



# **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MÉCANICA Y ELÉCTRICA  
SECCION DE ESTUDIOA DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
PROGAMA DE POSGRADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS  
UNIDAD ZACATENCO**



## **“IDENTIFICACIÓN DE FALLAS Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN EN EL SISTEMA DE EMPAQUETAMIENTO DE BOTELLAS DE VINO”**

### **TESIS**

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS  
EN  
INGENIERÍA DE SISTEMAS

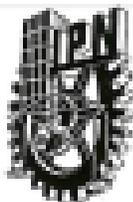
PRESENTA:

ING. SERGIO JAVIER BLAS BLAS

DIRECTORES DE TESIS

DR. JAIME REYNALDO SANTOS REYES  
DRA. ELVIRA ÁVALOS VILLARREAL

MÉXICO, D. F. 2011



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

125242

*ACTA DE REVISIÓN DE TESIS*

En la Ciudad de México, D.F. siendo las 13:00 horas del día 14 del mes de Diciembre del 2010 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de la E.S.I.M.E. ZAC para examinar la tesis de grado titulada:

**"IDENTIFICACIÓN DE FALLAS Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN EN EL SISTEMA DE EMPAQUETAMIENTO DE BOTELLAS DE VINO"**

Presentada por el alumno:

**BLAS**

Apellido paterno

**BLAS**

Apellido materno

**SERGIO JAVIER**

Nombres

Con registro:

A	0	7	0	3	1	1
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACIÓN DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Director de tesis

DR. JAIME BERNALDO SANTOS REYES

Presidente

DRA. CLAUDIA HERNÁNDEZ AGUILAR

Segundo Vocal

DRA. ELVIRA AVALOS VILLARREAL

Tercer Vocal

M. EN C. JORGE ARTURO REYES BONILLA

Secretario

DR. FLAVIO ARTURO DOMÍNGUEZ PACHECO

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. JAIME ROBLES GARCÍA



C. P. N.  
SECCIÓN DE ESTUDIOS DE  
POSGRADO E INVESTIGACIÓN



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de México, D.F. el día 14 del mes de Diciembre del año 2010, el (la) que suscribe Sergio Javier Blas Blas alumno (a) del Programa de Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería de Sistemas con número de registro AO7311, adscrito a la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la E.S.I.M.E. Unidad Zacatenco, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de Dr. Jaime Reynaldo Santos Reyes y la Dra. Elvira Ávalos Villarreal y cede los derechos del trabajo titulado "Identificación de Fallas y Propuestas de Solución en el Sistema de Empaquetamiento de Botellas de Vino", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección sjbb1980@hotmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Ing. Sergio Javier Blas Blas  
Nombre y Firma

## DEDICATORIA

Con mucho cariño dedico esta tesis a las personas que más quiero:

A mi **dios**

Supremo por haber permitido terminar este proyecto.

A mi hijo **Santiago Blas Larios**

Que es la motivación más grande que dios me ha dado en mi vida.

A mi Sra. Madre **Antonia Blas cruz**

Por su amor y su apoyo moral que nunca me ha faltado

A mi esposa **Laura larios Pérez**

Por su gran cariño y confianza para terminar este proyecto, pero sobre todo por su gran apoyo y trabajo que nunca me faltó durante la maestría.

A mis jefes de trabajo :

**Ing. Francisco Cárdenas Aguilar**

**Ing. José Marino Castro García**

Por su gran apoyo y comprensión para terminar este proyecto.

A mis asesores:

**Dra. Elvira Ávalos Villarreal**

**Dr. Jaime Reynaldo Santos Reyes**

Por el honor de ser mis asesores, darne las bases y conocimientos para terminar este  
proyecto importante para mi vida.

**¡GRACIAS INFINITAMENTE!**

## Contenido

Resumen .....	iii
Abstract .....	iv
Objetivos.....	v
Índice de Figuras y Tablas.....	vi
Glosario de Términos y Definiciones .....	ix

## Capítulo 1. Antecedentes y Justificación..... 1

1.1 Introducción .....	1
1.1.1 Embasado y empaquetado de botellas .....	3
1.1.1.1 Materiales de empaquetado.....	4
1.1.1.2 Métodos de empaquetado.....	4
1.2 Justificación del proyecto.....	5
1.3 Conclusiones del Capítulo .....	6

## Capítulo 2. Marco Teórico y Metodológico ..... 7

2.1 Teoría General de Sistemas.....	7
2.1.1 Orígenes y supuestos básicos .....	7
2.1.1.1 Supuestos básicos .....	7
2.1.1.2 Premisas básicas .....	8
2.1.1.3 Clasificación básica de sistemas .....	8
2.1.1.4 Parámetros de los sistemas .....	9
2.1.2 Los límites del sistema .....	9
2.1.3 Conceptualización de sistemas .....	10
2.1.4 Maneras de clasificar sistemas según su propósito.....	13
2.2 Teoría de PLCs.....	14
2.2.1 Componentes del PLC .....	16
2.1.1.1 Sección de entradas .....	16
2.1.1.1 Unidad central de procesos (CPU) .....	18
2.1.1.1 Sección de salidas .....	22
2.2.2 Fuente de alimentación .....	23
2.2.3 Unidad de programación.....	23
2.2.4 Periféricos.....	23
2.2.5 Interfaces.....	23
2.2.6 Equipos de programación .....	23
2.2.7 Funcionamiento.....	24
2.2.8 Ciclo de funcionamiento.....	25
2.3 Marco Metodológico .....	28
2.3.1 Análisis preliminar de peligros (APP) .....	28
2.3.2 Factor de cobertura (C) .....	29
2.3.3 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF).....	30
2.4 Conclusiones del Capítulo .....	33

<b>Capítulo 3. Sistema de Empaquetamiento de Botellas de Vino .....</b>	<b>34</b>
3.1 SEBV .....	34
3.1.1 Entradas del SEBV .....	36
3.1.1.1 Descripción y operación del sistema eléctrico del SEBV .....	37
3.1.1.2 Descripción del diagrama de control eléctrico del SEBV .....	37
3.1.1.3 Descripción y operación del sistema neumático del SEBV .....	45
3.1.1.4 Elemento de tratamiento del aire comprimido para el SEBV .....	47
3.1.1.5 Los elementos de control del sistema neumático son eléctricos .....	49
3.1.1.6 Descripción y operación del sistema mecánico del SEBV .....	52
3.1.1.7 Descripción y operación del sistema electrónico del SEBV .....	53
3.2 Conclusiones del Capítulo .....	54
<b>Capítulo 4. Identificación de Fallas en el Sistema de Empaquetamiento de Botellas de Vino .....</b>	<b>55</b>
4.1 El sistema de la máquina empaquetadora .....	57
4.2 Identificación de peligros de fallas en el SEBV-APP .....	57
4.2.1 Botones pulsadores .....	57
4.2.2 Botón pulsador-detector de final de carrera .....	58
4.2.3 Relevador de control .....	60
4.2.4 Contactor magnético .....	61
4.2.5 Motor .....	64
4.2.6 Electroválvulas .....	65
4.2.7 Cilindros neumáticos .....	66
4.2.8 Conectores y mangueras neumáticos .....	68
4.2.9 Controlador lógico programable .....	69
4.3 Identificación de peligros en el SEBV-AMEF .....	72
4.3.1 Breve descripción y operación del sistema electrónico del SEBV del caso de estudio .....	73
4.3.2 Resultados del análisis .....	74
4.4 Diagnóstico de cobertura del SEBV .....	77
4.5 Conclusiones del Capítulo .....	79
<b>Capítulo 5. Conclusiones y Futuro Trabajo .....</b>	<b>80</b>
5.1 Discusión .....	80
5.1.1 Diagnóstico de fallas del SEBV-APP .....	80
5.1.2 Diagnóstico de fallas del SEBV-AMEF .....	81
5.1.2 Diagnóstico de fallas del SEBV-Diagnóstico de cobertura .....	82
5.2 Conclusiones y recomendaciones .....	83
5.2.1 Conclusiones .....	83
5.2.2 Recomendaciones .....	83
5.3 Futuro trabajo .....	87
<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>88</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>89</b>
<b>Anexo-A</b> Características generales de PLCs .....	89
<b>Anexo-B</b> Descripción de algunos elementos electro-mecánicos .....	99
<b>Anexo-C</b> Detalles del funcionamiento del sistema .....	121

## RESUMEN

Actualmente existen determinados accidentes de origen industrial ocurridos en los últimos años, parece claro que las personas, los bienes materiales y el medio ambiente que se encuentran próximos a un establecimiento industrial en el que se encuentren sustancias peligrosas, están sometidos a unos riesgos por la sola presencia de dicha instalación industrial y de las sustancias que se utilizan. La cuestión clave está en decidir qué tipo y nivel de riesgos estamos dispuestos a admitir en contrapartida a los beneficios que suponen la utilización de muchos productos fabricados en este tipo de industrias. Por tanto, para poder decidir si este tipo de riesgos es aceptable, se requiere estimar su magnitud, por lo que se hace necesario realizar un análisis sistemático y lo más completo posible de todos los aspectos que implica para la población, el medio ambiente y los bienes materiales, la presencia de un determinado establecimiento, las sustancias que utiliza, los equipos, los procedimientos, etc. Se hace inevitable analizar estos riesgos y valorar si su presencia es o no admisible. Es lo que se denomina análisis de riesgos. Se trata de estimar el nivel de peligro potencial de una actividad del proceso industrial en este caso el empaquetamiento de botellas de vino para las personas, el medio ambiente y los bienes materiales, en términos de cuantificar la magnitud del daño y de la probabilidad de ocurrencia.

Los análisis de fallas es enfocado a un proceso de empaquetamiento de botellas de vino el cual es se modernizo con un controlador lógico programable. Por tanto, tratan de estudiar, evaluar, medir y prevenir los fallos y las averías de los sistemas técnicos y de los procedimientos operativos que pueden iniciar y desencadenar sucesos no deseados (accidentes) que afecten a las personas, los bienes y el medio ambiente.

## ABSTRACT

At the moment certain accidents of industrial origin exist happened years in the last, seems clear that the material people, goods and the environment who are next to an industrial establishment in that are dangerous substances, are put under risks by the single presence of this industrial installation and the substances that are used. The key question is in deciding what type and risk level we are arranged to admit in counterpart to the benefits that suppose the use of many products made in this type of industries.

Therefore, to be able to decide if this type of risks is acceptable, it is required to consider its magnitude, reason why one becomes necessary to realise a systematic analysis and most complete possible of all the aspects that implies for the material population, environment and goods, the presence of a certain establishment, the substances that use, the equipment, the procedures, etc. it is made inevitable analyze these risks and of valuing if its presence is or nonpermissible. It is what analysis of risks is denominated. The packing of wine bottles is to consider the level of potential danger of an activity of the industrial process in this case for the material people, environment and goods, in terms of quantifying the magnitude of the damage and the probability of occurrence.

The failure analyses are focused to a process of packing of wine bottles which are I am modernized with a PLC. Therefore, they try to study, to evaluate, to measure and to prevent the failures and the failures of the technical systems and the operative procedures that can initiate and trigger events nonwished (accidents) that they affect the people, the goods and the environment.

## **OBJETIVO GENERAL**

Identificar los peligros de falla en un sistema de empaquetamiento de botellas de vino, así como proponer alternativas de solución.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Investigar, recopilar información relevante a la teoría relacionada con los PLC, sistemas de control, entre otros.
2. Recopilar Información acerca del sistema de empaquetamiento de vino.
3. Recopilar y estudiar la información relacionada con la teoría de análisis de peligros y riesgos.
4. Llevar a cabo el diagnóstico de los peligros en los componentes principales del sistema de empaquetamiento de botellas de vino.
5. Generar propuestas de solución a los peligros identificados.
6. Escribir Tesis.

# ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Fig. 1.1</b> Racimo de Uvas. Variedad de uva con la que se elabora el Chianti, un vino tinto italiano de color rubí vivo granate. (Blas, 2006) .....	1
<b>Fig. 2.1</b> Límite del sistema de Máquina empaquetadora (SEBV) .....	10
<b>Fig. 2.2</b> Las operaciones se definen por las entradas y salidas.....	14
<b>Fig. 2.3</b> Entradas al PLC .....	15
<b>Fig. 2.4</b> Salidas del PLC .....	15
<b>Fig. 2.5</b> Módulo de Entradas .....	16
<b>Fig. 2.6</b> Entradas Analógicas.....	17
<b>Fig. 2.7</b> La primera etapa del ciclo básico es consultar el estado de las entradas .....	21
<b>Fig. 2.8</b> El último paso es asignar valores de salidas reales según el estado de la imagen de salida ....	21
<b>Fig. 2.9</b> Módulo de salida. ....	22
<b>Fig. 2.10</b> Otros componentes.....	22
<b>Fig. 2.11</b> Interfaces .....	23
<b>Fig. 2.12</b> Proceso de funcionamiento del PLC.....	25
<b>Fig. 2.13</b> Diagrama de bloques de secuencias de operaciones .....	26
<b>Fig. 2.14</b> Metodología para el desarrollo del proyecto .....	28
<b>Fig. 3.1</b> SEBV con equipo electromecánico (Blas, 2006).....	35
<b>Fig. 3.2</b> SEBV (Blas, 2006) .....	37
<b>Fig. 3.3</b> Elementos de control (Blas, 2006).....	37
<b>Fig. 3.4</b> Diagramas eléctricos de un motor jaula de Ardilla (Blas, 2006) .....	39
<b>Fig. 3.5</b> Diagramas eléctricos de un motor trifásico (Blas, 2006) .....	40
<b>Fig. 3.6</b> Diagramas eléctricos de un motor trifásico con lámparas indicadoras (Blas, 2006).....	41
<b>Fig. 3.7</b> Diagramas eléctricos de un motor trifásico desde puntos diferentes (Blas, 2006) .....	42
<b>Fig. 3.8</b> Sistema de autorretención (Blas, 2006) .....	43
<b>Fig. 3.9</b> Paro con 2 botones al mismo tiempo (Blas, 2006).....	43
<b>Fig. 3.10</b> Arranque de motor mediante interruptor selector (Blas, 2006) .....	43
<b>Fig. 3.11</b> Paro con 2 botones de puntos diferentes (Blas, 2006) .....	44
<b>Fig. 3.12</b> Paro con 2 botones de puntos diferentes (Blas, 2006) .....	44
<b>Fig. 3.13</b> Elementos de control (Blas, 2006).....	45
<b>Fig. 3.14</b> Esquema básico de un sistema neumático (Blas, 2006) .....	46
<b>Fig. 3.15</b> Circuito neumático controlado por señal eléctrica (Blas, 2006).....	48
<b>Fig. 3.16</b> Circuito neumático de la máquina empaquetadora (Blas, 2006).....	49
<b>Fig. 3.17</b> Entradas y salidas (Blas, 2006) .....	49
<b>Fig. 3.18</b> Sistema Americano (Blas, 2006) .....	50
<b>Fig. 3.19</b> Diagrama de control de la máquina (Blas, 2006) .....	51
<b>Fig. 3.20</b> Diseño mecánico de máquina empaquetadora .....	52
<b>Fig. 3.21</b> Mecanismo de las tapas en forma de 1/4 de círculo .....	53
<b>Fig. 3.22</b> Mecanismo de las tapas laterales forma rectangular .....	53

<b>Fig. 4.1</b>	Sistema de la máquina de empaquetamiento de botellas de vino (SEBV).....	55
<b>Fig. 4.2</b>	SEBV-elemento de control .....	56
<b>Fig. 4.3</b>	Metodología para el diagnóstico de fallas del SEBV-Análisis preliminar de peligros .....	56
<b>Fig. 4.4</b>	Pulsador NA y NC (Blas, 2006).....	57
<b>Fig. 4.5</b>	Detector final de carrera (Blas, 2006).....	59
<b>Fig. 4.6</b>	Relevador por casquillo de inserción (Blas, 2006).....	60
<b>Fig. 4.7</b>	Partes del circuito magnético (Blas, 2006) .....	62
<b>Fig. 4.8</b>	Partes del contactor de un arrancador (Blas, 2006).....	62
<b>Fig. 4.9</b>	Funcionamiento de una electroválvula 3/2 (Blas, 2006).....	65
<b>Fig. 4.10</b>	Circuito neumático de la máquina empaquetadora (Blas, 2006).....	67
<b>Fig. 4.11</b>	Elementos de un sistema neumático (Blas, 2006) .....	68
<b>Fig. 4.12</b>	Las operaciones se definen por las entradas y salidas (Blas, 2006).....	69
<b>Fig. 4.13</b>	Entradas del PLC (Blas, 2006) .....	70
<b>Fig. 4.14</b>	Salidas del PLC (Blas, 2006).....	70
<b>Fig. 4.15</b>	Metodología para el diagnóstico de fallas del SEBV-AMEF .....	72
<b>Fig. 4.16</b>	Fuente variable (Blas, 2006) .....	73
<b>Fig. 4.17</b>	Entradas, salidas, programa-PLC (Blas, 2006).....	74
<b>Fig. 4.18</b>	Metodología para el diagnóstico de fallas del SEBV-Diagnóstico de cobertura .....	77
<b>Fig. 5.1</b>	Circuito analizado (Blas, 2006).....	99

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1</b> Conocimiento del sistema .....	13
<b>Tabla 2.2</b> Tipos de memoria.....	18
<b>Tabla 2.3</b> Tabla de resultados del APP .....	29
<b>Tabla 2.4</b> Tabla de resultados del AMEF.....	31
<b>Tabla 2.5</b> Ejemplos de modos de falla típicos .....	32
<b>Tabla 2.6</b> Ejemplos de los efectos de falla potenciales .....	32
<b>Tabla 2.7</b> Ejemplos de causas típicas de falla.....	33
<b>Tabla 3.1</b> Descripción y etapas de diseño del diagrama (Blas, 2006).....	39
<b>Tabla 3.2</b> Descripción y etapas de diseño del diagrama (Blas, 2006).....	41
<b>Tabla 3.3</b> Descripción y etapas de diseño del diagrama (Blas, 2006).....	42
<b>Tabla 3.4</b> Descripción y etapas del diseño del diagrama (Blas, 2006).....	45
<b>Tabla 3.5</b> Sistema neumático (Blas, 2006).....	46
<b>Tabla 3.6</b> Funcionamiento del diagrama (Blas, 2006).....	51
<b>Tabla 3.7</b> Funcionamiento del diagrama de la máquina (Blas, 2006).....	51
<b>Tabla 3.8</b> Descripción del diseño mecánico de la máquina .....	52
<b>Tabla 4.1</b> Identificación de fallas y posible solución: Botones pulsadores .....	58
<b>Tabla 4.2</b> Identificación de fallas y posible solución: Botón pulsador-detector al final de la carrera....	59
<b>Tabla 4.3</b> Identificación de fallas y posible solución: Relevadores de carrera .....	61
<b>Tabla 4.4</b> Identificación de fallas y posible solución: Contactador .....	63
<b>Tabla 4.5</b> Identificación de fallas y posible solución: Motor .....	64
<b>Tabla 4.6</b> Identificación de fallas y posible solución: Electroválvula .....	66
<b>Tabla 4.7</b> Identificación de fallas y posible solución: Cilindro neumático.....	67
<b>Tabla 4.8</b> Identificación de fallas y posible solución: Conectores y mangueras neumáticas.....	68
<b>Tabla 4.9</b> Identificación de fallas y posible solución: Sistemas electro-mecánicos (Arrancadores) .....	71
<b>Tabla 4.10</b> Material y equipo (Blas, 2006).....	73
<b>Tabla 4.11</b> Diseño del diagrama de la fuente (Blas, 2006).....	74
<b>Tabla 4.12</b> AMEF-Circuito de la figura 4.16 .....	75
<b>Tabla 4.12</b> Continuación .....	76
<b>Tabla 4.13</b> Resultados del diagnóstico de cobertura: circuito de la figura 4.16.....	78

## GLOSARIO DE TERMINOS Y DEFINICIONES

**Ambiente.** Se refiere al área de sucesos y condiciones que influyen sobre el comportamiento de un sistema. En lo que a complejidad se refiere, nunca un sistema puede igualarse con el ambiente y seguir conservando su identidad como sistema. La única posibilidad de relación entre un sistema y su ambiente implica que el primero debe absorber selectivamente aspectos de éste. Sin embargo, esta estrategia tiene la desventaja de especializar la selectividad del sistema respecto a su ambiente, lo que disminuye su capacidad de reacción frente a los cambios externos. Esto último incide directamente en la aparición o desaparición de sistemas abiertos.

**Amenaza.** Condición latente derivada de la posible ocurrencia de un fenómeno físico de origen natural, socio-natural o antrópico no intencional, que puede causar daño a la población y sus bienes, la infraestructura, el ambiente y la economía pública y privada. Es un factor de riesgo externo.

**Bobina.** La bobina y el transformador son componentes muy simples en cuanto a su ensamblaje. Por lo general, constan de uno o varios núcleos envueltos por un alambre de cobre de cuya longitud y grosor dependerá su función específica.

**Capacitor Electrolítico.** Recibe su nombre gracias al material que hace las veces de aislante, el cual es un ácido en estado líquido llamado electrolito.

**Capacitor.** La estructura de un capacitor consta básicamente de dos placas metálicas, separadas por un material aislante llamado dieléctrico, que puede estar conformado de muchas maneras. Su función es cargarse de energía para luego liberarla en forma paulatina. Aquellos que utilizan electrolito como aislante son llamados capacitores electrolíticos. Son muy usados en fuentes de alimentación y manejo de corriente y, por lo general, causan más de una falla característica.

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

**Condensador.** Es un dispositivo que almacena energía eléctrica.

**Daño.** es la materialización del riesgo en el tiempo y en el espacio.

**Diodos.** Para resumir las características de un diodo, podemos decir que se trata de un componente que admite el paso de la corriente en sólo un sentido. Es por esto por lo que, al contrario de las resistencias, posee una polaridad que se debe respetar. Ésta se encuentra bien marcada en la cápsula del diodo, siendo el polo positivo el marcado con una línea o punto.

Función: Se denomina función al output de un sistema que está dirigido a la mantención del sistema mayor en el que se encuentra inscrito.

**Fusible.** Un fusible está conformado por un hilo conductor, diseñado en forma específica para dejar pasar determinada cantidad de corriente.

**Gestión del Riesgo.** Es un proceso que tiene como objetivo la reducción o la previsión y control permanente del riesgo en la sociedad, en consonancia con, e integrada al logro de pautas de desarrollo humano, económico, ambiental y territorial sostenibles.

**Índice de falla.** Es la proporción de fallas por unidad de tiempo.

**Input.** Todo sistema abierto requiere de recursos de su ambiente. Se denomina input a la importación de los recursos (energía, materia, información) que se requieren para dar inicio al ciclo de actividades del sistema.

**Modelo.** Los modelos son constructos diseñados por un observador que persigue identificar y mensurar relaciones sistémicas complejas. Todo sistema real tiene la posibilidad de ser representado en más de un modelo. La decisión, en este punto, depende tanto de los objetivos del modelador como de su capacidad para distinguir las relaciones relevantes con relación a tales objetivos. La esencia de la modelística sistémica es la simplificación. El metamodelo sistémico más conocido es el esquema input-output.

**Output.** Se denomina así a las corrientes de salidas de un sistema. Los outputs pueden diferenciarse según su destino en servicios, funciones y retroinputs.

**Prevención.** Políticas y acciones que buscan evitar la generación de nuevos riesgos. Está asociada a la gestión prospectiva del riesgo.

**Resistencia.** Es uno de los componentes más simples en su estructura y funcionamiento. La función que cumplen dentro de un circuito es el de limitar el paso de la corriente con distintos fines específicos. En varios casos se usa como protección ante supuestos golpes de tensión. Ante estas circunstancias, la resistencia se abre y corta el paso de la corriente antes de que llegue en exceso a la pata de algún circuito integrado importante.

**Riesgo.** El daño potencial que, sobre la población y sus bienes, la infraestructura, el ambiente y la economía pública y privada, pueda causarse por la ocurrencia de amenazas de origen natural, socio-natural o antrópico no intencional, que se extiende más allá de los espacios privados o actividades particulares de las personas y organizaciones y que por su magnitud, velocidad y contingencia hace necesario un proceso de gestión que involucre al Estado y a la sociedad.

**Sistemas abiertos.** Se trata de sistemas que importan y procesan elementos (energía, materia, información) de sus ambientes y esta es una característica propia de todos los sistemas vivos. Que un sistema sea abierto significa que establece intercambios permanentes con su ambiente, intercambios que determinan su equilibrio, capacidad reproductiva o continuidad, es decir, su viabilidad (entropía negativa, teleología, morfogénesis, equifinalidad).

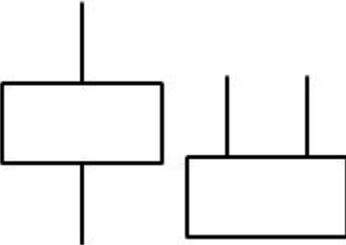
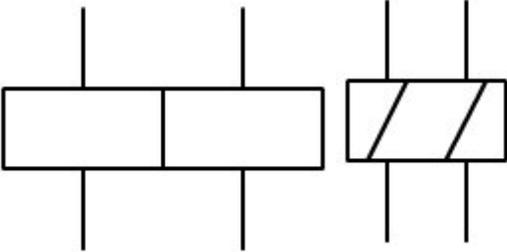
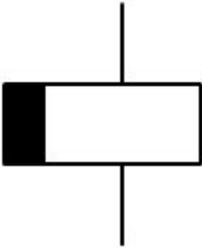
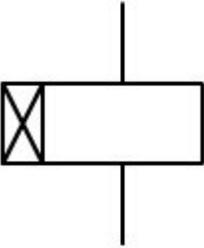
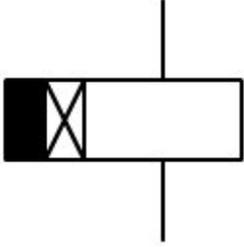
**Sistemas cerrados.** Un sistema es cerrado cuando ningún elemento de afuera entra y ninguno sale fuera del sistema. Estos alcanzan su estado máximo de equilibrio al igualarse con el medio (entropía, equilibrio). En ocasiones el término sistema cerrado es también aplicado a sistemas que se comportan de una manera fija, rítmica o sin variaciones, como sería el caso de los circuitos cerrados.

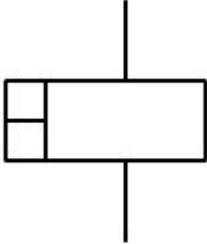
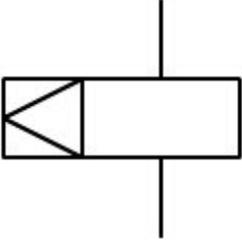
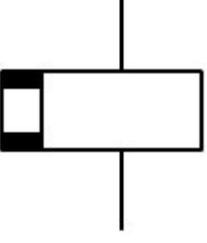
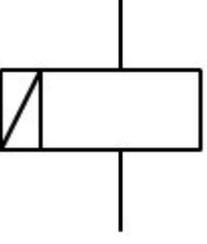
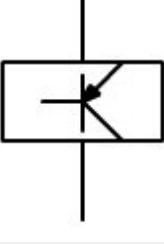
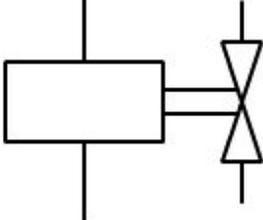
**Subsistema.** Se entiende por subsistemas a conjuntos de elementos y relaciones que responden a estructuras y funciones especializadas dentro de un sistema mayor. En términos generales, los subsistemas tienen las mismas propiedades que los sistemas (sinergia) y su delimitación es relativa a la posición del observador de sistemas y al modelo que tenga de éstos. Desde este ángulo se puede hablar de subsistemas, sistemas o supersistemas, en tanto éstos posean las características sistémicas (sinergia).

**Transformador.** Está compuesto por dos bobinados enfrentados, uno denominado primario y otro, secundario. El campo magnético que genera la corriente a su paso por el bobinado primario provoca un efecto inductivo sobre el secundario, que emite un flujo de corriente de menor valor. Esto es muy utilizado en fuentes de alimentación, para convertir los 220v o 110v de la corriente de línea al valor que necesita el dispositivo para el cual fue diseñado. Hoy en día, la utilización de fuentes conmutadas, que utilizan componentes mucho más precisos, seguros y livianos, hacen menos frecuente el uso de transformadores.

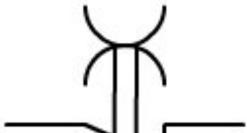
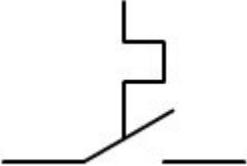
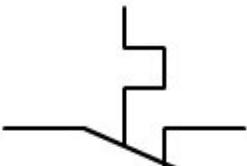
**Transistores.** Se podría decir que son los “responsables” de la revolución electrónica actual. Su esencia radica en dos funciones principales: por un lado permite, de forma estática, habilitar o cortar el paso de la corriente entre emisor y colector, de acuerdo con lo que una señal de mando ordene a su pata base; por otra parte, es muy utilizado como amplificador de señales de cualquier tipo. Su estructura se basa en tres cristales de silicio, que se polarizan según la forma en que se conecten las patas correspondientes a cada uno. A su vez, los transistores se catalogan en dos grupos principales: NPN y PNP.

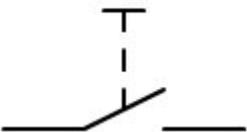
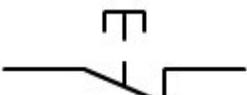
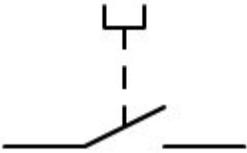
# SIMBOLOGÍA

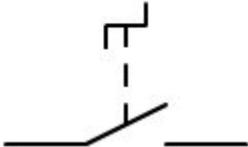
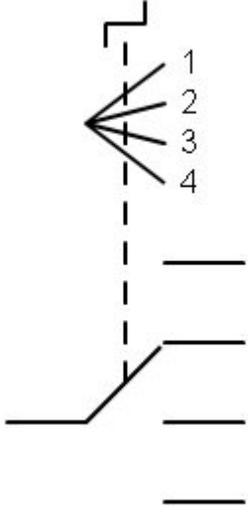
Símbolo	Descripción Relés Descripción
	<p>Bobina de relé, contactor u otro dispositivo de mando, símbolo general.</p> <p>Cualquiera de los dos símbolos es válido.</p> <p>Si un dispositivo tiene varios devanados, se puede indicar añadiendo el número de trazos inclinados en el interior del símbolo.</p>
	<p>Ejemplo: Dispositivo de mando con dos devanados separados. Forma 1 y forma 2</p>
	<p>Dispositivo de mando retardado a la desconexión. <b>Desconexión retardada al activar el mando.</b></p>
	<p>Dispositivo de mando retardado a la conexión. <b>Conexión retardada al activar el mando.</b></p>
	<p>Dispositivo de mando retardado a la conexión y a la desconexión. <b>Conexión retardada al activar el mando y también al desactivarlo.</b></p>

	<p>Mando de un relé rápido. <b>Conexión y desconexión rápidas (relés especiales).</b></p>
	<p>Mando de un relé de enclavamiento mecánico. <b>Telerruptor</b></p>
	<p>Mando de un relé polarizado.</p>
	<p>Mando de un relé de remanencia.</p>
	<p>Mando de un relé electrónico.</p>
	<p>Bobina de una electroválvula.</p>

Contactos de elementos de control	
Símbolo	Descripción
	Interruptor normalmente abierto (NA).
	Interruptor normalmente cerrado (NC).
	Conmutador.
	Contacto inversor solapado. <b>Cierra el NO antes de abrir NC</b>
	Contacto de paso, con cierre momentáneo cuando su dispositivo de control se activa.
	Contacto de paso, con cierre momentáneo cuando su dispositivo de control se desactiva.
	Contacto de paso, con cierre momentáneo cuando su dispositivo de control se activa o se desactiva.
	Contacto ( <b>de un conjunto de varios contactos</b> ) de cierre adelantado respecto a los demás contactos del conjunto.
	Contacto ( <b>de un conjunto de varios contactos</b> ) de cierre retrasado respecto a los demás contactos del conjunto.
	Contacto ( <b>de un conjunto de varios contactos</b> ) de apertura retrasada respecto a los demás contactos del conjunto.
	Contacto ( <b>de un conjunto de varios contactos</b> ) de apertura adelantada respecto a los demás contactos del conjunto.
	Contacto de cierre retardado a la conexión de su dispositivo de mando. <b>Temporizador a la conexión</b>
	Contacto de cierre retardado a la desconexión de su dispositivo de mando. <b>Temporizador a la desconexión</b>
	Contacto de apertura retardado a la conexión de su dispositivo de mando. <b>Temporizador a la conexión</b>

	Contacto de apertura retardado a la desconexión de su dispositivo de mando. <b>Temporizador a la desconexión</b>
	Contacto de cierre retardado a la conexión y también a la desconexión de su dispositivo de mando.
	Contacto de cierre con retorno automático.
	Contacto de apertura con retorno automático.
	Contacto auxiliar de cierre autoaccionado por un relé térmico.
	Contacto auxiliar de apertura autoaccionado por un relé térmico.

Contactos de accionadores de mando manual	
Símbolo	Descripción
	Contacto de cierre de control manual, <b>símbolo general</b> <b>Interruptor de mando</b>
	Pulsador normalmente abierto.( <b>retorno automático</b> )
	Pulsador normalmente cerrado.( <b>retorno automático</b> )
	Interruptor girador.

	<p>Interruptor de giro con contacto de cierre.</p>
	<p>Interruptor de giro con contacto de apertura.</p>
	<p>Ejemplo de un interruptor de mando rotativo de 4 posiciones fijas</p>

---

## Antecedentes y Justificación

En resumen, este capítulo presenta la justificación del presente proyecto de tesis. El capítulo comienza con una introducción acerca de los proceso de empaquetamiento de botellas de vino así como una breve introducción del ingrediente más importante del vino; la uva y se presenta en la sección 1.1. La justificación del tema de investigación se expone en la sección 1.2. Finalmente, las conclusiones del capítulo se presentan en la sección 1.3.

### 1.1 Introducción

*Uva*, nombre que se da al fruto de algunas especies que pertenecen al mismo orden que la familia de las Ramnáceas y, en especial, al de ciertas vides y enredaderas. En Europa, la uva se cultiva desde la prehistoria; se han hallado semillas en yacimientos de asentamientos lacustres de la edad del bronce de Suiza e Italia y en tumbas del antiguo Egipto. Los botánicos creen que el origen de la uva cultivada en Europa está en la región del mar Caspio. La dispersión de las semillas por las aves, el viento y el agua difundió la planta hacia el oeste, hasta las costas asiáticas del Mediterráneo.



**Fig. 1.1** Racimo de Uvas. Variedad de uva con la que se elabora el Chianti, un vino tinto italiano de color rubí vivo granate. (Blas, 2006).

El cultivo de la vid, practicado en Palestina en tiempos bíblicos, se extendió por el Mediterráneo de la mano de marineros fenicios. Los antiguos griegos cultivaban la vid, y más tarde los romanos continuaron con esta práctica y la extendieron por sus colonias. (Ver figura 1.1).

La vid se cultiva ahora en las regiones cálidas de todo el mundo, en especial en Europa occidental, los Balcanes, California, Australia, Suráfrica, Chile y Argentina. Se introdujo en la costa oriental de América del Norte en la época colonial, pero el intento fracasó a consecuencia de los ataques de parásitos y las enfermedades. Más tarde se obtuvieron variedades resistentes, como Concord y Delaware, fruto de la hibridación de la vid europea con especies norteamericanas. Estas uvas de la región atlántica de América del Norte se caracterizan por la presencia de una capa jugosa entre la piel y la pulpa del fruto que facilita la separación de aquélla.

Las variedades de uva se clasifican atendiendo a su uso final. Las destinadas a la elaboración de vino de mesa deben presentar acidez relativamente alta y un contenido moderado en azúcares; las uvas usadas para elaborar ciertos vinos dulces han de ser ricas en azúcares y algo ácidas. La uva de mesa ha de tener acidez baja y ser pobre en azúcares, así como cumplir ciertas normas en cuanto a tamaño, color y forma. Las uvas usadas para preparar jugos y jaleas tienen sabor intenso, acidez elevada y contenido moderado de azúcares. Las uvas pasas más apreciadas son las obtenidas a partir de variedades sin semillas, de acidez baja y ricas en azúcares. Las variedades europeas se consideran superiores a las del este estadounidense para elaborar vinos de mesa, como frutos de mesa y para elaborar pasas, mientras que las variedades norteamericanas se prefieren para obtener jugos y jaleas. Dentro de las numerosas variedades españolas que se utilizan para la elaboración de vinos, destacan: Palomino, Macabeo, Malvasía y Garnacha blanca, para los vinos blancos; y para la elaboración de vinos tintos, las más utilizadas son: Garnacha tinta, Cariñena, Tempranillo, Tintorera y Cencibel, entre otras.

Las parras son tallos que trepan a lo largo de muros y vallas por medio de órganos especializados llamados zarcillos. Las hojas, de nerviación palmada, aparecen opuestas sobre las ramas. En casi todas las variedades, los zarcillos se disponen en posición opuesta cada dos o tres hojas sucesivas. Las flores, por lo general verdosas, forman racimos unisexuales; a veces, cada pie de planta lleva

sólo flores masculinas o femeninas. El fruto se forma en vides de 2 años, que se corta después de la recolección.

La plantación de viñedos comerciales suele iniciarse en primavera a partir de injertos de raíz o de esqueje de un año. Las raíces se recortan a una longitud comprendida entre 7,5 y 10 cm., y las vides se plantan a una distancia de 2,4 a 3 m. Más adelante se podan todos los brotes salvo el más vigoroso, que se recorta de modo que sólo queden dos o tres yemas. Esta operación se repite en primavera durante los dos años siguientes. La planta que se obtiene forma un tallo principal fuerte, semejante a un tronco pequeño, antes de que se le deje fructificar. Estos tallos vigorosos se mantienen erguidos sin necesidad de soportes. Cuando se extiende, la vid se sujeta a un tutor vertical de 2 m o más. Al alcanzar la fase de fructificación, se podan las vides con cuidado para reducir el número de yemas, pues los brotes que nacen de las yemas restantes son más prolíficos y forman uvas de mejor calidad.

La uva está expuesta al ataque de gran número de insectos parásitos y de enfermedades, las más corrientes de las cuales son la podredumbre negra, el mildew y la filoxera.

#### **1.1.1 Envasado y empaquetado de botellas**

Después del añejamiento se da paso al envasado del vino, este proceso se lleva a cabo en la antigüedad absolutamente todo manual, tanto la fabricación del envase como su limpieza, llenado y empaquetado para su distribución.

Según la norma comunitaria se deben utilizar procedimientos físicos, frío y calor, frigorización y Pasteurización para el tratamiento de estabilización del vino. La frigorización evita precipitaciones cristalinas en botella y la pasteurización impide el posterior desarrollo de levaduras y bacterias. Y como última garantía, la filtración absoluta por membranas esterilizantes completa un proceso higiénicamente perfecto, que da paso al envasado.

En seguida de que el vino es envasado, las botellas son empaquetadas en cajas de cartón para su distribución. El empaquetado es la tecnología para guardar, proteger y preservar los productos

durante su distribución, almacenaje y manipulación, a la vez que sirve como identificación y promoción del producto e información para su uso.

El empaquetado debe mantener las condiciones de su contenido. En el caso de los alimentos, ha de extraerse el aire para evitar que su deterioro los haga no aptos para el consumo hasta la fecha de caducidad marcada en el envase. Este último tiene que prevenir el derrame de su contenido, en especial en el caso de productos químicos venenosos o corrosivos. También debe identificar su contenido y composición con etiquetas y dibujos explicativos, incluyendo instrucciones de uso y advertencias sobre su peligrosidad cuando sea preciso. Esto último es esencial en el caso de fármacos y productos químicos, ya sean de uso doméstico o industrial.

El empaquetado suele ser parte de la planificación de un sistema global de distribución. Así, el tamaño del envase exterior debe tener un diseño específico para optimizar el espacio en los pallets y contenedores. Los envases también han de cumplir la función de disuadir a ciertas personas, como los clientes que intenten probar el producto. Para averiguar si el producto ha sido abierto antes se emplean lengüetas de cierre, tiras alrededor de los tapones y 'topes' en la cubierta de las latas que saltan al romperse el vacío.

#### **1.1.1.1 Materiales de empaquetado**

Los materiales básicos de los envases son papel, cartón, plástico, aluminio, acero, vidrio, madera, celulosa regenerada, tejidos y combinaciones como los laminados. Los tipos de envase incluyen cajas de cartón, cajones, paquetes, bolsas, bandejas, ampollas, envases forrados, botellas, jarras, latas, tubos, envases de aerosoles, tambores, embalajes y contenedores pesados. Entre los métodos de apertura de envases se incluyen tapones, cerraduras, corchos, anillas y precintos. Tanto las etiquetas como los precintos y el mismo envase se emplean como soporte para la identificación del contenido e información comercial.

#### **1.1.1.2 Métodos de empaquetado**

Los seres humanos siempre protegieron los alimentos y la bebida en envases como pieles, hojas y calabazas, y más tarde canastas, utensilios de loza y, ya en el año 1500 a.C., envases de vidrio. Se

ha descubierto un envase etiquetado con el nombre del fabricante, procedente de la antigua Roma, conteniendo un ungüento.

El inicio de la industria moderna del empaquetado está ligado a los métodos de preservación de alimentos. Al principio se usaba la salazón y el ahumado, pero en 1795, consciente de que "los ejércitos avanzan con el estómago", Napoleón ofreció una recompensa a quien inventara un método de conservación. Fue un pastelero, Nicholas Appert, quien ganó el premio por inventar las botellas herméticas de cristal. Más tarde utilizó envases de hojalata.

Esto fue el comienzo del enlatado, que otros desarrollaron después. En Inglaterra, John Hall y Bryan Donkin fabricaron envases sumergiendo placas de hierro en estaño para hacerlas inoxidable, y soldándolas para formar botes conocidos como 'latas', muy pesadas, siendo necesario un martillo y un punzón para abrirlas. En el último siglo las latas se han hecho más ligeras y se ha inventado el abrelatas, y posteriormente se han desarrollado los sistemas de apertura con anillas extraíbles o unidas al envase para bebidas enlatadas.

En el caso del empaquetado de las botellas de vino, estas botellas son guardadas en cajas de cartón para su correcta, cómoda y segura distribución. En el pasado se realizaba esto de forma manual, con el surgimiento del control electromecánico se realizaba de forma automática, pero en la actualidad con el tiempo de funcionamiento que lleva este equipo instalado se tienen actualmente muchas fallas y provoca que se detenga la producción del empaquetado, además de que los gastos de mantenimiento son elevados, es por ello que se considera necesario modernizar este equipo utilizando la tecnología actual como es el caso del PLC.

## **1.2 Justificación del proyecto**

Automatización es el uso de sistemas de control y de tecnología informática para reducir la necesidad de la intervención humana en un proceso. En el enfoque industrial, automatización es el paso más allá de la mecanización en donde los procesos industriales son asistidos por maquinas o sistemas mecánicos que reemplazan las funciones que antes eran realizada por animales. Mientras en la mecanización los operadores son asistidos con maquinaria a través de su propia fuerza y de

su intervención directa, en la automatización se reduce de gran manera la necesidad mental y sensorial del operador. De esta forma presenta grandes ventajas en cuanto a producción más eficiente y disminución de riesgos al operador.

El conocimiento de las tecnologías relacionadas con la automatización nos permite comprender la utilidad de la aplicación de las mismas dentro de una industria, ya que en la misma un proceso de mecanización de las actividades en planta para reducir la mano de obra, simplifica el trabajo de tal forma que algunas máquinas realicen las operaciones de manera automática; lo que indica un proceso más rápido y eficiente.

Al darse una mayor eficiencia en el sector de maquinaria, se lograra que la empresa industrial disminuya la producción de piezas defectuosas, y por lo tanto aumente calidad en los productos que se logran mediante la exactitud de las máquinas automatizadas; todo esto ayudara a que la empresa industrial mediante la utilización de inversiones tecnológicas aumente toda su competitividad en un porcentaje considerable con respecto a su competencia, y si no se hace, la empresa puede sufrir el riesgo de quedarse rezagada. Sin embargo, dichos sistemas tienen que operar con un alto grado de confiabilidad para evitar los "tiempos muertos". Esto es, dichos sistemas no tienen que ser vulnerables a fallas. El presente proyecto de tesis tiene como objetivo fundamental el de identificar las posibles fallas de un sistema de empaquetamiento de botellas de vino. Finalmente, cabe destacar que el sistema de empaquetamiento de botellas de vino ha sido objeto de estudio en un proyecto anterior; esto es, se propuso un proceso de automatización a dicho sistema (Blas, 2006). Sin embargo, no se consideraron los aspectos de fallas en el mismo, lo cual es objeto del presente proyecto.

### **1.3 Conclusiones del Capítulo**

Este capítulo presentó la justificación del proyecto de tesis. En particular se concluyó que es esencial llevar a cabo identificación de fallas de los principales componentes del sistema de empaquetamiento de botellas de vino (SEBV) para garantizar la confiabilidad operacional del mismo.

---

## Marco Teórico y Metodológico

Este Capítulo presenta el marco teórico y metodológico para el desarrollo del presente proyecto de tesis. Una breve discusión de los conceptos más relevantes de la teoría general de sistemas se presenta en la sección 2.1. La sección 2.2 presenta una descripción de los conceptos básicos del funcionamiento de un PLC. La metodología planteada para el desarrollo del presente proyecto de tesis se discute en la sección 2.3. Finalmente, la sección 2.4 presenta las Conclusiones del Capítulo.

### 2.1 Teoría General de Sistemas

#### 2.1.1 Orígenes y supuestos básicos

La Teoría General de Sistemas (TGS) surgió con los trabajos del biólogo alemán Ludwig Von Bertalanffy, publicados entre 1950 y 1968, quien acuñó la denominación "Teoría General de Sistemas"(Bertalanffy, 1976). En general, la TGS se presenta como una forma sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad y, al mismo tiempo, como una orientación hacia una práctica estimulante para formas de trabajo transdisciplinaria. En tanto paradigma científico, la TGS se caracteriza por su perspectiva holística e integradora, en donde lo importante son las relaciones y los conjuntos que a partir de ellas emergen (Arnold, 1989; Rodríguez & Arnold, 1991; Checkland, 1993; Gigch, 2003).

##### 2.1.1.1 Supuestos básicos

Los supuestos básicos de la TGS son:

1. Existe una nítida tendencia hacia la integración de diversas ciencias naturales y sociales;
2. Esa integración parece orientarse rumbo a una teoría de sistemas;
3. Dicha teoría de sistemas puede ser una manera más amplia de estudiar los campos no físicos del conocimiento científico, especialmente en ciencias sociales;

4. Con esa teoría de los sistemas, al desarrollar principios unificadores que atraviesan verticalmente los universos particulares de las diversas ciencias involucradas, nos aproximamos al objetivo de la unidad de la ciencia; y
5. Esto puede generar una integración muy necesaria en la educación científica.

La TGS afirma que las propiedades de los sistemas, no pueden ser descritos en términos de sus elementos separados; su comprensión se presenta cuando se estudian globalmente.

#### **2.1.1.2 Premisas básicas**

La TGS se fundamenta en tres premisas básicas:

1. Los sistemas existen dentro de sistemas: cada sistema existe dentro de otro más grande.
2. Los sistemas son abiertos: es consecuencia del anterior. Cada sistema que se examine, excepto el menor o mayor, recibe y descarga algo en los otros sistemas, generalmente en los contiguos. Los sistemas abiertos se caracterizan por un proceso de cambio infinito con su entorno, que son los otros sistemas. Cuando el intercambio cesa, el sistema se desintegra, esto es, pierde sus fuentes de energía.
3. Las funciones de un sistema dependen de su estructura: para los sistemas biológicos y mecánicos esta afirmación es intuitiva. Los tejidos musculares por ejemplo, se contraen porque están constituidos por una estructura celular que permite contracciones.

#### **2.1.1.3 Clasificaciones Básicas de Sistemas Generales**

Los sistemas pueden clasificarse de las siguientes maneras:

- Según su entitividad los sistemas pueden ser agrupados en reales, ideales y modelos. Mientras los primeros presumen una existencia independiente del observador (quien los puede descubrir), los segundos son construcciones simbólicas, como el caso de la lógica y las matemáticas, mientras que el tercer tipo corresponde a abstracciones de la realidad, en donde se combina lo conceptual con las características de los objetos.
- Con relación a su origen los sistemas pueden ser naturales o artificiales, distinción que apunta a destacar la dependencia o no en su estructuración por parte de otros sistemas.

- Con relación al ambiente o grado de aislamiento los sistemas pueden ser cerrados o abiertos, según el tipo de intercambio que establecen con sus ambientes.

#### **2.1.1.4 Parámetros de los sistemas**

El sistema se caracteriza por ciertos parámetros. Los parámetros de los sistemas son:

- *Entrada*: es la fuerza de arranque del sistema, que provee el material o la energía para la operación del sistema.
- *Salida o producto o resultado*: es la finalidad para la cual se reunieron elementos y relaciones del sistema. Los resultados de un proceso son las salidas, las cuales deben ser coherentes con el objetivo del sistema. Los resultados de los sistemas son finales, mientras que los resultados de los subsistemas son intermedios.
- *Procesamiento o procesador o transformador*: es el fenómeno que produce cambios, es el mecanismo de conversión de las entradas en salidas o resultados. Generalmente es representado como la caja negra, en la que entran los insumos y salen cosas diferentes, que son los productos.
- *Retroacción o retroalimentación o retroinformación*: es la función de retorno del sistema que tiende a comparar la salida con un criterio preestablecido, manteniéndola controlada dentro de aquel estándar o criterio.
- *Ambiente*: es el medio que envuelve externamente el sistema. Está en constante interacción con el sistema, ya que éste recibe entradas, las procesa y efectúa salidas. La supervivencia de un sistema depende de su capacidad de adaptarse, cambiar y responder a las exigencias y demandas del ambiente externo. Aunque el ambiente puede ser un recurso para el sistema, también puede ser una amenaza.

#### **2.1.2 Los límites del sistema**

Es importante saber hasta dónde llega el sistema, esto define lo que se encuentra dentro y fuera del sistema. También define cuales son las entradas y salidas del sistema. Sin poder identificar con exactitud límites del sistema conceptual, es imposible analizar el sistema.

En nuestro caso hablamos de un Sistema de Empaquetamiento de Botellas de Vino (SEBV), sus límites y sus varios componentes o subsistemas se ilustran en la figura 2.1.

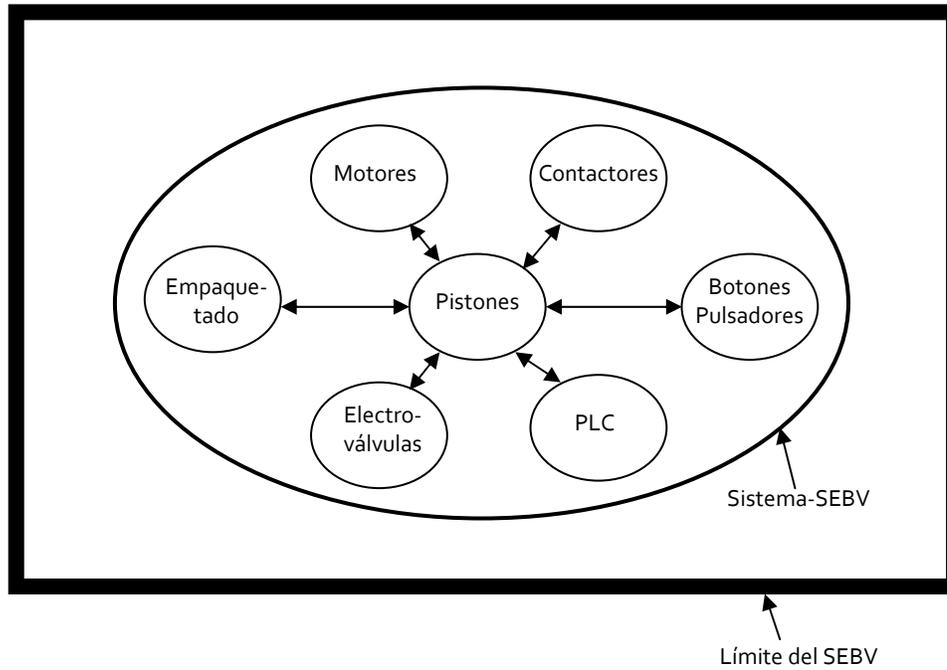


Fig. 2.1 Limite del sistema de Maquina empaquetadora (SEBV).

Por supuesto que los varios subsistemas que conforman el SEBV interactúan entre sí para producir el producto final, en este caso el empaquetamiento de las botellas de vino.

### 2.1.3 Conceptualización de sistemas

Los sistemas automáticos son complejos y solo a través de una metodología con ciertos pasos lógicos y ordenados, es posible entenderlos. Por ello es necesario manejar un lenguaje común, es decir, usar instrumentos para conceptualizar un determinado sistema. En general, las siguientes consideraciones se deben de tomar en cuenta para la conceptualización de un *sistema*.

1. Propósito
2. El limite
3. Contorno
4. Componente
5. Interacciones

6. Los Recursos
7. Ingresos o Insumos
8. Egresos o Salidas
9. Subproductos

A continuación, se conceptualizará nuestro caso de estudio (SEBV), mediante una serie de preguntas:

1. Pregunta ¿Cuál es el propósito de la maquina?

Respuesta. Empaquetar botellas de vino

2. Pregunta ¿Dónde queda el límite del sistema?

Respuesta. Todo aquello que no contribuya directamente al propósito del sistema. Sin embargo, el límite define lo que hay que considerar como parte del sistema, lo que queda afuera y cuáles son las "entradas" y "salidas".

3. Pregunta ¿Cuál es el contorno de la maquina?

Respuesta. Es la sociedad en general.

Ahora tenemos la información sobre la posible capacidad del SEBV, las necesidades mínimas, etc.

4. Pregunta ¿Cuáles son los componentes principales?

Respuesta. Motores trifásicos jaula de ardilla, cilindros o pistones, PLC, fuente de alimentación, etc.

Al conocer los componentes principales se comprende cómo funciona el SEBV.

5. Pregunta ¿Cuales son las interacciones principales?

Respuesta. Varias, ver por ejemplo la figura 2.1.

6. Pregunta ¿Cuáles son los recursos principales?

Respuesta. Motor, PLC, electricidad, aire comprimido, aceite, etc. (esto es los recursos que usa el SEBV. El aspecto económico es también muy importante a considerar).

Para saber cómo funciona y como podría funcionar, es importante considerar los recursos que el sistema tiene a su disposición.

7. Pregunta ¿Cuáles son los ingresos (entradas) principales?

Respuesta. Electricidad, aire comprimido, mantenimiento.

8. Pregunta ¿Cuáles son los egresos (salidas) principales?

Respuesta. las botellas de vino empacadas. (Asumiendo que el sistema cumple su función).

9. Pregunta ¿Cuáles son los subproductos?

Respuesta. No hay sub-productos.

El recurso fundamental de la mayor parte de los sistemas de producción automática, es el aspecto económico. Es por eso que todo el sistema automático tiene que tomar en cuenta las consideraciones financieras. Podemos considerar el dinero como lubricante del sistema (como aceite a un motor). Entonces:

- El dinero es el medio para conseguir todos los recursos necesarios
- El dinero es la base del sistema y todas las consideraciones siguientes deben tomarse en cuenta.
- Representación de un sistema en términos del sistema automático y sistema económico.

La tabla 2.1 resume lo presentado anteriormente:

**Tabla 2.1** Conocimiento del sistema

<b>PREGUNTA</b>	<b>RESPUESTA</b>	<b>INFORMACIÓN DADA</b>
1. Propósito	Empaquetar cajas de botellas de vino	Elementos neumáticos, eléctrico, electrónicos, mecánicos.
2. Limite	Parámetro de la maquina	Cantidad de recursos disponibles ejem. Electricidad, aire comprimido.
3. Contorno	México D.F. empresa de n personas	Medio ambiente, temperatura, ruido
4. Componente	PLC Motores Vástagos	Alternativas factibles
5. Interacciones	Económicas Robóticas Automáticas	Mano de obra e inversión
6. Recursos	Comprados, motor, PLC, unidad de mantenimiento, compresora	Maquinaria, instalaciones, capital, alternativas
7. Ingresos	Mantenimiento Electricidad Aire comprimido	Mano de obra, tipo y cantidad de dispositivos
8. Salidas	Movimientos Ruido Calor	Cajas tapadas
9. Subproducto	Productos que no salen del sistema	Ninguno

#### **2.1.4 Maneras de clasificar sistemas según su propósito**

Los sistemas se pueden clasificar por zona ambiental, nivel de inversión, tamaño de máquina, numero de piezas, etc. Todo depende desde el punto de vista del propósito de clasificación.

Es posible darse cuenta que no solo los factores ambientales de la maquina empaquetadora afectan a los sistemas, sino que también otros factores como dispositivos eléctricos no aislados, esfuerzos mecánicos no evaluados de elementos, falla de limpieza, etc.

El hecho de clasificar sistemas nos obliga a pensar cómo funcionan y las razones de las diferencias entre distintos tipos de sistema. Al poder llevar a cabo este proceso de clasificación, análisis y razonamiento, entonces estaremos en condiciones de determinar cómo se puede mejorar, corregir y diseñar sistemas más eficientes.

## 2.2 Teoría de PLCs

Los conceptos que se usan en la automatización de procesos es muy compleja. Sería muy difícil plasmar todos los aspectos teóricos en esta sección; sin embargo, los componentes más importantes serán presentados no solamente en esta sección, pero en los Capítulos 3, 4 y Anexos. Esta sección se concentra en particular a un componente esencial que es el PLC.

### *Definición de un PLC según la norma IEC 1131*

*Un sistema digital electrónico diseñado para uso industrial con memoria programable para almacenar instrucciones de operador e implementar funciones lógicas, secuenciales, temporizadores, contadores y aritmética para controlar por medio de entradas y salidas digitales o analógicas maquinarias o procesos.*

*Tanto su autómeta como sus periféricos asociados están diseñados para ser integrados en un sistema de control industrial y puede ser utilizado fácilmente para las funciones deseadas.*

Este equipo se adapta al proceso mediante un programa específico (software) en el que se indican las operaciones que se deben de realizar. Estas operaciones se definen en base a señales de entrada y salidas del proceso, que se cablean directamente al autómeta. (Ver figura 2.2).



Fig. 2.2 Las operaciones se definen por las entradas y salidas

En la memoria del PLC se ha almacenado el programa de control mediante la unidad de programación. Partiendo del estado de las señales de entrada y en base a dicho programa, elabora

las señales de salida. Un PLC puede interconectarse directamente a los dispositivos de entrada y de salida (Ver figura 2.3), por el contrario la computadora requiere de un conjunto de interfaces para manipular dichos elementos de entrada o salida. Las entradas pueden ser analógicas (procedentes de tacómetros, sensores de temperatura, presión, etc.), o digitales (finales de carrera, detectores de proximidad, distancia o posición, etc.)



Fig. 2.3 Entradas al PLC

Así mismo (Ver figura 2.4), las salidas también pueden ser analógicas (destinadas a variadores de velocidad, temperatura, servo válvulas, etc.) o digitales (destinadas a relés, válvulas, luces indicadoras, etc.).

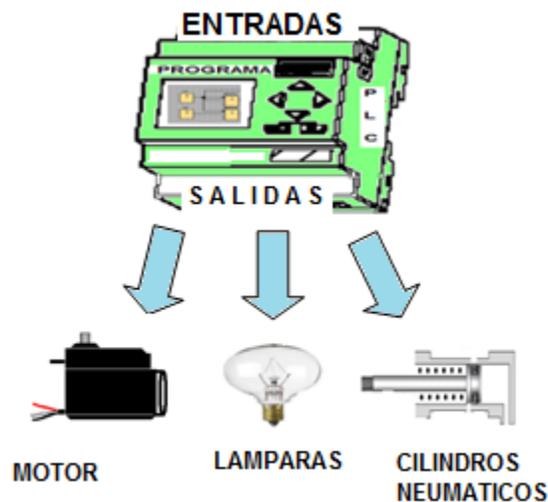


Fig. 2.4 Salidas del PLC

La particularidad principal que diferencia al PLC de los sistemas de control reside en que el equipo físico se encuentra estandarizado. Esto permite que un mismo PLC sea utilizable en una multitud de procesos distintos. Las diferencias entre una computadora y un PLC radican en el lenguaje de programación que utilizan y el medio ambiente en que operan ambos. Un PLC se diseña para resistir un ambiente áspero (Humedad, vibraciones, polvo, altas temperaturas, etc.), en cambio una computadora requiere de condiciones menos difíciles.

### 2.2.1 Componentes del PLC

La figura 2.5 muestra los tres bloques que constituyen un PLC:

- Módulos de entradas
- Unidad central de proceso.
- Módulos de salidas

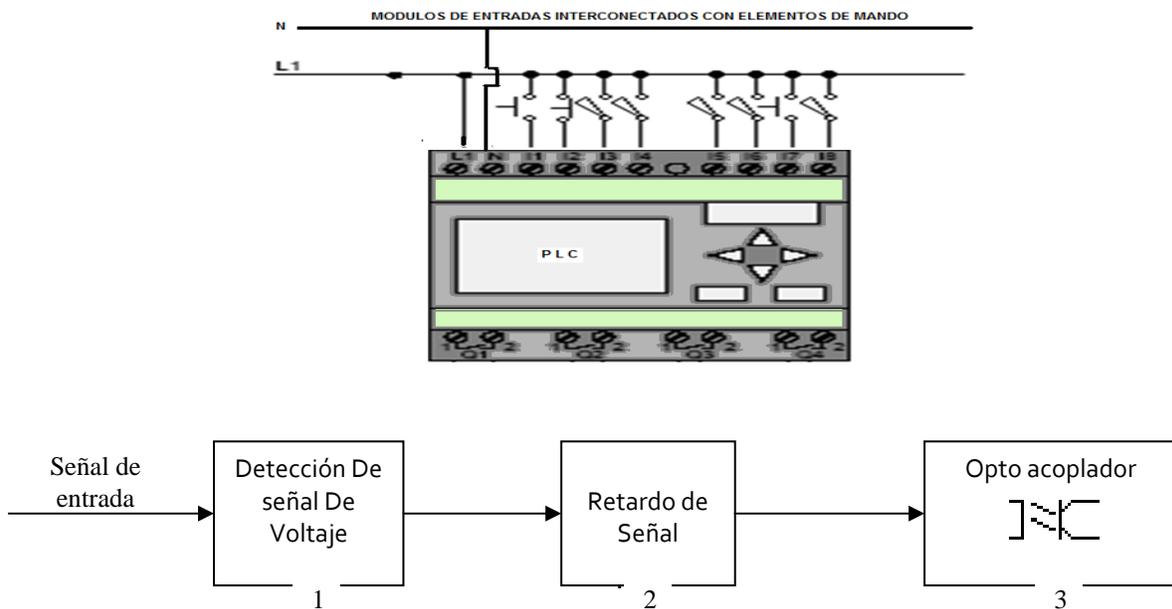


Fig. 2.5 Módulo de Entradas

#### 2.2.1.1 Sección de entradas

Esta sección adapta y codifica, de forma compresible para la CPU, las señales procedentes de los dispositivos de entrada (Pulsadores, finales de carrera, detectores, etc.) También cumple la misión de proteger los circuitos internos del PLC, realizando una separación eléctrica entre estos y los captadores.

El circuito de detección de señales de Voltaje [1], se encarga de que la tensión de entrada siempre esté dentro de márgenes precisos. El circuito de retardo de señal [2], suprime impulsos indeseables. El Opto acoplador [3], aísla galvánicamente a la unidad central frente al circuito externo de corriente. Con esto se impide que variaciones abruptas causen desperfectos. Los diodos luminosos incorporados indican si existen 1 ó 0. Entonces decimos que la señal llega al circuito externo de corriente y es amortiguada por retardo. La separación galvánica se produce por Opto acoplador, un impulso pequeño (aproximadamente 5 Volts) es transferido a la unidad central.

Las entradas son circuitos o agrupaciones de circuitos en módulos o tarjetas, que en su parte frontal disponen de una regleta de bornes para el conexionado de los dispositivos de entrada o captadores; además, tienen unos indicadores luminosos, que muestran la presencia de señal de entrada. Según el tipo de señal que reciben, las entradas pueden ser analógicas o digitales. (Ver figura 2.6). Entradas digitales: Corresponden a una señal de entrada todo o nada ("1" o "0"), es decir, a un determinado nivel de tensión o ausencia de tensión.

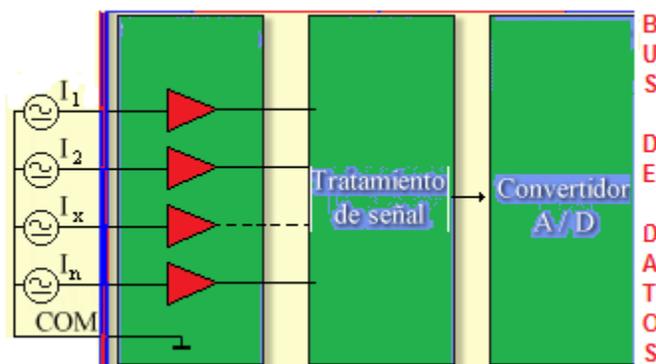


Fig. 2.6 Entradas Analógicas

Entradas analógicas: Son módulos destinados al tratamiento de una magnitud analógica (tensión o corriente) que corresponde a la medida de una magnitud física (temperatura, caudal, presión, etc.). Puesto que el PLC trabaja con señales digitales, será necesario hacer una conversión A/D dentro del modulo de entrada.

### 2.2.1.2 Unidad central de procesos (CPU)

Se puede decir que es la parte inteligente del sistema; interpreta las instrucciones del programa de usuario y consulta el estado de las entradas. Dependiendo de dichos estado y del programa, ordena la activación de las salidas deseadas. La CPU esta constituida por los siguientes componentes:

- Memoria.
- Procesador.
- Circuitos auxiliares.

## MEMORIA

Es todo aquel dispositivo que permita almacenar información en forma de bits (ceros y unos). Dentro del PLC, se distinguen varios tipos de memoria (Ver tabla 2.2).

- a) Memoria RAM
- b) Memoria ROM
- c) Memoria PROM
- d) Memoria EPROM
- e) Memoria EEPROM

Tabla 2.2 Tipos de memoria

Tipo de memoria	Borrado	Programación	Al desconectar la alimentación de la red, la memoria
RAM Random Access Memory Memoria Lectura – escritura.	Eléctricamente	Eléctricamente	Volátil
ROM Read Only Memory Memoria solo lectura.	Imposible	Por mascarar en fabrica	No volátil
PROM Programable ROM Memoria fija programable.		Eléctricamente	
EPROM Erasable PROM Memoria fija borrable.			
EEPROM Electrically EEPROM Memoria fija reprogramable eléctricamente	Eléctricamente		

A continuación se describen brevemente cada uno de ellos.

### **a) MEMORIA RAM**

La memoria RAM se utiliza para almacenar programas y datos. Se puede leer y escribir información en ella, mediante los oportunos programas y por ello es denominada memoria de lectura-escritura. Los procesos de lectura escritura pueden realizarse por procedimiento eléctrico, pero su información desaparece al faltar la energía eléctrica. Las memorias RAM se utilizan principalmente como memorias de datos internos, y únicamente como memorias de programa en el caso de que pueda asegurarse el mantenimiento de los datos con una batería externa o tampón.

### **b) MEMORIA ROM**

En esta memoria solo se puede leer el contenido pero no se puede escribir en ella, los datos e instrucciones los graba el fabricante y el usuario no puede alterar su contenido. No es volátil y generalmente contiene información que se utiliza constantemente por el PLC.

### **c) MEMORIA PROM**

Es una memoria de solo lectura programable. Esta memoria viene sin programar (es decir, todos los bits están en "0" o en "1") y pueden ser programada de inmediato, pero no puede ser modificada posteriormente (no es volátil). También existe un tipo de memoria fija que no es programada en fábrica, si no que la programa el usuario (PROM: programmable read only memory).

### **d) MEMORIA EPROM**

Para borrar la información grabada en la memoria EPROM, es necesario ajustar a cero todas las posiciones BIT, todos los módulos EPROM necesitan tener una fuente de alta energía de radiación ultravioleta con un tiempo de radiación de aproximadamente 15 minutos durante los cuales la distancia a partir de la fuente de radiación es aproximadamente 25 centímetros y por eso la memoria EPROM tiene una ventaja de borrada en su parte superior. El dispositivo borrado de la memoria EPROM se diseño de tal modo que, bajo ninguna circunstancia o motivo existía la posibilidad de que el operador se vea afectado por la radiación de alta energía de la lámpara de borrado.

### **e) MEMORIA EEPROM**

Esta memoria se caracteriza por su rápido acceso de lectura. La memoria EEPROM cuenta con una línea llamada *ready/busy*, que significa listo, ocupado, negado, que se usa para indicar el fin de la escritura, una vez grabado puede permanecer así con esa información durante diez años y esta disponible con encapsulado plástico de 28 pines que serían líneas de un chip. El modo de escritura de la EEPROM es un circuito que se programa eléctricamente sin necesidad de borrar con luz ultravioleta como en la EPROM o mantener una batería como la RAM-CMOS. La EPROM es similar a la EEPROM excepto que se borra aplicando impulsos eléctricos al chip. Es por eso que un chip EEPROM es posible reprogramarlo desde el teclado mediante órdenes sin necesidad de quitar el chip de la computadora. En todo PLC, la unidad de control accede continuamente a la parte de memoria del sistema. Para una optimización del proceso, se organiza la memoria en tres áreas de trabajo específicas

### **PROCESADOR**

En los PLC's actuales, el procesador lo constituye una o varias placas de circuito impreso; en ellas, alrededor del chip microprocesador se agrupan una serie de circuitos integrados, principalmente memorias ROM en las que el fabricante ha grabado una serie de programas ejecutivos. Las operaciones que realiza el microprocesador se pueden agrupar en funciones lógicas, aritméticas y de control de información.

### **FUNCIONES DE LA CPU, CICLO BÁSICO DE TRABAJO**

En la memoria ROM del sistema, el fabricante ha grabado una serie de programas ejecutivos fijos (software del sistema). El microprocesador accede a estos programas para realizar las tareas ejecutivas que correspondan en función del momento en que trabaje. El software del sistema de un PLC consta de una serie de funciones básicas que se realizan en la conexión, durante la ejecución del programa y en la desconexión. Algunas de estas tareas de diagnóstico interna son:

- Supervisión y control del tiempo de ciclo.
- Comprobación de la integridad del programa.
- Comprobación de los elementos de entradas y salidas para detectar posibles fallos.
- Comprobación de la funcionalidad (operatividad) de las comunicaciones con los periféricos.

El ciclo básico de trabajo de trabajo de la CPU en la elaboración del programa es el siguiente: Antes de iniciar el ciclo de ejecución, el procesador consulta, a través del bus de datos, el estado "0" y "1" (ausencia o presencia de señal) de cada una de las entradas, almacenándolos en la memoria de imagen de entrada y manteniéndose durante todo el ciclo de programa; a continuación, el procesador accede y elabora las sucesivas instrucciones del programa, realizando las operaciones correspondientes y asignando determinados estados de señal sobre la memoria de imagen de salidas (Figura 2.7).



Fig. 2.7 La primera etapa del ciclo básico es consultar el estado de las entradas.

Al final del ciclo, una vez concluida la elaboración del programa, asigna los estados de la imagen de las salidas a las salidas reales, y de nuevo comienza el ciclo actualizándose la imagen de las entradas. La tarea se efectúa cíclicamente. (Ver figura 2.8).

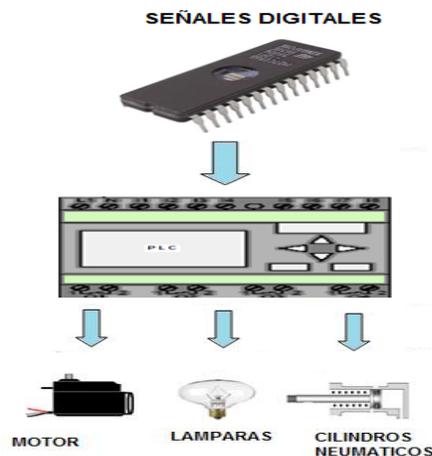


Fig. 2.8 El último paso es asignar valores a las salidas reales según el estado de la imagen de salida.

### 2.2.1.3 Sección de salidas

Esta sección descodifica las señales procedentes de la CPU, las amplifica, y activa con ellas los dispositivos de salida (Lámparas, bobinas de relés, contactores, electroválvulas, etc.). También protege los circuitos internos del PLC.

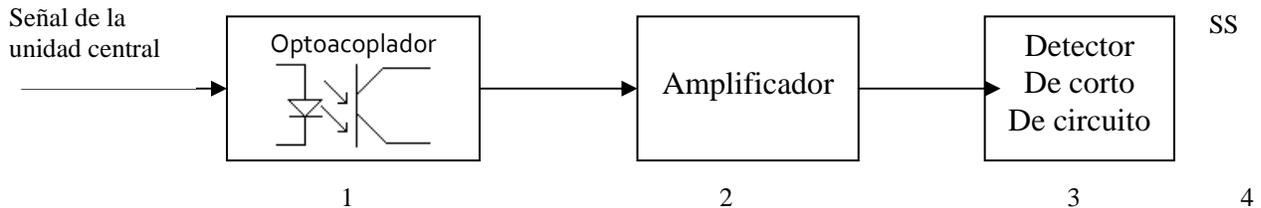


Fig. 2.9 Módulo de salida.

La unidad central transfiere señal del circuito interno de corriente al Opto acoplador (ver figura 2.9) (1). Esta señal es amplificada en el circuito externo de corriente (2), Los elementos conectados a la salida pudieran producir una corriente excesiva. Para evitar un daño mayor el detector de corto circuito (3) protege en cierta medida los componentes más delicados del PLC. Las señales de salida podrían ser amplificadas una segunda vez por dispositivos externos para satisfacer los requerimientos de determinados actuadores. En ellas se conectan los dispositivos de salida o actuadores. También disponen de LED's, que indican que la salida esta activada. Al igual que las entradas, pueden ser analógicas o digitales y dependiendo del tipo, mayor o menor será la complejidad del interfaz; dentro del módulo.

Además, existen otros elementos necesarios, como son (ver figura 2.10):

Unidad o fuente de alimentación.

- Unidad de programación.
- Periféricos
- Interfaces

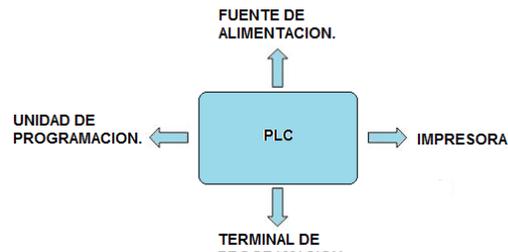


Fig. 2.10 Otros componentes

### 2.2.2 Fuente de alimentación

Adapta la tensión de la red a la que necesitan los circuitos electrónicos internos del PLC. La fuente de alimentación del PLC puede incluir una batería tampón para el mantenimiento de algunas posiciones de memoria cuando falta la alimentación.

### 2.2.3 Unidad de programación

Conjunto de medios hardwares y software mediante los cuales el programador introduce y depura sobre las secuencias de instrucciones (en uno u otro lenguaje) que constituye el programa a ejecutar.

### 2.2.4 Periféricos

Son aquellos elementos auxiliares que se unen al PLC para realizar una función específica y ampliar su campo de aplicación

### 2.2.5 Interfaces

Son aquellos circuitos que permiten el intercambio de señales entre la CPU y los elementos periféricos o la unidad de programación (Ver figura 2.11).

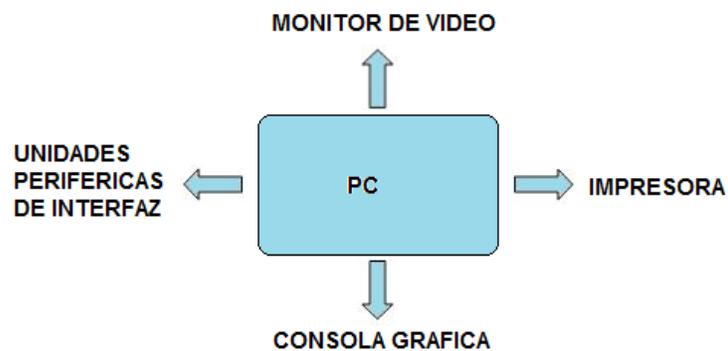


Fig. 2.11 Interfaces

### 2.2.6 Equipos de programación

La unidad de programación es el medio utilizado por el programador para grabar o introducir las instrucciones del programa en la memoria del usuario. las funciones principales del equipo de programación son las siguientes:

- Programación que comprende:
  - Introducción de instrucciones.
  - Modificación de un programa (borrado, inclusión y/o sobreescritura de instrucciones).
  - Búsqueda de instrucciones.
  - Detección de errores.
  - Visualización del programa.
  
- Documentación y archivos de programa.
  - En disquetes mediante PC
  
- Visualización y verificación dinámica del sistema.
  - Por medio de la monitorización de las variables de programa adecuadas, el operador podrá comprobar el correcto funcionamiento del proceso.

### **2.2.7 Funcionamiento**

Los PLC's son máquinas secuenciales, ejecutan sucesivamente las instrucciones del programa de usuario grabado en su memoria, modificando las señales de salida en base a las señales de entrada leídas. Este proceso se ejecuta cíclicamente para obtener un control actualizado del sistema, y se divide básicamente en tres pasos: (Ver figura 2.12).

- Lectura de señales desde el módulo de entradas.
- Ejecución del programa para obtener las señales de control (salidas reales).
- Escritura de señales en el módulo de salida.



Fig. 2.12 Proceso de funcionamiento del PLC

Para optimizar el tiempo, la lectura y escritura de señales se realizan a la vez para todas las entradas y salidas; entonces, las entradas leídas se guardan en una memoria temporal (imagen de entradas). A está acude la CPU en la ejecución del programa y, según se van obteniendo las salidas, se guardan en otra memoria temporal (imagen de salidas). Una vez ejecutado el programa completo, estas imágenes de las salidas se transfieren todas a un tiempo al módulo de salidas. Además, el PLC hace otras acciones para que el funcionamiento sea seguro, como los chequeos de memoria y CPU, verificación del perro guardián, etc. Otras funciones realizadas por el PLC para asegurar el óptimo funcionamiento del PLC. Toda esta serie de actuaciones se realiza periódicamente, determinándose un ciclo de operación que precisa de un tiempo para ejecutarse.

### 2.2.8 Ciclo de funcionamiento

El PLC funciona, exceptuando la fase inicial que sigue a un arranque o re arranque, de forma secuencial y cíclica; esto significa que las acciones se dan una tras otra, repitiéndose ininterrumpidamente mientras el autómata este bajo tensión (Ver figura 2.13).

Transcurrido el proceso inicial y si no se han detectado errores, el PLC pasa al ciclo de operación, que consta de las operaciones que se ejecutan cíclicamente. Este ciclo puede dividirse en tres partes:

- Procesos comunes.
- Ejecución.
- Entrada y salida de datos

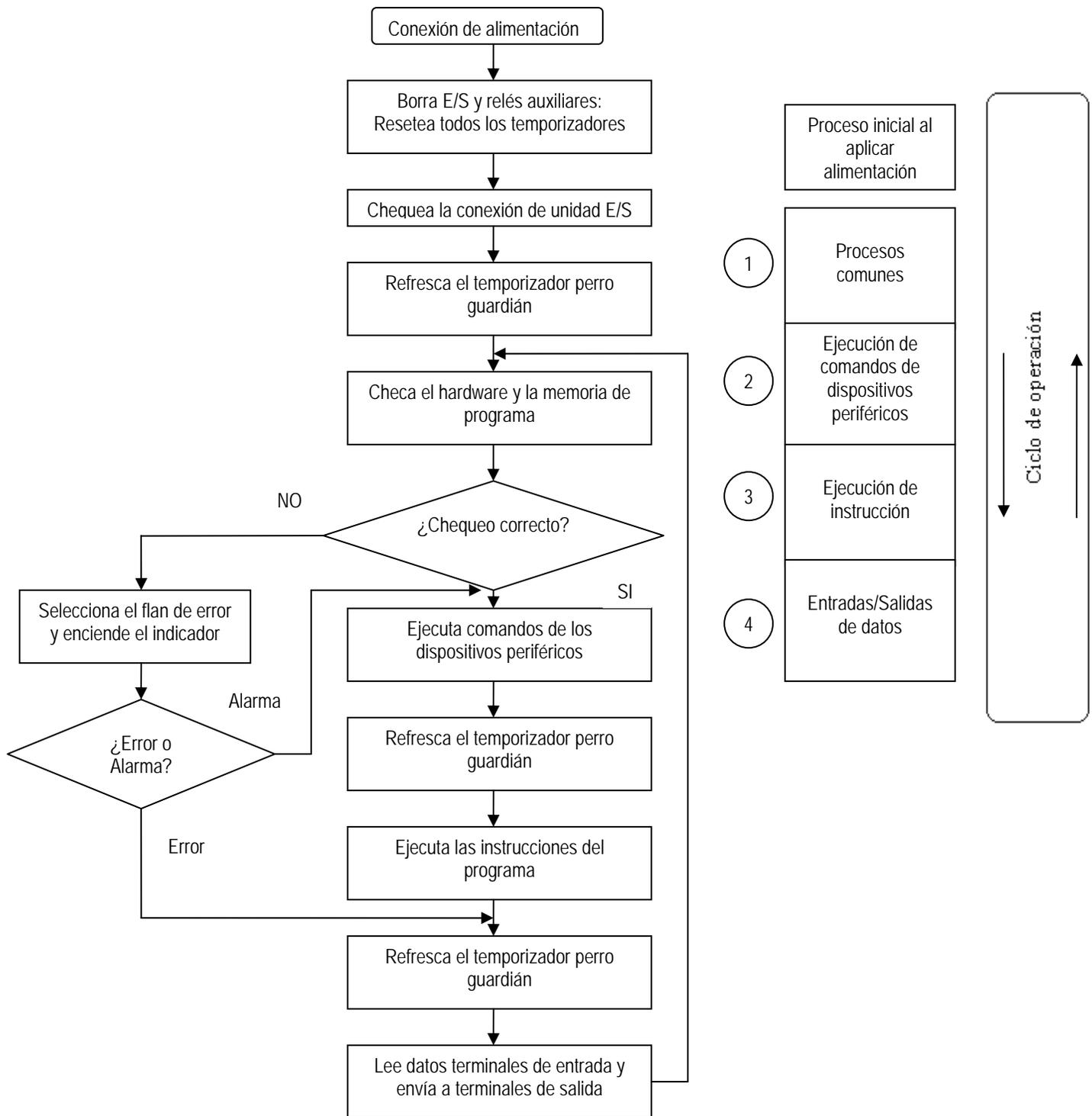


Fig. 2.13 Diagrama de bloques de secuencias de operaciones. (Blas, 2006).

## PROCESOS COMUNES

En esta parte se verifican las conexiones (hardware) y la memoria del programa, consiguiéndose proteger al programa contra:

- Errores físicos (conexiones inactivas, inexistencia de la memoria de programa, etc.)
- Errores sintácticos y gramaticales (error de programación, que hace que el programa no se pueda ejecutar).

Si durante el chequeo se localiza algún error, el PLC identifica el error y enciende el indicador correspondiente. Dependiendo del grado de riesgo del error, el proceso puede seguir por dos caminos:

- Si la importancia del error es relativamente pequeña, no afectando al desarrollo del ciclo, simplemente se enciende el indicador de alarma correspondiente, pero la ejecución del programa continua.
- Si el error puede afectar al desarrollo del ciclo, se enciende el indicador de alarma correspondiente y el funcionamiento se interrumpe en ese punto.

## **EJECUCIÓN**

Esta se divide a su vez en dos partes:

- Ejecución de los comandos de dispositivos periféricos. Esta fase se ejecuta si se encuentra pendiente alguna transferencia de datos en el exterior.
- Ejecución de instrucciones. Inicialmente se pone a cero el temporizador perro guardián para controlar el tiempo de ejecución del ciclo. Después se elaboran las órdenes de mando leyendo la imagen de las entradas y se cargan las salidas actualizadas en la imagen de las salidas.

Por último se reinicia el perro guardián para controlar el tiempo de las comprobaciones.

## **ENTRADA Y SALIDA DE DATOS**

En esta fase se consultan los estados de las entradas reales acumulándolos en la imagen de entradas, y se actualizan las salidas reales a partir de la imagen de salidas.

Los Anexos-A y B presenta más detalles acerca de la selección de PLCs así como diferentes criterios de selección, entre otros.

## 2.3 Marco Metodológico

La figura 2.15 presenta la metodología planteada para el desarrollo del presente proyecto de tesis.

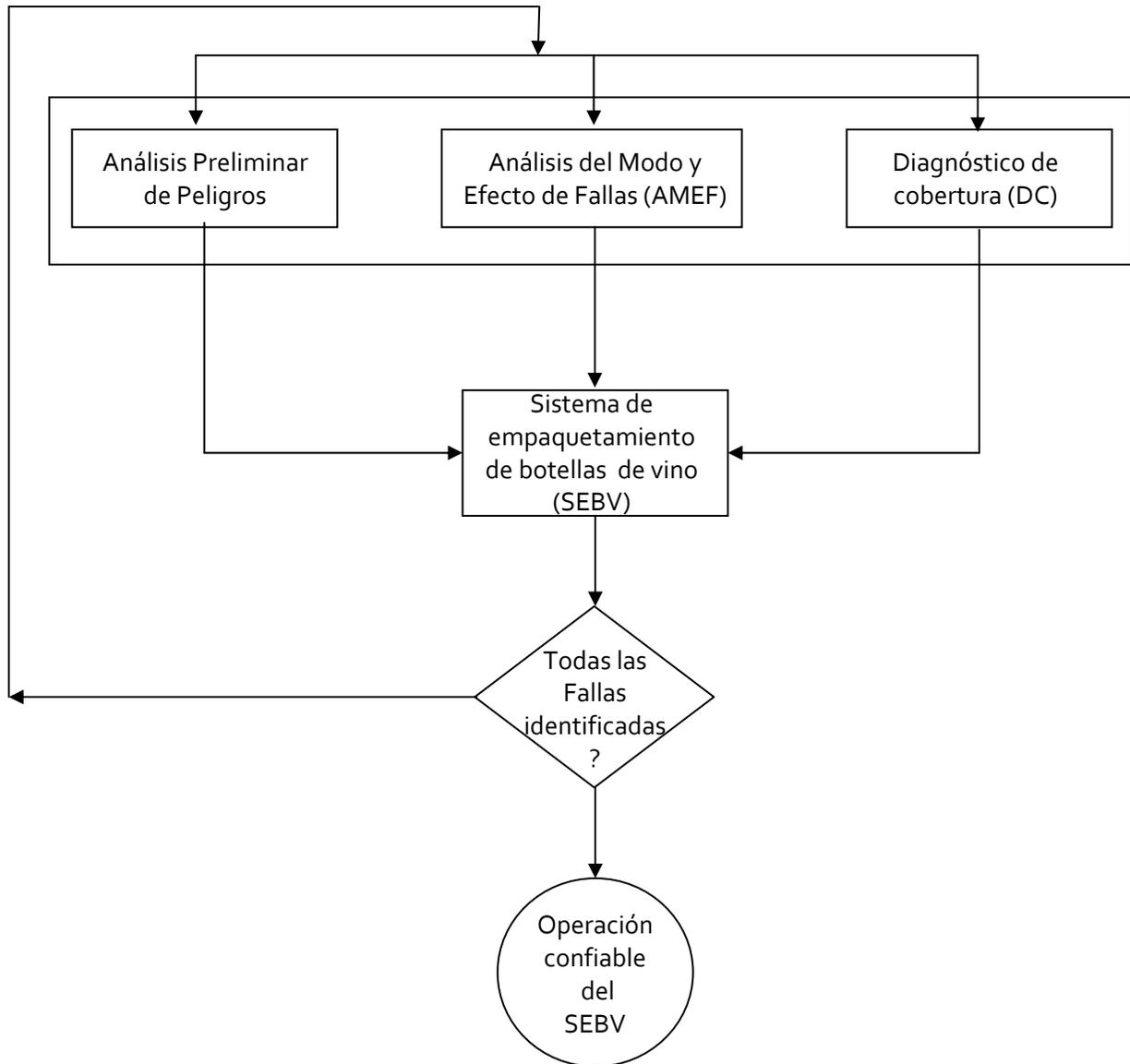


Fig. 2.14 Metodología para el desarrollo del proyecto.

### 2.3.1 Análisis preliminar de peligros (APP)

El Análisis Preliminar de Peligros (APP) fue el precursor de otros métodos de análisis más complejos y es utilizado únicamente en la fase de desarrollo de las instalaciones y para casos en los que no existen experiencias anteriores, sea del proceso, sea del tipo de implantación. El APP selecciona los productos peligrosos y los equipos principales de la planta. El APP se puede

considerar como una revisión de los puntos en los que pueda ser liberada energía de una forma incontrolada. Fundamentalmente, consiste en formular una lista de estos puntos con los peligros ligados a:

- Materias primas, productos intermedio o finales y su reactividad. Equipos de planta.
- Límites entre componentes de los sistemas.
- Entorno de los procesos.
- Operaciones (pruebas, mantenimiento, puesta en marcha, paradas, etc.).
- Instalaciones.
- Equipos de seguridad.

**Tabla 2.3** Tabla de resultados del APP

Riesgo	Causa	Consecuencia	Medidas preventivas o correctivas
Fuga tóxica	1) Pérdida en cilindro de almacenamiento	Peligro de muerte si la fuga es importante	a) Colocar sistemas de detección y alerta b) Minimizar la cantidad almacenada c) Desarrollar un procedimiento de inspección de los cilindros

Los resultados de este análisis incluyen recomendaciones para reducir o eliminar estos peligros. Estos resultados son siempre cualitativos, sin ningún tipo de priorización. La Tabla 2.3 muestra un ejemplo de este tipo de análisis. A título de ejemplo se incluye una parte de un APR de un posible almacenamiento de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) para utilización en proceso (ver tabla 2.3):

### 2.3.2 Factor de cobertura (C)

El diagnóstico de sistemas electrónicos es de gran importancia para la prevención de fallas y así garantizar la disponibilidad de los mismos cuando se requiera. Una medida de la capacidad de diagnóstico es conocida como *factor de cobertura (C)*, la cual ha sido definida como la probabilidad

de que la falla será detectada dado que la falla ha ocurrido; el rango de  $C$ , está dada de 0 a 1. Normalmente

Por otro lado, existen dos tipos de *factor de cobertura*; esto es: a) fallas seguras y b) fallas peligrosas. Aquí,  $C^S$  significa *factor de cobertura segura* y  $C^D$  *factor de cobertura peligrosa*.

Otro aspecto importante a considerar para el estudio de fallas es los relacionado con las técnicas de diagnóstico. Esto es, existen dos tipos de detección de fallas de los componentes de un sistema y esto son conocidos como: diagnósticos de referencia y de comparación. El diagnóstico de referencia se lleva a cabo con un único circuito y esta basado en las características específicas, tales como: el voltaje, corriente, secuencia de señales, temperatura, etc. Por otro lado, el diagnóstico por comparación, compara datos entre dos o mas sistemas o componentes; por ejemplo si una falla ocurre en un circuito, procesador o memoria, entonces habrá diferencias entre los datos cuando se comparen uno del otro.

El factor de cobertura ( $C$ ) para el diagnóstico de referencia varia con valores de entre 0.0 a 0.999.

El factor de cobertura para el diagnóstico por comparación varia entre 0.9 a 0.999.

Finalmente, el *diagnóstico de cobertura (DC)* está dada por la siguiente expresión:

$$DC = \frac{\sum \lambda_{DD}}{\sum \lambda_D} \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

Donde:

$\lambda_{DD}$  = índice de falla detectada

$\lambda_D$  = índice de falla total del componente o subsistema.

DC puede existir para todo el sistema o bien un componente; por ejemplo, DC puede existir para sensores, un sistema lógico, etc.

### 2.3.3 Análisis del Modo y Efecto de Falla (AMEF)

La metodología del análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) (FMEA, por sus siglas en inglés, Failure Mode and Effect Analysis), es una herramienta muy importante que ayuda a identificar los

modos y efectos de fallas en un producto o proceso; esto consecuentemente se refleja en la mejora de la confiabilidad del producto y/o proceso. En general, la aplicación del AMEF se ha vuelto una actividad de carácter obligada para garantizar que los productos funcionen adecuadamente en su periodo de vida útil. Por otro lado, la aplicación de dicha herramienta se ha hecho cada vez mas común en muchos otros campos con la finalidad de detectar fallas potenciales y prevenirlas, y de esa forma reducir los tiempos de ciclo, mejorar la eficiencia de procesos, entre otras cosas.

Es bien sabido que la frecuencia con que ocurren las fallas junto con su severidad son una medida de la confiabilidad de un sistema. Consecuentemente, mientras mayor sean éstas menor será la confiabilidad. De ésta manera al aplicar la metodología del AMEF, es con la idea de conocer mejor las debilidades (modos de falla potenciales) del producto o proceso y a partir de ahí generar soluciones a nivel proceso o rediseño de producto. Algunas de las actividades esenciales en el proceso de realización de un AMEF es, por ejemplo, la identificación y reexaminación de todas las formas posibles en que puedan ocurrir fallas de un producto o proceso; es decir identificar los modos potenciales de falla. La información obtenida con las diferentes actividades normalmente se organiza en un formato como el que se muestra en la Tabla 2.4.

**Tabla 2.4** Tabla de resultados del AMEF

Nombre	Código o Identificación	Función	Modo de falla	Causa de modo de falla	Efecto	Criticalidad	Índice de falla

Por ejemplo, El modo potencial de falla se puede considerar como la manera en que el sistema , proceso podría potencialmente fallar en el cumplimiento de requerimientos. Así que en esta etapa se deben anotar todos los modos potenciales de falla, sin tomar en cuenta la probabilidad de su ocurrencia. Una revisión de procesos similares, reportes de problemas de calidad y de las quejas de clientes, así como previos estudios de AMEF sobre componentes/sistemas similares es un buen punto de partida. Por ejemplo, los modos o formas de falla típicos son (ver tabla 2.5):

**Tabla 2.5** Ejemplos de modos de falla típicos

<b>Ejemplos</b>	<b>Ejemplos</b>
Sistema de control inadecuado	Abertura inadecuada
Velocidad incorrecta	Corto circuito
Daño por manejo	Falla del material
Herramental incorrecto	Herramienta desgastada
Lubricación inadecuada	Operación faltante
Medición inadecuada	Parte dañada
Fuera de tolerancia	Falta de lubricación
	Sobrecalentamiento

Por otro lado, los efectos de la falla potencial, se pueden definir como los efectos del modo de falla, este efecto negativo puede darse en el proceso mismo, sobre una operación posterior o el cliente final. De esta forma, suponiendo que la falla ha ocurrido, en esta etapa se deben describir todos los efectos potenciales de los modos de falla señalados en el paso previo. La Tabla 2.6 presenta algunos ejemplos de los efectos potenciales de falla, desde la perspectiva del consumidor del producto:

**Tabla 2.6** Ejemplos de los efectos de falla potenciales

<b>Ejemplos</b>	<b>Ejemplos</b>
El producto no funciona	No abrocha
Eficiencia final reducida	Pone en peligro a operadores
Áspero	No se puede taladrar
Calentamiento excesivo	No ensambla
Ruido	No se puede montar
Olor desagradable	No se puede conectar
Inestabilidad	
Mala apariencia	

Mientras que desde la óptica de una operación posterior, algunos efectos potenciales típicos son (ver lado derecho de la tabla). Por otro lado, las causas o mecanismos de la falla potencial (mecanismo de falla); se puede argumentar que causa de falla es la manera como podría ocurrir la falla. En esta etapa se puede hacer una lista de todas las posibles causas para cada modo potencial de falla. En el contexto de la tabla 2.6 (indicada anteriormente), cada causa podría ocupar un renglón. Es importante asegurarse de que la lista sea lo mas completa posible (ver tabla 2.7):

**Tabla 2.7** Ejemplos de causas típicas de falla

Ejemplos	Ejemplos
Herramienta dañada	Abertura inadecuada
Parte dañada	Capacidad excedida
Preparación inadecuada	Operación faltante
Sobrecalentamiento	Daño por manejo
Velocidad incorrecta	Sistema de control inadecuado
Medición inexacta	Falla de material
Falta lubricación	Herramienta desgastada
Herramental incorrecto	Lubricación inadecuada

## 2.4 Conclusiones del Capitulo

Este Capítulo presentó algunos aspectos del marco teórico y metodológico para el desarrollo del presente proyecto de tesis. Cabe mencionar que dada la complejidad de la teoría de automatización de procesos, el Capítulo presentó solamente algunos aspectos teóricos relevantes de los PLCs. Sin embargo, se hace notar que los Capítulos 3, 4 y los Anexos-A yB presentan más detalles de la funcionalidad y operación del PLCs y otros componentes del SEBV. También se presentó la metodología propuesta para este trabajo de tesis.

La descripción del SEBV se presenta en el siguiente Capítulo.

---

## Sistema de Empaquetamiento de Botellas de Vino

En este capítulo, se presenta una breve descripción del Sistema de Empaquetamiento de Botellas de Vino (SEBV). La sección 3.1 presenta la descripción del SEBV. Las conclusiones del capítulo se presentan en la sección 3.2.

### 3.1 SEBV

En el primer Capítulo y en la referencia (Blas, 2006) se describe el proceso de la vinificación desde la obtención de la materia prima, pasando por el destilado y embotellado y finalmente al empaquetado de las botellas de vino en cajas de cartón; es en este punto donde encontramos problemas y fue donde se propuso la modernización del sistema (Blas, 2006). Una vez que el vino es obtenido sigue el paso de embotellar utilizando una máquina, la cuál a la salida además se encarga de poner la tapa (corcho) y de ahí las botellas siguen su camino en fila hasta llegar a una máquina que se encarga de acomodarlas y ponerlas dentro de las cajas de cartón. Esta máquina no cierra las cajas solo acomoda las botellas en dichas cajas, por lo que de ahí las botellas colocadas dentro de las cajas siguen un camino llegando a otra máquina que es la encargada de cerrar las cajas para que de ahí salgan al embarque para su venta.

El sistema cuenta actualmente con los siguientes componentes (ver figura 3.1):

- Microswitch: Este componente es utilizado como elemento de seguridad y esta colocado en el gabinete en donde esta instalado el control.
- Botones pulsadores N.A. y N.C.: Para poner en operación rodillos y bandas.



Fig.3.1. SEBV con equipo electromecánico. (Blas, 2006).

- Relevadores de control: Para amplificar la señal y poner en operación los demás componentes.
- Interruptores fin de carrera: Para detectar cuando están las condiciones de entrada que se describirán en el funcionamiento.
- Relevadores de tiempo: Se utilizan 3 de retardo a la desconexión y uno de retardo a la conexión.
- Motores: Son los encargados de proporcionar movimiento a las bandas y rodillos.
- Cilindros de simple efecto: Esta máquina utiliza 2 cilindros de simple efecto vástago extendido, uno está encargado de permitir el acceso a las cajas y otro de doblar un ceja de la caja en proceso de sellado.

El funcionamiento del SEBV es el siguiente:

Es necesario poner en operación una banda transportadora y rodillos. Una vez puesto en operación, dos interruptores de fin de carrera uno detecta la presencia de la caja y otro detecta la presencia de un embrague que se encarga de tirar de la caja, detectando ambas presencias, un cilindro es retraído su vástago y permite el paso de la caja (una a la vez) después la caja llega a cierto punto en donde en pieza a doblarse la primer tapa lateral y otro interruptor de fin de carrera detecta la caja y al mismo tiempo un cilindro de simple efecto vástago extendido retrae su vástago y este esta acoplado a una mecánica que dobla a la segunda tapa lateral, la caja sigue su camino y por una varillas estáticas son dobladas las tapas frontales al mismo tiempo, antes de que las cuatro tapas sean dobladas es aventado resistol sobre las tapas frontales para que se peguen las tapas, la caja sigue su camino y pasa dentro de una placa que hace que toda la caja quede bajo presión para que se queden pegadas las tapas. El Anexo-C presenta más detalles del funcionamiento de la máquina.

### **3.1.1 Entradas del SEBV**

En la tecnología de procesos de sistemas automatizados se combinan diferentes especialidades (neumática, electricidad, electrónica, mecánica, hidráulica etc.) por lo cual es indispensable hablar de un lenguaje común, por ello existen términos que se manejan de igual forma en las distintas especialidades. Cada especialidad es un sistema que tiene sus propios elementos y estos a su vez interactúan haciendo a si una función para una necesidad. para el presente sistema, existen diferentes sistemas (ver figura 3.2):

- Electrónicos
- Neumáticos
- Eléctricos,
- Mecánicos,
- etc.

Estos a su vez en combinación pueden operar en conjunto en un solo sistema al cual lo denominamos **sistema automatizado**. En nuestro caso nos enfocaremos en la empaquetadora de botellas de vino automatizada el cual a continuación describiré cada uno de los subsistemas.

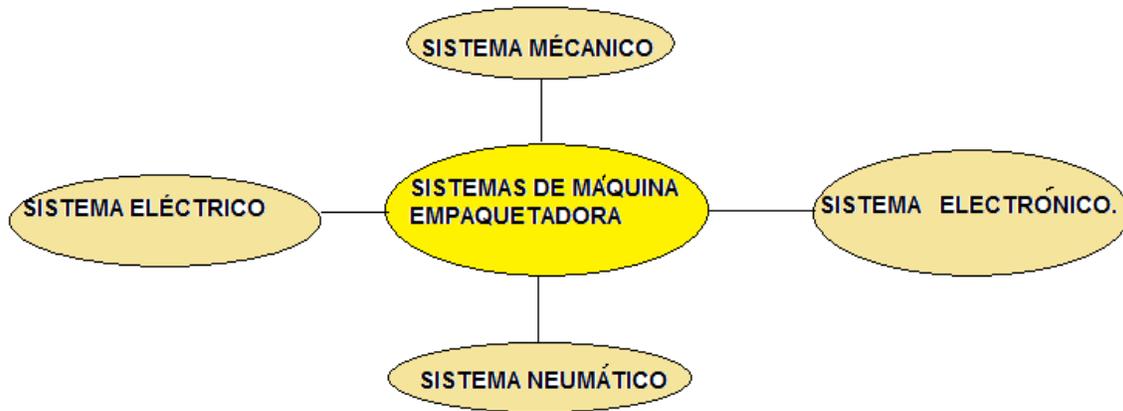


Fig. 3.2 SEBV (Blas, 2006)

### 3.1.1.1 Descripción y operación del sistema eléctrico del SEBV

En nuestro sistema eléctrico de la maquina empaquetadora de botellas de vino como se menciona en Blas (2006), el sistema es diseñado por elementos de mando, básicos, de salida y auxiliares los cuales son elementos eléctricos de control para arrancadores. (Ver figura 3.3).

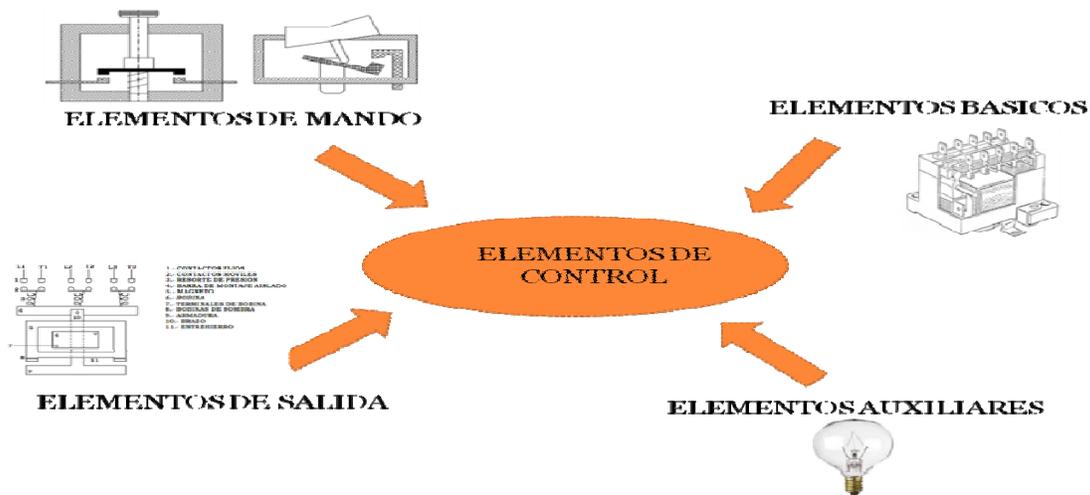


Fig. 3.3 Elementos de Control. (Blas, 2006).

Fundamentalmente, estos son los **elementos eléctricos** de control del sistema Automatizado de empaquetado de botellas de vino que encontramos. Cabe mencionar que hay otros elementos como son caimanes, conductor AWG calibre 12 de un polo, interruptor cola de rata, fusible 10 A, breake de 15 ampere, lamparas indicadores de de 15 watts, OLS'S . El sistema eléctrico tiene un subministro de energía eléctrica de alimentación trifásica de corriente alterna, 220 volts, y 24 volts de corriente directa.

### **3.1.1.2 Descripción del diagrama de control eléctrico del SEBV**

Fundamentalmente en la realización de la lógica del diagrama de control es la parte fundamental para la automatización de la maquina ya que de no realizarse adecuadamente provocaría un mal diseño o mal funcionamiento del sistema, a si como una maquina con deficiencias y fallas continuas. A continuación se mencionara bajo que principios se realizo el diagrama eléctrico, fundamentalmente en el control eléctrico de la maquina empaquetadora controla como salidas, motores y cilindros neumáticos. Esto quiere decir que usa la Electro -neumática. Por consiguiente describiremos ejemplos de cómo se obtuvo el diagrama enfocado a las salidas Neumáticas y eléctricas. El diagrama está diseñado en el sistema Ingles ANSI (El Instituto Nacional de Normalización Estadounidense) que generalmente es para el control electromecánico en su mayoría control de motores.

El Instituto Nacional de Normalización Estadounidense (ANSI por su sigla en inglés) es una organización privada sin fines lucrativos que administra y coordina la normalización voluntaria y las actividades relacionadas a la evaluación de conformidad en los Estados Unidos. La misión del Instituto es mejorar tanto la competitividad mundial de las empresas estadounidenses, así como la calidad de vida estadounidense, promoviendo y facilitando normas voluntarias de consenso y sistemas de evaluación de conformidad, y protegiendo su integridad. ANSI es el representante oficial de los EEUU en el International Accreditation Forum (IAF), en la International Organization for Standardization (ISO) y, a través del U.S. National Committee, en la International Electrotechnical Commission (IEC). ANSI también es el miembro representante de los EEUU en el Pacific Área Standards Congress (PASC) y en la Pan American Standards Commission (COPANT).

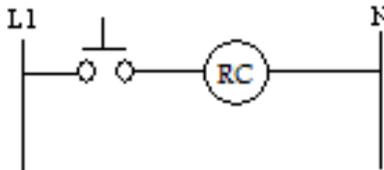
## CIRCUITOS BÁSICOS (CONTROL ELECTRICO)

### a) Motor de inducción jaula de ardilla (ver figura 3.4 y tabla 3.1 )

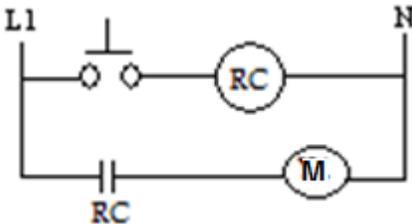
1.- Un motor trifásico ha de arrancar al ser accionado de un botón pulsador. Al soltar el pulsador, el motor ha de parar.

#### Diagrama de control eléctrico.

Primera parte de alambrado



Segunda parte de alambrado



#### Diagrama de Fuerza eléctrico

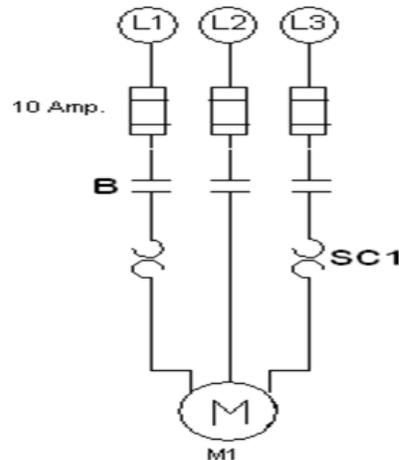


Fig. 3.4 Diagramas eléctricos de un motor Jaula de Ardilla. (Blas, 2006).

Tabla 3.1 Descripción y etapas de diseño del diagrama (Blas, 2006).

ETAPAS DE DISEÑO DE DIAGRAMA	DESCRIPCION
Primera parte de alambrado	La alimentación es de 127 volts que es las L1, al pulsar BA energiza la bobina de relevador de control RC.
Segunda parte de alambrado	Al cerrar el contacto RC este energiza la bobina del contactor M y arranca el motor. Pero si suelto el botón para el motor al instante.

Nota: La descripción del diagrama eléctrico mencionado solo es para el control eléctrico esta generalmente cambia de acuerdo a la lógica o control que se requiera para un sistema, el

diagrama de fuerza siempre es conectado de la misma forma siempre y cuando sea trifásico. En el diagrama de fuerza va un contactor (elemento de salida) el cual este ya va acoplado directamente con el motor y este a su vez está protegido por unos fusibles de 10 Amperes ante un corto circuito.

**b) Circuito de autorretención (control de arranque y paro de un motor trifásico)**

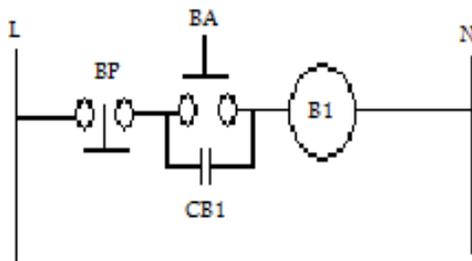
Los circuitos de autorretención es cuando las señales eléctricas han de quedar memorizadas y con esto pueden emplearse contactores.

2.-Un motor trifásico ha de arrancar al ser accionado de un botón pulsador BA queda excitado el relé B1 y conmuta.

Para que al soltar el botón pulsador BA permanezca atraído el relé, ha de quedar conectado, en paralelo un contacto abierto de CB1 con BA. Por esta conexión en paralelo se logra que al soltar el pulsador BA no quede desactivado el relé B1. Al pulsar un botón de paro BP, el motor para instantáneamente. (ver figura 3.5 y tabla 3.2).

**Diagrama de control eléctrico.**

Primera parte de alambrado.



**Diagrama de control eléctrico**

Segunda parte de alambrado

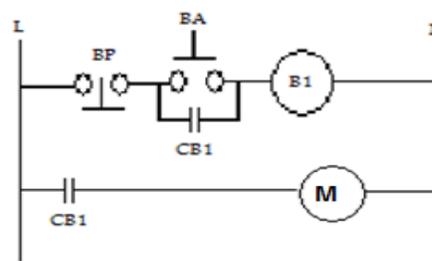


Fig. 3.5 Diagramas eléctricos de un motor trifásico. (Blas, 2006).

Tabla 3.2 Descripción y etapas de diseño del diagrama. (Blas, 2006).

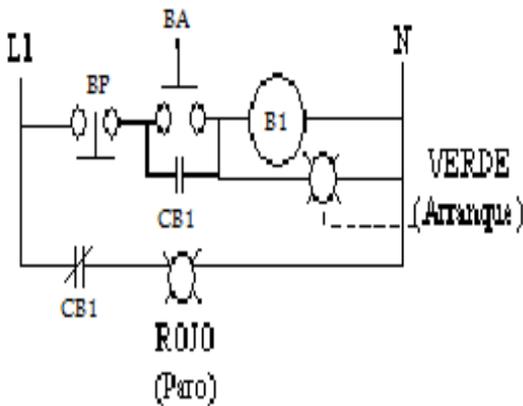
ETAPAS DE DISEÑO DE DIAGRAMA	DESCRIPCION
Primera parte de alambrado	La alimentación es de 127 volts que es las L, al pulsar BA energiza la bobina de relevador de control B1 y esta queda enclavado por el contacto CB1
Segunda parte de alambrado	Al cerrar el contacto CB1 este energiza la bobina del contactor M y arranca el motor. Al pulsar BP el motor para al instante.

c) Control de arranque y paro de un motor trifásico con lámparas indicadoras (Circuito de autorretención).

3.- Al energizar el sistema la lámpara roja ha de estar encendida indicando que el motor esta en stop.

Diagrama de control.

Primera parte del alambrado



segunda parte del alambrado

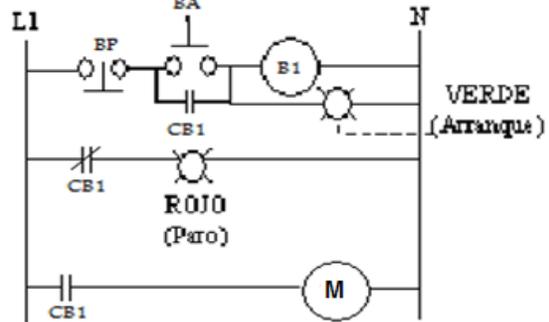


Fig. 3.6 Diagramas eléctricos de un motor trifásico con lámparas indicadoras. (Blas, 2006).

El motor ha de arrancar al ser accionado de un botón pulsador BA queda excitado el relé B1 y conmuta la lámpara verde. Para que al soltar el botón pulsador BA permanezca atraído el relé y encendido la lámpara indicadora verde, ha de quedar conectado, en paralelo un contacto abierto

de CB1 con BA. Por esta conexión en paralelo se logra que al soltar el pulsador BA no quede desactivado el relé B1 y la lámpara indicadora. Al pulsar un botón de paro BP, el motor ha de parar y la lámpara verde a de apagarse y volver a encender la lámpara roja. Ver figura 3.6 y tabla 3.3.

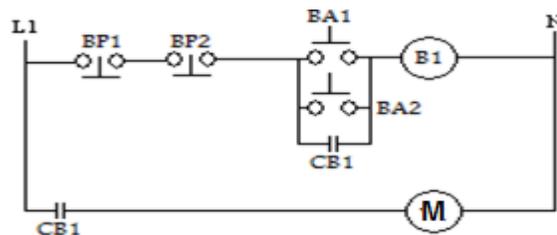
**Tabla 3.3** Descripción y etapas de diseño del diagrama. (Blas, 2006).

ETAPAS DE DISEÑO DE DIAGRAMA	DESCRIPCION
Primera parte de alambrado	La alimentación es de 127 volts que es las L1, al pulsar BA energiza la bobina de relevador de control b1, apagándose la lámpara roja que de inicio esta con intensidad luminosa, y prendiéndose la lámpara verde.
Segunda parte de alambrado	Al pulsar BP se apaga el motor y la lámpara verde y prende la lámpara roja.

Nota: Las lámparas indicadoras en los sistemas automatizados Industriales son necesarios en los tableros de control ya que estas nos indican cuando un equipo está activo o apagado.

**d) Control de arranque y paro de un motor trifásico desde puntos diferentes (Circuito de autorretención)**

4.- Un motor ha de ser accionado de cualquiera de los dos puntos diferentes con botones pulsadores BA1 Y BA2.



**Fig. 3.7** Diagramas eléctricos de un motor trifásico desde puntos diferentes. (Blas, 2006).

Al pulsar un botón de paro BP1 o bien BP2, el motor para instantáneamente.

**e) Sistemas de seguridad al accionar o parar un sistema eléctrico (Circuito de autorretención)**

5.- Un motor ha de ser accionado forzosamente por dos botones pulsadores de arranque BA1 Y BA2. Al pulsar un botón de paro BP1, el embolo ha de parar instantáneamente. Ver figura 3.8.

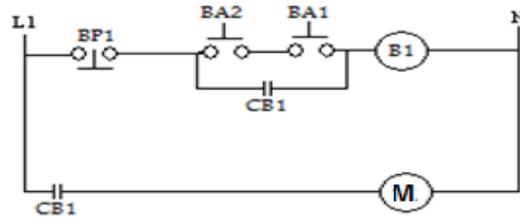


Fig. 3.8 Sistema de autorretención. (Blas, 2006).

6.- Un motor ha de ser accionado por un botón pulsador de arranque BA1. El paro se da únicamente al pulsar dos botones de paro al mismo tiempo BP1 y BP2, el paro es instantáneamente.

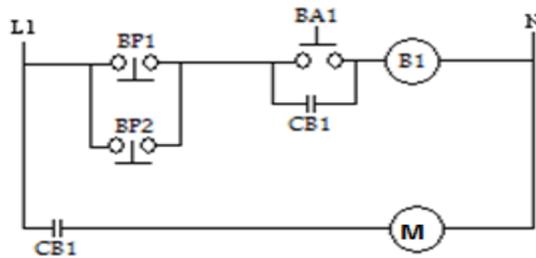


Fig. 3.9 Paro con 2 botones al mismo tiempo. (Blas, 2006).

7.- Un motor ha de ser accionado por un botón pulsador de arranque BA pero para ello es necesario antes cerrar el circuito mediante un interruptor selector.

El paro se da al pulsar un botón de paro BP, el motor para instantáneamente. Ver figura 3.10.

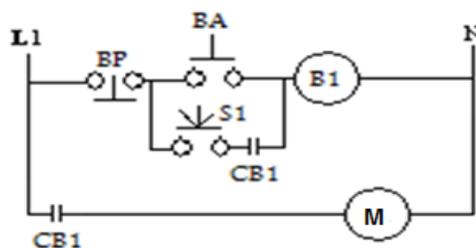


Fig. 3.10 Arranque de motor mediante interruptor selector. (Blas, 2006).

Finalmente la parte de diseño del diagrama de control eléctrico que se usa para la maquina empaquetadora es la siguiente. Donde se usa dos botones de paro BP de dos puntos diferentes, dos botones de arranque momentáneo de seguridad por BA, BA2 y un interruptor selector de seguro S1. Ver figuras 3.11 y 3.12.

Primera parte del diagrama de control eléctrico.

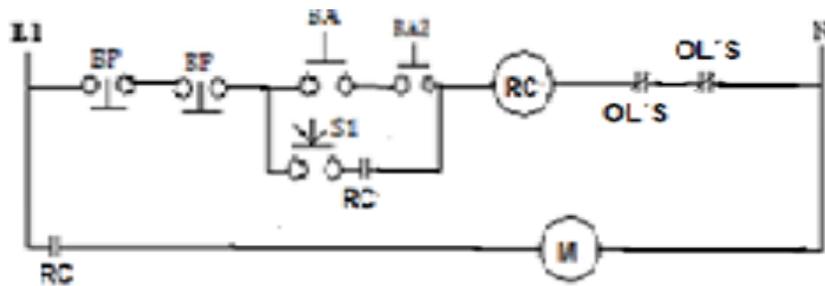


Fig. 3.11 Paro con 2 botones de puntos diferentes. (Blas, 2006).

Segunda parte del diagrama de control eléctrico.

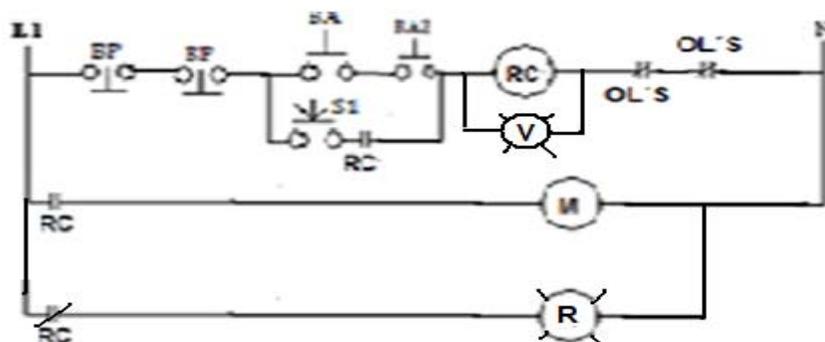


Fig. 3.12 Paro con 2 botones de puntos diferentes. (Blas, 2006).

Tabla 3.4 Descripción y etapas de diseño del diagrama. (Blas, 2006).

ETAPAS DE DISEÑO DE DIAGRAMA	DESCRIPCION
Primera parte de alambrado	<p>La alimentación es de 127 volts el cual el subministro de energía eléctrica es L1, el sistema funciona al cerrar el interruptor selector S1, este último es un seguro para que pueda iniciar el sistema, al pulsar momentáneamente los botones BA, BA2 (el hecho de pulsar ambos botones al mismo tiempo es otro punto seguro para el arranque del la maquina), energiza la bobina del relevador de control RC, y esta queda auto retenido o enclavado por el contacto abierto del mismo relevador RC.</p> <p>El sistema cuenta con dos botones de paros de emergencia de dos puntos diferentes y con dos elementos de protección contra sobrecargas en caso de una carga eléctrica al sistema, protegiendo a si al sistema de control.</p>
Segunda parte de alambrado	<p>El sistema cuenta con lámparas indicadoras, los cual son elementos auxiliares que nos indican si el motor está en función o apagado.</p>

### 3.1.1.3 Descripción y operación del sistema neumático del SEBV

En nuestro sistema Neumático de la maquina empaquetadora de botellas de vino como se menciona en el capitulo tres el sistema es diseñado por elementos de mando, básicos, de salida y auxiliares los cuales son elementos eléctricos de control Neumáticos.

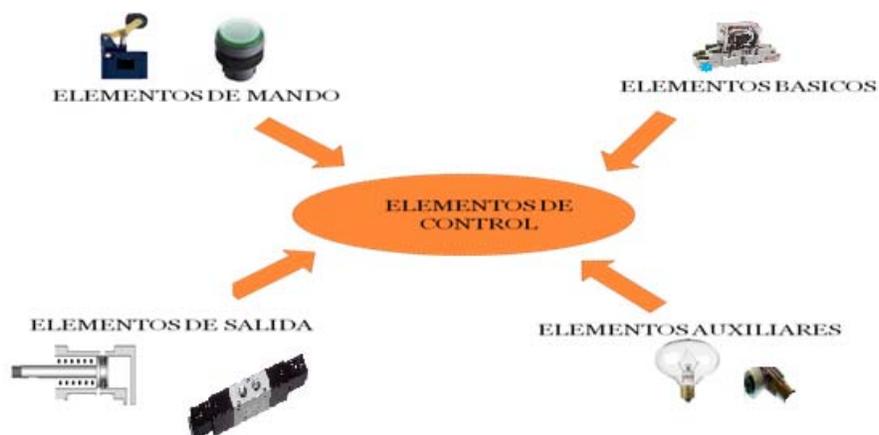


Fig. 3.13 Elementos de Control. (Blas, 2006).

Fundamentalmente estos son los **elementos electricos** de control del sistema Automatizado de empaquetado de botellas de vino que encontramos. Cabe mencionar que hay otros elementos como son mangueras, conductor AWG calibre 12 de un polo, botones pulsadores, conectores, valvula estranguladora, lamparas indicadores de de 15 watts, compresora, unidad de mantenimiento. El sistema eléctrico tiene un suministro de 24 volts de corriente directa. Esta última se obtiene por una fuente fija de poder para el cambio de corriente alterna a directa.

Cabe mencionar que en el sistema neumático que usamos es regido por la normas DIN por lo cual nuestro diagrama neumático de nuestra maquina será regido por estas normas DIN: En español significa Instituto Alemán de Normalización. La DIN es un organismo nacional de normalización del país Alemán. Elabora, en equipo con el comercio, la industria, la ciencia, los consumidores e instituciones públicas, estándares técnicos (normas) para la racionalización y el aseguramiento de la calidad. Básicamente la maquina empaquetadora su proceso funciona de la siguiente manera. Ver figura 3.14 y tabla 3.5.



Fig. 3.14 Esquema básico de un sistema neumático. (Blas, 2006).

Tabla 3.5 Sistema Neumático. (Blas, 2006).

El sistema Neumático	
1.	El <b>compresor</b> básicamente aspira aire atmosférico, elevando o aumentando su presión y generando aire comprimido.
2.	El aire alimenta el resto de la instalación a través de un conjunto de <b>Mangueras</b> diseñadas para tal fin.
3.	La circulación del aire comprimido se controla a través de un conjunto de <b>válvulas</b> .
4.	Las válvulas regulan el funcionamiento de los <b>actuadores</b> , en los que se

transforma la energía acumulada por el aire comprimido en energía mecánica.

La maquina empaquetadora cuenta con un **compresor** que tiene la característica de una tapa: Consta de un cilindro cuyo embolo se mueven de forma alternativa por medio de un mecanismo biela –manivela similar al de un motor de explosión teniendo una válvula de aspiración y una de escape de salida que emite o entrega aire.

#### **3.1.1.4 Elemento de tratamiento del aire comprimido para el SEBV**

Este sistema de conexión a la maquina compresora se somete al aire comprimido a una operación de acondicionamiento el cual está compuesta por un filtro, regulador de presión y lubricador. Estos elementos juntos forman una **Unidad de Mantenimiento**.

**Filtro:** Tiene como misión depurar el aire comprimido, eliminando partículas de polvo y de vapor de agua los cuales si no se eliminan, deterioran todos los elementos desde la tubería hasta el compresor.

**Regulador de Presiona:** El nivel del aire comprimido que genera el compresor no se mantiene constante, por lo cual las oscilaciones de presión en las tuberías y en los aparatos de consumo son peligrosas, y con el regulador se mantiene constante la presión y se obtiene mejor rendimiento es decir deja pasar el aire según la variación de presión.

**Lubricador:** Lubrica elementos de mecanismos móviles, Y lo hace lubricando el aire comprimido.

La **red de distribución** de la maquina empaquetadora está compuesta por mangueras de diámetro adecuado que conducen el aire comprimido, con las menores perdidas posibles, hasta los punto de consumo y están unidos por conectores.

#### **ELEMENTO DE TRABAJO**

**Cilindro de doble efecto:** Este elemento mecánico dispone de dos tomas de aire comprimido situadas a ambos lados del embolo el cual este elemento móvil (émbolo) se encuentra en el interior del cilindro. Este al dar aire a la cámara el vástago del cilindro según por donde penetre el aire, da el avance del embolo y sigue un sentido determinado.

## ELEMENTOS DE CONTROL DEL SISTEMA NEUMÁTICO

Para el control de los órganos de trabajo (Cilindros) es importante disponer de elementos que realicen las funciones de mando (Puesta en marcha, paro, retroceso, avance rápido), estos elementos de control son válvulas en el caso de la maquina empaquetadora electroválvulas. Estos elementos ejercen influencia sobre el fluido comprimido controlando a si la energía que se trasmite por el circuito eléctrico a neumático.

En la figura 3.15 muestra un circuito neumático donde es un cilindro de doble efecto neumático controlado por una electroválvula 5/2, el circuito también nos indica que este tiene un subministro de aire comprimido el cual es generado por una compresora y esta su vez tiene una unidad de mantenimiento que consta de un filtró y lubricante purificando a si el aire que mueve el vástago del cilindro su elemento de control es eléctrico.

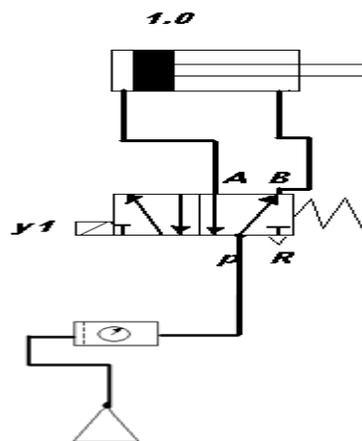


Fig. 3.15 Circuito Neumático controlado por señal eléctrica. (Blas, 2006).

A continuación se muestra el circuito Neumático de la maquina empaquetadora; ver figura 3.16.

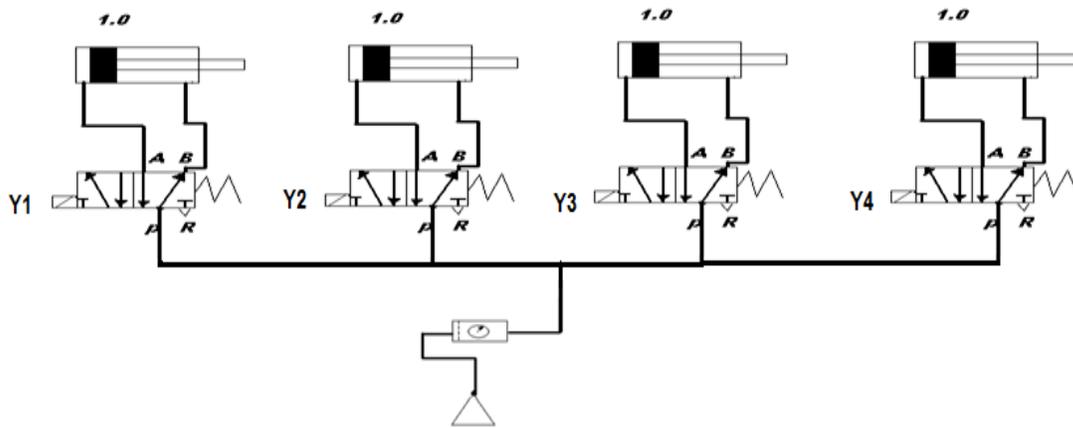


Fig. 3.16 Circuito Neumático de la Máquina empaquetadora. (Blas, 2006).

#### 4.3.1.5 Los elementos de control del sistema neumático son eléctricos

La máquina empaquetadora es cuenta con un sistema electro-neumático es decir tiene las entradas por señales eléctricas de control y salida neumática. Ver figura 3.17.

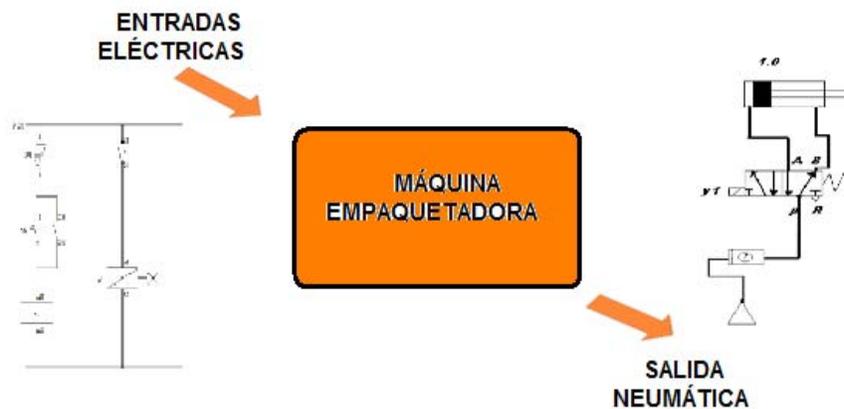
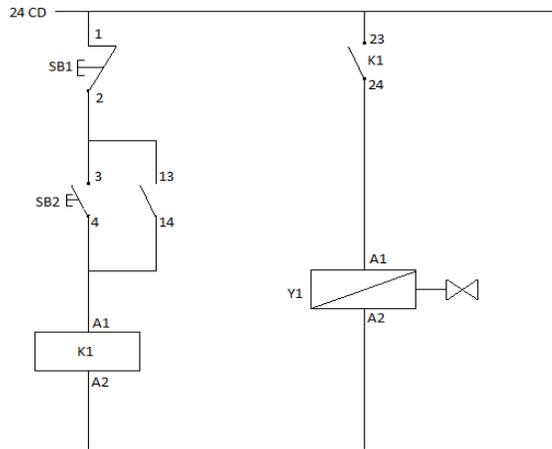


Fig. 3.17 Entradas y Salidas. (Blas, 2006).

En el siguiente diagrama se muestra el control electro-neumático cabe mencionar que la forma de control es diseñado de la misma forma que los diagramas de escalera por la ANSI o sistema Americano solo que en este sistema es Europeo es decir la DIN. Ver figura 3.18.



**Fig. 3.18** Sistema americano. (Blas, 2006).

El vástago de un cilindro de doble efecto ha de salir al ser accionado de un botón pulsador SB2 queda excitado el relé k1 y conmuta. Para que al soltar el botón pulsador k1 permanezca atraído el relé, ha de quedar conectado, en paralelo un contacto abierto de k1 con SB2.

Por esta conexión en paralelo se logra que al soltar el pulsador SB2 no quede desactivado el relé K1.

Al pulsar un botón de paro SB1, el embolo ha de regresar a la posición inicial. Este es el principio básico del diseño de control de nuestra maquina ya que de él deriva la lógica para el funcionamiento de este.

En este diagrama se muestra el avance más claro de cómo activa el tapado de las cajas en el control de la empaquetadora de vinos. Ver figura 3.19 y tablas 3.6 y 3.7.

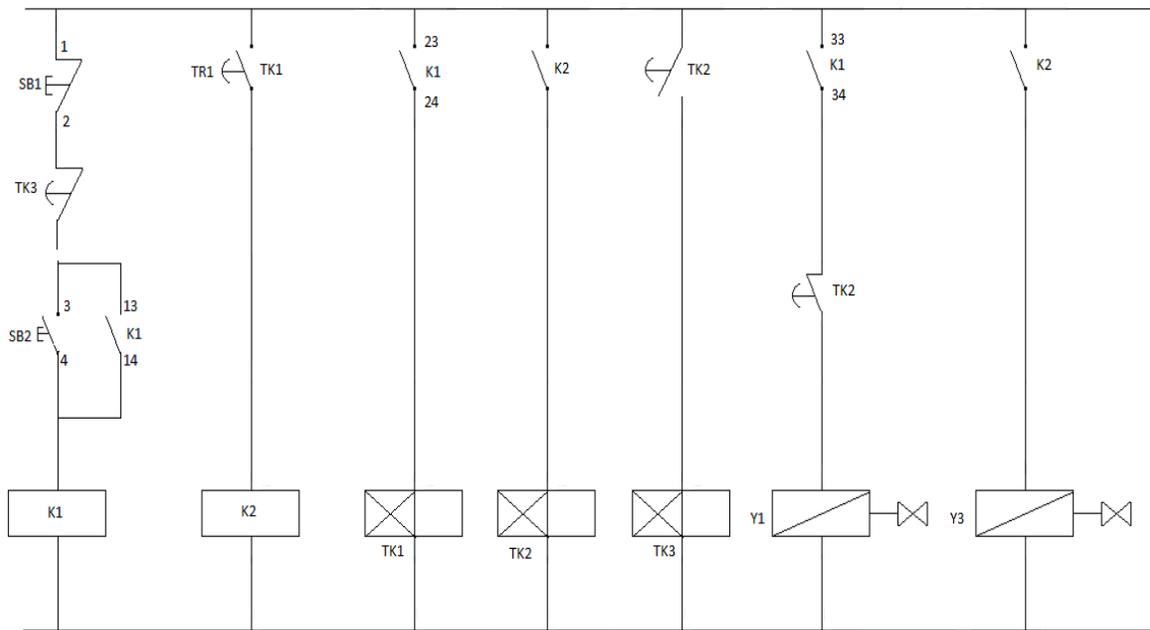


Fig. 3.19 Diagrama de Control de la maquina. (Blas, 2006)

Tabla 3.6 Funcionamiento del Diagrama. (Blas, 2006).

Este diagrama de control electro- neumático su función es que al pulsar el botón pulsador SB2 el vástago del cilindro Y1 tiene una carrera de 2 segundos, de pues el cilindro Y3 desplaza automáticamente su vástago durante 2 segundos, terminando esos dos segundos de Y3 el vástago de Y1 regresa a su posición inicial, de pues de un segundo de que Y1 regresara a su posición original el cilindro Y3 vuelve a su misma posición.

El sistema cuenta con un botón de paro de emergencia que es con el botón pulsador SB1, este sistema usa relevadores ON-DELAY o de tiempo (relevadores a la desconexión)

Tabla 3.7 Funcionamiento del Diagrama de la Maquina. (Blas, 2006).

Diagrama aplicado a la maquina empaquetadora de vinos
Al activar Y1 mueve las 2 tapas frontales de la caja.
Al activar Y3 mueve las 2 tapas laterales de la caja.
Al regresa Y1 el mecanismo de tapas frontales vuelve a su posición inicial
Al regresa Y3 el mecanismo de tapas laterales vuelve a su posición inicial

### 3.1.1.6 Descripción y operación del sistema mecánico del SEBV

El diseño mecánico de la maquina empaquetadora de botellas de vino es importante ya que debe haber una sincronía exacta entre elementos eléctricos, neumáticos para a si tener una buena sincronía y buen rendimiento del mecánico del sistema. Ver figura 3.20 y tabla 3.8.

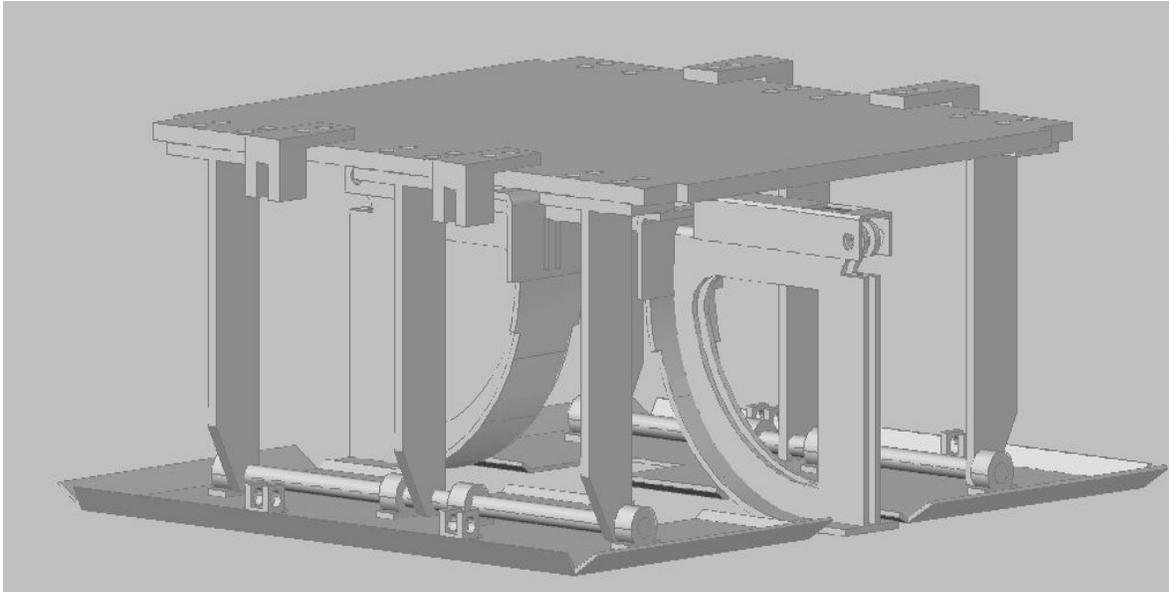


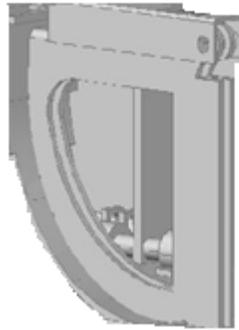
Fig. 3.20 Diseño Mecánico de Maquina empaquetadora

Tabla 3.8 Descripción diseño Mecánico de la Maquina

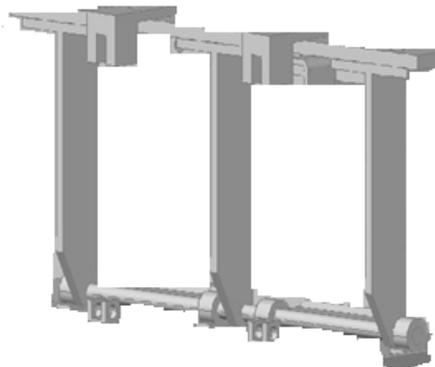
<b>Esta máquina tiene un diseño mecánico que consta de 4 mecanismos</b>
Dos tiene la forma de $\frac{1}{4}$ de circulo los cuales en la maquina sirven para el tapado de las tapas frontales de la caja.
La otras dos tienen la forma rectangular y sirven para el tapado de las tapas laterales de la caja.
En el mecanismo de las tapas en forma de $\frac{1}{4}$ de circulo son diseñados a si por que se requiere de un movimiento suave y de deslizamiento continuo
En el tapado lateral de las cajas el mecanismo es rectangular ya que requiere fijar el tapado con el pegamento y asegurarlo con un movimiento fijo y que cubra las tapas completamente.

A continuación se muestra la estructura o pieza mecánica que ha de sostener al cilindro Neumático y ajunta a una plataforma rectangular que tiene movimientos de 90 grados al tapado

de las tapas laterales, además tiene una forma para hacer equilibrio a los movimientos Ver figuras 3.21 y 3.22.



**Fig. 3.21** Mecanismo de las tapas en forma de  $\frac{1}{4}$  de círculo



**Fig. 3.22** Mecanismo de las tapas laterales forma rectangular

### **3.1.1.7 Descripción y operación del sistema electrónico del SEBV**

En el Capítulo 4 se presentan los detalles de este componente.

### **3.2 Conclusiones del Capítulo**

El capítulo ha presentado una descripción de los componentes principales del SEBV. Sin embargo, varios elementos , tales como los componentes del sistema electrónico se describen en el Capítulo 4.

Finalmente, el proceso de identificación de fallas en el ESBV se presentan en el siguiente Capítulo.

## Identificación de Fallas en el Sistema de Empaquetamiento de Botellas de Vino

Este Capítulo presenta los resultados principales del proceso de la identificación de fallas del sistema de empaquetamiento de botellas de vino (SEBV). La metodología descrita en el Capítulo 2 se ha aplicado para lograr los objetivos planteados. La sección 4.1 presenta una descripción breve del SEBV descrito en el Capítulo anterior. Los resultados del análisis preliminar de peligros (APP) se presenta en la sección 4.2. Los resultados mas relevantes del AMEF se resumen en la sección 4.3. La sección 4.4 presenta los resultados cuantitativos del diagnóstico de cobertura para el caso de estudio. Finalmente, la sección 4.5 presenta el resumen del Capítulo.

### 4.1 El sistema de la máquina empaquetadora

Como se mencionó en el Capítulo 3, el SEBV consiste de una serie de procesos automatizados donde se combinan diferentes especialidades; tales como la neumática, electricidad, electrónica, mecánica, hidráulica. La figura 4.1 resume nuevamente los principales sistemas que componen la máquina empaquetadora de vino.

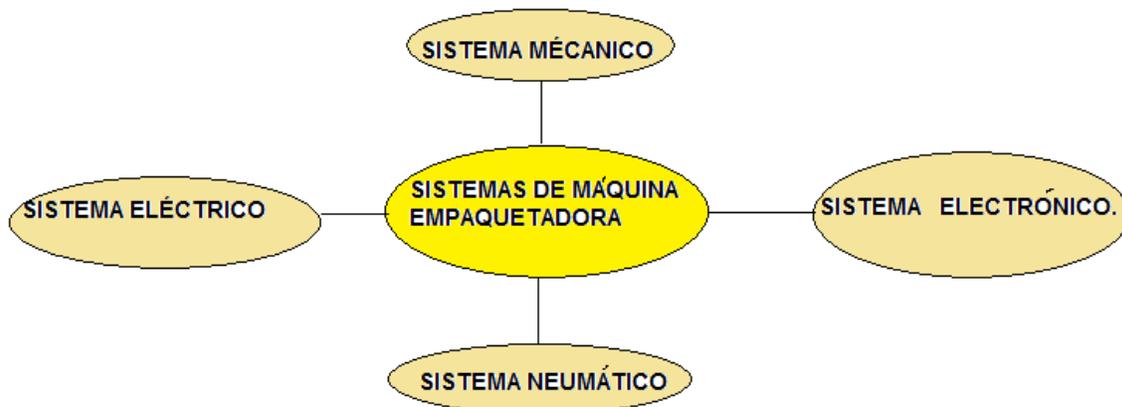


Fig. 4.1 Sistema de la máquina de empaquetamiento de botellas de vino (SEBV).

La figura 4.2 ilustra algunos componentes de control del SEBV.

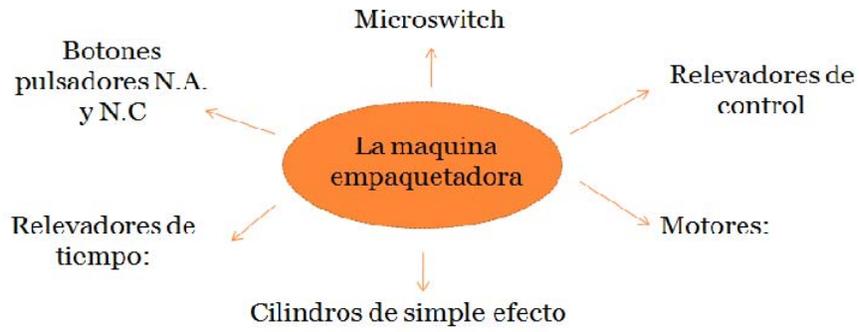


Fig. 4.2 SEBV-elementos de control

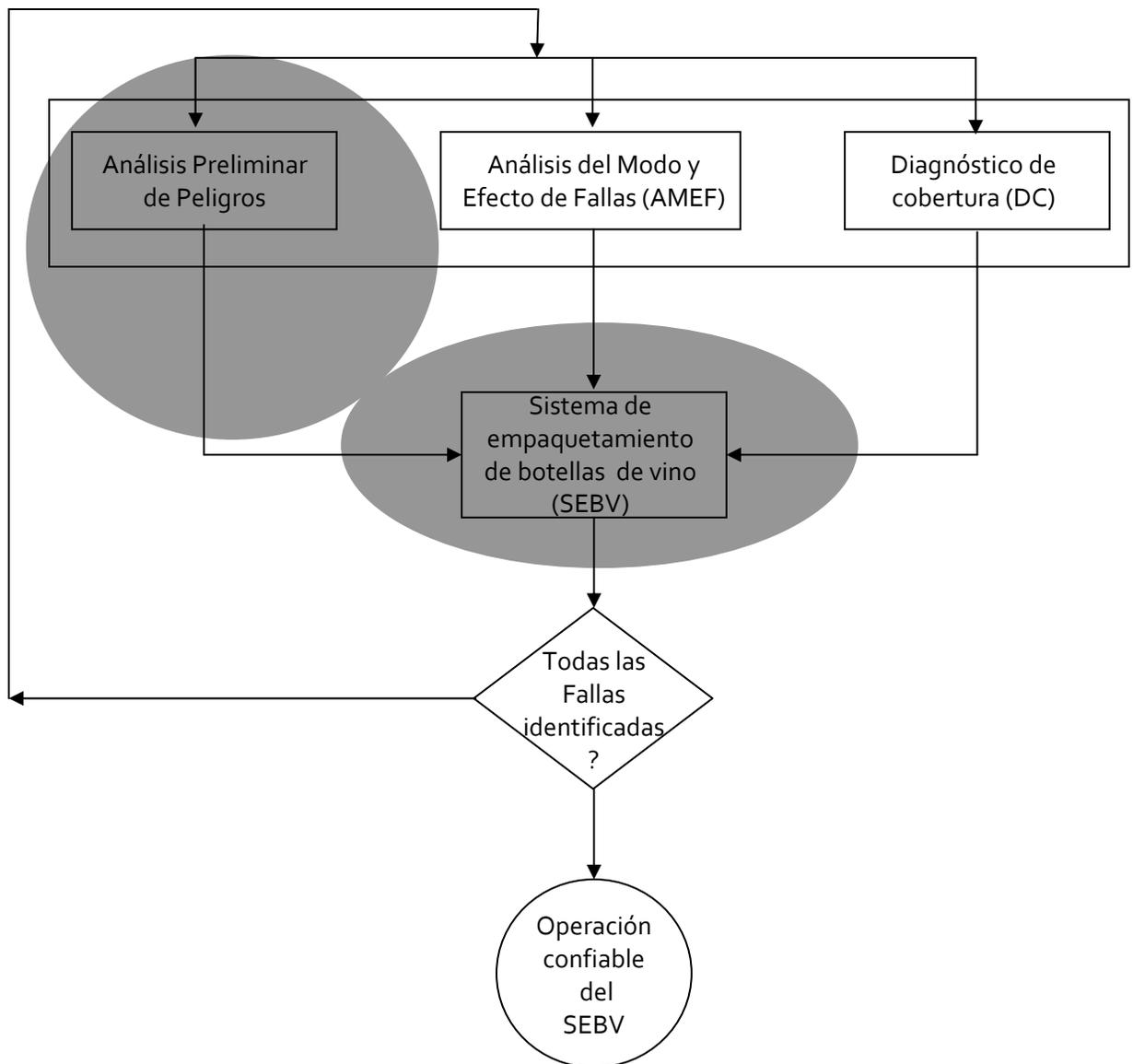


Fig. 4.3 Metodología para el diagnóstico de fallas del SEBV-Análisis preliminar de peligros.

## 4.2 Identificación de peligros de fallas en el SEBV-APP

En la figura 4.3 muestra nuevamente la metodología que se propuso para el desarrollo del presente proyecto de tesis. En esta sección se presentan los principales resultados empleando el APP.

### 4.2.1 Botones pulsadores

Para que una máquina o una instalación se puedan poner en movimiento, se emplea un elemento de entrada de señal. Un pulsador de botón es un elemento tal, que sólo toma la posición de contacto deseada al ser accionado (Fig. 4.4).

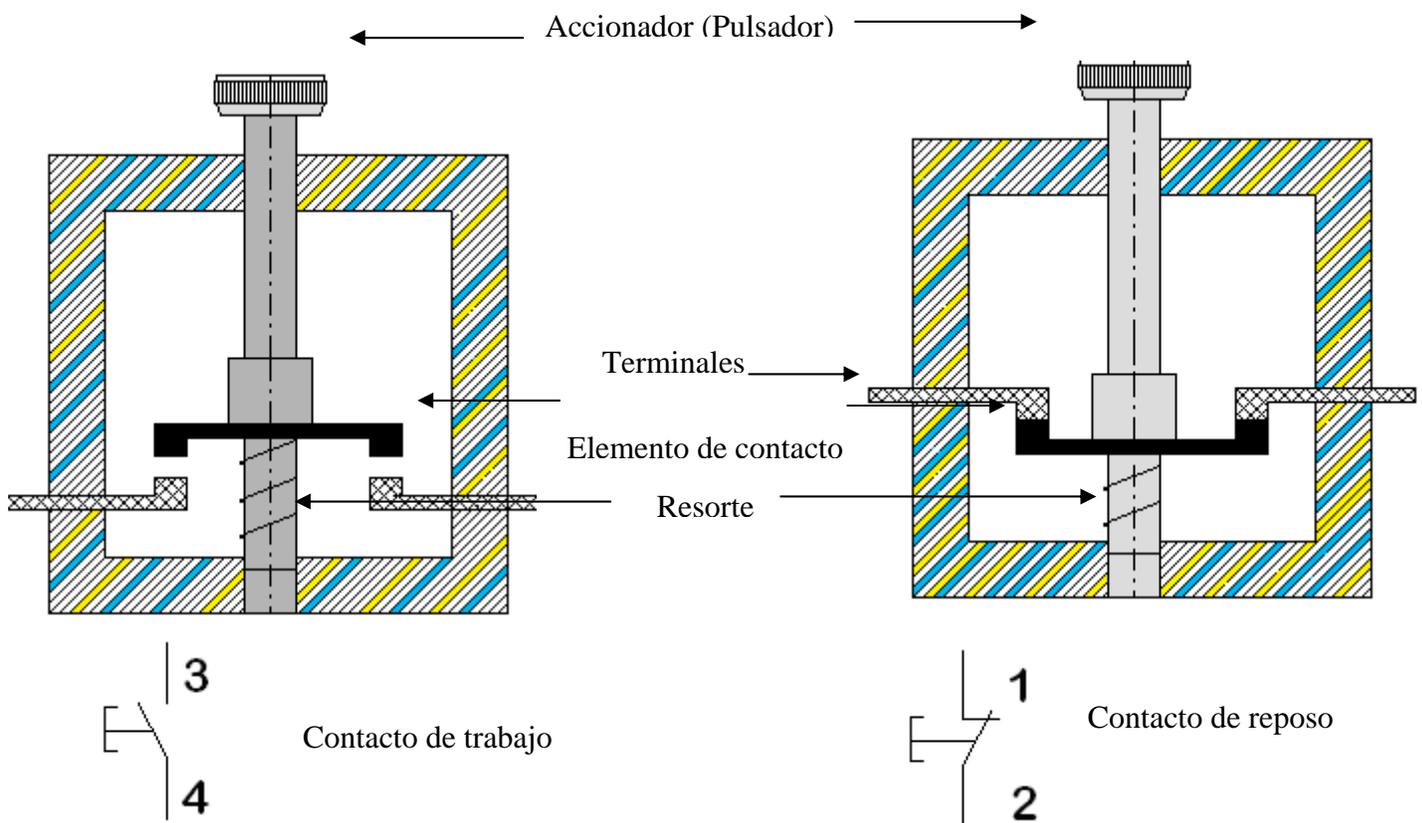


Fig. 4.4 Pulsador N.A y N.C. (Blas, 2006).

En la figura 4.4 muestran las posibilidades de trabajo o de reposo. Al accionar el pulsador este actúa el elemento de contacto móvil contra la fuerza del resorte, empalmando una vez los bornes o terminales (cierre) y separándolos al ser soltados. Con ello, el circuito es cerrado o interrumpido.

Por otro lado, al momento de soltar el pulsador, el resorte se encarga de regresar el elemento a la posición de reposo. La tabla 4.1 resume los principales resultados del APP.

**Tabla 4.1** Identificación de fallas y posible solución: Botones Pulsadores

Peligro	Causa	Consecuencia	Acción como solución
Falta de elemento de entrada de señal eléctrica	Botón no conectado adecuadamente	La máquina no opera	Por ello se debe seleccionar los botones pulsadores que tolere corrientes mayores al sugerido para prevenir sobrecalentamientos internos que pudieran dañar o desgastar los bornes de conexión de los botones.
	los bornes no son aislados adecuadamente		Es necesario considerar dos botones pulsadores, al arrancar cualquier sistema automatizado, estos botones deben de estar ubicados en diferentes puntos para que al pulsarlos al mismo tiempo se tenga la certeza de querer arrancar un sistema automático.
	Problemas en los componentes mecánicos del botón		Al poner dos botones pulsadores para el arranque de un sistema automatizado se tiene que hacer un arreglo en el circuito eléctrico que permita esa lógica de encendido del sistema.  Aparte de agregar dos botones pulsadores para el arranque de un sistema automatizado es necesario poner un micro-switch o interruptor selector que se active o cierre el circuito antes de pulsar los botones.

#### 4.2.2 Botón pulsador-detector de final de carrera

Cuando se requiere una acción determinada de acuerdo con el movimiento de una maquinaria, se utiliza un interruptor de límite o fin de carrera. Este dispositivo esta construido de tal manera que una palanca o brazo móvil del interruptor es empujado por algún elemento móvil de la máquina. El punto de vista que rige la elección de dichos elementos de entrada de señal reside en el esfuerzo mecánico, la seguridad de contacto y la exactitud del punto de contacto. Normalmente tiene los finales de carrera un conmutador. En casos especiales son posibles, sin embargo, otras combinaciones de interruptor. También se distinguen los finales de carrera por la forma de contacto: Gradual o repentino. En el primero la apertura o el cierre de los contactos se hace a la misma velocidad que el accionamiento (propio para velocidades de arranque pequeñas).

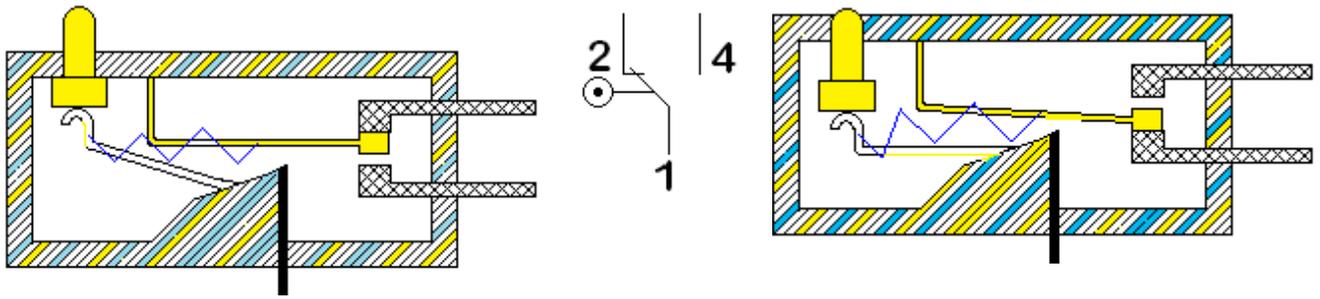


Fig. 4.5 Detector final de carrera. (Blas, 2006).

El accionamiento de pulsador de límite puede ser por medio de una pieza constitutiva, como un botón o una palanca de rodillo. La tabla 4.2 sintetiza los resultados del APP.

Tabla 4.2 Identificación de fallas y posible solución: Botón Pulsador-detector al final de la carrera

Peligro	Causa	Consecuencia	Acción como solución
Corto circuito al cerrar el circuito de control	Dispositivos no están conectados adecuadamente a sus terminales  Los dispositivos no están aislados adecuadamente a sus terminales o bornes	La máquina no opera	Por lo que se tiene que seleccionar un final de carrera que pueda soportar la fuerza mecánica de la maquina o dispositivo que lo activara.  Se debe de colocar en un punto estratégico que garantice que el dispositivo se activara al ser interceptado con la mecánica de la maquina. De no ser a si puede provocar una no sincronía en el sistema automatizado y esto provocaría cortos circuitos, deformación al empaquetado, y daño a la maquina.
Mala elección de los elementos (final de carrera) de entrada de señal	Esfuerzos mecánicos no fueron evaluados adecuadamente  Exactitud de contacto no evaluado correctamente	La máquina no opera	Se debe seleccionar el botones final de carrera que tolere corrientes mayores al sugerido para prevenir sobrecalentamientos internos que pudieran dañar o desgastar los bornes de conexión de ellos.  Éstos elementos se pueden sustituir con sensores de presencia y a si se evitarían, el cual se tendría un sistema más seguro.  Para usar estos elementos es necesario realizar muchas pruebas de posicionamiento al tener contacto con la mecánica de la maquina o de la caja hasta tener la exactitud.  Es necesario hacer pruebas de fricción con el final de carrera con movimientos suaves, y movimientos fuertes al contacto con la mecánica que lo active.

### 4.2.3 Relevador de control

Los relevadores se usan generalmente para amplificar la capacidad de corriente de los contactos o multiplicar las funciones de apertura y cierre.

Un relevador es un dispositivo electromagnético cuyos contactos se usan en los circuitos de control de los arrancadores magnéticos. Los relevadores se usan generalmente para amplificar la capacidad de corriente de los contactos o multiplicar las funciones de apertura y cierre.

Los relevadores son elementos constructivos que funcionan con cierto gasto de energía. Los relevadores son empleados para procesar señales. Se pueden utilizar como interruptores electromagnéticos para rendimiento específico del contacto. (ver figura 4.6).

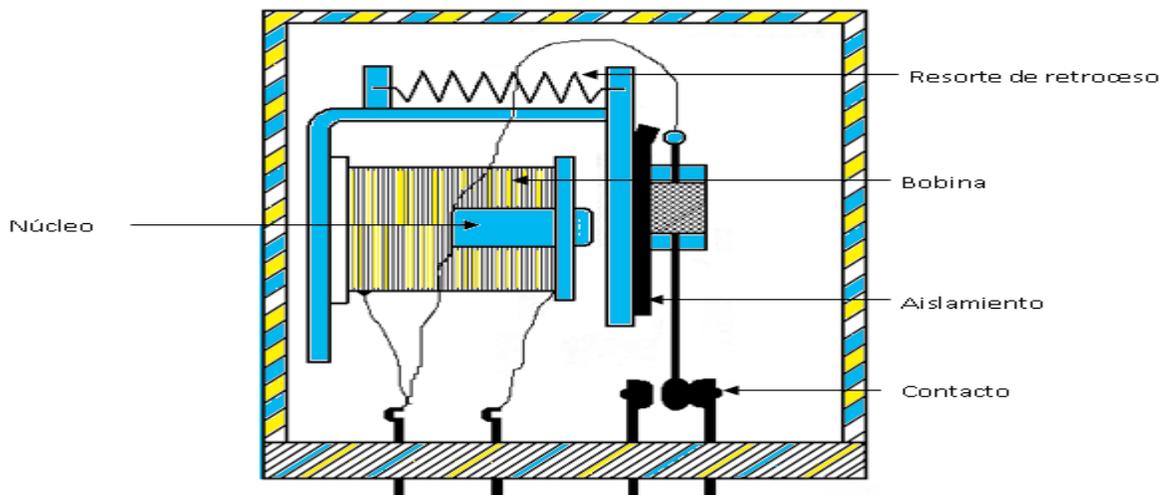


Fig. 4.6 Relevador por casquillo de inserción. (Blas, 2006).

La tabla 4.3 presenta los principales resultados del APP para este componente del sistema bajo estudio.

**Tabla 4.3** Identificación de fallas y posible solución: Relevadores de control.

Peligro	Causa	Consecuencia	Acción como solución
Corto circuito al cerrar el circuito de control	Dispositivos no están conectados adecuadamente a sus terminales de entrada y salida.  Los dispositivos no están aislados adecuadamente a sus terminales o bornes.	La máquina no opera	Se debe ajustar para diferentes tensiones eléctricas de servicio este elemento con una tolerancia menos del 100% a si como asegurar las conexiones en sus bornes de entrada aislándolo.  Como este elemento abre y cierra muchos contactos a la vez tiende a tener vibraciones, y desgaste de su mecánica interna por lo que se debe seleccionar un elemento que tradicionalmente sea de buena calidad y durabilidad.
Falta de elemento de entrada de señal eléctrica	Exceso de conexión de muchos elementos a la salida y entrada de sus bornes.  Falta de limpieza a los platinos o contactos.  Desgaste en sus platinos y mecánica interna.	La máquina no opera	Se deben limpiar continuamente los contactos o platinos de este elemento ya que por el polvo pierde la propiedad de conducción eléctrica lo cual podría provocar falsos contactos y con ello cortos circuitos en el proceso automatizado.

#### 4.2.4 Contactor magnético

Un alto porcentaje de aplicaciones requieren que el controlador tenga suficiente capacidad de operación desde localizaciones apartadas o que tengan una operación automática en respuesta a señales que le llegan de algún dispositivo de mando este dispositivo es un elemento de salida.

En la construcción del contactor magnético la armadura está conectada mecánicamente, a un juego de contactos para que; cuando la armadura se mueva a su posición de sellada, los contactos cierren; la figura 4.7 muestra las partes principales del circuito magnético y la figura 4.8 muestra

un ejemplo de las partes del contactor de un arrancador. Esto es, al aplicarle una corriente entre las terminales de la bobina (7), el campo magnético producido por el magneto (5) atraerá la armadura (9) provocando que el brazo (10) se desplace, moviendo la barra de montaje (4) que a su vez empuja los contactos móviles (2) cerrando el circuito con los contactos fijos (1).

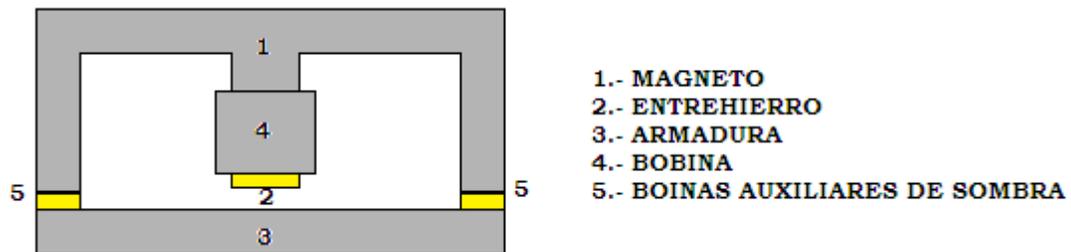


Fig. 4.7 Partes del circuito magnético. (Blas, 2006).

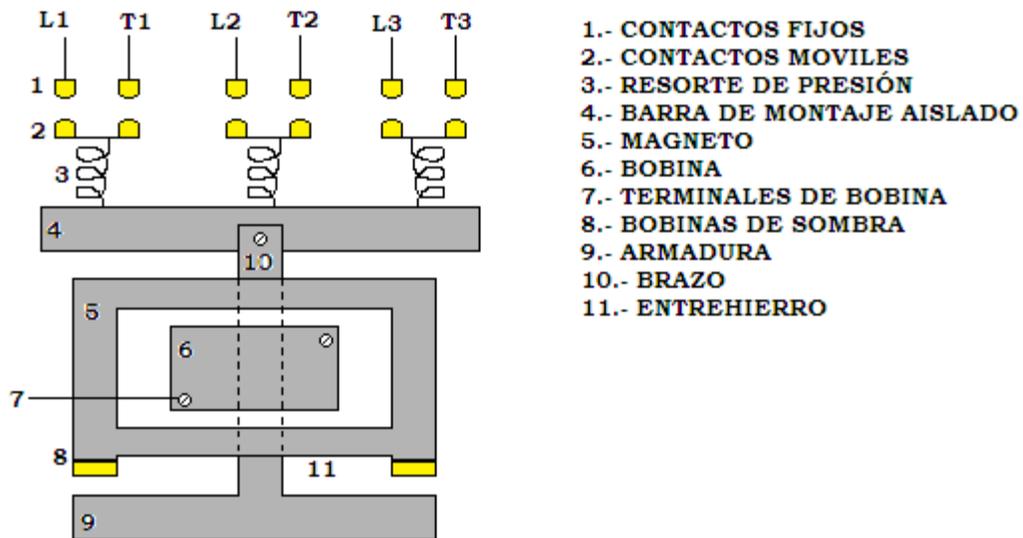


Fig. 4.8 Partes del contactor de un arrancador. (Blas, 2006).

La tabla 4.4 presenta los principales resultados del APP.

**Tabla 4.4** Identificación de fallas y posible solución: Contactor.

Peligro	Causa	Consecuencia	Acción como solución
Corto circuito al arrancar el motor.	Dispositivos no están conectados adecuadamente a sus terminales Los dispositivos no están aislados adecuadamente a sus terminales o bornes.	El motor no opera.	Se debe seleccionar un contactor adecuado ya que a diferencia de los relevadores estos elementos se conectan directamente con los elementos de salida (los motores) por lo que su riesgo es mayor si no se selecciona un contactor ideal, es decir el contactor tiene que tener la capacidad de tolerar las corrientes del motor a si como su par de arranque.}
Sobrecalentamiento del motor por falso contacto.	Falso contacto en platinos del contactor en interconexión a la entrada del motor.  Bobina no energizada bajo parámetros adecuados de corriente.	El motor se quema.	Se debe poner caimanos y fijar los bornes de salida del contactor a la entrada del motor evitando a si un falso contacto con una de las terminales del motor el cual se sobrecalentaría al grado de quemarse y provocar un grave accidente.  Se debe dar mantenimiento preventivo a los contactos y platinos para evitar que no cierren y abran bien el circuito provoca que el motor se sobre caliente y se queme.  Se debe energiza la bobina con corrientes de fuentes bien reguladas ya que la mecánica de los contactos del contactor es activada al energizar su bobina interna si dicha bobina estuviera energizada a una corriente máxima o mínima estos contactos tendrían a abrir, cerrar, no adecuadamente provocando a si falso contacto con el motor y esto a la vez provocaría accidente.  Para prevenir accidentes a la hora de conectar el motor al contactor, se debe asegurar que los bornes estén bien sujetos, y sobre todo asegurarse que la bobina del contactor este energizada con la corriente específica ya que de no ser a si se quemaría los motores y esto conllevaría a accidentes graves ya que en la industria se usan motores de caballos de potencia grandes y motores de alto par de arranque. Se deben usar fuentes alternas fijas como apoyo al PLC para energizar Bobinas de contactores y relevadores.

#### 4.2.5 Motor

La función principal del motor(es) es la de generar el movimiento de las bandas transportadoras y mecanismos o engranes, entre otros. La tabla 4.5 resume los resultados del APP.

**Tabla 4.5** Identificación de fallas y posible solución: Motor

Peligro	Causa	Consecuencia	Acción como solución
Mal torque en la flecha del motor.	Mal embragado a una mecánica. Alimentación no adecuada a sus bobinas.	El motor no opera correctamente.	<p>Deben tener ventilación adecuada por ello deben seleccionar motores de inducción de jaula de ardilla o motores con ventilador interno a si los motores no fallaría a los sobrecalentamientos.</p> <p>Los motores deben estar conectados y aislados adecuadamente en sus terminales de conexión de no ser a si las bobinas del motor se calentaría hasta llegar a quemarse provocando accidentes.</p> <p>Los motores deben conectarse eléctricamente a su tipo de alimentación ideal debido a que los devanados internos y conductores están diseñados tolerar un corriente específico.</p> <p>Los motores tienen que estar sujetos o embragados a una mecánica ideal de acuerdo a su par de arranque es decir no debe exceder o forzar su trabajo de ser a si se quemaría o provocaría el daño a la estructura del sistema automatizado.</p> <p>Los motores tendrán que estar equipados con elementos de protección contra sobrecargas (OLS'S), de no ser a si podría tener daños severos ante una sobrecorriente por parte de la compañía que subministra energía eléctrica.</p> <p>Los motores tienen que conectarse con conductores eléctrico del calibre ideal debido a que al arrancar estos demanda mucha carga de no ser a si el conductor se quemaría y esto provocaría un incendio.</p> <p>Se debe cuidar la topología o diseños del diagrama de control eléctrico al que va conectado el motor ya que de tener una lógica no adecuada por ejemplo una inversión de giro, podría quemar o dañar la flecha del motor.</p> <p>En el punto donde esté conectado el motor debe de ser ideal es decir debe asegurar que haya ventilación, que estéticamente halla un cableado ideal ( si muchos obstáculos) y tener un conductor adecuado a la carga del motor y un buen acoplamiento mecánico a su flecha. Y tener un peso ideal.</p> <p>El motor debe tener su conexión interna de acuerdo a su característica y a la norma. De no ser a si el motor tiende a fallar en un tiempo determinado.</p>
Sobrecalentamiento del motor por falso contacto.	Mala ventilación en su carcasa. Mal aislados y conectados. Alimentación sobrecargada.	El motor y conductor se queman.	

#### 4.2.6 Electroválvulas

Son dispositivos de salida que reciben señales eléctricas y tiene una salida neumática es decir en el se conectan los cilindros. Por otro lado, los mandos neumáticos están constituidos por elementos de señalización, el elemento de mando y una parte de trabajo. Los elementos de señalización y mando modulan las fases de trabajo de los elementos de trabajo y se denominan válvulas.

La figura 4.9 muestra un ejemplo de electroválvulas de 3/2 vías con accionamiento manual auxiliar. Este elemento consiste de una válvula de asiento accionada eléctricamente con regreso por resorte. En la posición de reposo la válvula está cerrada. La armadura es elevada por un campo magnético de la bobina al serle inducida a ésta una señal eléctrica. El aire circula de la entrada 1(P) hacia la salida 2(A), el orificio de purga 3(R) es des-estimulado por la armadura. Al cesar el campo magnético en la bobina, un resorte empuja la armadura a su posición original. El paso del aire comprimido de 1(P) a 2(A) es provocado, el aire comprimido del conductor o tubería escapa por el conector 2(A) hacia 3(R) en el orificio de la armadura. La acción manual auxiliar otorga también la posibilidad de conectar esta válvula de 3/2 vías. (ver figura 4.9).

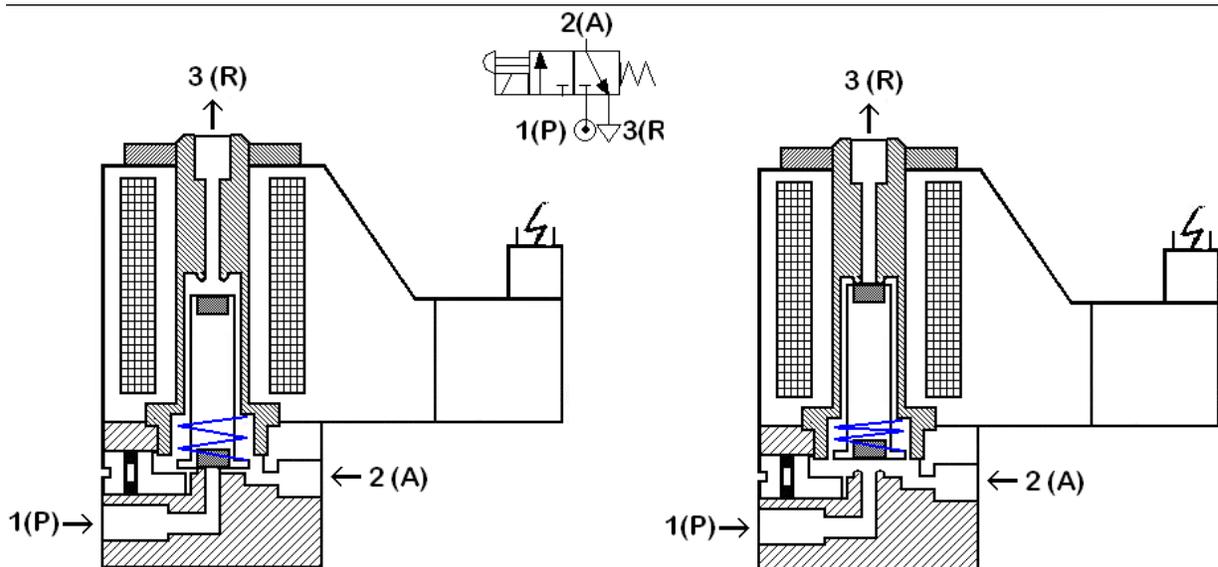


Fig. 4.9 Funcionamiento de una electroválvula 3/2. (Blas, 2006).

La tabla 4.6 presenta los resultados del APP.

**Tabla 4.6** Identificación de fallas y posible solución: Electroválvula.

Peligro	Causa	Consecuencia	Acción como solución
No activaría elemento de control o vástago de cilindro.	Electroválvula sucia y sin presión de aire, fugas y bobina con corriente eléctrico no adecuado. Falta de unidad de mantenimiento o filtro.	La máquina no opera	Las electroválvulas neumáticos deben estar limpios ya que en el internamente hay flujo de aire, de no ser a si provocaría que el cilindro neumático que va conectado a la electroválvula no realizara la actividad requerida es decir tendría una salida de flujo de aire sin mucha presión debido a la mugre interna. El hecho de que el cilindro no tenga una buena llegada de aire provocaría que no activara elementos de control o embragues mecánicos provocando a si un descontrol del sistema y esto llevaría a accidentes.
Chicotear con las mangueras.	Fugas en los conectores, manguera de calibre diferente, presión muy alta.	La máquina no opera	Las electroválvulas deben de tener conectores exactos es decir sin fugas de aire con ello garantiza que drene el aire adecuado para el cilindro y este opere bien.  Las mangueras deben de ser las adecuadas que interconectan a las electroválvulas y cilindros es decir que estén justas ya que de no ser a si esta podrían chicotear y provocar accidentes golpeando a una persona.  Se debe cuidar que su bobina tenga la corriente ideal ya que de no ser a si podría quemarse o bien mandarías señales no adecuados para el funcionamiento del cilindro.

#### 4.2.7 Cilindros neumáticos

El control de la posición del cilindro se puede llevar a cabo mediante la colocación adecuada de interruptores eléctricos y/o neumáticos de accionamiento mecánico. Para el control de los órganos de trabajo (Cilindros) es importante disponer de elementos que realicen las funciones de mando (Puesta en marcha, paro, retroceso, avance rápido), estos elementos de control son válvulas en el caso de la maquina empaquetadora electroválvulas. Estos elementos ejercen influencia sobre el fluido comprimido controlando a si la energía que se trasmite por el circuito eléctrico a neumático. En la figura 4.10 se muestra un circuito neumático de la máquina empaquetadora de Vino.

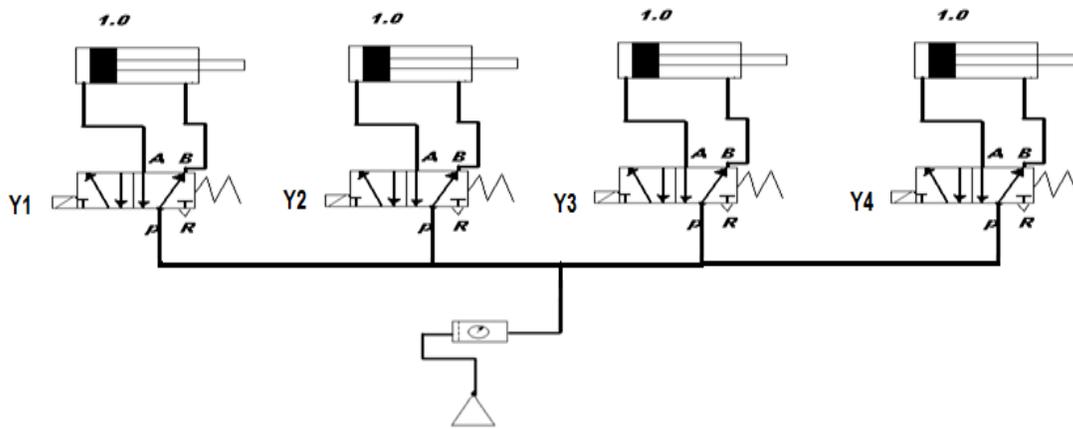


Fig. 4.10 Circuito Neumático de la Máquina empaquetadora. (Blas, 2006).

La tabla 4.7 presenta los resultados mas relevantes del APP.

Tabla 4.7 Identificación de fallas y posible solución: Cilindro Neumático.

Peligro	Causa	Consecuencia	Acción como solución
No activaría elemento de control o embragues mecánicos.	Cilindro sucio y sin presión de aire, fugas Falta de unidad de mantenimiento o filtro.	La máquina no opera	Los cilindros neumáticos deben estar limpios internamente ya que en el se encuentra piezas mecánicas precisas y complejas como un vástago unido a un conjunto de levas. De no ser a si no realizaría la función de interactuar directamente con la pieza o caja a automatizar o bien embrague mecánico.
Chicotear con las mangueras.	Fugas en los conectores, manguera de calibre diferente, presión muy alta.	La máquina no opera	<p>Estos cilindros debe de tener una salida de drenado adecuado es decir sin obstáculos de tener obstáculos el vástago no tendría la carrera necesaria para realizar la actividad que se requiere.</p> <p>El cilindro debe tener las condiciones necesarias de lubricación. Si no también su carrera de su vástago no realizaría la actividad que requiere el sistema automático.</p> <p>Se debe tener la presión suficiente de aire comprimido para el cilindro neumático a si como la garantía de tener aire puro que no oxide o ensucie y dañe internamente el cilindro.</p> <p>Es necesario tener una compresora ideal para tener buen suministro de presión de aire comprimido a si como una unidad de mantenimiento (filtro para impurezas de aire) que limpie el aire. Evitando a si el deterioro interno del cilindro ayudando a que el cilindro siempre tenga la carrera ideal en su vástago y la fuerza necesaria para mover puntos mecánicos.</p>

#### 4.2.8 Conectores y mangueras neumáticos

Son accesorios necesarios para garantizar las conexiones entre los componentes principales del sistema neumático. El **compresor** básicamente aspira aire atmosférico, elevando o aumentando su presión y generando aire comprimido. El aire alimenta el resto de la instalación a través de un conjunto de **Mangueras** diseñadas para tal fin. La circulación del aire comprimido se controla a través de un conjunto de **válvulas**. Las válvulas regulan el funcionamiento de los **actuadores**, en los que se transforma la energía acumulada por el aire comprimido en energía mecánica. Ver figura 4.11. La tabla 4.8 resume los resultados del APP.

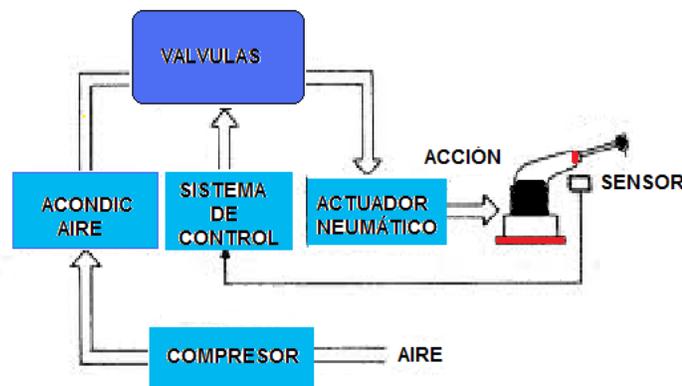


Fig. 4.11 Elementos de un sistema neumático. (Blas, 2006).

Tabla 4.8 Identificación de fallas y posible solución: Conectores y mangueras neumáticos.

Peligro	Causa	Consecuencia	Acción como solución
Falta de elemento de entrada de señal neumática.	conector no conectado adecuadamente	La máquina no opera	Los conectores deben de ser las adecuadas y estándar al acoplamiento de los cilindros y electroválvulas del sistema automatizado de no ser a si habría fugas de aire y estas provocaría que los cilindros no tuvieran suficiente fuerza para la salida de los vástagos y ello llevaría a que el sistema automatizado quedara fuera de sincronía a demás de no quedar justa las mangueras chicotearían provocando riesgos a la gente o a la maquina.
	Mangueras no adecuadas.		
	Fuga de aire.		

#### 4.2.9 Controlador lógico programable

Un PLC (Programmable Logic controller) o API (Autómata programable industrial) es un equipo electrónico de operación digital (Hardware), que utilizando memoria programable para almacenamiento interno de instrucciones, ejecuta acciones de control de tiempo y de eventos a desarrollarse en procesos industriales.

Este equipo se adapta al proceso mediante un programa específico (software) en el que se indican las operaciones que se deben de realizar. Estas operaciones se definen en base a señales de entrada y salidas del proceso, que se cablean directamente al autómata. En la memoria del PLC se ha almacenado el programa de control mediante la unidad de programación. Partiendo del estado de las señales de entrada y en base a dicho programa, elabora las señales de salida. Ver figura 4.12.

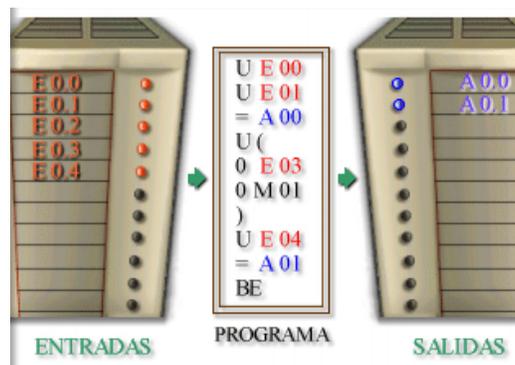


Fig. 4.12 Las operaciones se definen por las entradas y salidas. (Blas, 2006).

Un PLC puede interconectarse directamente a los dispositivos de entrada y de salida, por el contrario la computadora requiere de un conjunto de interfaces para manipular dichos elementos de entrada o salida. Las entradas pueden ser analógicas (procedentes de tacómetros, sensores de temperatura, presión, etc.), o digitales (finales de carrera, detectores de proximidad, distancia o posición, etc.); ver figura 4.13.

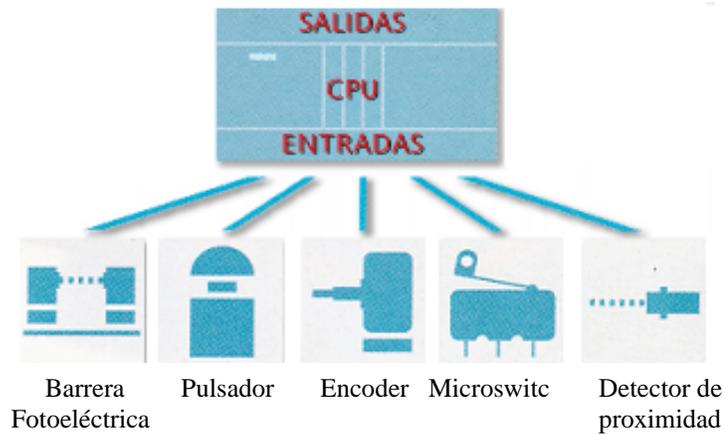


Fig. 4.13 Entradas al PLC. (Blas, 2006).

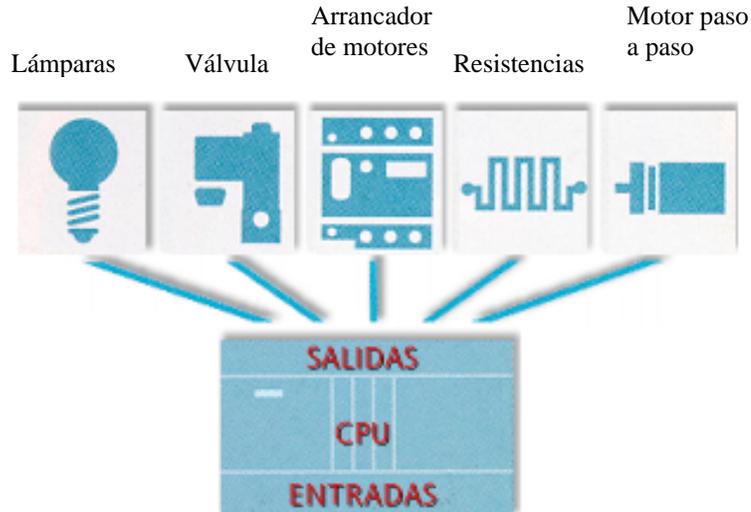


Fig. 4.14 Salidas del PLC. (Blas, 2006).

Así mismo, las salidas también pueden ser analógicas (destinadas a variadores de velocidad, temperatura, servoválvulas, etc.) o digitales (destinadas a relés, válvulas, luces indicadoras, etc.); ver figura 4.14. La particularidad principal que diferencia al PLC de los sistemas de control reside en que el equipo físico se encuentra estandarizado. Esto permite que un mismo PLC sea utilizable en una multitud de procesos distintos.

La tabla 4.9 presenta los resultados del APP.

**Tabla 4.9** Identificación de fallas y posible solución: sistemas electromecánicos (Arrancadores)

Peligro	Causa	Consecuencia	Acción como solución
<p>Proceso no continuo y confiable de empaquetamiento.</p>	<p>Sistema robusto de elementos electromecánicos y con continuo mantenimiento además muy caro.</p>	<p>La máquina no opera</p>	<p><b>CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE.</b></p> <p>Este equipo electrónico digital es ideal para los procesos automatizados ya que basta solo programarlo con una topología o diagrama que incluya elementos de protección en el sistema automatizado, además son diseñados para soportar condiciones ambientales de la industria y debido a su diseño para uso industrial cuenta con herramientas de programación como temporizadores, contadores, relevadores o banderas que facilitan y reducen el uso de equipo o elementos tipo industrial es decir se reduce el costo de equipo, de instalación, mantenimiento y sobre todo se facilita el cableado dando a si mayor estética y seguridad al sistema automatizado.</p> <p>A demás se puede diseñar una interfaz entre el PLC y Una computadora para monitoria gráficamente lo que sucede con los elementos del proceso (La información se extrae del plc)</p> <p>Provocando que el control del proceso no sea el ideal.</p> <p>Otra solución al proceso automatizado de empaquetamiento es en lugar de poner final de carrera se pondrían sensores de presencia a si se evitaría que dicho dispositivo se activara forzosamente con el rozamiento mecánico del sistema automático, evitando a si posible falla y desgaste mecánico del final de carrera.</p> <p>El programa automatizado para la empaquetadora de vinos debe estar con una lógica y sincronía exacta en su diseño ya que de no ser a si habría fallas o variaciones en el resultado de empaquetado.</p> <p>El sistema debe de tener lámparas indicadoras de encendido y apagado y deberán estar todo aterrizado o a tierra.</p>
	<p>Muchos tableros y cableado y difícil detección de fallas.</p>		
	<p>Sistemas con mucho ruido y vibraciones.</p>		

### 4.3 Identificación de peligros en el SEBV-AMEF

Esta sección presenta los resultados del análisis de un componente importante del SEBV, esto es el sistema electrónico (ver figura 4.2). La figura 4.3 muestra la etapa de diagnóstico (área sombreada) en la metodología propuesta para este trabajo de tesis. Es importante mencionar que primeramente se presentará una breve descripción del sistema electrónico del SEBV y posteriormente se llevará a cabo el diagnóstico mediante la aplicación de la AMEF (ver capítulo 2).

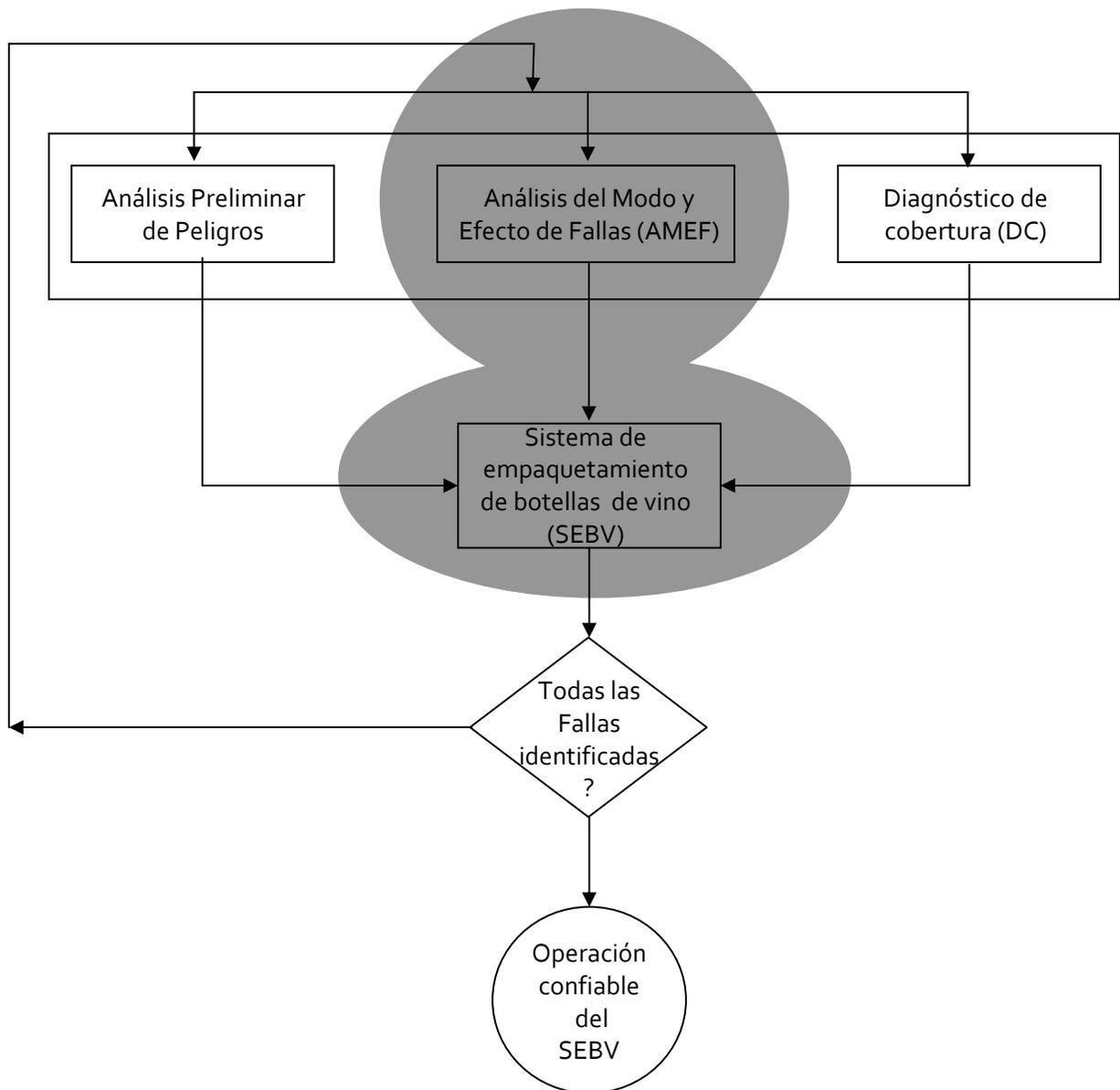


Fig. 4.15 Metodología para el diagnóstico de fallas del SEBV-AMEF.

### 4.3.1 Breve descripción y operación del sistema electrónico del SEBV del caso de estudio.

En el proyecto se manejó una fuente fija en 24 CD. La tabla 4.10 muestra los elementos para Construir una fuente variable de 1.5 a 25 volts y la figura 4.16 muestra el circuito de la fuente variable.

Tabla 4.10 Material y equipo (Blas, 2006).

Cantidad	Instrumento de medición	Cantidad	Semiconductores
1	Multímetro digital o analógico	1	LM317 regulador de voltaje (IC1).
		1	LED rojo de 5 mm (D5)
	<b>Resistencia</b>	6	Diodo 1N4004 (D1, D2, D3, D4, D5 D6, D7).
1	1.5 KΩ a ¼ de W (R1)		
1	240 Ω a ¼ de W (R2)		<b>Varios</b>
1	Potenciómetro de 5 KΩ (P1)	1	Transformador (T1)
			Primario: 110 VCA,
	<b>Condensadores</b>		Secundario: 24 VCA / 1 A.
2	2200 μF/50V electrolíticos (C1, C2).	1	Disipador de calor TO – 220.
1	10 μF/50V electrolíticos (C3).		
1	1 μF/35 V Tantalio (C4)		

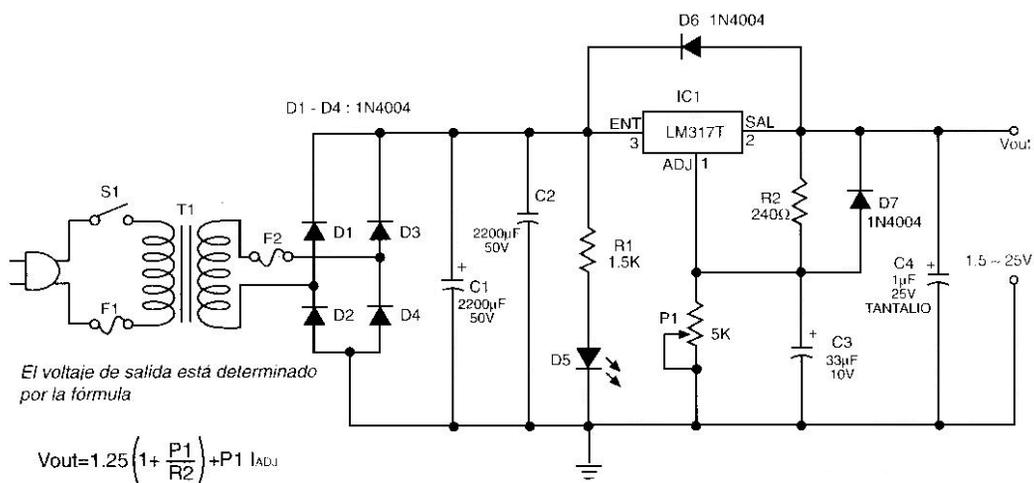


Fig. 4.16 Fuente variable (Blas, 2006).

Por otro lado, la tabla 4.11 presenta las características de diseño del diagrama de la fuente.

**Tabla 4.11** Diseño del Diagrama de la Fuente. (Blas, 2006).

Etapas de diseño del diagrama electrónico	Descripción
Primera Etapa	Se coloca un transformador con un devanado primario de 127 volts de CA con salida en el devanado secundario de 24 Voltas de CA
Segunda Etapa	A la salida del devanado secundario se coloca un fusible para protección de corto circuito en el sistema electrónico.
Tercera Etapa	Se coloca 4 diodos para rectificar la onda de CA y convertirla en CD
Cuarta Etapa	Se purifica o se quita el factor de riso con unos capacitores o condensadores.
Quinta Etapa	Se coloca un potenciómetro para fijar la fuente en 24 Volts de CD esto se hace con un multímetro.
Sexta Etapa	Sexta etapa se arma y se solda el circuito en una placa filenolica.

Finalmente, esta fuente se anexa a la entradas de un PLC el cual se vio en el capítulo 2, con la finalidad de controlar un sistema en corriente directa; Ver fig. 4.5.2.



**Fig. 4.17** Entradas, salidas, programa-PLC. (Blas, 2006).

#### 4.3.2 Resultados del análisis.

Esta sección presenta los resultados del análisis del sistema electrónico del SEBV descrito brevemente en la sección anterior. La Tabla 4.12 presenta los resultados del análisis.

**Tabla 4.12** AMEF. Circuito de la figura 4.16.

Nombre	Código	Función	Modo de Falla
F1-15 A	4555-00	Protección contra corto circuito	Falso contacto Fusible no adecuado
Transformador T <sub>1</sub>	4555-01	Reducir o aumentar voltaje	Voltaje alto Voltaje bajo Mala continuidad
D <sub>1</sub>	4400-5	Caída de Tensión (Rectificador de Corriente)	Mala Continuidad
D <sub>2</sub>	4400-5	Caída de Tensión (Rectificador de Corriente)	Mala Continuidad
D <sub>3</sub>	4400-5	Caída de Tensión (Rectificador de Corriente)	Mala Continuidad
D <sub>4</sub>	4400-5	Caída de Tensión (Rectificador de Corriente)	Mala Continuidad
D <sub>5</sub>	4400-6	Caída de Tensión (Rectificador de Corriente)	Mala Continuidad
D <sub>6</sub>	4400-5	Caída de Tensión (Rectificador de Corriente)	Mala Continuidad
D <sub>7</sub>	4400-5	Caída de Tensión (Rectificador de Corriente)	Mala Continuidad
C <sub>1</sub>	4300-7	Purificador de factor Rizo	Circuito cerrado
C <sub>2</sub>	4300-7	Purificador de factor Rizo	Circuito cerrado
C <sub>3</sub>	4300-8	Purificador de factor Rizo	Circuito cerrado
C <sub>4</sub>	4300-9	Purificador de factor Rizo	Circuito cerrado
R1 1.5 K	4401-5	Umbral de entrada	Corto Abierto Deriva baja
R2 240	4401-7	Umbral de entrada	Corto Abierto Deriva baja
IM <sub>317</sub>	4555-6	Regulador de Voltaje	Variación de voltaje Abierto
Potenciómetro	4555-7	Reóstato variable	Mala continuidad

Tabla 4.12 Continuación.

Nombre	Causa	Efecto	Criticalidad
F1-15 A	Dispositivo mal puesto Selección incorrecta de fusible	Circuito abierto Circuito abierto	Peligroso Peligroso
Transformador T1	Devanados o espiras en corto Devanados o espiras en corto Polvo en devanados, mal aislamiento	Circuito abierto Circuito abierto Circuito abierto	Peligroso Peligroso Peligroso
D1	Mala composición de grafo interno Soldadura abierta	Corriente mal rectificada	Peligroso
D2	Mala composición de grafo interno Soldadura abierta	Corriente mal rectificada	Peligroso
D3	Mala composición de grafo interno Soldadura abierta	Corriente mal rectificada	Peligroso
D4	Mala composición de grafo interno Soldadura abierta	Corriente mal rectificada	Peligroso
D5	Mala composición de grafo interno Soldadura abierta	Corriente mal rectificada	Peligroso
D6	Mala composición de grafo interno Soldadura abierta	Corriente mal rectificada	Peligroso
D7	Mala composición de grafo interno Soldadura abierta	Corriente mal rectificada	Peligroso
C1	Electrolítico en corto	Factor de Rizo activo	Peligroso
C2	Electrolítico en corto	Factor de Rizo activo	Peligroso
C3	Electrolítico en corto	Factor de Rizo activo	Peligroso
C4	Electrolítico en corto	Factor de Rizo activo	Peligroso
R1 1.5 K	Soldadura abierta	Cambio de umbral Circuito abierto	Seguro Seguro Seguro
R2 240	Soldadura abierta	Cambio de umbral Circuito abierto	Seguro Seguro Seguro
IM317	Resistencia baja Soldadura abierta	Circuito abierto	Seguro Peligroso
Potenciómetro	Mala Soldadura	Variación de voltaje	Peligroso

Cabe mencionar que los resultados mostrados en las tablas anteriores han sido derivadas de la aplicación del AMEF (Análisis del Modo y Efecto de Falla; ver Capítulo 2). También, cabe destacar que el circuito mostrado en la figura 4.16 ha sido la fuente de análisis del AMEF. Como se puede observar en las tablas anteriores, la aplicación del AMEF fue parcial. Lo anterior fue debido a que no se le encontró de mucha aplicabilidad las etapas posteriores de la metodología tal y como se discute en la siguiente etapa del diagnóstico que se presenta en la siguiente sección.

#### 4.4 Diagnóstico de cobertura del SEBV.

En esta última etapa de diagnóstico, también se llevó a cabo el análisis del sistema electrónico mostrado en la figura 4.16 presentado en la sección 4.3.1. La etapa de la metodología se presenta en el área sombreada de la figura 4.18.

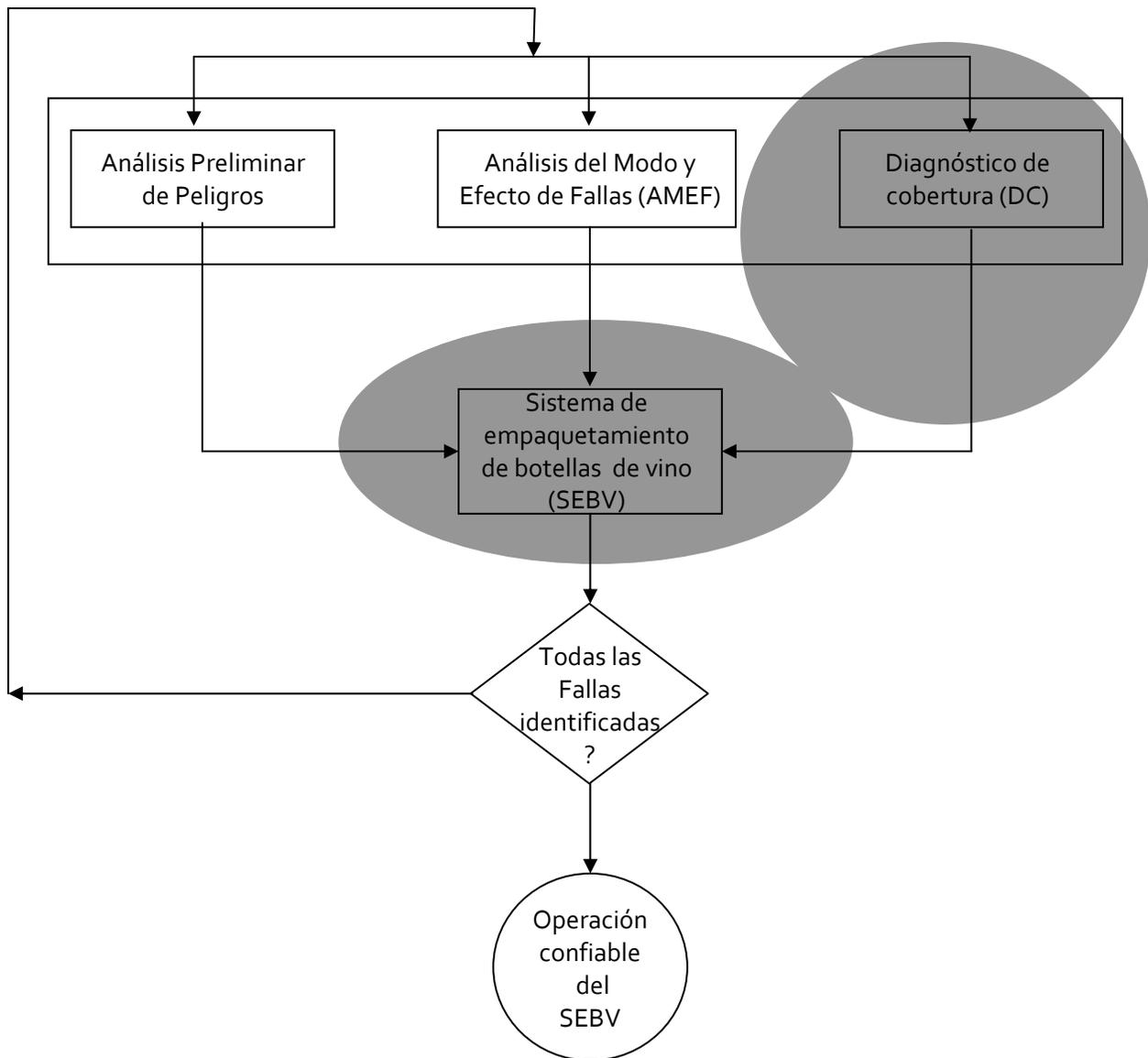


Fig. 4.18 Metodología para el diagnóstico de fallas del SEBV-Diagnóstico de cobertura.

Tal y como se mencionó en la sección anterior, las etapas correspondientes, por ejemplo, a la estimación del número prioritario de riesgo así como el establecimiento de prioridades de

acuerdo a dichas estimaciones, entre otros. Sin embargo, se decidió llevar a cabo un diagnóstico de cobertura y los resultados se presentan en la tabla 4.13.

**Tabla 4.13** Resultados del diagnóstico de cobertura: circuito de la figura 4.16. (Los índices de falla están dados en fallas por un billón de horas)

Nombre	Índice de Falla	Detectabilidad	Modo de falla identificado numérico	Índice de Falla Segura Detectada (SD)	Índice de Falla Segura No-Detectada (SND)	Índice de Falla Peligrosa Detectada (PD)	Índice de Falla Peligrosa No-Detectada (PND)
F1-15 A	0.5	1	0	0	0	0.5	0
	0.5	1	0	0	0	0.5	0
Transformador T1	2	1	0	0	0	2	0
	2	1	0	0	0	2	0
	0.125	1	0	0	0	0.125	0
D1	2	1	0	0	0	2	0
D2	2	1	0	0	0	2	0
D3	2	1	0	0	0	2	0
D4	2	1	0	0	0	2	0
D5	2	1	0	0	0	2	0
D6	2	1	0	0	0	2	0
D7	2	1	0	0	0	2	0
C1	2	1	0	0	0	2	0
C2	2	1	0	0	0	2	0
C3	2	1	0	0	0	2	0
C4	2	1	0	0	0	2	0
R1 1.5 K	0.125	1	1	0.125	0	0.125	0
	0.5	1	1	0.5	0	0.5	0
	0.01	0	1	0	0.01	0.01	0
R2 240	0.125	1	1	0.125	0	0.125	0
	0.5	1	1	5	0	0.5	0
	0.01	0	0	0	0.01	0.01	0.01
IM317	0.125	1	1	0.125	0	0.125	0
	0.5	1	0	0	0	0.5	0
Potenciómetro	0.5	1	0	0	0	0.5	0

Como se mencionó en el Capítulo 2, el concepto de *factor de cobertura* ( $C$ ), el cual ha sido definido como la probabilidad de que la falla será detectada dado que la falla ha ocurrido; el rango de  $C$ , está dada de 0 a 1.

También, cabe destacar que los resultados presentados en la tabla 4.5 derivados del AMEF fueron la base para llevar a cabo del diagnóstico de cobertura (DC). Por ejemplo, para determinar los índices de falla  $\lambda_{SD}$ ,  $\lambda_{SND}$ ,  $\lambda_{PD}$ ,  $\lambda_{PND}$ , los resultados del modo de falla, criticalidad, entre otros, de la tabla 4.12 fueron usados. Los modelos matemáticos empleados para estimar  $C_S$  y  $C_D$  fueron las siguientes:

$$C_S = \frac{\sum_{\text{todos los componentes}} \lambda_{SD_{\text{componente } i}}}{\sum_{\text{todos los componentes}} \lambda_{SD_{\text{componente } i}} + \sum_{\text{todos los componentes}} \lambda_{SND_{\text{componente } i}}} \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

$$C_D = \frac{\sum_{\text{todos los componentes}} \lambda_{PD_{\text{componente } i}}}{\sum_{\text{todos los componentes}} \lambda_{PD_{\text{componente } i}} + \sum_{\text{todos los componentes}} \lambda_{PND_{\text{componente } i}}} \quad (\text{Ecuación 4.2})$$

Finalmente, los valores de  $C_S$  y  $C_D$  fueron de 0.993 y 0.991 respectivamente.

## 4.5 Conclusiones del Capítulo

Este Capítulo presentó el diagnóstico del SEBV mediante la aplicación de tres diferentes métodos o herramientas para la identificación de posibles fallas del sistema. En esencia, las metodologías APP y la AMEF han sido de carácter cualitativa; sin embargo, ambos han demostrado una gran aplicabilidad a este tipo de sistemas eléctricos, mecánicos y electrónicos. Por otro lado, cabe destacar que la APP fue aplicada en un contexto más general de los componentes del SEBV. Sin embargo, se presentaron dificultades para su aplicación en el caso del componente electrónico como el circuito mostrado en la figura 4.16. Esta limitación fue solucionada con el empleo del concepto del *diagnóstico de cobertura* presentado en el Capítulo 2.

La discusión y conclusiones de los principales resultados del diagnóstico de fallas del SEBV se presentan en el siguiente Capítulo.

---

## Conclusiones y Futuro Trabajo

En este último capítulo se presentan la discusión de los resultados y las principales conclusiones del trabajo realizado en este proyecto de investigación. La sección 5.1 presenta una discusión de los aspectos más relevantes del análisis llevado a cabo en el Capítulo 4. Las conclusiones y las propuestas de solución derivadas del análisis se exponen en la sección 5.2. Finalmente, el futuro trabajo se plantea en la sección 5.3.

### 5.1 Discusión

El diagnóstico de fallas de sistemas socio-técnicos es de vital importancia para garantizar la confiabilidad y disponibilidad de los mismos cuando se requieran. Este trabajo de tesis surge como una necesidad obvia en el sentido de que es un proyecto de continuación de uno inicial que se presentó en un proyecto de licenciatura (Blas, 2006). Esto es, el proyecto de licenciatura consistió en una propuesta de automatización de una máquina empaquetadora de botellas de vino (ver Capítulo 2 y 3). En las subsecuentes secciones se presenta una discusión de los aspectos más relevantes de los resultados presentados en el Capítulo 4.

#### 5.1.1 Diagnóstico de fallas del SEBV-APP.

Los resultados del análisis preliminar de peligros (APP) se presentaron en las tablas 4.1 - 4.9 en el Capítulo 4. El empleo del APP permitió llevar a cabo el diagnóstico de fallas desde una perspectiva más general del SEBV; esto ayudó a identificar fallas de componentes clave, tales como: botones pulsadores, botón pulsador-detector de final de carrera, relevador de control, contactor magnético, motor, electroválvulas, cilindros neumáticos, conectores y mangueras neumáticos, PLC.

Una de las ventajas que se observaron en la aplicación del APP al caso de estudio fue la versatilidad que tiene en el proceso de identificación de fallas. No solamente se identifican las posibles fallas, pero también las posibles soluciones al problema identificado.

Sin embargo, cuando se intentó aplicar el APP a un nivel más profundo del SEBV (por ejemplo en el caso de un circuito del sistema electrónico; ver figura 5.1), los resultados fueron no muy satisfactorios; y se puede argumentar que fue una de las limitaciones de esta herramienta.

Los resultados más relevantes se resumen en la sección 5.2.2.

### 5.1.2 Diagnóstico de fallas del SEBV- AMEF

Dadas las limitaciones del APP, para el caso del circuito mostrado en la figura 5.1, un componente fundamental en el SEBV, se decidió aplicar el AMEF (ver capítulo 2 y 4) y los resultados se muestran en la tabla 4.12 del Capítulo 4.

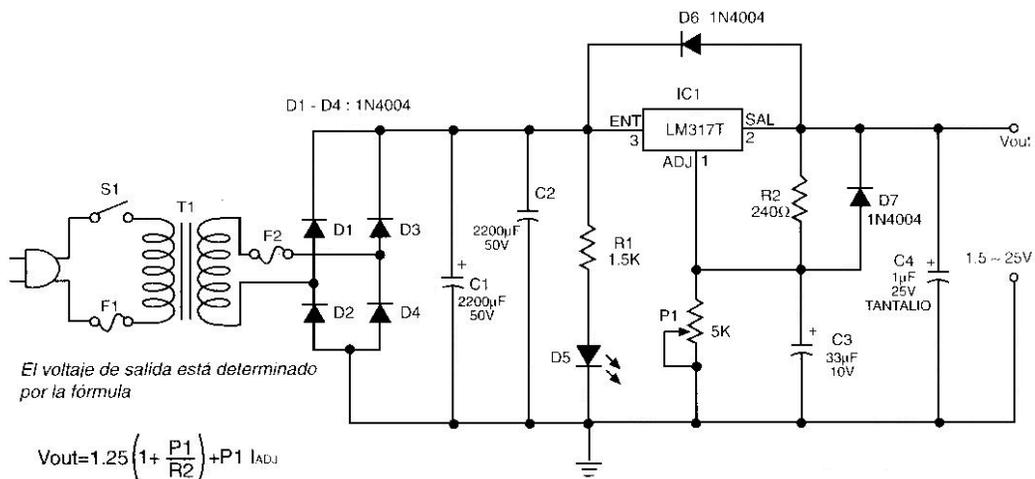


Fig. 5.1 Circuito analizado (Blas, 2006).

Al igual que en el caso del APP, el diagnóstico del circuito de la figura 5.1 mediante la aplicación del AMEF, no fue suficiente. Sin embargo, permitió la identificación de los modos de falla, las posibles causas de las mismas, sus posibles consecuencias, así como su criticidad. Es importante señalar que el criterio de criticidad que se consideró fueron dos aspectos solamente:

"peligroso" y "seguro". Aquí, "peligroso" implica que si ocurre alguno de los modos de falla, por ejemplo, el circuito dejaría de funcionar. Por otro lado, "seguro" significa que si ocurre algún modo de falla, el circuito seguiría de alguna manera funcionando.

### 5.1.3 Diagnóstico de fallas del SEBV- Diagnóstico de cobertura.

En el Capítulo 2 se definió el *factor de cobertura* ( $C$ ), como la probabilidad de que la falla será detectada dado que la falla ha ocurrido; el rango de  $C$ , está dada de 0 a 1. Sin embargo, hay otros conceptos asociados con  $C$ ; por ejemplo, los siguientes índices de falla: índice de falla segura detectada ( $\lambda_{SD}$ ), índice de falla segura no-detectada ( $\lambda_{SND}$ ), índice de falla peligrosa detectada ( $\lambda_{PD}$ ), y el Índice de falla peligrosa no-detectada ( $\lambda_{PND}$ ). Cabe resaltar que el término "falla peligrosa" y "segura" debe de interpretarse en el contexto explicado en la sección anterior (ver columna de "criticalidad" en tabla 4.12 del Capítulo 4). Los resultados del diagnóstico se presentan en la tabla 4.13 del Capítulo 4.

El valor numérico del "modo de falla" en una de las columnas de la tabla 4.13 se obtuvo con el criterio de que si el modo de falla es "peligroso" o "seguro". Se le asignó el valor de "0" si el modo de falla es "seguro" y "1" si resulta ser "peligroso". De manera similar se obtuvieron los resultados de la columna "detectabilidad" en la tabla 4.13.

Finalmente, los resultados de  $C_S$  y  $C_D$  fueron obtenidas mediante la aplicación de los modelos matemáticos presentados en el Capítulo 4. Los valores de  $C_S$  y  $C_D$  fueron de 0.993 y 0.991 respectivamente. Cabe destacar que dichas estimaciones resultaron bajas en relación, por ejemplo, a 0.999. Lo anterior se debe a la falta de información confiable de los índices de falla asignados a cada componente del circuito (figura 5.1); en muchos casos los valores del índice de falla de otros componente fueron asignados a los componentes que no se contaba con dicha información.

Se puede argumentar que lo anterior representa una de las limitaciones de este tipo de diagnóstico. Se asumen valores que no corresponden a los reales. Otras de las limitaciones es que los índices de falla asignados a cada componente son los que de alguna manera se conocen, pero no siempre se

conocen todas. Finalmente, los circuitos modernos pueden ser más complejos y en donde todavía no se conocen dichos índices; por lo tanto los resultados de este tipo de diagnóstico numérico tienen que ser tomados con cautela. En general, se puede argumentar que esta es una de las limitaciones más grandes de los métodos cuantitativos en el diagnóstico de fallas de sistemas.

## **5.2 Conclusiones y Recomendaciones**

Esta sección presenta las conclusiones del proyecto de tesis así como las recomendaciones derivadas del mismo.

### **5.2.1 Conclusiones**

Las conclusiones acerca de los objetivos planteados en este proyecto de tesis. Se puede argumentar que los objetivos planteados han sido cumplidos satisfactoriamente.

### **5.2.2 Recomendaciones**

De acuerdo a los resultados presentados en el Capítulo 4, esta sección se listan las posibles acciones que se tienen que llevar a cabo para prevenir los peligros de falla identificados en el Capítulo 4.

#### **Botones pulsadores**

Peligro(s) de falla identificado(s): Falta de elemento de entrada de señal eléctrica.

Acciones de solución:

- ✓ seleccionar los botones pulsadores que toleren corrientes mayores al sugerido para prevenir sobrecalentamientos internos.
- ✓ considerar dos botones pulsadores al arrancar el sistema automatizado.
- ✓ instalar un micro-switch o interruptor selector que se active o cierre el circuito antes de pulsar los botones.

#### **Botón pulsador-detector de final de carrera**

*Peligro(s) de falla identificado(s):* Corto circuito al cerrar el circuito de control, esfuerzos mecánicos y precisión de contactos evaluados incorrectamente:

*Acciones de solución:*

- ✓ seleccionar un final de carrera que pueda soportar la fuerza mecánica de la máquina o dispositivo que lo activara.
- ✓ colocar en un punto estratégico que garantice que el dispositivo se active al ser interceptado con la mecánica de la máquina.
- ✓ seleccionar el botón final de carrera que tolere corrientes mayores al sugerido para prevenir sobrecalentamientos internos.
- ✓ considerar la opción de sustituir estos elementos con sensores de presencia con el cual se tendría un sistema más seguro.
- ✓ llevar a cabo pruebas de fricción con el final de carrera con movimientos suaves, y movimientos fuertes al contacto con la mecánica que lo active.

### **Relevador de control**

*Peligro(s) de falla identificado(s):* Corto circuito al cerrar el circuito de control, falta de elemento de entrada de señal eléctrica.

*Acciones de solución:*

- ✓ el dispositivo se debe ajustar para diferentes tensiones eléctricas de servicio con una tolerancia menos del 100%.
- ✓ seleccionar un elemento de alta confiabilidad.
- ✓ limpiar continuamente los contactos o platinos de este elemento de control.

### **Contactador magnético**

*Peligro(s) de falla identificado(s):* Corto circuito al arrancar el motor, sobrecalentamiento del motor por falso contacto.

*Acciones de solución:*

- ✓ seleccionar un contactor adecuado; es decir el contactor tiene que tener la capacidad de tolerar las corrientes del motor a sí como su par de arranque.
- ✓ instalar caimanes y fijar los bornes de salida del contactor a la entrada del motor.

- ✓ dar mantenimiento preventivo a los contactos y platinos.
- ✓ energizar la bobina con corrientes de fuentes bien reguladas.
- ✓ usar fuentes alternas fijas como apoyo al PLC para energizar Bobinas de contactores y relevadores.

## **Motor**

*Peligro(s) de falla identificado(s):* Mal torque en la flecha del motor. Sobre calentamiento del motor por falso contacto.

### *Acciones de solución:*

- ✓ tener ventilación adecuada: motores de inducción de jaula de ardilla o motores con ventilador interno.
- ✓ Los motores deben estar conectados y aislados adecuadamente.
- ✓ Los motores deben conectarse eléctricamente a su tipo de alimentación ideal.
- ✓ Los motores tienen que estar sujetos o embragados a una mecánica ideal de acuerdo a su par de arranque.
- ✓ Los motores tendrán que estar equipados con elementos de protección contra sobrecargas (OLS'S).
- ✓ Los motores tienen que conectarse con conductores eléctricos del calibre adecuado.
- ✓ cuidar la topología o diseños del diagrama de control eléctrico al que va conectado el motor.
- ✓ El motor debe tener su conexión interna de acuerdo a su característica y sujeto a la normatividad correspondiente.

## **Electroválvulas**

*Peligro(s) de falla identificado(s):* No activaría elemento de control o vástago de cilindro, Chicotear con las mangueras.

### *Acciones de solución:*

- ✓ Las electroválvulas neumáticos deben estar limpios.
- ✓ Las electroválvulas deben de tener conectores exactos es decir sin fugas de aire.
- ✓ Las mangueras deben de ser las adecuadas que interconectan a las electroválvulas y cilindros.
- ✓ Se debe cuidar que su bobina tenga la corriente ideal y/o correcta.

## **Cilindros neumáticos**

Peligro(s) de falla identificado(s): No activaría elemento de control o embragues mecánicos, Chicotear con las mangueras.

### Acciones de solución:

- ✓ Los cilindros neumáticos deben estar limpios internamente.
- ✓ Estos cilindros debe de tener una salida de drenado adecuado, es decir sin obstáculos.
- ✓ El cilindro debe tener las condiciones necesarias de lubricación.
- ✓ Se debe tener la presión suficiente de aire comprimido para el cilindro neumático.
- ✓ contar con una compresora adecuada para tener buen suministro de presión de aire comprimido.

## **Conectores y mangueras neumáticos**

Peligro(s) de falla identificado(s): Falta de elemento de entrada de señal neumática.

### Acciones de solución:

- ✓ Los conectores deben de ser las adecuadas y estándar al acoplamiento de los cilindros y electroválvulas del sistema automatizado.

## **Controlador lógico programable**

Peligro(s) de falla identificado(s): Proceso no continuo y confiable de empaquetamiento:

### Acciones de solución:

- ✓ seleccionar adecuadamente el PLC.
- ✓ diseñar adecuadamente una interfaz entre el PLC y una computadora para el monitoreo de los elementos de proceso.
- ✓ garantizar que el programa automatizado para la empaquetadora de vinos funcione con una lógica y sincronía exacta en su diseño.
- ✓ el sistema debe de tener lámparas indicadoras de encendido y apagado y deberán estar aterrizados a tierra.

### **5.3 Futuro trabajo**

Dentro de las actividades que se contemplan como futuro trabajo se listan las siguientes:

- ✓ Re-diseñar el sistema considerando los peligros que se han identificado en este proyecto de tesis.
- ✓ Llevar a cabo un estudio probabilístico para determinar numéricamente las probabilidades de falla de los componentes del sistema.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

Aliana Mingot Tomas. (2006). Diccionario de las ciencias Larousse. (Recopilación de Tomos)

Antonio Guillen Salvador. (2006). Aplicaciones industriales de la neumática. Editorial Marcombo.

Bertalanffy Von, L. (1959). *Teoría General de los Sistemas*. Editorial Fondo de Cultura Económica. México. 1976.

Bertalanffy Von, L. (1959). The Theory of Open Systems in Physics and Biology. En: *Science*. N°3. 1959. Páginas 23-29.

Blas-Blas, S. (2006). Modernización del empaquetamiento de botellas de vino en cajas de cartón. Tesis de Licenciatura. ESIME-ZAC, IPN. México.

Ckeckland, P. (1993). *Systems thinking, Systems practice*. Wiley Chechester, UK.

Festo – Didactic, Esslingen. (2006). Introducción a la electroneumática.

Gigch, v. P. (2003). *Teoría General de Sistemas*. Editorial Trillas.

Hall, A.D. & R.E. Fagen. (1975). Definition of System. En: *General Systems*. Jg 1. 1975. Páginas 18.28.

J. Hyde. (1996). Control electroneumático y electrónico. Editorial Alfaomega.

R. Acker, J. Franz, T. Hartman, A. Hopf, M Kontel. (2000). Controles lógicos programables. Editorial FESTO didactict.

Rogelio Cano García. (2006). Automatización y controladores lógicos programables. Editorial Politécnico.

Teja Zúñiga Eduardo. Control de Motores I. Editorial IPN.

---

## Características Generales de PLCs

### A.1 Selección del PLC

Si se decide utilizar un PLC en determinada aplicación, habrá que seleccionar, entre las distintas ofertas que se presentan en el mercado, el equipo que mejor se adapte a las necesidades del caso. Esta decisión se toma en base a una serie de criterios cuantitativos y cualitativos.

#### A.1.1 Factores cuantitativos

Están referidos a la capacidad que precisa el equipo para soportar las necesidades dadas para el sistema de control. Pueden agruparse para varias categorías:

- a) Entradas/Salidas
- b) Tipo de control
- c) Memoria
- d) Software
- e) Periféricos
- f) Físicos y ambientales

#### a) ENTRADAS Y SALIDAS

Lo primero que hay que hacer para seleccionar un PLC es determinar el número de E/S, tanto analógicas como digitales, que tienen que poder manejar el equipo.

Después de contar el número de dispositivos que hay que leer (entradas) o gobernar (Salidas), conviene sobredimensionar este en un 10 o 20%, reservando espacio para posibles ampliaciones futuras.

#### b) TIPO DE CONTROL

Si se trata de una aplicación en la que se quiere controlar varias áreas o máquinas interrelacionadas, aunque con funciones autónomas, cabe la posibilidad de ejercer un control

centralizado o bien distribuido. El inconveniente del control centralizado es que, si falla la unidad Central del PLC, se produce una parada total de la instalación. Para evitar este problema, se puede utilizar Unidades centrales redundantes; una unidad esta activada, mientras que la otra esta en reserva, haciéndose cargo del control en el caso de que deje de funcionar la primera.

#### c) MEMORIA

La unidad central incorpora una determinada memoria, en consonancia con la potencia del programa. Por motivos básicamente económicos. Un equipo ofrece varias opciones de memoria (1K, 2K, 4K, instrucciones, etc.) Además debe existir la posibilidad de ampliar la memoria en un futuro.

#### d) PERIFÉRICOS

En el caso de terminales de programación, la unidad tipo calculadora es ideal para pequeños programas o modificaciones, ya que cubre las necesidades y resulta económica. Por otro lado, las consolas incorporan la posibilidad de interconexión con otros periféricos, como impresoras. Además, aportan ayudas a la programación. Actualmente se puede programar mediante PC, lo que supone un ahorro, ya que es un equipo habitual en las empresas.

#### e) FACTORES FÍSICOS Y AMBIENTALES

En cada caso, habrá que evaluar las condiciones ambientales de la instalación (polvo, humedad, temperatura, etc.)

### **A.1.2 Factores cualitativos**

Después de valorar los aspectos cuantitativos de la aplicación sometida a estudio, el abanico de PLC's aptos se vera reducido a dos o tres equipos distintos. Entonces es cuando hay que tener en cuenta otros factores, que influirán a más largo plazo, como son:

- Ayudas al desarrollo del programa.
- Fiabilidad del producto.
- Servicios del suministrador.

- Normalización en planta.
- Ayudas al desarrollo del programa.

- FIABILIDAD DEL PRODUCTO.

Un parámetro que da una idea de la fiabilidad del PLC es el Tiempo medio entre ellos, proporcionado por el fabricante.

- SERVICIO DEL SUMINISTRADOR

Es importante, previo a la instalación del equipo, la formación del personal de programación y de mantenimiento. También es importante de disponer de información técnica completa referente de la instalación, programación y mantenimiento del equipo.

## **A.2 Lenguajes de programación**

La función de todos los lenguajes de programación es la de permitir la comunicación entre el usuario y el PLC mediante un dispositivo de programación. El programador define las tareas de automatización en programas de mando. Estos se componen de un conjunto de instrucciones convenientemente ordenadas por el usuario. Los lenguajes más comunes que nos podemos encontrar en los PLC's son:

- Lista de instrucciones.
- Diagrama de contactos.
- Bloques de funciones.
- Grafset.

### **A.2.1 Lista de instrucciones**

El lenguaje de lista de instrucciones está disponible en casi todos los PLC's programables (en los de gama baja es el único de que disponen). El programa se representa como una sucesión de abreviaturas. Además de las instrucciones que definen los operadores lógicos, las cuales permiten la transcripción directa de las ecuaciones de Boole, este lenguaje posee instrucciones que realizan funciones de temporización, contador, manejo de datos, operaciones aritméticas, etc. (Ver A1).

SEGMENTO 34			01F4
01F4	:U	E	1.3
01F6	::	A	5.4
01F8	:xxx		
SEGMENTO 35			01FA
01FA	:U	E	2.1
01FC	:O	M	2.2
01FE	::	A	5.3
0200	:xxx		
SEGMENTO 36			0202
0202	:U	E	1.1
0204	::	A	5.2
0206	:xxx		
SEGMENTO 37			0208
0208	:U	E	0.0
020A	::	A	5.8
020C	:xxx		
SEGMENTO 38			020E
020E	:U	E	0.1
0210	::	A	5.0
0212	:xxx		
SEGMENTO 39			0214
0214	:U	E	0.2
0216	::	A	4.7
0218	:xxx		

Fig. A1 Lista de Instrucciones

### A.3 Diagrama de contactos

El lenguaje de diagrama de contactos (Ver figura A2) es un lenguaje gráfico que utiliza los símbolos eléctricos para la programación de las funciones de mando. Los símbolos utilizados corresponden a la norma americana de representación de esquemas eléctricos NEMA. Inicialmente, este lenguaje estaba limitado solo a las funciones equivalentes de réles, usando los símbolos de contactos eléctricos y de bobinas. Pero ahora se disponen de instrucciones de temporizador, contador, manipulación de datos, aritméticas y control de programa.

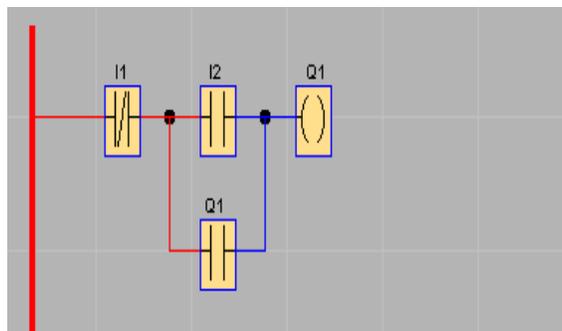


Fig. A2 Diagrama de contactos diseñado en software de Siemens

#### A.3.1 Bloques de funciones

En este lenguaje gráfico, las funciones booleanas se representan con símbolos lógicos. El programa resultante es similar a un esquema lógico, como los utilizados en la electrónica digital. Ver figura A3.

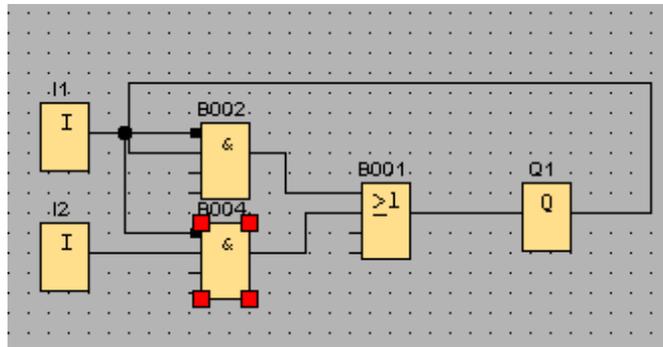


Fig. A3 Bloque de Funciones diseñado en software de Siemens

### A.3.2 Grafcet

En estos últimos años, algunos fabricantes han adoptado el Grafcet como lenguaje de programación de sus equipos. Esta tendencia se está viendo incrementada desde su reconocimiento como norma CEI 848. Este lenguaje gráfico es especialmente apropiado para la programación de los procesos secuenciales de las máquinas. Ver figura A4.

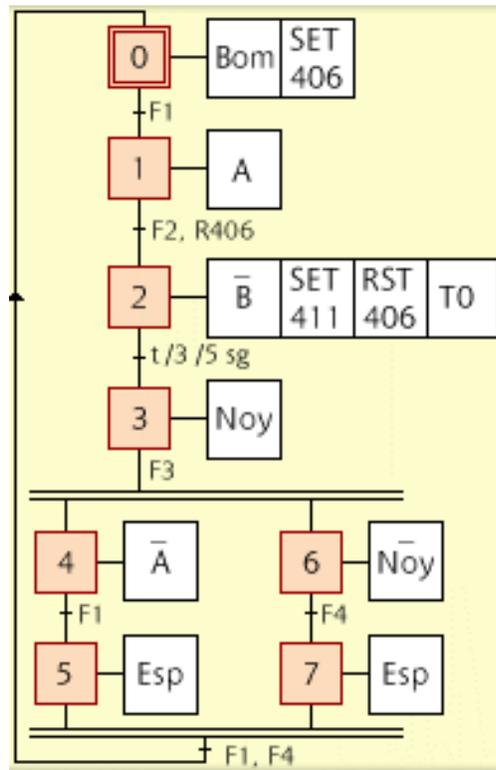
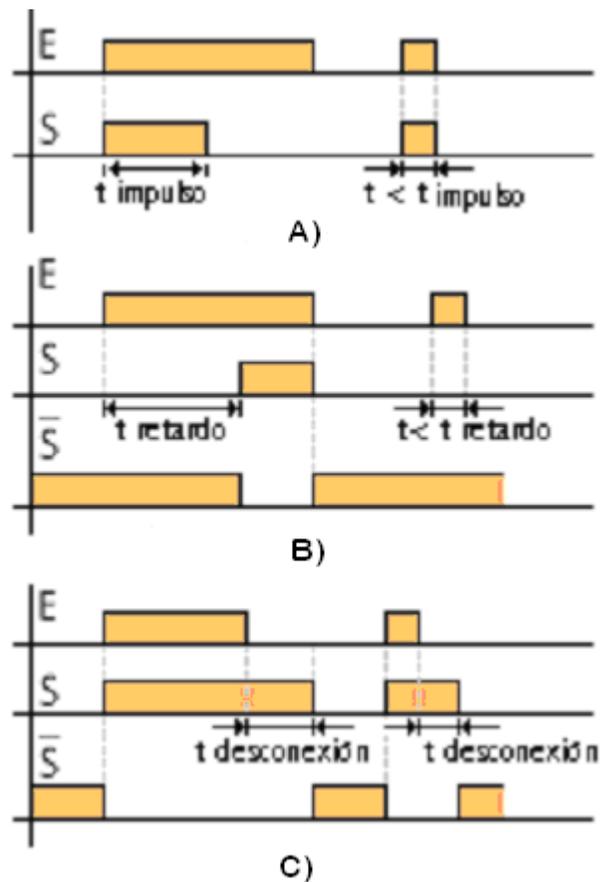


Fig. A4 Grafcet

## A.4 Temporizadores

Un temporizador es un dispositivo capaz de retardar una orden de salida (activación o desactivación) durante cierto tiempo, en respuesta a una señal de entrada. Existen cuatro funciones distintas de temporización (Ver figura A5):

- Impulsos.
- Retardo a la conexión.
- Retardo a la desconexión.



**Fig. A5** A) Impulsos B) Retardo de conexión C) Retardo de desconexión.

E: Entrada de mando,

S: Salida directa (contacto abierto en reposo)

$\bar{S}$ : Salida negada (contacto cerrado en reposo)

## **A.5 Contadores**

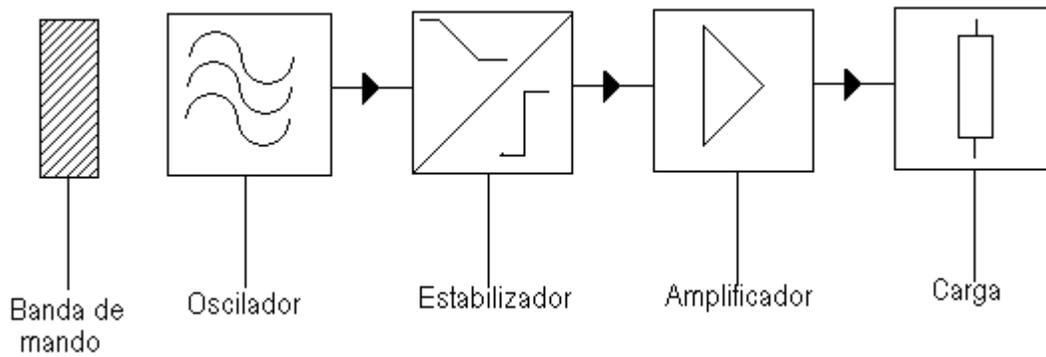
Un contador es un dispositivo capaz de medir (contar) el número de cambios de nivel en una señal de entrada, activando una señal de salida cuando se alcanza un valor prefijado. Existen otros dos tipos de contadores: incremental y bidireccional (up/down). Las instrucciones de contador activan una señal de salida cuando el número de cambios de nivel de una señal de entrada alcanza un valor prefijado. Estas funciones son útiles para transferir datos pertenecientes a estados internos o externos del PLC, así como constantes seleccionadas por el programador, a otro lugar interno o externo del mismo. Estas funciones permiten realizar la comparación entre dos cantidades, fijas o variables, internas o externas. Generalmente cuando se cumple la comparación se activa un BIT como indicador.

## **A.6 Sensores sin contacto**

En la práctica se deben requerir materiales móviles (piezas, etc.) en máquinas e instalaciones para ser contadas. Casi siempre se opta por no utilizar finales de carrera mecánicos o magnéticos. En el primer caso no alcanza la fuerza de accionamiento de la pieza para accionar al interruptor, mientras en el segundo caso, la conducción del elemento no se hace ya por cilindros, como para poder pulsar magnéticamente. Existe la posibilidad, sin embargo, de hacer estas pulsaciones sin necesidad de contacto. Los sensores sin contacto tienen dos importantes ventajas con respecto a los sensores táctiles: no dañan al objeto detectado y, al no estar sujetos a contactos repetidos, pueden tener una mayor duración.

## **A.7 Sensores inductivos**

Los sensores inductivos constan de un oscilador, un paso de aumento y un amplificador. Ver figura A6.



**Fig. A6** Partes de un sensor inductivo

Su funcionamiento es el siguiente: El oscilador genera, con ayuda de su bobina oscilante, un campo alterno de alta frecuencia en forma de casquete que se desborda de la cara frontal del sensor. (Fig. 2.10.1.1)

Su acción detectora consiste en que el circuito inductivo del oscilador se encuentra abierto por la cabeza sensible del detector, cerrándose sus líneas de fuerza a través del aire. Al acercarle un objeto metálico se produce variaciones en el circuito oscilante que provocan la amortiguación y el cese de las oscilaciones. Según las necesidades, se pueden emplear sensores inductivos para sistemas con corriente alterna o corriente continua. (Figura A7)

**Existen tres tipos de sensores:**

- Corriente alterna: a 2 hilos 127 Volts
- Namur: de dos hilos usados en la industria química.
- Corriente continua: tiene tres hilos utilizando el cableado, el código de colores siguiente:

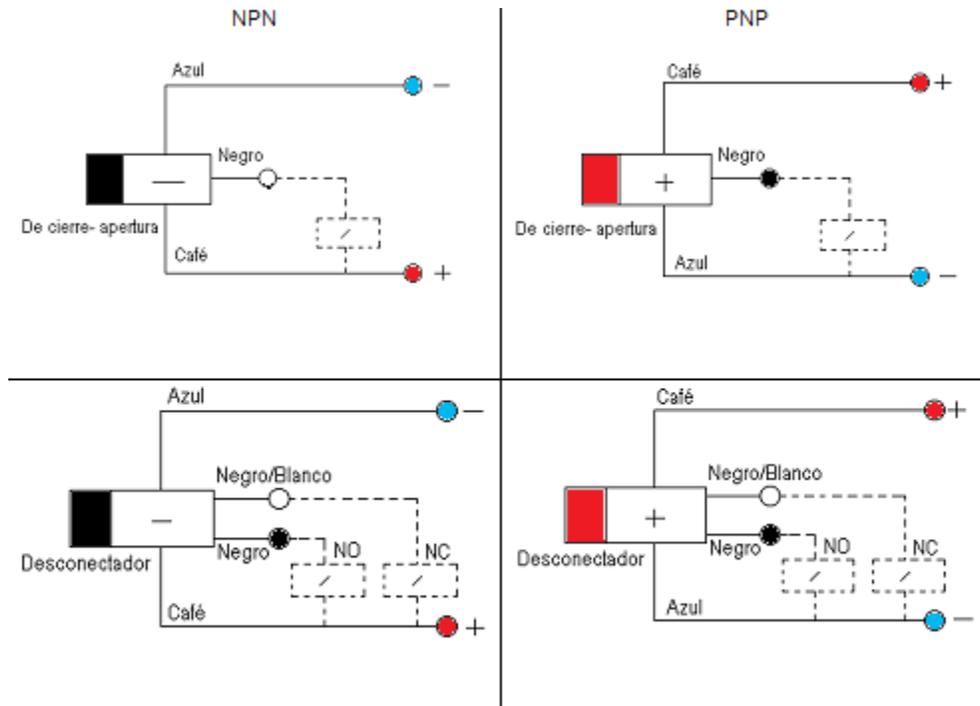


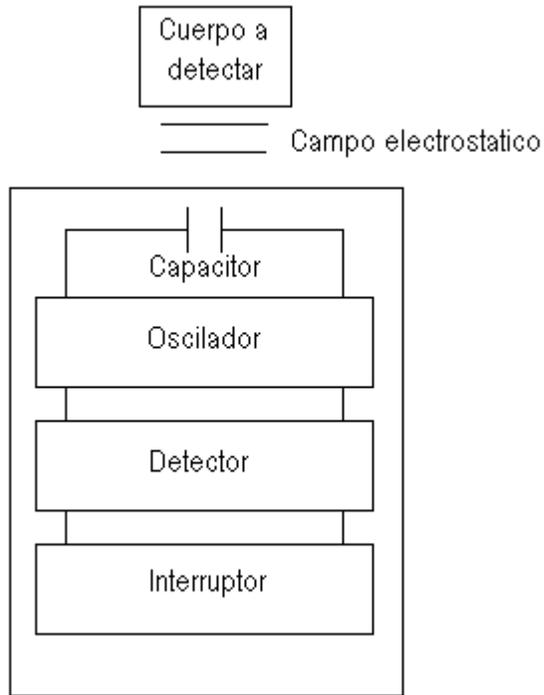
Fig. A7 Sensores de corriente continua

## A.8 Sensores capacitivos

En estos sensores la parte activa es una capa de placas metálicas montadas en la parte posterior de la superficie sensora. Las placas forman parte del elemento capacitivo de un oscilador. Cuando algún cuerpo está dentro del intervalo de detección del sensor, un cambio en la forma y en las características dieléctricas hace que cambie la capacitancia, con lo que se altera el oscilador y se suministra una señal al interruptor.

Los interruptores capacitivos actúan, a diferencia de los inductivos, sobre todos los materiales (aún no metálicos), cuyas propiedades dieléctricas provocan una variación de la cara activa. Esto significa, sin embargo, que magnitudes disturbadas como polvo o viruta pueden ser detectadas.

Es por esta razón por lo que la mayor parte de sensores capacitivos llevan incorporado un ajuste de sensibilidad para adaptarlo a cada uno de los elementos a detectar de acuerdo con sus propias características y constitución. (Figura A8)



**Fig. A8** Partes de un sensor capacitivo.

---

## Descripción de Algunos Elementos Electro-mecánicos

### B.1 Descripción y operación de elementos electromecánicos

En todas las instalaciones eléctricas industriales en donde aparecen motores eléctricos, la función de la instalación eléctrica de los mismos, no sólo es llevar la energía hasta ellos, también requieren de medios de conexión y desconexión así como el control de los mismos, dependiendo de la aplicación específica para la cual fueron seleccionados.

Los controladores de los motores eléctricos fueron desarrollados para controlar su operación. Un controlador de un motor define y controla las acciones del motor, tales como: arranque y paros, inversión del sentido de giro y el cambio de velocidad de un motor. Como los controladores son cada vez más sofisticados, se han desarrollado y mejorado dispositivos de protección para los operadores y el equipo. La función principal de un controlador de un motor eléctrico es arrancar y parar, proteger al motor, la carga y al operador; el cambio de sentido de rotación del eje o flecha y el cambio en la velocidad de operación, son funciones secundarias.

El término genérico "control de motores" significa muchas cosas, desde un simple interruptor de palanca hasta un complejo sistema de componentes, tales como, relevadores, controles de tiempo, etc. Por lo tanto, la función común es la misma en cualquier caso: este es, controlar alguna operación del motor eléctrico. Controlador.- Dispositivo o grupo de dispositivos que sirven para gobernar, en alguna forma predeterminada, la potencia eléctrica suministrada a los equipos a los cuales están conectados. Con el concepto anterior se puede definir al control, como el dispositivo que nos ayuda a realizar, las operaciones necesarias para que el equipo a controlar,

funcione de acuerdo a las características específicas de la máquina la cual nos proporciona un trabajo.

### **B.1.1 Funciones del controlador**

Los controladores tienen que desarrollar varias operaciones o funciones las cuales pueden tener diferentes aplicaciones, estas funciones normalmente son: Arranque, marcha, paro, control de velocidad, inversión del sentido de giro y protección.

**Arranque:** Deberá arrancar al motor de acuerdo a las características propias de la máquina, tanto eléctricas como mecánicas. Por ejemplo, algunos motores de acuerdo a su potencia, no pueden ser arrancados directamente a la línea, algunas veces por su alto par de arranque o por su alta corriente de arranque, por lo tanto hay que elegir un arrancador que reduzca su corriente de arranque o su par de arranque.

**Marcha:** Aquí el controlador deberá proporcionar, alguna opción de operación tales como: marcha constante, marcha a impulsos o marcha en intervalos de tiempo definido.

**Paro:** En algunas ocasiones para detener la marcha de un motor, no basta con desconectarlo de la línea, puesto que este continúa girando. Por lo tanto para aplicaciones donde se requiere un paro inmediato, el controlador deberá ser capaz de imprimir una acción de freno. Por ejemplo los elevadores, grúas, etc.

**Control de velocidad:** El control, cuando así se requiera será capaz de controlar la velocidad de los motores o de variarla dentro de algunos rangos precisos.

**Inversión del sentido de giro:** En los procesos industriales, la maquinaria requiere que su motor tenga la capacidad de invertir su sentido de rotación y esta función nos la proporciona el control.

**Protección:** La protección que debe proporcionarnos un control es primordialmente contra sobrecargas, aún cuando pueden proporcionar un sistema de protección contra sobrecorrientes, inversión de rotación y cambio de velocidad.

## **B.2 Tipos de controles**

Dependiendo de su tipo de operación los controladores (arrancadores) se pueden clasificar en:

**Manuales:** Cuando el elemento humano interviene durante toda la operación o sea que los elementos que componen al control son entrelaces mecánicos. Se utilizan generalmente en pequeñas máquinas eléctricas, donde el operador y el control están cerca de la máquina.

**Semiautomáticos:** Cuando el elemento humano interviene durante el principio de la operación. Cuando esto sucede se trata de dispositivos magnéticos, generalmente con sistemas de control llamados a 3 hilos.

**Automáticos:** Cuando el elemento humano no interviene durante la operación del control. Al igual que el sistema semiautomático es un dispositivo magnético, con un sistema de control llamado a 2 hilos.

### **B.2.1 Tipos de elementos usados en control**

A los elementos que intervienen en los sistemas de control, se clasifican generalmente en cuatro tipos que son: de mando, básicos, de salida y auxiliares.

**Elementos de mando:** Se les llama elementos de mando a los que convierten en acción las señales eléctricas que emiten. Tales como; estaciones de botones, interruptores de presión, interruptores de límite, etc.

**Elementos básicos:** Son los que efectúan la parte del control, recibiendo las señales de los elementos de mando y la procesan de tal manera que la señal de salida sea la adecuada para el funcionamiento del sistema. Estos suelen ser los relevadores de tiempo, contactores auxiliares, etc.

**Elementos de salida:** Reciben las señales de los elementos básicos o directamente de los elementos de mando y la adecuan para el buen funcionamiento de los motores. Estos elementos son los contactores electromagnéticos del sistema de fuerza.

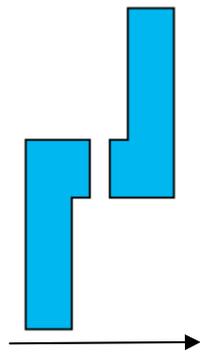
**Elementos auxiliares:** Son los que realizan funciones específicas en el control, tales como; los dispositivos de protección, de señalización, autotransformadores, resistencias, etc.

## **ELEMENTOS DE ENTRADA DE SEÑAL ELÉCTRICOS**

Estos elementos tienen la tarea de transmitir las señales eléctricas de los más variados puntos de un mando (instalación) con diversos accionamientos y tiempos de función, al sector de procesamiento de señales. Si el mando de tales aparatos se hace a través de contactos eléctricos, se habla de mando de contacto, en vez de mando sin contacto o electrónico. Se distingue, por su función, los elementos de apertura, de cierre o alternos. (Figura B1).

En el caso de cierre tiene la tarea de cerrar el circuito eléctrico, mientras que el de apertura debe abrirlo. Al alterno abre o cierra dicho circuito.

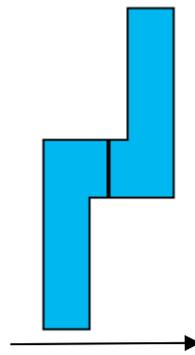
Elemento de cierre



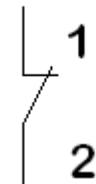
Accionamiento



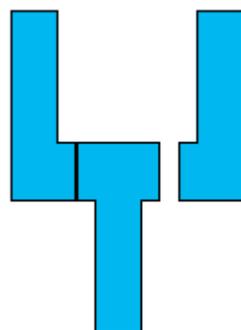
Elemento de apertura



Accionamiento



Conmutador



Accionamiento

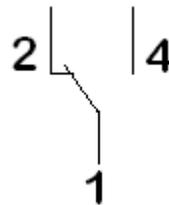


Fig. B1 Elementos de mando de contacto

El conmutador (alternativo) es una construcción conjunta de elementos de cierre y de apertura. Ambos contactos tienen un elemento de conexión, que en su posición de equilibrio tiene contacto sólo con un borne.

El accionamiento de estos elementos puede ser manual, mecánico o por control remoto (energía eléctrica o neumática de mando). Otra distinción existente entre un pulsador y un interruptor. El pulsador (de palanca, de botón) toma, al ser accionado, una posición de contacto, que dura tanto como el accionamiento sobre él. Al soltarlo, regresa a su posición de reposo.

El interruptor (fijo, de cierre) toma una posición específica de contacto al ser accionado. Para que se mantenga esta posición, no se debe seguir accionando al interruptor. El interruptor es casi siempre enclavado mecánicamente. Al aplicarle un nuevo accionamiento regresa a la posición de reposo.

### **PULSADOR DE BOTÓN**

Para que una máquina o una instalación se puedan poner en movimiento, se emplea un elemento de entrada de señal. Un pulsador de botón es un elemento tal, que sólo toma la posición de contacto deseada al ser accionado de continuo.

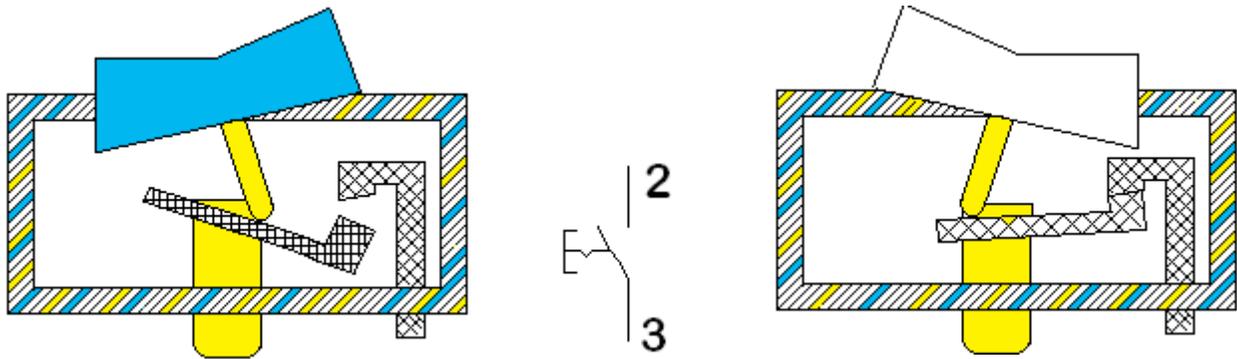
### **INTERRUPTOR DE BOTÓN**

Estos interruptores son enclavados mecánicamente al primer accionamiento. En el segundo accionamiento se libera el enclavamiento y el interruptor regresa a la posición de reposo. El interruptor de botón, así como el pulsador ya descrito, están normalizados por la norma DIN 43 605 y tienen una construcción específica. (Figura B2).

Accionamientos:

Encendido		On	Ein
Apagado	O	Off	Aus

Estas marcas se pueden encontrar cerca o directamente sobre el botón.



Contacto abierto

Contacto cerrado

Fig. B2 Interruptor de botón

### DETECTOR DE FINAL DE CARRERA

Cuando se requiere una acción determinada de acuerdo con el movimiento de una maquinaria, se utiliza un interruptor de límite o fin de carrera. Este dispositivo está construido de tal manera que una palanca o brazo móvil del interruptor es empujado por algún elemento móvil de la máquina.

El punto de vista que rige la elección de dichos elementos de entrada de señal reside en el esfuerzo mecánico, la seguridad de contacto y la exactitud del punto de contacto. Normalmente tiene los finales de carrera un conmutador. En casos especiales son posibles, sin embargo, otras combinaciones de interruptor.

También se distinguen los finales de carrera por la forma de contacto: Gradual o repentino. En el primero la apertura o el cierre de los contactos se hace a la misma velocidad que el accionamiento (propio para velocidades de arranque pequeñas).

El accionamiento de pulsador de límite puede ser por medio de una pieza constitutiva, como un botón o una palanca de rodillo. Para montarlo y accionarlo se deben seguir las recomendaciones del fabricante y se deben mantener el ángulo de arranque y la carrera posterior.

### **B.3 Contactor magnético**

Un alto porcentaje de aplicaciones requieren que el controlador tenga suficiente capacidad de operación desde localizaciones apartadas o que tengan una operación automática en respuesta a señales que le llegan de algún dispositivo de mando. Los contactores manuales no pueden proporcionar este tipo de control y consecuentemente se usan los contactores magnéticos. El principio de operación que distingue un contactor magnético de uno manual, es el uso de un circuito electromagnético y este consiste en una bobina de alambre devanada en un núcleo de hierro.

Cuando la corriente se envía a través de la bobina se produce un fuerte campo magnético que atrae un trozo de hierro, llamado armadura, el electroimán puede compararse a un magneto o imán permanente. El campo del imán permanente, sin embargo mantendrá a la armadura contra las superficies o caras del imán en forma indefinida, por lo que la armadura no podrá caerse o separarse a menos que físicamente se le empuje. En el electroimán al interrumpirse el flujo de corriente a través de la bobina, la armadura no se desprenderá por la acción del campo magnético remanente en forma inmediata, pero gracias a la presencia de un espacio de aire en el circuito magnético llamado entrehierro, la armadura caerá inmediatamente.

**Entrehierro:** Parte de un circuito magnético en el cual el flujo magnético circula fuera del hierro.

**Bobina auxiliar de sombra:** Esta bobina consiste en una sola vuelta de material conductor (generalmente cobre o aluminio) montado en la cara o superficie del magneto. El flujo magnético principal induce una corriente en la bobina auxiliar de sombra y esta corriente establece un flujo magnético auxiliar que queda fuera de fase del flujo principal. Este flujo mantiene a la armadura sellada cuando el flujo principal vale cero (que ocurre 120 veces por segundo, con una corriente

alterna de 60 ciclos/segundo). Sin esta bobina la armadura tendería a separarse cada vez que el flujo principal pasara portero, esto daría por resultado un ruido excesivo, desgaste en las caras del magneto y armadura dando como resultado un calentamiento. (Figura B3)

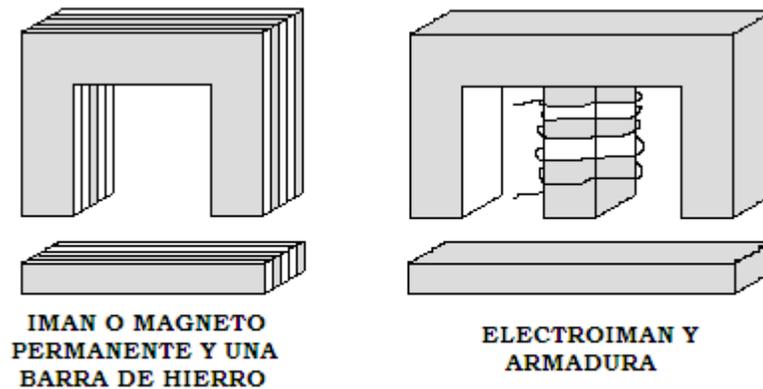


Fig. B3 Núcleo y armadura del contactor de un arrancador.

### B.3.1 Funcionamiento del contactor

Al aplicarle una corriente entre las terminales de la bobina (7), el campo magnético producido por el magneto (5) atraerá la armadura (9) provocando que el brazo (10) se desplace, moviendo la barra de montaje (4) que a su vez empuja los contactos móviles (2) cerrando el circuito con los contactos fijos (1). La alimentación se conecta en las letras "L" y el motor en las letras "T". Los resortes de presión tienen dos funciones, cuando los contactos permanecen cerrados proporcionan la tensión suficiente entre ellos y cuando por la bobina deja de circular corriente ayudan al entrehierro para que la armadura se aleje del magneto inmediatamente, abriendo el circuito.

## B.4 Relevadores

### RELEVADOR DE CONTROL

Anteriormente se empleaban los relevadores principalmente en la técnica a control remoto como amplificadores. Hoy día se emplean en las instalaciones y máquinas para tareas de control y regulación. En la práctica los relevadores deben llenar ciertos requisitos.

- Número de contactos elevado.
- Contacto tan pequeño como intensidades y tensiones relativamente altas.
- Alta velocidad de funcionamiento, para obtener tiempos de contactos corto.
- No requerir de servicio.

Un relevador es un dispositivo electromagnético cuyos contactos se usan en los circuitos de control de los arrancadores magnéticos. Los relevadores se usan generalmente para amplificar la capacidad de corriente de los contactos o multiplicar las funciones de apertura y cierre.

Los relevadores son elementos constructivos que funcionan con cierto gasto de energía. Los relevadores son empleados para procesar señales. Se pueden utilizar como interruptores electromagnéticos para rendimiento específico del contacto. (Figura B4 y B5)

Aún cuando hay un sinnúmero de formas constructivas de un relevador, el principio de funcionamiento es en todos los casos el mismo.

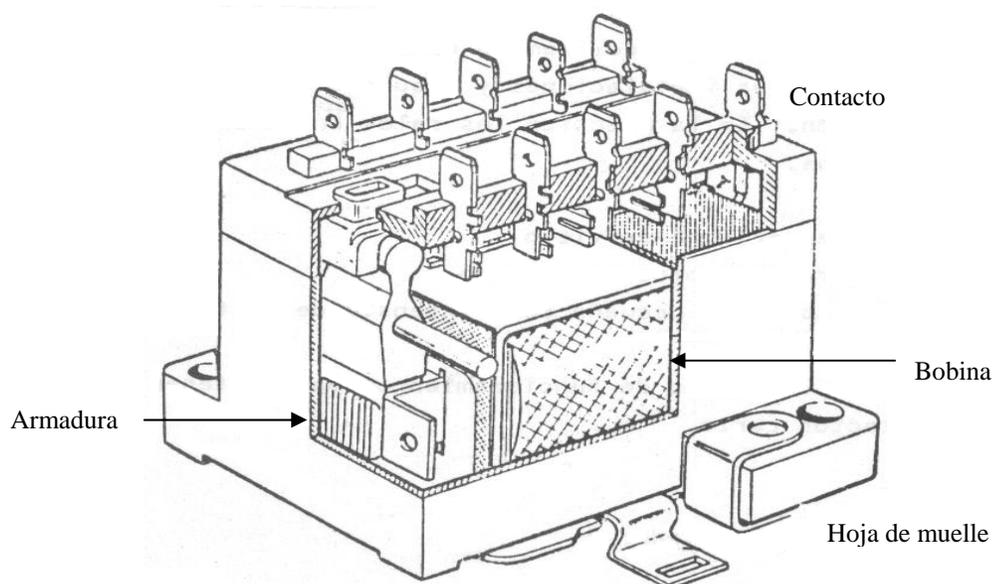


Fig. B4 Relevador por sujeción de muelles

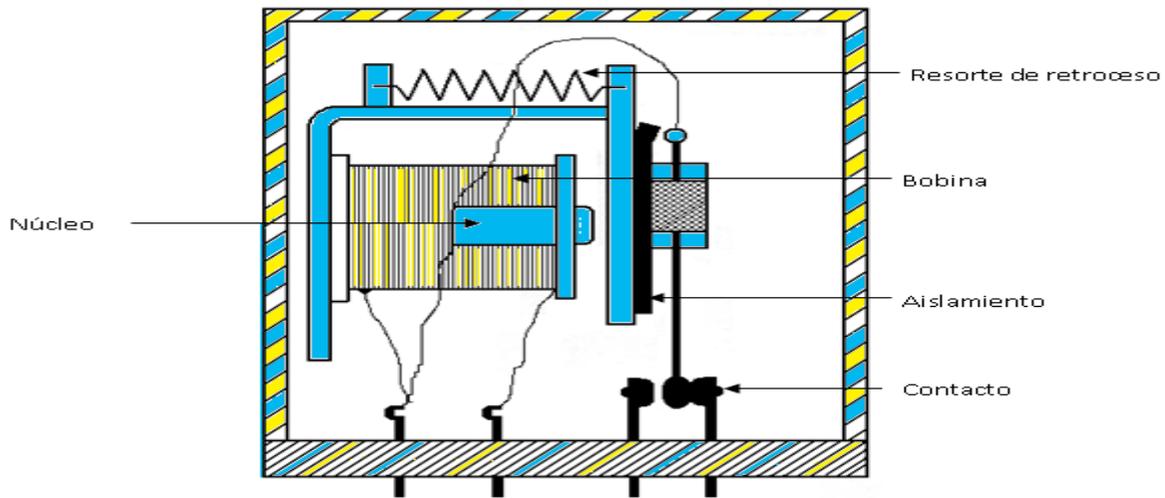


Fig. B5 Relevador por casquillo de inserción

#### B.4.1 Funcionamiento del relevador

Al inducir una tensión en la bobina fluye corriente eléctrica por el devanado, se genera un campo magnético, por el que la armadura es atraída hacia el núcleo de la bobina. La armadura misma está unida mecánicamente a contactos que son abiertos o cerrados. Esta condición de contacto dura tanto como la tensión dura. Al quitar la tensión la armadura es llevada a su posición original con ayuda de un resorte.

En la práctica se proporcionan esquemas para los relevadores, con el fin de facilitar la lectura de diagramas mediante una representación sencilla. (Figura B6)

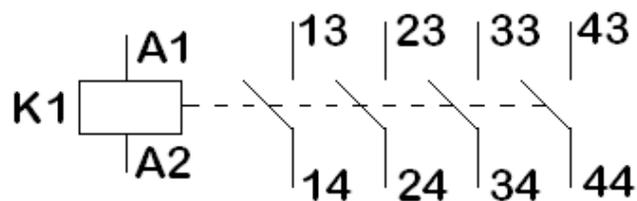


Fig. B6 Representación de un relevador de control con contactos N.A.

El relevador se señala con K1, K2, K3, etc., el mando eléctrico con A1 y A2 (terminales de la bobina), el relevador ocupa cuatro interruptores de cierre, según muestra la figura 3.2.1.6.3. Ayuda además la numeración 13-14, 23-24, 33-34, 43-44. El primer número es una numeración de los contactos, mientras el segundo indica si son cerrados o abiertos dichos contactos. En el ejemplo de la figura B6, los numero 13-14, para el número 1 significa que son el par número 1 de contactos y el 3 consecutivo 4 que se trata de contactos normalmente abiertos ó de cierre.

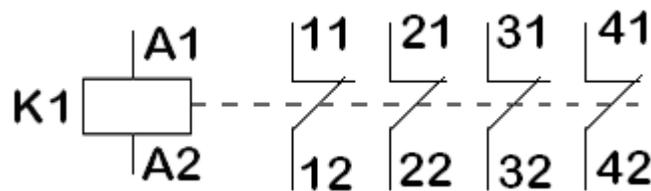


Fig. B7 Representación de un relevador de control con contactos N.C.

En la figura numero B8 se trata de un relevador con cuatro interruptores normalmente cerrados o de apertura. También están numerados en pares de contactos 11-12, 21-22, 31-32, 41-42. De misma forma que en la figura B7 la primer cifra de los pares de números significa el lugar que ocupa ese par de contactos y la siguiente cifra del par, es decir, 1 y 2 significan que son contactos normalmente cerrados o de apertura.

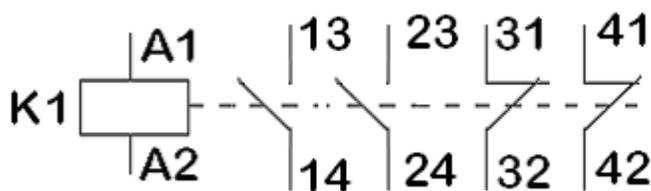


Fig. B8 Representación de un relevador de control con contactos N.A. y N.C.

Si se emplean diversos contactos distintos se utilizan relevadores con interruptores de cierre y de apertura en un aparato. La identificación numérica es de gran ayuda en la práctica. Facilita la conexión de relevadores. El hecho de que en la era de la electrónica el relevador ocupe aún un lugar preponderante, tiene razones muy claras.

Ventajas:

- Ajuste sencillo para diferentes tensiones de servicio.
- Independencia extensa térmica en su contorno. Aún a temperatura de cerca de 353 °K (80 °C) a 233 °K (-40 °C) trabajan de forma confiable.
- Resistencia relativamente alta entre los contactos de trabajo conectados.
- Pueden ser conectados varios circuitos eléctricos independientes.
- Se dispone de una separación galvánica entre el circuito eléctrico de control y el circuito eléctrico principal.

Puesto que todas estas características positivas de los relevadores son deseadas y completamente cumplidas por ellos, el relevador seguirá ocupando su lugar en el control como elemento interruptor. Sin embargo, el relevador manifiesta como todo aparato algunas desventajas.

Desventajas:

- Roce de los contactos por arco de luz o por oxidación.
- Gran volumen contra transistores.
- Ruidos al hacer contacto.
- Velocidad de contacto limitada de 3 ms – 17 ms.
- Influjos de suciedad (polvo) en los contactos.

#### **B.4.2 Relevador de tiempo**

Este tipo de relevadores tiene la tarea de conectar o desconectar los contactos, ya sean de apertura o de cierre, en un circuito eléctrico, en un tiempo determinado y controlado.

Se habla de elementos temporales con retardo a la conexión y de retardo a la desconexión. Consideremos el relevador de temporización con retardo a la conexión: Si se le conecta tensión, es decir, el pulsador S es accionado, arranca el tiempo preestablecido.



**Fig. B9** Representación de un relevador de tiempo con retardo a la conexión.

Al alcanzarse el tiempo establecido, se cierra la corriente con el conector No. 18. (Figura B9) una señal de salida determina el recorrido subsecuente del mando.

El retardo se lleva de la siguiente manera: Los elementos enmarcados en la figura B10 se encuentran en el elemento temporizador. Al cerrar el contacto S1 fluye la corriente sobre la resistencia R1 y energiza la bobina del relevador K1, pero hasta que se haya cargado el condensador C por el contacto de apertura K1. El tiempo depende de la resistencia R1. Al conectarse el relevador K1 se cierra el circuito eléctrico en el conector No. 18. El contacto K1 junto al condensador cierra el circuito por la resistencia R2. Gracias a ello puede descargarse el condensador. El proceso puede reiniciarse.

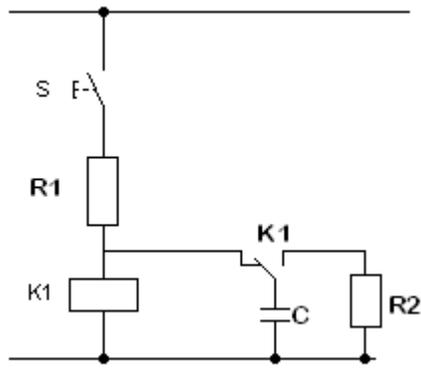


Fig. B10 Representación de un relevador de tiempo retardo a la conexión.

En el caso del relevador de temporización con retardo a la desconexión aparece pronto, al cerrarse el pulsador S, existe una señal de salida

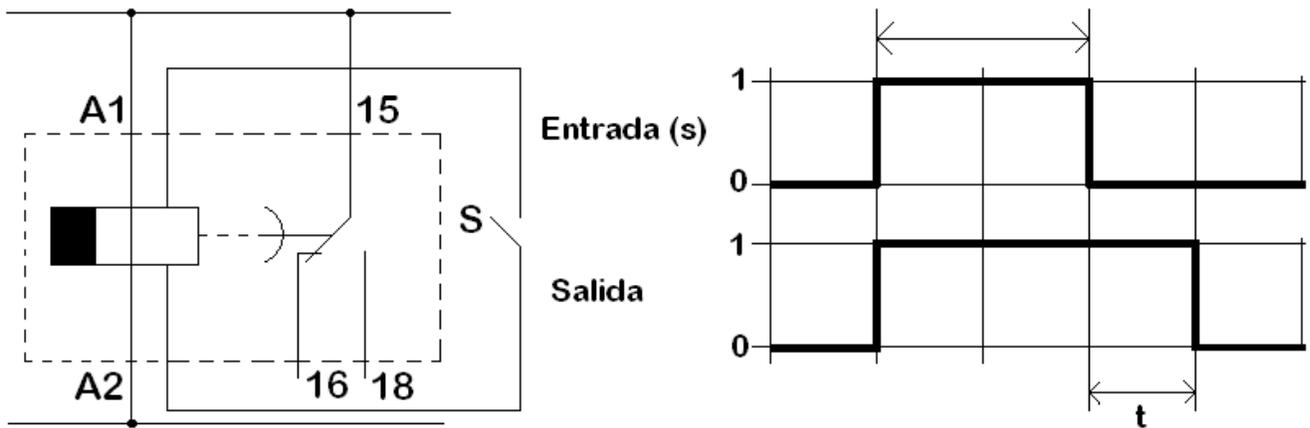


Fig. B11 Representación de un relevador de tiempo con retardo a la desconexión.

En cuanto deja de existir la tensión de control o la señal de entrada, empieza a correr el tiempo de desconexión. Este elemento temporizador funciona de la siguiente manera: Al accionar el pulsador S, se obtiene inmediatamente una señal a la salida ya que se energiza el relevador K1 y conmuta el contacto de cierre K1 (Ver figura B11). Una vez que se obtiene este cierre, el condensador C empieza a cargar a través de la resistencia R1. Al dejar de accionar el pulsador S, se

desenergiza la bobina del relevador  $K_1$ , a su posición de reposo y desaparece la señal de salida una vez que se descargue el condensador  $C$  por  $R_2$  a través de  $K_1$ . Ver figura B12.

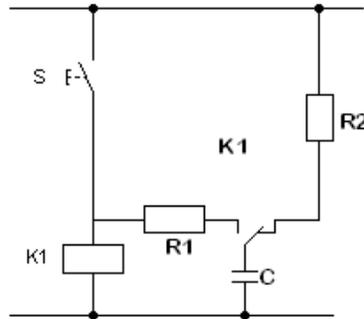


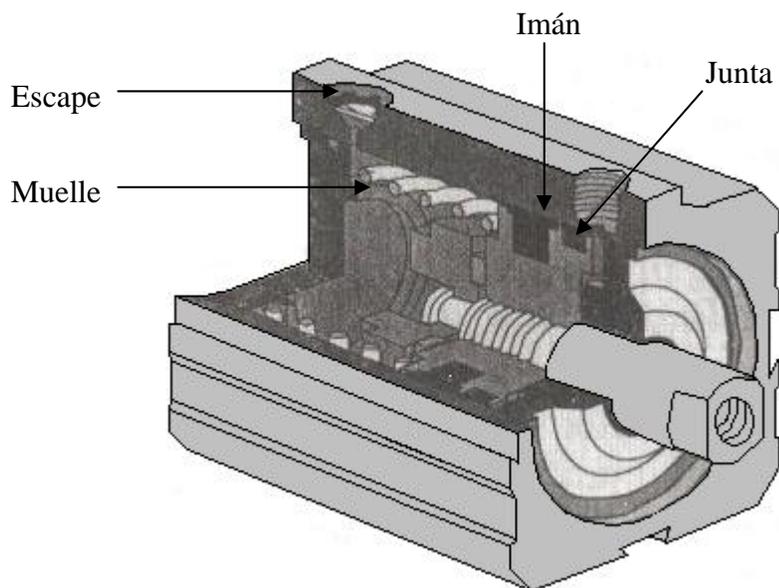
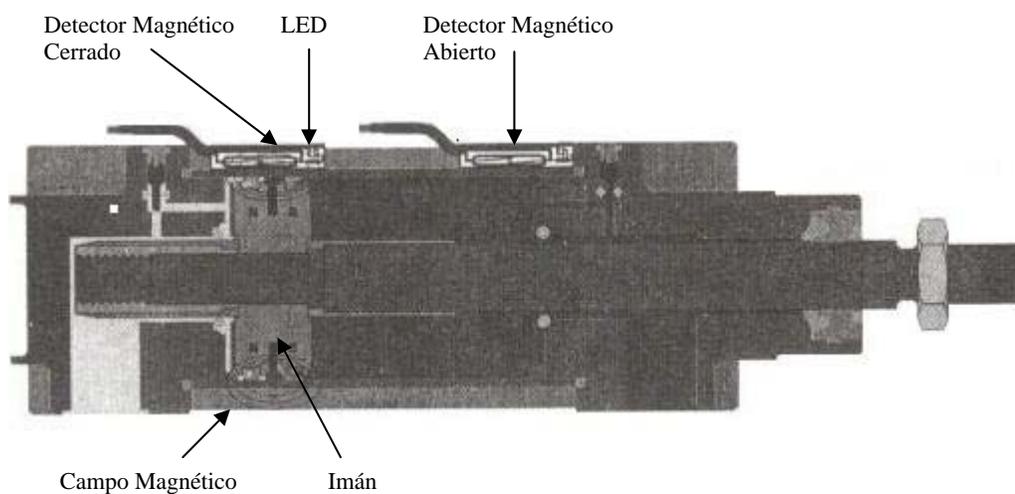
Fig. B12 Representación de un relevador de tiempo con retardo a la desconexión.

#### B.4.5 Cilindros magnéticos

El control de la posición del cilindro se puede llevar a cabo mediante la colocación adecuada de interruptores eléctricos y/o neumáticos de accionamiento mecánico. Este método de control requiere un diseño y fabricación previos de unas piezas precisas y complejas, puesto que debe unirse al vástago un conjunto de levas, con el fin de ejecutar el accionamiento de dichos interruptores. Todo esto se puede simplificar en gran medida usando cilindros magnéticos (Figura B13). Los interruptores magnéticos se pueden adaptar rápidamente al exterior de la camisa del cilindro. Cuando el pistón magnético pasa bajo el interruptor magnético se conseguirá una señal que realimentará la posición del pistón. Este es un método muy útil e interesante para fijar y ajustar la posición de los conmutadores de realimentación.

Los cilindros magnéticos constan de un aro de material magnético dispuesto alrededor de la circunferencia del pistón. Los polos norte y sur están dispuestos en el mismo eje de movimiento del pistón. La camisa del cilindro está hecha de material no magnético, lo cual permite al campo magnético creado por el pistón extenderse formando un área circular móvil alrededor de la propia camisa. En el caso de señales de posición intermedias procedente de un cilindro de movimiento

rápido, debe comprobarse que la señal permanece activa durante el tiempo necesario para ser efectiva. De lo contrario, será necesario un dispositivo de memoria para detectarla.



**Fig. B13** Partes de cilindros magnéticos.

## TIPOS DE CILINDROS MAGNÉTICOS.

### RM/28000/M y RM/28500/M (Figura B14)

- Cilindro de simple efecto. Norma ISO, vástago retraído.
- Diámetro en mm: 10, 12, 16, 20, 25.
- Carrera estándar en mm: 10, 25, 50
- Cabeza y culata roscadas RM/28000/M
- Conexión axial en parte posterior RM/28500/M

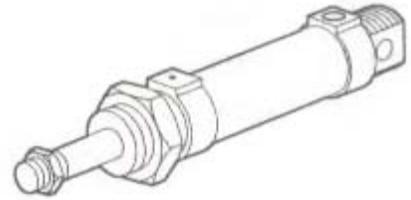


Fig. B14

### RM/8000/M (Figura B15)

- Cilindro de doble efecto. Norma ISO.
- Diámetro en mm: 10, 12, 16, 20, 25.
- Carrera estándar en mm: 25, 50, 80, 100, 125, 160,
  - 200, 250.
- Amortiguación regulable.

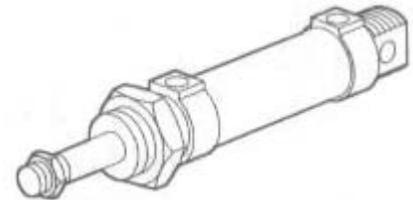
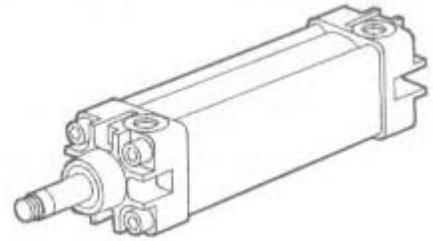


Fig. B15

### **PRA/8000/M** (Figura B16)

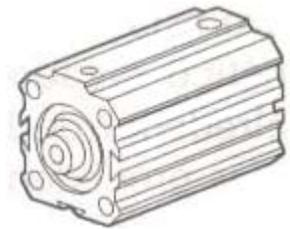
- Cilindro de doble efecto de perfil ligero según
- Norma ISO y VDMA.
- Diámetro en mm: 32, 40, 16, 50, 63, 80, 100.
- Carrera estándar en mm: 25, 50, 80, 100, 125, 160,
  - 200, 250, 320, 400, 500.
- Amortiguación regulable.
- Amplia gama de fijaciones.



**Fig. B16**

### **M/91000/M** (Figura B17)

- Cilindro de simple efecto. Diseño compacto, vástago retraído.
- Diámetro en mm: 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100.
- Carrera estándar en mm: 5, 10 en diámetros de 12 a 25.
  - 10, 25 en diámetros de 32 a 63.
  - 25, 50 en calibres de 80 y 100.
- Amortiguación elástica.
- Fijaciones, bridas frontal y posterior, pie y horquilla vástago



**Fig. B17**

## M/93000/M (Figura B18)

- Cilindro de simple efecto. Diseño compacto, vástago retraído.
- Diámetro en mm: 16, 20, 25, 32, 40, 50.
- Carrera estándar en mm: 5, 10 en diámetros de 16 a 40.
  - 10, 25 en diámetros de 50.
- Amortiguación elástica.
- Fijaciones, bridas frontal y posterior, pie y horquilla vástago

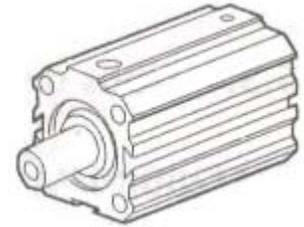


Fig. B18

## DETECTORES MAGNÉTICOS.

Un detector magnético es de dos maneras: un detector de láminas y un sensor sólido. Un detector de láminas básico está formado por un tubo de vidrio que contiene un par de láminas de hierro dulce con puntos de contacto en los extremos, curvadas y en posición abierta, que puede ser movidas por el efecto de un campo magnético. Para ello es necesario que ambos polos estén orientados en paralelo al eje de las láminas, en cualquier ángulo de rotación. Cuando las láminas se encuentran dentro del alcance del campo magnético, se convierten en magnéticas y como los extremos libres son ahora polos opuestos, se atraen y quedan unidos. El tiempo de respuesta es de aproximadamente 0.5 ms y prácticamente no hay brusquedad en el contacto.

Al igual que en todo dispositivo de cierre, se requiere, para hacer que los elementos se unan, un campo de mayor intensidad que la necesaria para mantenerlos en esa posición. Por lo tanto, se puede desplazar el imán un poco más lejos antes de que las láminas se separen. Esto proporciona una anchura de banda muy útil para detectores montados de media carrera, durante la cual el detector está encendido mientras el campo magnético pasa a través de él. La anchura de banda varía entre 4 y 8 mm dependiendo de la combinación detector/cilindro. (Figura B19).

Existe una amplia variedad de detectores magnéticos compatibles con los cilindros, que incluyen tanto detectores de lámina como sensores magnéticos sólidos. Poseen un fuerte revestimiento como protección contra vibraciones e impactos. Su montaje en el cilindro es rápido y fácilmente ajustable en su posición. El cable de conexión eléctrica puede estar preconnectado al detector, o bien con un enchufe de ángulo recto o plano en conexión. Además existen versiones que incluyen una lámpara indicadora LED y otras características.

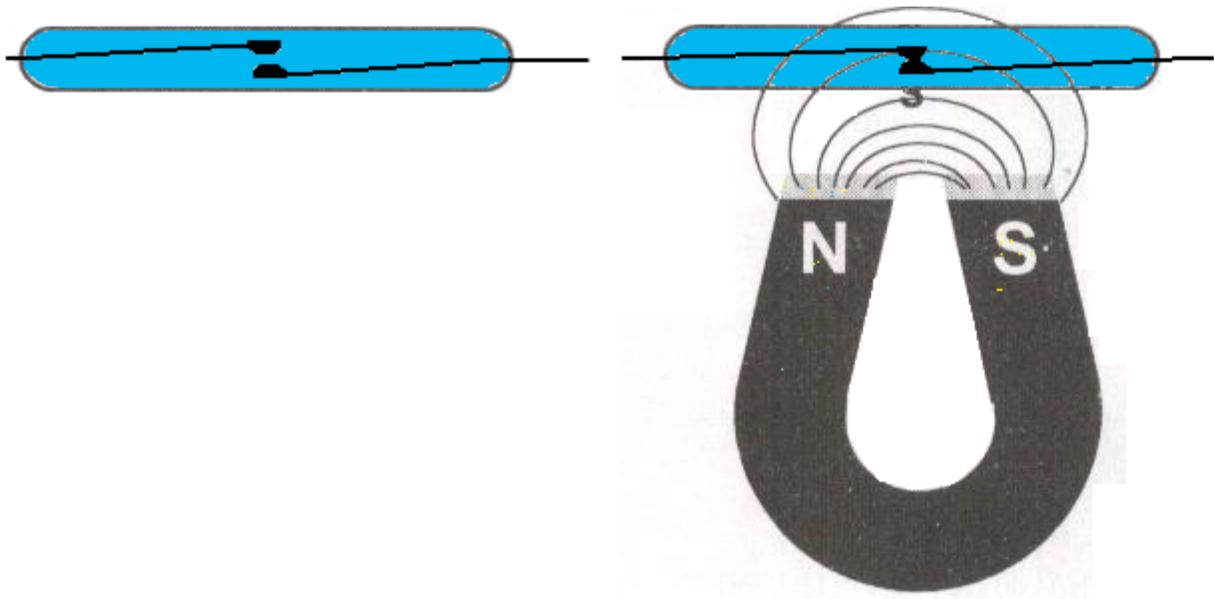


Fig. B19 Funcionamiento de un detector magnético.

#### B.4.6 Válvulas

Los mandos neumáticos están constituidos por elementos de señalización, el elemento de mando y una parte de trabajo. Los elementos de señalización y mando modulan las fases de trabajo de los elementos de trabajo y se denominan válvulas.

Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión y el caudal del fluido enviado por una bomba hidráulica o almacenado en un depósito. En lenguaje internacional, el término "válvula" o "distribuidor" es el término general de todos los tipos tales como válvulas de correderas, de bola, de asiento, grifos, etc.

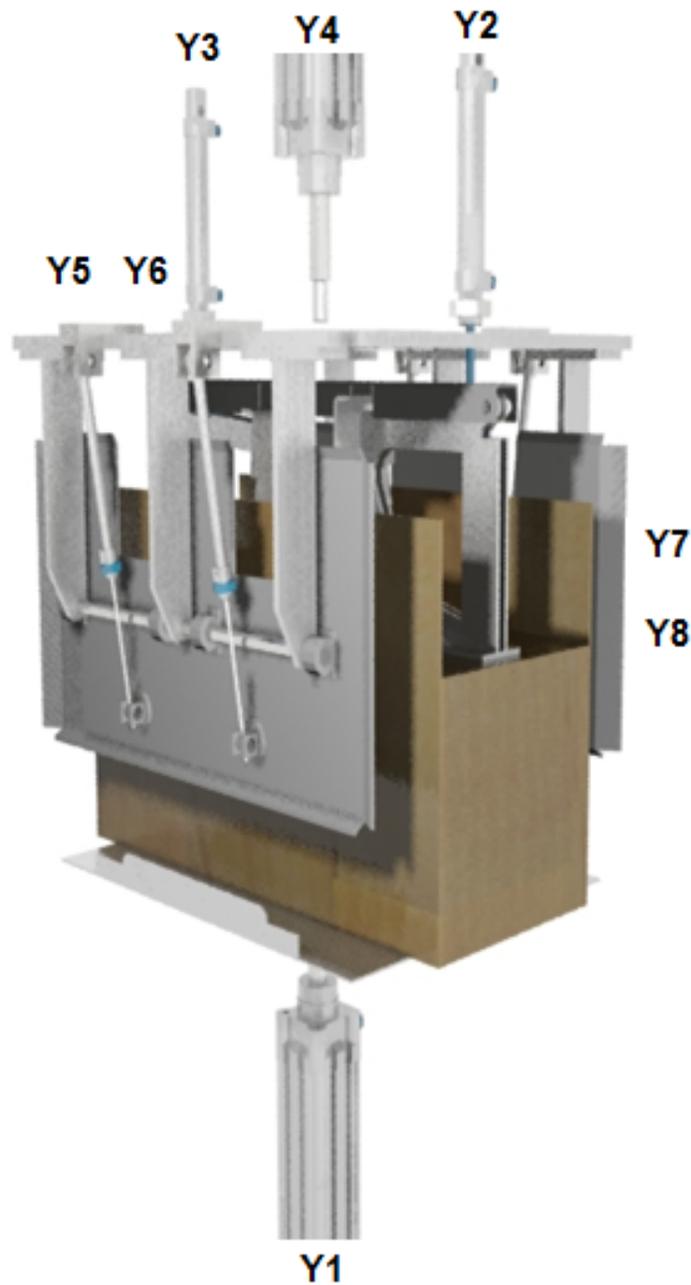
Esta es la definición de la norma DIN/ISO 1219 conforme una recomendación del CETOP (Comité Européen des transmissions Oléhydrauliques et Pneumatiques).

Según su función las válvulas se subdividen en 5 grupos:

1. Válvulas de vías o distribuidoras.
2. Válvulas de bloqueo.
3. Válvulas de presión.
4. Válvulas de caudal.
5. Válvulas de cierre.

## Detalles del Funcionamiento del Sistema

SISTEMA DE MAQUINA EMPAQUETADORA DE BOTELLAS DE VINO



## **FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE LA MAQUINA.**

### **PRIMERA PARTE**

Se acciona el vástago Y1 empujando el mecanismo de doblado completo hacia la parte de arriba

### **SEGUNDA PARTE**

Se acciona el vástago Y3, Y2 y mueven la pieza en forma de D y hacen un medio giro para tapar las tapas frontales y al mismo tiempo hay un final de carrera que inyecta pegamento esto en medio segundo, y regresa a posición inicial.

### **TERCERA PARTE**

Se acciona el cilindro Y4 y baja el mecanismo

### **CUARTA PARTE**

Acciona los cilindros Y4, Y5, Y6, Y7 y tapa las cajas

### **QUINTA PARTE**

Regresan a su posición inicial Y4, Y5, Y6, Y7 medio segundo después Y1, Y4,