



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**FABRICACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE  
TRANSPORTE PARA ENVASE ASÉPTICO EN UNA PLANTA DE  
ALIMENTOS**

**José Ramiro Jó Soto**

Asesorado por el Ingeniero Kenneth Issur Estrada Ruiz

Guatemala, abril de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**FABRICACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE  
TRANSPORTE PARA ENVASE ASÉPTICO EN UNA PLANTA DE  
ALIMENTOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JOSÉ RAMIRO JÓ SOTO**

ASESORADO POR EL INGENIERO KENNETH ISSUR ESTRADA RUIZ  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO ELECTRÓNICO**

GUATEMALA, ABRIL DE 2007

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Enrique Edmundo Ruiz Carballo
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
EXAMINADOR	Ing. Francisco Javier González López
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **FABRICACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PARA ENVASE ASÉPTICO EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS,**

tema que me fuera aceptado por la Dirección de Escuela de Mecánica Eléctrica la Elaboración de Práctica Supervisada (EPS), el 17 de octubre de 2005.

José Ramiro Jó Soto

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- DIOS:** Ser supremo que me ha guiado por el buen camino protegiendo mi vida en todo momento que estuve viajando para poder terminar mi carrera, por haber iluminado mi vida con sabiduría para poder aprovechar al máximo las oportunidades de mi superación personal.
- MI PADRE:** Por haberme apoyado en mis estudios, es la mejor herencia que me ha brindado, ya que ahora poseo las herramientas para salir adelante en la vida. Ya cumplí.
- MI MADRE:** Por estar ahí en todo momento que la necesite, por no haberme dado la espalda en los momentos más difíciles que he tenido en mi vida, espero que se sienta satisfecha por no haberle fallado y que se siga sintiendo satisfecha y orgullosa por mi logro.
- MIS HERMANOS:** Herberth, Maritza, Evelyn, Estuardo, Surama y Magaly, que mi logro sea un ejemplo de que lo que nos proponemos se puede lograr si sabemos aprovechar los recursos y oportunidades que nos da la vida, sé que están felices por mi logro.
- MI ESPOSA:** Con mucho amor, espero que te sirva de incentivo para que tu también logres terminar tu carrera, se que siempre cuento contigo como tú conmigo.

**STEVEN:** Mi fuente de inspiración para seguir adelante no importando que tan difícil este la situación, espero que también te sirva de incentivo en el futuro, te quiero muchísimo.

**MANUEL ARREDONDO:** Compadre al fin lo logre, gracias por tu apoyo incondicional te lo agradezco de corazón.

**FAMILIA EN GENERAL:** Gracias por haberme apoyado y aconsejado cuando pudieron, se los agradezco. Esto muestra que sus consejos me incentivaron para salir adelante en la vida.

**AMIGOS:** En general, por los momentos que compartimos juntos como compañeros de estudio, espero que todos ustedes también puedan lograrlo, así como yo lo he hecho, animo que les falta poco.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	III
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	V
<b>GLOSARIO</b>	VII
<b>RESUMEN</b>	IX
<b>OBJETIVOS</b>	XI
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XIII
<b>1 SEGURIDAD INDUSTRIAL EN INDUSTRIA ALIMENTICIA</b>	1
1.1 Normas	1
1.2 Medidas a seguir	2
<b>2 CONCEPTOS Y DEFINICIONES ELEMENTALES</b>	7
2.1 Sensores utilizados	7
2.1.1 Descripción	7
2.1.2 Aplicación	9
2.2 Variador de frecuencia	10
2.2.1 Descripción	10
2.2.2 Aplicación	11
2.3 Controlador Lógico Programable	11
2.3.1 Descripción	12
2.3.2 Aplicación	13
<b>3 INFORMACIÓN PARA EL SISTEMA AUTOMATIZADO DE TRANSPORTE DE ENVASE ASÉPTICO</b>	17
3.1 La situación en la empresa previa al proyecto	17
3.2 Requerimientos y restricciones	19
3.3 Resultados esperados	24
<b>4 PROGRAMACIÓN DEL PLC</b>	33

4.1	Lenguaje de programación	34
4.2	Función de componentes en cada proceso	38
4.3	Variables a manejar	41
4.4	Ecuación algorítmica	45
4.5	Respuestas esperadas	48
<b>5</b>	<b>EL PROGRAMA</b>	<b>51</b>
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>63</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>67</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>69</b>
	<b>APÉNDICE</b>	<b>71</b>













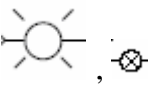



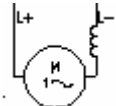


# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1. Piezas de unión para tramos	21
2. Cotización de Precios Totales por Empresas	23
3. Vistas Tridimensionales de Transportadora Automatizada Para envase Aséptico	28
4. Transportadora propuesta automatizada para envase Aséptico Para la Planta de Alimentos Maravilla	30
5. Vistas frontal e interna del panel de control	31
6. Lenguaje por función de conexión	36
7. Algoritmo por funciones de componentes	39
8. Funciones por tramo	42

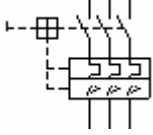


## LISTA DE SÍMBOLOS

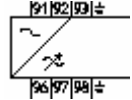
	Contacto abierto
	Contacto cerrado
	Función
	Tierra Física
	Puesto en Chasis
	Fusibles
	Contactos de Relé Selector
	Breaker Trifásico
	Transformador bifásico
	Bobina de Selector
	Lámpara
	Interruptor Pulsador Normalmente Cerrado
	Interruptor Pulsador Normalmente Abierto
	Interruptor Normal
	Motor Monofásico
	Corriente Directa
	Corriente Alterna



Frecuencia Variable



Guarda Motor



Variador de Frecuencia



Motor Trifásico

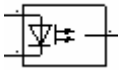


Foto Sensor



Interruptor Tipo Hongo



Interruptor de un Polo de Giro



Interruptor Three Way de Giro

## **GLOSARIO**

<b>ASÉPTICO</b>	Pertenciente o relativo al conjunto de procedimientos científicos destinados a preservar de gérmenes infecciosos el organismo, aplicados principalmente a la esterilización del material quirúrgico.
<b>AUTOMATIZACIÓN</b>	Acción y efecto de automatizar.
<b>CORROSIÓN</b>	Dstrucción paulatina de los cuerpos metálicos por acción de agentes externos, persista o no su forma. Acción y efecto de corroer.
<b>DARK ON</b>	Función para sensor de presencia, en la cual el estado de encendido se desactiva al existir presencia de objeto entre sensores, se presenta como respuesta un estado lógico 0.
<b>HIPOACUSIA NEUROSENSORIAL</b>	Escasez en la sensibilidad auditiva, pérdida de audición.
<b>LIGHT ON</b>	Función para sensor de presencia, en la cual el estado de encendido se activa al existir presencia de objeto entre sensores, se presenta como respuesta un estado lógico 1.
<b>POLI-CARBONATO</b>	Material derivado de plástico, de consistencia bastante sólida y liviana.

**RÚSTICO**

Dícese que se encuentra hecho a la ligera.

**PLC**

(Programmable Logic Controller) Controlador Lógico Programable.

## **RESUMEN**

El primer capítulo trata brevemente de las normas y medidas a seguir en todas las maniobras y procesos de elaboración de alimentos, seguido por otro capítulo que trata de conceptos y definiciones elementales de los sensores, dispositivos de control de frecuencia así como del Controlador Lógico Programable (PLC), dispositivos que se han empleado en la fabricación del sistema de transporte automatizado para un envase aséptico.

El tercer capítulo se ha hecho una descripción de la manera en que ha sido fabricada la estructura del sistema de transporte en la planta según las restricciones que se tienen por las normas sanitarias, dando a conocer de igual forma la situación en la empresa previa al proyecto, con los resultados esperados.

En los capítulos cuatro y cinco se presenta en dos formas el programa de funcionamiento para el PLC, se interpreta el algoritmo del programa, así como la interpretación del programa en escalera respectivamente, estos dos últimos capítulos son la base fundamental para el funcionamiento requerido por la planta de alimentos para la automatización del sistema de transporte para envase aséptico.

Se han incluido apéndices con las ilustraciones de dispositivos, estructuras así como también de diagramas de conexiones, los cuales facilitan el entendimiento, tanto del funcionamiento como de operación del sistema para la reducción de pérdidas de producto por un sistema de transporte único que cumple con las necesidades de la empresa productora.

Se tiene una serie de vistas tridimensionales para poder visualizar la estructura con sus diversos componentes, así como una serie de tablas de cotizaciones de precios que se han invertido para la fabricación de este sistema de transporte elaborado con maquinaria y equipo de alta calidad para garantizar que el producto transportado se maneje confiablemente en él.



## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Emplear con ingenio y de forma eficiente los recursos que se encuentran en el mercado centroamericano para la fabricación y automatización de un sistema para el transporte de envase aséptico en una planta de alimentos, conseguir un ahorro tanto en tiempo como en dinero para la empresa en su producción teniendo un sistema confiable, personalizado de acuerdo con las necesidades propias de la empresa, eficiente y económico, aminorando el desperdicio de producto terminado por defecto debido al maltrato de envase en el transporte y/o las detenciones del sistema de producción.

### **ESPECÍFICOS**

1. Efectuar un análisis para encontrar la forma que se puede fabricar una línea automatizada empleada para el transporte de envases asépticos, tomando en cuenta las restricciones de seguridad y sanitarias que impone la empresa, los requerimientos que esta línea necesita junto con las respuestas que se necesitan ejecutar debido a las diferentes fallas que se producen en esta línea de producción al estar funcionando.
2. Fabricar el proyecto con materiales, equipo y accesorios que podemos conseguir en el mercado centroamericano, enfocados siempre en mantener las respectivas normas sanitarias para el manejo de productos alimenticios, la calidad de los mismos, tomar en cuenta las características de operación que tiene el equipo que se emplee para la fabricación de esta transportadora automatizada.

3. Programar controladores variables para hacer funcionar de acuerdo a las necesidades requeridas del sistema automatizado manipulando la frecuencia para el control de velocidad de transporte de la cadena, facilitando en nuestra línea el transporte del envase aséptico; así como también el emplear sensores para el control de los envases sobre la transportadora.
  
4. Efectuar un programa personalizado funcional que satisfaga la necesidad de corregir un desperdicio innecesario de producto mal terminado empleando un Controlador Lógico Programable (PLC) para la operación eficiente de nuestra línea de transporte automatizada antes mencionado.
  
5. Obtener los resultados deseados que son un transporte eficiente automatizado y aminoramiento de detenciones en la línea de producción al dejar funcionando nuestro sistema, satisfaciendo las necesidades que se tenían antes de ser implementado nuestro sistema automatizado de transporte.

## INTRODUCCIÓN

La industria alimenticia tiene como estándar primordial mantener alta calidad en el proceso de producción y en sus productos, este control lo consigue teniendo un debido proceso de producción con puntos críticos de control en la elaboración de éstos, hasta su almacenado para ser transportado, se mantienen las medidas preventivas como correctivas para mantener un producto confiable para el consumidor final; para esto la planta productora debe estar sujeta a normas y mantiene su enfoque en las Buenas Prácticas de Manufactura para su producción en masa, toda industria tiene que considerar calidad y precio en sus productos, por esta razón se debe optimizar su producción para conseguir un mayor margen de ganancia reduciendo pérdidas.

Todo el planteamiento desarrollado en este proyecto se basa en una fabricación y automatización; con el objeto de establecer las acciones necesarios a ejecutar para la corrección de una problemática que se tiene en la planta de alimentos, por tal motivo con su desarrollo, se podrá realizar un enfoque mas objetivo, real y profesional del mismo para alcanzar mejores y óptimos resultados. Así como poder hacer un programa de fácil entendimiento basado en la normativa internacional para el programador de la empresa al efectuar futuros cambios, sin tener que esperar la llegada de un técnico extranjero del proveedor de un equipo genérico y no personalizado como el nuestro, ahorrando así un valioso tiempo de espera que representa costos a cualquier empresa y elevados costos de servicios prestados.

Solucionar el problema que tiene la planta de alimentos por la necesidad de mantener la producción constante en su máxima capacidad, así como reducir el índice de pérdidas, estas debidas a la pérdida de tiempo para poder efectuar las acciones de

corrección necesarias que se hacen manualmente y por errores operativos que son de mayor frecuencia, fabricando un sistema automatizado de transporte.

Brindar menor costo en el proceso de producción fabricando un sistema automatizado de transporte para envase aséptico que satisfaga las necesidades propias de la planta de alimentos con maquinaria y equipo confiable y seguro, también ahorro en tiempo para la implementación del sistema al efectuar la adquisición del material necesario en nuestro mercado, teniendo así mayor disponibilidad de repuestos y mantenimiento para el futuro.

Dar a conocer a las empresas nacionales el potencial sobre los conocimientos de sistemas automatizados que tenemos los graduandos de la universidad de San Carlos de Guatemala, para poder así competir con los extranjeros.

# **1. SEGURIDAD INDUSTRIAL EN INDUSTRIA ALIMENTICIA**

## **1.1 Normas**

Están formados de una serie de conocimientos, técnicas y de instrumentos que nos permiten prevenir la ocurrencia de accidentes y de enfermedades laborales, principalmente mediante el mejoramiento de las condiciones de trabajo en general.

Con respecto a las técnicas utilizadas para la prevención de accidentes y de enfermedades ocupacionales; es un principio mundialmente aceptado que antes de suministrar al trabajador cualquier elemento de protección personal; debe procurarse eliminar el riesgo, disminuirlo o incluso reducir la exposición al mismo entre otras opciones. Sin embargo, por limitaciones de tipo tecnológico y/o económico esto no siempre es posible. Lo anterior hace que sea necesario utilizar un determinado elemento de protección personal.

En ocasiones a pesar de que el trabajador sabe que debe protegerse, éste no lo hace; las razones expuestas son variables, pero deben tomarse en cuenta por el encargado de seleccionar y suministrar el equipo respectivo.

Los accidentes laborales o las condiciones de trabajo poco seguras pueden provocar enfermedades y lesiones temporales o permanentes e incluso causar la muerte. También ocasionan una reducción de la eficiencia y una pérdida de la productividad de cada trabajador.

## **1.2 Medidas a seguir**

La garantía de calidad se basa en el uso de sistemas de análisis en puntos críticos de control. En éstos, el material que se está procesando y el proceso en sí deben ser conocidos para identificar los riesgos asociados con cada paso para así definir los puntos críticos de control. Es en estos pasos, donde se controla el producto para garantizar la eliminación o reducción suficiente de los diferentes riesgos de contaminación del producto procesado.

Los riesgos químicos pueden surgir por la presencia en el entorno de trabajo de gases, vapores o polvos tóxicos o irritantes. La eliminación de este riesgo exige el uso de materiales alternativos menos tóxicos, las mejoras de la ventilación, el control de las filtraciones o el uso de prendas protectoras.

Los riesgos biológicos surgen por bacterias o virus transmitidos por animales o equipo en malas condiciones de limpieza, y suelen aparecer fundamentalmente en la industria del procesado de alimentos. Para limitar o eliminar esos riesgos es necesario eliminar la fuente de la contaminación o, en caso de que no sea posible, utilizar prendas protectoras.

Entre los riesgos físicos comunes están el calor, las quemaduras producidas por superficies calientes, el ruido que afecta al oído, la vibración, los cambios bruscos de presión que pueden explotar la tubería, la radiación y las descargas eléctricas que pueden provocar la muerte. Los ingenieros de seguridad industrial intentan eliminar los riesgos en su origen o reducir su intensidad; cuando esto es imposible, los trabajadores deben usar equipos protectores. Según el riesgo, el equipo puede consistir en gafas o lentes de seguridad, tapones o protectores para los oídos, mascarillas, trajes, botas, guantes y cascos protectores contra el calor o

la radiación. Para que sea eficaz, este equipo protector debe ser adecuado y mantenerse en buenas condiciones.

Protección para la cabeza tipo redcilla; se utiliza para recoger el cabello cuando existe el riesgo de que este sea atrapado por su sistema de rotación de la máquina así mismo es requisito de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

Tipo Protector Facial: protege fundamentalmente la cuenca de los ojos y la cara, se ajustan a la cabeza por medio de un arnés: principalmente se usan cuando existe el riesgo de salpicadura de productos químicos, proyección de partículas, radiación calórica y radiación infrarroja.

De acuerdo con la necesidad de protección la careta puede ser de plástico resistente al impacto y corrosión, de malla metálica o matizada. Si es necesario puede combinarse con un protector tipo gafa, con protección auditiva, con protección respiratoria y con protección para la cabeza.

Protección para los oídos: en nuestro país la contaminación por ruido en los ambientes laborales tiene gran importancia, principalmente por la forma en que se producen los efectos de este contaminante en la audición del trabajador, sumado a la poca información que este recibe sobre el tema. Lo anterior facilita la aparición de muchos casos de trabajadores con hipoacusia neurosensorial la cual es irreversible y que además del efecto en la salud del trabajador, causa serios trastornos laborales y sociales.

No se permitirá dentro del lugar de trabajo intensidades superiores a 90 Db(A) para ruidos intermitentes o de impacto, ni mayor de 85 Db(A) Respecto a ruidos continuos, si los trabajadores no están previstos del equipo de protección personal adecuado que atenúe su intensidad hasta los 85 Db(A).

El tapón Auditivo “Protector que se utiliza inserto en el conducto auditivo externo”. Básicamente existen dos clases de tapones auditivos El tipo desechable y tipo reutilizable.

Para poder maniobrar altas temperaturas, así como bajas, es necesario tener nuestro equipo bien identificado para evitar accidentes como quemaduras por escape de vapor o por contacto de tubería caliente.

Como los accidentes surgen por la interacción de los trabajadores con el entorno de trabajo, hay que examinar cuidadosamente ambos elementos para reducir el riesgo de lesiones. Éstas pueden deberse a las malas condiciones de trabajo, al uso de equipos y herramientas inadecuadamente diseñadas, al cansancio, la distracción, la inexperiencia o las acciones arriesgadas. El enfoque sistémico estudia las siguientes áreas: los lugares de trabajo (para eliminar o controlar los riesgos), los métodos y prácticas de actuación y la formación de empleados y supervisores. Además, el enfoque sistémico exige un examen en profundidad de todos los accidentes que se han producido o han estado a punto de producirse. Se registran los datos esenciales sobre estas contingencias, junto con el historial del trabajador implicado, con el fin de encontrar y eliminar combinaciones de elementos que puedan provocar nuevos riesgos.

El enfoque sistémico también dedica una atención especial a las capacidades y limitaciones de los trabajadores, y reconoce la existencia de grandes diferencias individuales entre las capacidades físicas y fisiológicas de las personas. Por eso, siempre que sea posible, las tareas deben asignarse a los trabajadores más adecuados para ellas.

Es importante saber que los productos alimenticios pueden contaminarse con microorganismos (micro=pequeño, bio=vida) tan pequeños que pueden



observarse únicamente con un aparato llamado microscopio. Los microbios se encuentran en todas partes y son transportados por el aire, están sobre el suelo y el agua, así también en la superficie de nuestro cuerpo en nuestro conducto digestivo, en la boca, en la nariz. Especialmente abundan en donde hay alimento y exista condiciones como humedad y temperatura apropiada, que propicia su desarrollo y multiplicación. Hay microbios “Benévolos” que sirven para la obtención de productos alimenticios (ejemplo: el queso) y bebidas (ejemplo: Cerveza), Pero también existen microbios patógenos, que son aquellos que si pueden producir una enfermedad a nosotros. Estos microorganismos pueden clasificarse en: Bacterias, Hongos y Levaduras, protozoos y virus.

Para asegurarse que un alimento es seguro para el consumo humano, debe ser cuidadosamente preparado, tratado y guardado. Las enfermedades que se transmiten mediante los alimentos son infecciones e intoxicaciones alimenticias. Estas se reducen por la inspección de las materias primas que intervienen en los alimentos, las limpiezas en las plantas de preparación, la imposición de reglamentos sanitarios a los manipuladores y preparadores de alimentos y sobre aplicar las Buenas Prácticas de Manufactura BPM.

Las causas de las malas prácticas de higiene personal son tres principalmente por las que las personas incurren son:

***Falta de conocimiento:*** Al no dar la capacitación adecuada.

***Falta de Cuidado:*** No observando las normas preestablecidas.

***Falta de Voluntad:*** Negligencia o indiferencia de las personas.

La persona que trabaja en contacto con alimentos, necesita mas que nadie, cumplir con los requisitos de higiene y aseo personal, que dan por resultado, un empleado bien presentado y seguro de si mismo.

## **2. CONCEPTOS Y DEFINICIONES ELEMENTALES**

### **2.1 Sensores utilizados**

Los sensores empleados para la detección de presencia de objetos, fueron los sensores ópticos Marca OMRON del modelo E3S-CT61 y el E3S-CT62, emisor y receptor respectivamente. Estos fueron elegidos debido a sus características, aparte que cumple con los estándares que requiere la industria de alimentos... Tienen una capacidad de detección de 3 metros de distancia en ambientes ideales; para nuestro uso, estos son sometidos a situaciones extremas debido al entorno en que está expuesto el sistema de transporte automatizado. Estos han sido empleados también para poder detectar si el envase se encuentra caído sobre la cadena en la trayectoria, de ser así, efectuar el proceso de la eliminación de este envase y evitar que se produzca una falla por la mala posición en el proceso de aplicar la tapa plástica.

#### **2.1.1 Descripción**

El juego de sensores consta de un emisor y receptor de luz infrarroja. Su parte exterior está fabricada en materiales rígidos con capas anti-adheribles, su base está construida en acero inoxidable, su exterior se encuentra bien sellado para eliminar que le penetre humedad por medio de un lente fabricado en policarbonato, se protege su interior que consta de una circuitería bastante delicada, esta cuenta con amplificadores para la detección de objetos a largas distancias. Estos trabajan por emisión de luz infrarroja directa, consumen una corriente máxima de 50 mA por juego (emisor y receptor operando juntos), poseen una

capacidad de respuesta (o cambio de estado lógico) de 1 milisegundo, lo que nos da la certeza de una pronta respuesta de lectura de estado presente.

Este juego de sensores tiene la característica de poder programarlos según la necesidad del trabajo, es decir que cuentan con la modalidad de selección entre PNP (dopado de transistor con Emisor P, Base N y Colector P) o NPN (dopado de transistor con Emisor N, Base P y Colector N), esto será según la forma de alimentación que se les quiera dar. La opción de Dark On o Light On, esta selección es para elegir la señal deseada para representar la presencia de un objeto entre ambos sensores (emisor y receptor). La opción de Dark On, se utiliza cuando necesitamos una señal de un uno (1) lógico al existir un objeto entre el emisor y receptor; la opción de Light On se selecciona para la necesidad de un uno (1) lógico al no haber obstáculo entre emisor y receptor, en otras palabras, la ausencia de objeto entre ellos. Al contar con esta modalidad el usuario tiene la fácil opción de elegir como se quiere o necesita emplear, y no tiene una restricción en el uso del sensor en el diseño.

Los sensores están contruidos en materiales rígidos, lisos y de gran durabilidad para un entorno rustico, o sea que, pueden soportar condiciones extremas, exceso de luz, humedad y temperatura. Estos están ubicados en la parte superior sobre las bandas o rieles guía, por lo que serán expuestos a humedad para el proceso de lavado obligatorio que se realizará después de cada proceso de llenado de producto, esto es requisito para mantener un ambiente limpio para un futuro proceso de elaboración de producto.

Tienen una base de acero inoxidable que los libra de alguna adherencia de producto o suciedad que pueda ser un contaminante de alimento o fuente de crecimiento y propagación de bacterias. Un lente de vidrio que hace posible la transferencia de rayos infrarrojos entre emisor y receptor, y que a la vez lo

protege de que entre humedad en su sistema, lo que puede provocar daños internos en el dispositivo, en la placa impresa con los transistores y sensores ópticos.

### **2.1.2 Aplicación**

Para el sistema de transporte de envase aséptico es necesario tener el conocimiento de la cantidad de envase que este está maniobrando, así que para saber en que punto se esta saturando la línea debido a un paro o falla, para poder efectuar la acción necesaria para la corrección del mismo. Estos, el juego de sensores, interpretan la presencia de objetos por la ausencia o presencia de señal entre ambos; es interpretada por unos (1's) y ceros (0's) lógicos. Esta señal es transferida al Controlador Lógico Programable (o PLC, por sus siglas en inglés Programmable Logic controller), el cual interpreta la señal y la procesa para actuar de acuerdo al programa de funcionamiento de la transportadora automatizada.

En nuestro sistema los sensores producen una señal lógica 1 para indicar la presencia de objeto en cierto punto específico en la transportadora de envase, esta puesto en la selección Dark On. O sea, que al no existir presencia de objetos entre los sensores, estos lo interpretan enviando un 0 lógico al PLC.

La configuración de alimentación es la de NPN, como en la alimentación de un transistor en la configuración de corte o saturación, la corriente circula hacia el PLC.

Estos sensores brindan los requerimientos necesarios para tener una lectura confiable, lo que ofrece una mayor confiabilidad de obtener un sistema automatizado estable.

## **2.2 Variador de Frecuencia**

En este proyecto, se han empleado tres variadores de frecuencia de la marca Siemens, de la clase Micromaster 440, estos de la misma especificación cada uno, para el control de tres motores individuales de la misma capacidad y marca. Cada uno para controlar la velocidad de desplazamiento de envases asépticos en un tramo específico de la transportadora. Estos funcionaran independientemente, o sea que, un variador este funcionando a velocidad normal y otro este en velocidad lenta, o no se encuentre funcionando, o sea detenido. Los variadores no pueden controlar mas de un motor cada uno, o sea que no se debe conectar dos o más motores en paralelo en un variador, ya que este puede sufrir daños internos debido a una sobre carga.

### **2.2.1 Descripción**

Este es un dispositivo que como su nombre lo indica, es el que brinda la opción de variar la frecuencia de alimentación para la maniobra de un motor eléctrico conectado a él. Este puede controlar la aceleración en el arranque, hasta llegar a la velocidad de operación, así como la desaceleración para el frenado del mismo. Este puede ser controlado remotamente enviándole señales digitales o análogas dependiendo del uso que requiera la aplicación deseada. Las velocidades, así como las aceleraciones pueden ser programadas previo a uso, en un juego de instrucciones que estos poseen en su memoria. Este posee la característica de prefijar las velocidades deseadas, para sumarlas o restarlas entre si de acuerdo a las necesidades que se tengan. Esto puede ser realizado por medio de comandos digitales mandados desde el PLC.

La aceleración puede ser programada de la misma manera, así como la desaceleración y los tiempos de retardo para los cambios de velocidad. Se puede

programar la corriente nominal para alimentar a cada motor, esto para evitar sobre cargas y daños en los motores o en el variador.

### **2.2.2 Aplicación**

Para los propósitos de operación en la transportadora automatizada de envase aséptico, es necesario optimizar el espacio y el tiempo de espera que ocupa cada envase en el proceso de empaque y aplicación de tapa plástica para dosificador. Es necesario que al frenar, o al arrancar el sistema de transporte, no se den tirones bruscos en la cadena transportadora, ya que esto puede provocar que se caigan o descarrilen los envases, y debido a esto, puedan sufrir algún tipo de daño físico en su forma, o en el material aséptico.

Este sistema cuenta con dos velocidades de transporte dependiendo de las condiciones de cantidad de envase sobre la banda transportadora. Estas velocidades son el producto de una suma, velocidad normal, o rápida, y la de una velocidad, o la lenta, esto es para que el sistema no pare, sino que siga operando para evitar el paro de la máquina llenadora. Así podemos manipular la velocidad de transporte y el espacio de tiempo que puede tomarse para solucionar alguna falla, o debido a que sea necesario el abastecer la unidad siguiente.

## **2.3 Controlador Lógico Programable**

El Controlador Lógico Programable es comúnmente conocido como PLC, por sus siglas en inglés (*Programmable Logic Controller*). Este dispositivo, utilizado en el proyecto, es de la marca Allen-Badley, de la serie SLC 5/04 CPU. Este es el encargado de efectuar las decisiones en la operación necesaria de la transportadora para un funcionamiento óptimo, es el cerebro ejecutor de las

decisiones programadas para la operación de la automatización de la transportadora de envase aséptico.

El PLC esta compuesto con la interfase de entrada y salida, esta formado por módulos que se interconectan fácilmente para uso de lectura o escritura. Los módulos de entrada y de salida son de la siguiente especificación:

Entrada 24 VDC Sink Input Flex I/O 1794-1816 de 16 contactos.

Salida 24 VDC Source Outpt Flex I/O 1794-0816 de 16 contactos.

La ventaja del uso de un PLC en lugar de una computadora, es que estos están diseñados específicamente para una operación bajo condiciones severas, o extremas, para un ambiente industrial. Un PLC bien diseñado puede ser colocado en un área con cantidades sustanciales de ruido eléctrico, interferencia electromagnética, vibración mecánica y humedad no condensada.

### **2.3.1 Descripción**

El PLC, esta compuesto por dos secciones: *la unidad central de proceso* (el CPU) y *el sistema de Entradas y Salidas (I/O)*. El CPU gobierna todas las actividades del PLC, que también esta compuesto de tres componentes que son: *el procesador, el sistema de memoria y el sistema de alimentación*.

La operación de un Controlador Lógico Programable es relativamente simple. El sistema de Entrada/Salida esta físicamente conectado a los diferentes dispositivos externos que se encuentran conectados en el equipo para el control del proceso. Estos dispositivos pueden ser discretos o análogos, tales como, limit switches, transductores de presión, push buttons, arrancadores de motor,



solenoides, etc. La interfase E/S (Entrada/Salida) provee la conexión entre CPU y la información leída (Entradas) y los dispositivos controlados (Salidas).

Durante la operación, el CPU completa tres procesos: (1) Lee, o acepta, los datos de entrada desde los dispositivos conectados en la interfase de Entrada, (2) ejecuta, realiza, el programa de control guardado en el sistema de memoria, y (3) escribe, o actualiza, a los dispositivos controlados por el sistema de Salida. Este proceso de lectura secuencial de entradas, ejecución de programa en memoria y actualización de salidas es conocido como scanning.

Una distinción de los PLC's es que su hardware y software son diseñados para un uso de planta para técnicos y electricistas. El hardware interfasa los dispositivos de campo, entradas y salida, que son para una conexión fácil. El software de programación usa símbolos convencionales en un orden de escalera, o algún otro tipo de lenguaje de fácil entendimiento, de los cuales el personal de planta puede estar familiarizado. Una computadora es necesaria para la programación de un PLC. El programa puede ser desplegado por medio de un cable desde el puerto serial de la computadora personal, o por medio de una tarjeta tipo MODEM, pero de conectores especiales para la transferencia de datos.

### **2.3.2 Aplicación**

El PLC es el encargado de realizar las decisiones para la operación eficiente en el transporte de envase aséptico desde su empaque hasta la aplicación de la tapita dosificadora. Este toma una lectura de estado que indican los sensores, la evalúa y toma la decisión programada y la ejecuta. Esta decisión puede ser la de reducir o aumentar la velocidad de transporte del envase.

El PLC es el encargado de efectuar la operación autónoma de la transportadora. Toma la decisión apropiada y si se produce una falla en ella, esta muestra una alarma de acuerdo a la falla, para que el operador de sala pueda hacer las correcciones necesarias al caso. Las alarmas son lumínicas, para una mejor alerta acerca del estado de la faja desde una larga distancia y en un ambiente contaminado de ruido por el funcionamiento de maquinaria. Estas luces se encuentran instaladas en el panel ubicado a un costado visible para el operador, el cual contiene en su interior al PLC y a los guarda motores, variadores de frecuencia y los demás accesorios necesarios para el funcionamiento de la transportadora.

El PLC funciona por medio del programa guardado en su memoria y puesto en marcha por su software interno. Debido a esto, su propósito es la de efectuar operaciones de control en una manera mas confiable y eficiente.

El PLC interpreta la señal digital enviada desde los foto-sensores de presencia, interpreta esta señal, la procesa y ejecuta, mandando un código digital a los variadores de frecuencia para el control de la velocidad de los motores en los tramos de la transportadora de envase aséptico y así optimizar el transporte de este para evitar que se detenga la llenadora, que es lo que mas pérdidas produce a la Planta de Alimentos.

El PLC, recibe la señal de presencia o ausencia de objetos, recibe también la señal de la posición de los objetos, o sea que si un envase no va posicionado verticalmente, la señal indica que es necesario eliminar ese envase de la transportadora, esto es debido a que si se encuentra caído el envase en el trayecto de la transportadora, este puede quedarse atascado en las vueltas e impedir el transporte de los envases que lo presiden. El PLC es el responsable del proceso de eliminación de envases que pueden provocar fallas, por medio del

accionamiento de una válvula neumática que es accionada mediante una señal lógica, esta válvula a sido nombrada en el sistema como selector, debido a su función.



### **3. INFORMACIÓN PARA EL SISTEMA AUTOMATIZADO DE TRANSPORTE DE ENVASE ASÉPTICO**

En la planta productora se requiere que el producto sea transportado eficientemente de una etapa a otra. El sistema tiene que mantener el envase intacto en cuanto a daños físicos que este puede sufrir durante el proceso de transporte.

Se espera tener menos cantidad de pérdidas producidas por las fallas generadas por descuidos humanos, que hacen tener perdidas por sincronización de arranque, ya que una falla provoca que se detenga el proceso de producción, por cada arranque se produce un desperdicio de producto terminado que no cumple con el llenado o sellado requerido por la empresa; las paradas en el proceso pueden ser reducidas al maniobrar de una manera eficiente el espacio del producto con una transportadora que trabaje automáticamente en la línea de producción.

La transportadora tiene que cumplir con una serie de restricciones tanto de producción como sanitarias y llenar las expectativas de un ahorro para la compañía que es la encargada de la inversión.

#### **3.1 La Situación en la Empresa Previa al Proyecto**

La empresa productora, ubicada en el departamento de Escuintla, es una empresa nacional, sólida y de prestigio internacional no sólo por sus productos, sino por la calidad de éstos.

Esta posee una producción funcional en el proceso de producción, ya que se nota que se requiere de un sistema más eficiente para el transporte del envase.

En el proceso de llenado, se elabora la formación del envase, se llena y se sella, lo que lleva a un envase de forma rectangular,

Para garantizar al productor que su línea de producción no va a sufrir un exceso de producto por la espera de tiempo del siguiente proceso. Al no sobrepasar el límite de producción máxima, el productor tiene la seguridad que la maquinaria no sufre desgaste innecesario, lo que le garantiza una vida útil mayor para su empresa y menor cantidad de mano de obra para el mantenimiento, lo que se resume en un ahorro en tiempo muerto.

La transportadora de la llenadora sólo puede operar a una velocidad constante, esta va de acuerdo con la cantidad de producción que se encuentra diseñada.

Al no poder disponer de una variación de velocidad, se llegó a la idea de agregarle otros tres tramos a la línea de transporte, los cuales pueden ser maniobrados en su velocidad para poder disponer de una mayor cantidad de tiempo para poder corregir cualquier falla que pueda ocurrir en el sistema, y así el operador pueda tener mejor control del proceso.

En el momento de arrancar el proceso de llenado, la máquina llenadora, tiene que sincronizarse para el llenado correcto, el tamaño específico, sellar de una manera segura el producto en un envase fabricado de una bobina de material de empaque aséptico.

En el proceso de sincronización de arranque, la máquina desperdicia un promedio de sesenta (60) envases, los cuales pueden no tener el volumen

específico, no estar bien sellados, no tienen el tamaño establecido, o no se efectúan los dobleces en los lugares correctos.

Los envases desperdiciados que no poseen las dimensiones necesarias, tamaño, forma o volumen, representan una pérdida para la empresa, tanto en producto, tiempo de producción así como financieramente, el conjunto representa un problema que necesita ser solucionado.

Se fabricará un sistema de transporte automatizado que requiere de un menor control para el operador y así pueda ocuparse este, de otras actividades de línea por falta de suministros en la maquinaria, o le de tiempo para la corrección de fallas y no sea necesario detener la llenadora; con este sistema se minimizarán las pérdidas en un margen menor del 4.5%, esto puede representar una parada por cada 90 minutos, esta respuesta ya es mas razonable, que serían paradas debidas a la falta de suministros de materiales para la maquinaria, y la ausencia de paradas debidas a la falta de cuidado en la línea de transporte de producto.

### **3.2 Requerimientos y Restricciones**

La transportadora esta construida con una base hecha en acero inoxidable pulido 316, que es un pulido grado sanitario, este pulido evita que se adhiera producto derramado en él, producido por la ruptura de algún envase. También facilita la limpieza y evita que esta sufra daños en su estructura debido a la oxidación.

Debido al contacto con agua y químicos, los sensores que se ubican en los rieles guías, tienen que estar herméticamente aislados del exterior, teniendo comunicación de lectura de emisión de luz infrarroja del emisor al receptor

solamente por medio del lente hecho en poli-carbonato estos se encuentran instalados en sus bases con la transportadora.

Estos sensores son de uso industrial, lo que quiere decir que están hechos para soportar maltrato por condiciones extremas de temperatura como también de la humedad en el proceso de limpieza del salón.

La cadena transportadora esta hecha de un material termo-plástico, que también posee una superficie lisa, la cual impide que se adhieran materiales, es fácil de limpiar y resistente.

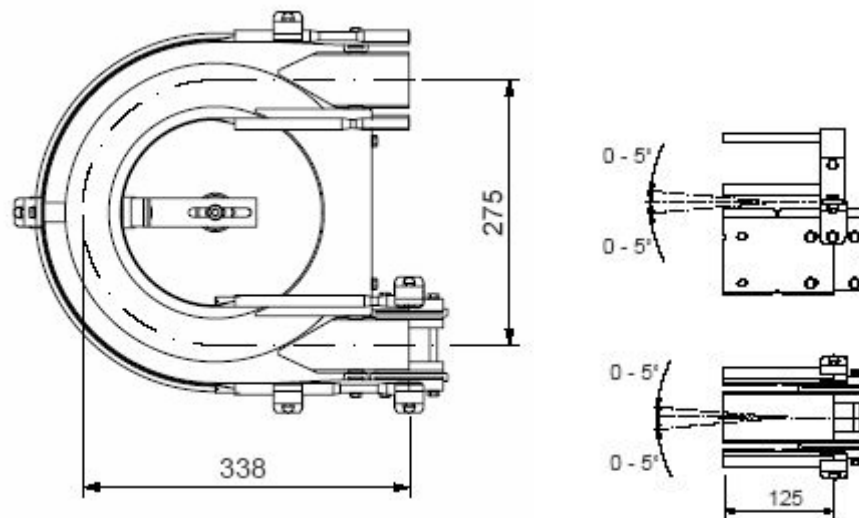
Al poseer una superficie lisa en la cadena transportadora, se tiene el problema que el envase aséptico pierda fricción, se caiga sobre la línea de transporte o se quede fácilmente trabado entre los sensores de presencia impidiendo el paso para mas envases, por eso se le colocaron unos rieles guías en la parte superior de la estructura de acero inoxidable, lo que denominaremos el cuerpo de la estructura.

La estructura es bastante cómoda para armarla, debido a que viene en piezas de rápido ensamblado, esto para formar una estructura de acuerdo a la necesidad del cliente. Consta de segmentos rectos de 50 cms. de longitud, de 100 cms. y de 300 cms., curvas de 45°, de 90° y de 180° con todos los accesorios necesarios para ensamblar una estructura, los rieles guías que se encuentran sobre los segmentos y las curvas pueden ser cotizados para la compra en una sola medida, o bien pueden ser auto ajustables en la medida de apertura para el paso del envase sobre la cadena transportadora, en este caso se ordeno auto-ajustables, esto debido a que se planea tener una mayor gama de productos en esa línea.



Para satisfacer las necesidades y cumplir con las restricciones, se ha propuesto ensamblar la línea en forma de serpiente, es decir, que el transportador es de gran longitud, pero optimizando el espacio, este tiene tramos paralelos y cinco vueltas de 180° para formar un va y viene de producto; esto brinda una mejor posibilidad de observar todo el recorrido para un mejor control, así como la opción de poder llegar a efectuar los arreglos necesarios en caso de falla en un menor tiempo ya que recorreremos una distancia menor para llegar a resolverlo.

Figura 1 **Piezas de unión para tramos**



Como puede observarse en la figura 1, las medidas de cada arco de 180° esta dada en milímetros, también se puede tener una idea de las piezas de unión para los diferentes tramos, tanto los rectos como las curvas de 90°, se tiene la disposición de poder tener ciertos grados de incerteza, tanto horizontal como verticalmente.

Se instaló un juego de segmentos de contrapeso, para evitar la falta de tensión en la cadena transportadora por segmento, este suprime los tirones

bruscos que se producen en los cambios de velocidad, o la puesta en marcha de la misma, esto evita que se ocurran caídas de envases en la transportadora.

Existe el segmento de unión de cadenas, driver, o sea donde empieza un circuito de cadena y termina otro segmento de cadena con velocidad variable, a este se encuentra instalado el motor que controla la velocidad de desplazamiento de cada segmento de la transportadora.

Estos son clave para la separación de tramos autónomos del sistema completo. Estos dos segmentos, la unión de tramos y contrapeso, tienen una longitud de 50 cms., se colocaron de la siguiente manera, primero se coloca la unión, o driver, y después el contrapeso, en la unión se encuentra ubicado el motor, este es el encargado de dar la tracción de la cadena.

La capacidad de los motores de tracción, es de 1 horse power o h.p. (potencia dada en caballos de fuerza) cada uno, estos son idénticos en modelo y marca Baldor, así se asegura que todos los tramos tengan las mismas especificaciones en cuanto a la regulación de velocidad y el par de arranque para el desplazamiento de la cadena transportadora de cada tramo independiente.

Estos se encuentran dentro de una caja hecha en acero inoxidable para protegerlos del proceso de limpieza, en el cual, el operador realiza un lavado empleando agua a presión, jabón y ciertos químicos para evitar que se contamine el salón.

Dentro de la caja se encuentra en el eje del motor un engranaje hecho de Baquelita, un material rígido, liviano, durable y de superficie lisa para evitar la adherencia de materiales, para tener la tracción de la cadena transportadora.

En la parte inferior de la estructura se coloca una bandeja que contiene el cableado para la alimentación de los sensores y de los motores, tendiendo así el sistema ordenado y de fácil acceso para reparaciones o agregados futuros, así como modificaciones.

Los gastos hechos por la empresa para este proyecto, en la compra de materiales necesarios para la realización de este proyecto son los siguientes:

Figura 2 **Cotización de Precios Totales por Empresas**

Totales de Cotizaciones		
Tetra Pak	Partes Transportadora	17673.28
California	Accesorios y Panel	11219.00
TECUN	Sensores	10600.00
SIEMENS	Variadores de Frecuencia	14310.00
INTEK	PLC	7865.00
<b>TOTAL</b>		<b>61667.28</b>
Precio Total utilizando los sensores de TECUN		61,667.28

Estos gastos sólo representan las piezas que la empresa no posee en su bodega de repuestos, ya que mucha de la estructura de la transportadora se posee en bodega, esto como resultado de sobre pedidos anteriores, como lo es la cadena transportadora grado sanitario, los motores, los contrapesos, rieles guía, pedestales, vueltas de 90°, vueltas de 180 ° y uniones.

Se puede consultar los listados detallados de las piezas que fueron solicitadas en cada compañía para comprobar los totales de cada empresa en las tablas del apéndice.

La empresa ha estado pensando en efectuar este proyecto desde tiempo atrás, pero no conseguía tener el presupuesto para la fabricación, así como el personal responsable y capacitado para la fabricación del proyecto.

Los accesorios que se compraron, han sido seleccionados por su calidad, así como por su precio, ya que otro propósito del proyecto es el ahorro en la inversión obteniendo como resultado un sistema de transporte durable, eficaz y confiable. Se han comprado los accesorios con mayor respaldo y durabilidad, como también de mejor precio.

### **3.3 Los resultados esperados :**

Como el proyecto se propuso para una solución, se espera una corrección y reducción de pérdidas debido a paros de la maquinaria relacionada entre el proceso de llenado y aplicación de tapa plástica.

La transportadora automatizada de envase aséptico propone evitar la dependencia de un control humano continuo en el proceso de transporte de envase para su aplicación de tapa plástica.

Se propone un menor tiempo de control humano, que es muchas veces la mayor causa de fallas.

Debido a que es un sistema automatizado, este es capaz de tomar decisiones de acuerdo a las posibles fallas esperadas, las cuales fueron programadas para que este pueda ser solucionado por el mismo sistema, como lo son, el regular la velocidad para un mejor acomodamiento del envase en la transportadora y optimizar el espacio entre los envases, parar un tramo que pueda

tener una falla como puede ser un obstáculo debido a un envase trabado entre los rieles guías, evitando así que sufran deformación física los demás envases que quedan tras el obstáculo.

Se alerta al operador que la línea tiene una falla por medio de una señalización lumínica, se decidió en una serie de alarmas lumínicas, debido a que el operador puede no escuchar si fueran sonoras debido al ruido que existe por el funcionamiento de la demás maquinaria operando en el salón.

Si ocurre el caso que uno o varios envases se encuentran botados en la transportadora, o sea que no van parados, en una forma vertical, el PLC es informado por medio de dos sensores de presencia la mala posición del envase.

Al recibir la señal de un objeto en forma incorrecta, el PLC toma la decisión de eliminarlo por medio de un selector; este selector es electro-neumático, el cual saca por medio de un émbolo al envase de la transportadora empujándolo hacia un recipiente, el operador puede tener acceso al recipiente y colocarlos de nuevo en la transportadora de manera correcta.

Al ahorrar tiempo con el control del transporte del envase, el operador puede tener mayor oportunidad de hacer correcciones o de abastecer la llenadora con las bobinas, las cintas adhesivas, o llenar de pegamento al aplicador de tapas plásticas, o poner mas tapas plásticas al aplicador, hacer posible un ambiente menos estresante para el operador, y así garantizar una producción mas eficiente de néctares en envase aséptico para la planta de alimentos.

Cuando se consigue tener un mejor sistema de transportación para el envase, este sufre menor probabilidad de sufrir daños por rozamiento en los rieles guías, no sufre deformaciones debidas a la fuerza ejercida por una fila de

envases como producto del estancamiento en el desplazamiento de los envases por algún tipo de obstáculo en la línea.

Se obtiene mayor ganancia como resultado del transporte automatizado eficiente y seguro de envase aséptico, debido a la menor cantidad de tiempo requerido para la producción y menor cantidad de desperdicio de recursos en la planta.

Se logra tener una mejor oportunidad para encontrar accesorios y repuestos para este sistema de transporte automatizado, debido a que esta construido con materiales que podemos encontrar en el mercado local; también se tiene la ventaja de obtener menor cantidad de mantenimiento requerido para el funcionamiento efectivo, así como la del tiempo que se ahorra la empresa por no tener que requerir de mano de obra extranjera.

El sistema de transporte automatizado para envase aséptico cuenta con la ventaja de tener un bajo costo por estar fabricado con piezas del mercado local, también cuenta la empresa con la gran ventaja de tener un sistema personalizado a sus requerimientos de producción, por lo que este sistema se ajusto a las necesidades de la empresa, y no se tuvo que ajustar la maquinaria de la empresa a las necesidades del sistema de transporte.

Esto hace que la empresa pueda efectuar los ajustes de programación en el momento que sea requerido por algún nuevo tipo de cambio al necesitarse una ampliación o modificación de la línea de transporte de envase aséptico.

En la figura 3 se muestra el recorrido que hace el envase sobre la transportadora automatizada. En ella se muestra la entrada de envases, se indica con una flecha la salida de igual manera, esto se hace para comprender el

desplazamiento lineal que tiene el envase en su recorrido por la transportadora junto con sus segmentos de velocidad variable.

Se puede tener de una forma detallada la cantidad de cambios de dirección que se emplearon para poder armar el sistema de transporte, en el Apéndice B en la figura 6 se observa que el sistema de transporte atraviesa un muro, el cual sirve para aislar de la alta temperatura del equipo a la llenadora, la que se encuentra en un cuarto con temperatura controlada, esta se mantiene a unos 25 °C.

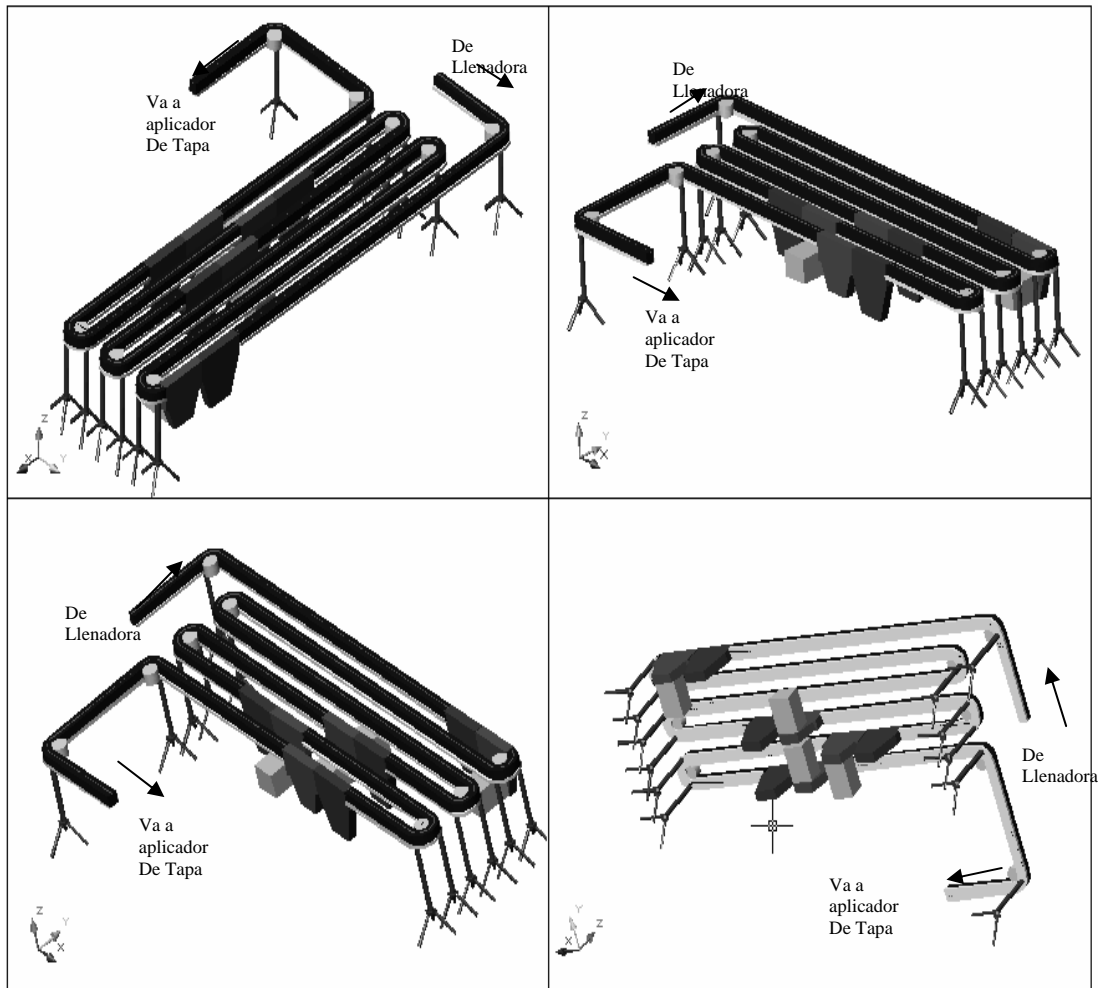
El trayecto cambia de dirección a la transportadora para evitar que se acumule el producto, de esta manera se está optimizando el espacio. Se muestran algunas medidas de longitud importantes, así como los tramos que conforman a todo el sistema.

Esta figura puede ser consultada también desde el apéndice con vistas tridimensionales para un mejor detalle de los componentes que esta requiere para el transporte, es en este apéndice donde se muestran algunas especificaciones de las partes que forman este sistema de transporte automatizado para envase aséptico.

Se muestra la localización de los puntos en que se encuentran ubicados los sensores de presencia para la regulación de velocidad por medio del PLC.

Se tiene todos los datos importantes de los diferentes componentes físicos que han sido empleados para conseguir la estructura funcional que sea apta para la industria alimenticia cumpliendo con las normas de sanidad, así como los requerimientos de transporte de envases asépticos requerido por la Planta.

Figura 3 Vistas Tridimensionales de Transportadora Automatizada para Envase Aséptico



VISTAS TRIDIMENSIONALES DE TRANSPORTADORA AUTOMATIZADA PARA ENVASE ASEPTICO

Se aprecia en esta figura las vistas tridimensionales de la transportadora, así como el sentido de circulación del envase, las cajas rectangulares son los motores de tracción. Se puede hacer una mejor referencia en el Apéndice B para unas vistas más amplias para un mejor detalle de las piezas unidas a la estructura.



En la figura 4 se muestran algunas dimensiones importantes que se consideraron como restricciones de fabricación. Se puede observar los puntos en que se encuentran los tramos selectores de envase en posición horizontal, para la eliminación mecánica, así como la ubicación de los sensores de presencia correcta de envase en la entrada del aplicador de tapa plástica.

Se puede observar la ubicación de cada motor, los sensores, y donde se encuentran ubicados los eliminadores de envase botado, también se puede ver la posición de los tramos de tracción, así como los contrapesos.

La ubicación del panel de control, en un lugar a la vista, tanto desde la llenadora así como desde la empacadora, y prosupuesto cerca de la transportadora. Se tiene en la figura, las vistas del panel, del diseño externo como del interno.

El panel que esta hecho en acero inoxidable, se muestra en las figura 5, se pueden ver, la tapadera, o parte exterior, y en la parte interior, esta muestra como se encuentran puestos los componentes controladores del sistema transportador.

Figura 4 Transportadora propuesta Automatizada para envase Aséptico para la Planta de Alimentos Maravilla

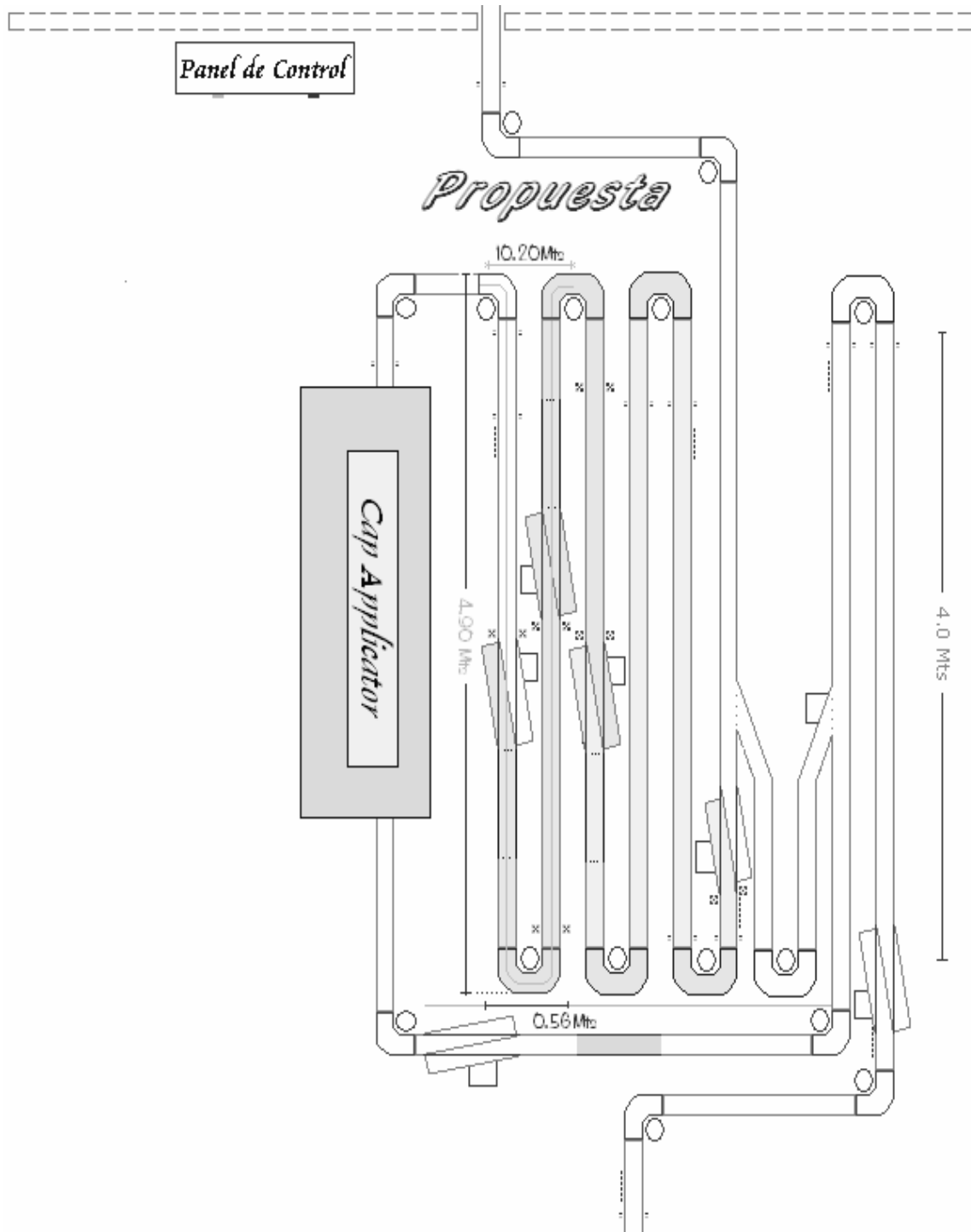
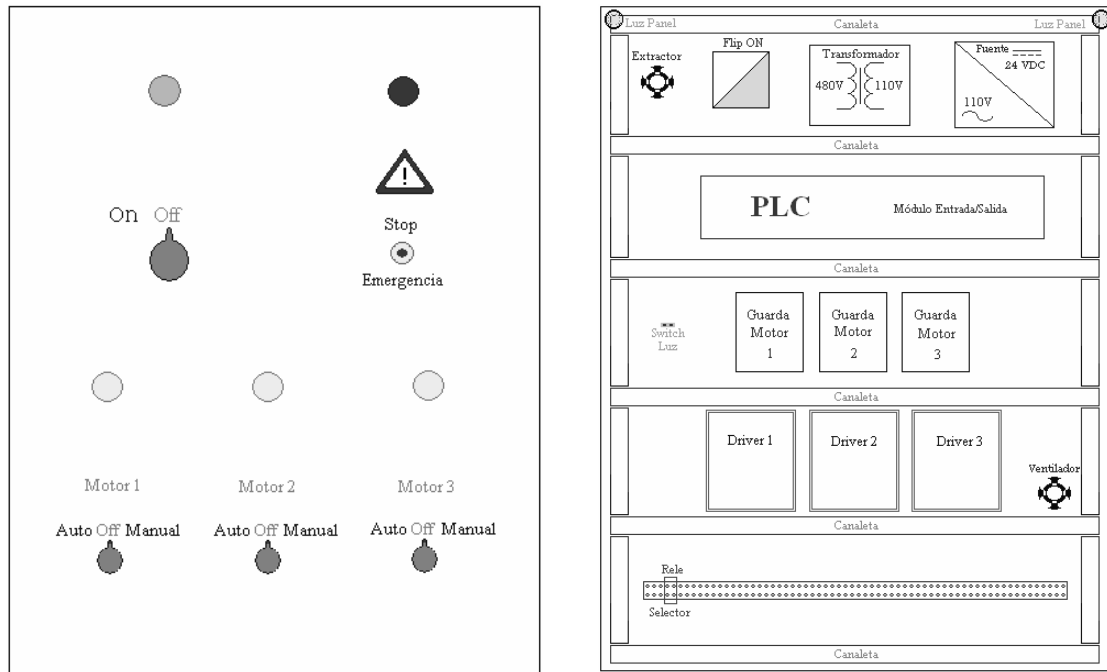


Figura 5 Vistas frontal e interna del panel de control



Se aprecia que en la parte exterior, se puede visualizar rápidamente las manecillas de posición de encendido o apagado, así como la señalización lumínica. Se tiene un fácil acceso para el interruptor estilo hongo para efectuar un paro de emergencia, debido a la buena señalización para ubicar donde se encuentra el botón de paro de emergencia.

En la parte interna se puede apreciar la posición de cada componente, así como la ubicación de la iluminación y de ventilación. Se tiene una buena vista en el momento de hacer algún tipo de cambio o reparación del sistema de control.

El interruptor principal se encuentra localizado en la parte superior izquierda, cerca del extractor de aire. Teniendo una buena iluminación el operador puede acceder a las conexiones y corroborar si esta todo en su lugar, si es que un contacto no se encuentra bien apretado, o si se ha zafado alguna Terminal.

El PLC esta ubicado en la parte superior central, esto para que se de fácil acceso el Terminal que sirve para el enlace entre el PLC y un computador, aparte de estar en medio de la trayectoria del flujo de la ventilación. Los guarda motores y los Drivers se encuentran la parte inferior cerca del ventilador, ya que estos son los que generan mayor cantidad de temperatura.

## 4. PROGRAMACIÓN DEL PLC

Para la programación del PLC es necesario conocer el lenguaje que se va a utilizar, ya que los PLC pueden ser programados bajo varios tipos de programación, que puede ser: *el lenguaje en escalera, lenguaje booleano y lógica de estado o grafcet.*

En nuestro caso la programación está basada en un formato de lenguaje en escalera. Esta forma de programación está basada en la función de componentes presentes para cada proceso.

La programación de lenguaje en escalera, está hecha en una plataforma de conexiones de componentes, esto hace que el programador pueda realizar el diseño del programa en base a las conexiones presentes en la maquinaria que estará controlada por el PLC.

Gracias a la gran ventaja de programar en escalera, se puede tener una mejor visión en el funcionamiento de cada componente, y la función de desempeño de componentes en cada parte del proceso, de esta manera se puede efectuar una evaluación rápida de que componente se encuentra actuando en cada fase de cada procedimiento para el proceso de transporte de envase en nuestro sistema.

Todo el proceso de programación nace de una ecuación booleana, esta es el resultado de la necesidad de respuestas esperadas debidas a cada posible caso considerado en una transportadora de envase aséptico.

Para poder obtener los resultados deseados es de gran necesidad poder evaluar las posibilidades de fallas o mal procedimiento en las rutinas de evaluación para las

decisiones correctas en el control y corrección de posibles fallas en forma automática por la transportadora. Así que, se le da un seguimiento de control para observar el comportamiento del sistema de transporte automatizado para envase.

Si se llegará a encontrar una falla en el funcionamiento, ya sea por falla mecánica, eléctrica o de programación, se tiene que corregir de la mejor manera posible para que este sistema trabaje de una manera eficiente y se garantice a la empresa que el trabajo realizado, para optimizar recursos, es de buena calidad, eficiente y confiable; de esta manera se brinda un transporte óptimo de producto, y así, cumplir con las expectativas de la empresa para mejorar su producción por medio de la mejora de un proceso.

#### **4.1 Lenguaje de Programación**

No todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Las consideraciones para referir las ventajas que proporciona un autómata de tipo medio son que puede ser programado con un lenguaje en escalera, lenguaje booleano y lógica de estado o graficet.

Teniendo en cuenta que el PLC puede ser programado de varias maneras, y se puede tener la opción de elegir, se ha tomado la decisión de emplear el lenguaje de fácil entendimiento y de mayor versatilidad de programación, se elige el lenguaje en escalera. Un PLC no entiende que es una bobina, un contacto, etc. Por lo que hay que programarlo adecuadamente para que pueda hacer trabajar los componentes conectados a él.

Con el lenguaje de programación tipo escalera, no es necesario dibujar el esquema de contactos, debido a que ya está incluido en el programa compilador de operación del Controlador Lógico Programable, en su memoria se almacena de tal forma que este puede operar sin necesidad de un control continuo, cuando está bien elaborado.

También cuenta con la ventaja de no necesitar la simplificación de las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.

Primero tenemos que traducir todos los componentes que se emplean en el sistema de transporte de envase, en símbolos que el PLC pueda entender, ya que el PLC no entiende términos como interruptor, relés, luces, etc. El los interpreta como entrada, salida, contacto, etc.

El PLC no detecta que clase de dispositivo tiene conectado como entrada o como salida, solo es de interés si se trata de una entrada o de una salida.

Se reemplaza la batería, o fuente, con símbolos. Este símbolo es común en todos los diagramas en escalera, se observan lo que llaman barras bus. Estas barras son nada más que dos líneas verticales, una en cada lado de la pantalla, se toma el lado izquierdo como el lado de voltaje positivo (+), y el derecho como tierra o negativo (-). Luego se considera el flujo de corriente de izquierda a derecha.

Seguidamente se le dan a las entradas un símbolo. Como ejemplo, tenemos una entrada del mundo real (un interruptor) se le da el símbolo de -] [-, a la entrada en que se encuentra el interruptor conectado. Este símbolo puede ser empleado también para los contactos de relés.

-] [- Símbolo para representar contactos NO (normalmente abiertos).

-]/ [- Símbolo para representar contactos NC (normalmente cerrados)

Luego se le dan símbolos a las salidas. Como ejemplo, si tuviéramos conectada una sirena, le damos a la salida en que esta conectada físicamente la sirena, el siguiente símbolo -O-, este símbolo también se emplea para representar las bobinas de relés.

-O- símbolo para representar bobinas o funciones (bits)

Se tiene que considerar que esta simbología es la que emplea este programa en particular, el RSLogix 500, puede que varíe en forma según el programa que se emplee para programar su PLC.

Figura 6 Lenguaje por función de conexión.



En la figura 6 se tiene una muestra de la simbología empleada por el programa RSLogix 500, se puede ver la forma de direccionamiento que se le da a cada componente, así como de la función que genera para controlar una salida.

Segundo: Se programa al PLC para indicarle en donde se encuentran localizados todos los componentes, es decir, le damos una dirección específica a



cada dispositivo conectado físicamente en el PLC. Las direcciones vienen en un formato para distinción entre entrada o salida.

Cada fabricante maneja las direcciones de diferente manera, en nuestro caso la identificación del direccionamiento se facilita gracias al programa compilador RSLogix 500, este nos define si cada contacto esta ocupado o vacío, ya que cuando se le da una dirección ya ocupada, este nos muestra el nombre que le dimos a ese contacto.

En caso contrario, se le asigna un nombre, el programador puede nombrarlo a su discreción, de preferencia se le dan nombres de la función que realiza, por ejemplo interruptor 1, luz On, sensor 11, etc.

Como paso final, se tiene que dar una secuencia lógica de eventos al diagrama. Este paso requiere atención, ya que de este depende la lógica de secuencia para el funcionamiento ordenado de la transportadora.

El programa escrito le indica al PLC que función debe ejecutar para un evento en particular. Como un ejemplo, de nuestro caso, cuando el operador acciona el interruptor de Emergencia, el PLC acciona la alarma visual y detiene la marcha de los motores.

Para programar el PLC es necesario emplear un programa compilador, en este proyecto se empleó el RSLogix 500, este es un compilador que se ha utilizado para grabar en la memoria del PLC el programa diseñado para esta transportadora específicamente.

Este programa graba tanto en la memoria del PLC como en la de la computadora empleada para programar a este. Esto es para poder tener una

copia de seguridad del programa que esta ejecutando el PLC. Todos lo cambios pueden ser hechos de manera rápida y sencilla utilizando un cable desde el puerto serial del computador y puede ser evaluado mientras esta corriendo el programa, con la función Verificar Proyecto que viene en el programa, se puede indicar en que línea no se ha colocado de forma correcta el orden o si existe ambigüedad de funciones.

El programa esta hecho en una plataforma que puede ser empleada para varios modelos de PLC's. Se puede tener acceso a su librería de definiciones de componentes desde la ventana de ayuda, para el empleo correcto de estos en sus diferentes opciones de aplicación.

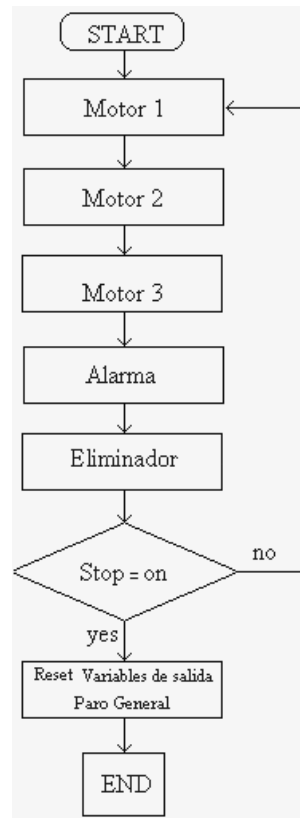
Para tener una mejor idea, el programa se encuentra en el apéndice, ahí se muestra el programa completo, con los tiempos reales empleados para la aplicación específica del funcionamiento de nuestra transportadora automatizada para envase aséptico.

## **4.2 Función de componentes en cada proceso**

Se puede tomar todo el sistema de transporte como uno solo algoritmo, pero con tramos con funcionamiento independiente en la toma de decisión para cada proceso, o bien, pueden trabajar en funciones conjuntas, cada segmento de la transportadora automatizada consta de una serie de rutinas.

En una programación normal, se puede efectuar un algoritmo de funciones, se puede tomar cada comando o subrutina para ejecutar una serie de tareas programadas en un algoritmo de funciones. Para demostración de este programa, en la siguiente figura aparece el algoritmo principal de funciones para cada tramo.

Figura 7 Algoritmo por Funciones de Componentes



En la figura 7 se puede observar la forma ordenada de proceso de información del Controlador Lógico Programable.

Empieza con una subrutina llamada Motor 1, al terminarla continúa efectuando la subrutina Motor 2, y así continua procesando hasta llegar a la bifurcación de decisión llamada: Stop = on, donde si se cumple con la condición, el proceso termina efectuando un reset de las variables de salida, lo que indica un paro general, de lo contrario, el proceso se mantiene actuando como un circuito en lazo cerrado.

Cada subrutina se nombró de acuerdo con cada tramo que tiene la transportadora automatizada, incluyendo la fase de selección o eliminación de envases botados sobre la cadena, esto es debido a la independencia de tramo que se desea tener.

Aquí podemos tener velocidades distintas, o sea que si el tramo 3 esta obstaculizado, el tramo 2 puede estar desplazando el envase a la velocidad normal, y puede que el tramo 1 se encuentre en la velocidad media, o sea despacio, la cual nombramos slow en el programa en escalera.

Cada tramo es controlado en velocidad de desplazamiento de envase de acuerdo a la lectura que se recibe desde los sensores ópticos que se encuentran ubicados en el inicio y casi al final de cada tramo respectivamente.

Entonces de esta manera el PLC conoce cuál tramo es el que se encuentra con mayor cantidad de envase y cual no, este toma la decisión de poner el tramo en una marcha normal, despacio o efectúa un alto, ya sea a un tramo o a dos, o si es necesario a los tres.

Al controlar la velocidad de desplazamiento, el envase sufre menos cantidad de deterioro debido a la presión que ejercen los envases sobre ellos mismos al estar estos obstaculizados en su paso y la cadena continúe en movimiento.

Se dispone de mayor cantidad de tiempo para efectuar una corrección en el sistema de transporte, y se disminuya la cantidad de paradas de la llenadora, lo que nos garantiza una menor cantidad de producto desperdiciado, la cual nos garantiza menos perdidas de producción.

En la subrutina nombrada Eliminator, el PLC Recibe la lectura desde un par de sensores ubicados en una forma vertical, a los que se les denomina Sens Up y Sens Down, ubicados en cierto punto de la transportadora, la cual posee en un solo costado rieles guía, al detectar solo un sensor, Sens Down, esto le indica al PLC que el envase se encuentra botado, por lo que se requiere que se elimine de la transportadora, caso contrario el Cap Applicator detectara una falla en el sistema y detendrá la producción hasta que el operador llegue a removerlo, por esta razón se implemento el selector de envase.

### **4.3 Variables a manejar**

En el programa para el control de la transportadora automatizada, se manejan como variables del programa: Las velocidades de operación de cada segmento de operación individual que depende del funcionamiento de un motor individual con sus respectivas alarmas visuales y el selector de envase mal colocado.

El manejo de las velocidades de cada segmento, nos permite que se acomode el envase solo donde este sea necesario, maniobrando la velocidad de desplazamiento a los tres segmentos de una manera individual, pero si los tres segmentos se encuentran con problema, el sistema agrupa estas variables ejecutándolas en el programa como a una sola variable y la procesa para ejecutar la función de alarma.

Según se puede observar en las gráficas, en cada subrutina se emplean diferentes variables, el nombre de cada subrutina proviene del segmento o proceso que efectúa un trabajo específico en todo el proceso que lleva el envase para su de transporte y nuevo proceso.

Figura 8 **Funciones por Tramo**



Como se observa, las subrutinas vienen en función de los componentes que interactúan en cada segmento de la transportadora, todo el conjunto de subrutinas que conforman el programa, elaborado como un algoritmo, puede ser consultado en el apéndice, esto para tener un mejor conocimiento del programa y su funcionamiento cíclico de acuerdo a las decisiones tomadas en cuenta para una función específica.

Los sensores que se encuentran ubicados en el inicio y casi al final de cada tramo, son los que dan la lectura de la acumulación y no acumulación de envase sobre la transportadora.

Haciendo referencia de un solo tramo, la lógica del algoritmo nos indica un recuento de tiempo en el primer sensor, por lo que si se cumple, el motor reduce la velocidad de su marcha, si esta señal persiste, junto con la señal del siguiente sensor ambas en función AND, el sensor que se encuentra ubicado casi al final del tramo, entonces se efectúa un paro, el cual puede ser momentáneo.

Esto porque si no esta obstaculizado el paso del envase, el tramo anterior despejará el sensor del inicio y esto es interpretado como marcha, al empezar con el desplazamiento se vuelve a despejar el segundo juego de sensores, por lo que el motor solo dará marcha lenta, hasta que se normalice el flujo de envase, entonces los tramos estarán en marcha normal.

Mientras un tramo este en conflicto, no se encuentre operando a velocidad normal, el PLC ejecuta la función de cambio de frecuencia de operación del motor del tramo correspondiente, pero también informa al operador, enviando una señal por medio de una alarma óptica, esta es una luz que parpadea, indicando el tramo en conflicto.

Esta luz se encuentra en el panel de control, donde es de fácil visualización para el operador, para que sea rápida la corrección si es necesaria en la transportadora o en la taponadora, Cap Applicator.

La velocidad normal de deslizamiento de envase vista desde el motor en frecuencia, es de 60 Hz, que se traduce en desplazamiento a 37 cms/seg, esto es equivalente a 2.7 seg por metro de desplazamiento.

A esta velocidad se efectúa el recorrido de 30.2 mts en 81 segundos, se llenaria en cuestión de 4.36 minutos en relación a la producción.

En velocidad lenta, o Slow, de desplazamiento de envase, el motor trabaja a una frecuencia de 40 Hz, que se traduce en desplazamiento a 24.5 cms/seg, esto es equivalente a 4.05 seg por metro de desplazamiento.

Mientras que en esta velocidad se llevaría 123.3 segundos en transportar un envase hasta el aplicador, lo que equivale a unos 2 minutos, con 42 segundos de retraso que la velocidad nominal.

Se puede ver que el operador puede contar con un tiempo máximo de 265.6 segundos, o sea 4.43 minutos para efectuar una corrección o ajuste.

Otro caso es el de la ausencia total de envase, los sensores proporcionan la lectura de carencia de envase sobre la transportadora, lo que provoca que exista un paro de motores para un ahorro en el consumo de energía.

Cuando el sistema esta en ahorro de energía, la luz piloto de cada tramo se encuentra apagada, pero la luz de On general permanece encendida, indicando que el sistema esta funcionando normalmente, solo se encuentra esperando que llegue producto en el sistema para iniciar la marcha.

Con la opción del selector, que en el algoritmo se ve sencilla, esta puede ser empleada cuatro veces en la transportadora, pero surge la idea de poder probar de una forma mecánica y mucho mas barata en el proceso de eliminación de envase botado sobre la cadena de la transportadora, así que se eliminaron tres.

Estos tres segmentos selectores se encuentran ubicados en la parte media de cada proceso de manipulación de velocidad, y el selector se encuentra en la parte final de la transportadora.

En un segmento anterior al Cap Applicator, esto es debido a que aquí se produce una acumulación temporal de envase, y debido a la fuerza que ejercen los envases entre ellos debido a la tracción de la cadena, estos envase botados no



pueden ser eliminados vía fuerza gravitacional, así que se requiere de una mayor fuerza para efectuar la eliminación al sacarlo de la línea.

#### **4.4 Ecuación Algorítmica**

La ecuación responsable de la elaboración del programa interno para el control de la transportadora automatizada para envase aséptico en la planta de alimentos, nace a partir de la necesidad de hacer funcionar correcta y eficientemente el transporte de envases en una forma que requiera una menor cantidad de supervisión humana, es decir que se comporte de una forma autónoma.

Se tomó en cuenta en que momentos se requiere que funcione la transportadora, considerando el funcionamiento deseado, se proponen la situación de funcionamiento normal, en la que la transportadora opera normalmente, se esta explicando en la operación individual de cada tramo, en el momento que se empieza a acumular envase en la cadena transportadora y se forma una larga fila debido a que la acumulación sigue dándose, se debe de proteger el envase manteniendo su forma física reduciendo la presión ejercida por la acumulación, esto hace necesario una reducción de velocidad, si persiste la acumulación después de realizada la disminución de velocidad, es necesario parar el desplazamiento de la transportadora, ya que la acumulación entonces es producida por una falla que puede ser producida en el trayecto de la transportadora, o bien en el aplicador de tapa, o hasta en el paletizador.

Al efectuar el paro de transporte, se debe de notificar al operador que el sistema ha tenido que ser detenido por motivo de falla. Se va deteniendo tramo por tramo, notificando al operador de cada tramo que ha sido deshabilitado, para que cuando el sistema colapse completamente, el operador ya ha tenido tiempo

para que tome las medidas necesarias para detener la llenadora, esto se hará solo en caso necesario, únicamente si el equipo siguiente no puede ser arreglado con tiempo antes que la transportadora sea sobrepasada de sus límites en el acomodamiento de envase.

La ecuación nace de la necesidad de reportar que en el inicio del tramo se encuentra producto acumulado, al pasar por lo menos 5 segundos con el sensor activado, este está ubicado en la parte final del trayecto del envase en el tramo, el sensor es nombrado con el número de tramo inicialmente, y su posición debido a la acumulación, al ser el primero en acumulación o el segundo, por ejemplo sensor 21, el PLC ejecuta la función para disminuir la velocidad.

Si la acumulación persiste, el tramo se empieza a llenar, hasta tener en un 85% de su totalidad de trayecto lleno de envase, se tiene un segundo juego de sensores que detectan la presencia de envases, por ejemplo el juego llamado sensor 22, si se tiene una función AND entre el primer juego de sensores y el segundo, por ejemplo Sensor 21 AND Sensor 22, pero que se cumpla la función en por lo menos 5 segundos que equivale a unos 52.5cms de longitud ocupada por envases sobre la transportadora, el PLC recibe la señal, y ejecuta el paro momentáneo de la línea esperando que se realice un cambio en la función AND, o sea que empiece el envase a moverse sobre la transportadora debido a que ya se ha resuelto el problema, al empezar a funcionar de nuevo el desplazamiento lineal, este inicio es de manera suave, es decir la aceleración no es alta, esto nos evita una tensión en la cadena que puede sufrir daño reventándose o se puede gastar el estriado que tienen los engranajes en el eje del motor que da tracción a la cadena.

Cuando un tramo se encuentra parado, debido a la acumulación de envases en él, se debe de dar aviso al operador para que inspeccione a qué se debe esta

detención de envases en la línea, de esta manera el operador podrá contar con tiempo suficiente para efectuar la operación necesaria y reestablecer el sistema.

El aviso de detención de tramo, es una luz apagada desde el panel de control de la transportadora que identifica el tramo, a su vez se mantiene la luz de operación encendida y la de los otros tramos que se encuentren operando correctamente, a menos que algún otro tramo se encuentre detenido, su luz de tramo también se encuentra apagada. La luz apagada es una luz por tramo, de esta manera el operador podrá identificar en donde es el problema desde que observa la alarma lumínica. Para poder observar La configuración del panel se puede hacer referencia en el apéndice.

Si se sufre un error de comunicación entre el PLC y el Driver, se tiene la opción de poder observar una clase de alerta lumínica, esta consiste en una luz intermitente la cual esta indicando en que tramo existe conflicto de comunicación. La luz de operación general se mantendrá encendida, esto para informar que el sistema esta operando bien, pero solo ese tramo en particular tiene conflicto de comunicación con el PLC.

Este sistema automatizado de transporte para envase posee la función de ahorro de energía, esta función consiste en una operación NAND, esto quiere decir que cuando no hay presencia de objetos en la línea en un lapso de 45 segundos, esta puede detener la cadena de transporte de cada tramo, los motores detendrán la marcha, pero están a la espera de un objeto para empezar la marcha normal, cuando el sistema se encuentra en la función N Oper, o sea, No Operando, las luces del panel de control estarán iluminando normalmente, es decir la luz de cada tramo permanece encendida como en el caso de operación normal.

En caso de que los tres tramos se encuentren detenidos por motivo de obstaculización, se da la alerta lumínica de encender la luz de alarma desde el panel de control, esta luz permanece encendida junto con la de operación general, solo ambas luces permanecerán encendidas.

Si se tiene que detener el sistema por emergencia, se tiene en el panel bien identificado un interruptor tipo hongo el cual efectuará un paro de emergencia; si esto ocurre, se detiene por completo la transportadora, se apagan las luces del panel y solo se mantiene intermitente la luz de alarma.

#### **4.5 Respuestas esperadas**

Con un buen funcionamiento, se espera poder reducir las pérdidas de producto debidas a un paro y arranque innecesario en la llenadora de la línea de producción debido a una acumulación de producto en el transporte del envase que se transporta para la aplicación de una tapa plástica.

La corrección en la forma de transportar el envase de una forma automatizada desde la máquina llenadora hasta la maquina aplicadora de tapa plástica, o Cap Applicator, disminuye la cantidad de pérdida que se ha tenido en la empresa debido a la falta de un sistema eficaz de transporte.

En la producción se puede tener un mayor control y cuidado con el envase aséptico, ya que se cuenta con mayor cantidad de tiempo disponible para solucionar posibles fallas cotidianas en este proceso. Evitar las constantes paradas de la llenadora debidas a la acumulación de envases en la línea de transporte por el descuido del operador, o por la falta de atención debido a que el operador pueda estar solucionando alguna avería, o bien, poniendo suministros en la demás maquinaria, como por ejemplo, rellenando de pegamento los tanques

de pegamento para los aplicadores, cambiando la bobina para la llenadora, poniendo mas charolas en la empacadora o cambiando la bobina de cinta adhesiva en la llenadora, etc.

Si existe la acumulación de envase sobre la transportadora se observa que esta disminuye la velocidad de desplazamiento, al efectuar esta reducción de velocidad, se presionan menos los envases entre ellos mismos por la fuerza de empuje que tienen debido al deslizamiento de la cadena en su parte inferior, al persistir la acumulación en un tramo por 5 segundos después de estar trabajando en velocidad menor, se detiene el tramo con conflicto, si persiste la acumulación, se disminuye la velocidad de operación al tramo anterior, al persistir la acumulación de envase sobre la transportadora, se detiene también el tramo, y así hasta parar todo el sistema si es necesario. Al ir deteniendo cada tramo se produce una alerta lumínica para informar al operador que se esta produciendo una acumulación en la transportadora.

Se puede reducir la pérdida de producto por la malformación de envase, al ser este presionado en la línea por la acumulación de producto, también se eliminan los envases mal colocados en la transportadora, esto para poder evitar que el Cap Applicator detenga su funcionamiento y se tenga que esperar a que el operador corrija esta situación de falla.

El operador posee mayor cantidad de tiempo para ocuparse de sus labores de control de suministros de maquinaria y así efectuar su trabajo de una mejor manera, su desempeño es más efectivo, teniendo un mejor control en las fallas ajenas al proceso de transporte de envase.



## 5. EL PROGRAMA

Para considerar las condiciones iniciales en el momento del arranque, el PLC muestrea las entradas y procede a ejecutar las acciones necesarias para una operación óptima en transporte de envase, tomando como base inicial a los contactos normalmente abiertos como abiertos y los contactos normalmente cerrados como cerrados, teniendo así una condición inicial estable.

Cuando empieza a correr el programa, este se ejecuta demasiado rápido, que es difícil poder decir en que línea esta haciendo el proceso de lectura, de las entradas o en el estado de escritura de las salidas.

Para el momento de operar este lo hace con una secuencia lineal ordenada, es decir, comienza en la línea número 0000 (cero) del programa y lo va ejecutando en secuencia ascendente.

Se puede hacer referencia en el apéndice D, en esta sección se puede tener acceso al lenguaje y la lógica de procedimiento del programa. La simbología que se observa, es la que emplea el programa RSLogix 500. Se observan los títulos y subtítulos de los tramos, esto para poder diferenciar cada tramo, así como la función en cada rutina, los títulos separan los tramos y los subtítulos a las rutinas. Esto se hace para poder encontrar de una manera más rápida una sección deseada de acuerdo a su función.

Para entender el funcionamiento de las luces de control, así como de alarma y las posiciones de los interruptores en el panel, se tiene un diagrama en el apéndice para tener una mejor idea de lo que se trata el programa del PLC, así como las respuestas que

se ejecutan de acuerdo a la lectura que se obtiene a partir de la posición de cada interruptor en el panel de control.

Se puede observar en el diagrama de programa del apéndice D que todos los contactos tienen índices, estos nos indican de cual función provienen, si son entradas, I:0,X, al tener el subíndice Bol 1764 indica que la lectura es booleana, si provienen de una función de temporización T4:XX, DN, o si provienen de función de escritura booleana b3:1,X, o bien si se trata de una salida O:0,X.

Las X, son los números correlativos de cada componente o función, este número sirve para diferenciarlos de cada secuencia de eventos o de funciones similares en las demás líneas de programa.

En la línea 0000 del programa, se tienen varios contactos conectados en serie, se empieza con un contacto NO llamado INTERRUPTOR 1, este es la lectura de la posición real del interruptor del motor 1 en la modalidad de automático, el cual es el encargado de saber si queremos habilitar este motor para el trabajo en línea. El usuario tiene la opción de poner el tramo en marcha de forma manual, automática o deshabilitar por completo el motor, teniendo el cuidado de solo mantenerlo en automático cuando se esta produciendo en esta línea, con la precaución que no se encuentre ningún técnico trabajando en algún tramo de la línea controlada por ese motor, o que se estén realizando conexiones en el motor mismo, para evitar lesiones tanto por descargas eléctricas como por el movimiento de la cadena transportadora y los engranajes. Cuando el interruptor se coloca en posición manual, el driver, o variador de frecuencia, trabaja únicamente a la frecuencia programada de 55 Hz para que funcione el motor con velocidad constante, esta modalidad se a creado específicamente para realizar pruebas.

Sigue un contacto NC con nombre BIT EMERGENCIA, este bit es comandado con el accionamiento de un interruptor para detener el trabajo del sistema en cualquier



momento que sea requerido por falla que amerite detener la línea completa de transporte, este interruptor esta a la vista del operador, al ser accionado este interruptor, se abre nuestro contacto virtual y se detiene el proceso por completo.

Se tiene un contacto NC que tiene nombre Drive 1, este contacto tiene la función de detener el sistema al ocurrir una falla en la comunicación entre el PLC y el variador de frecuencia del motor 1. Esta función trabaja por medio de un muestreo de un contacto interno que contiene el variador de frecuencia, el cual es de función NO. Al no existir una activación del variador tenemos que hay una ausencia de corriente para el PLC el cual la interpreta como un contacto abierto. Se ejecuta una función tipo ciclo cerrado, la cual desactiva y vuelve a activar la comunicación con el variador hasta conseguir una comunicación, mientras se realiza esta función, se activa una alarma lumínica en el panel de control, una luz intermitente que nos indica en que tramo existe conflicto de comunicación entre PLC y variador de frecuencia.

El ciclo de muestreo para el estado del contacto de confirmación para el PLC se puede apreciar en las líneas 0003 hasta la 0006.

El siguiente es un contacto NC llamado Stop 1, tiene la función de detener la marcha del motor del tramo uno; el cual viene desde la función de tiempo de espera habilitado por la lectura del sensor 11 y sensor 12 que trabajan en función AND, al estar ambos con lectura de encendido por un intervalo de 5 segundos continuos. Al tener producto detenido sobre la transportadora o un exceso, los sensores están encendidos continuamente indicando que es necesario hacer una pausa en el movimiento de envases. Se emplea un temporizador para que restrinja el cumplimiento de esta función; esta línea de programa puede ser observada con número 0008, el lector puede hacer referencia en el apéndice D para tener una mejor idea de lo que se esta explicando.

Se observa por último un contacto NC llamado N Oper 1, este contacto viene de la función dada desde la línea 0010, la cual muestra que este contacto tipo Bit trabaja de la función tipo NAND, donde se tiene que cumplir la condición de ausencia de envases en el tramo 1 con una duración de 45 segundos para que se abra este contacto y así detener el tramo para la función de ahorro de energía.

Esta serie de contactos en la línea 0000 funcionando con una configuración lógica AND, son los encargados del funcionamiento de la salida o función llamada DRV1\_V1, que es la salida destinada para el driver, o variador de frecuencia 1, en el control de velocidad digital 1 del tramo 1.

Después tenemos la línea 0001 la cual consiste en casi los mismos elementos que la línea 0000. A diferencia del contacto NC llamado Show 1, el cual es un contacto con función bit que viene de la línea 0007 que es la función del temporizador que se activa de la lectura continua del sensor 11 con retardo de 5 segundos.

En el final de esta serie de contactos en la línea 0001 trabajando en configuración AND, encontramos la función de salida llamada DRV1\_V2, esto nos indica que esta destinada para el driver 1 y que controla la velocidad V2 que ya fue programada en el variador de frecuencia al seleccionar la entrada digital del driver 1. Esta velocidad es sumada con la velocidad V1 para tener una velocidad normal, o si solo trabaja el driver con velocidad V1, se tiene una velocidad lenta.

La función de las velocidades trabaja de la siguiente forma: Cuando se selecciona V1 del driver en modalidad de selección digital, este tiene en su programa la frecuencia de 45 Hz, si se selecciona V1 y V2, se le suma 15 Hz que es la velocidad V2 a V1 lo que es igual a 60 Hz. Si solo se selecciona V2, entonces el variador solo funcionará a una frecuencia de 15 Hz. De esta manera, podemos estar haciendo las variaciones de velocidades prefijadas.

En la línea 0003 tenemos una serie de contactos que trabajan de la siguiente forma: un contacto NO llamado INTERRUPTOR 1, que tiene la misma función que en las líneas anteriores, así como el contacto NC llamado BIT EMERGENCIA, le sigue un juego de contactos en función OR, que esta formado por un contacto NC llamado Drive 1, este tiene la misma función que las 2 líneas anteriores, el muestreo del contacto de confirmación de comunicación entre PLC y Driver. El otro contacto NO llamado Clavo 1 es en función paralela con la función Driver 1, este efectúa una función de contacto intermitente, la cuál nos da una alerta para identificar la falta de comunicación entre PLC y Driver.

Esta función de intermitencia esta dada en las líneas de la 0011 hasta la 0013 La intermitencia esta dada por luz encendida con duración de  $\frac{3}{4}$  de período y  $\frac{1}{4}$  de período apagada, lo que llama mas la atención visual, en lugar de una luz intermitente de igual período para el momento de encendido como de apagado. El juego de periodo de intermitencia se logra al conjugar la función de OR entre los dos contactos NC Driver 1 y el NO Clavo 1.

Le sigue un contacto NC llamado Luz 1, el cual viene de la función ubicada en la línea 0009, esta es en función AND de sensor 11 y sensor 12 con tiempo de ocurrencia de evento de 5 segundos, así como la función en la línea inicial 0000 llamado Stop 1.

Al final de esta línea tenemos la salida llamada LUZ\_1, que funciona de acuerdo a la configuración AND de todos los contactos antes mencionados en esta línea de programa número 0002. Esta luz funciona si el tramo esta funcionando correctamente y se apaga al existir una acumulación prolongada, o por parada de emergencia, o bien, esta en forma intermitente cuando hay conflicto de comunicación entre el PLC y el Variador de Frecuencia encargado del tramo1.

Se muestra un subtítulo llamado Rutina Comprobación DRIVER 1 Activado. En la línea 0003 tenemos un contacto No llamado Contc DRV1 que manda la función llamada DRV 1. Este contacto viene físicamente desde el Variador de Frecuencia 1, del tramo 1, por eso viene el nombre de la función, abreviatura de Driver 1.

En la línea 0004 tenemos una configuración OR entre un contacto NO llamado DRV 1 y la función AND de los contactos NC DRV 1 e Idle 1 estas dan lugar a una función para activar un temporizador llamado Tiempo 1, que dura 50 milisegundos en ocurrencia, Al estar activada la condición de operación por lo menos en un lapso de 50 milisegundos, este activa un Bit llamado Tiempo 1, que actúa de acuerdo a la configuración que se le de, este lo veremos en el siguiente renglón. El contacto llamado DRV 1 es en función de Bit, por eso es que puede ser representado como un NC o un NO.

En la línea 0005 aparece un contacto NO que trabaja en función del bit Tiempo 1, la función de temporización llamado Idle 1, se activa al transcurrir un tiempo de duración de 10 milisegundos con el contacto cerrado. Esta función sirve para garantizar un tiempo intermedio de ocurrencia de estado del renglón anterior.

En la línea 0006 se muestra una función AND de dos contactos NC llamados DRV 1 e Idle 1, sus funciones de control aparecen en las líneas anteriores, estos controlan al temporizador llamado Drive 1. En este renglón está el control para la verificación de comunicación entre el PLC y el variador de frecuencia del tramo 1.

Aquí termina la rutina para la comprobación de comunicación entre variador y PLC para el funcionamiento del tramo 1 de la transportadora.

Aparece la rutina de control de velocidad llamada Velocidad Slow Motor, en la línea 0007 muestra un contacto NO llamado Sensor 11 el cual controla una función de

estado para un temporizador de atraso por cinco (5) segundos llamado Slow 1. Este acciona el bit para el control de velocidad del variador.

Tenemos la rutina Stop Motor 1 por Acumulación de Envase, esta función está representada en la línea 0008, en la cual aparecen dos contactos NO, nombrados Sensor 11 y Sensor 12, ambos en función AND, esta condición debe de cumplirse en por lo menos cinco (5) segundos para que se active el bit llamado Stop 1 que aparece en la primer línea 0000, la cual desactiva el bit de control digital de velocidad del variador de velocidad 1 para detener el tramo por completo.

La rutina Luz de Tramo 1 Obstaculizado es casi una réplica de la línea 8, a diferencia del nombre de la función del temporizador, llamado Luz 1, este aparece en la línea 0002, la idea de esta línea, es la de comprobar si el PLC esta ejecutando correctamente el programa que existe en su memoria, o si hay un error de lectura en la presencia de objetos. Se comprueba si solo se apaga la luz y no se detiene la transportadora, o viceversa, también se puede tener en cuenta que se puede tener una bombilla quemada y el operador no se ha dado cuenta de la falla.

Ahora tenemos la subrutina llamada: Ahorro Energía Tramo 1 inactivo, este se encuentra justo arriba de la línea 0010, donde se encuentran 2 contactos NC llamados Sens 11 y Sens 12 respectivamente, estos están en función AND, o sea en serie, este estado se tiene que cumplir por un lapso de tiempo no menor de cuarenta y cinco (45) segundos para que se active el bit comandado por el temporizador, este bit lleva el mismo nombre que el temporizador el cual es nombrado N Oper 1.

Esta línea es la responsable de poder tener un ahorro de energía si la transportadora no posee ningún envase sobre ella por un lapso mayor de 45 segundos. Es de fácil entendimiento, ya que se aprecia la condición en la que si por algún motivo no se detecta algún tipo de envase entre ambos sensores conectados en serie, estos

activan el paso de corriente para alimentar el temporizador N Oper 1, el cual empieza su conteo de tiempo hasta llegar a 45 segundos, en ese momento activa el bit llamado igual al temporizador, para desactivar la marcha del variador de frecuencia hasta que se altere esta condición por la presencia de un envase en la transportadora, como se puede apreciar en las líneas 0000 y 0001.

Luego tenemos la rutina Activación Driver 1 que empieza en la línea 0011 en la que podemos ver 2 contactos NC en función AND, estos DRV 1 e Intermitente 1, controlan el temporizador No DRV 1, el cual se activa después de que se cumple el estado y por lo menos 500 milisegundos.

En la Línea 0012 nos encontramos con un contacto NO llamado No DRV 1 que también activa otro temporizador llamado Clavo 1, este con un retraso de evento de medio segundo; sigue la línea 0013 de igual configuración, el contacto NO es llamado Clavo 1 que nos va a controlar el temporizador llamado Intermitente 1, que es el contacto que nos aparece en la línea 0011.

Esta secuencia desde la línea 0011 hasta la 0013 mantienen un ciclo cerrado de ocurrencia de evento en el que si no se detecta el contacto del variador de frecuencia del tramo 1, se mantienen mandando una señal cíclica hasta que se consiga una comunicación entre PLC y El Variador de Frecuencia. Este ciclo de comprobación también aparece en la línea 0002 que es la que controla la luz de alerta para el operador, entonces al no existir comunicación entre PLC y El Variador la alerta lumínica será una luz intermitente del controlador del motor.

Aparece en el centro el título con el nombre de Tramo 2, este separa las instrucciones y rutinas que pertenecen al tramo 2 del tramo 1. De las líneas 0014 a la 0027 se observa una secuencia de instrucciones y rutinas, con similar nombre a las del tramo 1, a diferencia del número que se encuentra escrito en el final de cada rutina

como también en los contactos, los números indican a que tramo pertenece cada línea de programa, identificando de igual manera a cada rutina en los subtítulos de comando.

Al poseer los otros dos tramos las mismas propiedades que el tramo 1, se puede conseguir que tanto el tramo 2 como el tramo 3 tengan la independencia de ejecución para cada evento que pueda surgir, trabajando los tramos en conjunto pero independientemente hace que este sistema de transporte automatizado sea la mejor manera de transportar el envase para aplicarle la tapa plástica.

Al finalizar este grupo de rutinas pertenecientes al segundo tramo, nos encontramos con otro título centrado llamado Tramo 3, que es donde inician las rutinas para este tramo, así desde la línea 0028 a la 0041 que se tiene el control del tramo 3 siempre identificando el nombre de cada rutina con su número de cada tramo por evento. En este formato tenemos como resultado una transportadora que funciona con un conjunto de tramos que trabajan independientemente de acuerdo a las condiciones de estado que se presenten en cada uno de ellos.

Tenemos como título centrado Luces de Funciones y subtítulo Luz de Funcionamiento Normal, de aquí comienza las rutinas para el comando de luces del panel de control. En la línea 0042 aparece un contacto NO llamado Switch On, que se interpreta como la posición del interruptor principal de encendido. Este comanda a la función llamada Bit On para uso posterior.

En la línea 0043 aparecen 4 contactos NO en serie, o función AND, con los nombres de INTERRUPTOR \_1, INTERRUPTOR\_2, INTERRUPTOR\_3 y Bit On respectivamente, para ejecutar la función ON.

La línea 0044 posee en serie dos contactos NO y uno NC con los nombres de Bit On, ON y BIT EMERGENCIA, respectivamente, los cuales controlan la función LUZ-ON.

En las dos líneas anteriores se tiene que cumplir que todos los interruptores del panel de control deben estar en posición Auto para que funcione correctamente la transportadora de envase. A no ser que se active el interruptor de Paro de Emergencia.

Se tiene el título Parada de Emergencia, lo que indica el inicio de la rutina. En la línea 0045 aparecen un contacto NO con el nombre de Stop General, este es el contacto del interruptor tipo hongo posicionado en el panel de control debidamente identificado como Paro de Emergencia, este contacto da vida a la función llamada BIT EMERGENCIA. En el renglón 0046 aparecen 2 contactos en serie o función AND, un NO y otro NC, llamados BIT DE EMERGENCIA y Flash on que son los que controlan la función llamada LUZ\_EMERGENCIA.

Aquí se muestra el comportamiento de la alarma lumínica en el momento de activar el interruptor de Paro de Emergencia de la transportadora desde el panel de control. El cual apaga las luces de funcionamiento normal dejando únicamente la luz de emergencia intermitente.

La rutina Parada por Acumulación de Producto en la Transportadora, localizada en la línea 0047 funciona con tres contactos NO en serie llamados Stop 1, Stop 2 y Stop 3. para la función LUZ\_EMERGENCIA. Aquí se muestra que al estar los tres tramos detenidos debido a la acumulación de producto se mantiene encendida la luz de emergencia y las demás se mantienen apagadas.



Para la rutina Luz Indicadora de Alarma de Paro de Emergencia (Detención por Emergencia), se tiene la función de Intermitencia para la Luz de Emergencia la cual consiste en la línea 0048 con dos contactos en serie, uno NO y otro NC llamados BIT EMERGENCIA y Flash Off que controlan a un temporizador llamado Flash. Este con un período de duración 250 milisegundos.

En la línea 0049 aparece un contacto NO llamado Flash que controla a otro temporizador con tiempo de duración de un segundo por ocurrencia de evento. En la línea 0050 existe un contacto NO llamado Flash On que va a controlar a un temporizador con base de tiempo de 500 milisegundos llamado Flash Off. Aquí tenemos un ciclo cerrado desde la línea 0048 a la 0050 con un período total de duración de 1750 milisegundos, manteniendo la luz encendida por 1 segundo y apagada por 750 milisegundo, se decidió esta configuración de período para llamar la atención visual del operador al no ser una luz de intermitencia constante, sino de periodos variables.

La rutina de Eliminator de Envase Botado en Transportadora se muestra en solo 2 líneas. La línea 0051 con dos contactos NO llamados Sens Up y Sens Down respectivamente que son las señales provenientes desde los sensores de presencia de envase botado, estos controlan la función llamada Elimin. En la línea 0052 tenemos un contacto NC llamado Elimin que controla la función SELECT. Se eligió el contacto NC para mantener al eliminador en posición encendida para sacar los envases de la transportadora sino se detectaba por alguna razón, al ir este en mal posición sobre la banda.

La línea 0053 solo aparece la función END, esta línea siempre aparece al final de todo programa realizado en este formato, esto para indicarle el PLC donde termina el programa para que siga el ciclo de lazo cerrado de ejecución.



## CONCLUSIONES

1. Con la fabricación de un sistema de transporte automatizado para envase aséptico que sea eficiente, se mejora la capacidad de producción como también se aumentan las ganancias, esto es a causa de una debida intervención en el transporte de envases, ya que la productividad que se ha alcanzado ha crecido como consecuencia de no tener que detener la máquina llenadora frecuentemente.
2. El sistema es de bajo costo en comparación con los sistemas que existen en el mercado, elaborado con materiales de primera calidad. Se requiere de un menor mantenimiento, así como de control constante del operador encargado del salón de producción.
3. La menor cantidad de control que requiere el proceso de transporte de envase permite al operador poseer mayor cantidad de tiempo para mantener la maquinaria en el salón abastecida, así como también, el operador goza de más tiempo para efectuar las correcciones que sean necesarias cuando se presenta alguna otra actividad en el sistema, reduciendo de esta manera la cantidad de detenciones de producción debidas a la acumulación de envase sobre la transportadora.
4. Cuando se posee un volumen alto de producción se necesita eficiencia, de igual forma se necesita poseer una transferencia de producto que satisfaga a esta producción. Se debe de mantener una serie de restricciones para poder alcanzar la calidad de un producto que satisfaga al consumidor final con tendencias exigentes.

5. Para este sistema de transporte se tiene que utilizar un conjunto de bandas grado sanitario puestas en movimiento sobre estructuras de acero inoxidable que funcionan empleando engranajes fabricados en material sanitario conectados a motores trifásicos, controlados tanto en velocidad como en aceleración, para evitar la pérdida de balance y/o de fricción de los envases sobre la cadena transportadora al existir cambios bruscos en el movimiento de cadena deslizante de material sanitario de diferente tramo, empleando en toda la estructura materiales sanitarios que poseen poco índice de fricción en su superficie debido a sus propiedades no adherentes y alta durabilidad.
6. Si falta o existe una pobre tensión en las cadenas, se produce un movimiento oscilatorio no proporcional de transporte que genera un desorden en la línea de envase provocando la caída de envases sobre la transportadora, esto tiene como consecuencia una acumulación y que se deteriore el envase por motivo del estancamiento de envases por obstrucción en la línea. En este punto, los conceptos de física, de mecánica, de sistemas de control así como circuitos eléctricos y máquinas eléctricas se hacen presentes
7. Es necesario elaborar un algoritmo del funcionamiento del programa que hace posible el transporte automatizado para la fabricación de este sistema. Con el algoritmo de ejecución de programa, se puede tener un mejor entendimiento del trabajo así como de las respuestas programadas que realiza este sistema.
8. En la elaboración de un programa tipo escalera, se efectúa un algoritmo de programa para comprender la lógica empleada en la ejecución ordenada de funciones que van de acuerdo a las diferentes fallas que pueden aparecer en el sistema de transporte de envases.

9. Se puede efectuar un algoritmo de funciones para cualquier clase de sistema, para comprender la ejecución de tareas en cualquier clase de operación que realice un sistema auto-controlado.



## RECOMENDACIONES

1. Todo sistema que sea empleado para la industria de alimentos tiene que estar fabricado con materiales que tengan propiedades sanitarias, o estar con pulidos grado sanitario para garantizar un producto libre de contaminantes.
2. Se tiene que cumplir una serie de restricciones tanto de la empresa como sanitarias así como también de seguridad industrial para elaborar el sistema de transporte de envase aséptico.
3. Para realizar la automatización en el sistema de transporte para envase aséptico, se tiene que considerar todas las posibles fallas que pueden ocurrir en el proceso de transporte, así como la solución y/o eliminación de los mismos
4. La elección de la maquinaria trabajando para este proyecto fue hecha mediante varias cotizaciones, esto para asegurar a la empresa que va ha poder encontrar repuestos en el mercado, con un buen precio, sin menospreciar la calidad de la maquinaria comprada para la elaboración del sistema de transporte.
5. Se tiene que efectuar un algoritmo de funciones para poder empezar a realizar y comprender todo el proceso del programa para la automatización del sistema de transporte.

6. Para poder realizar cualquier tipo de cambio o reparación en el sistema se tiene en sus bases los mapas de conexiones eléctricas, como el programa en escalera que ejecuta el PLC.



## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Bryan, L. A. y Bryan, E. A. PROGRAMMABLE CONTROLLERS, Theory and Implementation. Segunda Edición. Industrial Text Company Publication, 1997.
2. Siemens, MICROMASTER 420, Documentación de Usuario, 2002.
3. Angulo, José. Robótica Práctica: Tecnología y Aplicaciones, Quinta Edición, España, Editorial Paraninfo.
4. Tocci, Ronald J., Sistemas Digitales; Principios y Aplicaciones, Quinta Edición, Prentice Hall, 1993.

### **Referencia electrónica**

5. [www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/design/rslogix5-500/benefits.html](http://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/design/rslogix5-500/benefits.html) agosto-2006.
6. [www.canadu.com](http://www.canadu.com) agosto-2006.



## **APÉNDICE**



Figura 1 Formas de emisión de luz

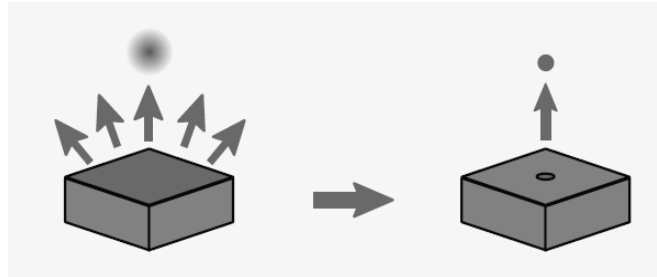


Figura 2 Recepción se imágenes según longitud de onda

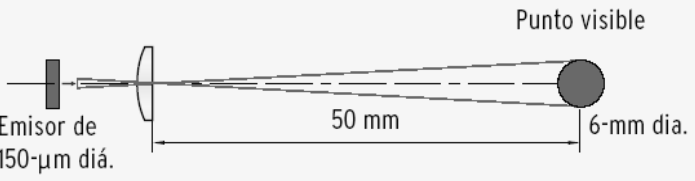
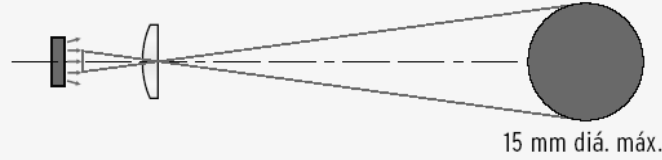
E3S-ST	 <p>Punto visible</p> <p>Emisor de 150-<math>\mu</math>m diá.</p> <p>50 mm</p> <p>6-mm diá.</p>
Tipo barrera convencional	 <p>15 mm diá. máx.</p>

Figura 3 Vista de los sensores



Figura 4 **Parámetros de los sensores**

Sensors						
Sensor type	Shape		Connection method	Sensing distance		Output form
Through-beam	Side-view				1m	Light ON
						Dark ON
	Flat				500mm	Light ON
						Dark ON

Figura 5 **Diagramas internos de los sensores**

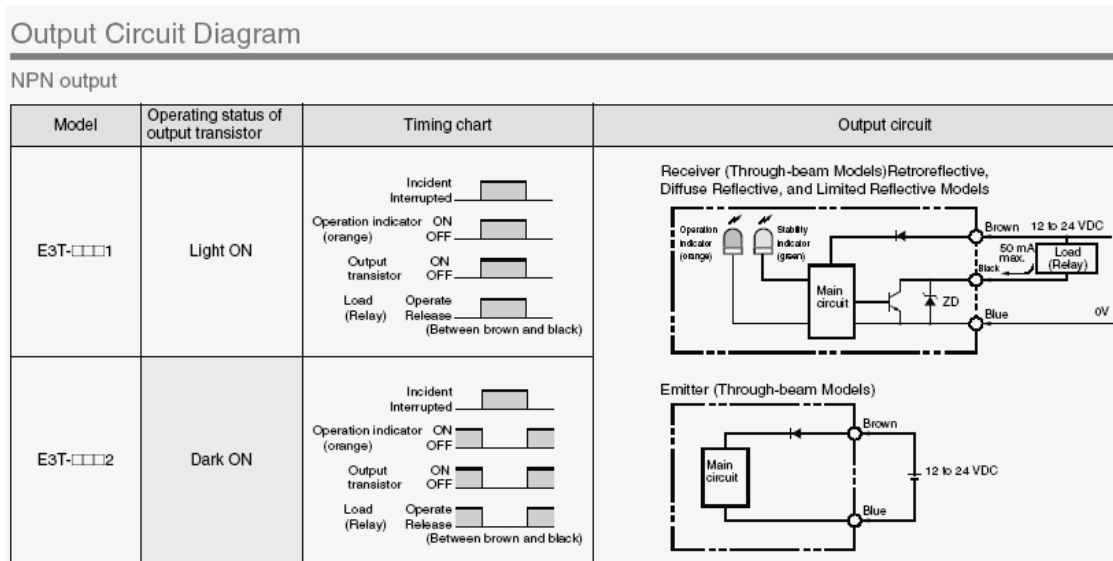


Figura 6 Cableado de Micromaster

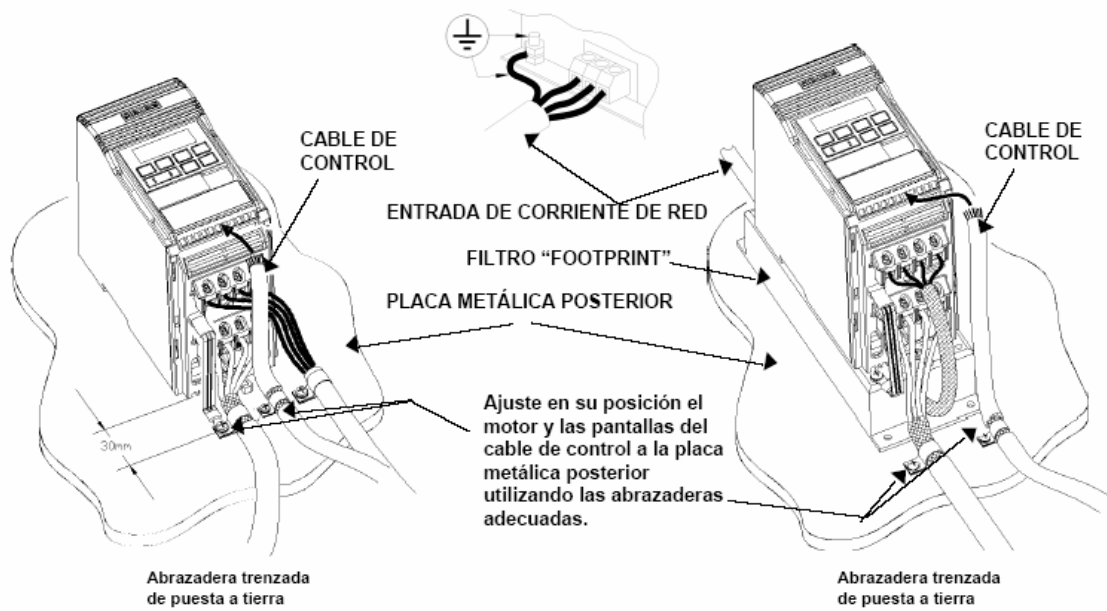


Figura 7 Bornes de Micromaster

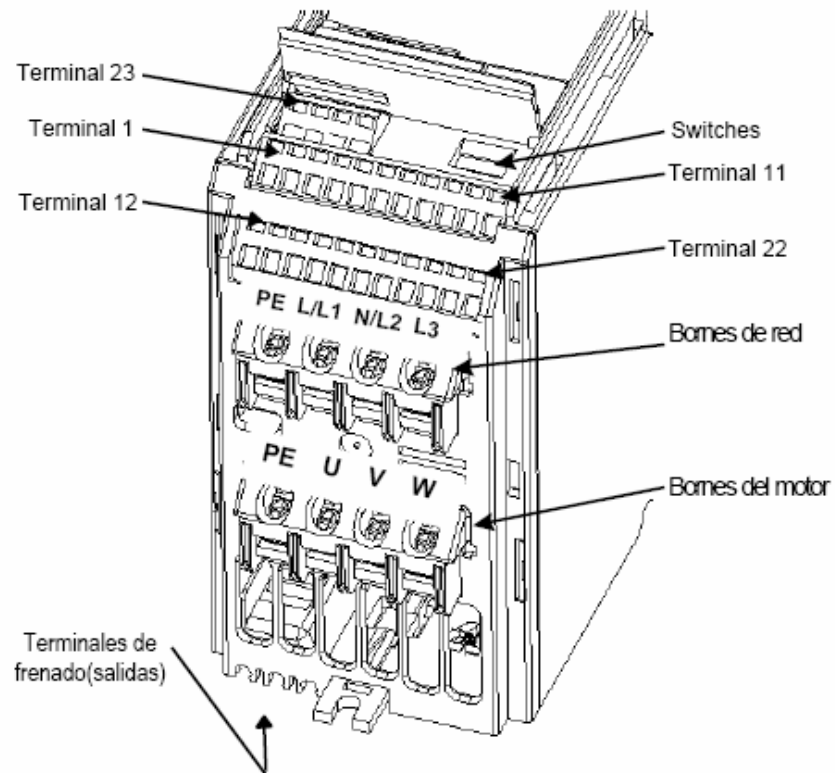


Figura 8 Diagrama Esquemático de Driver Micromaster

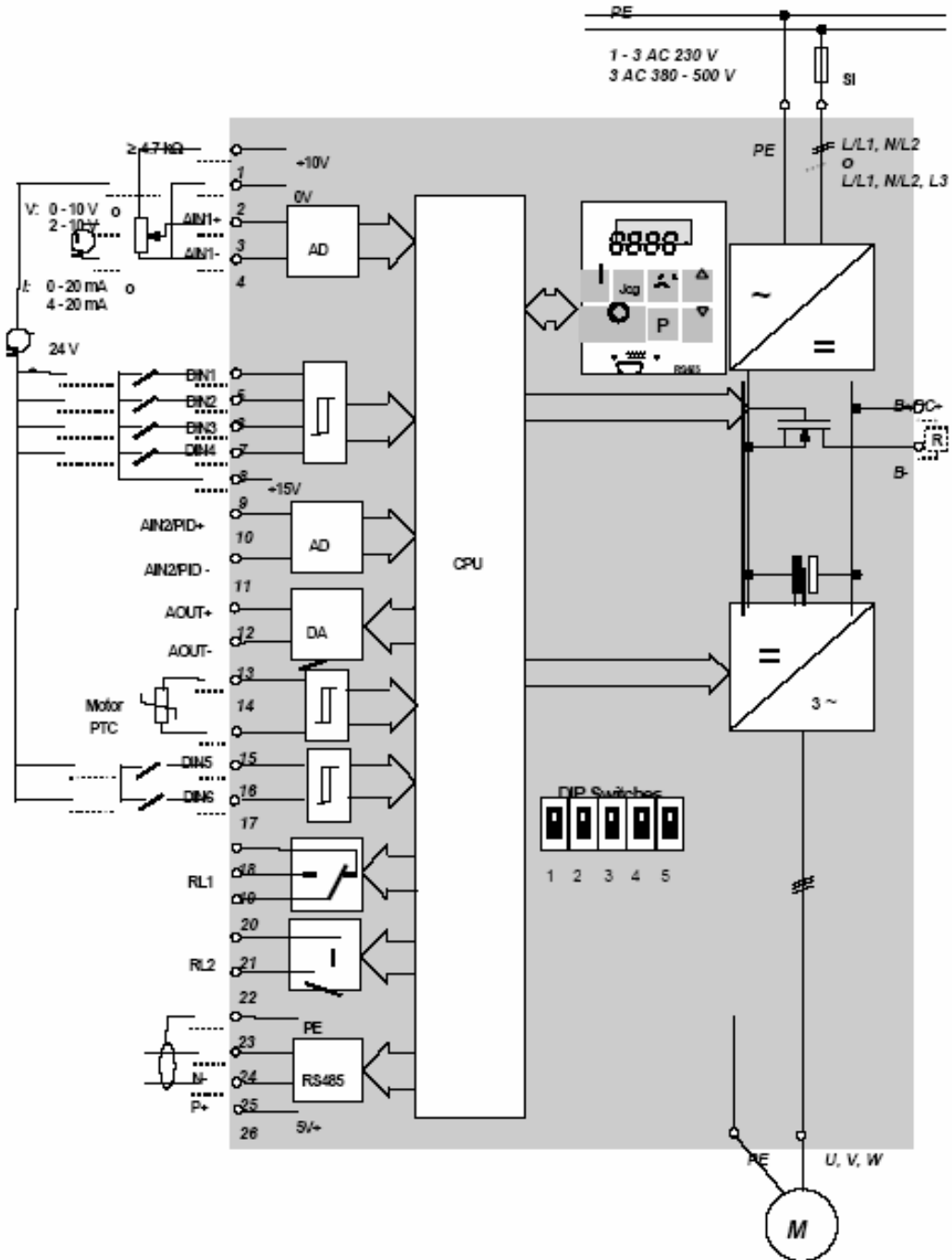




Figura 9 Panel de Programación y lectura de Driver Micromaster 440

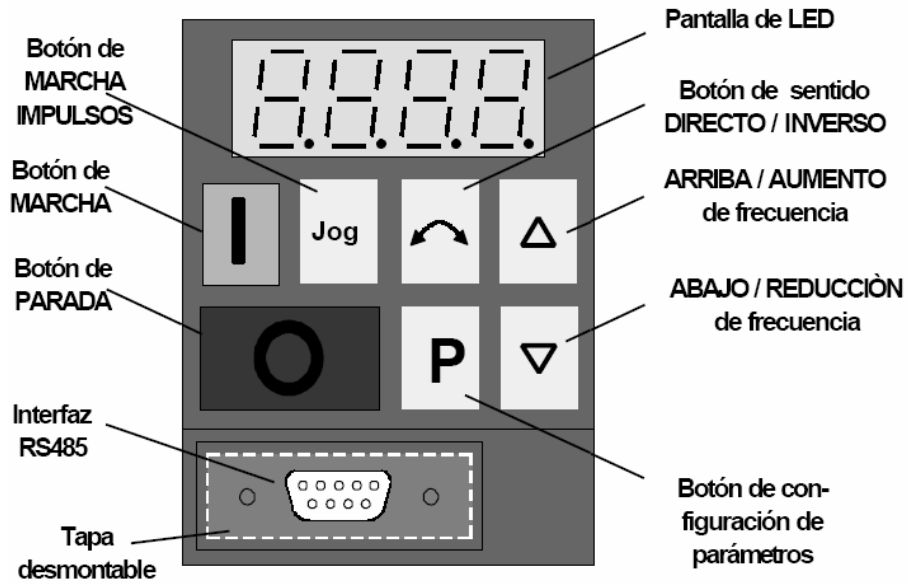


Figura10 Figura de conexiones de entrada y salida para un PLC

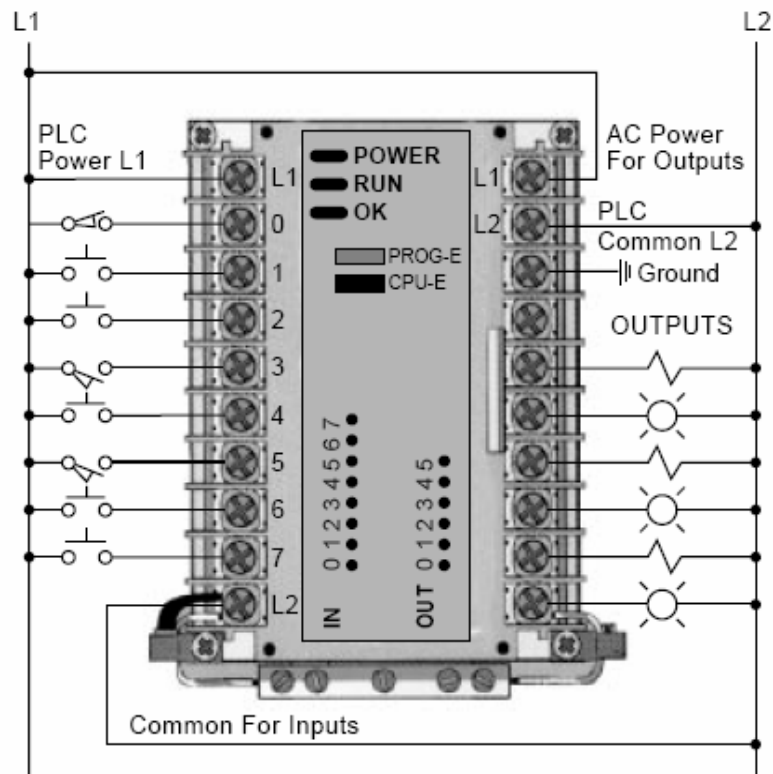


Figura 11 Diagrama de Comunicación entre PLC y Computador

## por Medio de cable Serial con Adaptador

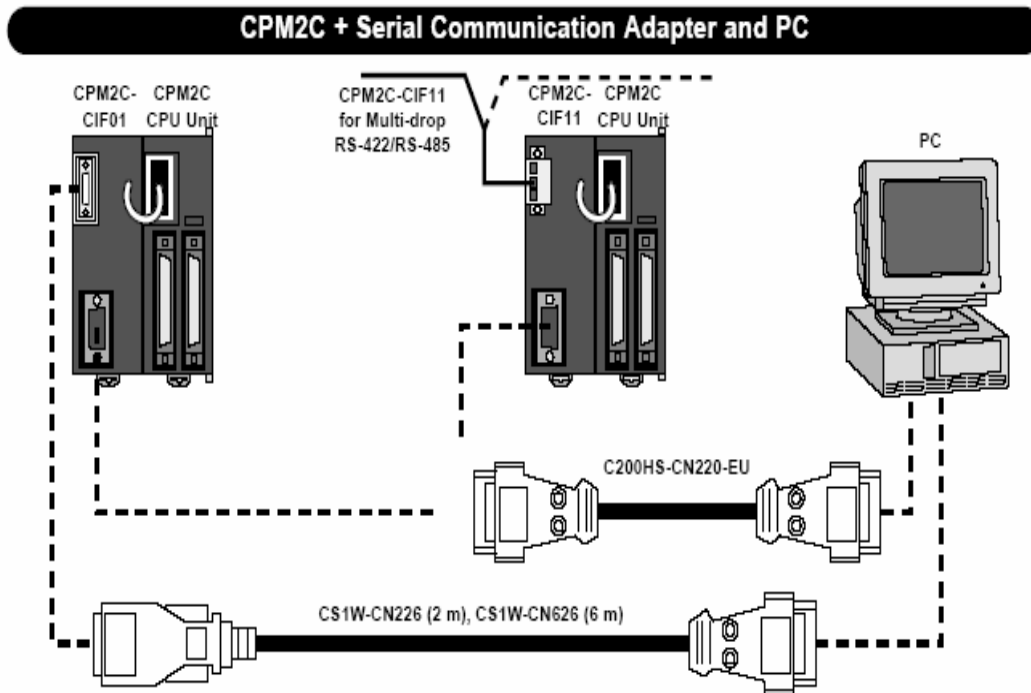


Figura 12 Componentes de PLC, Procesador, Entradas / Salidas, Pantalla y Fuente



Figura 13 **Ejemplo de Interpretación de Programa a consecuencia de las Conexiones Entrada / Salida del PLC**

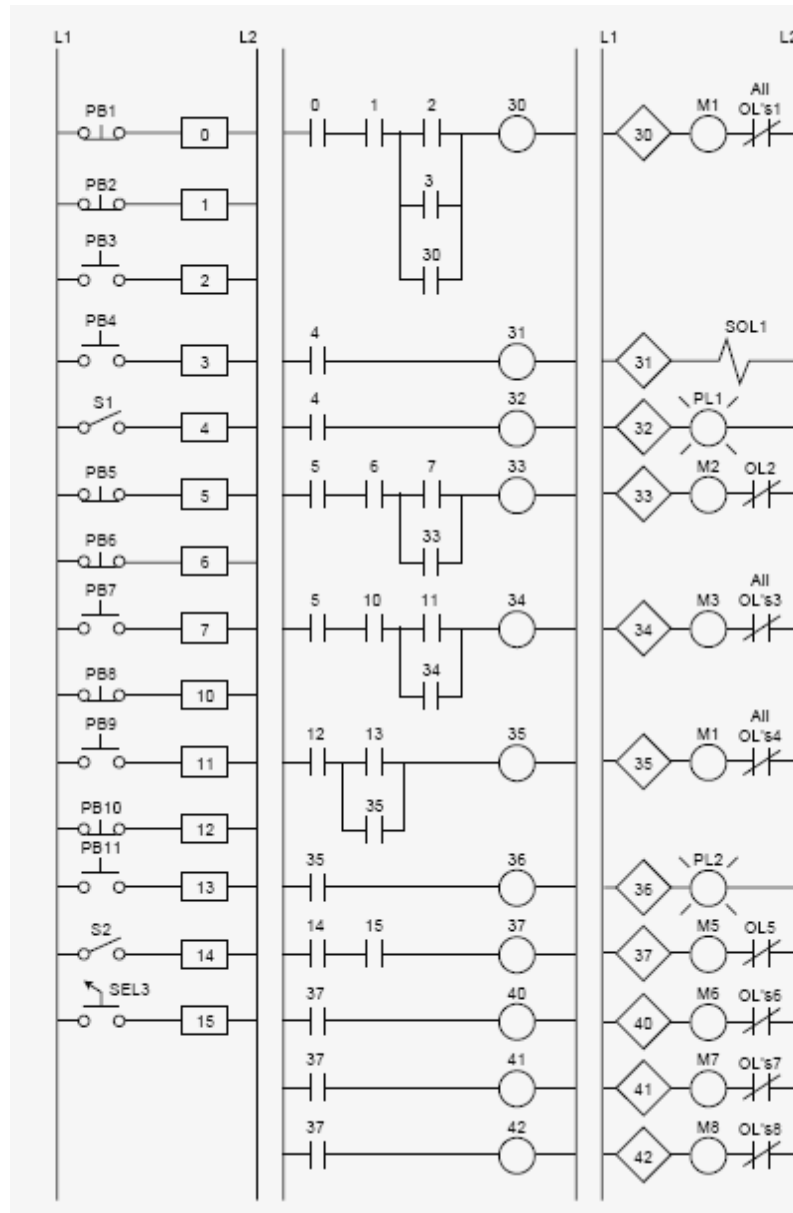


Figura 14 Sistema Sencillo de Transporte de Envase Aséptico

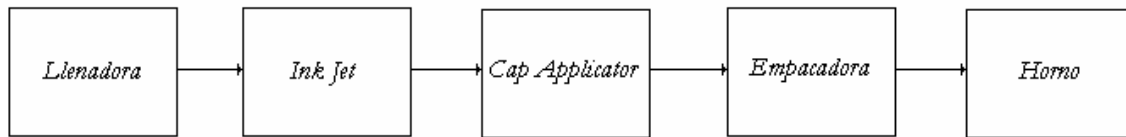


Figura 15 Vuelta de 180 ° para transportadora

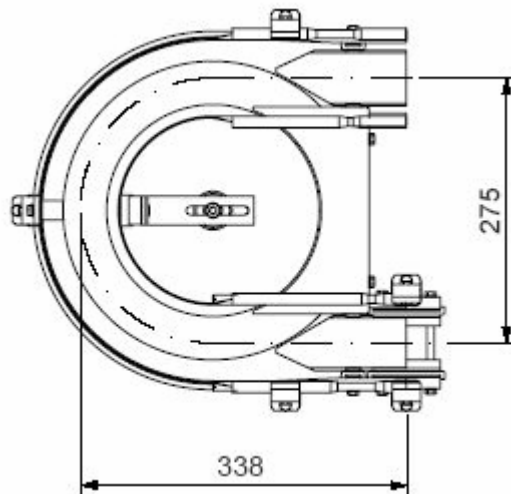


Figura 16 y Figura 17 Uniones o juntas para tramos con Cargadores de Guías, fabricados en Acero Inoxidable

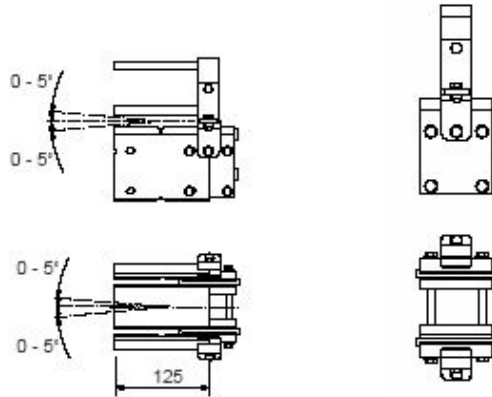


Figura 18 Medidas a Considerar en la elaboración del cálculo de longitud de cadena

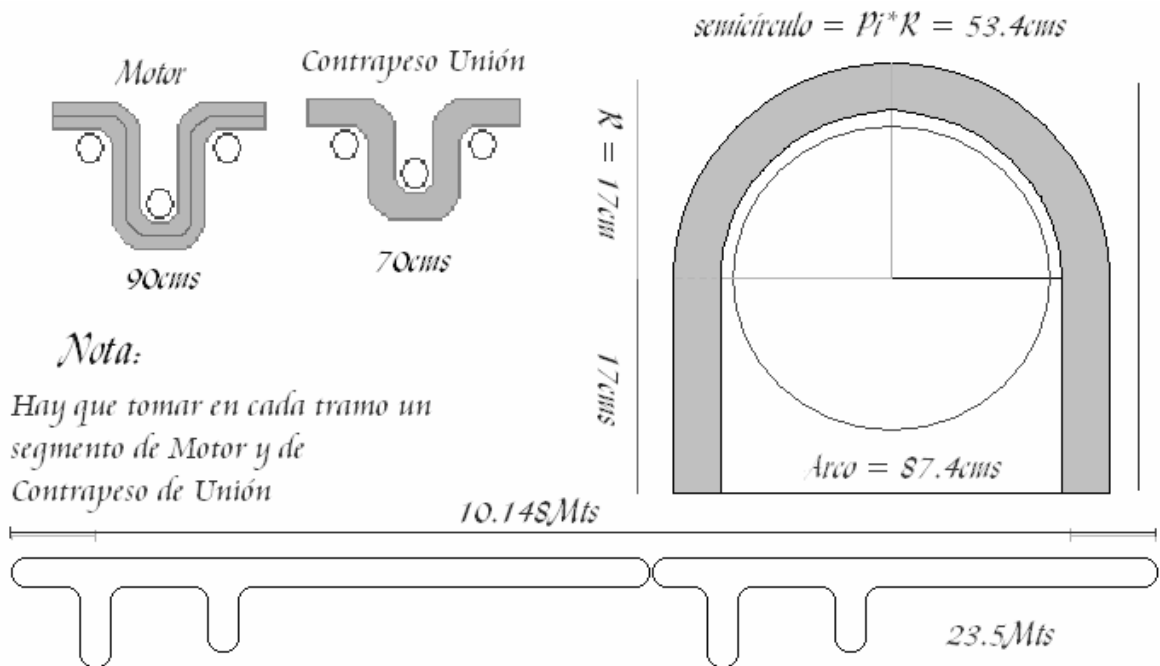


Figura 19 **Transportadora propuesta Automatizada para envase aséptico para la Planta de Alimentos Maravilla**

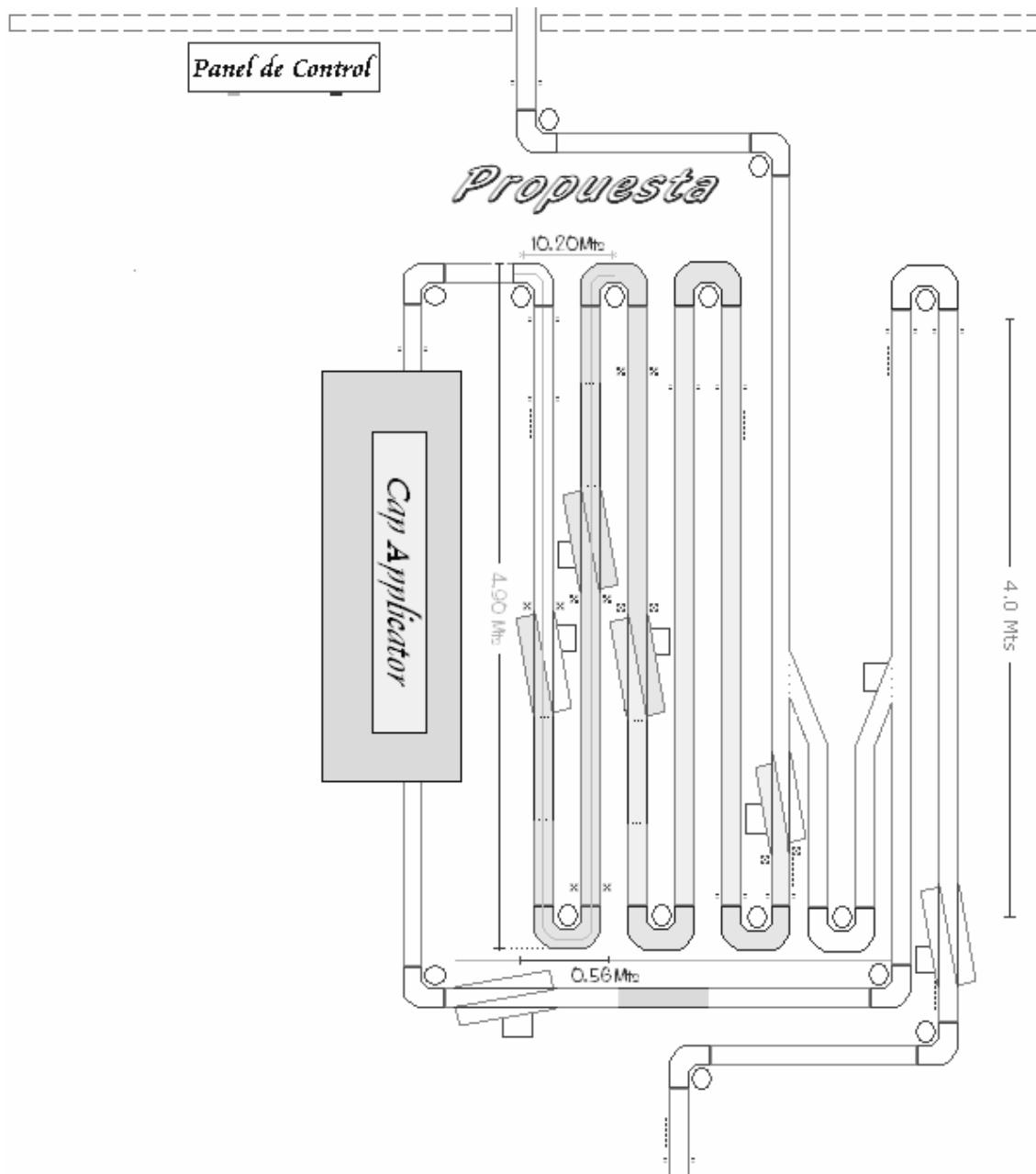


Figura 20 Vistas Tridimensionales de Transportadora Automatizada para Envase Aséptico

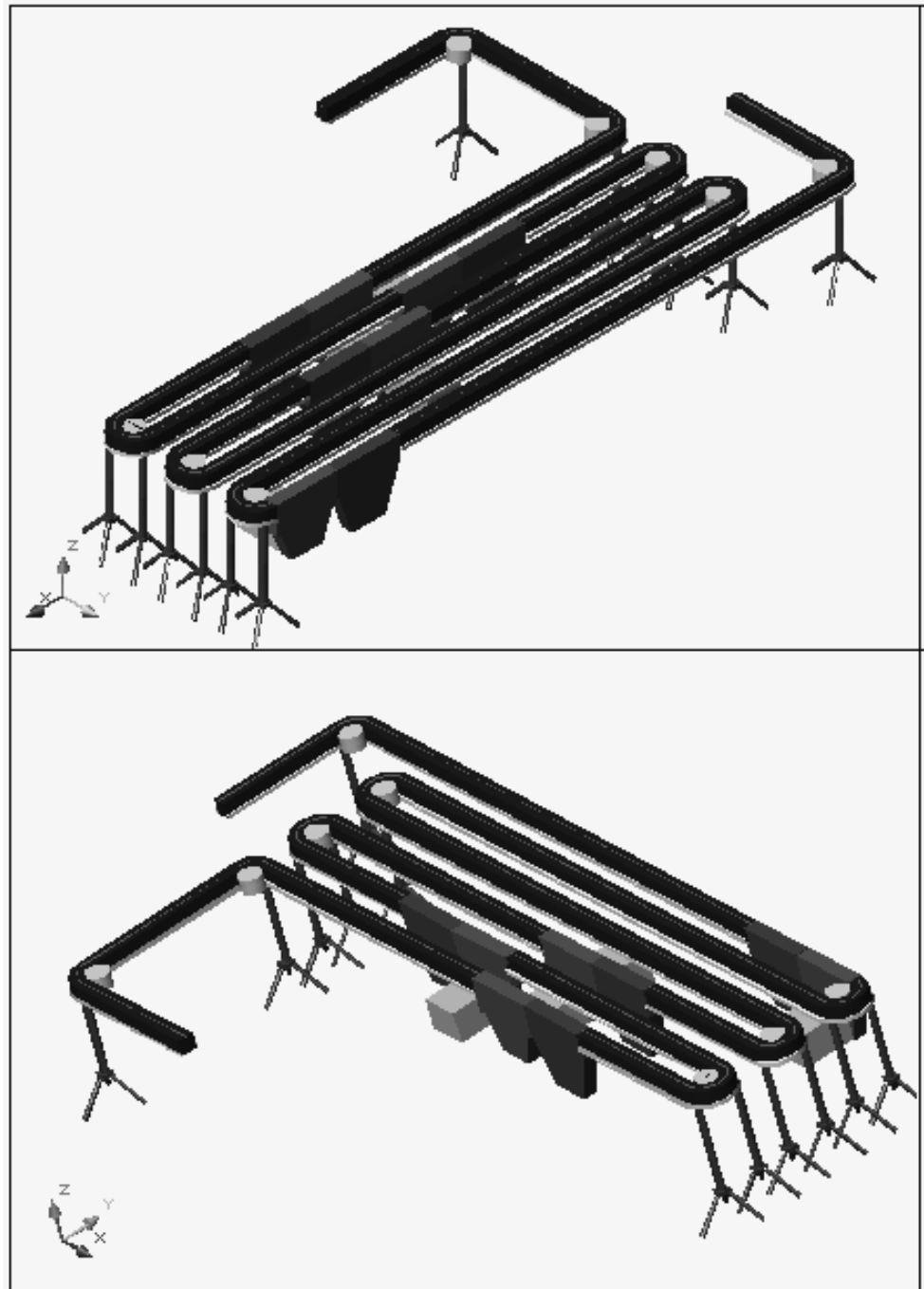


Figura 21 **Vistas Tridimensionales de Transportadora Automatizada para Envase Aséptico**

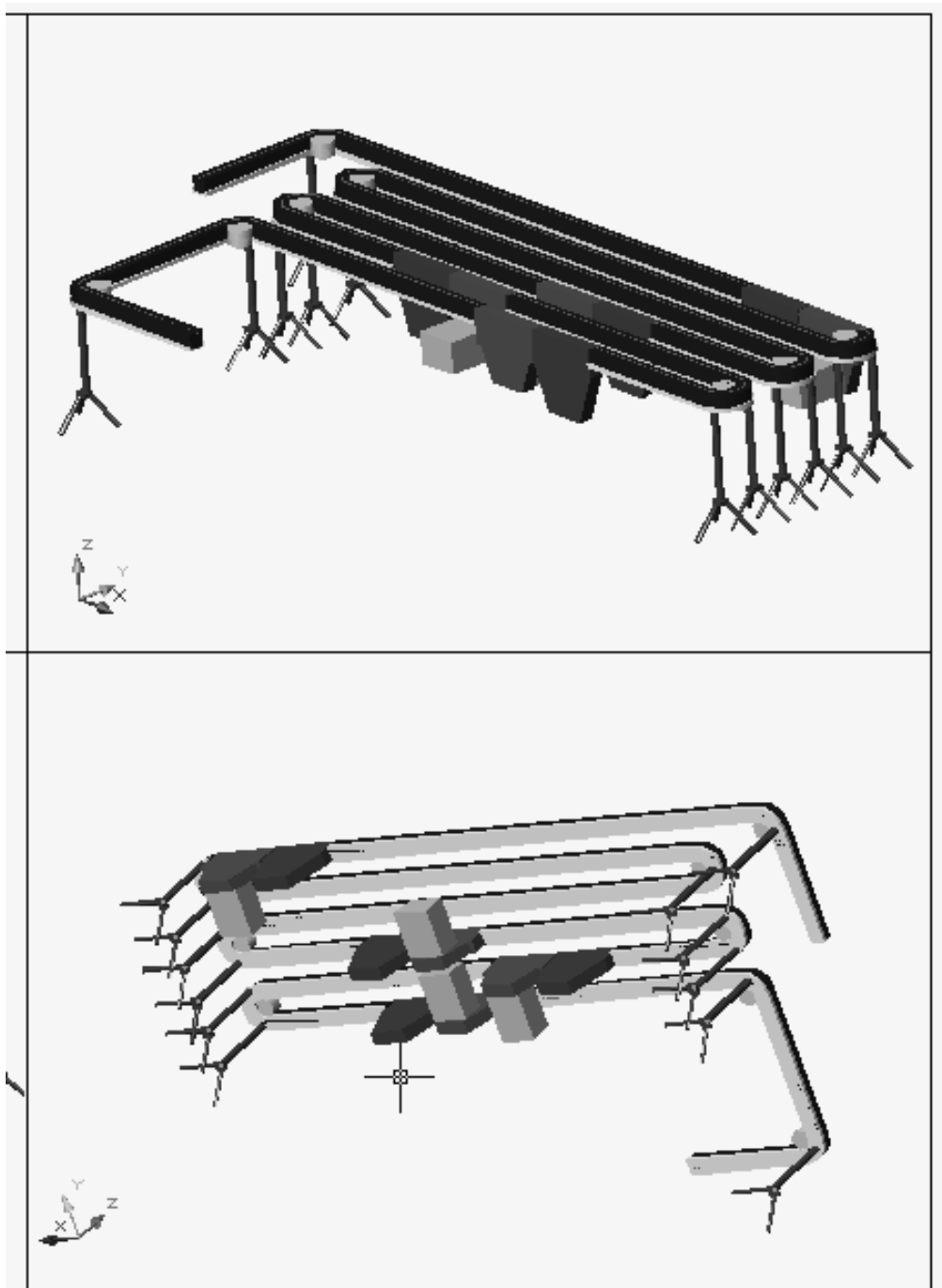




Figura 22 Vista Frontal del Panel de Control

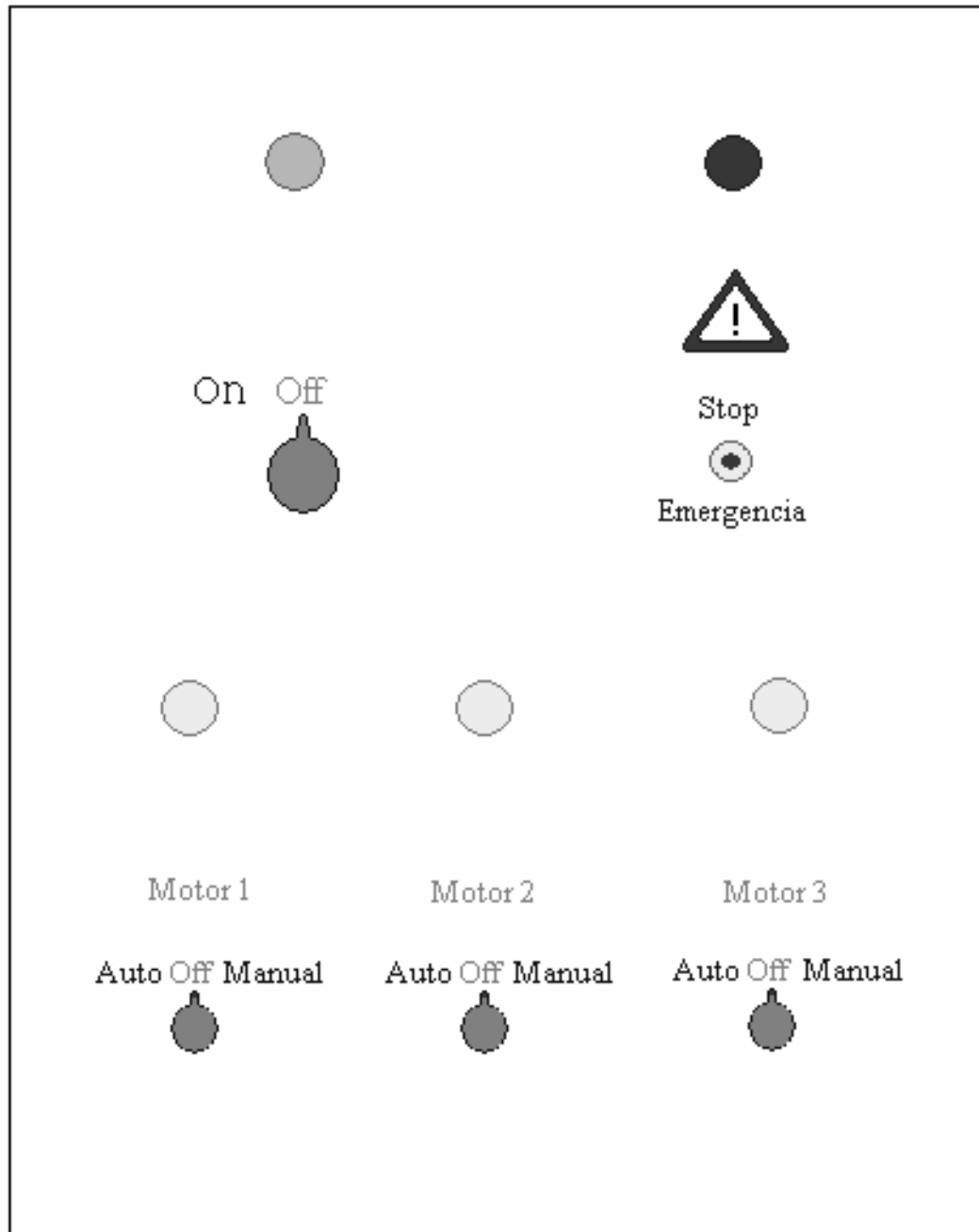
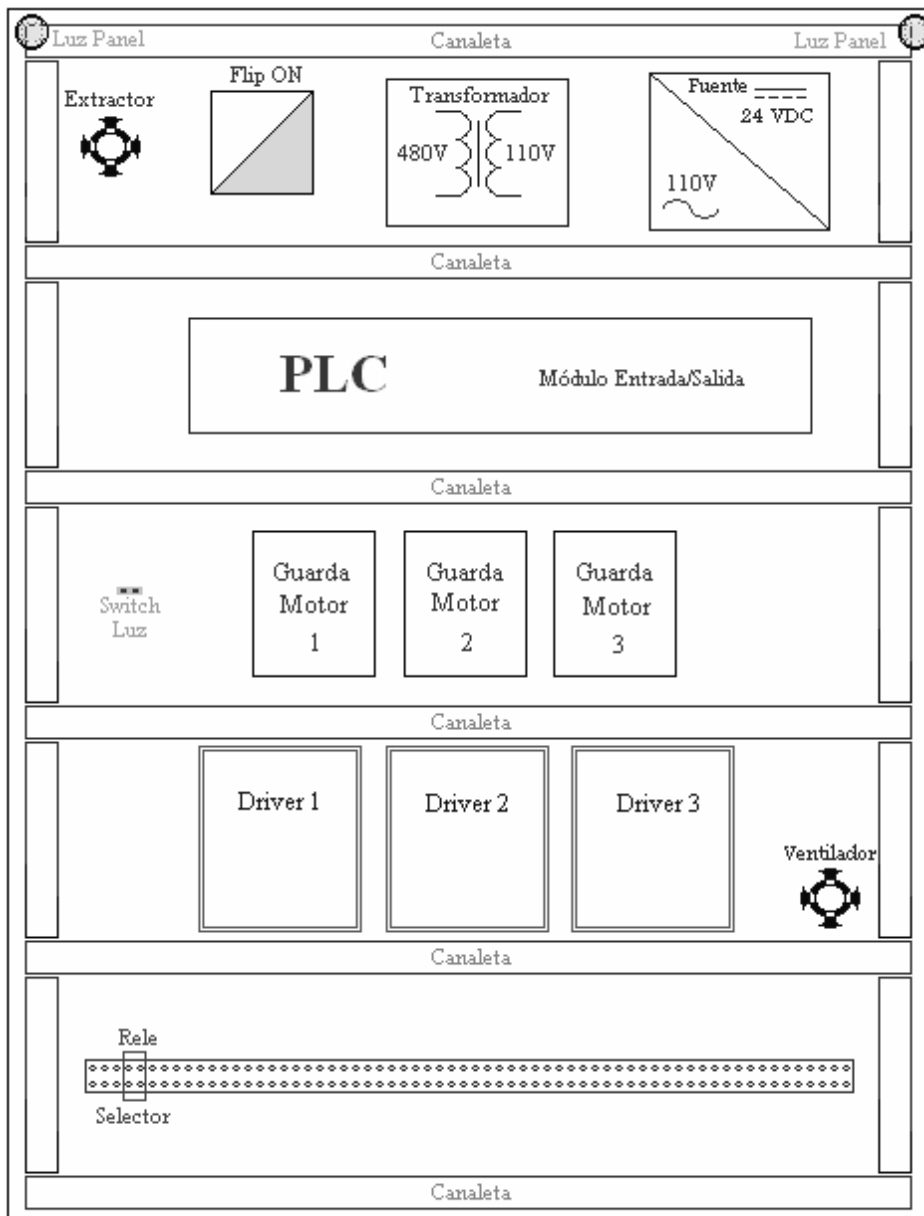


Figura 23 **Vista Interna del Panel de Control para la Transportadora Automatizada**



**Tabla 1 Cotización en Tetra Pak**

<b>Partes a Solicitar en Tetra Pak</b>				
<b>Codigo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio</b>	
2589870-0101	2	Wheel Curve 180	624.00	1248.00
2589840-0101	3	Adjustable Conveyor Link	36.40	109.20
2589846-0101	8	Conveyor Joint	63.70	509.60
2589978-0101	18	Straight Holder	12.17	219.06
2561394-0101	18	Straight T Holder Only	6.85	123.30
Precios en Dolares			Total	2209.16
Precio En Quetzales a Q8.00 por \$1.00				17673.28

**Tabla 2 Cotización en Importadora California**

<b>Cotizacion material para panel eléctrico Importadora CALIFORNIA</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Precio Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Guardamotor de 1 a 1.6 A	400.00	3	1200.00
Luz Piloto	160.00	4	640.00
Interruptor Tipo Hongo	399.00	1	399.00
Interruptor 3 posiciones	175.00	4	700.00
Automático 3 polos 20 A	190.00	1	190.00
Automático 2 polos 5 A	160.00	1	160.00
Transformador de 480 a 220	1100.00	1	1100.00
Fuente de 220 a 24 VCD 50 Watts	225.00	1	225.00
Ventilador 220V	225.00	1	225.00
Panel Acero Inox	3500.00	1	3500.00
Sensor Fotoeléctrico OMRON E3JU-D1M4-3	480.00	6	2880.00
			11,219.00

**Tabla 3 Cotización en Intek**

<b>Cotización del PLC de INTEK</b>			
Micro Logix 1500 Base Controlador 120/240V	4453.00	1	4453.00
Módulo Entrada/Salida Digital 6 DI 4DO 24VDC	1706.00	2	3412.00
Total			7865.00

Tabla 4 **Cotización en Siemens**

Cotización SIEMENS			
Micromaster 440 con Panel Basico	5300.00	3	15900.00
Descuento	0.1		1590
<b>Total</b>			<b>14310.00</b>

Tabla 5 **Cotización en Tecún**

Cotizacion de Sensores para Transportadora TECUN			
Descripción	Precio Unidad	Cantidad	Total
Sensor Fotoeléctrico OMRON E3JU-D1M4-3	945.00	6	5670.00
Sensor Fotoeléctrico OMRON E3S-CD61	1325.00	8	10600.00

Tabla 6 **Cotización Precios Totales**

Totales de Cotizaciones		
Tetra Pak	Partes Transportadora	17673.28
California	Accesorios y Panel	11219.00
TECUN	Sensores	10600.00
SIEMENS	Variadores de Frecuencia	14310.00
INTEK	PLC	7865.00
<b>TOTAL</b>		<b>61667.28</b>
Precio Total utilizando los sensores de TECUN		61,667.28

Figura 24 **Menu Principal de funciones**

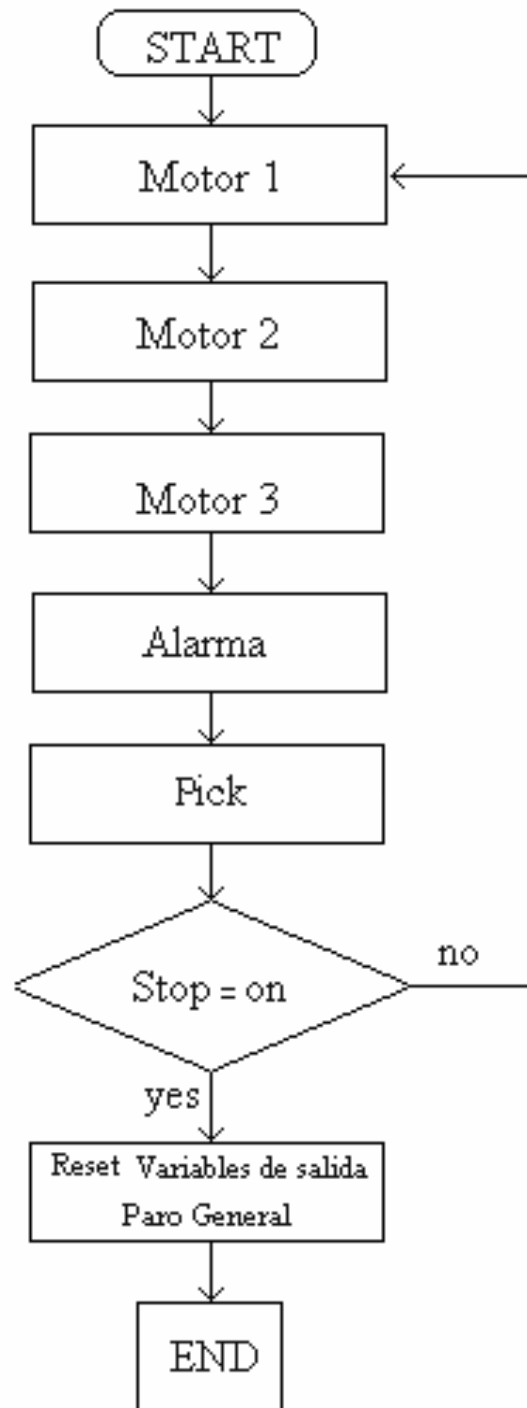


Figura 25 **Etapas de Motores**

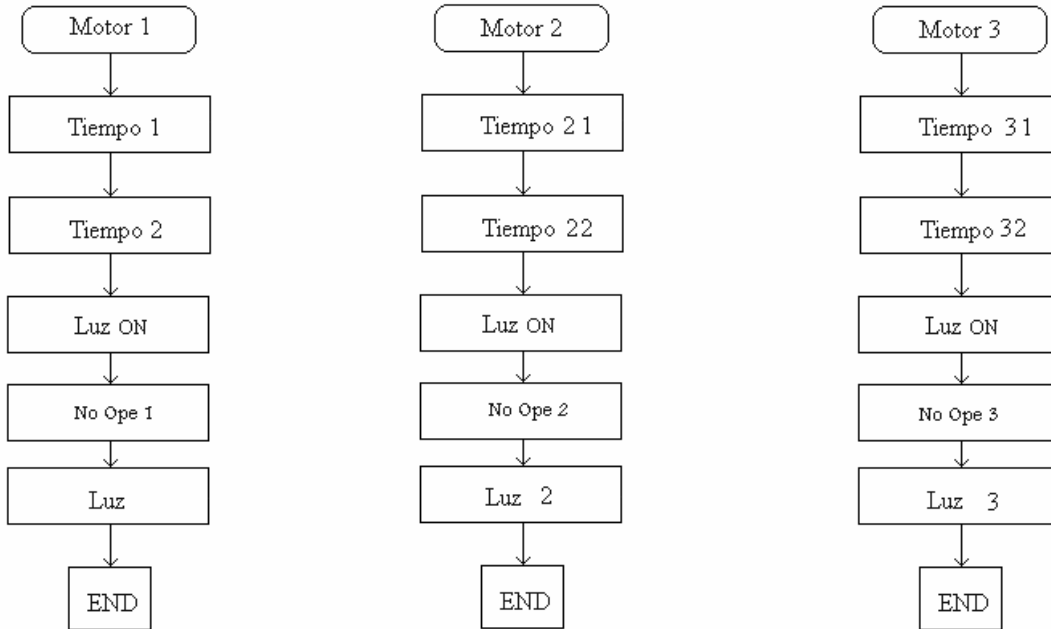


Figura 26 **Tiempo para Detección de Objetos Tramo 1**

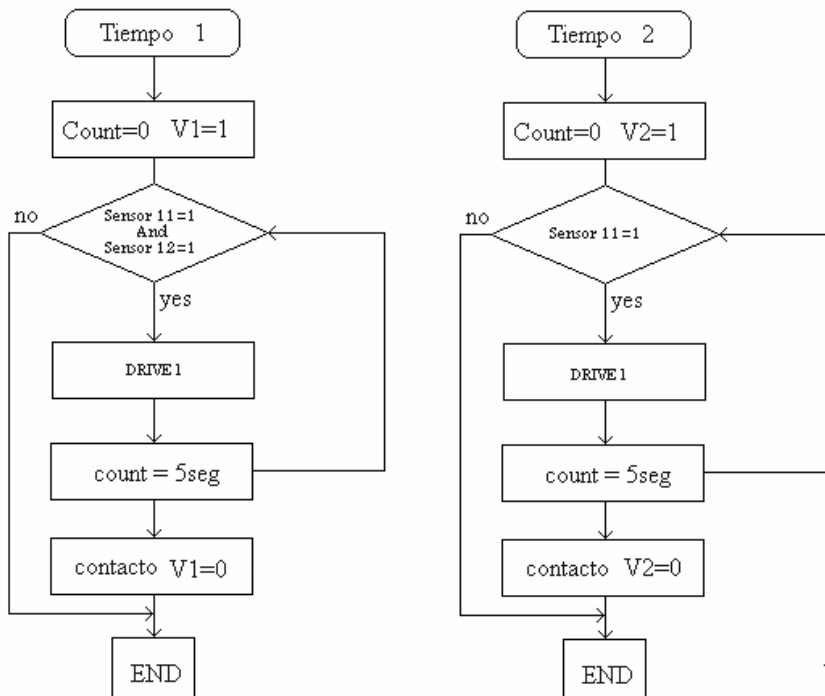


Figura 27 Tiempo para Detección de Objetos Tramo 2

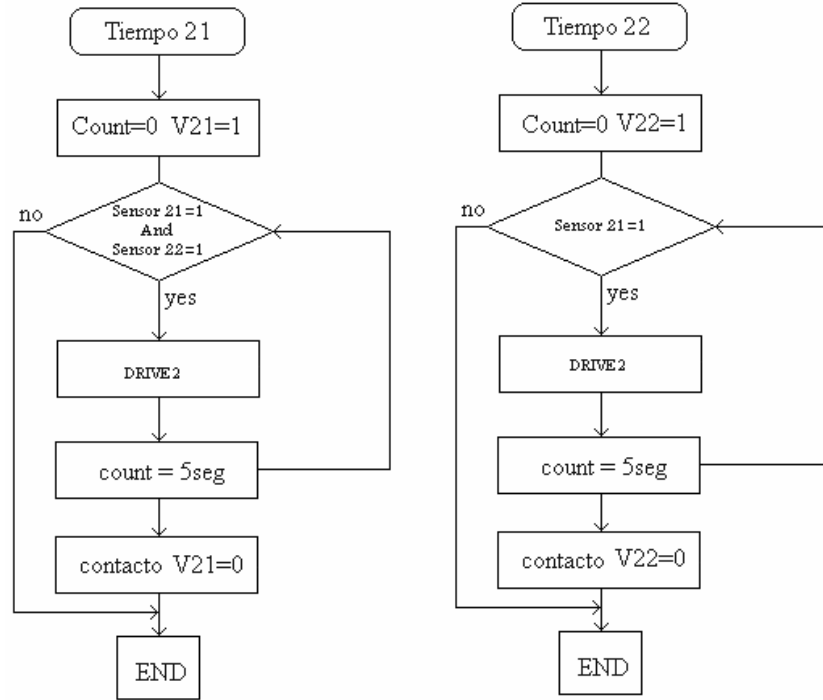


Figura 28 Tiempo para Detección de Objetos Tramo 3

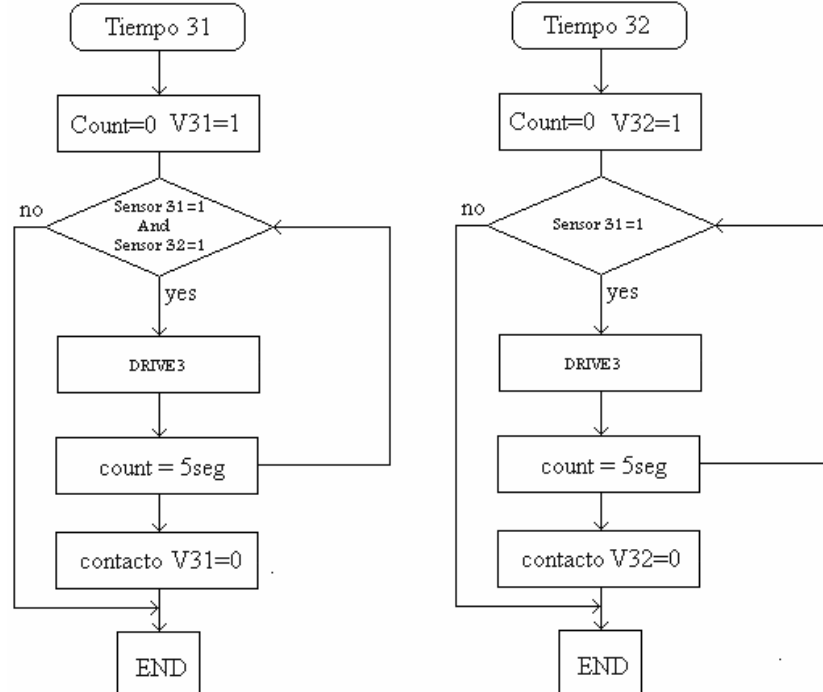


Figura 29 Rutina para Luz On

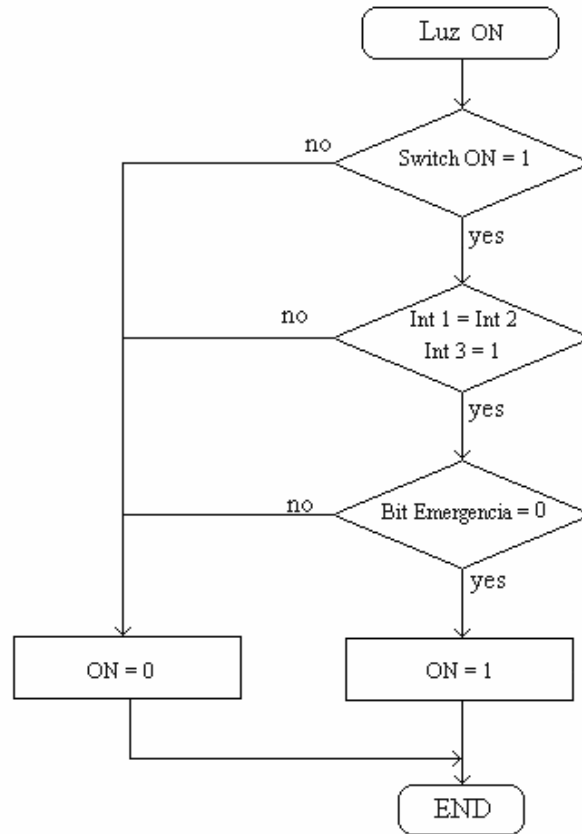


Figura 30 Rutinas de Paro por falta de Envases en Línea

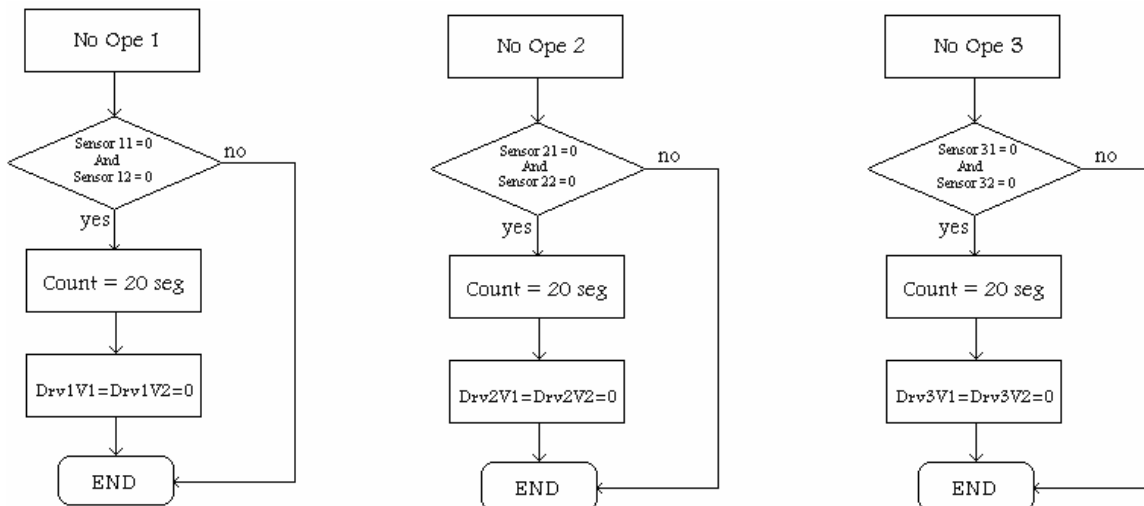




Figura 31 Rutina Luz Piloto de Tramo 1

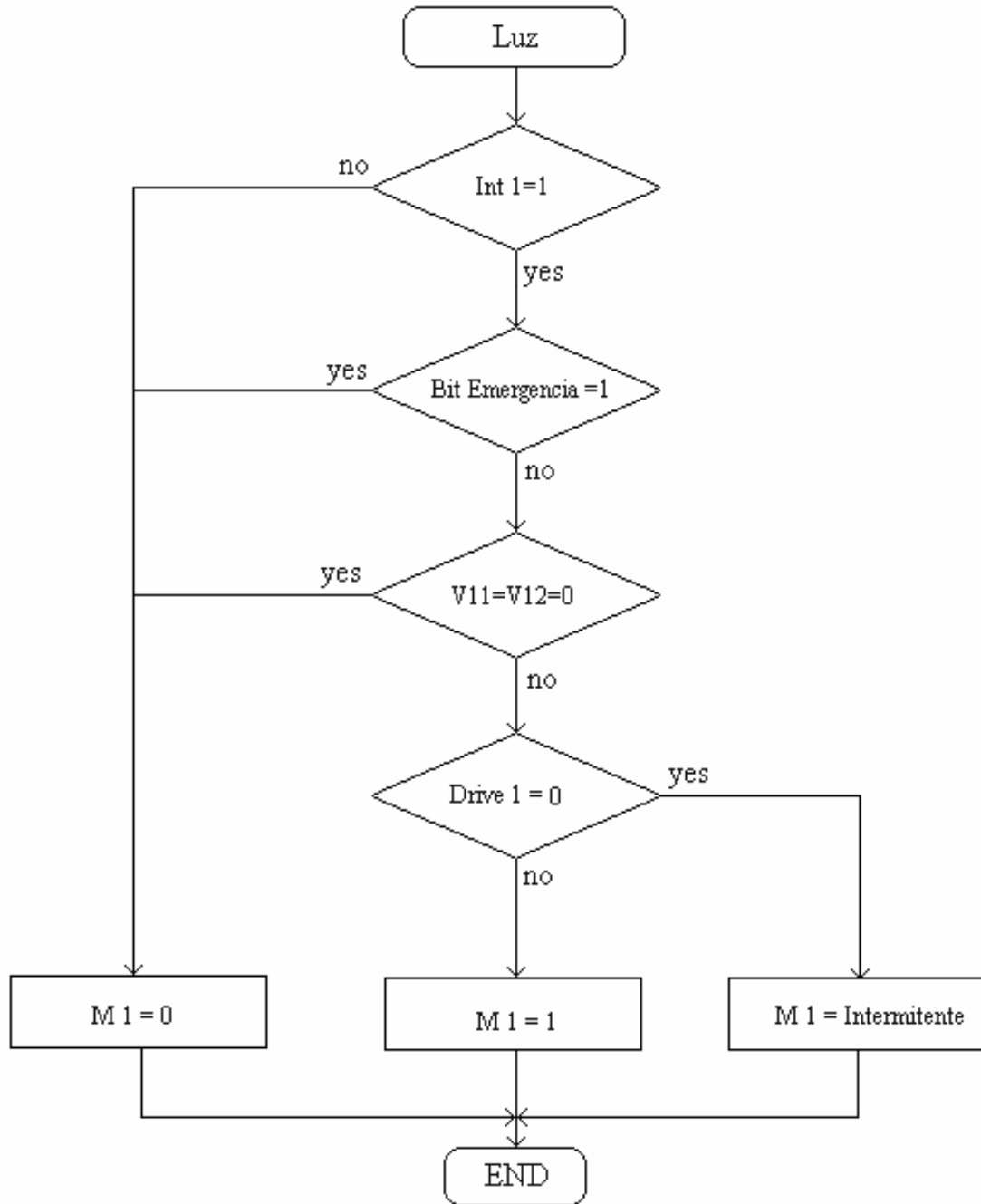


Figura 32 Rutina Luz Piloto de Tramo 2

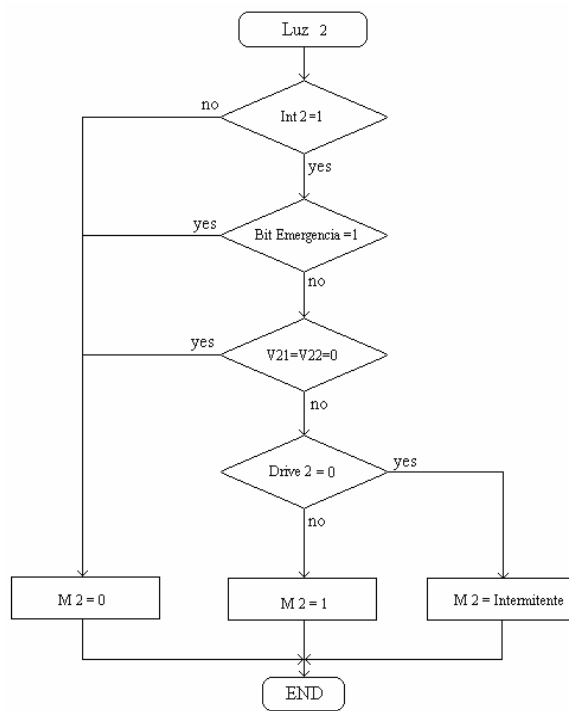


Figura 33 Rutina Luz Piloto de Tramo 3

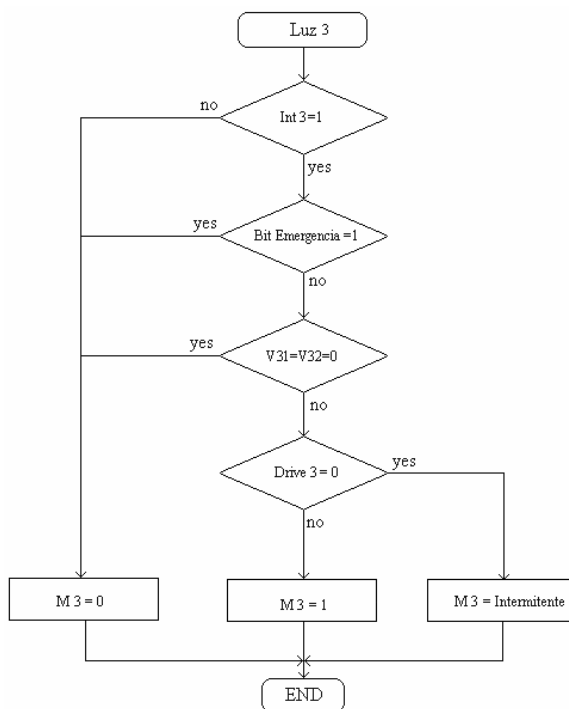


Figura 34 **Rutina de Paro de Emergencia**

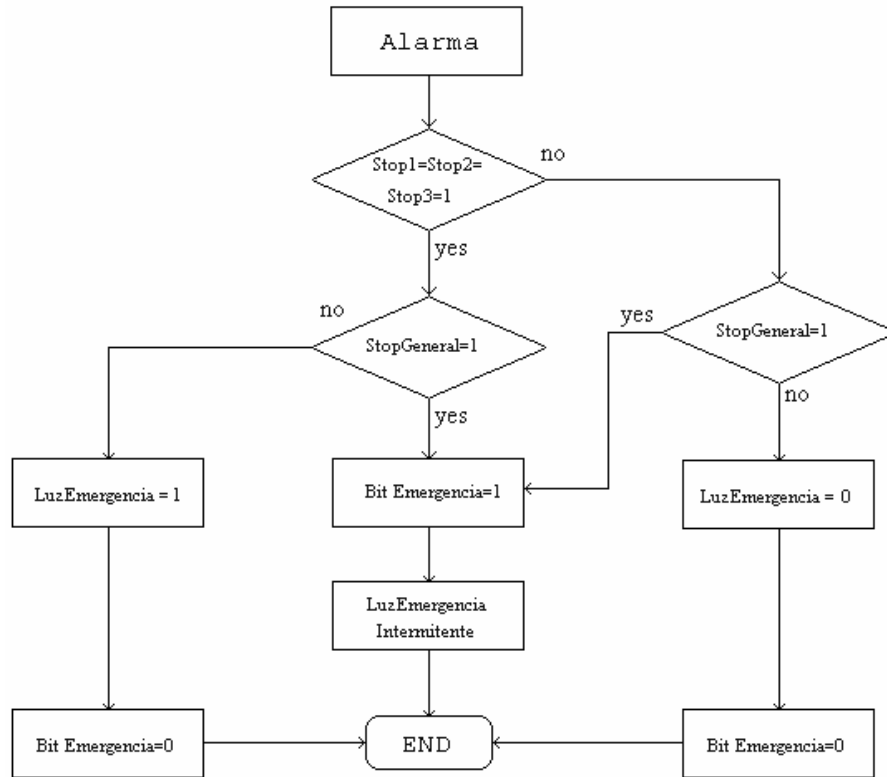


Figura 35 **Rutina para Eliminar Envases Colocados Horizontalmente sobre Transportadora**

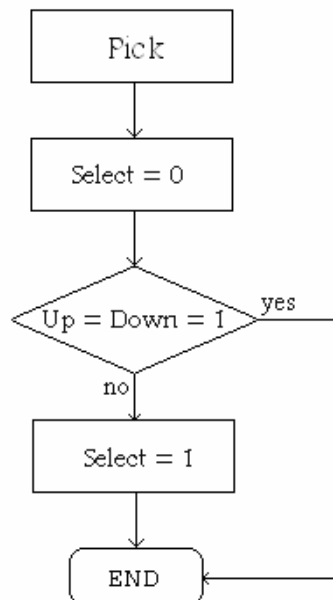
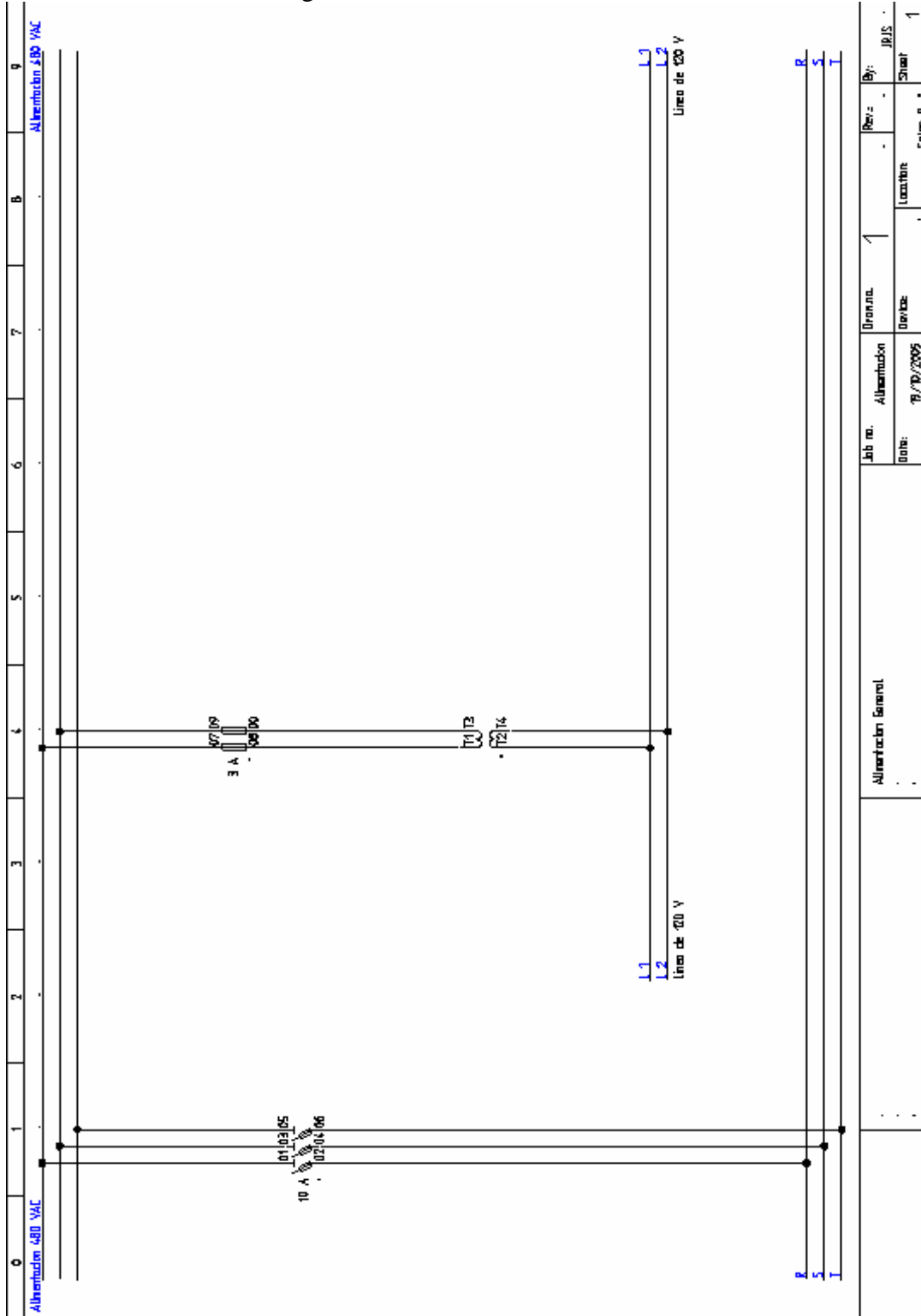


Figura 36 Alimentación General



Alimentación General		Objetivo	Revisión	Rev:	By:
		78/79/2005			J.P.S.
		Location	Location	Sheet	1
		Sistema R			

Figura 37 Alimentación DC y 120 AC

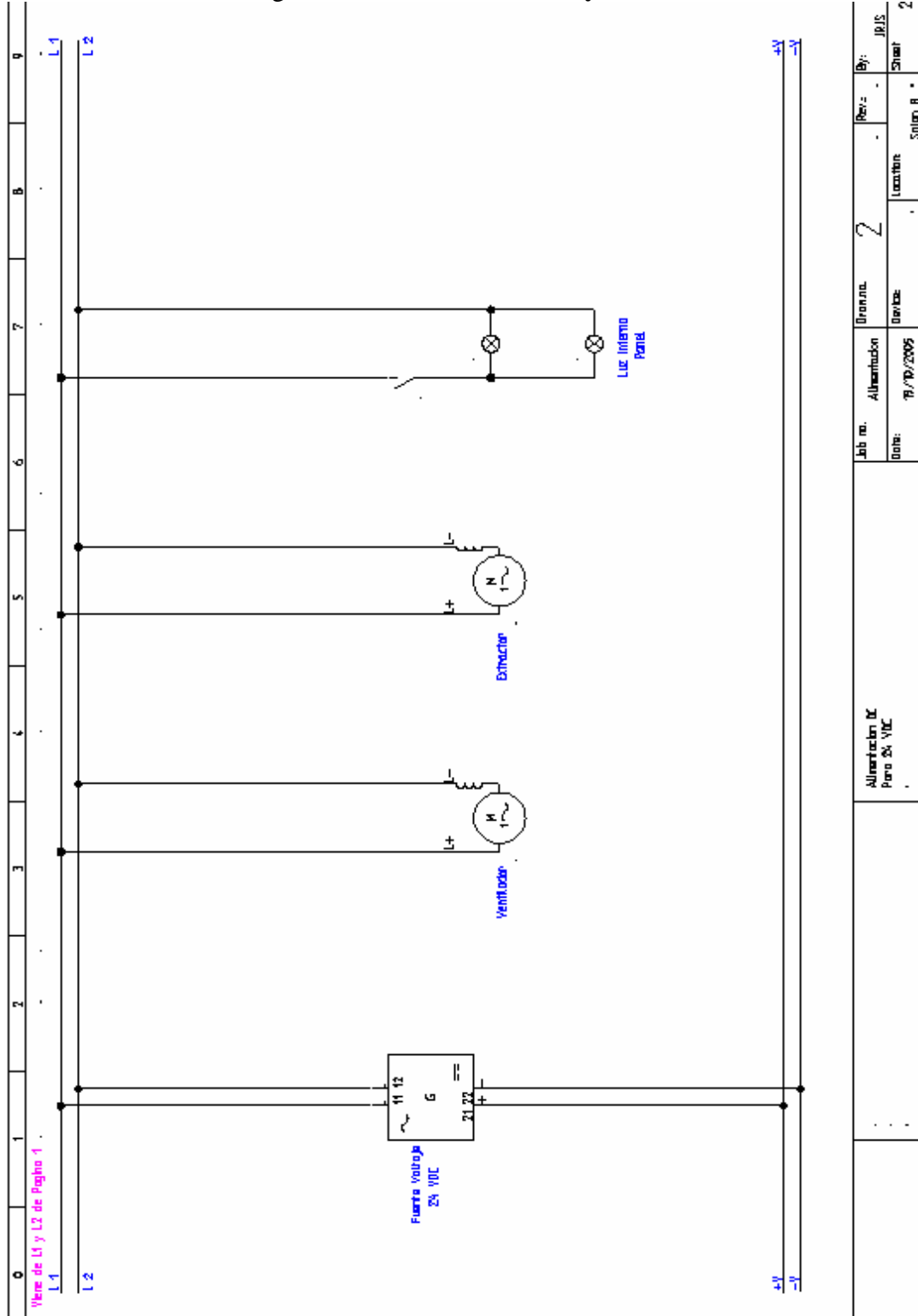
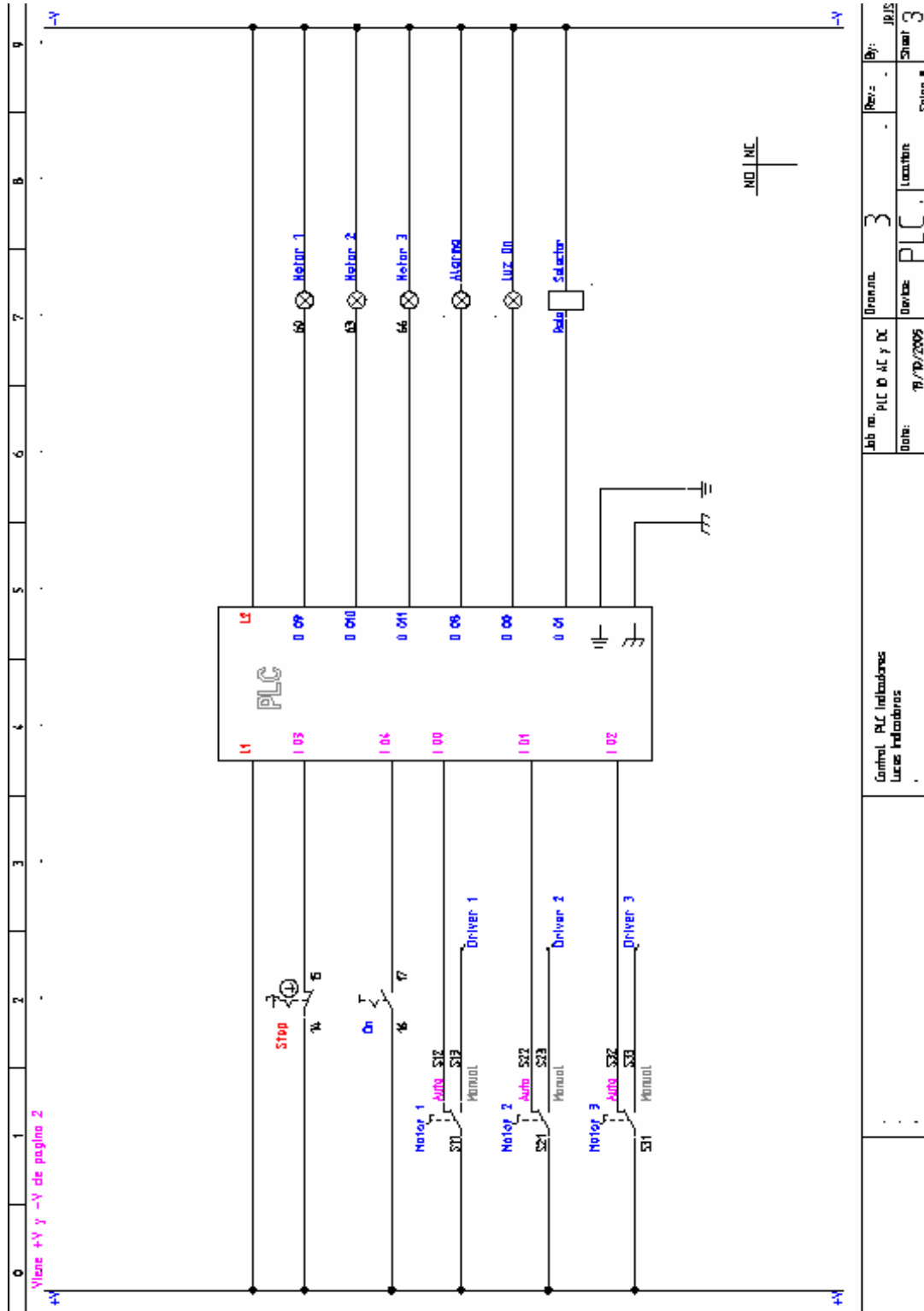
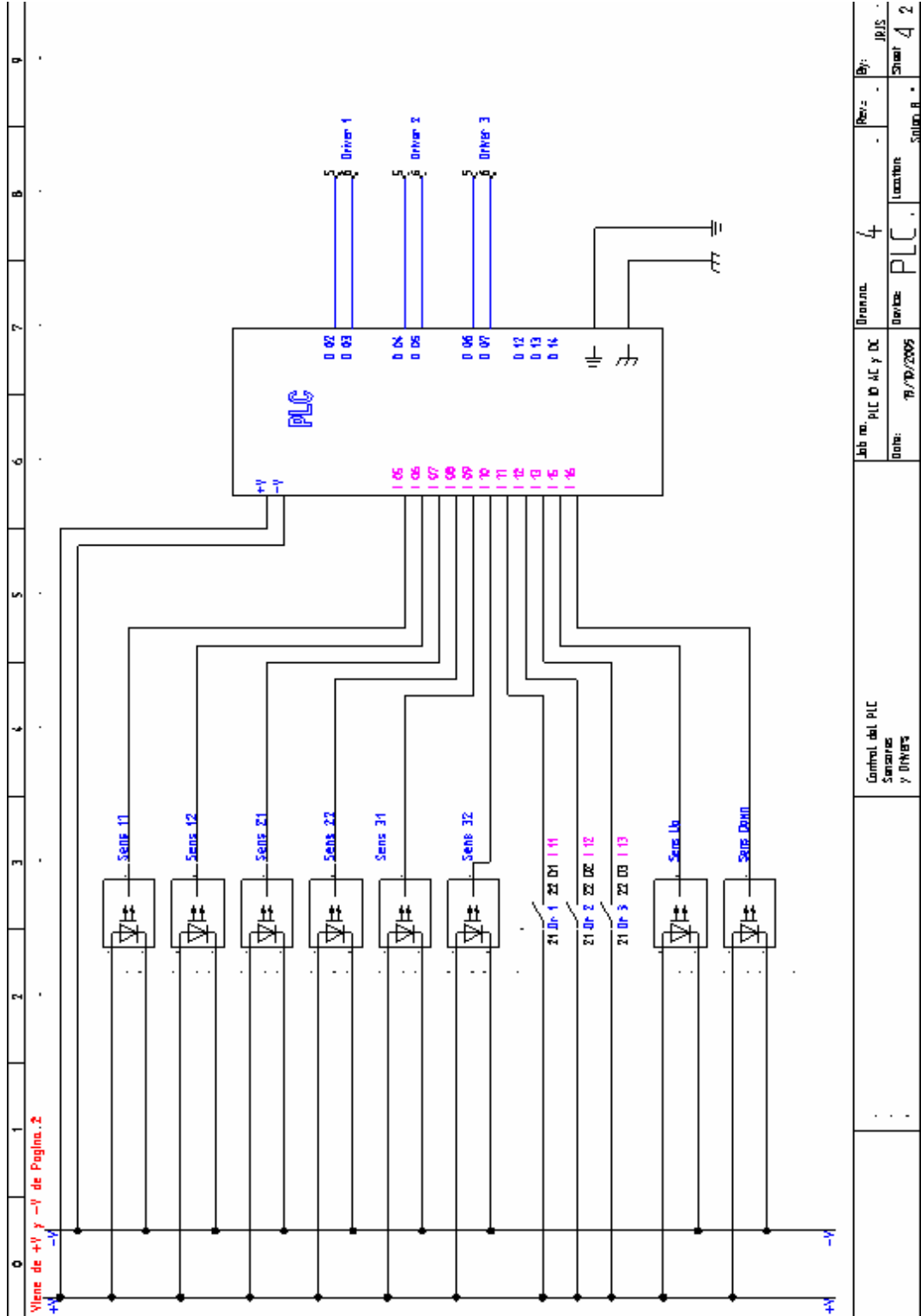


Figura 38 Control PLC Interruptores y Luces Indicadoras



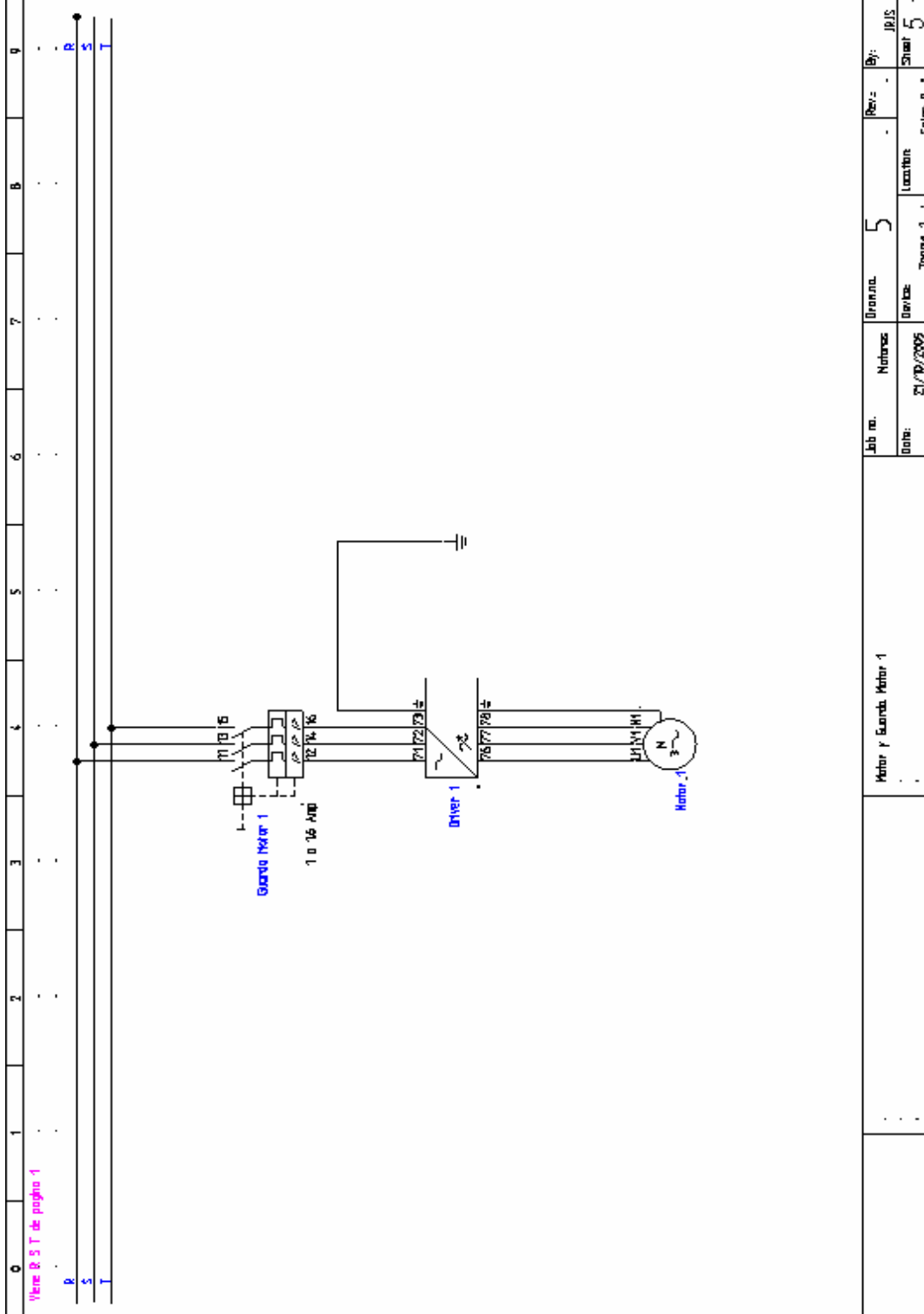
Abd. no.	PLC ID AC y DC	Ordn. no.	Rev.:	By:
Date:	19/02/2005	3		JRIS
Control PLC Indicadores Luces Indicadores		Device:	PLC	Sheet: 3
		Location:		Station: 3

Figura 39 Sistemas de Control del PLC Sensores y Drivers



Control del PLC Sensores y Drivers	Ornoma. 4	Reviz. JB/S
Lab no. PLC 10 ALC y DC	Device: PLC	Sheet 4 2
Date: 16/10/2005	Location: Solim. B.	

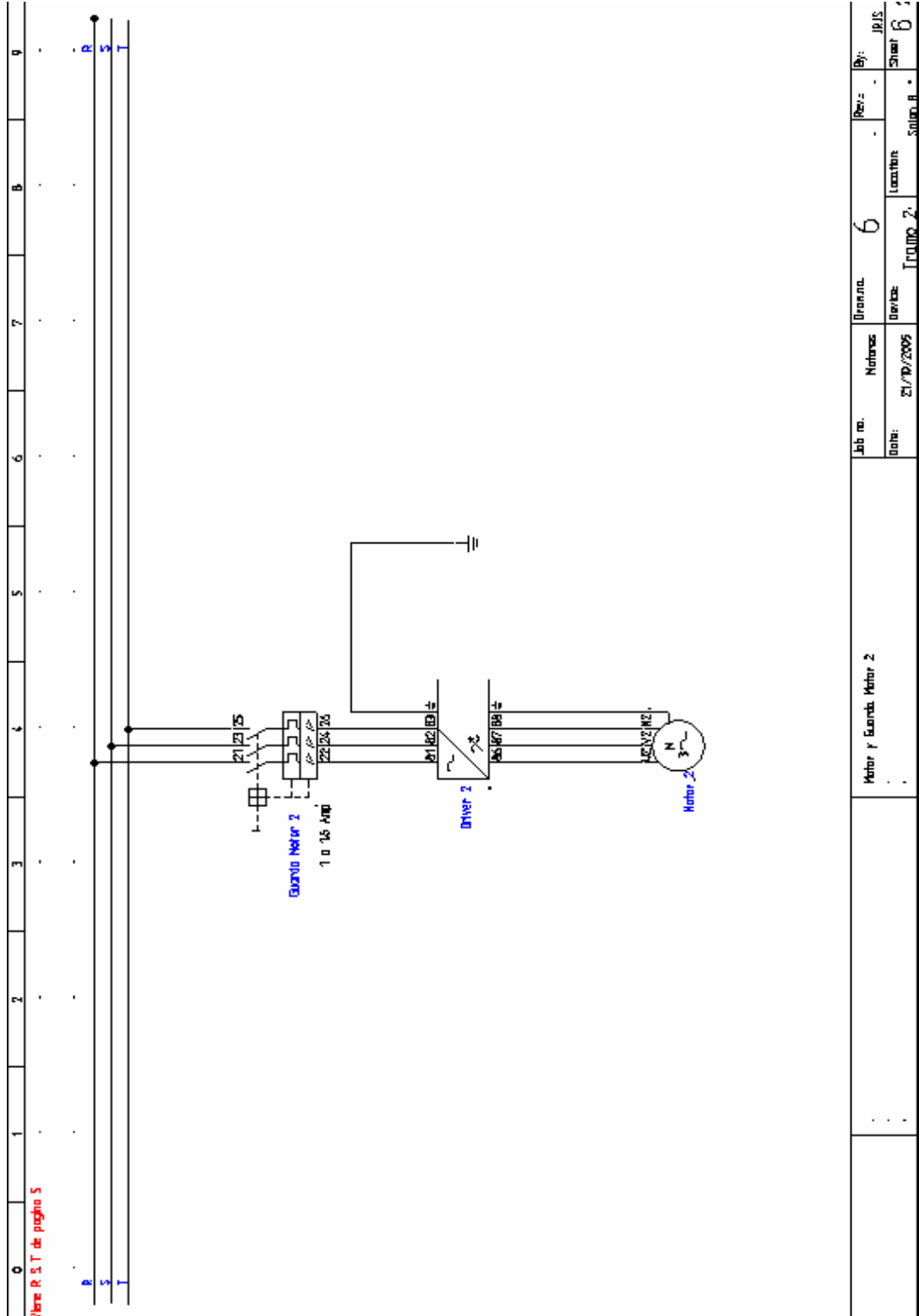
Figura 40 Conexiones de Motor 1



Job no.	Nombre	Origen	Rev.	By:
		5		JRJS
Date:	Device	Location		
21/07/2005	TR0004_1	Solera_B	Sheet 5	



Figura 41 Conexiones de Motor 2



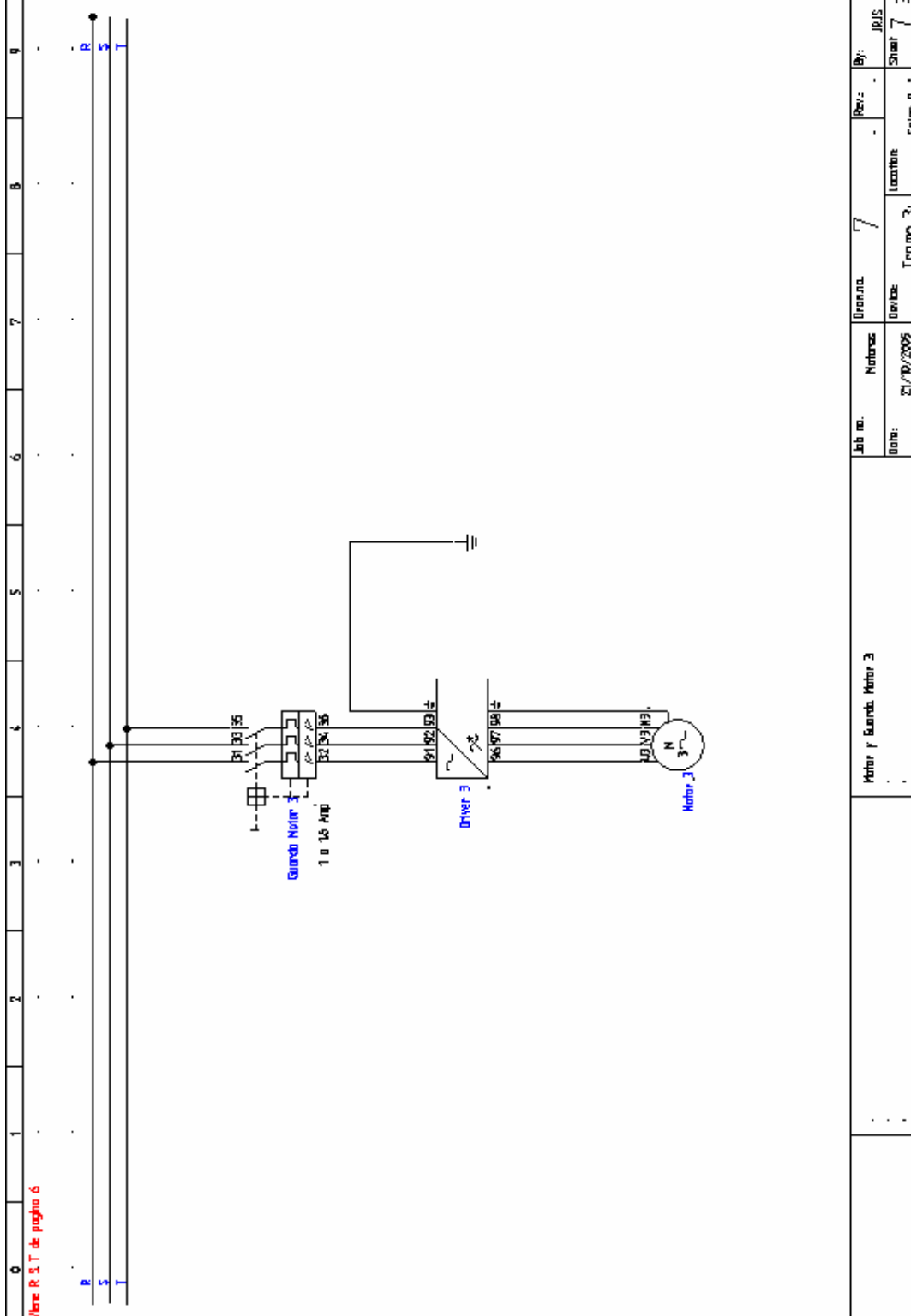
libre R. S. T. de pagina 5

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S	.	.	.	.	.	.	.	.	.
T	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Lab no.	Motor 2	Univ.no.	6	Rev.:	By:
Date:	21/10/2006	Revise:	Trabajo 2	Locatario	Solano R.
	Motor y Fuente Motor 2				Sheet 6

Figura 42 Conexiones de Motor 3



Nota: R. S. T. de paginas 6

Libro no.	Motor 3	Unidad no.	7	Rev.	-	By:	JRJS
Date:	21/10/2005	Revis:		Locatario		Solista	7

Figura 43 Conexiones de Variador 1

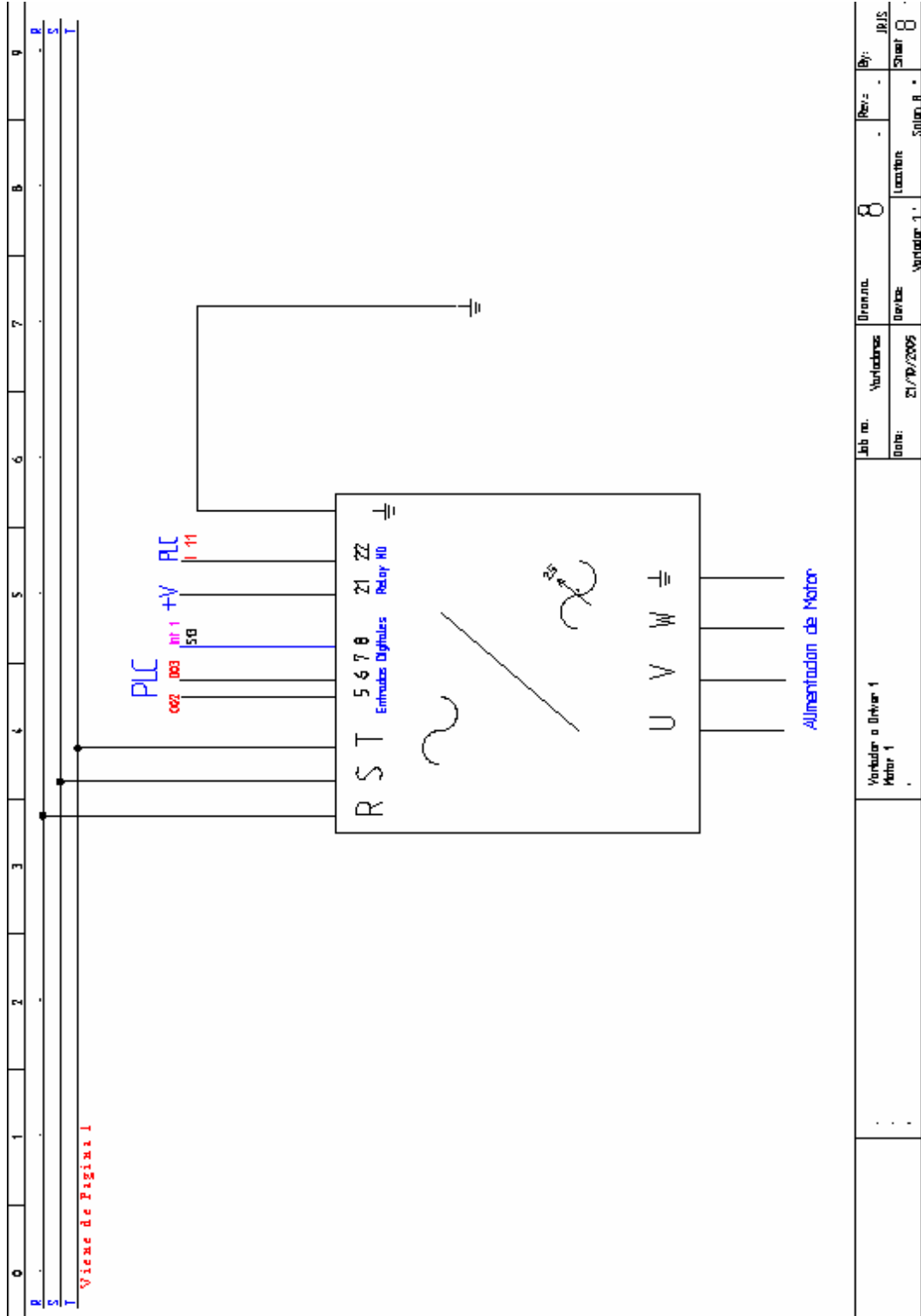


Figura 44 Conexiones de Variador 2

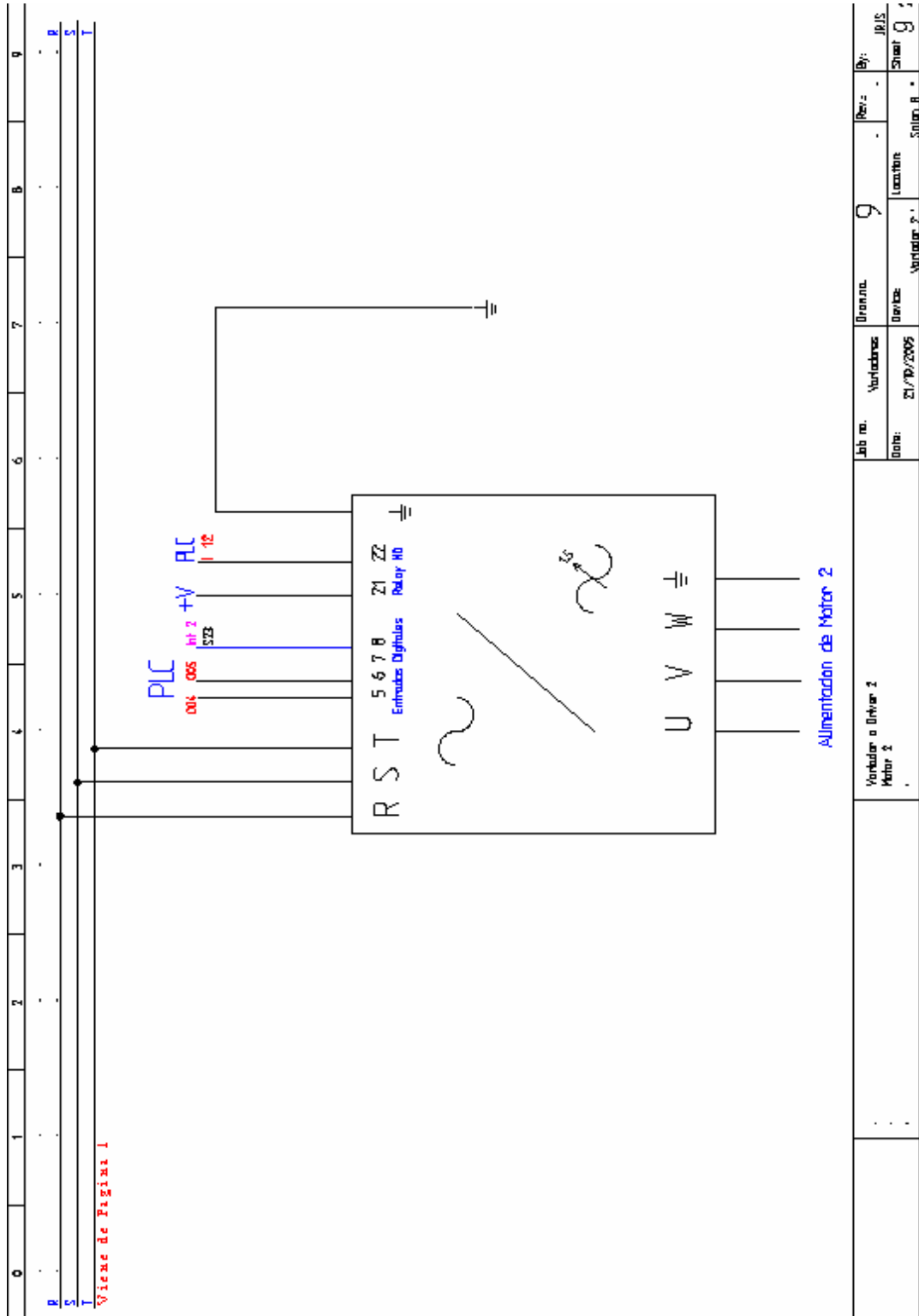


Figura 45 Conexiones de Variador 3

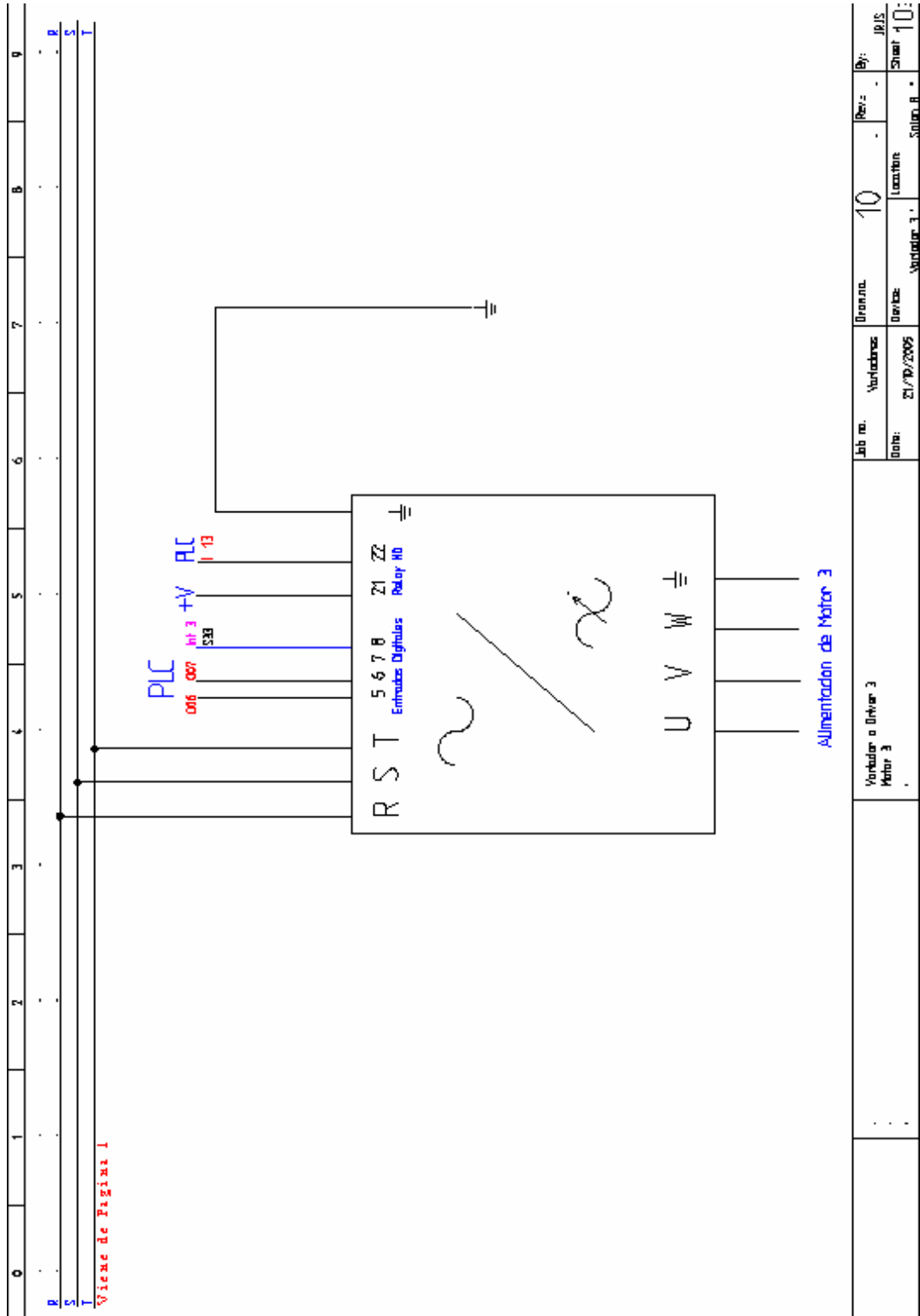
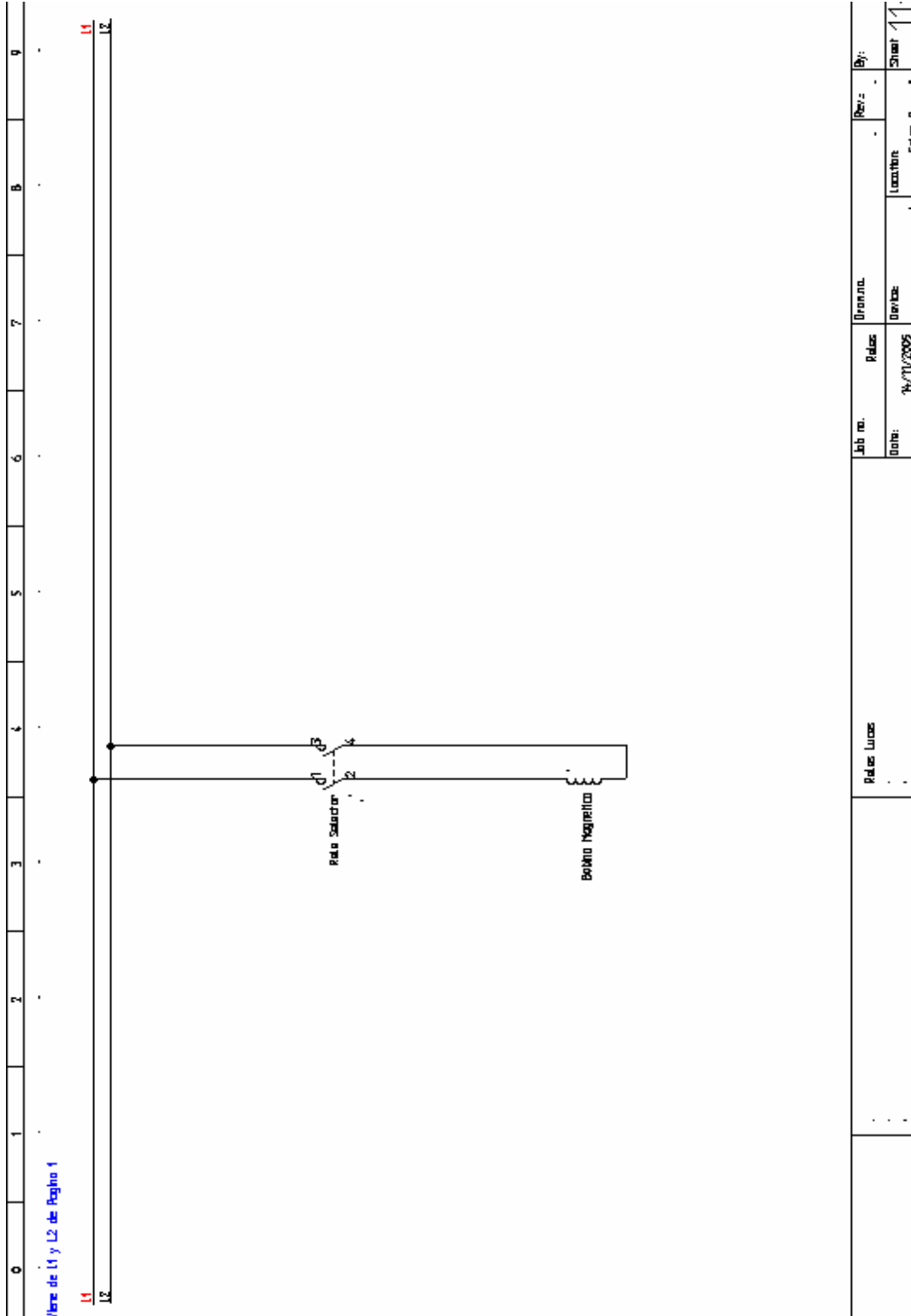


Figura 46 Conexión de Relé y Válvula



LINEA 3 SALON 8

LAD 2 - --- Total Rungs in File = 54

