

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE MÁQUINA DE POSICIONAMIENTO
DE ENVASES, MARCA POSIMAT MODELO POSIMAX SYSTEM 1997, EN
UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE DESINFECTANTES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

GLENDER EDUARDO VALENZUELA GARCÍA
ASESORADO POR EL ING. SALVADOR GIRÓN VÉLIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, JUNIO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Luis Alfredo Asturias Zúñiga
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Arrivillaga Ramazzini
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE MÁQUINA DE POSICIONAMIENTO DE ENVASES, MARCA POSIMAT MODELO POSIMAX SYSTEM 1997, EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE DESINFECTANTES

Tema que me fuera asignado por la Coordinación de la Escuela de Ingeniería Mecánica, el 20 de julio de 2006.


Glender Eduardo Valenzuela García

Guatemala, 23 de mayo de 2011

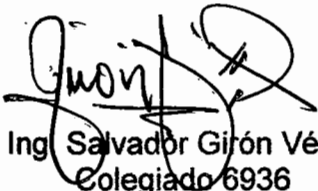
Ingeniero
Julio César Campos Paiz.
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

De mi consideración

Al referirme, muy atentamente, al nombramiento que se me hiciera por parte de la Dirección a su cargo, con fecha 21 de enero del año 2011, con relación al trabajo de graduación "MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE MÁQUINA DE POSICIONAMIENTO DE ENVASES, MARCA POSIMAT MODELO POSIMAX SYSTEM 1997, EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE DESINFECTANTES", desarrollado por el estudiante universitario Glender Eduardo Valenzuela García, me permito informarle que dicho trabajo fue realizado bajo mi dirección, cumpliendo con los preceptos y normas académicas de nuestra casa de estudios.

Al concluirse satisfactoriamente el trabajo realizado por el señor Valenzuela, y, habiendo efectuado la revisión correspondiente, no me resta más que dar mi aprobación al referido trabajo para los efectos de graduación profesional en el campo de la Ingeniería Mecánica.

Sin otro particular, soy de usted, con las muestras de mi consideración más distinguida,


Ing Salvador Girón Véliz
Colegiado 6936
Asesor

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA.**

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del asesor del trabajo de graduación titulado, **MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE MÁQUINA DE POSICIONAMIENTO DE ENVASES, MARCA POSIMAT MODELO POSIMAX SYSTEM 1997, EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE DESINFECTANTES** del estudiante Glender Eduardo Valenzuela García, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carlos Humberto Pérez Rodríguez'.

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador de Área



Guatemala, mayo de 2011.

/behdei:

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Térmica, al Trabajo de Graduación titulado **MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE MÁQUINA DE POSICIONAMIENTO DE ENVASES, MARCA POSIMAT MODELO POSIMAX SYSTEM 1997, EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE DESINFECTANTES**, del estudiante **Glender Eduardo Valenzuela García** procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Julio', written over a horizontal line.

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, junio de 2011

JCCP/behdei



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE MÁQUINA DE POSICIONAMIENTO DE ENVASES, MARCA POSIMAT MODELO POSIMAX SYSTEM 1997, EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE DESINFECTANTES**, presentado por el estudiante universitario **Glender Eduardo Valenzuela García**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 27 de junio de 2011.

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por haberme dado sabiduría y humildad para seguir adelante y alcanzar una de mis metas más deseadas.
- Mi madre** Ana María Valenzuela García, como un justo agradecimiento por todos sus esfuerzos, sacrificios y su amor incondicional.
- Mi esposa** Heidi Yessenia Leiva Figueroa, por su amor, apoyo y motivación para seguir adelante.
- Mis hijos** Luis Eduardo, Javier Rodrigo y Ana Lucia que mi éxito sea un ejemplo a seguir.
- Mi hermano** Josué Domingo, por brindarme su apoyo y compartir mi éxito.
- Mi familia** Por estar pendiente de mí en cada momento, en especial a mi abuelito por brindarme su cariño.

AGRADECIMIENTOS A:

**Empresa
INFYMSA**

En especial a José Antonio y Sergio Danilo Balcarcel, por haberme dado la oportunidad de desarrollar este proyecto.

Mi asesor

Ing. Salvador Girón Veliz, por brindarme su amistad y la asesoría de este trabajo.

**Mis amigos
y compañeros**

En especial a Juan Leal, Dagoberto Ramos, Emerson Ramírez, Raúl Rivera, Miguel Albizurez, Julio García, Raúl Leiva y a todos los que compartieron conmigo gratos momentos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. DESCRIPCIÓN DE MÁQUINA POSICIONADORA DE ENVASES	
1.1. Sistema mecánico.....	1
1.1.1. Estructura fija.....	1
1.1.2. Parte giratoria.....	4
1.1.3. Mecanismo de volteo.....	5
1.1.4. Transportador de salida.....	8
1.1.5. Posicionador de envases.....	9
1.2. Sistema eléctrico-electrónico.....	9
1.2.1. Circuito de mando.....	9
1.2.2. Motorización con regulación electrónica.....	13
1.3. Principio de funcionamiento de máquina posicionadora de envases.....	15
2. PROBLEMAS EN MÁQUINA POSICIONADORA DE ENVASES	
2.1. Observaciones preliminares.....	17
2.1.1. Observaciones mecánicas.....	17
2.1.2. Observaciones eléctricas.....	18
2.2. Prueba de funcionamiento y problemas de la máquina.....	18
2.2.1. Problemas mecánicos.....	18

2.2.2.	Problemas eléctricos.....	19
2.2.3.	Problemas en PLC y cámara de visión artificial.....	21
3.	MANTENIMIENTO Y MODIFICACIONES PARA LA MÁQUINA POSICIONADORA DE ENVASES	
3.1.	Mantenimiento.....	23
3.1.1.	Mantenimiento correctivo.....	24
3.1.2.	Mantenimiento preventivo.....	27
3.1.3.	Mantenimiento predictivo.....	28
3.2.	Modificaciones a la máquina posicionadora.....	29
3.2.1.	Modificaciones mecánicas.....	29
3.2.1.1.	Diseño de formatos.....	33
3.2.2.	Modificaciones eléctricas.....	45
3.2.3.	Modificaciones en programación.....	46
3.2.3.1.	Programación en PLC.....	46
4.	RESULTADOS OBTENIDOS EN LA MÁQUINA POSICIONADORA Y MANUAL DE MANTENIMIENTO	
4.1.	Resultados obtenidos debido a las modificaciones.....	59
4.2.	Velocidades de la máquina posicionadora.....	60
4.3.	Manual de mantenimiento.....	64
4.3.1.	Mantenimiento diario.....	64
4.3.2.	Mantenimiento semanal.....	64
4.3.3.	Mantenimiento semestral.....	65
4.3.4.	Posibles fallas en la máquina posicionadora causas y soluciones.....	66
4.4.	Manual práctico para programación de cámara de visión artificial.....	69

CONCLUSIONES.....	83
RECÒMENDACIONES.....	85
BIBLIOGRAFÍA.....	87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Vista frontal de máquina posicionadora.....	3
2.	Máquina vista posterior.....	4
3.	Vista frontal con puertas abiertas.....	7
4.	Disposición de transportador de salida con equipo.....	8
5.	Circuito de seguridad.....	10
6.	Plano sinóptico de conexiones eléctricas.....	12
7.	Variadores de frecuencia.....	14
8.	Principio de funcionamiento de máquina posicionadora.....	16
9.	Corrosión en máquina posicionadora.....	21
10.	Cámara de visión artificial dañada por la corrosión.....	22
11.	Posición nueva de encoder.....	30
12.	Base de sensor para actuador neumático.....	31
13.	Comparación de posiciones de envases.....	32
14.	Muestra el daño de guía.....	33
15.	Simetría de envase.....	36
16.	Posición de envase, cuello y fondo.....	36
17.	Posiciones de toma de fotografía para envase no simétrico.....	37
18.	Posición correcta e incorrecta para diferencia de áreas.....	38

19.	Análisis de segmento.....	39
20.	Diseño de segmento.....	40
21.	Diseño de embudo vista lateral.....	41
22.	Diseño de embudo vista frontal.....	42
23.	Fabricación de segmento según medidas.....	43
24.	Fabricación de formato completo.....	44
25.	Señal discreta.....	48
26.	Señal análoga.....	49
27.	Tipos de módulos de SIEMENS S7-300.....	53
28.	Panel principal restaurado.....	57
29.	Comparación de velocidades y errores iniciales.....	61
30.	Comparación de velocidades y errores finales.....	63
31.	Controlador manual, teclas y funciones.....	71
32.	Disposición de ventana POS.1.....	73
33.	Disposición de Windows 1.....	74
34.	Disposición de Windows 2.....	76
35.	Disposición de Windows 3.....	77
36.	Ejemplo de fotografía.....	78

TABLAS

I.	Resultados de problemas en máquina.....	26
II.	Proceso de diseño.....	34
III.	Lenguajes utilizados y marcas de <i>PLC</i>	51
IV.	Disposición de tarjetas de entrada.....	54
V.	Disposición de tarjetas de salida.....	56
VI.	Primeras pruebas de funcionamiento.....	61
VII.	Comparación de velocidades y errores finales.....	62
VIII.	Componentes de cámara de visión artificial.....	69
IX.	Significado de color en las ventanas.....	79
X.	Accionamiento de máquina según la lectura de led.....	79

GLOSARIO

Autómata	Dispositivo que realiza un encadenamiento de instrucciones en automático y continuo de operaciones, capaces de procesar una información de entrada para producir una de salida.
Bastidor	Estructura o armazón, que sujeta los diferentes mecanismos de la máquina.
Cámara de visión artificial	Cámara para obtener información de forma digital, captura las piezas que pasan por delante de la cámara exactamente en la posición requerida.
Chumacera	Pieza de metal con una muesca, donde descansa y gira cualquier eje de maquinaria.
Cilindro neumático	Elemento que realiza trabajo, transformando la energía neumática, en energía mecánica rectilínea, consta de carrera de avance y retroceso.

Cilindro de doble efecto

El movimiento de salida como el de entrada son debidos al aire comprimido, es decir, el aire comprimido ejerce su acción en las dos cámaras del cilindro, de esta forma puede realizar trabajo en los dos sentidos del movimiento.

Cinta transportadora

es un sistema de transporte continuo formado básicamente por una banda continua que se mueve entre dos tambores.

Circuito

Red eléctrica (interconexión de dos o más componentes, tales como resistencias, inductores, capacitores, fuentes, interruptores y semiconductores) que contiene al menos una trayectoria cerrada.

Embrague

Sistema que permite tanto transmitir como interrumpir la transmisión de una energía mecánica a su acción final de manera voluntaria.

Embudo

Pieza fabricada de metal, para guiar al envase en la caída hacia la cinta transportadora de salida.

Encoder

Codificador rotatorio, también llamado codificador del eje o generador de pulsos, suele ser un dispositivo electromecánico

	usado para convertir la posición angular de un eje a un código digital, lo que lo convierte en una clase de transductor.
Envase asimétrico	Envase cuya forma a hacerla rotar sobre su eje longitudinal varía su volumen.
Envase simétrico	Envase cuya forma al hacerla rotar sobre su eje longitudinal no varía en volumen.
<i>Flip-on</i>	Dispositivo eléctrico que interrumpe la corriente eléctrica al aumentar la misma, dependiendo del amperaje.
Formato	Conjunto de piezas metálicas para guiar al envase al posicionamiento adecuado, formado por segmento y embudo.
Fotocelda	Resistencia, cuyo valor en ohmios varía ante las variaciones de la luz incidente.
Interface	Comunicación entre dos dispositivos de programación.
Micro-interruptor	Dispositivo eléctrico, para interrumpir el curso de la corriente eléctrica.

Motor-reductor	Sistema electromecánico con motor eléctrico y una caja mecánica de engranajes que aumentan el torque y disminuyen la velocidad.
Parámetros	Distintas condiciones que debe de cumplir un dispositivo programable.
Periféricos	Dispositivos auxiliares que van conectados al <i>PLC</i> , para la detección de objetos.
PLC	Controlador lógico programable, (por sus siglas en inglés <i>Programmable Logic Controller</i>) este dispositivo tiene en su memoria el programa cuyas instrucciones hacen funcionar la máquina.
Relé de seguridad	Consistente en envío de señal de parada para detener los actuadores, y a continuación, desconectar la alimentación de los mismos.
Rodamiento	Dispositivo mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas que conectan con éste. También conocido como cojinete.
Rodillo conducido	Pieza cilíndrica metálica, que se encuentra sujeta por los extremos por chumaceras.

Segmento

También llamado segmento selector, dispositivo mecánico en forma de paleta, que sujetan al envase para ser censado.

Variador de frecuencia

Es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

RESUMEN

Un posicionador de envases de plástico (*Posimat*) es el que alimenta automáticamente una línea de llenado de forma continua y controlada con requerimientos laborales reducidos y una excelente relación costo/eficiencia, asegurando continuidad en la entrega de botellas a la línea de llenado. Fue diseñada para el pequeño y grande embotellador, que trabaja a diferentes velocidades y que necesite tecnología para tener fiabilidad de trabajo, reducido mantenimiento, sin necesidad de personal especializado para la realización de sus labores.

El equipo ha tenido que ser trasladado de América del Sur, vía marítima hacia Guatemala y no embalado correctamente, presenta daños de oxidación en la mayoría sus componentes, por lo que a la hora de hacerlo funcionar presenta problemas mecánicos, eléctricos, electrónicos y de programación.

En la segunda parte del contenido de esta investigación se detallan los problemas, cambios de diseño en algunos de sus componentes y las soluciones que se realizaron para poner la máquina en funcionamiento, de acuerdo a lo que el cliente está requiriendo.

Luego de haber estudiado los problemas y las causas que provocaron el colapso total de la máquina, se realiza mantenimiento preventivo, logrando determinar que se necesita realizar modificaciones al mismo para lograr alta disponibilidad y rendimiento para el área dónde estará en operación.

Realizado el mantenimiento y las modificaciones respectivas, se obtiene un aumento en la velocidad de posicionamiento, las cuales se muestran en las gráficas.

Así mismo, se realizó un manual de mantenimiento preventivo y operación de la máquina posicionadora donde se explica el principio de funcionamiento básico.

OBJETIVOS

GENERALES

Restaurar y modificar el sistema mecánico-eléctrico-electrónico de máquina posicionadora de envases marca Posimat, con el propósito de garantizar la disponibilidad y eficiencia de la misma durante el proceso de producción.

ESPECÍFICOS

1. Dar a conocer el funcionamiento del equipo de posicionamiento de envases.
2. Describir los problemas de la máquina posicionadora antes de las mejoras.
3. Explicar el mantenimiento a realizar y los cambios necesarios para el mejoramiento de la máquina posicionadora.
4. Exponer los resultados obtenidos y definir un plan de mantenimiento.

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos de la industria de manufactura del llenado de líquidos es aumentar la productividad, a través de la mejora continua, con el fin de reducir costos.

En el inicio de una línea de llenado de alta eficiencia se encuentra la máquina de posicionado de envases con el propósito de alimentar automáticamente una línea de llenado de forma continua y controlada. La empresa de manufactura de líquidos desinfectantes ha adquirido una máquina de posicionamiento de envases, pero debido a un mantenimiento inapropiado, condiciones ambientales del traslado del equipo y un embalaje inadecuado, dañaron los elementos mecánicos, eléctricos, electrónicos.

En cuanto a la presentación de envases requeridos por el cliente, es preciso diseñar y fabricar nuevos formatos ya que los existentes son diferentes a los que se manufacturaban con anterioridad.

No existen antecedentes del equipo, por lo que se debe de realizar un análisis profundo de su funcionamiento, observando y estudiando cada uno de los componentes. Posteriormente realizar las pruebas iniciales, bajo las condiciones actuales en que se encuentra el equipo.

Luego de realizar las primeras pruebas se hace un listado de problemas y sugerencias posibles para poder definir el mantenimiento adecuado para la máquina, realizando así la primera fase del proyecto.

Los resultados obtenidos durante la primera fase, se presentan al nuevo propietario, incluyendo los diseños de las modificaciones a realizar entre los diferentes componentes y mecanismos de operación para que el equipo pueda operar de una forma eficiente.

1. DESCRIPCIÓN DE MÁQUINA POSICIONADORA DE ENVASES

1.1. Sistema mecánico

El sistema mecánico del equipo de posicionamiento de envases modelo Posimat Posimax está compuesto por partes fijas (bastidor) y partes móviles (mecanismos de posicionamiento).

1.1.1. Estructura fija

La estructura fija está compuesta por:

- Tolva: es una estructura fija circular que recolecta los envases que han sido depositados mediante un transportador inclinado de canchales. Internamente en la tolva se encuentra un disco en acero inoxidable giratorio dividido en segmentos tipo embudo, el cual tiene la forma del envase, permitiendo obtener la posición deseada dentro del mismo;

La tolva está fabricada con fibra de vidrio y paredes circulares en acero inoxidable lo cual evita daños en el envase, soportada por una estructura de acero laminado pintado, por debajo de la cual está dispuesta la monitorización de accionamiento de giro del posicionador.

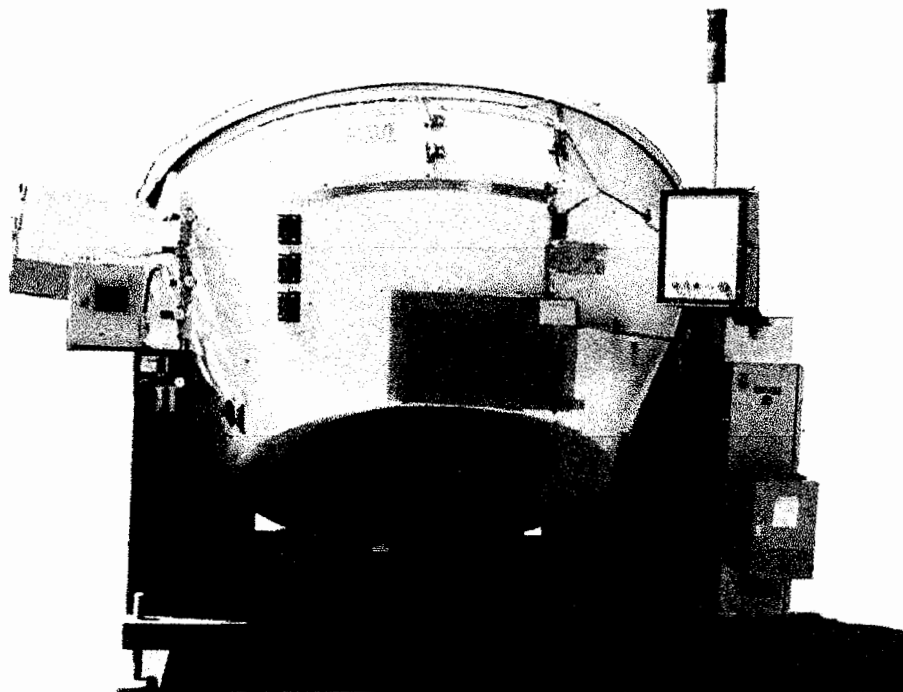
En la parte alta, se encuentra el travesaño metálico que soporta el eje principal y los elementos móviles interiores, así como el dispositivo de pre-orientado de envases.

En la misma tolva se encuentran las siguientes aberturas:

- Frontal inferior: está dispuesta para la salida de envases adecuadamente posicionados;
- Frontal central: cubierta mediante dos compuertas una superior y una inferior, permiten el acceso a los formatos posicionadores, para facilitar el cambio de los mismos. Las compuertas están protegidas por un sistema de micro-interruptores, sirven como sistema de seguridad o paro de emergencia, en caso de que dichas compuertas sean abiertas en pleno funcionamiento;
- Trasera inferior grande: esta abertura permite la salida de aquellos envases que al ser transferidas por las paletas rotativas, han sido colocadas en exceso en un mismo segmento y por lo tanto son expulsadas para evitar atascos en la tolva;
- Trasera inferior pequeña: ésta permite la limpieza de residuos de plástico que pueden quedar en el interior de la tolva;

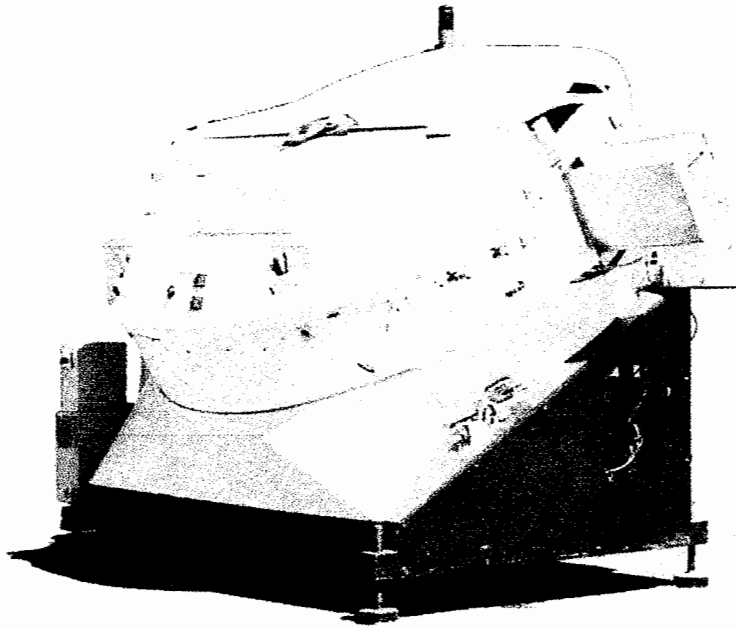
En la figura 1 y 2 se puede apreciar la máquina de posicionamiento, en ella se observa por completo el bastidor externo.

Figura 1. Vista frontal de máquina posicionadora



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Máquina vista posterior



Fuente: elaboración propia.

1.1.2. Parte giratoria

El equipo tiene un mecanismo de rotación de doble sentido, uno para los segmentos selectores y el otro para pre-orientación de envases, ambos funcionan con la fuerza centrípeta la cual ayuda a los envases a mantenerse fuera del centro de la tolva, logrando así que todos los envases estén en posición de ser censados para su posicionamiento vertical. La parte giratoria está compuesta de:

- Disco superior repartidor: su función es la de repartir y estabilizar la carga de envases en el interior de la máquina y su sentido de giro es siempre contrario al de los embudos y segmentos. El sentido de giro del disco superior es al sentido de las agujas del reloj;
- Segmentos selectores: es el mecanismo de preselección de los envases para posteriormente introducirlos con el cuello hacia arriba en los embudos. Los segmentos, dependen de la forma y tamaño del envase, su ubicación está en el extremo del disco superior repartidor;
- Embudos: se encuentran situados debajo de cada segmento y fijados en la parte giratoria. Las botellas que previamente se sitúan en el interior de los segmentos selectores caen posteriormente en los embudos, que son los encargados de transportarlas hasta el posicionamiento en la cinta transportadora. Al igual que los segmentos selectores éstos también dependen de forma y tamaño de las botellas.

1.1.3. Mecanismo de volteo

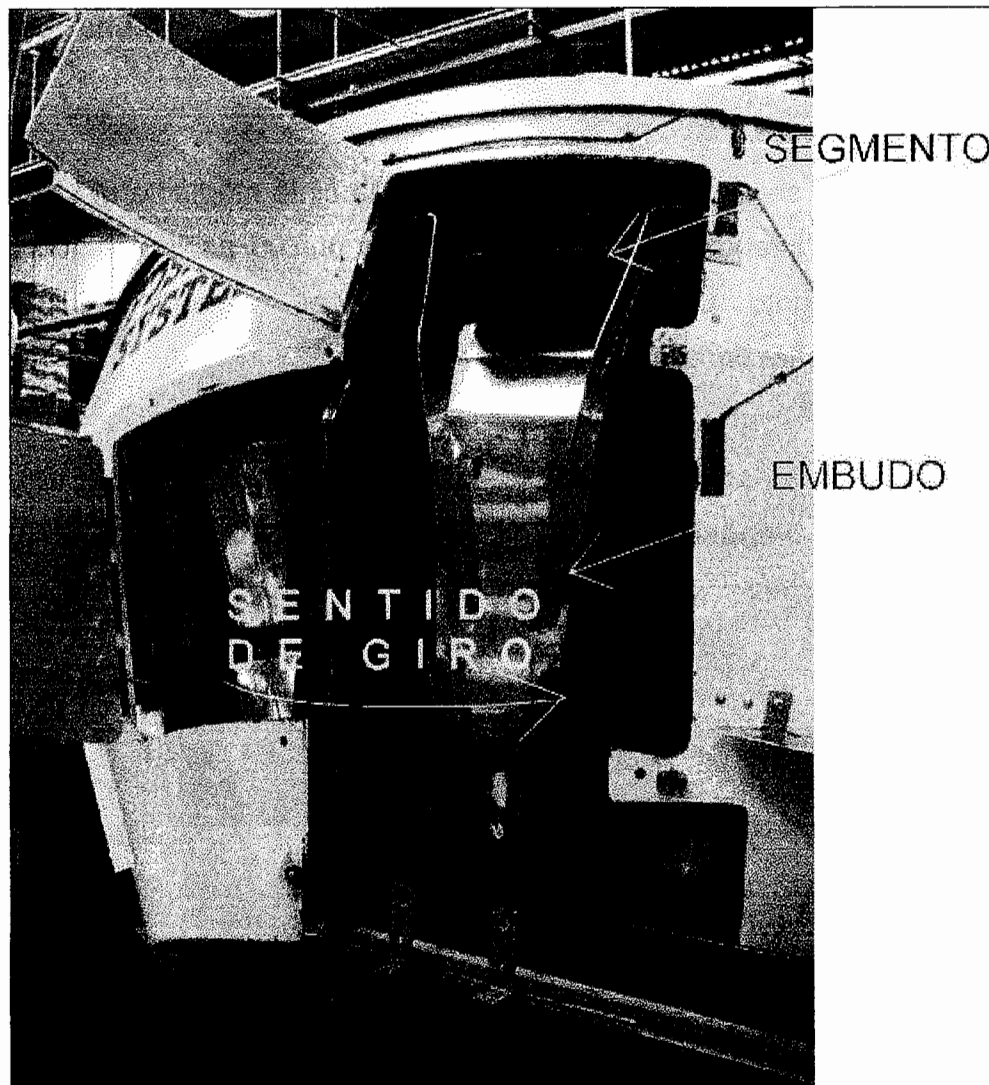
- Guías: son las encargadas de dirigir a los cojinetes seguidores en una trayectoria del mecanismo principal de volteo. Existe una guía selectora, es la encargada de dirigir al mecanismo de volteo en sentido horario u anti-horario, luego de que un cilindro neumático de doble efecto sea el encargado del accionamiento. Luego de la guía selectora, entran en función las guías de volteo, las cuales se dirigen a través de una trayectoria de 60°, haciendo que el envase se deslice suavemente en un tiempo adecuado.

Las guías son de polietileno de alto peso molecular, material termoplástico cuyas características antifricción hacen que funcione adecuadamente el cojinete seguidor y la guía selectora es de bronce, es la que sufre mayor desgaste por el trabajo realizado;

- Embrague de seguridad: este elemento sirve para absorber tensiones de carga realizados por envases defectuosos que no caen en forma adecuada y se atascan en el segmento, protegiendo así al mecanismo de volteo del colapso de cojinetes, ejes y guías. El embrague de seguridad está formado por un mecanismo de tres cilindros de acero inoxidable sólido, con una tensión restringida por cinco seguros tipo *seagers*, evitando así dañar cualquier elemento del mecanismo principal de la máquina;
- Cajas reductoras: la función es hacer el giro de cambio de ángulo de la posición del envase horizontal a vertical en el embudo guiado por el cojinete seguidor. Éstas tienen una relación de tres vueltas ejercidas por el eje de salida y una vuelta el eje de entrada (3:1), conformado interiormente por dos engranajes cónicos helicoidales;
- Ejes de transmisión de volteo: son los encargados de transmitir el giro de vertical a horizontal mediante la caja reductora. Estos ejes están fabricados de *cold rolled*, con las puntas estriadas para una exacta alineación con los acoples de las cajas reductoras;
- Chumaceras de bancada: son la base de sujeción de los ejes verticales y horizontales.

En la figura 3 se puede observar el segmento, embudo, las puertas, frontal superior y frontal principal.

Figura 3. **Vista frontal con puertas abiertas**



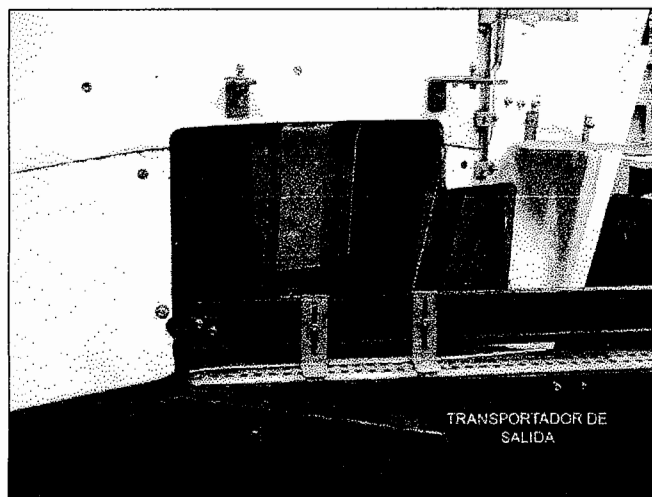
Fuente: elaboración propia.

1.1.4. Transportador de salida

Es el encargado de trasladar los envases posicionados hacia el transportador de llenado. Está compuesto por un bastidor de fibra de vidrio en forma de cajón que soporta la cinta transportadora y su motor. El motor está compuesto por una caja reductora de mecanismo tornillo sin fin y corona dentada con una relación de cuatro vueltas en el eje de entrada y una vuelta en el eje de salida (4:1).

Los envases se adhieren perfectamente a la cinta mediante el vacío que se produce en el interior del bastidor, producido por un aspirador que forma parte de este conjunto. La altura del transportador es fácilmente regulable así como el espacio entre barandas.

Figura 4. Disposición de transportador de salida con equipo



Fuente: elaboración propia.

1.1.5. Posicionador de envases

Una vez pre-seleccionadas, las botellas caen en sus correspondientes embudos gracias al mecanismo de volteo. El sistema de visión artificial se encarga de leer la posición del envase dentro del segmento. Las señales de la cámara de visión artificial se recogen a través de un autómeta que es el encargado de maniobrar un dispositivo neumático. Este dispositivo nos activa un cilindro de doble efecto es accionar el sistema desvío levas. Esto provoca que los segmentos giren indistintamente, en sentido horario o anti-horario, y posiciona el envase correctamente en el transportador de salida.

1.2. Sistema eléctrico-electrónico

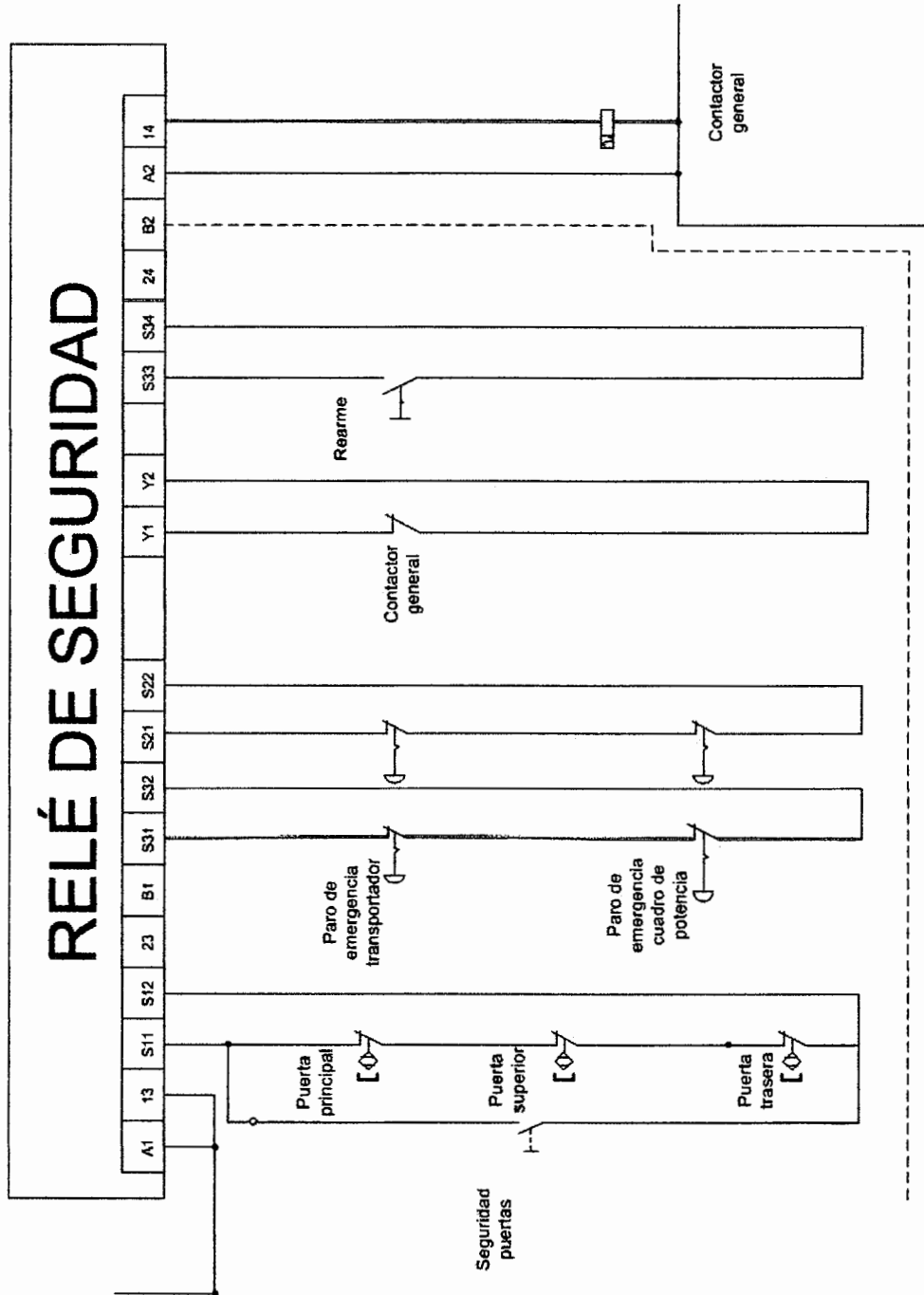
Éste controla el funcionamiento del equipo, así como también maniobra o calibra la máquina para una nueva presentación a trabajar.

1.2.1. Circuito de mando

Es el encargado de realizar las tareas dependiendo del autómeta. En el circuito de mando se pueden establecer varios circuitos internos.

- a) Circuito de seguridad: es controlado por un relé de seguridad. La función es controlar todos los dispositivos periféricos como: seguridad de puertas, paros de emergencia y paro de potencia. Cuando todos los dispositivos periféricos de seguridad están en correcta posición se puede armar el circuito de mando, el cual permite la ejecución de la máquina para cualquier presentación.

Figura 5. Circuito de seguridad



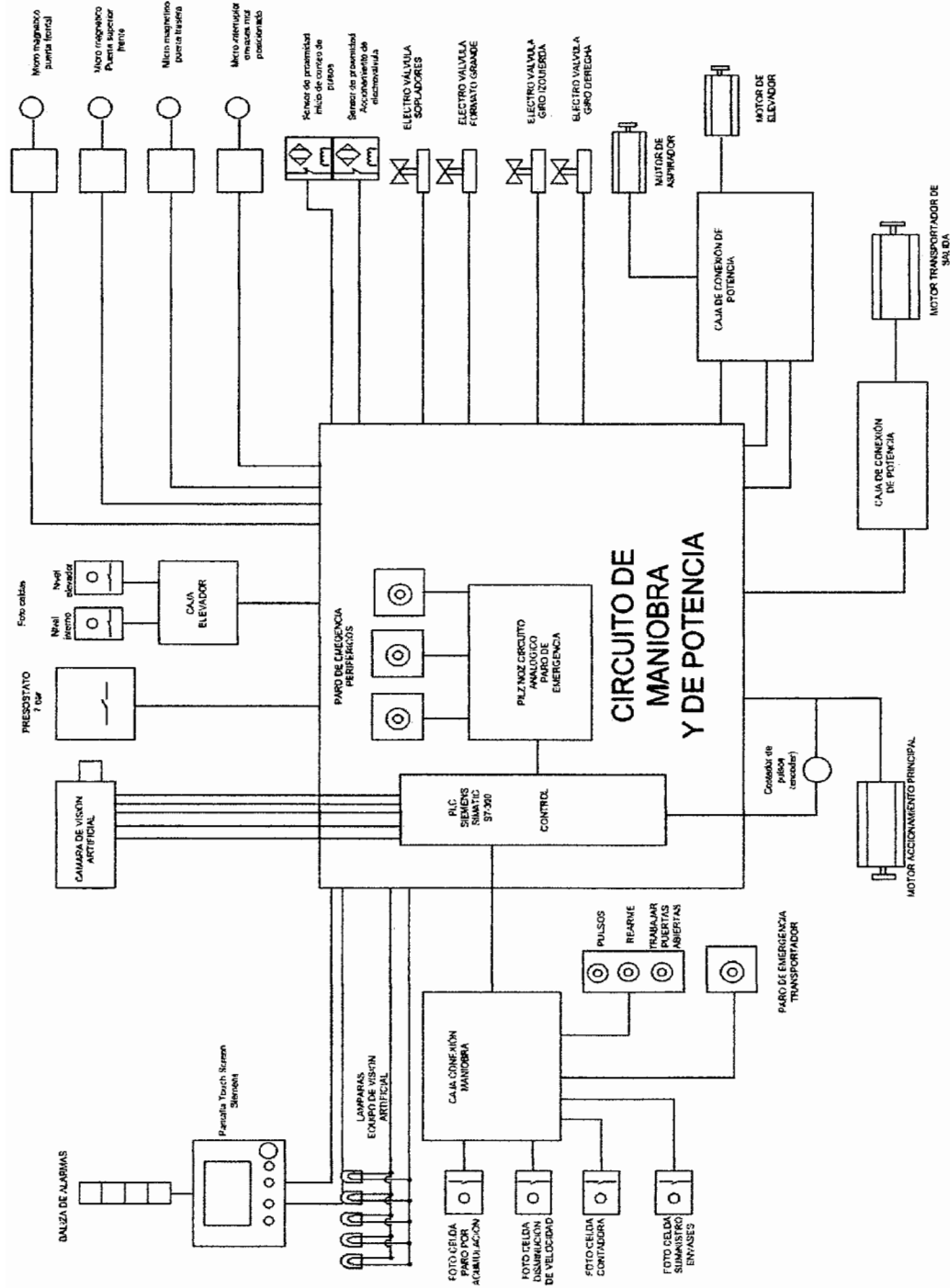
Fuente: técnico de equipos, Juan de Dios Leal Chité, empresa de servicios.

b) Circuito de mando: en éste se encuentra el arranque del equipo, controlado por un controlador lógico programable (en inglés *Programmable Logic Controller PLC*), con alimentaciones de 24 voltios corriente alterna para todos los periféricos y accionadores electro-neumáticos, así como también, alimentación de 110 voltios corriente alterna para lámparas de visión artificial. En la protección de todos los elementos se encuentra una sección de portafusibles de diferentes amperios.

Para poder realizar un arranque correcto se debe de cumplir con lo siguiente:

- Presión de aire como mínimo 6 bares
- Puertas cerradas (circuito de seguridad)
- Paros de emergencias desenclavadas (circuito de seguridad)
- Motores con voltaje mínimo de 220 voltios corriente alterna
- Rearmar el cuadro de mando, presionando el botón de rearme

Figura 6. Plano sinóptico de conexiones eléctricas



Fuente: técnico de equipos, Juan de Dios Leal Chité, empresa de servicios.

1.2.2. Motorización con regulación electrónica

El equipo está dotado de dos motores independientes: una para el movimiento de la parte giratoria y otra para el transportador de salida. Tanto la motorización de la máquina como la del transportador de salida están formadas por un grupo motor-reductor y un sistema electrónico de variador de frecuencia esto regula el número de vueltas por minuto de los motores.

El dispositivo de variación de velocidad, tiene dos objetivos:

- Primero: ajustar la velocidad de la máquina y del transportador, a la producción requerida;
- Segundo: disminuir la velocidad e incluso parar la máquina si se produce acumulación en el transportador de salida.

Sobre el transportador de salida existen instaladas 4 fotoceldas.

Al producirse una acumulación de botellas, la fotocelda más alejada da una señal y deja de suministrar envases del equipo para poder hacer más eficiente la línea de producción. Cuando la acumulación desaparece, nuevamente suministra envases y restablece la velocidad.

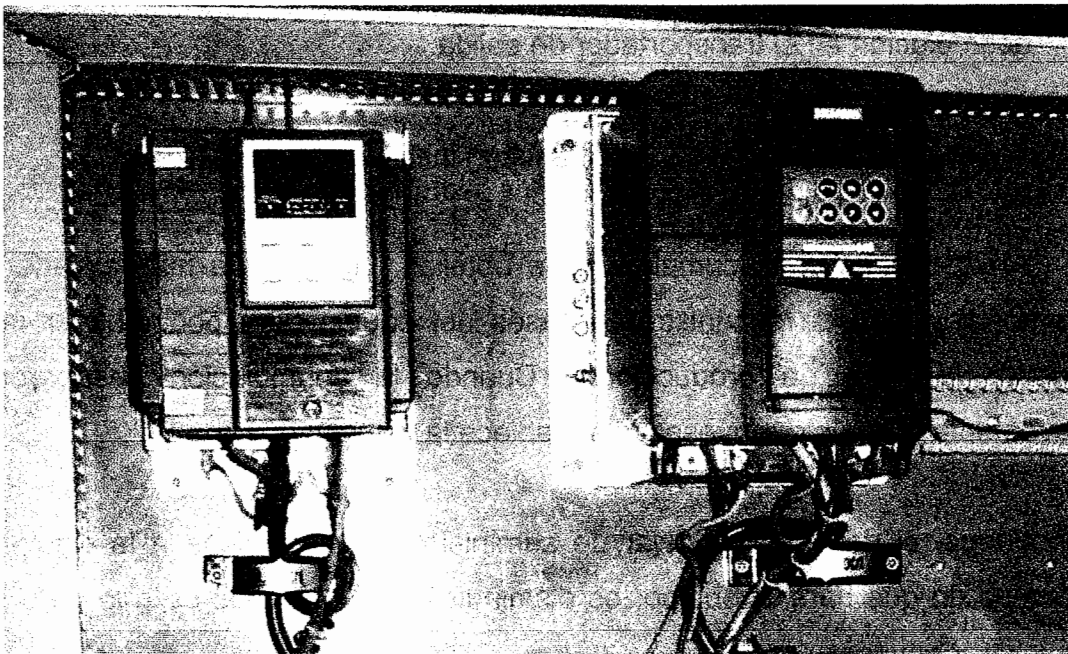
Luego, si después de dejar de suministrar envases llega a la siguiente fotocelda, lo que hará el equipo, es disminuir las velocidades de giro pero sin suministrar envases.

Por último, si existe algún problema en la línea de acumulación y se llega hasta la tolva, ésta da una señal de paro inmediato a la máquina, más no al transportador, el cual mantiene una marcha lenta. Cuando la acumulación desaparece, las velocidades se recuperan siguiendo un proceso inverso al descrito.

La cuarta fotocelda da señal de conteo de envases producidos.

Las distintas velocidades se consiguen por medio del cambio de distintos formatos, gracias al sistema de fácil acceso al menú por medio de una pantalla táctil.

Figura 7. Variadores de frecuencia



Fuente: elaboración propia.

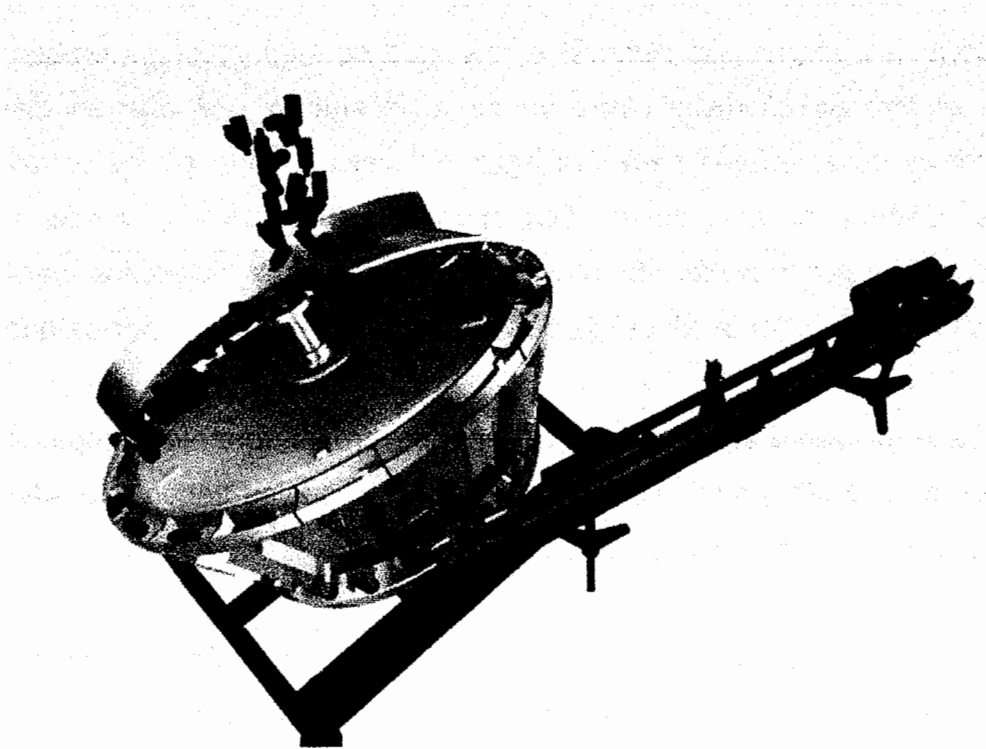
1.3. Principio de funcionamiento de máquina posicionadora de envases

El posicionador consiste en dos piezas móviles en el interior: el primero, transporta los segmentos selectores, con sus correspondientes embudos de caída, el otro es un disco plano de acero inoxidable que gira en dirección contraria a los anteriores para conseguir un mejor reparto de los envases en dichos segmentos selectores. Los envases son posicionados sólo por su propio peso y por la acción del aire comprimido, no hay elementos mecánicos haciendo fuerza sobre la superficie de la botella para hacerla mejor tratada.

Cada presentación de envase tiene su propio formato compuesto por segmento, embudo y suplemento de embudo, los cuales tienen que adaptarse adecuadamente a la botella a posicionar.

La cámara de visión artificial es la encargada de decidir cuál será el giro del segmento, gracias a 3 ventanas de lectura digital, cuyos parámetros se obtienen mediante área y posicionamiento del envase, luego la información digital es trasladada al controlador lógico programable, para posteriormente accionar un mecanismo de rotor y pistón neumático de doble efecto para posicionar el envase.

Figura 8. Principio de funcionamiento de máquina posicionadora



Fuente: POSIMAT. [En línea]. España. [Fecha de consulta: 21 enero de 2011]. Disponible en:
http://www.posimat.com/images/stories/apartados/ventajas/punt_1_gran.gif

2. PROBLEMAS EN MÁQUINA POSICIONADORA DE ENVASES

2.1. Observaciones preliminares

El equipo de posicionamiento ha viajado por vía naval, desde Uruguay hasta la ciudad de Guatemala, permaneciendo aproximadamente seis meses en un ambiente corrosivo, y no habiéndolo embalado en su viaje, presenta mucho óxido ferroso en todos sus componentes, tanto mecánicos, eléctricos y electrónicos, por lo que, se necesita hacer una evaluación de todos los componentes detalladamente.

2.1.1. Observaciones mecánicas

Los rodamientos se encuentran en mal estado, debido a que la corrosión ha dañado gran parte de los mismos. También se observa que la máquina posicionadora de envases no ha tenido un mantenimiento efectivo, por lo que se encuentran dañados algunos de sus componentes.

El mecanismo principal de movimiento giratorio de la tolva y disco, está compuesto por dos engranajes de dientes rectos y la transmisión superior, es por medio de cadenas con piñones y engranajes. Se encuentra en mal estado por falta de mantenimiento y por la corrosión en el ambiente.

El mecanismo de volteo, los ejes de transmisión, acoples de transmisión, cajas reductoras de aluminio, embragues de seguridad de volteo, flejes de seguridad de segmentos de volteo, tornillería y bases de cojinetes guías, se encuentra totalmente oxidados, por no haberla protegido al ambiente adecuadamente.

2.1.2. Observaciones eléctricas

El equipo de posicionamiento fue diseñado para un país donde el voltaje es de 380 voltios corriente alterna y con una frecuencia de 50 Hertz, por lo que en Guatemala se tiene un voltaje de 220 voltios corriente alterna y con una frecuencia de 60 Hertz. Los motores eléctricos presentan corrosión, los sistemas de detección con líneas están en mal estado, y el controlador lógico programable, con corrosión en las líneas de entrada y salida.

2.2. Prueba de funcionamiento y problemas de la máquina posicionadora

Luego de hacer una limpieza superficial y haciendo los ajustes mínimos, se procede a energizar el equipo y observar el funcionamiento en sus diferentes componentes, a solicitud del dueño del equipo.

2.2.1. Problemas mecánicos

- Guías plásticas: presentan desgaste debido a un incorrecto mantenimiento, provocando así el descarrilamiento de los cojinetes selectores de posición;

- Cojinetes selectores: muchos de éstos no giran adecuadamente debido a que muchos de ellos no tienen sus elementos de rodamiento cilíndricos, provocando atascos en el giro de la selección de caída del envase;
- Chumaceras de bancada: no tienen movimiento libre debido a la excesiva corrosión que en ellas se encuentra, provocando retardo en la caída de los envases y produciendo atascos en la tolva;
- Cadena de transmisión: después de cinco minutos de funcionamiento la cadena falla mecánicamente fracturando un eslabón y paro general del equipo;
- Cajas reductoras: presentan óxido de aluminio en exterior y mal funcionamiento interno, causando que algunos segmentos no retornen, provocando un giro no sincronizado. Las mismas deben de hacer un giro con una relación de uno a tres;
- Formatos: que se han colocado están desnivelados para la observación del equipo electrónico;
- Embragues de seguridad: amortiguación defectuosa de los resortes tipo clip, cuya función es evitar falla de atasco de envase en la parte superior del segmento. Éstos están totalmente oxidados.

2.2.2. Problemas eléctricos

- Líneas de comunicación: algunas líneas de comunicación del controlador lógico programable con los sensores y accionamientos de la máquina, están en mal estado, porque fueron cortadas;

- **Encoder:** es el contador de pulsos para poder hacer la decisión de la toma de la fotografía. Se encuentra desconectado en el PLC, y la relación de conteo es muy deficiente;
- **Planos eléctricos:** no se encuentran, por lo que se investiga línea por línea y la función que ésta tiene;
- **Motores eléctricos:** están conectados a un voltaje de 380 voltios corriente alterna, se hicieron las modificaciones para que funcionen con un voltaje de 220 voltios corriente alterna, pero, la frecuencia ha afectado y los motores se han sobrecalentado disparando el guarda-motor de seguridad tipo térmico;
- **Parámetros de variadores de frecuencia:** los parámetros de variación del motor principal y del motor del transportador de salida se encuentran fuera de fase, por lo que debe programarse nuevamente para poder obtener la velocidad angular de la tolva, con la velocidad lineal del transportador de salida, y no provocar caída de envase.

Figura 9. Corrosión en máquina posicionadora



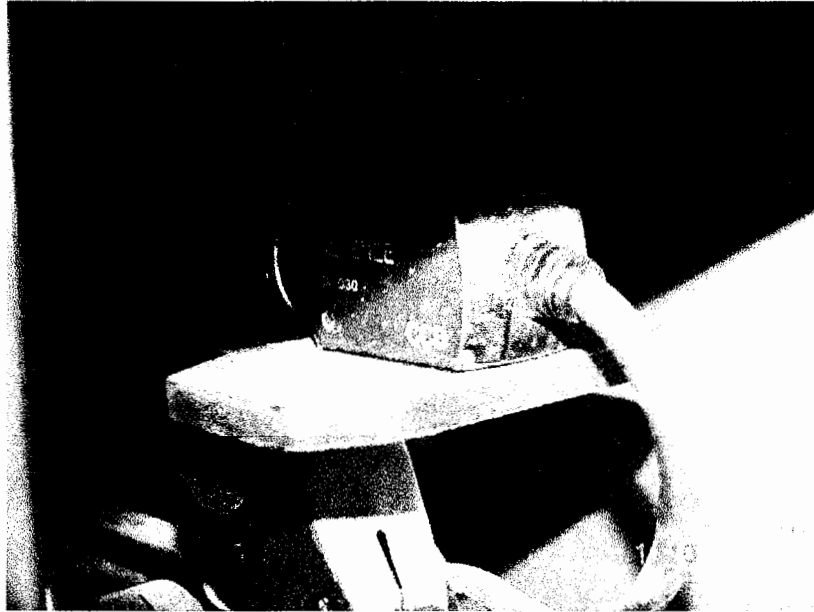
Fuente: elaboración propia.

2.2.3. Problemas en *PLC* y en cámara de visión artificial

No existe *software* para poder investigar la función del programa, las entradas y salidas del *PLC* se encuentran en mal estado debido al óxido que éstas presentan dando lecturas erróneas y haciendo un mal funcionamiento de todo el equipo.

La cámara de visión artificial se encuentra en estado deteriorado, por lo que debe de ser evaluada por expertos en cámaras de visión artificial, para hacer pruebas de internas de funcionamiento.

Figura 10. Cámara de visión artificial dañada por corrosión



Fuente: elaboración propia.

3. MANTENIMIENTO Y MODIFICACIONES PARA LA MÁQUINA POSICIONADORA DE ENVASES

3.1. Mantenimiento

El objetivo del mantenimiento es asegurar que todos los recursos físicos de la empresa cumplan con la función para la cual fueron diseñados. Conocer cuáles son sus componentes o factores:

- costo
- tiempo de servicio (disponibilidad-fiabilidad)
- seguridad de funcionamiento (mantenibilidad-calidad y prontitud de servicio)

Conocer que los tres son medibles y cuál es su sentido de variación, esto es suficiente para optimizar el objetivo antes definido, permitiendo efectuar un análisis para llegar a determinar nuevas acciones.

Si hubiera que sintetizar en un objetivo medible, nuestro grado de satisfacción a la situación determinada por los anteriores factores, tendríamos que hablar, para una planta de proceso continuo o de líneas automáticas, del índice de productividad (I_p) y de su crecimiento, partiendo de la expresión:

$$I_p = \frac{\text{Volumen de producción práctica (en calidad y plazo)}}{\text{Capacidad de producción teórica}}$$

En el contexto del Mantenimiento Productivo Total (MPT), llamamos a este índice Ip: rendimiento operacional de una línea de producción.

La obtención de un Ip elevado es el objetivo principal de la empresa y parece evidente que el crecimiento del Ip está en sintonía con nuestros objetivos:

- Se mejoran plazos de entrega (disponibilidad)
- Se gana en flexibilidad y se simplifica la planificación del mantenimiento
- Se canalizan recursos improductivos hacia inversiones de mejora de procesos
- Permite una mejor gestión de la calidad y de los costos

3.1.1. Mantenimiento correctivo

Las averías y paradas motivadas por ellas son difíciles de evitar, aún en industrias con un mantenimiento preventivo-predictivo eficaces. Para una mejor acción se necesita un buen equipo de profesionales y un buen equipo de análisis fiable para el control de piezas.

Se ha descrito que este tipo de mantenimiento puede tener diferentes niveles de intervención y puede ser centralizado o descentralizado según el tipo de dimensión de la industria y su actividad.

Podemos considerar dos tipos de mantenimiento correctivo:

- Planificado
- De emergencia

Dentro de este tipo de mantenimiento podríamos contemplar dos tipos de enfoques:

- **Mantenimiento paliativo o de campo (de arreglo):** se encarga de la reposición del funcionamiento, aunque no quede eliminada la fuente que provocó la falla. En nuestro análisis no se realizó, debido a que se tienen que corregir los errores existentes;
- **Mantenimiento curativo (de reparación):** este se encarga propiamente de la reparación, eliminando las causas que han producido la falla. Es el que se utilizó en el equipo debido a la falta de información de mantenimiento del mismo, por lo que se, procedió de la siguiente forma:
 - **Procedimiento de mantenimiento:** se realizó arranque del equipo para la evaluación física de los diferentes mecanismos en modo manual, realizando el análisis respectivo de su estado, obteniendo los siguientes resultados en la tabla I.

Tabla I. Resultados de problemas en máquina

Número de problema	Descripción del problema	Causa	Acción
1	La guía de los cojinetes de aguja (cojinetes guías) con fragmentos de envases y tornillos desajustados	Falta de mantenimiento en las guías	Limpieza profunda y lubricación de las guías
2	Amortiguación defectuosa de los resortes tipo clip, cuya función es evitar atascos en el segmento	Óxido ferroso en los resortes, debido al abandono al que fue expuesta	Limpieza y lubricación de los resortes amortiguadores de cojinetes guías, reemplazándolos
3	Ruidos anormales de golpe de metal en las guías	Cojinetes guías de ejes de segmento en mal estado	Cambio de 17 cojinetes guías, importados de Alemania
4	Cámara de visión artificial con problemas de señales al controlador lógico programable	Líneas de comunicación dañadas	Cambio de líneas de comunicación
5	Iluminación defectuosa	Usa solamente una lámpara dicróica de 50 <i>Watt</i>	Análisis de ubicación de nueva iluminación

Continuación tabla I.

6	Formatos en mal estado y deformados	Mal embalaje de los mismos	Estudio de cuales se utilizarán, dependiendo de las nuevas presentaciones, enderezado y reparación
7	Mal posicionamiento y retardo de la posición de los segmentos	Chumaceras de ejes guías oxidados y sin lubricación	Cambio de 34 chumaceras para ejes guías
8	Chumaceras de banda transportadora en mal estado	Falta de mantenimiento y mal embalaje	Limpieza y cambio de chumaceras

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Mantenimiento preventivo

La acción sistemática de revisar periódicamente, la podemos definir como “inspeccionar-controlar y reparar”, antes de que se produzca la avería. También podemos decir que reparar es cuando la maquinaria o instalación productiva están, en cuanto a seguridad-calidad y desgaste, dentro de límites aceptables.

Después de haber realizado una limpieza e inspección profunda y haber comprobado que varias de las piezas anteriormente descritas debían reemplazarse, se procedió al cambio de las mismas. Realizando pruebas con los nuevos elementos en el equipo, y observando el correcto funcionamiento de cada uno de ellos, se procede a planificar el inicio de un mantenimiento

preventivo adecuado. Con lo anterior, se obtienen experiencias que determinan el tiempo óptimo de servicio sin fallas o del tiempo de operación segura de los elementos, así como a definir puntos débiles de instalaciones.

3.1.3. Mantenimiento predictivo

La moderna tecnología proporciona una serie de métodos que permiten evaluar externamente las condiciones de funcionamiento de la maquinaria a través del control y evolución de ciertos parámetros (presiones de engrase, vibraciones, temperaturas, etc.).

El mantenimiento predictivo o condicional es una metodología que tiene como objetivo final asegurar el correcto funcionamiento de las máquinas a través de la inspección del estado del equipo por vigilancia continua de los niveles o umbrales correspondientes a los parámetros indicadores de su condición, y que se realiza sin necesidad de recurrir a desmontajes y revisiones periódicas.

Esta metodología permite seguir con notable precisión el estado de la maquinaria, así como la evolución de los síntomas de fallo, con el fin de:

- Conocer con gran precisión el momento en que se va a producir la avería o fallo, a fin de poder evitarla a través de una intervención programada;
- Alargar el máximo posible la vida útil de las piezas y conjuntos, con el fin de disminuir el costo de mantenimiento.

En el análisis de la vida útil del equipo se realizó entre otros, con pruebas de lubricantes por lo que el análisis obtenido es crítico y debemos de estarlos monitoreando para extender la vida útil de los elementos.

3.2 Modificaciones a la máquina posicionadora

Como parte del mantenimiento preventivo, debido al deterioro de algunos elementos de los diferentes mecanismos y presentaciones de envases, debe de hacerse un estudio profundo del funcionamiento para poder realizar las modificaciones necesarias y así obtener un funcionamiento óptimo.

3.2.1. Modificaciones mecánicas

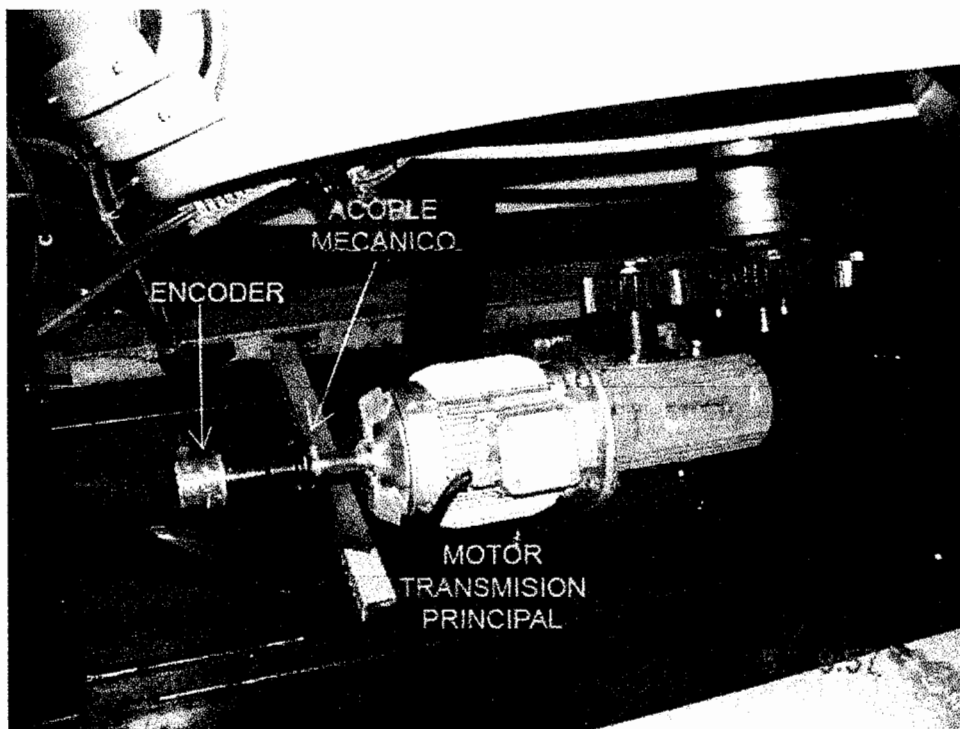
- a) Encoder: éste es el encargado de hacer el conteo de pulsos para realizar la toma de fotografía en un instante adecuado. El mecanismo estaba originalmente formado por un sistema de dos poleas dentadas con una transmisión de faja dentada, ubicada en el eje de transmisión principal en la caja reductora.

Tenía la capacidad de contar 40 revoluciones por minuto para la toma de fotografía, haciendo la respectiva programación se ha detectado un error del 20% de mal posicionamiento, por falla de toma de fotografía en el equipo, por lo que se decidió cambiarlo por un sistema más eficiente, más rápido y con menos oportunidades de error.

Para poder mejorar el sistema, se ha estudiado varias posibilidades, entre estas hacer una mejor relación de engranajes de dos giros a uno (2:1), de tres giros a uno (3:1), pero en ninguno de los casos sería una mejora efectiva para el objetivo que se buscaba.

La opción adecuada es colocar el encoder en un lugar donde sea posible la mayor cantidad de revoluciones y que tenga una relación directa con las revoluciones de la tolva de posicionamiento, por lo que hemos decidido montarlo en el eje del motor de transmisión principal.

Figura 11. Posición nueva de encoder

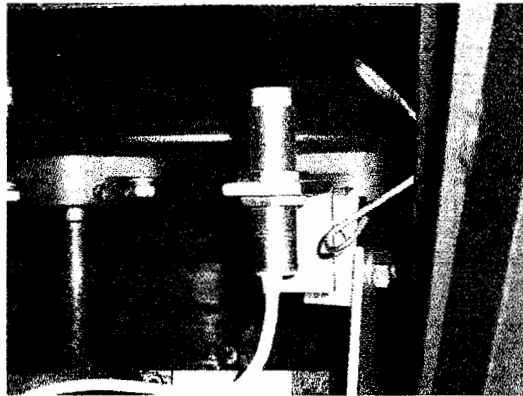


Fuente: elaboración propia.

- b) Base de sensor de actuación neumática inmediata: este sensor es el que permite actuar inmediatamente después de obtenida la decisión de volteo, para luego actuar con la válvula electro-neumática de doble efecto. Para esto se hizo una evaluación de espacio en el interior de la máquina y se buscó la posición adecuada, observando el comportamiento de las

botellas, luego experimentando la ubicación, para obtener un mejor resultado y llegar a la conclusión de la ubicación exacta y precisa del mismo, con un diseño de rigidez y fácil movimiento.

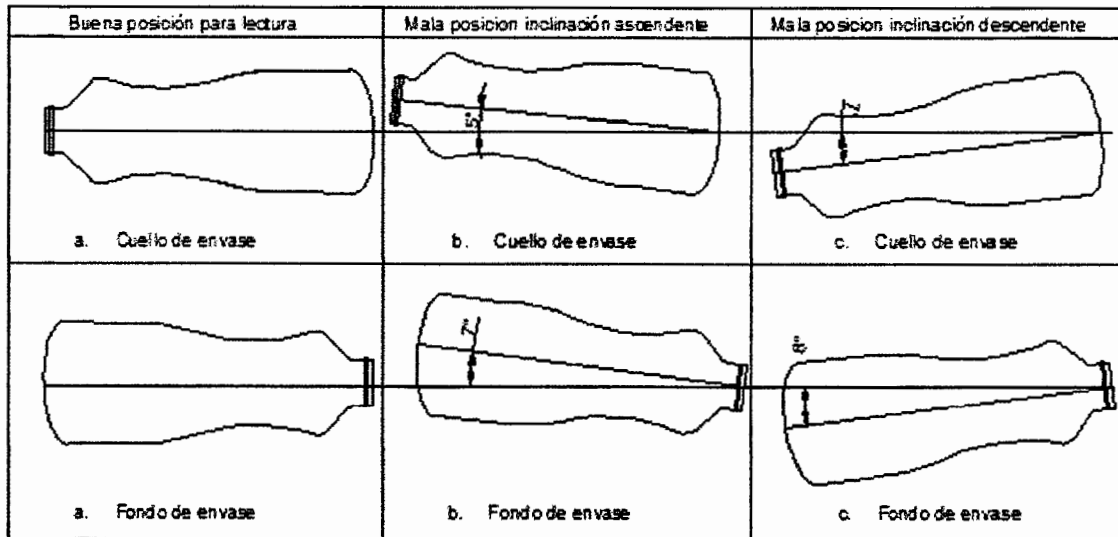
Figura 12. Base de sensor para actuador neumático



Fuente: elaboración propia.

- c) **Modificación de guía principal de carrilera:** la guía principal está fabricada en varias secciones, pero existe una unión innecesaria que es perjudicial para la toma de fotografía, las cuales varían en el eje "Y" como lo muestra en la siguiente figura.

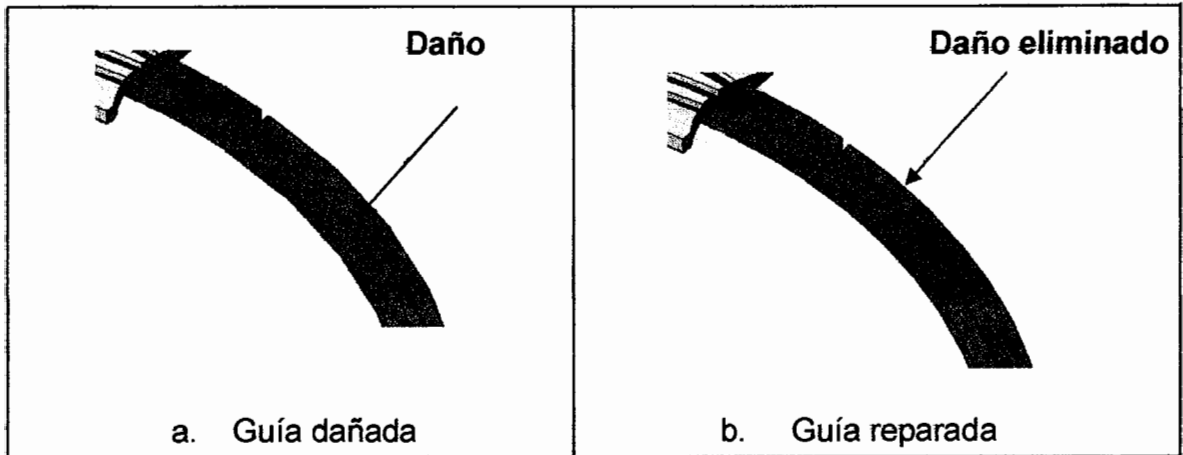
Figura 13. Comparación de posiciones de envases



Fuente: elaboración propia.

La corrección de la guía se debe de hacer, sin esto la lectura es errónea y obtendremos resultados fuera de rango, por lo que, existe mal posicionamiento de los envases en el transportador de salida. Se maquina una nueva sección completa de la guía, sin que exista unión donde se encuentra ubicada la cámara de fotografía, para evitar estas variaciones.

Figura 14. Muestra el daño de guía



Fuente: elaboración propia.

3.2.1.1. Diseño de formatos

El objetivo de diseñar los formatos es dimensionar y formar las piezas, escoger materiales y procesos de manufactura apropiados para la creación de los mismos. Para la realización de dicho diseño se siguen los pasos que se describen en la tabla II.

Tabla II. Proceso de diseño

Proceso de diseño	
1	Identificación de necesidad
2	Investigación de antecedentes
3	Enunciado del objetivo
4	Especificaciones de la tarea
5	Síntesis
6	Análisis
7	Selección
8	Diseño detallado
9	Prototipos y pruebas
10	Producción o fabricación

Fuente: Robert L. Norton, Diseño de máquinas, México, Pearson, 1999.

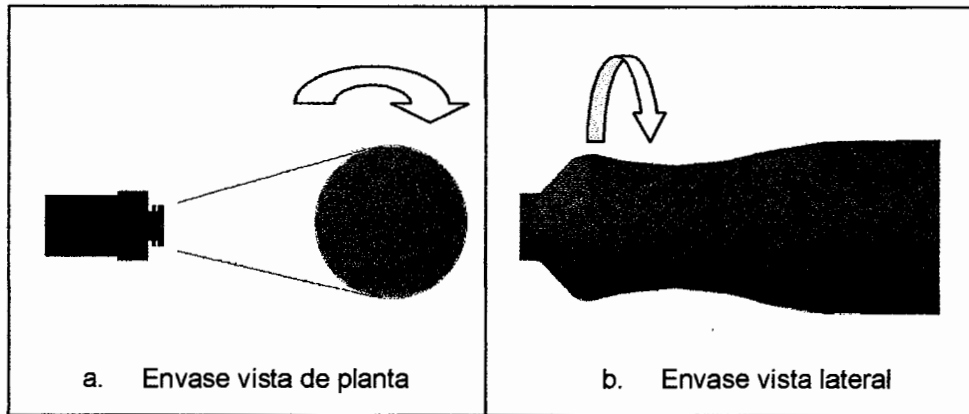
- La necesidad (paso 1) de crear un elemento para posicionar una nueva presentación de envase en la máquina;
- Debemos de estudiar los elementos (paso 2) que sirven para posicionar el envase dependiendo su forma, a estos les llamaremos formatos el cual está compuesto por dos partes las cuales son: segmento y embudo;
- El objetivo (paso 3) es diseñar un formato para el envase a posicionar;
- En el equipo de posicionamiento no se encuentran formatos para poder realizar pruebas de adaptación o similares para la forma del envase a posicionar por lo que se tiene que analizar la forma específica del envase (paso 4);
- En la búsqueda de mejores alternativas (paso 5), se ha estudiado la posibilidad de cambiar de posición la cámara de visión artificial por la forma del envase, para lo cual se necesitan varias validaciones para

realizar dichos cambios, antes de diseñar el formato requerido por la forma del envase;

- Otra de las ideas para poder hacer más eficiente la toma de fotografía es la mejora de la iluminación, instalando 5 lámparas: 3 de color blanco y 2 de color rojo (paso 6);
- Las modificaciones se realizarán según el análisis realizado, tomando en cuenta el tiempo y la inversión de cada una de las modificaciones (paso 7);
- El diseño, dependerá de los envases a posicionar en el caso del posicionador mencionado forma y área (paso 8);

Simetría del envase: la toma de fotografía se hace lateralmente. Cuando un envase es simétrico, la cámara de visión artificial compara el área del envase lateralmente y aunque gire sobre su propio eje no varía su área, por lo tanto no existen problemas de detección.

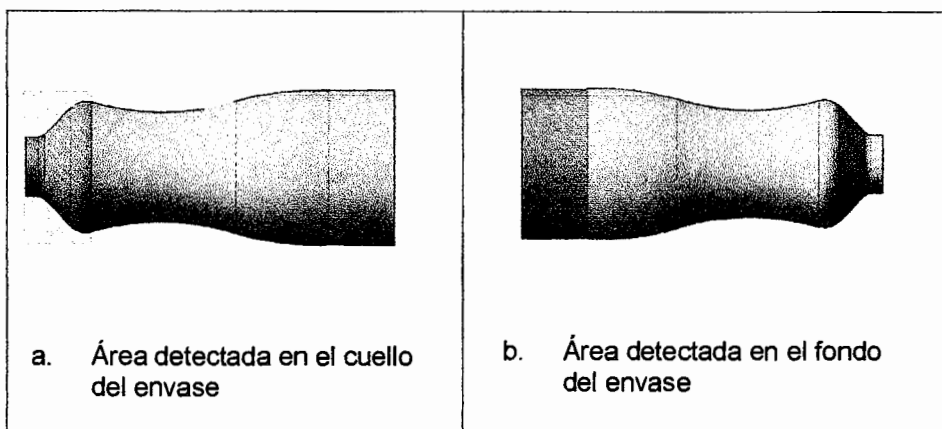
Figura 15. Simetría de envase



Fuente: elaboración propia.

En este caso la cámara compara el área del cuello de botella que es ampliamente diferente al del fondo observe en la figura 16.

Figura 16. Posición de envase, cuello y fondo

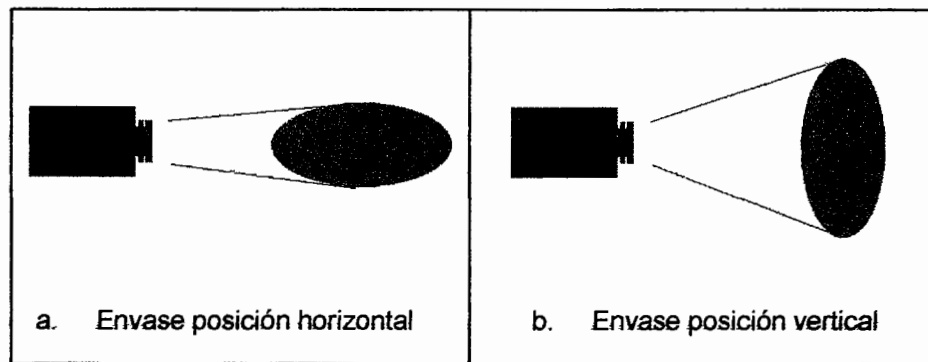


Fuente: elaboración propia.

El área de los envases es definida por el color naranja, donde nos indica que el fondo de la botella tiene más área que la del cuello, por lo tanto se puede hacer fácilmente la diferencia de cuello o fondo. Pero en el envase simétrico no es así, por lo que se hace el respectivo análisis.

Envase asimétrico: cuando el envase no es simétrico, se tiene problema de detección por la posición del envase para tomar la fotografía, como se muestra en la figura 17.

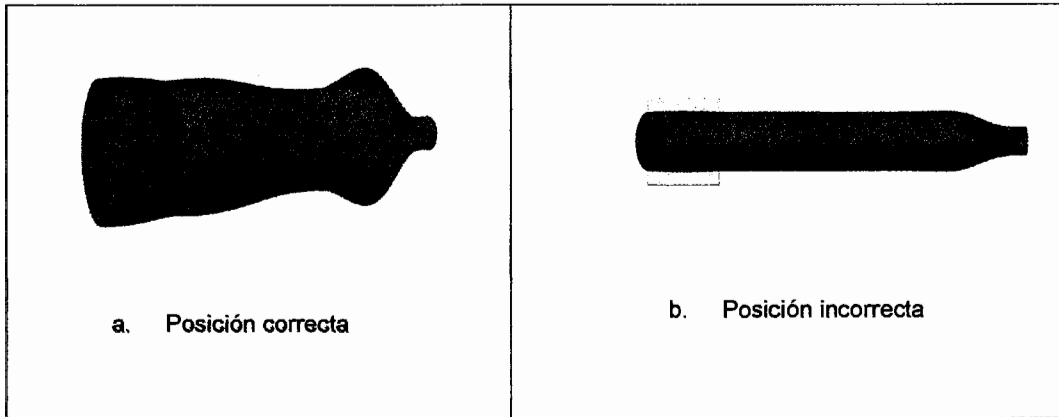
Figura 17. Posiciones de toma de fotografía para envase no simétrico



Fuente: elaboración propia.

El envase tiene una diferencia de áreas laterales según lo que la cámara compara y hará una evaluación según la memoria interna, pero si no existe diferencia habrá problema de comparación de áreas. Análisis del fondo de la botella oblicua, en la figura 18.

Figura 18. Posición correcta e incorrecta para envase oblicuo

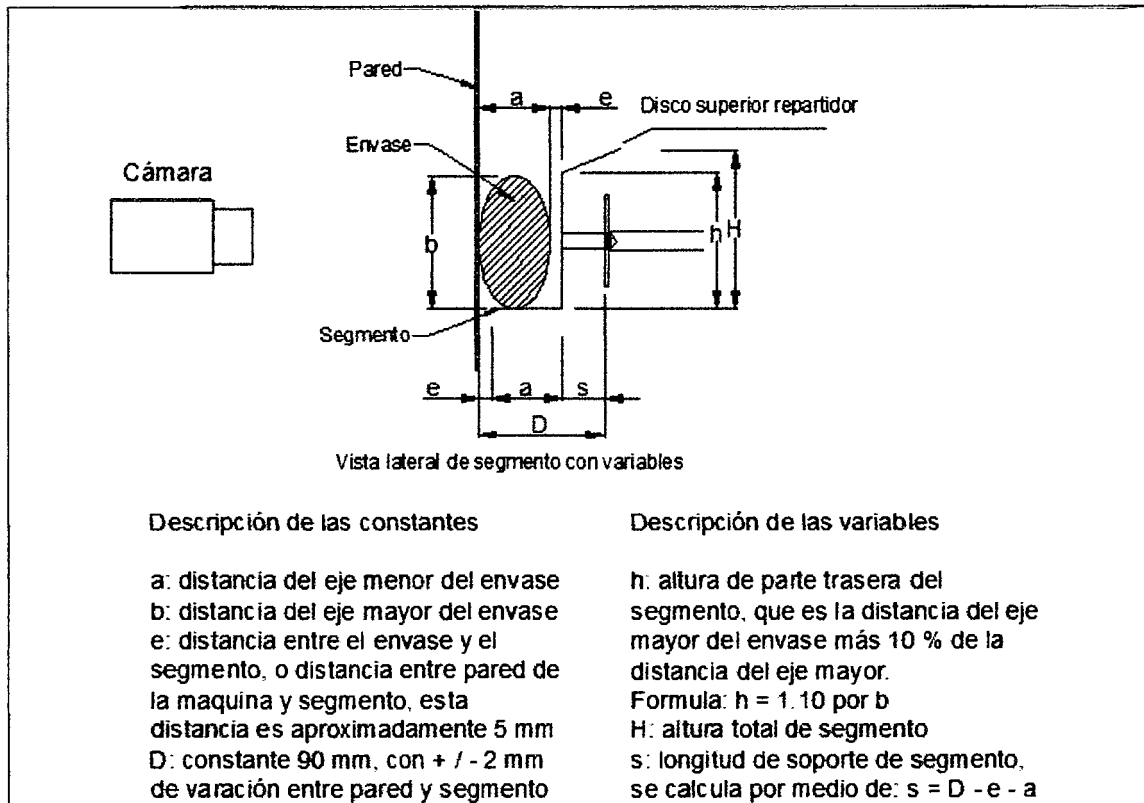


Fuente: elaboración propia.

En las figuras anteriormente expuestas, se puede observar la diferencia de áreas que existe entre los envases según su posición. La forma correcta de observar el envase debe ser en la figura 18 inciso a, por lo cual en la figura 18 inciso b, puede dar una lectura errónea debido a la diferencia de áreas.

- Diseño de segmento: para poder realizar el diseño del segmento debemos estudiar las dimensiones del envase en la superficie más grande, comúnmente es la parte inferior del envase, debido a su forma oblicua ver figura 19 y 20.

Figura 19. Análisis de segmento

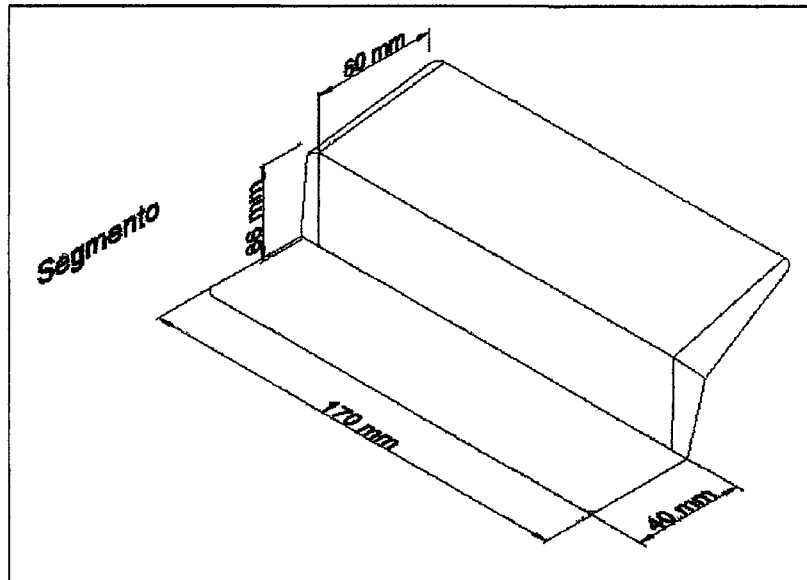


Fuente: elaboración propia.

Por ejemplo: se tiene un envase de base oblicua cuya altura es de 15 cm, la base tiene vértices de a: 4 cm y b: 6 cm.

- a) a: 40 mm
- b) b: 60 mm
- c) e: 5 mm
- d) h: según la formula $h = 1.10 \times 60\text{mm} = 66$ mm
- e) H: 80 mm
- f) s: $s = 90 \text{ mm} - 5\text{mm} - 40 \text{ mm} = 45$ mm.
- g) La longitud del segmento es 150 mm + 20 mm (holgura según el envase) = 170 mm

Figura 20. Diseño de segmento

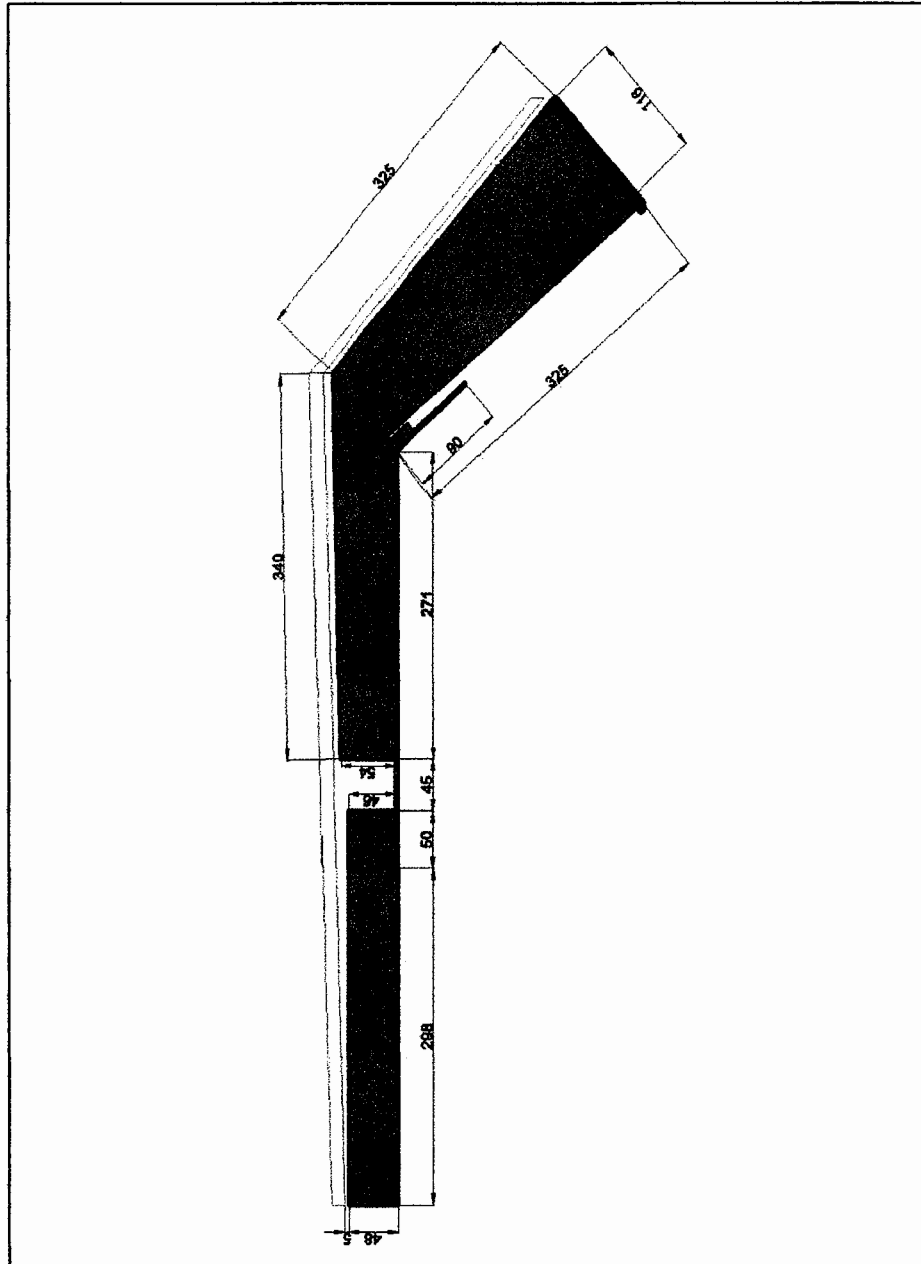


Fuente: elaboración propia.

- Diseño de embudo: las botellas caen posicionadas verticalmente luego de haber sido preseleccionado el sistema de posicionamiento de visión artificial, por lo que el 100% de las botellas bien colocadas en su segmento son aprovechadas. El análisis realizado en el embudo es similar al del segmento, se adaptan las dimensiones al envase para realizar el diseño del embudo ver figura 21 y 22.

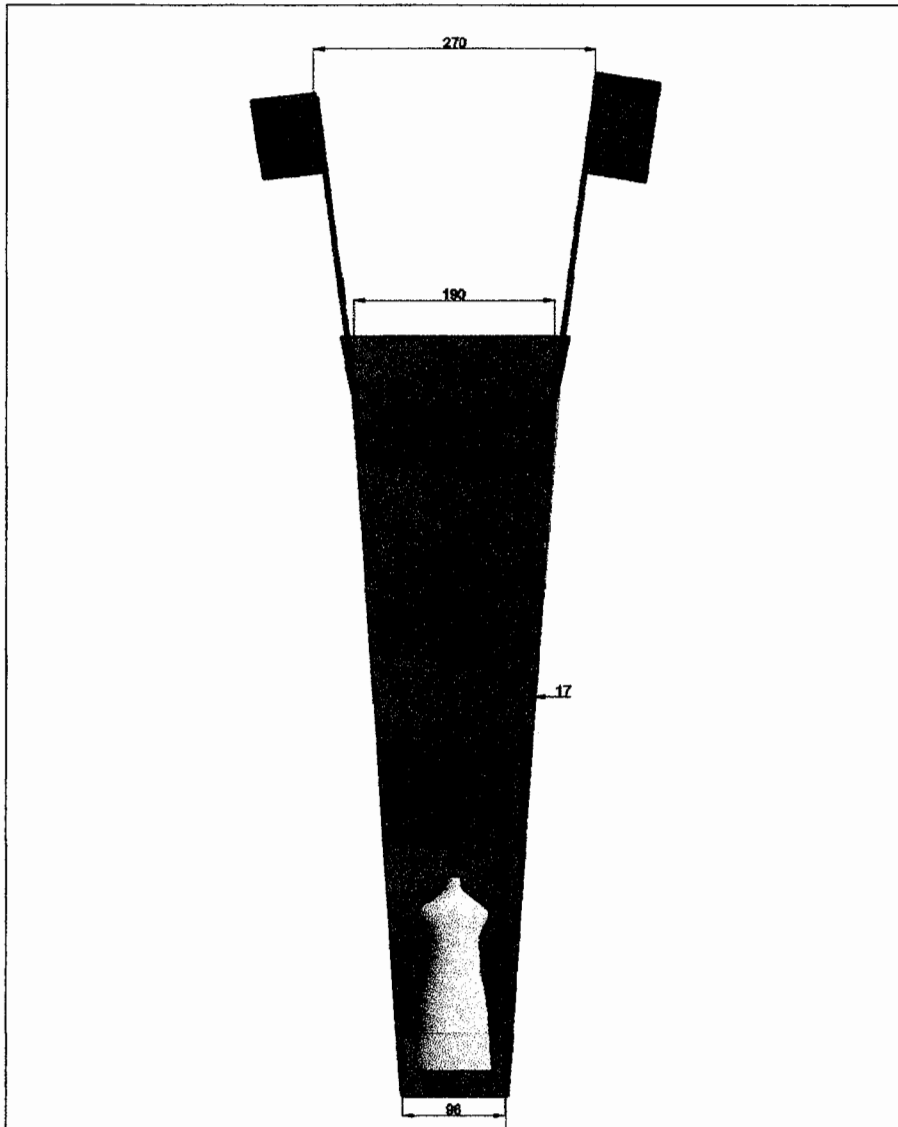
El resultado es un máximo aprovechamiento de las botellas, mínima velocidad de giro, y por tanto, más suavidad en el trato de las botellas. Esto significa que la máquina puede girar muy lentamente asegurando un perfecto trato en las botellas (paso 9).

Figura 21. Diseño de embudo vista lateral



Fuente: elaboración propia.

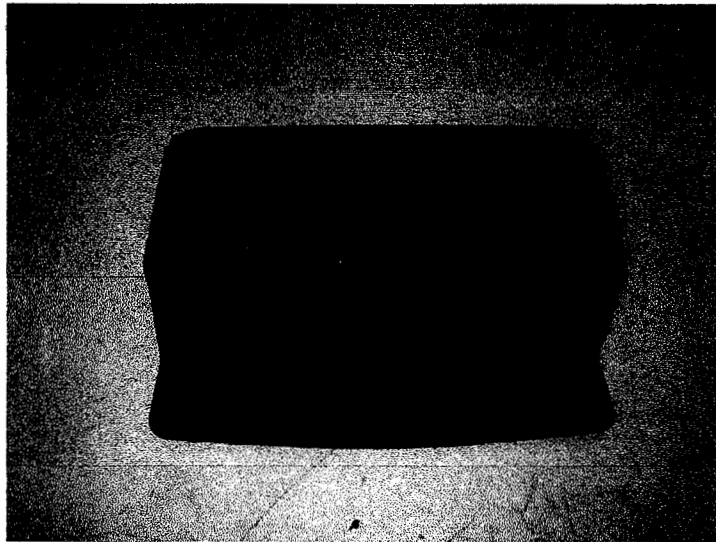
Figura 22. Diseño de embudo vista frontal



Fuente: elaboración propia.

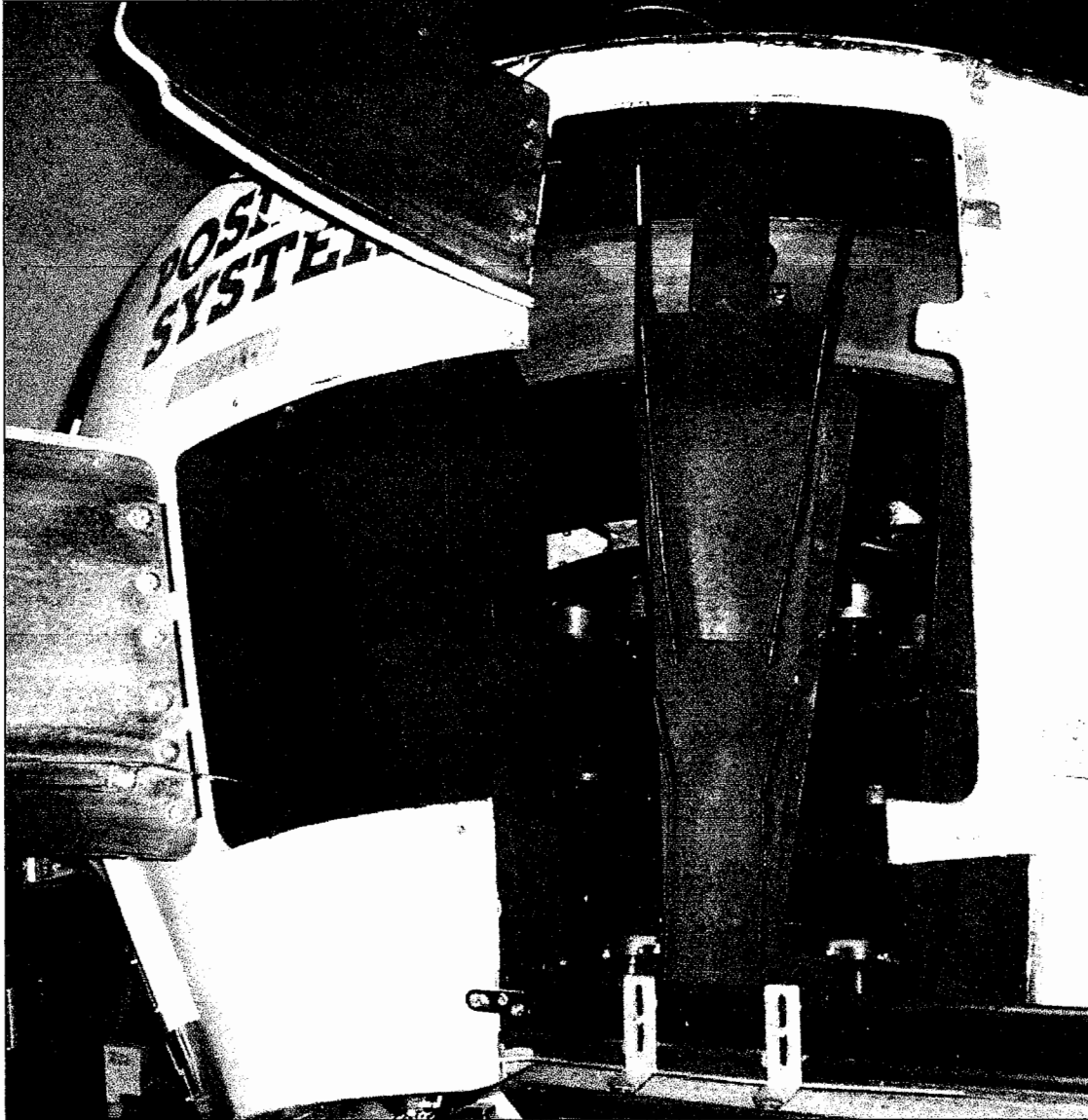
- Habiendo realizado pruebas, se decide fabricar toda la serie de formatos (paso 10), en material lámina hierro negro de espesor 3/32", ver figura 23 y 24.

Figura 23. Fabricación de segmento según medidas



Fuente: elaboración propia.

Figura 24. Fabricación de formato completo



Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Modificaciones Eléctricas:

Según la información donde estuvo funcionando el equipo, es una región donde el voltaje es de 380 voltios corriente alterna, trifásico con una frecuencia de 50 Hertz, por lo que se tienen que ser modificado el sistema eléctrico original:

- Remodelación de cableado eléctrico (control y potencia); cambio de protecciones termo-magnéticas;
- Motores eléctricos: los motores eléctricos deben de ser rebobinados para un voltaje de 240 voltios corriente alterna trifásicos con una frecuencia de 60 Hertz, el cambio se realiza para los tres motores;
- Transformadores: en los transformadores de control deben de hacerse cambios en los *taps* para que el voltaje en el primario sea de 240 voltios corriente alterna, ya que en todo el equipo se hará el cambio para que funcione con 240 voltios corriente alterna;
- Variador de frecuencia: el variador de frecuencia principal se encuentra dañado, por lo que se ha cambiado por uno de similares características que el original. El cambio requiere estudiar muy bien la parametrización por la necesidad de las velocidades angulares del posicionador y tangenciales del transportador de salida nuevo, debido a que ambas velocidades deben ser correctamente sincronizadas, el variador del posicionador proporciona una salida analógica de 4-20 mili-amperios que será aplicada al variador del transportador;

- Cambio de controlador lógico programable (*PLC* en inglés), el original no funciona y no existe *software* para la programación del mismo, se optó por sustituir a un nuevo “*PLC*”, que cumpliera con las necesidades de programación para el óptimo funcionamiento.

3.2.3. Modificaciones en programación

Por no tener un interface de comunicación con el *PLC* instalado en la máquina, y la posibilidad de acceder al programa original se ha determinado el reemplazo del mismo, por un nuevo *PLC* a solicitud del propietario, previo análisis realizado con base en los emisores y actuadores existentes en el equipo que dieron la pauta a utilizar los módulos de entradas y salidas digitales, necesarios para el buen funcionamiento de cada una de las distintas etapas del proceso de posicionamiento.

3.2.3.1. Programación en PLC

Se le conoce como *PLC* por sus siglas en inglés “*Programmable Logic Controller*” y en español “Controlador Lógico Programable”, es necesario definir algunos conceptos que proporcionen las bases suficientes para comprender de la manera más clara su funcionamiento.

Existen dos tipos de señales bien definidas que un *PLC* puede procesar, éstos son:

- a) Señal discreta: también conocido con los siguientes nombres:
 - Señal binaria
 - Señal digital

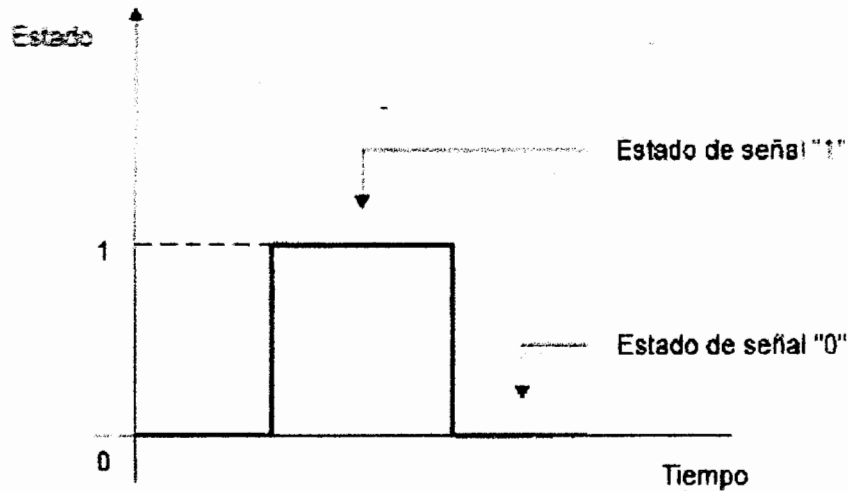
- Señal lógica
- Señal todo o nada (TON)

Se caracteriza porque sólo pueden adoptar uno de dos posibles estados o niveles. A estos dos estados posibles se les asocia para efectos del procesamiento el estado de señal "0" y el estado de señal "1". Así mismo, estos estados, cuando se relaciona de acuerdo a su condición eléctrica se dice: No existe tensión y existe tensión, la magnitud de la tensión dependerá del diseño del componente electrónico que pueda asumir esta tensión nominal.

Como ejemplo se pueden citar aquellos dispositivos de campo de entrada y salida de donde provienen o se asigna una señal discreta con respecto a un *PLC*.

- Entrada o emisor
 - Pulsador
 - Interruptor de posición
 - Interruptor fotoeléctrico, etc
- Salida o actuador
 - Contactor
 - Lámpara indicadora
 - Relé
 - Electro-válvula

Figura 25. Señal discreta



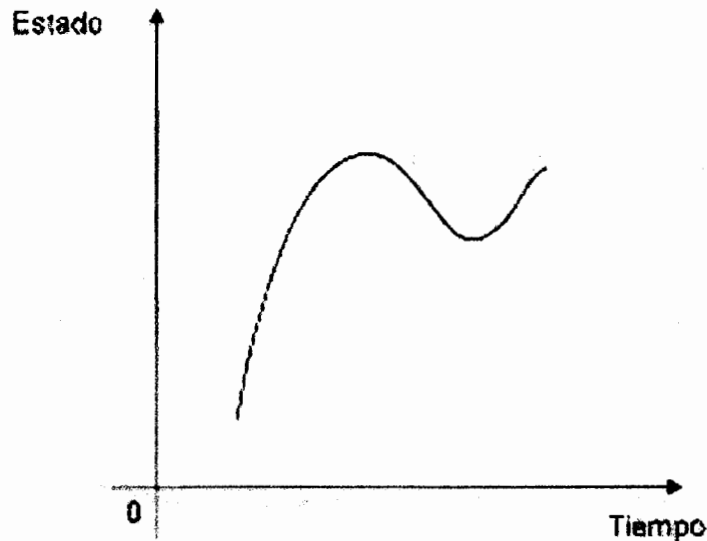
Fuente: MAILXMAIL [En línea]. Barcelona: Mailxmail, S.L. Carlos Ramírez Villareal.
[Fecha de consulta: 22 de febrero de 2011].
<http://www.mailxmail.com/cursos/informatica/controladores>

- b) Señal análoga: se conoce como señal análoga, aquella cuyo valor varía con el tiempo y en forma continua, pudiendo asumir un número infinito de valores entre sus límites mínimos y máximos.

A continuación se citan algunos parámetros físicos muy utilizados en los procesos industriales, que en forma de señal análoga pueden ser controlados y medidos.

- Temperatura
- Velocidad
- Presión
- Flujo
- Nivel

Figura 26. Señal análoga



Fuente: MAILXMAIL [En línea]. Barcelona: Mailxmail, S.L. Carlos Ramírez Villareal.
[Fecha de consulta: 22 de febrero de 2011].
<http://www.mailxmail.com/curso/informatica/controladores>

En la actualidad cada fabricante diseña su propio lenguaje de programación, lo que significa, que existe una gran variedad comparable con la cantidad de *PLC* que hay en el mercado. Las formas que adopta el lenguaje de programación usado para realizar programas se denomina “representación del lenguaje de programación”.

Hasta el momento existen tres tipos de representaciones como las más difundidas a nivel mundial, las cuales cada fabricante las emplea para su programación, éstas son:

- Lista de instrucciones
- Plano de funciones y
- Diagrama contactos o plano de contactos

La gran diversidad de lenguajes de programación da lugar a que cada fabricante tenga su propia representación, originando cierta incomodidad al usuario cuando programa más de un *PLC*. Con el objetivo de uniformizar estas representaciones, se ha establecido una norma internacional por la “comisión electrotécnica internacional” según sección 1131-3 que se encarga de estandarizar los lenguajes de programación.

Esta norma contempla dos tipos de lenguajes de programación:

- Lenguajes gráficos
- Lenguajes textuales
 - Lenguajes gráficos: es la representación basada en símbolos gráficos, de tal forma que según la disposición en que se encuentran cada uno de estos símbolos y en conformidad a su sintaxis que lo gobierna, expresa una lógica de mando y control.
 - Lenguajes textuales: se refiere básicamente al conjunto de instrucciones compuesto de letras, códigos y números de acuerdo a una sintaxis establecida. Se considera un lenguaje de menor nivel que los gráficos y por lo general se utilizan para programar pequeños *PLC* cuyos programas no son muy complejos, o para programar instrucciones no programables en modo gráfico.

- Denominación de los lenguajes de programación de diferentes *PLC*: cada fabricante ha nombrado mediante siglas o palabras compuestas a su lenguaje de programación o *software* de programación que lo identifica del resto de los demás *PLC*. A continuación se presenta una tabla donde muestra algunos de los fabricantes que han optado la norma anteriormente descrita.

Tabla III. Lenguajes utilizados y marcas de *PLC*

Lenguaje	Gráfico			Textual	
	Plano de funciones	Plano de contactos	<i>Grafcet</i>	Lista de instrucciones	Texto estructurado
SIEMENS (<i>Simatic</i>)	<i>STEP 5</i>	<i>STEP 5,</i> <i>STEP 7</i>	<i>GRAPH</i> <i>5, S7-</i> <i>GRAPH</i>	<i>STEP 5, STEP 7</i>	<i>STEP 7</i>
SIEMENS (TI)	<i>TISOFT</i>	-	<i>TISOFT</i>	-	-
AEG (<i>Modicon</i>)	<i>MODSOFT</i>	-	-	<i>MODSOFT</i>	-
TELEMECANIQUE	-	PL7-2	PL7-2	PL7-1	PL7-0
ALLEN BRADLEY	-	APS	-	-	-
GENERAL ELECTRIC	-	<i>LOGIC-</i> <i>MASTER 90</i>	-	-	<i>LOGIC-</i> <i>MASTER 90</i>

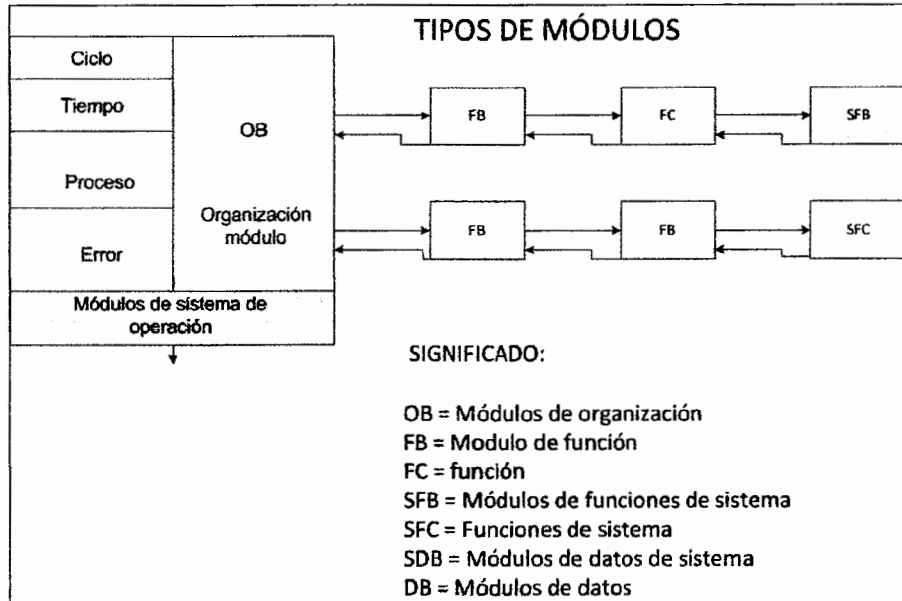
Fuente: MAILXMAIL [En línea]. Barcelona: Mailxmail, S.L. Carlos Ramírez Villareal.
 [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2011].
<http://www.mailxmail.com/cursos/informatica/controladores>

- Reemplazo de *PLC* para máquina posicionadora: se decidió instalar un *PLC* marca SIEMENS modelo *SIMATIC S7-300*, debido a que ofrece muchas ventajas de programación, que es textual estructurada, esto implica la división del programa en diversos bloques. Cada uno de estos bloques constituye al mismo tiempo un sub-programa (sub-rutinas).

Las ventajas de la programación por bloques permiten:

- Simplificación y claridad de programas largos
- Posibilidad de estandarizar partes del programa
- Facilidad en la modificación
- Simplificación del test de las rutinas continuas que el *PLC* ejecuta
- Simplificación del comienzo

Figura 27. Tipos de módulos de SIEMENS S7-300



Fuente: MAILXMAIL [En línea]. Barcelona: Mailxmail, S.L. Carlos Ramírez Villareal.
 [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2011].
<http://www.mailxmail.com/curso/informatica/controladores>

Administración de módulos instalados en el rack del *PLC* en la máquina posicionadora.

Tabla IV. **Disposición de tarjetas de entrada**

Entrada digital	Función
E124.0	Pulsador de suministro de envases
E124.1	Pulsador <i>Jog</i> (marcha por pulsos)
E124.2	Pulsador de rearme
E124.3	Pulsador de marcha motor principal
E124.4	Pulsador de marcha atrás del motor principal
E124.5	Pulsador de paro de motor principal
E124.6	Pulsador de marcha motor aspirador
E124.7	Pulsador de paro motor aspirador
E125.0	Pulsador de arranque motor elevador
E125.1	Pulsador de paro motor elevador
E125.2	Desbloquear seguridad puertas frontales modo <i>Jog</i>
E125.3	Sensor de acumulación de envases salida transportador
E125.4	Sensor de acumulación bloqueo salida de envases
E125.5	Sensor de paro de ordenador por transportador lleno
E125.6	Sensor de contador de envases
E125.7	Libre
E126.0	Sensor de seguridad puerta frontal superior
E126.1	Sensor de seguridad puerta frontal principal
E126.2	Sensor de seguridad puerta trasera
E126.3	Libre
E126.4	Libre
E126.5	Paro por emergencia
E126.6	Señal para inicio conteo de cámara
E126.7	Señal para selector de carriles
E127.0	Sensor de envase posicionado encima de otro

Continuación tabla IV.

Entrada digital	Función
E127.1	Libre
E127.2	Libre
E127.3	Libre
E127.4	Señal de cámara de posicionamiento <input type="checkbox"/> <i>indows 1</i>
E127.5	Señal de cámara de posicionamiento <input type="checkbox"/> <i>indows 2</i>
E127.6	Señal de cámara de posicionamiento <input type="checkbox"/> <i>indows 3</i>
E127.7	Libre
E128.0	Presostato falta de aire
E128.1	Sensor indicador envase grande
E128.2	Sensor indicador envase pequeño
E128.3	Sensor indicador de presencia de envases tolva
E128.4	Libre
E128.5	Libre
E128.6	Sensor indicador de envases elevador
E128.7	Sensor indicador envases tolva elevador
Entrada Análoga	
PEW 752	Encoder
PEW 754	Libre
PEW 756	Libre
PEW 758	Libre

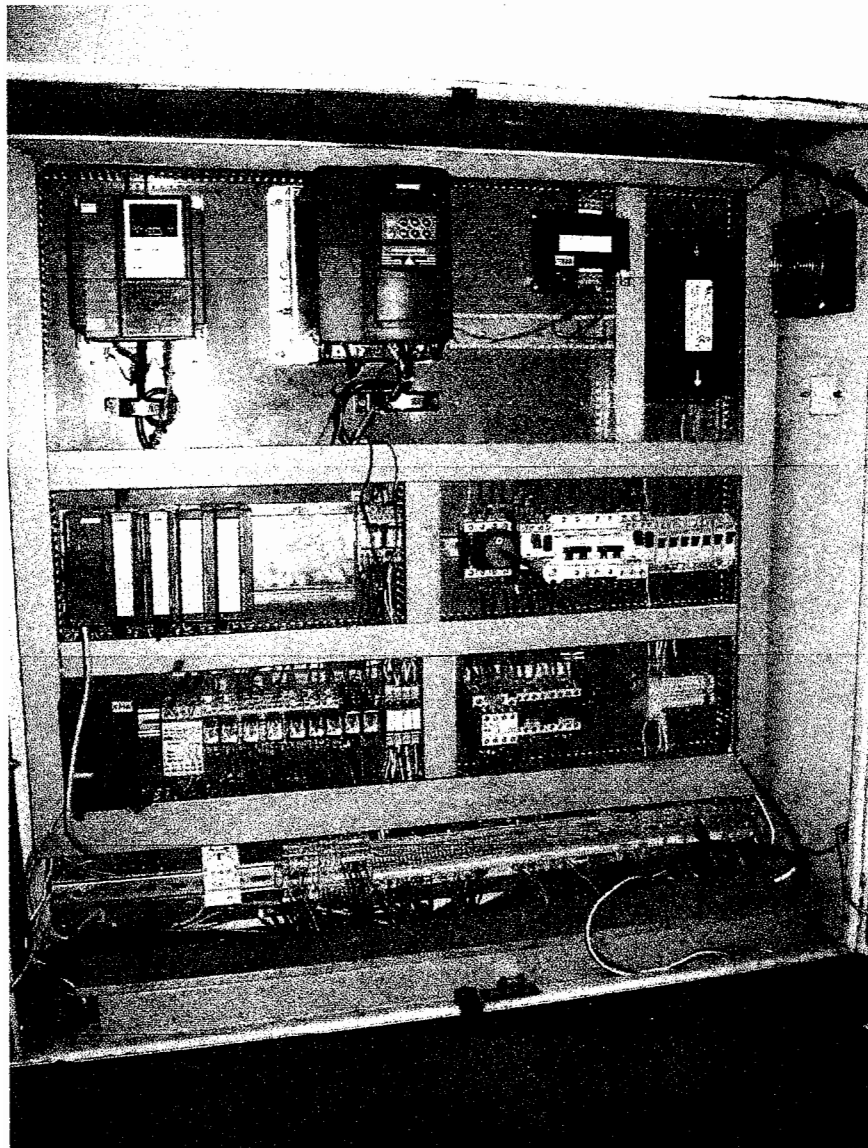
Fuente: elaboración propia.

Tabla V. Disposición de tarjetas de salida

Salida digital	Función
A124.0	Luz baliza paro total
A124.1	Luz baliza falla térmica
A124.2	Luz baliza señal rearme
A124.3	Luz baliza señal trabajo continuo
A124.4	Electroválvula de giro izquierda
A124.5	Electroválvula de giro derecha
A124.6	Electroválvula de soplado continuo
A124.7	Electroválvula para envase grande
A125.0	Contactador marcha motor aspirador-transportador salida
A125.1	Contactador marcha motor principal
A125.2	Contactador marcha motor principal atrás
A125.3	Contactador marcha motor elevador
A125.4	Libre
A125.5	Libre
A125.6	Señal <i>Trigger</i> toma de fotografía
A125.7	Libre
Salida analógica	
PAW 752	Cambio de velocidad motor principal
PAW 754	Libre
PAW 756	Libre
PAW 758	Libre
PAW 760	Libre
PAW 762	Libre
PAW 764	Libre
PAW 766	Libre
PAW 852	Libre
PAW 854	Libre
PAW 856	Libre

Fuente: elaboración propia

Figura 28. Panel principal restaurado



Fuente: elaboración propia.

4. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA MÁQUINA POSICIONADORA Y MANUAL DE MANTENIMIENTO

4.1. Resultados obtenidos debido a las modificaciones

Las modificaciones mecánicas, eléctricas y de programación del equipo han realizado cambios en el mismo, obteniendo resultados satisfactorios.

Mover de posición el contador de pulsos (encoder) y la fabricación de un nuevo acople mecánico, mejoraron el margen de error de la toma de fotografía, esto debido a que podemos controlar la cantidad de pulsos necesarios para poder hacer la toma de fotografía inteligentemente mediante el PLC. También ayudó a poder hacer una máquina más versátil para la operación, debido al programa abierto para interface de máquina operador, que proporcione al operador la modificación de los parámetros de conteo para las distintas presentaciones futuras.

La base del sensor no ha tenido complicaciones, debido a que ahora no se mueve fácilmente, calibrando el sensor con respecto al actuador de doble efecto se puede aumentar la velocidad de acción del mismo, por lo que podemos aumentar la velocidad del equipo.

La guía principal ha mejorado la toma de fotografía considerablemente ya que no se tiene lecturas erróneas, mejoró el posicionamiento de los envases en la banda de salida, haciendo que no se posicionen de cabeza y con esto se evita que se atasque el equipo.

4.2. Velocidades de la máquina posicionadora

El equipo de posicionamiento tenía como referencia una velocidad máxima de 80 envases por minuto, lo que representaba un reto poder modificar el equipo, para que alcance la velocidad de producción esperada de 120 envases por minuto.

En la siguiente tabla se muestra las velocidades de la máquina en envases por minuto. Primero se observan las velocidades de la máquina sin haber realizado cambios y posteriormente las velocidades obtenidas con modificaciones. Condiciones de pruebas de equipo:

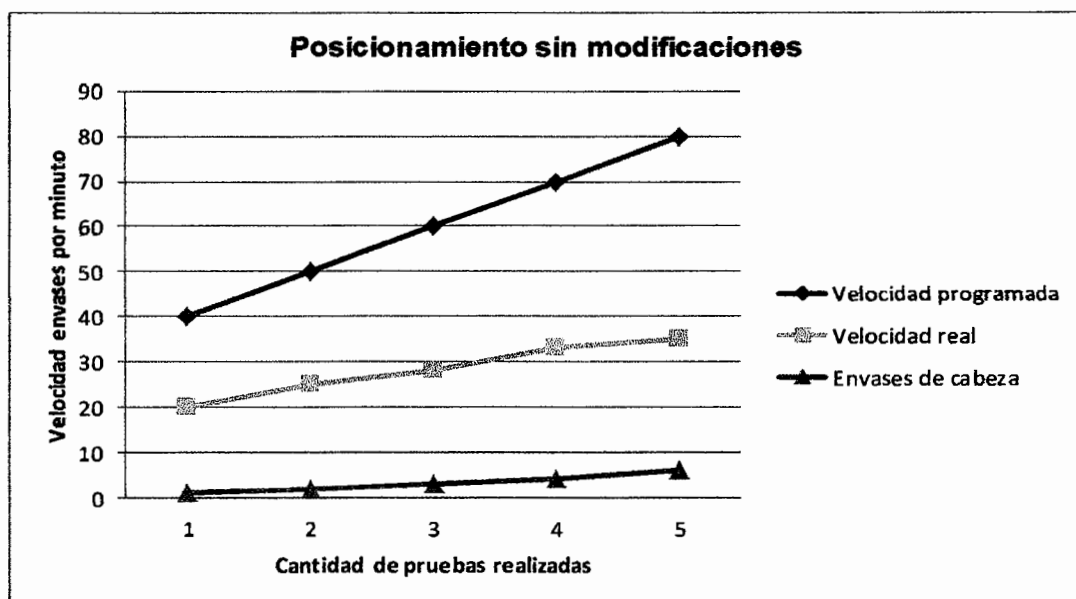
- Se inician pruebas de chequeo, con los distintos formatos de presentación;
- Cada ciclo de velocidad es probada durante una hora sin interrupciones;
- Cada 30 minutos se cambian los envases, para que el envase por la rotación del equipo no lo deteriore.

Tabla VI. Primeras pruebas de funcionamiento

Pruebas de posicionamiento sin modificaciones			
Prueba	Velocidad programada envases por minuto	Velocidad real envases por minuto	Envases de cabeza envases por minuto
1	40	20	1
2	50	25	1
3	60	28	1
4	70	33	2
5	80	35	4

Fuente: elaboración propia.

Figura 29. Comparación de velocidades y errores iniciales



Fuente: elaboración propia.

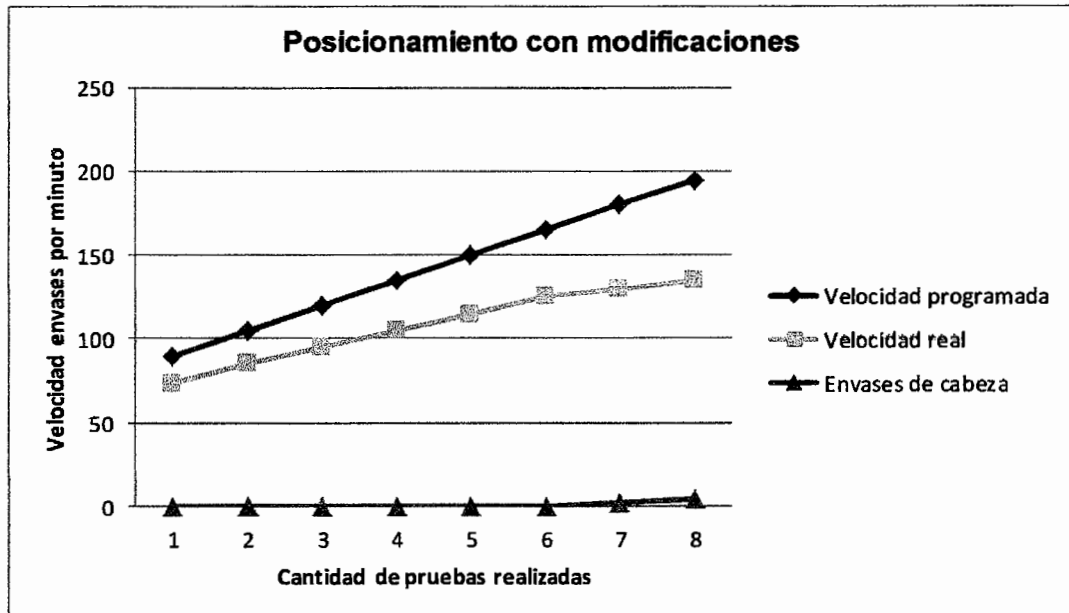
La tabla IV y la figura 29 son el resultado de las primeras pruebas sin las modificaciones mecánicas, no se tiene una velocidad real mayor de 35 envases por minuto y los envases de cabeza se incrementan con respecto a la velocidad del equipo, haciendo que el equipo no funcione adecuadamente.

Tabla VII. Comparación de velocidades y errores finales

Pruebas de posicionamiento realizando modificaciones			
Prueba	Velocidad programada envases por minuto	Velocidad real envases por minuto	Envases de cabeza envases por minuto
1	90	73	0
2	105	85	0
3	120	95	0
4	135	105	0
5	150	115	0
6	165	125	0
7	180	130	2
8	195	135	4

Fuente: elaboración propia.

Figura 30. Comparación de velocidades y errores finales



Fuente: elaboración propia.

Luego de realizar las modificaciones mecánicas, se ha mejorado considerablemente el equipo, haciendo un aumento en la velocidad de posicionamiento a 125 envases por minuto real, también reduciendo a cero los envases de cabeza.

Posterior a 125 envases por minuto real, decrece el posicionamiento haciendo deficiente el equipo debido a que el mecanismo de reacción de posicionamiento es muy lento en su accionamiento.

La velocidad programada en el *PLC* está por encima de la real, debido a que no todos los segmentos pueden tener un envase posicionado correctamente para la lectura, haciendo que no posicione ese envase en la vuelta respectiva.

4.3. Manual de mantenimiento

4.3.1. Mantenimiento diario

El equipo de posicionamiento tiene dispositivos que a diario tienen que verificarse y en especial cada vez que se realice un cambio de turno, siendo lo siguiente:

- Limpieza de fotoceldas
- Eliminar envases que pudieran haber quedado atascados dentro de la carrilera
- Observar todo el equipo que se encuentre en buenas condiciones de trabajo

4.3.2. Mantenimiento semanal

El equipo de posición semanalmente debe de ser revisado cuidadosamente, evitando posibles fallos de cojinetes u otros dispositivos móviles.

- Limpieza de carrilera, quitando la grasa que se encuentra en esta parte y lubricándola nuevamente, este es un problema muy frecuente de paros innecesarios;

- Revisión de los cojinetes guías del mecanismo de volteo;
- Revisión de las cajas de relación tres a uno, estas deben de tener una holgura de 1 mm con respecto al segmento en el eje vertical, en caso de tener más de un milímetro de esta holgura debe de cambiar la caja;
- Revisión de alineamiento de banda de salida de equipo, porque el funcionamiento hace que esta ceda y pueda tener cierto desgaste en los laterales de la misma con el bastidor del transportador;
- Limpieza de los sopladores de aire y todos los ductos del mismo;
- Revisión de todos los componentes de seguridad, que se encuentren funcionando correctamente.

4.3.3. Mantenimiento semestral

- Cambio de cojinetes guías
- Cambio de aceite de caja reductora principal y del motor de transportador de salida
- Cambio de aceite de unidad de mantenimiento de aire comprimido
- Revisión de todo el equipo internamente de todos los elementos mecánicos
- Lubricación general del equipo.
- Revisión de todos los flejes, sustitución los que se encuentren en deterioro.

4.3.4. Posibles fallas en la máquina posicionadora causas y soluciones

- La faja del transportador de salida se desliza: se debe de tensar el rodillo conducido a través de los tensores del rodamiento. Luego de haber realizado esta operación se observa que la faja no está centrada debe de ajustarla a través de los mismos tensores a forma que los agujeros de vacío queden centrados con el bastidor del transportador.
- La tolva principal de la máquina no gira: no existe ningún tipo de error en la pantalla pero el equipo no gira, esto puede ser causado por:
 - Primero: debido al mal ajuste de las tuercas de tensión del embrague del limitador de par, para solucionar esto debe de tensar hasta que la máquina empiece a funcionar normalmente.
 - Segundo: algún envase se quedó dentro de la tolva haciendo que el equipo no funcione, para esto debe de abrirlo y revisar dentro del mismo si no existe algún envase que obstaculice el funcionamiento.
- Existen envases por la parte trasera de la máquina: esto es debido a que se están acumulando más de un envase por embudo, revise que los sopladores estén funcionando adecuadamente posteriormente haga una revisión de todos los segmentos que se encuentren alineados.
Comprobar que no exista excesiva acumulación de envases en el interior de la tolva de distribución, esto se puede regular con la velocidad del elevador.
- La máquina para y arranca continuamente: esto puede ser debido a que existe acumulación en el transportador de salida o bien la falta de sincronización de las demás máquinas con la velocidad del posicionador.

El posicionador no está diseñado para hacer paros y arranques continuos por lo que “no es correcto”.

- Existe acumulación de envases en el transportador de salida y la máquina no disminuye su velocidad: no está llegando una señal adecuada al *PLC*, por lo que se debe de comprobar que la fotocelda no esté sucia o mojada, debe limpiarse con un paño seco. También observar que la fotocelda esté bien ajustada por lo que gradúa con un destornillador pequeño el tornillo de ajuste de la sensibilidad de la fotocelda.
- Accionar el interruptor general de la máquina y si ésta no funciona: es a veces por mantenimiento, puede ser que el personal haya bajado el *flip-on* general, por esta razón comprueba que el *flip-on* de la máquina en el tablero principal de alimentación se encuentre conectado y en buen estado o a través de un medidor eléctrico multifuncional en las líneas de salida del mismo.
- Importante: para realizar cualquier intervención debe de hacerlo bajo la supervisión del departamento de “seguridad industrial” para la aprobación del procedimiento a realizar.
- Los envases se caen en la transferencia de la máquina al transportador: observar que en el transportador de salida no exista obstrucción y correr libremente. La aspiración del transportador de salida es insuficiente para mantener el envase en la transferencia, revisar que la manguera de succión se encuentre sujeta adecuadamente en el transportador y en el motor centrífugo.

Las botellas pueden tener defectos de fabricación, como rebabas en el fondo de las mismas. La baranda de transferencia se encuentra mal ajustada.

- **Envases salen de cabeza y dañados:** observar que el programa que se esté utilizando es el adecuado para el envase que se seleccionó. Verificar que el formato completo (segmento, embudo y camisa de embudo) que se encuentra dentro del equipo es el adecuado para el envase a posicionar. La iluminación de la cámara de visión artificial no es suficiente, revise que las lámparas estén funcionando correctamente, de lo contrario, deben reemplazarlas. Revisar que todos los embudos y segmentos se encuentren bien sujetos al bastidor de la máquina.
- **Dentro de la tolva se escuchan ruidos de metal:** parar la máquina de inmediato, observar que dentro de la tolva todos los segmentos y embudos estén bien sujetos. Observar que los dos sensores de proximidad que se encuentran dentro de la tolva cerca de la carrilera se encuentren en su ubicación, según marcas dentro de la máquina. Observar que la guía selectora se encuentre funcionando adecuadamente.

4.4. Manual práctico para programación de cámara de visión artificial.

El sistema de visión está diseñado para reconocer y distinguir las diferencias entre el cuello y la base de los envases, estas diferencias notables a simple vista, son las que tiene que reconocer el equipo de visión.

Para poder obtener la máxima flexibilidad en el reconocimiento de envases se ha parametrizado todas las variables del programa. Este reconocimiento se divide en dos partes, una la búsqueda del envase, el posicionado, y la otra el reconocimiento o decisión del equipo de visión.

Los parámetros de posición determinan cada tipo de envase según su forma física y sus medidas, así como la zona de búsqueda y los márgenes de los envases. Estos parámetros sirven para determinar si se reconoce cuello o base de envase y esto nos establece la buena posición del mismo.

Tabla VIII. Componentes de cámara de visión artificial

Componente	Marca	Número de pieza
Monitor <i>TFT</i> color	Keyence	CV-M30
Cámara Color	Keyence	CV-030
Controlador Color	Keyence	CV-301
Lente 6mm	Keyence	CV-L6
Conector	Keyence	OP-308
Fuente de alimentación	Siemens	

Fuente: elaboración propia.

El sistema de visión artificial tiene tres ventanas. La función de estas ventanas es detectar la situación de las botellas. Las ventanas a detectar son:

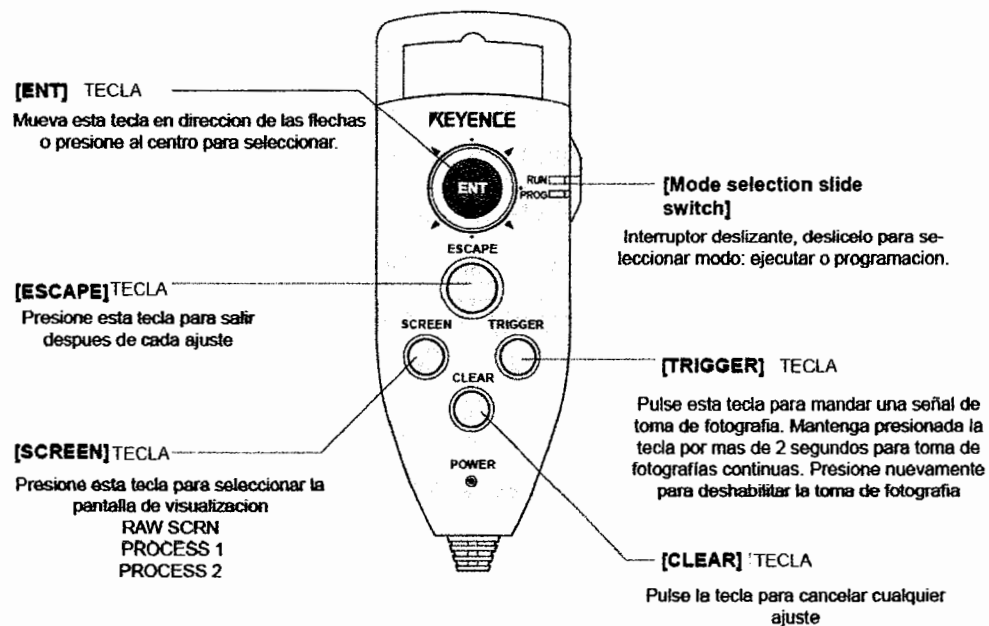
- PS1 detecta la presencia de ala de embudo
 - W1 detecta presencia de la base del envase o el cuello del mismo
 - W2 detecta presencia de envase en el segmento
 - W3 detecta envase mal posicionado en el ala del embudo
-
- Ventana PS1: en la figura 32 se puede observar la ventana PS1 que es la encargada de trazar una línea en la horizontal, al detectar el ala del segmento. Una vez se ha determinado el borde del ala del embudo, sitúa las ventanas anteriormente citadas (W1, W2 y W3) para posteriormente detectar la posición de la botella.

Estas ventanas están siempre colocadas a la misma distancia respecto a la línea de la horizontal. (La posición de estas ventanas seguramente no es igual para los 17 envases pero su valor es aproximado).

En la figura 33 se observa *windows 1*, en esta ventana se encuentra una varilla en acero inoxidable de protección para que no ocasione un atasco y debe hacerse invisible a la cámara para la toma de decisión. Por este motivo la misión de la ventana "*mask*" es la de enmascarar la citada varilla.

Programación: con el controlador manual (*Hand Hell*) se coloca el modo de programación, en la parte superior derecha del control (*Run-Prog*). En el caso de que exista una programación anterior, dejar oprimido durante tres segundos el botón de *clear*, de este se modo borrará el programa existente.

Figura 31. Controlador manual, teclas y funciones



Fuente: *Keyence, instruction manual, compac color visión CV-301 series.*

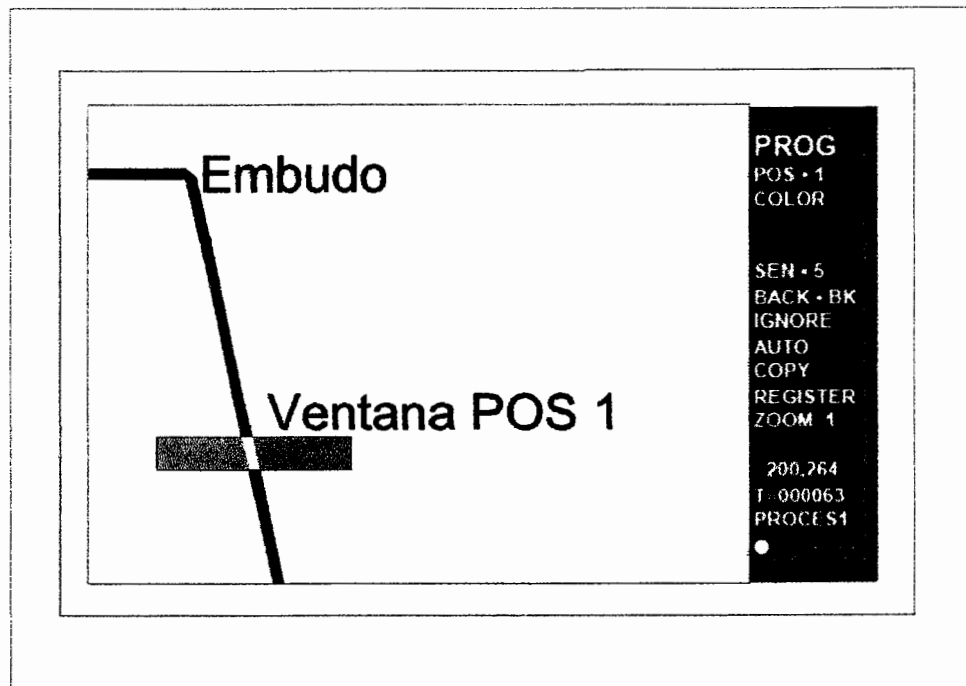
Luego se selecciona modo de lectura de la cámara, para nuestro fin este debe estar en *AREA + POS* (Área más posicionado), para programarlo se le da un *enter*, en el botón central.

Cuando se selecciona el modo, se desplegarán las siguientes condiciones:

- *Shutter*
- *POS.1*
- *Register*
- *Windows1*
- *Tolerance*

- *Shutter*: esta condición es la encargada para la toma de fotografía con mayor definición dependiendo de la velocidad, pero opaca la imagen cada vez que se escoge una mayor resolución. Se despliega en 1/60, 1/125, 1/250, 1/500, 1/1000, 1/2000, 1/4000 y 1/10000, comúnmente en los envases de claros, *shutter* debe estar en 1/1000, por el color blanco que el envase tiene;
Para cambiarlo se debe oprimir *enter* en la numeración de *shutter*, y para seleccionar simplemente hay que subir o bajar.
- *Register*: este parámetro tiene registrado una fotografía para poder calibrar las demás pantallas y ahí escoger color y la posición del envase;
- *Pos.1.:* este parámetro que ayuda a la colocación de las ventanas dependiendo del ala del embudo, para lo cual, el embudo debe estar claro para poder detectarlo. El modo en el cual debe estar este parámetro es MODO X, en función XW, señala una ventana para la detección de la misma.

Figura 32. Disposición de ventana POS.1

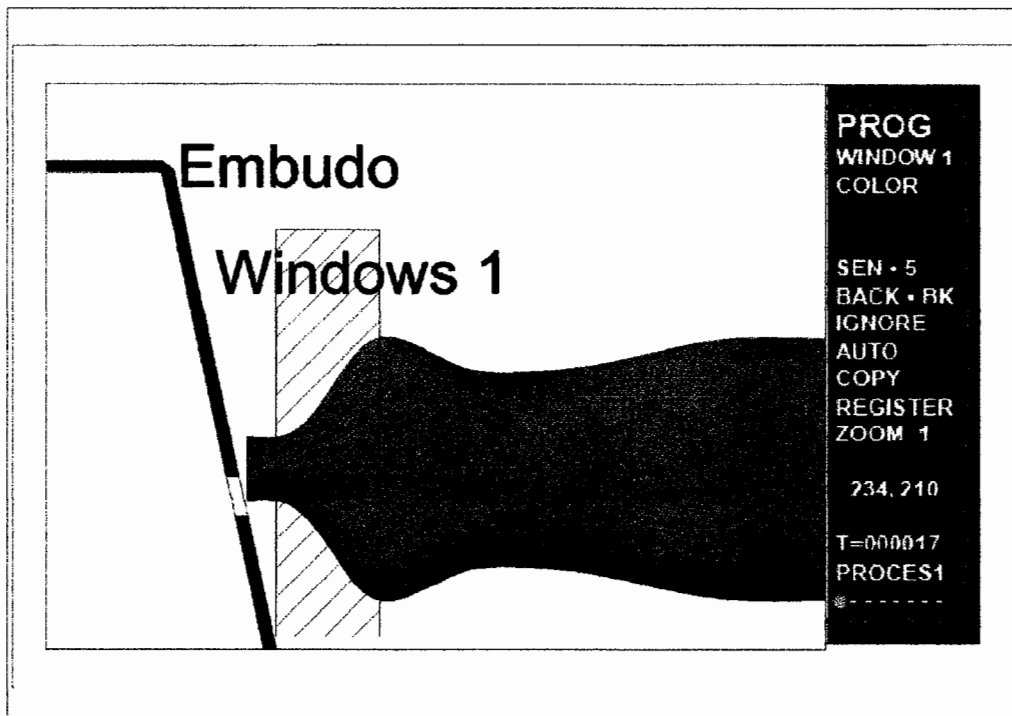


Fuente: elaboración propia.

- **Windows 1:** para la programación de *windows 1* debemos de oprimir *enter* para desplegar lo siguiente: *Color y Tolerance*.
Ahora entramos en *color*, donde este parámetro es el más importante, porque debemos seleccionar el color que la cámara reconocerá. Usted puede seleccionar varios colores los cuales quedan guardados en memoria de la programación. Para poder cambiar el color en dado caso usted se equivocó, se le oprime tres segundos *clear* en la programación de *color*. Luego le damos *escape*, para salir al menú principal.

Tolerance: en este parámetro usted selecciona dónde quiere que mire la primera ventana, y se determinará el giro de los segmentos.

Figura 33. Disposición de *windows* 1



Fuente: elaboración propia.

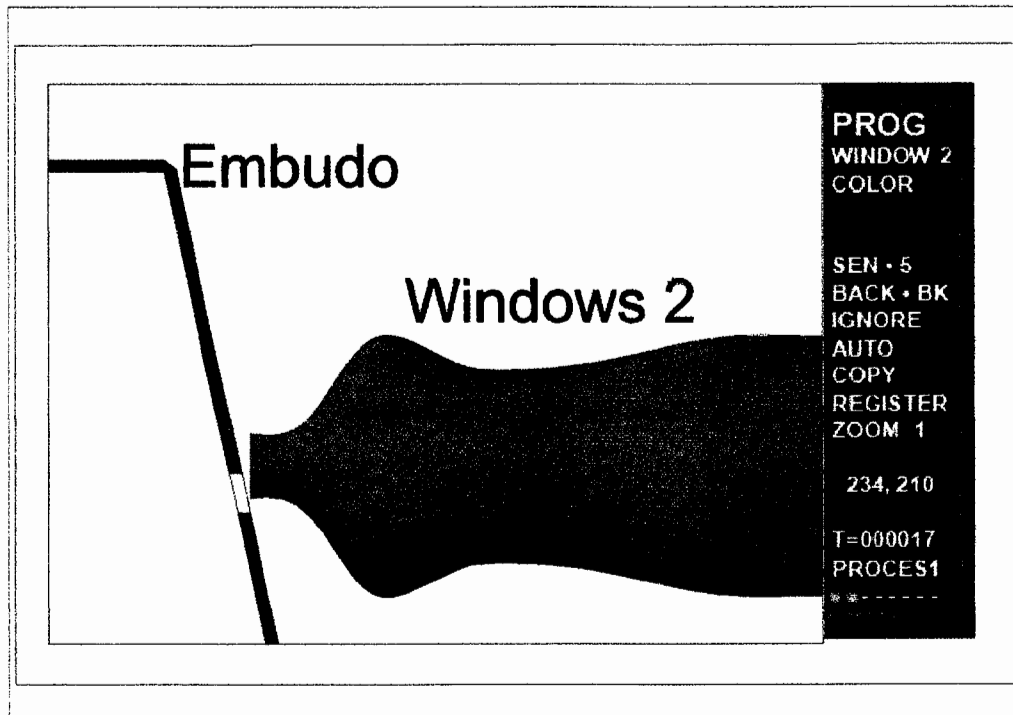
La tolerancia deberá estar delimitada, dependiendo del cuello de la botella, y no del fondo de la misma. Se debe tener límites máximos y mínimos, para lo cual se tiene que accionar la máquina a una velocidad de 60 envases por minuto y observar cuál es el valor máximo en posición de cuello de botella y anotarlo. Luego hay que cambiar la posición del envase y ver cuál es el valor mínimo de fondo de botella se debe dar un margen

del 10% de tolerancia para poder colocar el valor adecuado para el buen funcionamiento.

Ejemplo: si el envase XX tiene una tolerancia de 10,000 píxeles en posición cuello y 18,000 en posición fondo, usted deberá colocar una tolerancia de 14,000 para que no exista posibles errores en la lectura de la cámara, ya sea mayor de 10,000 en posición cuello, o en caso contrario que sea menor de 18,000 y sea fondo. Entre mayor sea la diferencia entre posición cuello y posición fondo, se tendrá menos errores en la lectura.

- *Windows 2*: para cambiar el *windows* de programación debe de oprimir *enter* y luego seleccionar que *windows* quiere programar. En la programación de *windows 2* es igual que en *windows 1*, pero la función de esta ventana es la de detectar presencia de envase.

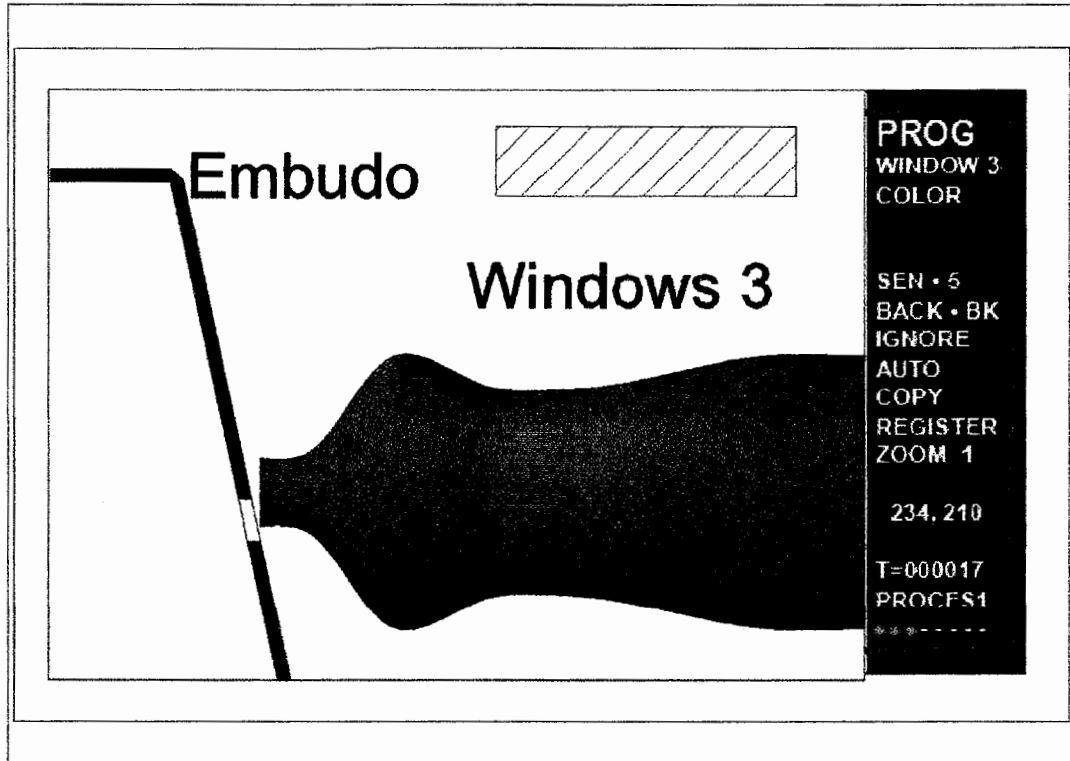
Figura 34. Disposición de *windows 2*



Fuente: elaboración propia.

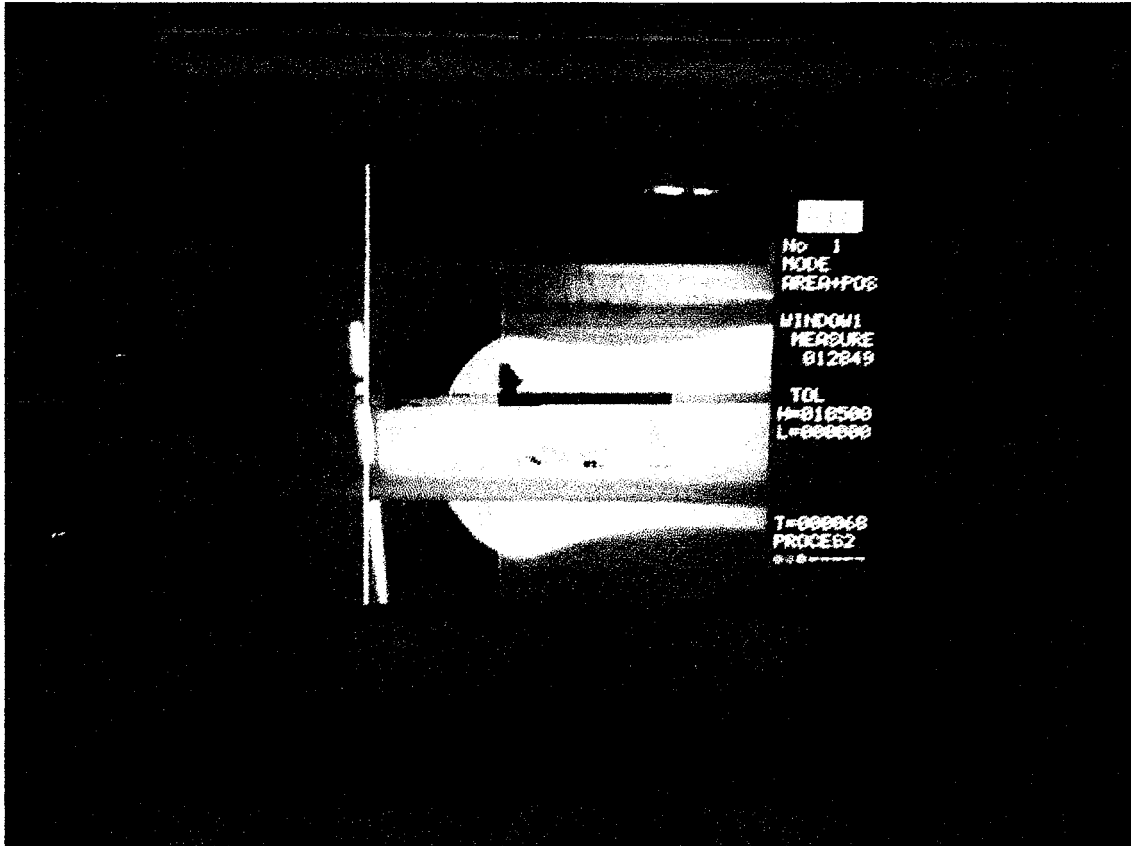
- *Windows 3*: esta ventana es la encargada de detectar la mala posición del envase. La programación de esta es igual a *windows 1*. Si no existe mal posicionamiento de envase, debe estar el *led* de color verde, pero en el caso que exista mala posición del envase con envase, debe de estar color rojo y esto no permitirá que abra la válvula neumática.

Figura 35. Disposición de *windows* 3



Fuente: elaboración propia.

Figura 36. Ejemplo de fotografía



Fuente: elaboración propia.

Giro de los segmentos: el sentido de giro de los segmentos viene dado por la combinación de las tres ventanas, para las cuales tenemos los siguientes casos.

Tabla IX. Significado de color en las ventanas

Ventana	Significado color verde	Significado color rojo
<i>Windows 1</i>	Ha sido detectado cuello de envase	Ha sido detectado fondo de envase
<i>Windows 2</i>	No existe presencia de envase	Existe envase
<i>Windows 3</i>	Existe buen posicionamiento de envase	mala posición de envase o dos envases en un misma lectura

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Accionamiento de máquina según la lectura de led

<i>Windows 1</i>	<i>Windows 2</i>	<i>Windows 3</i>	Acción generada
Verde	Rojo	Verde	Giro a favor de las manecillas del reloj
Rojo	Rojo	Verde	Giro en contra de las manecillas del reloj
Verde	Rojo	Rojo	No existe giro
Rojo	Rojo	Rojo	No existe giro
Verde	Verde	Verde	No existe giro
Rojo	Verde	Verde	No existe giro

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Realizado el análisis para el funcionamiento de la máquina posicionadora, se identificaron los problemas que presentaba. El mantenimiento preventivo, restauración y las modificaciones realizadas al equipo, se incrementó la disponibilidad y rendimiento en el área de producción para la cual fue adquirida.
2. El resultado de haber realizado el mantenimiento general de la máquina, con una empresa de servicios de Guatemala, disminuyó el costo en un 75%, comparado con la inversión que se tendría que haber hecho con la compra de un equipo nuevo para satisfacer las necesidades de producción.
3. Se desarrolló el Manual de Mantenimiento para la máquina, el cual servirá de apoyo para el personal técnico de la empresa y por ende aumentar la vida útil del equipo
4. El trabajo continuo de la máquina incrementó la productividad del área de producción para la cual fue adquirida, disminuyendo los costos de mano de obra y otros servicios existentes antes de su adquisición

RECOMENDACIONES

1. Hacer inducciones de operatividad a todo el personal que se encuentre involucrado con la máquina de posicionamiento.
2. En cada turno de producción tener un operador responsable de la máquina que conozca a profundidad su funcionamiento.
3. Realizar el mantenimiento de acuerdo a lo establecido en este trabajo de graduación.
4. La programación de la cámara de visión deberá realizarla las personas capacitadas en el tema.
5. Para la intervención de la máquina, debe involucrarse al personal del departamento de seguridad industrial, utilizando el procedimiento de bloqueo y etiquetado en los paneles de energías presentes.
6. En caso de querer detener la marcha del equipo, no debe realizarse desde el hongo de emergencia, disminuir la velocidad desde la pantalla de control.

BIBLIOGRAFÍA

1. BOLAÑOS FERNÁNDEZ, Gilberth. *El ABC del mantenimiento*. 1a. ed. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2005, p 184.
2. DENTON, D. Keith, *Seguridad industrial: administración y métodos*. 1a. ed. México: Editorial McGraw-Hill, 1990, p 342.
3. GARZA QUIROZ, Fernando. *Enciclopedia de mantenimiento industrial*, México: Editorial CECSA, 1986, p 259.
4. KEYENCE, *Instruction Manual CV-301 Series*, Keyence, 2006.
5. NORTON, Robert L. *Diseño de máquinas*. 2a. ed. México: Editorial Pearson, 1999, p 1050.
6. PORRAS CRIADO, Alejandro. *Autómatas programables: fundamento, manejo, instalación y prácticas*. 1a. ed. México: Editorial McGraw-Hill, 1994, p 211.
7. VILLAGRÁN MAZARIEGOS, Ana Lucia. "Sistema de aseguramiento de calidad para una línea de llenado de suavizante de tela."
Trabajo de graduación, Ingeniería Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007, p 209.

