se genera un vacío en las ventosas para que tomen los cuerpos cerámicos y sean transportados a la base ya mencionada.

En la figura 4.14 esta mostrado el diagrama de escalera para activar las ventosas, cabe mencionar que para todas las ventosas es el mismo tipo de programa. La razón de que tiene 2 contactos es que uno es el del modo automático y el otro del modo manual. En la figura 4.15 se muestra la programación para generar el vacío de la ventosa, prácticamente es lo mismo.



Figura 4.14 Activación de las ventosas.

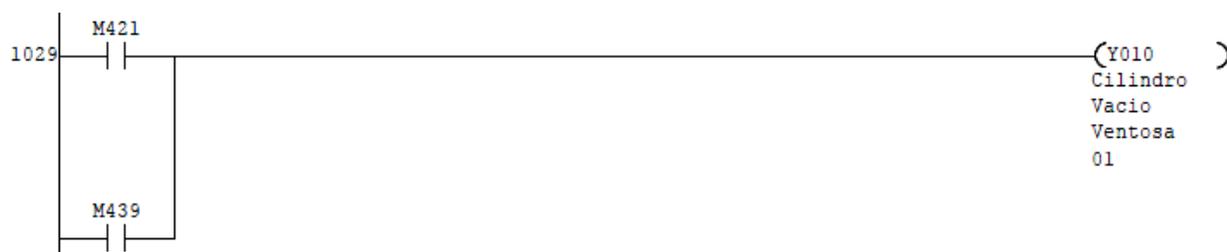


Figura 4.15 Acción de vacío en ventosa.

Una y tomados los cuerpos de bujía ahora el brazo tiene que dejarlas en las bases para su respectivo horneado, en la figura 4.16 se muestra la rutina a seguir del mismo. Una vez terminada la rutina el brazo regresa a su posición inicial y se repite la rutina.

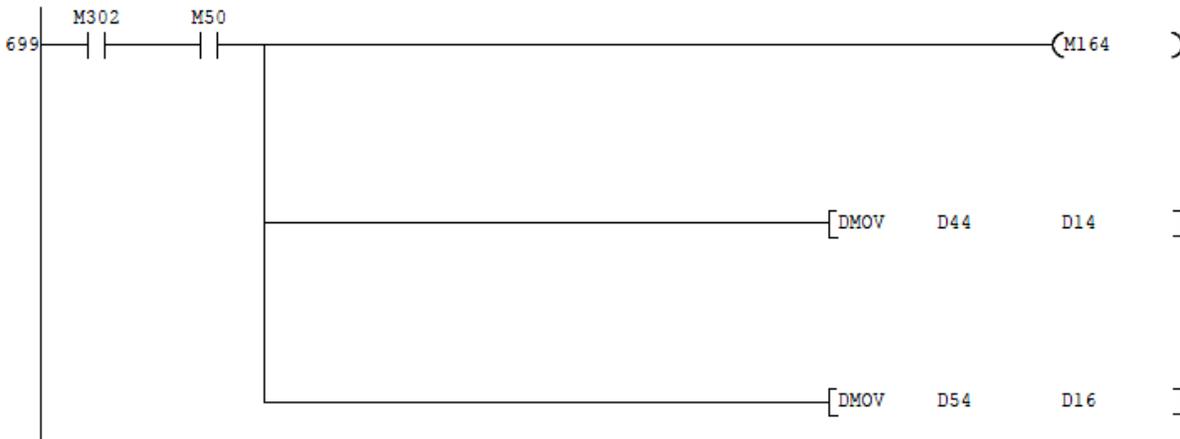


Figura 4.16 Rutina de colocado de bujías.



# CAPITULO 5

## COSTOS



## 5.1 COSTOS.

En economía el coste o costo es el valor monetario de los consumos de factores que supone el ejercicio de una actividad económica destinada a la producción de un bien o servicio. Todo proceso de producción de un bien supone el consumo o desgaste de una serie de factores productivos, el concepto de costo está íntimamente ligado al sacrificio incurrido para producir ese bien. Todo costo conlleva un componente de subjetividad que toda valoración supone.

Desde un punto de vista más amplio, en la economía del sector público, se habla de costos sociales para recoger aquellos consumos de factores (por ejemplo naturales o ambientales), que no son sufragados por los fabricantes de un bien y por tanto excluidos del cálculo de sus costos económicos, sino que por el contrario son pagados por toda una comunidad o por la sociedad en su conjunto. Un caso típico de costo social es el del deterioro de las aguas de un río derivado de la instalación de una fábrica de un determinado bien. Si no existe una legislación medioambiental que lo recoja, la empresa fabricante no tendrá en cuenta entre sus costos los daños ambientales provocados por el desarrollo de su actividad y los perjuicios derivados de la disminución de la calidad del agua sería soportado por todos los habitantes de la zona, se habla en estos casos de externalidades negativas a la producción.

## 5.2 SISTEMA DE COSTOS ESTIMADO.

Los costos estimados se obtienen antes de iniciar el trabajo y durante su instalación. Se basan en criterios predeterminados sobre estadísticas anteriores y en un conocimiento amplio de los equipos en cuestión. Para su obtención es fundamental considerar cierto volumen de producción y determinar el costo unitario de cada equipo.

Al hacer la comparación de los reales con los estimados siempre deberán ajustarse a lo real, ajustándose en este momento a las variaciones. El costo estimado indica lo que “puede” costar un artículo.



Los costos estimados tienen como objetivo:

- Contribuir a fijar precios de venta con anticipación.
- Servir de instrumento de control preventivo e interno.
- Ayuda a la toma de decisiones gerenciales.
- Determinar cotizaciones.
- Evaluar la costeabilidad de producir un artículo.

### **5.3 VENTAJAS DEL SISTEMA DE COSTOS ESTIMADOS.**

Se conocen separadamente los costos de los materiales y de las operaciones, conociéndose así las alteraciones que ocurran.

Facilita contar con estimaciones seguras cuando se cambia el diseño de un producto o el método de fabricación.

Su estudio conduce a los costos eficientes.

Su obtención con anterioridad a la producción conduce a la adopción de normas correctas en las funciones de compra, producción y distribución.

Se utilizan como escalón transitorio para llegar al desarrollo de un sistema más completo de costos. Es decir, para llegar así a la elaboración de una hoja de costos estimados.

### **5.4 HOJAS DE COSTOS ESTIMADOS.**

Para la implantación de un sistema de costos estimados deberán seguirse las etapas siguientes:



- Obtención de la hoja de costos estimados unitaria.
- La valuación de la producción terminada a costo estimado.
- La valuación de la producción vendida a costo estimado.
- La valuación del inventario final de producción en proceso a costo estimado.
- La determinación de las variaciones existentes, su estudio y su eliminación.
- La corrección a la hoja de costos estimados unitaria.

En la hoja de costos estimados según las experiencias pasadas se deberá calcular:

- La cantidad y el valor de los materiales necesarios para el volumen de producción.
- El tiempo fijado para el volumen de producción.
- En relación al volumen de producción y al tiempo fijado se predetermina el importe de los sueldos y salarios fabriles.
- En relación de los puntos anteriores se calculan los cargos indirectos de producción.

Para la elaboración de la hoja de los costos estimados hay que considerar una serie de aspectos:

- Estudios previos y análisis del proyecto del artículo.
- Tiempo para desarrollarlo.



- Datos para realizarlo tales como:
- Separación de operaciones.
- Separación de elementos del costo.
- Separación de partes.
- Costos por clase, tamaño, peso, etc.
- Especificaciones completas del artículo, planos, dibujos, etc.

#### **Factores en la Estimación de los costos de producción.**

- Volumen aproximado de la producción que se pretende.
- Capacidad de producción de la empresa.
- Estudios, investigaciones y estrategias de mercado.
- Fuentes de financiamiento.

#### **Predeterminación de los materiales directos incluidos en cada producto.**

- En cantidad.
- Tipo de material.
- Calidad y rendimiento.
- Maximizar desperdicios.
- Minimizar desperdicios.
- En precio.



- Estudio de mercado.
- Adquisiciones adecuadas para reducir costos.

**La predeterminación de los sueldos y salarios directos (delinear las operaciones a ejecutar).**

- En cantidad.
- Proyecto de la producción.
- Estudio de operaciones productivas.
- Grado de calificación o especialización requerida.
- Estudios de salarios.
- Estudio de métodos dentro del estudio de salarios.
- Medidas de salarios.
- En cuota.
- Tabuladores según de acuerdo con la zona económica.
- Condiciones del contrato colectivo de trabajo.
- Prestaciones a los trabajadores.

**Predeterminación de los cargos indirectos. (Fijos, variables y semi variables).**

- Establecer cuotas atendiendo a la capacidad de la producción.



- Presupuesto de cargos indirectos.
- Volumen de producción.
- Relaciones técnicas, gráficas, estadísticas, etc.
- En cantidad.
- Proyecto de la producción.
- Estudio de operaciones productivas.
- Grado de calificación o especialización requerida.
- Estudio de salarios.

#### **Elementos auxiliares.**

- Hojas de costos estimados anteriores.
- Elementos repetitivos sujetos o modificaciones.
- Registros anteriores, comparación y comprobación de costos finales.

Al igual que esto debe tomarse en cuenta el estudio de factibilidad de este trabajo en caso de que se realice realmente al término de las pruebas en la empresa anteriormente mencionada, este estudio cuenta con 4 etapas diferentes para su estudio, como lo es el estudio de mercado, estudio técnico, evaluación social, estudio de organización. Es importante mencionar que este estudio se deberá elaborar bajo bases precisas obtenidas en fuentes primarias. En esta etapa es donde se toma la decisión de inversión y se establecen los límites de rentabilidad del proyecto bajo condiciones cambiantes de ingresos y costos.



Por último se realiza la fase del proyecto final donde se materializaran los supuestos y estimaciones realizadas en lo mencionado anteriormente y se establece toda la organización necesaria para llevar el proyecto hasta la puesta en marcha. En este trabajo se tomo en cuenta este aspecto, por lo cual este trabajo se podría suponer como un proyecto de inversión con el propósito de presentar los antecedentes necesarios a fin de facilitar su justificación económica y social.

Debido a que para poder hacer este trabajo real, se realizaron diferentes pruebas en laboratorio, con esto se asegura que el sistema funcionara correctamente, para obtener una satisfacción y seguridad de que no fallara. Se realizaron diferentes observaciones en el proceso, para poder analizar realmente cuanto material se desperdicia, cuál sería la perdida ocasionada debido al sistema que actualmente se encuentra instalado en la planta en base a lo referido en lo ya explicado anteriormente.

Con esto es más sencillo poder obtener un estimado en cuanto a que si realmente es viable instalar los equipos que se propusieron, y cuál sería la ventaja en cuanto inversión y recuperación de la misma, se analizo también el precio de cada uno de los elementos que se ocupan en este trabajo, así como la ingeniería utilizada y los gastos que se harían para poder instalar estos equipos, mano de obra, materiales para la instalación etc.

Se presenta a continuación en la tabla 5.1 los precios de cada uno de los elementos, como un resumen detallado de los costos reales de este trabajo en caso de que llegara a realizarse en forma dentro de la empresa.



Tabla 5.1 relación de precios de los equipos

ELEMENTO	PRECIO UNITARIO \$
FX3U-16MR/ES	6,949.60
ROBOT RH-6SH	327,040.00
MR J3T	12,614.40
HF-SP81	20,556.00
FX2N-16CCL-M	5,781.60
GX-DEV-C1 WINDOWS SW FOR A, FX, & Q PLCS SOFTWARE	17,000.00
RT-TOOLBOX FOR MELFA RH SOFTWARE	17,500.00
INGENIERIA TOTAL POR 2 SEMANAS DE TRABAJO	74,752.00
SUELDO TOTAL DE LOS 2 TECNICOS	8,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>490,193.60</b>

Se contemplo para este trabajo el costo por la ingeniería aplicada, se recibieron datos estimados por parte de la empresa de sus pérdidas generadas por día laboral de aproximadamente \$2,000.00 diarios. Por año tienen una pérdida de \$576,000.00, con esto se logra obtener un monto de \$16,921.00 mensuales en perdidas, con el equipo que se plantea en este trabajo se recupera en ganancias para la empresa.



Para la parte de la ingeniería se toma en cuenta que este trabajo hecho en la empresa, está planeado para realizarlo en 2 semanas, así por jornada laboral de 8 horas diarias se cobra un total de \$7,475.20.

Por las 2 semanas de ingeniería se traduce un total de \$74,752.00, tomando en cuenta que este monto se divide por 2 ingenieros laborando en este trabajo y un técnico que realizara el trabajo de instalación del equipo, la programación y puesta en marcha de todo el sistema corre por cuenta de los ingenieros, al técnico se le pagara semanalmente por contrato temporal la cantidad de \$2,000.00. Los sueldos de los ingenieros por este trabajo serán de \$35,376.00 por cada uno en 2 semanas de trabajo.

El precio de la ingeniería va de acuerdo a los conocimientos de los ingenieros en el área, debido a que se puede cobrar barato el trabajo por otras personas pero sin estar completamente seguros de que el sistema funcione correctamente, es por eso que se toma la decisión de cobrar ese precio por ingeniería debido a los amplios conocimientos en el ramo de la automatización.



# CAPITULO 6

## CONCLUSIONES



## 6.1 CONCLUSIONES.

Para este trabajo se propusieron objetivos generales y específicos. Es importante mencionar que en este proyecto se está llevando a cabo dentro de la empresa, se han instalado los equipos en su mayoría, se han realizado pruebas exitosas, a pesar de que aun falta instalar el robot, se han hecho pruebas con el sistema anterior y han disminuido gradualmente los desechos en el sistema, se ha instalado el gabinete completo con el PLC y sistemas servos así como el HMI que monitorea y controla todo el sistema. Como resultado se obtiene que se logro el objetivo principal, disminuir los desechos que ocasionaba el sistema anterior, aun sin instalar el robot propuesto y el sistema de visión. Cabe mencionar que aun se continúan haciendo pruebas de velocidad, precisión y par en cuanto a los sistemas servos, pero para este fin se puede decir que este trabajo está dando excelentes frutos y beneficios positivos para la empresa, con esto se obtiene un mayor conocimiento del control de sistemas automatizados así como una mayor experiencia en el ámbito laboral. Se han cumplido los objetivos generales al disminuir los desechos, y se han cumplido en un 90% los objetivos específicos debido a que aun se sigue trabajando en el montaje del robot y el sistema de visión para acoplarlos en su lugar fijo donde realizaran su trabajo. Con esto se concluye este trabajo y cabe recalcar que realmente es un trabajo en donde se ponen en práctica muchos conocimientos importantes, al igual la iniciativa de proponer una solución de un problema real, como también se enfrenta realmente a la industria con esta implementación en esta empresa.



## BIBLIOGRAFIA

Mitsubishi Automation 2010 Product Selection Guide 12th Edition 476p.

Sistema de visión artificial

<http://www.logicelectronic.com/vision/queyporque.htm>

Información SOBRE SENSORES

<http://www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf>

*Protocolo profibus*

[www.profibus.com/](http://www.profibus.com/)

*Información de protocolos de comunicación, Device Net*

[www.ab.rockwellautomation.com/Networks-and-Communications](http://www.ab.rockwellautomation.com/Networks-and-Communications)

*Comunicación CC-Link América Latina*

[www.cclinkamerica.org/](http://www.cclinkamerica.org/)

*Estructura del Controlador Lógico Programable*

<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/UNI5200>

PLC compacto y Modular Fundamentos de servomotor.

[www.mitsubishi-automation.es/products/compactplc.html](http://www.mitsubishi-automation.es/products/compactplc.html)

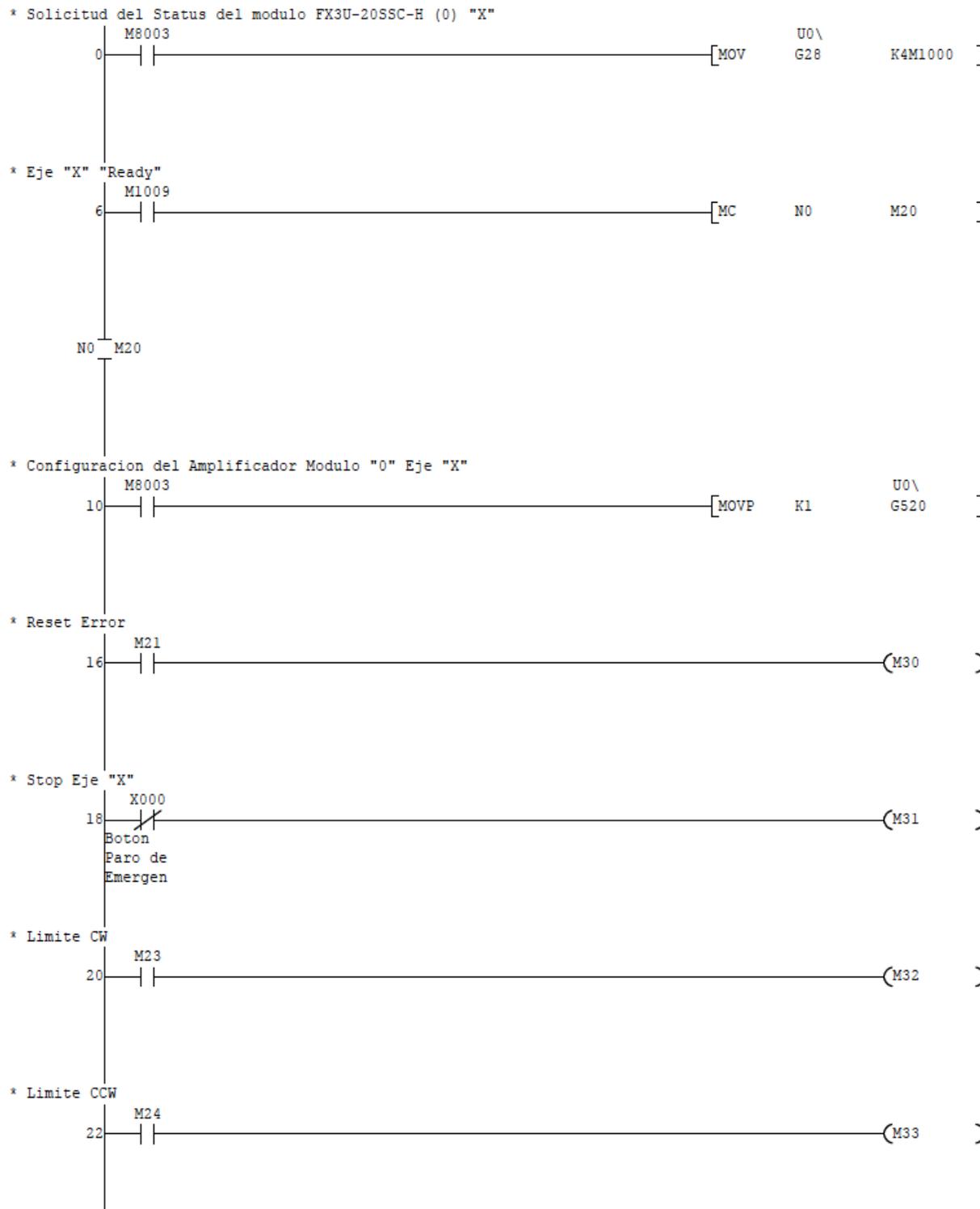
Fundamentos de Robótica Industrial

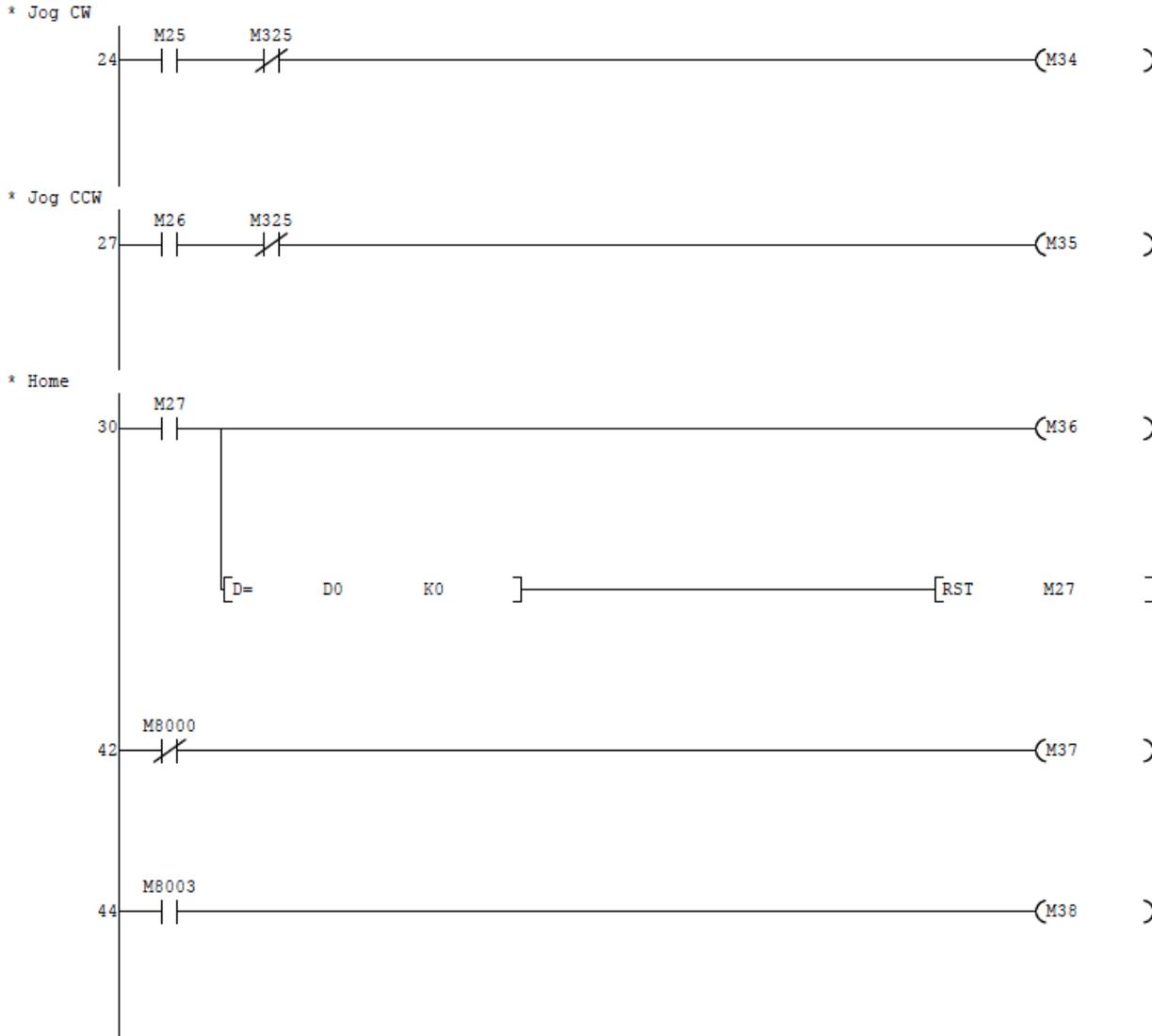
[http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr\\_01/robotica/index.htm](http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr_01/robotica/index.htm)

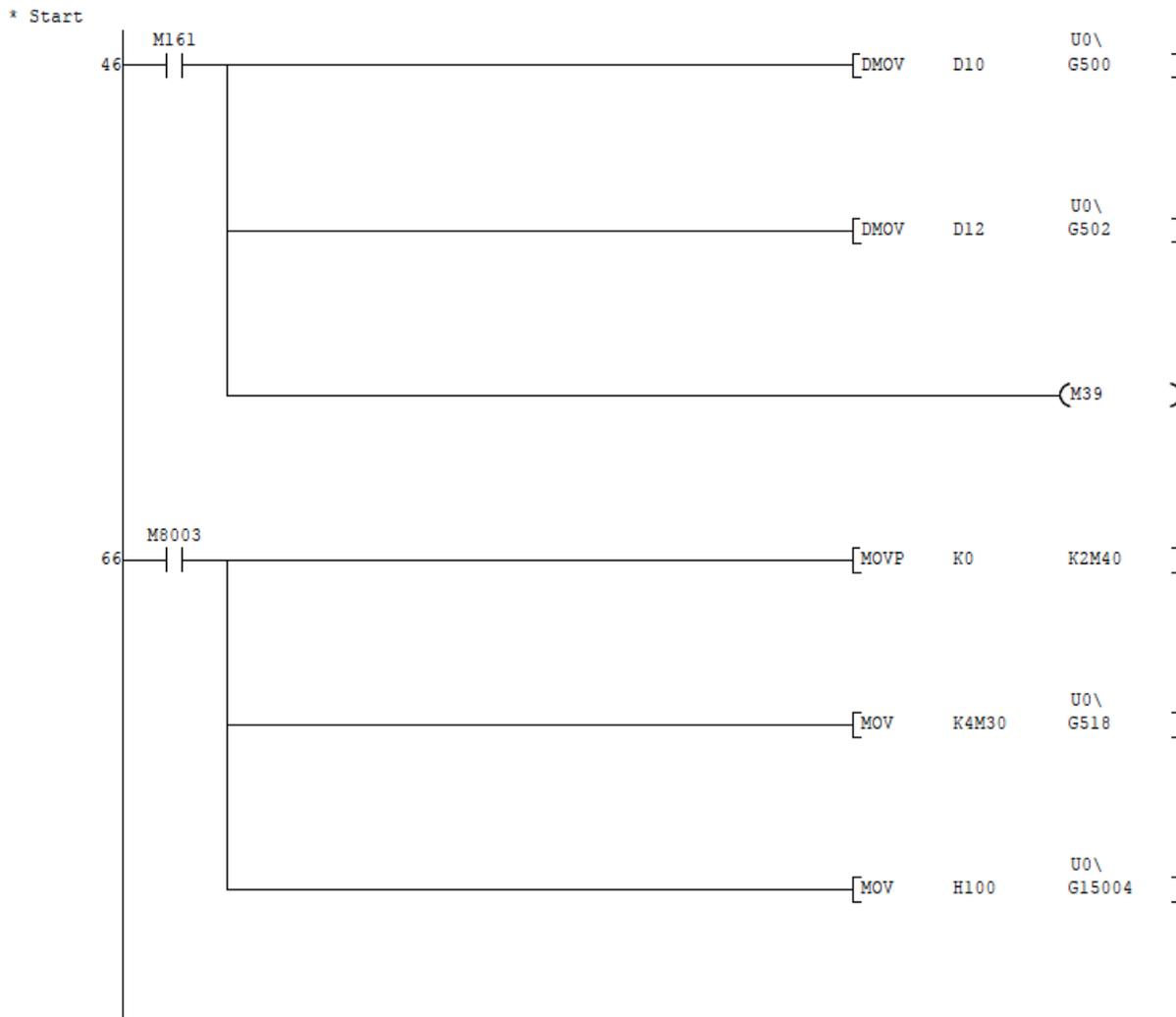


# ANEXO

## Programa PLC



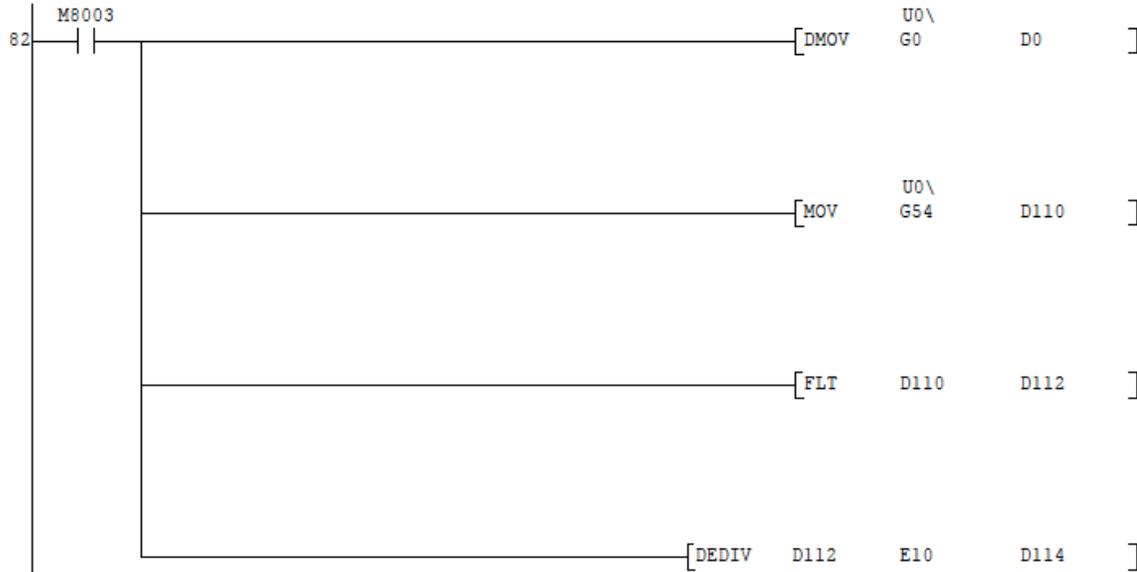




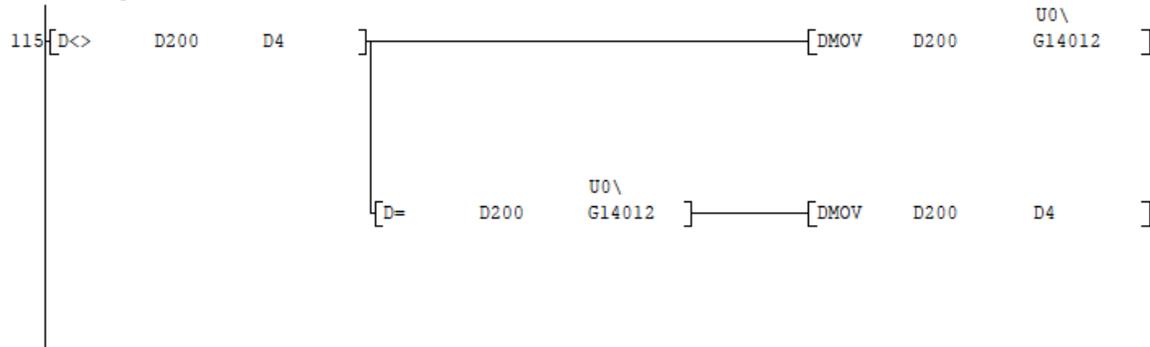


\* D0 = Posicion Cadena

\* D114 = Par Consume Cadena

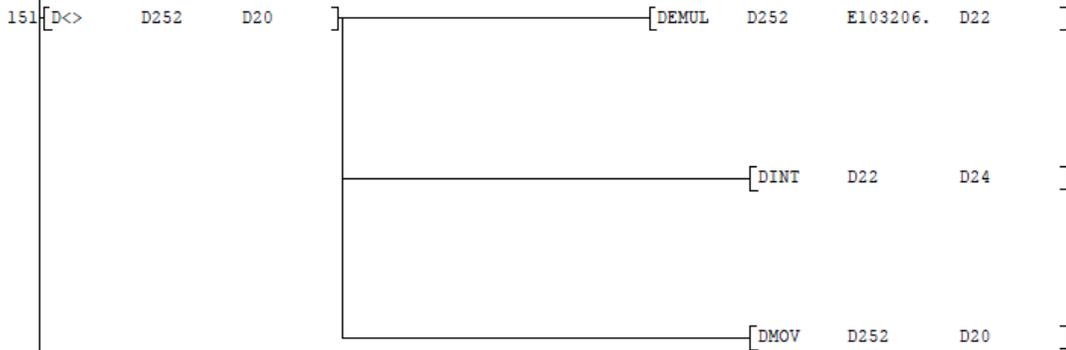


\* Velocidad de Jog de la Banda

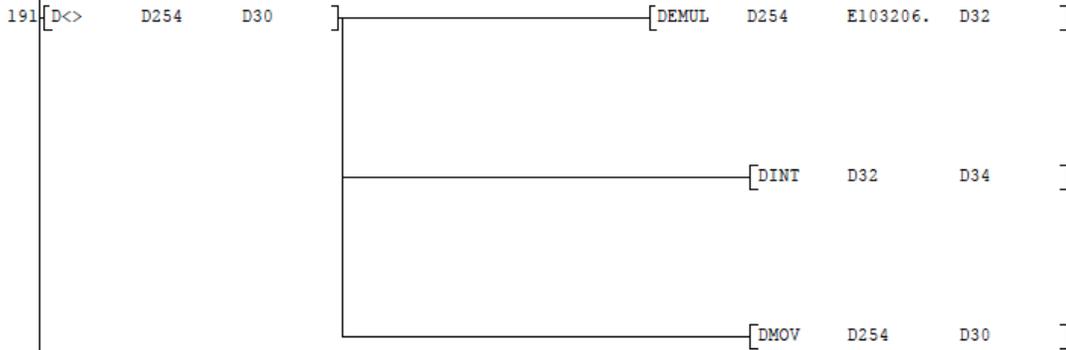




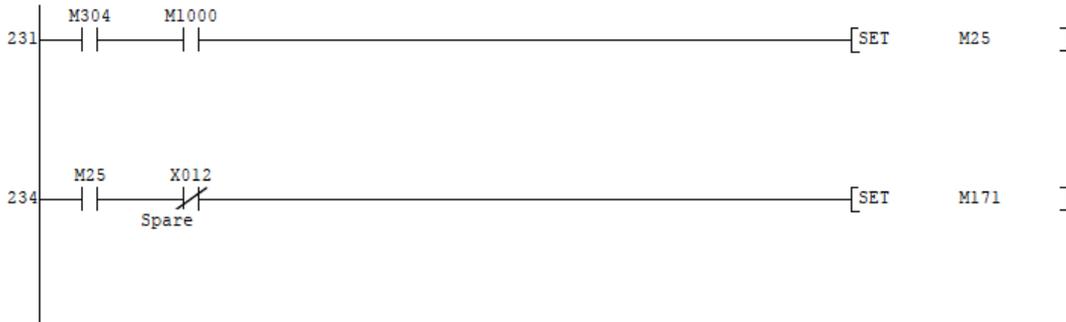
\* Avance de la Banda

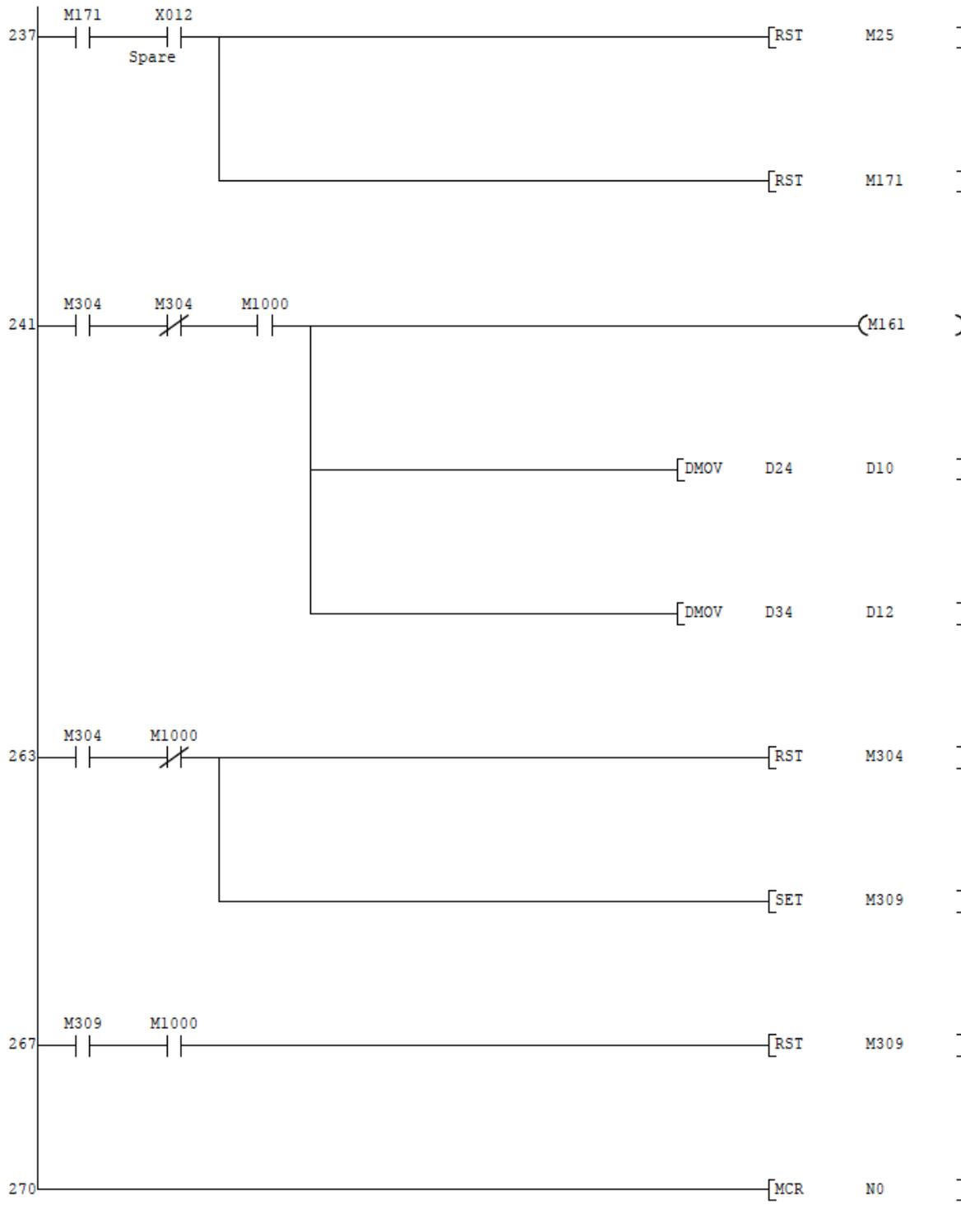


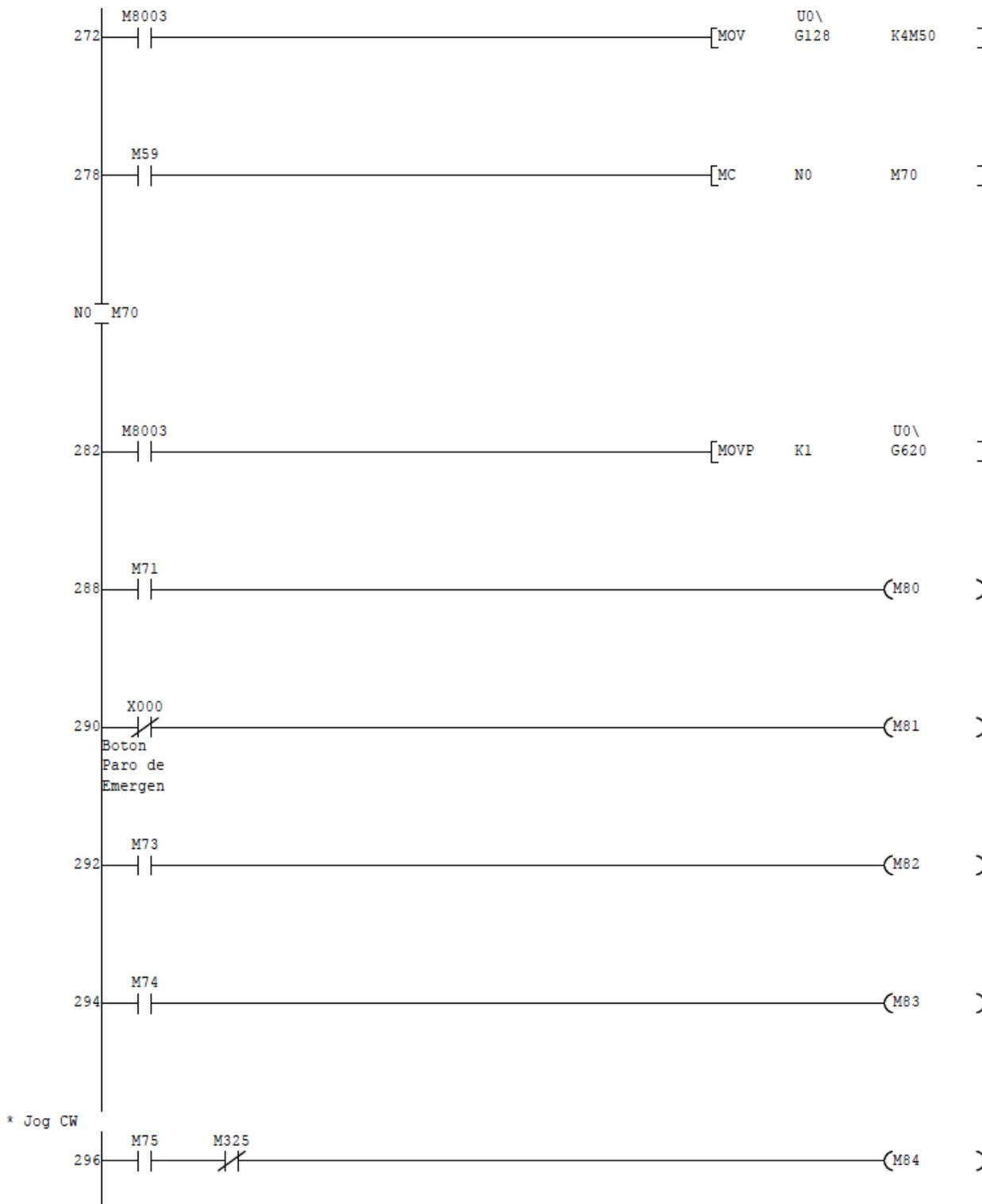
\* Velocidad de Avance de banda



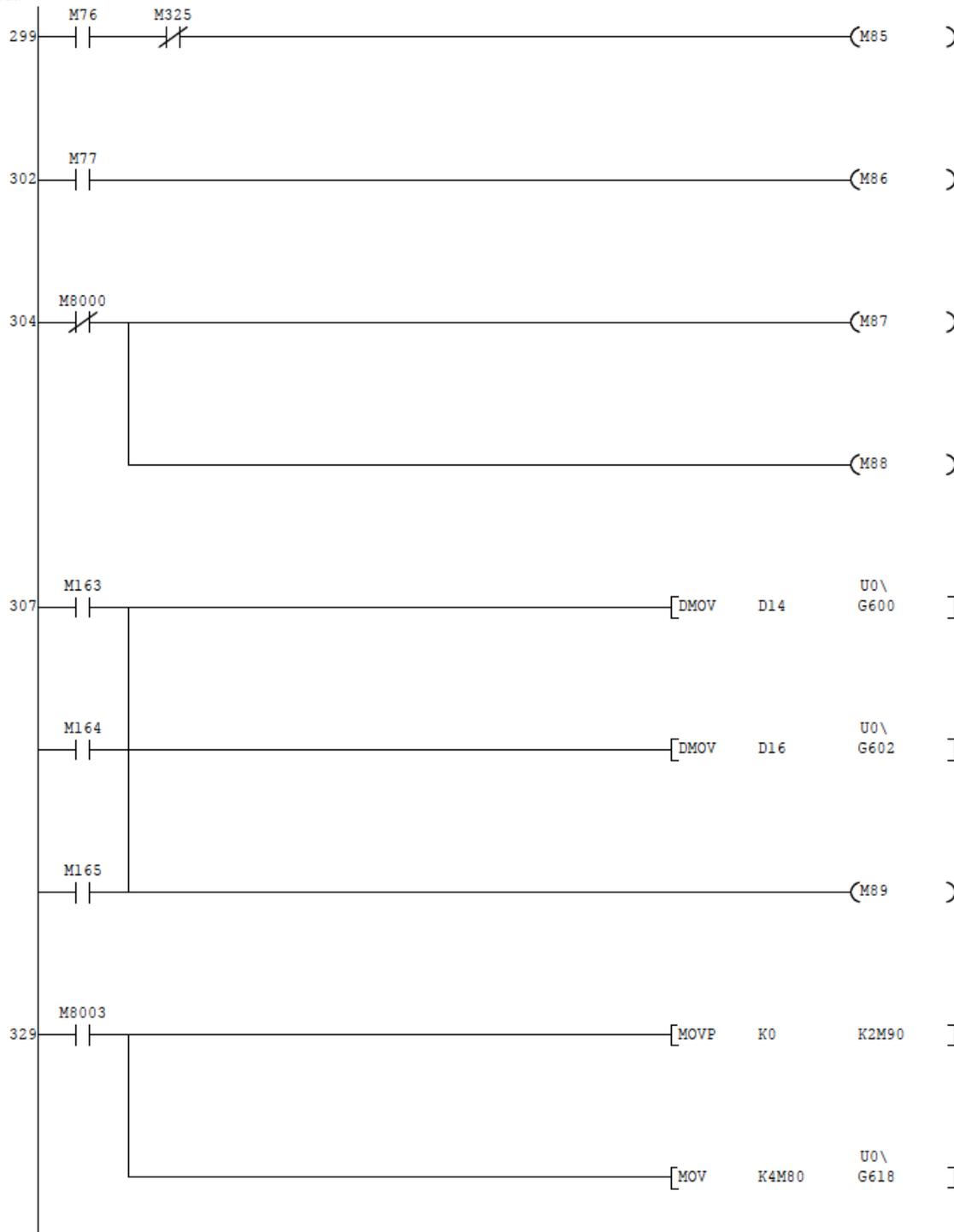
\* Avance de la Banda





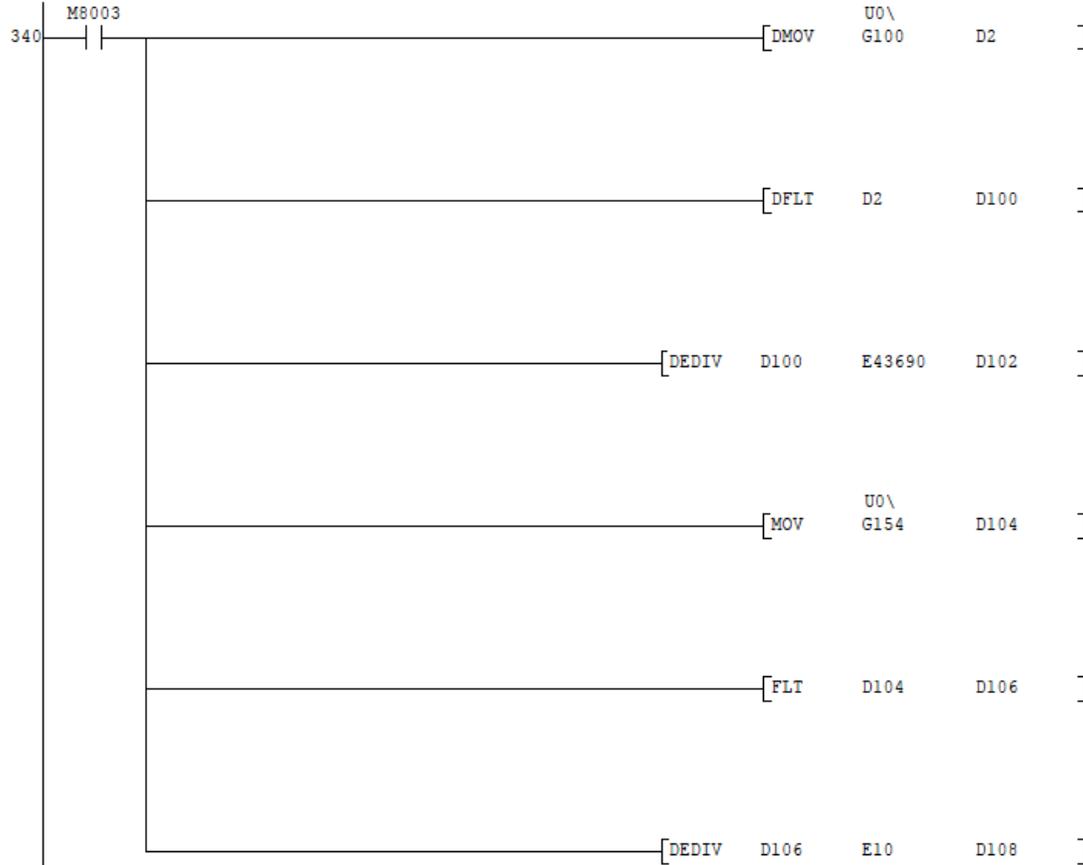


\* Jog CCW

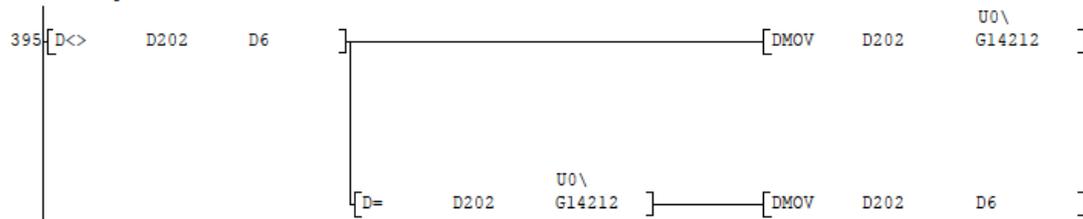




\* D102 = Posicion Brazo  
\* D108 = Par Consume Brazo

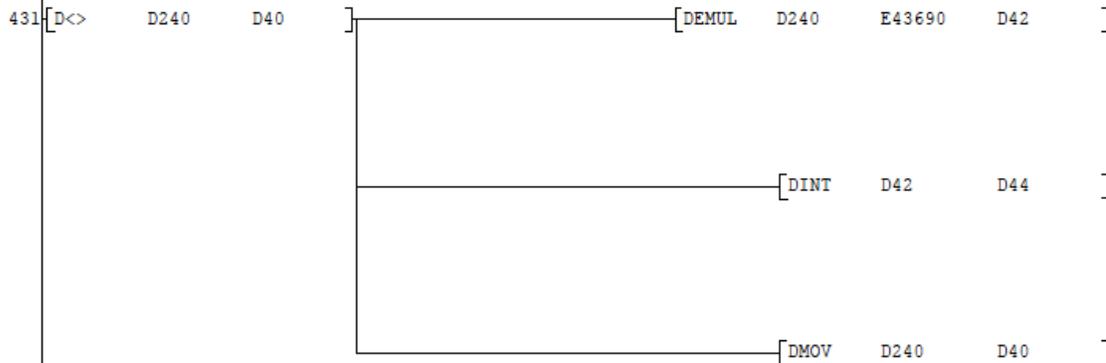


\* Velocidad de Jog del Brazo

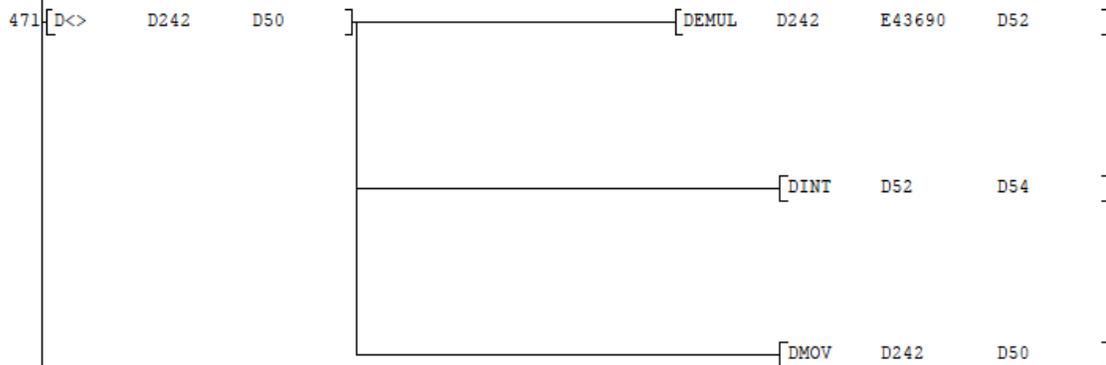




\* Posicion Derecha Brazo

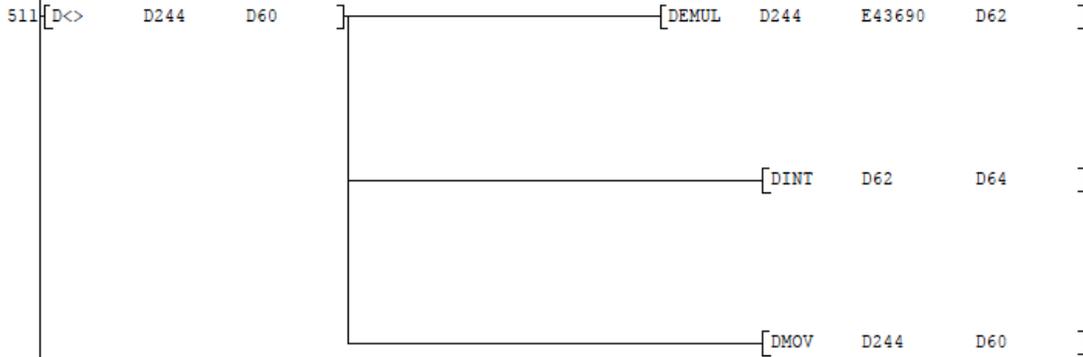


\* Velocidad Derecha Brazo

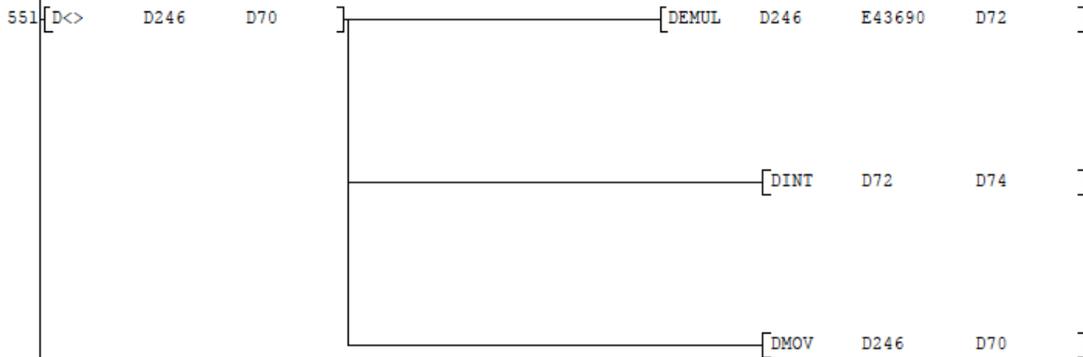




\* Posicion Izquierda Brazo

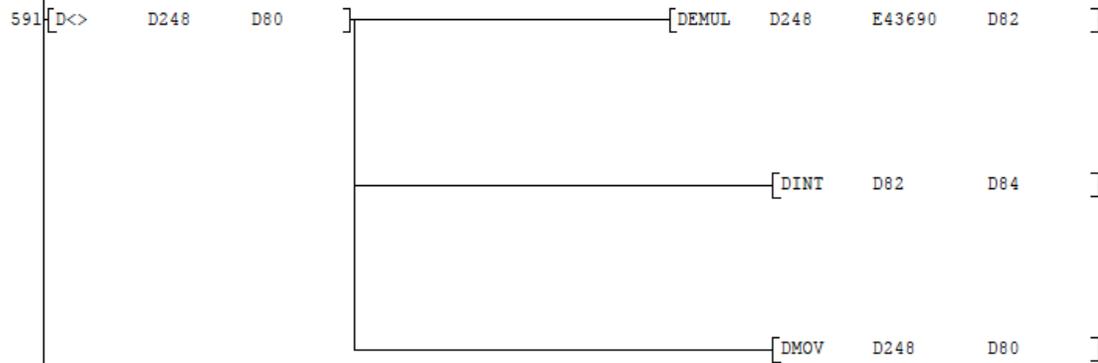


\* Velocidad Izquierda Brazo

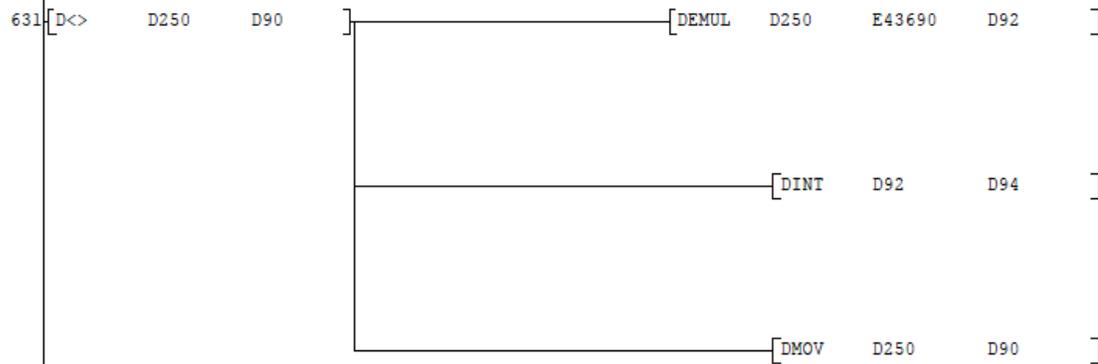




\* Posicion Home Brazo

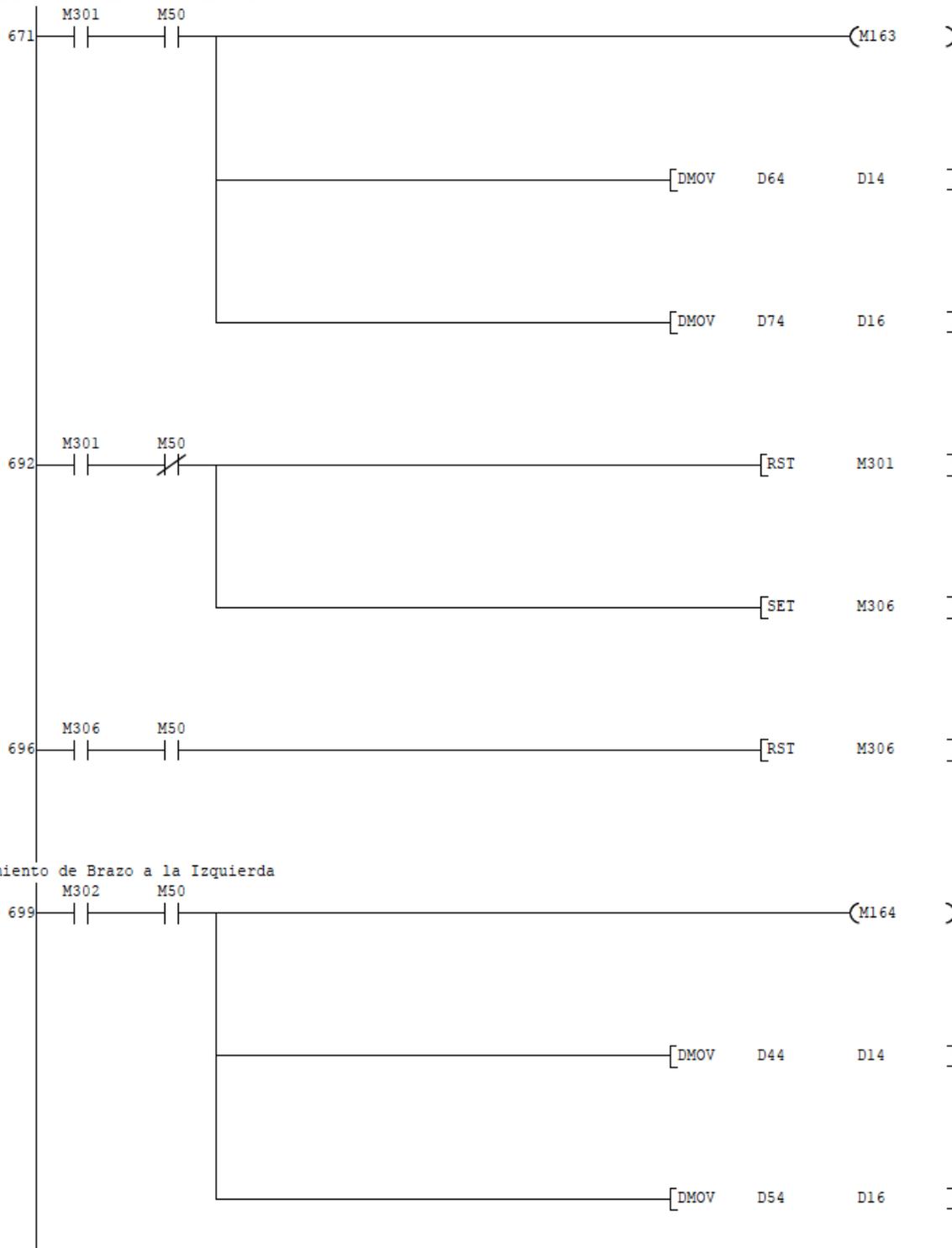


\* Velocidad Home Brazo





\* Movimiento de Brazo a la Derecha



\* Movimiento de Brazo a la Izquierda

