

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO ELECTRÓNICO

**TEMA:
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HMI (INTERFAZ
HOMBRE MÁQUINA) EN UNA MÁQUINA FIJADORA DE ETIQUETAS
AUTOADHESIVAS PARA BOTELLAS, DE LA EMPRESA ILSA S.A.**

**AUTORES:
EDWIN JOSÉ NÚÑEZ CEDEÑO
EFRÉN DARÍO ZAMBRANO BUSTOS**

**DIRECTOR:
ANIBAL ROBERTO PÉREZ CHECA**

Quito, julio del 2014

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaramos que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.
Quito, Julio del 2014

Edwin José Núñez Cedeño

CC: 1717547671

Efrén Darío Zambrano Bustos

CC: 1724029192

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi familia por el apoyo incondicional, la confianza y por su respaldo durante estos años.

En especial a mi padre y a mi tío que han estado siempre presentes y pendientes a lo largo de este objetivo en los buenos y malos momentos.

Efrén Darío Zambrano Bustos

Dedico la realización del trabajo de titulación a mi madre, por su trabajo incesante y su incansable fortaleza a mis hermanos, sobrinos, sobrina, familiares y amigos, por todo el apoyo prestado durante esta etapa importante de mi vida.

Edwin José Núñez Cedeño

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Politécnica Salesiana a todos los que conforman esta noble institución, autoridades, profesores, que nos han dado lo mejor para que nosotros seamos buenos profesionales y personas de bien.

Gracias a todas las personas que de una u otra forma tienen que ver con nuestra formación, una vez más gracias por todo.

Efrén Darío Zambrano Bustos

Edwin José Núñez Cedeño

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	3
ANTECEDENTES.....	3
1.1 Justificación del trabajo.....	3
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Objetivos	5
1.3.1 Objetivo general.	5
1.3.2 Objetivos específicos.	5
1.4 Beneficios.....	5
CAPÍTULO 2	6
FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA.....	6
2.1 Fijadoras de etiquetas autoadhesivas	6
2.2 Componentes de una fijadora de etiquetas autoadhesivas	6
2.2.1 Banda móvil con presión hacia abajo (push down) y transportador de botellas..	7
2.2.2 Trayectoria de la cinta de etiquetas.....	8
2.3 Motor de giro a pasos.....	9
2.3.1 Funcionamiento.....	9
2.3.2 Motores paso a paso de 3 fases.	11
2.3.3 Características más importantes del motor a pasos de 3 fases.....	11
2.3.4 Torque del motor a pasos de 3 fases.	12
2.4 Driver de control de potencia para los motores paso a paso de 3 fases	13
2.5 Variadores de frecuencia.....	16
2.5.1 Motor para variador de frecuencia.	17
2.5.2 Variación de frecuencia y de tensión.	17
2.5.3 Curvas de par y velocidad del rotor.	17
2.6 Sensores ópticos	18
2.7 Sensores de marcas	19
2.7.1 Funcionamiento.....	19
2.8 Convertidor AC/DC monofásico semi-controlado.....	20
2.9 Sistema HMI	21
2.10 PLC	23
2.10.1 Tipos de PLCs.....	23
2.11 Lenguajes de programación	24
2.12 Protocolo de Ethernet.....	24

CAPÍTULO 3	26
PROGRAMACIÓN E INSTRUCCIONES PARA EL CONTROL DE MOVIMIENTO	26
3.1 El PLC S7-1214	26
3.1.1 Bloques de usuario para SIMATIC S7-1214 DC/DC/DC.	27
3.2 Control de movimiento	28
3.2.1 Componentes de hardware para el control de movimiento.	29
3.2.2 Salida de impulsos.	29
3.2.3 Integración del objeto tecnológico eje.	30
3.2.4 Agregar el objeto tecnológico eje	32
3.2.5 Configuración del objeto tecnológico eje.	33
3.3 Instrucciones de control de movimiento	35
3.3.1 MC_POWER.	35
3.3.2 MC_RESET.	36
3.3.3 MC_HOME.....	36
3.3.4 MC_MOVEABSOLUTE.....	37
CAPÍTULO 4	39
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL	39
4.1 Características del PLC S7 1200 1214C DC/DC/DC	40
4.2 Elementos de control de la trayectoria de la cinta de etiquetas.....	41
4.3 Diagrama de bloques del control de la trayectoria de la cinta de etiquetas	43
4.4 Diagrama de bloques del control de la banda móvil con presión hacia abajo (PushDown)	45
4.5 Diagrama de bloques de control del rollo de etiquetas autoadhesivas.....	47
4.6 Datos técnicos del motor a pasos de 3 fases	48
4.7 Diseño de la fuente de potencia DC.....	51
4.8 Simbología eléctrica del control de la cinta de etiquetas	53
4.9 Circuito de fuerza de la fijadora de etiquetas autoadhesivas	54
4.10 Control de la fijadora de etiquetas, entradas y salidas del PLC.....	54
4.11 Circuito de control de la fijadora de etiquetas autoadhesivas	55
4.12 Circuito de fuerza del movimiento de la banda con presión hacia abajo (Push Down).....	56
4.13 Circuito de control del movimiento de la banda con presión hacia abajo (Push Down).....	56
4.14 Diseño del programa del PLC para controlar 2 motores a pasos	57
4.14.1 Estructura del Programa para controlar el motor a pasos No 1.....	57

4.14.2 Configuración del Eje_1 para el motor a pasos No. 1 del Cabezal No. 1.....	59
4.14.3 Configuración del Eje_2 para el motor a pasos No 2 del Cabezal No 2.....	64
4.14.4 Agregar bloque de datos.....	64
4.15 Programa para el control del motor a pasos de Cabezal No 2.	65
4.16 Comunicación del PLC S7 1200	66
4.16.1 Conexión de hardware.....	67
4.16.2 Asignar dirección IP a equipo de programación.	67
4.16.3 Asignar dirección IP a la CPU.	68
4.17 Diseño del programa de la pantalla HMI	70
4.17.1 Programación de la pantalla HMI KTP600.....	70
CAPÍTULO 5	79
ESTUDIO ECONÓMICO	79
5.1 Estudio de factibilidad económica	79
5.2 Producción anual de mercancías con etiquetas Autoadhesivas.....	79
5.3 Desperdicios por fallas en el proceso.....	81
5.4 Optimización de recursos	85
5.5 Costo de la implementación	88
5.6 Cálculo del V.A.N y T.I.R	89
CONCLUSIONES	96
RECOMENDACIONES	98
LISTA DE REFERENCIAS	99
ANEXOS	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Conmutación secuencial de energía a los devanados del estator	11
Tabla 2. Agregar el objeto tecnológico eje	32
Tabla 3. Configuración de parámetros básicos	33
Tabla 4. Configuración de parámetros avanzados	34
Tabla 5. Características técnicas PL Siemens S7 1200 1214CDC/DC/DC	40
Tabla 6. Salidas de impulsos del PLC S7 1200 1214C.....	41
Tabla 7. Elementos de control de la trayectoria de la cinta de etiquetas.....	42
Tabla 8. Elementos del diagrama de bloques.....	44
Tabla 9. Características del Motor Asincrónico AEG	45
Tabla 10. Datos técnicos Variador Sinamics G110 Siemens.....	46
Tabla 11. Parámetros en el Variador de Frecuencia Siemens	46
Tabla 12. Características del Motor DC STM	47
Tabla 13. Datos técnicos conversor AC/DC	48
Tabla 14. Datos técnicos del motor a pasos de 3 fases	49
Tabla 15. Datos de calibración del driver para un motor a pasos de 3 fases.....	49
Tabla 16. Datos de corriente por fase del driver para un motor a pasos de 3 fases.....	50
Tabla 17. Simbología eléctrica.....	53
Tabla 18. Configurar y activar el generador de impulsos	60
Tabla 19. Principales variables del programa	60
Tabla 20. Agregar el objeto tecnológico eje y seleccionar el objeto "TO_Axis_PTO".....	61
Tabla 21. Selección generador de impulsos	61
Tabla 22. Parámetros avanzados	63
Tabla 23. Bloque de datos del Eje 1	65
Tabla 24. Configuración IP de PLC	69
Tabla 25. Datos de la ventana de presentación	72
Tabla 26. Datos de la ventana del brazo 1	74
Tabla 27. Datos de la ventana del brazo 1 y brazo 2.....	76
Tabla 28. Variables estándar, de la conexión HMI, PLC usadas	77
Tabla 29. Plan de producción para el año 2014 en cajas con etiquetas autoadhesivas	80
Tabla 30. Costo de desperdicios de Russkaya del año 2013.....	81
Tabla 31. Desperdicios de Russkaya del mes de Marzo del 2014 y su proyección anual.....	82
Tabla 32. Porcentaje y valor en dólares aproximado de ahorro de desperdicios en un año.....	83
Tabla 33. Actividades y número de personal para producir Russkaya	85
Tabla 34. Cambio de formato antes de implementar el sistema de control HMI.....	85
Tabla 35. Cambio de formato después de implementar el sistema de control HMI	86
Tabla 36. Costo de mano de obra por cambios de formato antes del HMI.....	87
Tabla 37. Costo de mano de obra por cambios de formato después del HMI	87

Tabla 38. Equipos anexados al proceso	89
Tabla 39. Egresos por mes	91
Tabla 40. Flujo de dinero en dólares del primer año (2014).....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Banda móvil con presión hacia abajo (push down) y transportador de botellas	7
Figura 2. Sistema de la trayectoria de la cinta de etiquetas	8
Figura 3. Accionamiento de un motor a pasos.....	10
Figura 4. Diagrama secuencial de energía a los devanados del estator	10
Figura 5. Curva característica del torque de un motor a pasos de 3 fases a 1000 pasos/revolución.....	12
Figura 6. Conmutación de onda sinusoidal de un motor por pasos de 3 fases.....	13
Figura 7. Diagrama de control del motor a pasos de 3 fases	14
Figura 8. Diagrama de bloques de la tarjeta de control (driver) del motor de pasos de 3 fases	15
Figura 9. Pulsos de entrada al driver.....	15
Figura 10. Circuito típico de potencia de un variador de frecuencia	16
Figura 11. Curvas de par y velocidad del rotor.....	18
Figura 12. Conexión típica de un sensor óptico de 3 cables salida pnp (+).....	18
Figura 13. Cableado del sensor	19
Figura 14. Circuito del rectificador monofásico semi-controlado	20
Figura 15. Gráfico de funcionamiento del circuito del rectificador monofásico	20
Figura 16. Componentes de un HMI.....	22
Figura 17. Lenguajes de programación.....	24
Figura 18. Componente de un HMI (cable de comunicación RJ45).....	25
Figura 19: PLC S7-1214 DC/DC/DC	26
Figura 20. Bloques del usuario para PLC S7 1214 DC/DC/DC	28
Figura 21. Hardware para el de control movimiento con el PLC S7-1200.....	29
Figura 22. Impulsos por unidad de tiempo	30
Figura 23. Integración del objeto tecnológico	31
Figura 24. Instrucción MC_Power.....	36
Figura 25. Instrucción MC_Reset	36
Figura 26. Instrucción MC_HOME	37
Figura 27: Instrucción MC_MoveAbsolute.....	38
Figura 28. Elementos de control de la trayectoria de la cinta de etiquetas	41
Figura 29. Diagrama de bloques del control de la trayectoria de la cinta de etiquetas	43
Figura 30. Diagrama de bloques del control de la banda móvil	45
Figura 31. Diagrama de bloques del control de la bobina de etiquetas autoadhesivas	47
Figura 32. Circuito de fuerza de la fijadora de etiquetas autoadhesivas.....	54
Figura 33. Circuito de control de la fijadora de etiquetas autoadhesivas	55
Figura 34. Circuito de fuerza del movimiento de la banda con presión hacia abajo	56
Figura 35. a) Circuito de control del movimiento de la banda con presión hacia abajo	56
Figura 36. Estructura (Flujo del programa)	58

Figura 37. Señales de accionamiento	62
Figura 38. Configuración mecánica	62
Figura 39. Comportamiento de la velocidad y aceleración en función del tiempo..	63
Figura 40. Conexión física PLC- PC (Programadora)	66
Figura 41. Configuración IP de red: Estado de conexión. Propiedades de conexión LAN. Propiedades de protocolo TCP/IP	68
Figura 42. Asignar dirección IP a la CPU	69
Figura 43. Asignación de IP pantalla HMI	71
Figura 44. Ventana de presentación	72
Figura 45. Flujograma de la ventana de presentación.....	73
Figura 46. Ventana brazo 1	73
Figura 47. Flujograma del brazo 1	75
Figura 48. Ventana de datos del brazo 1 y brazo 2	76
Figura 49. Flujograma de la ventana del brazo 1 y brazo 2.....	77
Figura 50. Desperdicios del proceso de fijado de etiquetas auto adhesivas, antes y después de la implementación del sistema HMI, en un año	84
Figura 51. Ahorro de desperdicios del proceso de fijado de etiquetas autoadhesivas después de la implementación del sistema HMI en un año en dólares.	84
Figura 52. Costo de horas hombre por cambio de formato al año en dólares.....	88

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Velocidad del motor a pasos de 3 fases.....	12
Ecuación 2. Velocidad de un motor de inducción de corriente alterna.....	16
Ecuación 3. Voltaje en un motor de inducción	17
Ecuación 4. Voltaje pico	21
Ecuación 5. Voltaje máximo	21
Ecuación 6. Voltaje medio o Vdc.....	21
Ecuación 7. Voltaje inverso	21
Ecuación 8. Intensidad máxima	21
Ecuación 9. Intensidad o corriente del diodo	21
Ecuación 10: Tiempo de aceleración del motor a pasos	35
Ecuación 11: Tiempo de deceleración del motor a pasos	35
Ecuación 12. Potencia de un sistema trifásico	51
Ecuación 13. Voltaje de salida DC de un rectificador tipo puente con condensador	51
Ecuación 14. Potencia en un circuito DC.....	52
Ecuación 15. Voltaje de ondulación E_r ; en un rectificador tipo puente con capacitor	52
Ecuación 16. Porcentaje de ahorro aproximado de desperdicios en un mes.....	82
Ecuación 17. Porcentaje de ahorro horas/hombre por cambios de formato al año ..	86
Ecuación 18. Cálculo del VAN.....	90
Ecuación 19. Cálculo del TIR	94
Ecuación 20. Relación costo-beneficio	94

RESUMEN

El presente proyecto desarrolla un sistema HMI (interfaz hombre máquina) para la automatización, actualización del sistema de control de la máquina fijadora de etiquetas autoadhesivas y se pueda controlar, supervisar, visualizar, sus variables en tiempo real.

Para ello, se ha elaborado cinco capítulos, que describen esencialmente la automatización y la implementación del sistema HMI.

En el capítulo uno se plantea la justificación del proyecto, el planteamiento del problema y los objetivos.

En el capítulo dos se presenta la fundamentación científica necesaria para sustentar el presente proyecto.

En el capítulo tres, se describe, las características del control de movimiento, los componentes de hardware, la salida de impulsos, los parámetros básicos y avanzados y las instrucciones de control de movimiento.

En el capítulo cuatro se describe el diseño e implementación del nuevo sistema de control para la fijadora de etiquetas autoadhesivas.

El capítulo cinco presenta un análisis costo / beneficio del diseño e implementación de un sistema HMI en la máquina fijadora de etiquetas autoadhesivas para botellas de ILSA.

ABSTRAC

This project develops a system hmi (human machine interface) for automation, control system upgrade the machine fixing and adhesive labels to control, monitor, display, its variables in real time.

for this, made five chapters, which essentially describes the automation and implementation of the hmi.

system in chapter one rationale for the project, the problem statement and objectives arises.

necessary to support this project scientific basis is presented in chapter two.

chapter three describes the characteristics of the motion control hardware components, pulse output, basic and advanced parameters and motion control instructions.

in chapter four the design and implementation of the new control system for the fixing of stickers is described. chapter five presents a cost / benefit design and implementation of a system for hmi machine fixer adhesive labels for bottles of ilsa analysis

INTRODUCCIÓN

En el proyecto una de las necesidades básicas de las empresas es la de mantener los procesos supervisados y controlados, con el fin de tomar decisiones acertadas a tiempo y basadas en datos reales, la actual tecnología brinda esta posibilidad, con lo que se puede obtener la información necesaria que hará posible la evaluación de las decisiones tomadas he implementadas en una empresa.

Este proyecto brinda una solución de ingeniera, para automatizar e implementar un sistema HMI (interfaz hombre máquina), en la fijadora de etiquetas autoadhesivas, con la utilización de hardware y software existentes en el mercado e implementar un sistema de supervisión y control de las variables del proceso.

La máquina fijadora de etiquetas autoadhesivas, es un equipo para fijar dichas etiquetas en botellas redondas o cuadradas, es única de este tipo en la empresa ILSA, al aumentar la demanda de licores con este material, esta pasa a ser un proceso fundamental.

Mejorar la productividad, transformarlo en un equipo versátil es la razón prioritaria para automatizar este proceso con la tecnología actual.

Se dará una solución a los inconvenientes que posee la fijadora de etiquetas autoadhesivas, con el nuevo sistema de control se podrá disminuir los desperdicios y tiempos de paro, adicional a esto con una adecuada programación se podrá fijar etiquetas autoadhesivas de diferentes diseños y formas.

Para ello, se va a controlar dos cabezales, el cabezal No 1 para fijar etiquetas y el cabezal No 2 para fijar contra etiquetas, cada uno de estos posee un motor a pasos de 3 fases, estos serán activados por drives D900 que convierten la energía DC en energía trifásica controlada a pasos, los drives serán activados por un interfaz de impulsos, para ello se selecciona un PLC S7 1200 Siemens, el cual posee salidas de impulsos de alta frecuencia, su activación y desactivación se efectúa con foto sensores y sensores de marcas.

El software de programación de este PLC permite desarrollar, editar y observar la lógica del programa necesaria para controlar la aplicación, incluyendo herramientas para gestionar y configurar todos los dispositivos del proyecto, tales como PLCs y dispositivos HMI.

Se desarrolla también el sistema HMI que podrá ser operado a través de una pantalla KPT 600 Siemens, donde se podrá visualizar, modificar las variables a ser controladas

CAÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Justificación del trabajo

Industria Licorera Iberoamericana ILSA. SA, catalogada como Empresa de Alimentos, que fabrica bebidas, provee sus productos al mercado nacional y en un pequeño porcentaje de su producción al mercado internacional, por lo que la calidad de su presentación, versatilidad para implementar diferentes presentaciones, continuidad en el proceso, la disminución de la mano de obra, su velocidad de producción, el minimizar desperdicios, evitar reproceso, el buen uso de la energía ahí utilizada, es fundamental para subsistir, competir o crecer en esta rama productiva.

La máquina fijadora de etiquetas autoadhesivas para envases de vidrios redondos o rectangulares, está diseñada para adherir una sola presentación, es decir una sola forma de etiqueta, ya que no dispone de un panel donde se pueda modificar; la velocidad de entrega de etiquetas, la duración de la frecuencia de los motores paso a paso, el tiempo de activación y desactivación de los sensores y otros parámetros que harían de este equipo una máquina óptima para los retos futuros de la empresa.

Por lo antes mencionado se busca mejorar el proceso de etiquetado, con la tecnología actual, para conseguir eficiencia y mayor productividad de dicho proceso.

Por ende se desea disponer de un equipo versátil que pueda reaccionar al proceso con diferentes tipos de presentaciones de etiquetas autoadhesivas en los envases redondos o rectangulares de vidrio y además sea amigable para su operador. Se pretende utilizar un PLC S7 1200 de alta frecuencia para controlar drives de motores paso a paso los mismos que reciben señal para control velocidad y así minimizar tiempos, costos y crear seguridad en la industria Licorera ILSA.

1.2 Planteamiento del problema

En la actualidad si una empresa desea mantenerse competitiva deben tener procesos óptimos, aprovechando los recursos humanos, buscando calidad en todos los

procesos, evitar paros imprevistos de equipos, minimizar desperdicios de materiales y ser versátil para fabricar diversas presentaciones o productos.

Actualmente el sistema de control presenta varios problemas:

- No se puede efectuar variaciones en el diseño de sus etiquetas y contra etiquetas, ya que no posee un dispositivo que pueda variar sus parámetros tales como: activación y desactivación de sensores, temporizadores, contadores etc.
- No se puede controlar o variar la velocidad de entrega de las etiquetas dada por los motores paso a paso de potencia.
- No se puede controlar la frecuencia o tiempo de funcionamiento de los motores paso a paso.
- No se dispone de parámetros o sistemas de sincronización de los sensores programables ya sean los que detectan marcas o los otros sensores.
- Los tiempos de cambios de formato o sincronización de la máquina son muy grandes.
- No se dispone de un sistema de control que regule el funcionamiento adecuado de los 2 motores paso a paso, con los 3 motores trifásicos de inducción que son controlados por variadores de frecuencia y un motor de corriente continua que posee un variador de velocidad que han sido agregados y evitar descoordinaciones que rompen botellas, desperdician producto, material y producen paros por des calibración.
- El sistema de control actual no puede supervisar adecuadamente las paradas imprevistas.

Por estas razones es indispensable mejorar el proceso de etiquetado para elevar la producción y disminuir costos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general.

Automatizar y supervisar la máquina fijadora de etiquetas autoadhesivas implementada en la Industria Licorera ILSA, para conseguir eficiencia y productividad de dicho proceso.

1.3.2 Objetivos específicos.

Diseñar e implementar el hardware para la automatización de la máquina fijadora de etiquetas autoadhesivas

- Integrar todos los motores en una secuencia lógica de funcionamiento y seguridad con sus respectivos variadores de velocidad, estos son: 2 motores paso a paso, 3 motores trifásicos de inducción y un motor de corriente continua.
- Automatizar el sistema de control para la fijadora de etiquetas autoadhesivas, por medio de una pantalla HMI SIMATIC BASIC PANEL KP600 PN y un PLC Simatic S7 -1200 con dos salidas de alta frecuencia PTO para controlar dos Drives que actuarán con los dos motores de potencia paso a paso.
- Analizar los beneficios del nuevo proceso, versus el sistema actual.

1.4 Beneficios

Los principales beneficios del diseño e implementación del sistema HMI para la fijadora de etiquetas autoadhesivas son:

- Fijar etiquetas autoadhesivas de diferentes diseños y formas
- Disminuir tiempos muertos
- Disminuir desperdicios
- Maquinar productos con este tipo de etiquetas

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

2.1 Fijadoras de etiquetas autoadhesivas

El uso de la etiqueta es dar a conocer la identidad de los productos y asegurar la calidad en ellos. El etiquetado de un producto es toda aquella mención o información, marca de fábrica o comercial, dibujo o signo relacionado con el producto que figure o se presente en el envase, documento, rótulo, etiqueta que acompañen o se refieran a dicho producto.

La etiqueta es un elemento que no sólo identifica el producto, sino que proyecta la imagen tanto de éste como de su fabricante. Además, debe informar sobre dicho producto, sus características, las formas de usarlo y, en algunos casos, sobre aspectos legales concernientes al manejo y uso del mismo.

Tipos de etiquetas habituales según su tipo de aplicación:

- Etiquetas autoadhesivas.
- Etiquetas térmicas protegidas/no protegidas
- Etiquetas en relieve.
- Etiquetas para pegado mediante humedad.

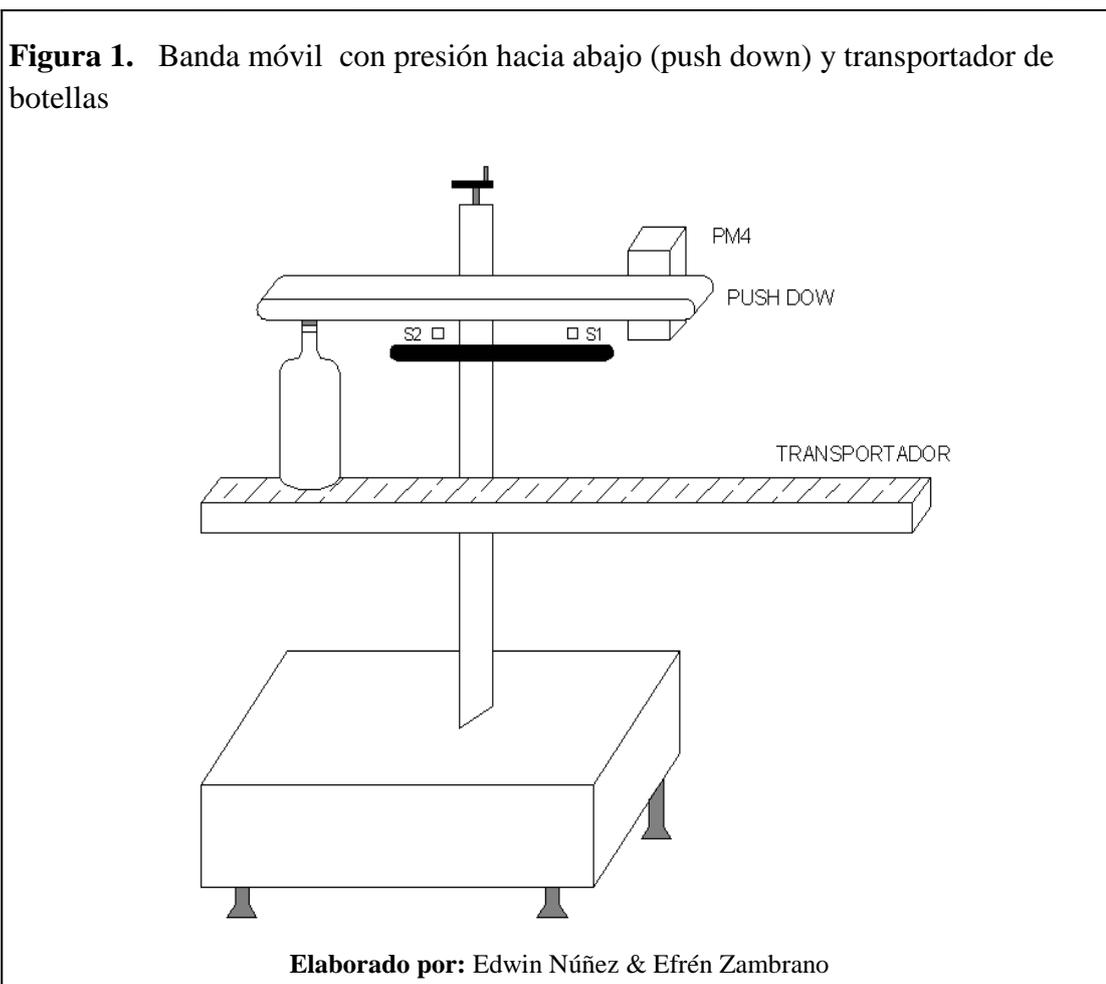
Las máquinas fijadoras de etiquetas autoadhesivas, para efectuar adecuadamente su trabajo de entrega y fijación de las Etiquetas deben disponer de equipos de alta precisión para ello se utiliza un PLC con salida de pulsos de alta frecuencia o tren de pulsos, para el control de drives de potencia y ellos controlan a los motores paso a paso de 3 fases, y otros elementos como fuentes de corriente continua de alta potencia, foto sensores, sensores de colores o de marcas, pantalla HMI y otros equipos complementarios.

2.2 Componentes de una fijadora de etiquetas autoadhesivas

La fijadora de etiquetas autoadhesivas, consta de dos partes, la banda móvil con presión hacia abajo junto al transportador de botellas y el sistema de la trayectoria de

la cinta de etiquetas, cada una de ellas opera en forma independiente, pero en forma sincronizada para que la etiqueta sea colocada correctamente. Las velocidades de los motores de la banda móvil con el transportador se sincronizan entre sí de forma manual y después con la velocidad del sistema de arrastre y despojo de la cinta de etiquetas autoadhesivas.

2.2.1 Banda móvil con presión hacia abajo (push down) y transportador de botellas.



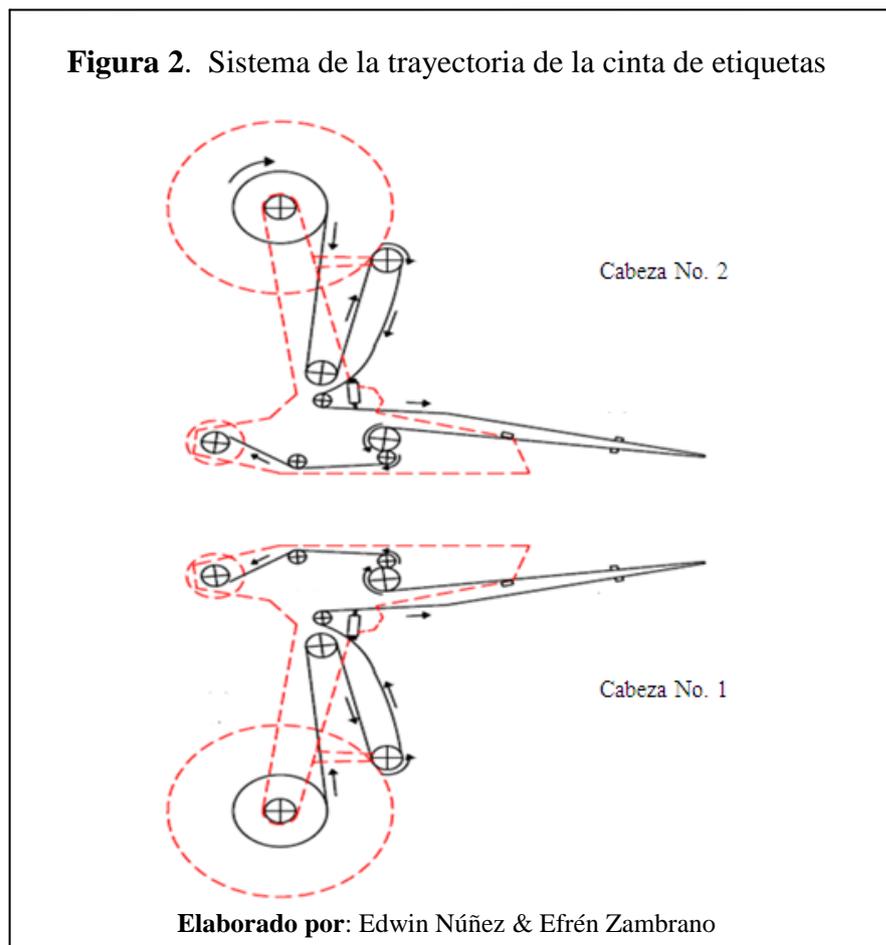
En la figura 1, se puede observar el Transportador de botellas y la banda móvil con presión hacia abajo (Push Down), que entre los dos mecanismos transportan las botellas de una forma firme y a una determinada velocidad. El transportador es activado por un motor más caja de reducción que incluye un variador de velocidad mecánico, mientras que el Push Down la velocidad del motor es controlada por un

variador frecuencia, por lo que la sincronización de velocidad se realiza de forma independiente en cada mecanismo.

Por medio de un volante conectado a un tornillo sin fin, se aumenta o disminuye la altura del Push Down, con lo que se puede regular esta variable para botellas de diferentes alturas.

2.2.2 Trayectoria de la cinta de etiquetas.

En la figura 2, se observa la trayectoria de la cinta de etiquetas o enhebrado de la misma; la línea negra continua con flechas de dirección indican cómo se coloca la cinta, el arrastre de esta es efectuado mediante un motor a pasos de 3 fases para cada cabezal, los mismos que están acoplados a rodillos de goma y rodillos metálicos moleteados para efectuar el arrastre de la cinta con etiquetas.



2.3 Motor de giro a pasos

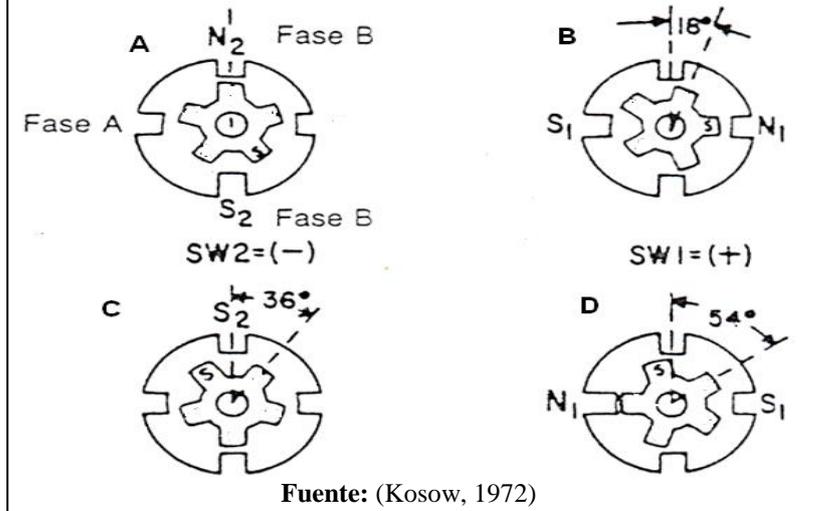
Los motores paso a paso convierten señales eléctricas digitales en impulsos de movimiento fijos sucesivos, que mueven en incrementos angulares constantes al rotor cada vez que reciben energía. Cuando se lo construye a dicho motor se establece y determina el ángulo de paso, estos varían desde 0.18 grados hasta 45 grados mecánicos.

2.3.1 Funcionamiento.

En la mayor parte de aplicaciones se emplean motores de imán permanente (en el rotor), los mismos que están provistos de un estator con dientes, que se magnetizan para formar polos norte y sur cuando se aplique corriente al devanado correspondiente. Tienen un rotor que también es dentado en donde los polos son alternantes de tal forma que los dientes de polaridad sur están desplazados respecto a los dientes de polaridad norte, de modo que cuando un polo sur del rotor es atraído hacia un polo norte del estator, al mismo tiempo un polo norte es atraído hacia un polo sur del estator. Por aplicación selectiva de voltaje a los devanados del estator es posible que giren sus polos norte y sur, el rotor avanza hasta que los polos norte y sur del mismo se alineen con los polos sur y norte más cercanos del estator, para ello se usan un número desigual de dientes tanto del estator como del rotor, si hay cuatro polos del estator se emplearían cinco dientes en el rotor, por ello solo un grupo de dientes puede alinearse cada vez, el número de dientes determina el ángulo de paso. Figura 3.

El accionamiento de un motor a pasos, incluye la conmutación secuencial de energía a los devanados del estator, figura 4 y tabla 1.

Figura 3. Accionamiento de un motor a pasos



Con el cierre selectivo de los interruptores sw1 y sw2 y la aplicación de voltaje continuo al devanado del estator de un motor a pasos es posible hacer girar el polo norte, con ello se atrae al polo más cercano del estator y éste se alinea en la dirección deseada.

Figura 4. Diagrama secuencial de energía a los devanados del estator

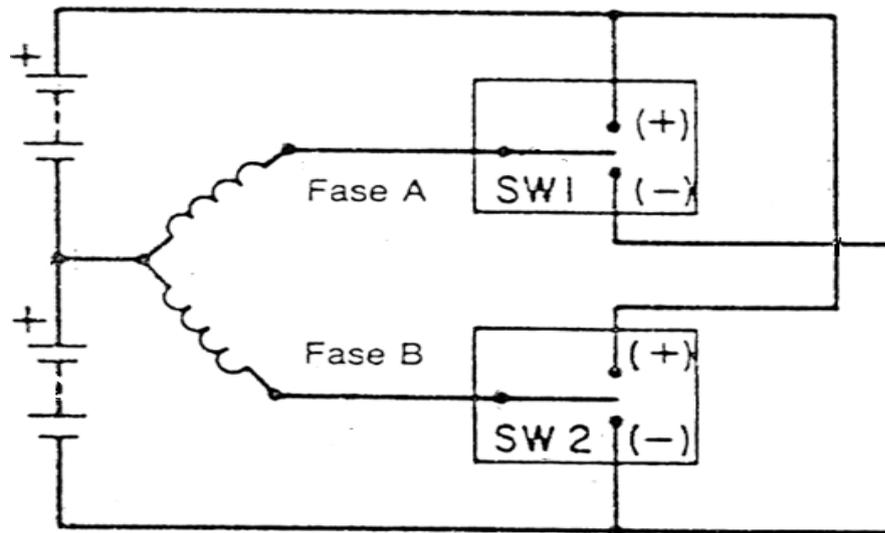


Tabla 1. Conmutación secuencial de energía a los devanados del estator

Escalón	Giro a la derecha (G.D.)		Giro ala izquierda (G.I.)	
	SW1	SW2	SW1	SW2
1	Abierto	(-)	Abierto	(-)
2	(+)	Abierto	(-)	Abierto
3	Abierto	(+)	Abierto	(+)
4	(-)	Abierto	(+)	Abierto

Fuente: (Kosow, 1972)

2.3.2 Motores paso a paso de 3 fases.

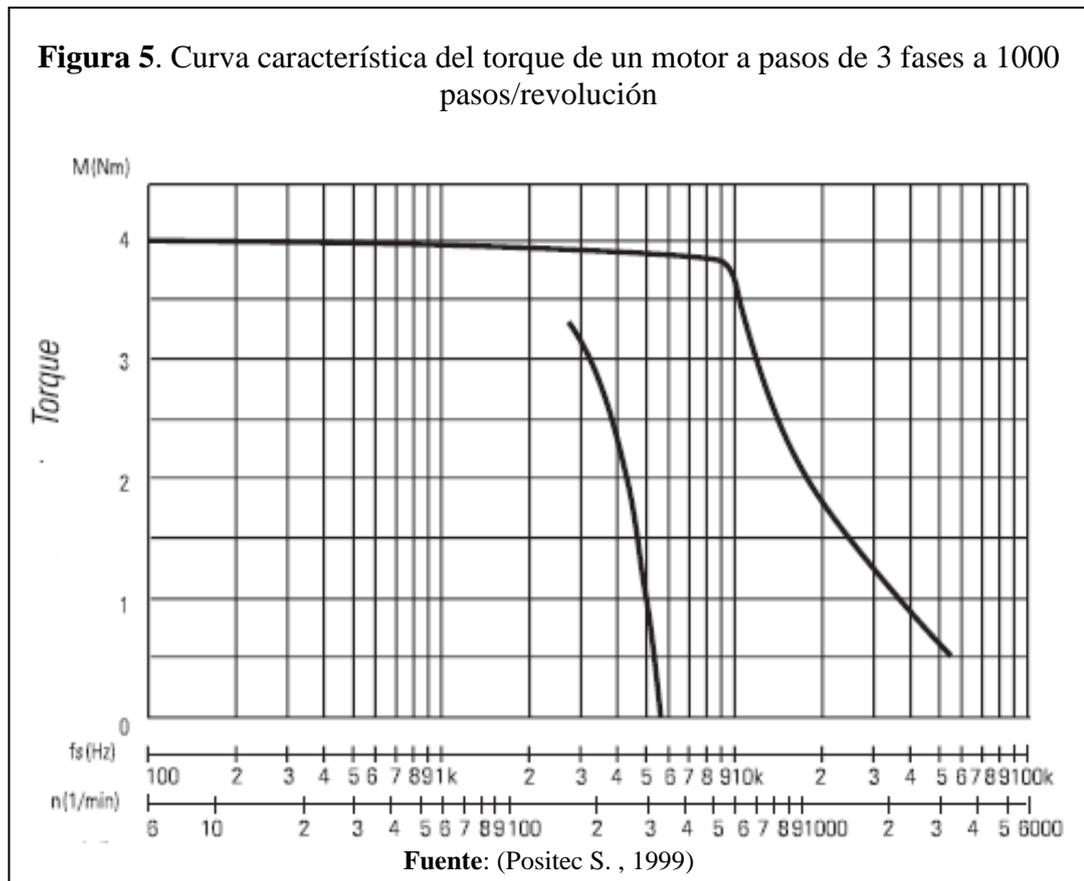
Los motores paso a paso de 3 fases tienen un alto nivel de fiabilidad y durabilidad, similar a los de 2 fases. Sin embargo, este tipo de motor al tener una fase más, tiene una precisión mayor y un comportamiento más depurado. El área de aplicación de este tipo de motor es más amplia y muy utilizada en variados procesos automatizados a nivel industrial.

2.3.3 Características más importantes del motor a pasos de 3 fases.

- Ángulo de paso: más pequeños, con una mayor resolución.
- Son de mayor potencia.
- Pueden ser conectados en estrella o triangulo.
- Pueden ser de pasos pequeños.
- Protección IP43 (Áreas con alta humedad y polvo).
- Mayor precisión en su posicionamiento.
- Mayor velocidad.
- Menos calentamiento del motor, más eficiente.

- Movimiento suave y silencioso.
- Alto par a la velocidad de arranque.
- Respuesta inmediata.
- Alta rigidez en reposo.

2.3.4 Torque del motor a pasos de 3 fases.



La velocidad nominal o máxima de este motor es de 600 rpm. Por debajo de esta velocidad como muestra la figura 5 el torque es constante, el arranque y paro de este motor es prácticamente instantáneo a la velocidad preseleccionada.

Ecuación 1. Velocidad del motor a pasos de 3 fases

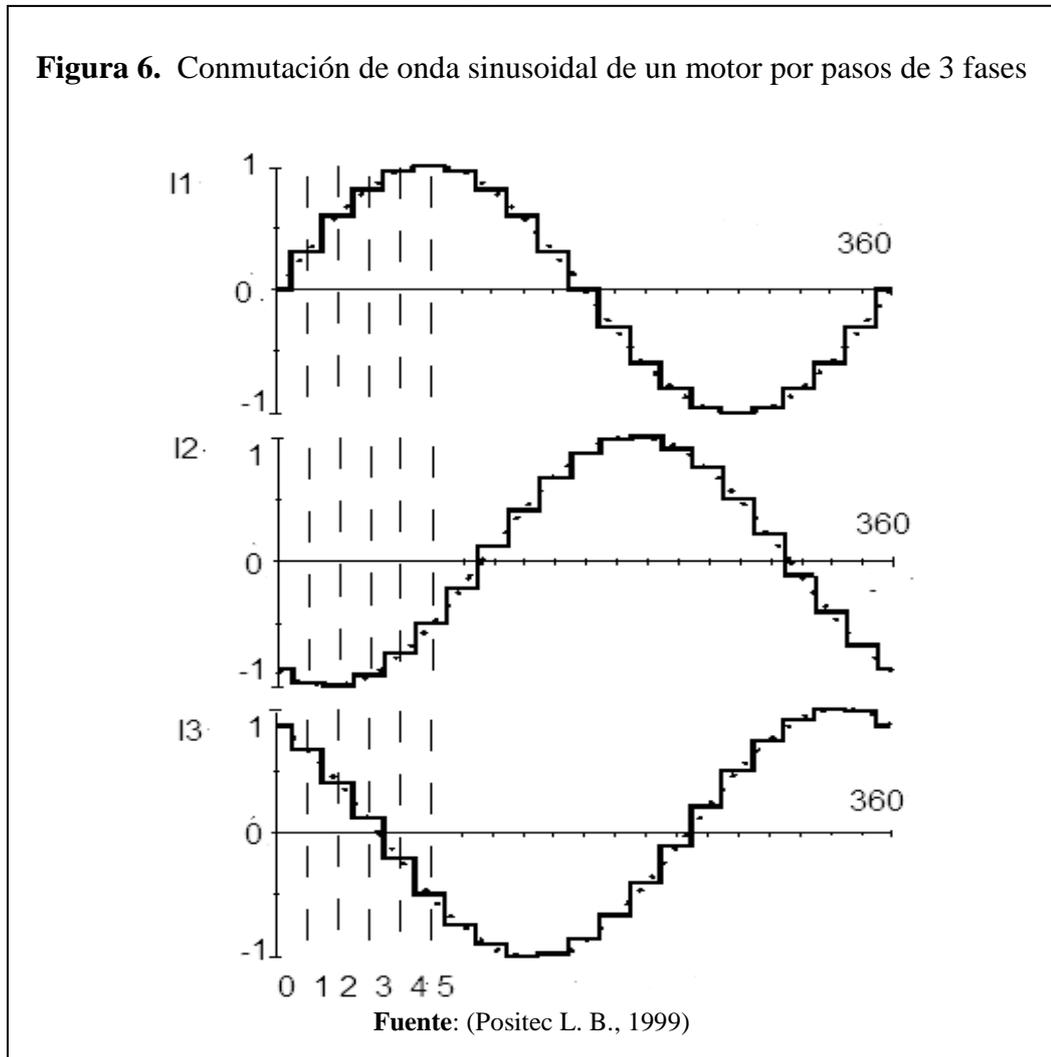
$$N_1 = \left(\frac{\alpha}{360^\circ} \right) f \cdot 60 \text{ min}$$

N_1 = velocidad

α = ángulo de paso, para este motor es de 0,36 grados.

Con estos datos la máxima frecuencia que puede recibir este motor es de 10 KHz.

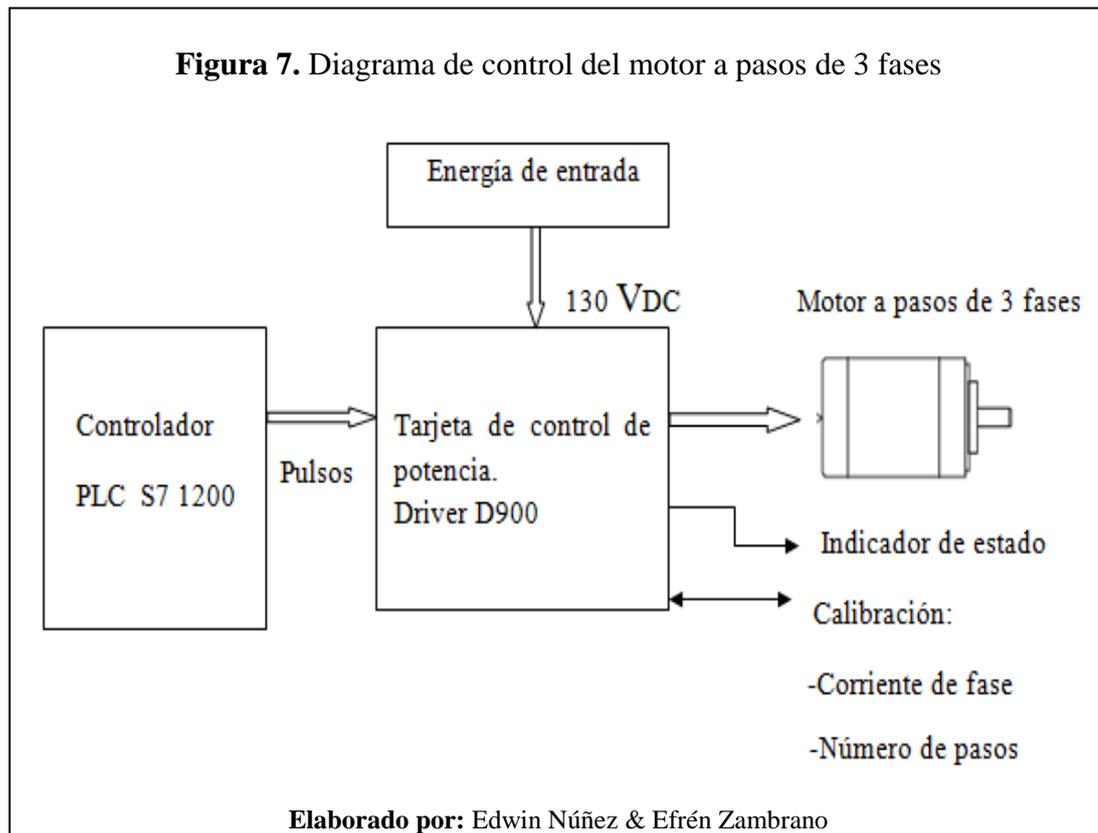
Las corrientes de fases de un motor paso a paso de 3 fases son controladas con una onda sinusoidal.



2.4 Driver de control de potencia para los motores paso a paso de 3 fases

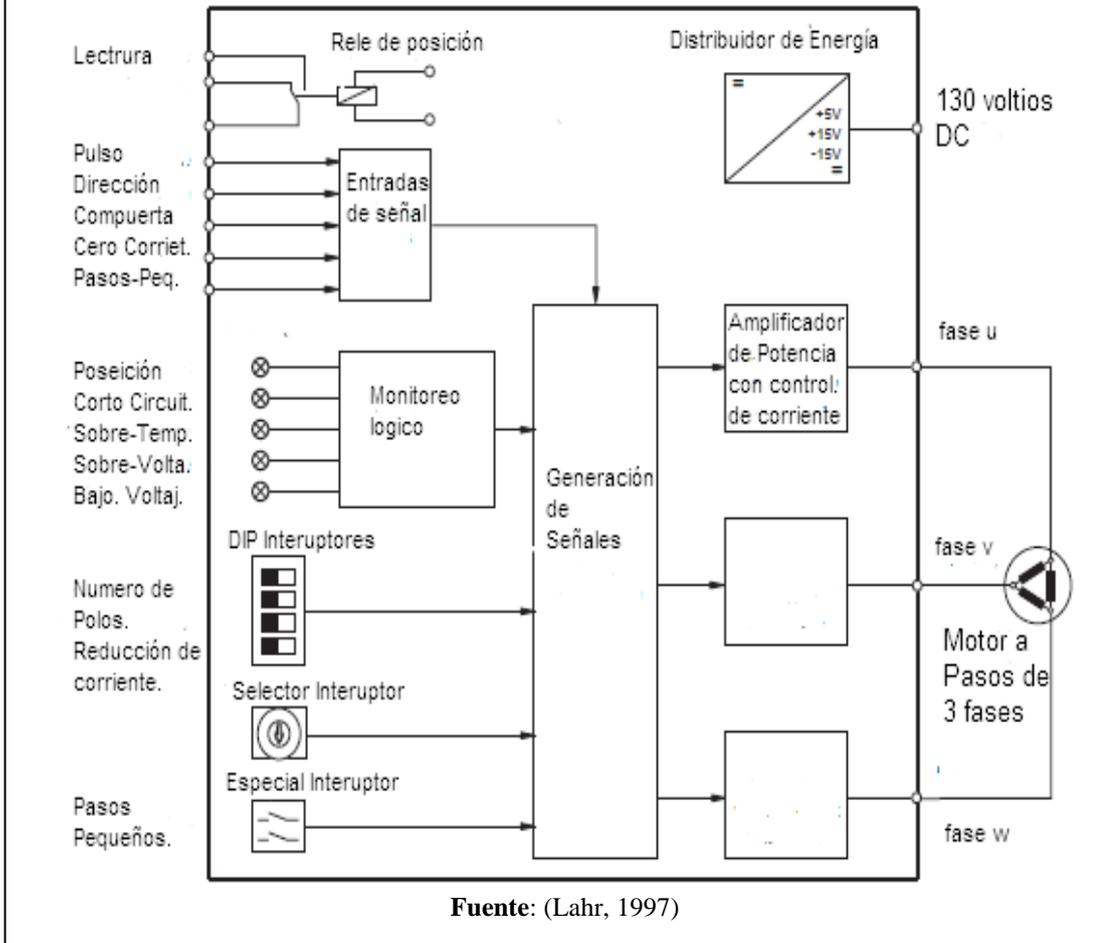
La tarjeta de control o Driver de Potencia D 900, se utiliza para controlar motores a pasos de 3 fases y para bobinas alimentadas con 130 voltios DC.

Figura 7. Diagrama de control del motor a pasos de 3 fases

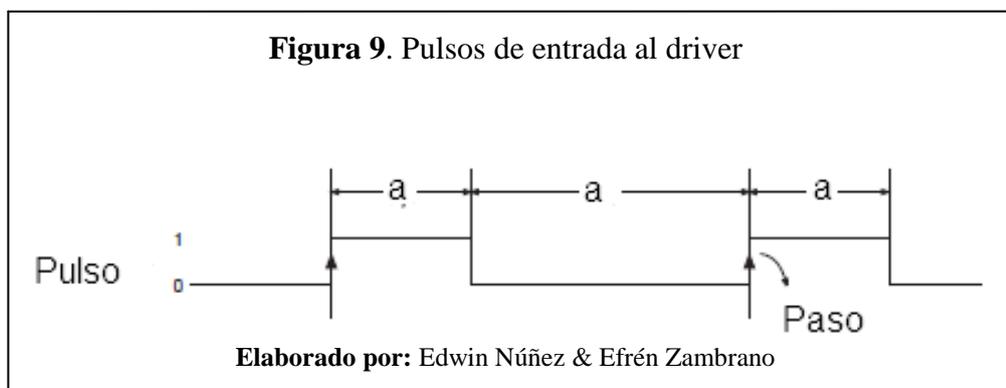


- Señal de entrada: Se controla al driver D900 mediante la entrada de señal de pulsos de 24 V.
- La preparación de la tarjeta y su funcionamiento normal: Se indica mediante un LED, que se activa por un contacto de un relé. (LED rojo preparación de la tarjeta, LED verde funcionamiento normal)
- Corriente de fase: La corriente de fase se puede ajustar desde 1,35 A a 5,50 A utilizando un interruptor selector, que están dentro del driver.
- Pequeños interruptores (DIP): Son utilizados para seleccionar el número de pasos, 200 a 10.000 pasos por revolución. (DIP interruptores. Como se muestra en la figura 8).
- Los indicadores de estado: Los indicadores de estado Leds, indican los estados de funcionamiento y cualquier falla, como cortó circuito, bajo voltaje, sobre temperatura, sobre voltaje.
- Fuente de alimentación externa: La tensión de alimentación de la tarjeta es de 130 VDC, que se lleva a cabo por una fuente de alimentación externa.

Figura 8. Diagrama de bloques de la tarjeta de control (driver) del motor de pasos de 3 fases



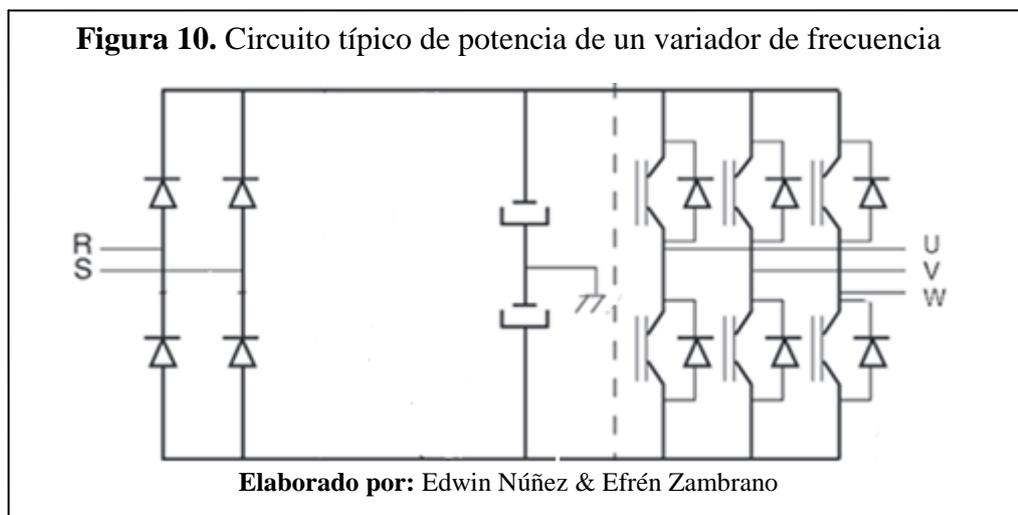
- Características de la señal de entrada: La señal de entrada son pulsos en forma de una onda cuadrada como se puede observar en la figura 9, estos deben ser alimentados a la entrada de la tarjeta de control, para de esta manera poner en movimiento el eje del motor. Cada flanco positivo hace que se mueva el motor en un paso.



2.5 Variadores de frecuencia

Los variadores de frecuencia son equipos electrónicos, utilizados para el control de la velocidad rotacional de un motor de inducción de corriente alterna. Varían la frecuencia y el voltaje de salida en forma proporcional.

Partiendo de una red de corriente alterna, mediante diodos rectificadores se obtiene corriente continua, con condensadores se obtiene un valor de tensión continua estable, donde un ondulator convierte esta energía en una salida trifásica con valores de tensión y frecuencia variables.



Los variadores de frecuencia operan bajo el principio que, la velocidad de un motor de corriente alterna está determinada por la frecuencia de corriente alterna suministrada y el número de polos en el estator. (Sigüenza, 2008)

Ecuación 2. Velocidad de un motor de inducción de corriente alterna

$$Velocidad (RPM) = \left(\frac{120}{p} f \right)$$

RPM = Revoluciones por minuto

f = Frecuencia en Hz

p = Pares de polos del motor

2.5.1 Motor para variador de frecuencia.

El motor usado con un variador de frecuencia es normalmente un motor de inducción trifásico. Algunos tipos de motores monofásicos pueden ser igualmente usados, pero los motores de tres fases son normalmente preferidos (Wikipedia, 2012), por sus mejores prestaciones, versatilidad de aplicaciones, costos, rendimiento, mantenimiento, entre otras.

2.5.2 Variación de frecuencia y de tensión.

Como se mencionó anteriormente para variar la velocidad de un motor asíncrono hay que variar la frecuencia, sabemos que en un motor de inducción se tiene que:

Ecuación3. Voltaje en un motor de inducción

$$V = 4,44 * flujo * frecuencia * \text{Número de espiras}$$

Por lo tanto:

4,44 y el número de espiras son constantes en el motor por lo que;

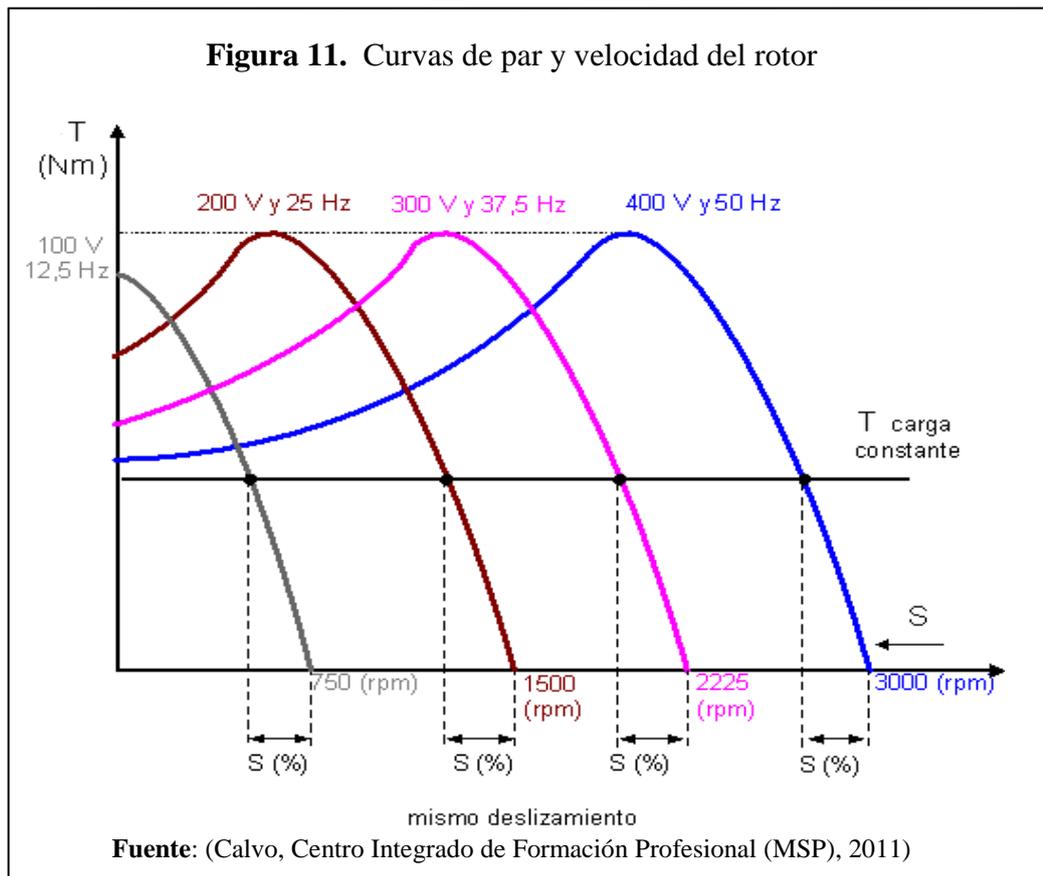
$$V = Const * flujo * frecuencia$$

$$Flujo = \left(\frac{V}{Const * frecuencia} \right)$$

La relación V/frecuencia debe mantenerse constante para mantener constante el torque del motor ya que este depende directamente del flujo, y evitar daños por saturación.

2.5.3 Curvas de par y velocidad del rotor.

Al variar la frecuencia y la tensión en la misma proporción por debajo de los valores nominales, la curva de par se desplaza hacia la izquierda sin deformarse y manteniendo el mismo par máximo. (Fernández, 1996)

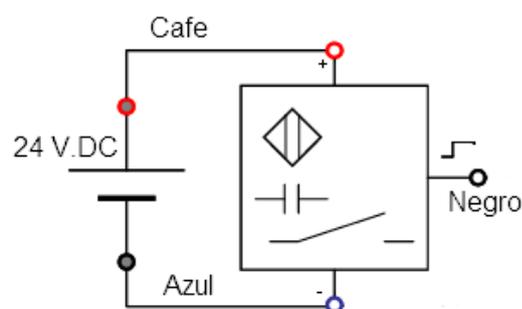


2.6 Sensores ópticos

El principio básico de funcionamiento es la emisión y recepción de luz, tanto el emisor como

el receptor se encuentran en el mismo equipo, estos poseen pequeños lentes ópticos que permiten concentrarse en el haz de luz, de modo que cuando un objeto refleje el haz de luz el receptor detecta.

Figura 12. Conexión típica de un sensor óptico de 3 cables salida pnp (+)



Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

2.7 Sensores de marcas

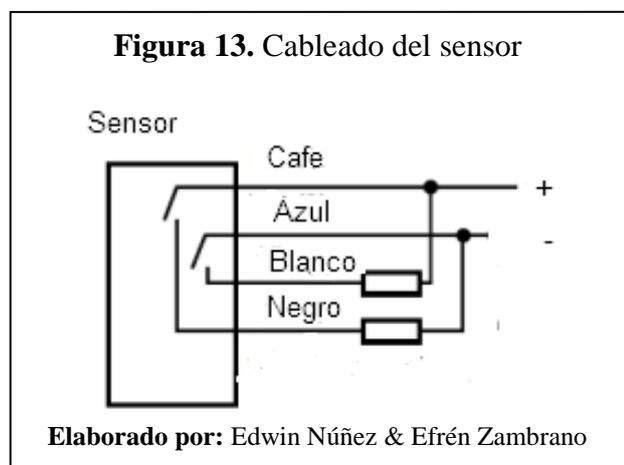
Los sensores de detección de marcas están diseñados para detectar diferencias de contraste, color o presencia de un objeto a alta velocidad (40kHz), utilizando luz de tipo LED blanca y el punto específico a detectar desde 0,4mm a 3mm de diámetro. (Semiconductors, 1993)

Son útiles para cualquier proceso automático donde el control de contraste/color sea requerido. Estos sensores de marca operan de forma similar a los sensores de proximidad fotoeléctricos, el principal factor determinante para la detección de la marca es la diferencia de contraste.

El área del material puede ser gruesa, lisa, brillante y puede estar hecho de papel plástico o metal, los sensores de marcas son fáciles de configurar y de operar.

2.7.1 Funcionamiento.

Este elemento maniobra el contraste entre el fondo y el objetivo , detecta la diferencia entre los colores para seleccionar el color específico, se usa como elemento un led láser de 3 colores, este analiza el radio de color entre los colores de emisión y con ello detecta el color, además está provisto de un sistema de posicionamiento y guarda en su memoria la distancia entre el emisor del sensor y el objetivo, y acepta una pequeña histéresis de variación en la distancia existente entre el objetivo y el sensor.



2.8 Convertidor AC/DC monofásico semi-controlado

Los rectificadores monofásicos semi-controlados, como el de la figura 14, varía la tensión de salida en función del rizado producido por una pareja de SCR's (T1 y T2) de acuerdo con el ángulo de disparo de los mismos, ellos tienen una misma polaridad de voltaje y de corriente de salida, sus ramas rectificadoras está compuesta por un SCR y un diodo.

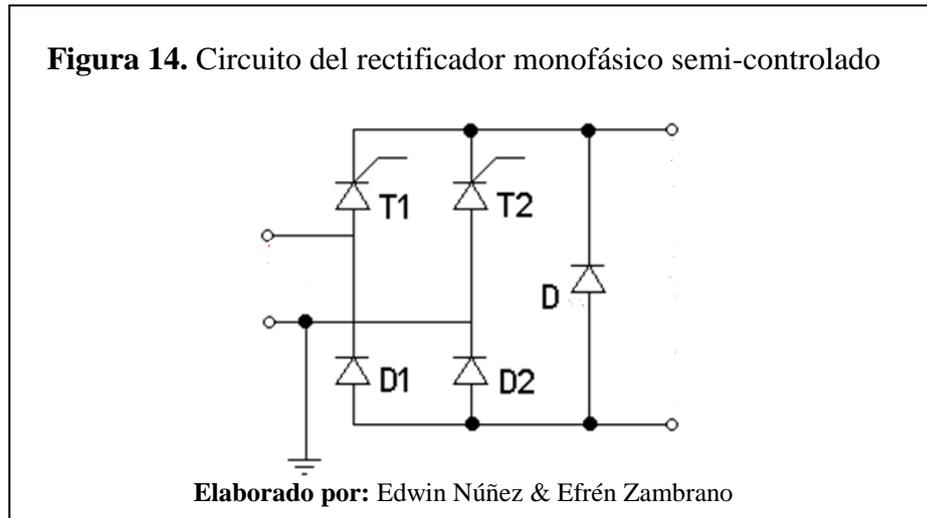
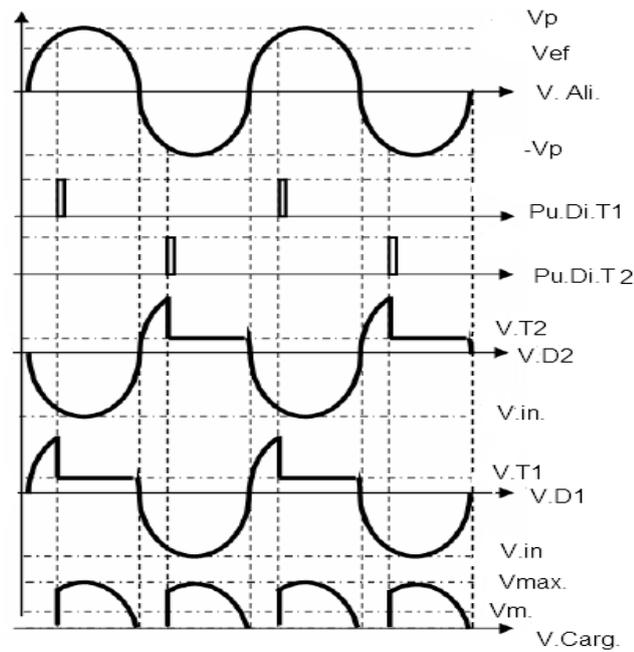


Figura 15. Gráfico de funcionamiento del circuito del rectificador monofásico



Fuente: (Trellers)

Fórmulas del rectificador monofásico tipo puente semi-controlado

Ecuación 4. Voltaje pico

$$V_p = \frac{V_{ef}}{0.707}$$

Ecuación 5. Voltaje máximo

$$V_{max} = V_p - 2 * v_d$$

Ecuación 6. Voltaje medio o Vdc

$$V_m = 0.318 * V_{max}(1 + \cos \alpha)$$

Ecuación 7. Voltaje inverso

$$V_m = V_p$$

Ecuación 8. Intensidad máxima

$$I_m = \left(\frac{V_m}{R} \right)$$

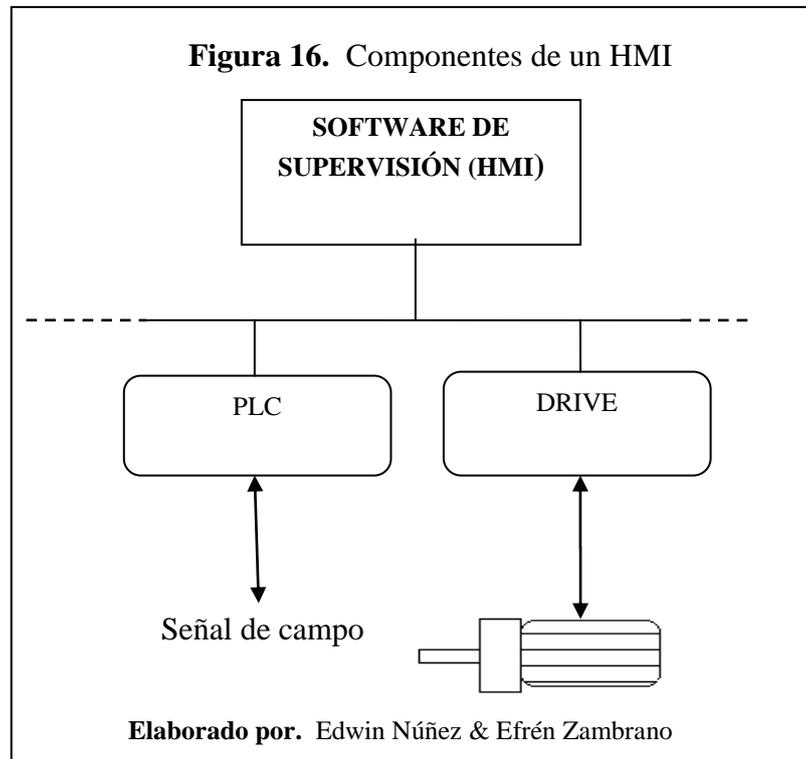
Ecuación 9. Intensidad o corriente del diodo

$$I_d = I_m$$

2.9 Sistema HMI

HMI significa o es la Interfaz Hombre Máquina, son como la ventana de un proceso, esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de un operador o en una computadora, los sistemas HMI en computadoras se les conoce también como software HMI, que efectúan tareas de monitoreo, control y supervisión, las señales de los procesos son llevadas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en la computadora.

En los PLC's, en RTUs (Unidades remotas de I/O o Drives (Variadores de velocidad de motores), todos estos equipos deben tener una comunicación que entienda el HMI.



Tipos de HMI:

1. Se desarrolla a medida, se desarrolla en un entorno de programación gráfica como, VC++, Visual Basic, Delphi, etc.,
2. Paquetes enlatados HMI, son paquetes de software que contemplan la mayoría de las funciones estándares de los sistemas SCADA, como son, FIX, WinCCWonderaware, etc.

Funciones de un software de HMI.

- Monitoreo; sirve para obtener datos del proceso en tiempo real.
- Supervisión; junto a la anterior permiten ajustar las condiciones de trabajo.
- Alarmas; pueden reconocer eventos excepcionales dentro del proceso.
- Control; tiene la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso.
- Histórico; puede almacenar archivos.

Interfaz HMI.

Una interfaz de usuario asistida por ordenador, actualmente una interfaz de uso, forma parte del programa informático que se comunica con el usuario. En ISO 9241-110, el término interfaz de usuario se define como todas las partes de un sistema interactivo (software o hardware) que proporcionan la información y el control necesarios para que el usuario lleve a cabo una tarea con el sistema interactivo. La interfaz de usuario / interfaz hombre-máquina (HMI) es el punto de acción en que un hombre entra en contacto con una máquina. El caso más simple es el de un interruptor: No se trata de un humano ni de una "máquina" (la lámpara), sino una interfaz entre los dos. Para que una interfaz hombre-máquina (HMI) sea útil y significativa para las personas, debe estar adaptada a sus requisitos y capacidades.

2.10 PLC

Un PLC o Autómata Programable posee las herramientas necesarias, tanto de software como de hardware, para controlar dispositivos externos, recibir señales de sensores y tomar decisiones de acuerdo a un programa que el usuario elabore según el esquema del proceso a controlar

2.10.1 Tipos de PLCs.

PLC tipo Nano; generalmente PLC de tipo compacto (Fuente, CPU e I/O integradas) que puede manejar un conjunto reducido de I/O, generalmente en un número inferior a 100. Permiten manejar entradas y salidas digitales y algunos módulos especiales.

PLC tipo Compacto; este PLC tiene incorporado la fuente de alimentación, su CPU y Módulo de I/O en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas I/O hasta varios cientos (alrededor de 500 I/O), su tamaño es superior a los Nano PLC y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como; entradas y salidas análogas, módulos contadores rápidos, módulos de comunicaciones, interfaces de operador, expansiones de I/O

PLC tipo Modular; estos PLC se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final, estos son; rack, fuente de alimentación. CPU, módulos de I/O, comunicaciones, contaje rápido.

Funciones especiales; de estos tipos existen desde los denominados MicroPLC que soportan gran cantidad de I/O, hasta los PLC de grandes prestaciones que permiten manejar miles de I/O.

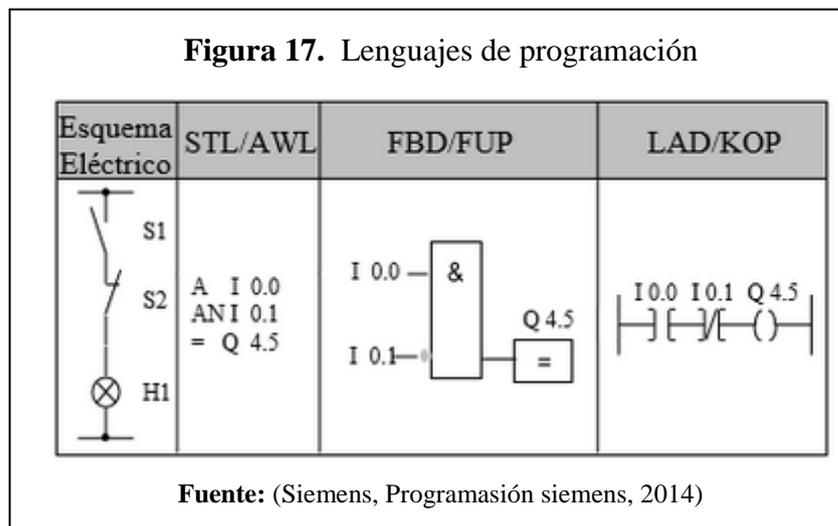
2.11 Lenguajes de programación

Los lenguajes de programación más usados son:

Lenguaje de programación KOP, es un lenguaje de programación gráfico, su representación es similar a los esquemas de circuitos.

Lenguaje de programación, Diagrama de funciones (FUP), igual a KOP, FUP es un lenguaje de programación gráfico, la representación de la lógica se basa en los símbolos lógicos gráficos del álgebra booleana.

AWL: Es un lenguaje de programación textual orientado a la máquina. En un programa creado en AWL, las instrucciones equivalen en gran medida a los pasos con los que la CPU ejecuta el programa. Para facilitar la programación, AWL se ha ampliado con estructuras de lenguajes de alto nivel (tales como accesos estructurados a datos y parámetros de bloques).



2.12 Protocolo de Ethernet

Las redes están integradas por diversos componentes que trabajan juntos para crear un sistema funcional. Los componentes de red son fabricados por lo general por

varias compañías, por lo que es necesario que exista entendimiento y comunicación entre los fabricantes.

Figura 18. Componente de un HMI (cable de comunicación RJ45)



Fuente: (Groundcontrol, 2000)

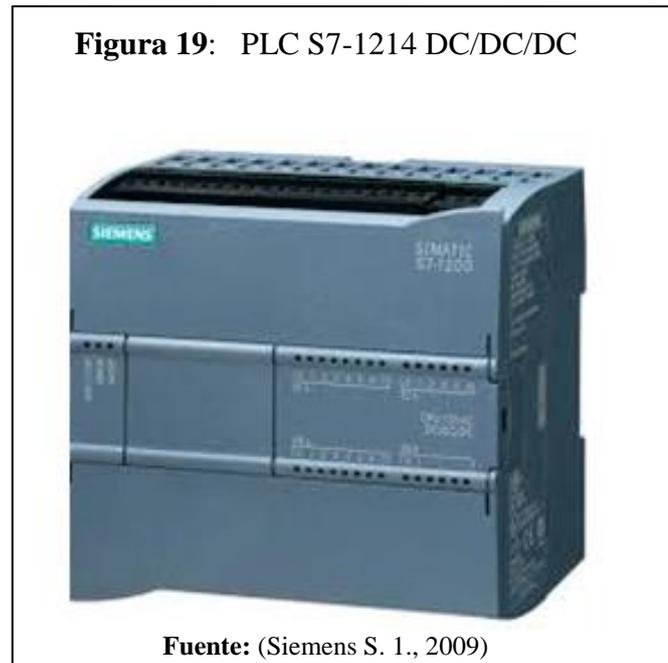
Ethernet; al que también se conoce como IEEE 802.3, es el estándar más popular para las LAN, usa el método de transmisión de datos llamado Acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones (CSMA/CD) [4]. Antes de que un nodo envíe algún dato a través de una red Ethernet, primero escucha y se da cuenta si algún otro nodo está transfiriendo información; de no ser así, el nodo transferirá la información a través de la red. Todos los otros nodos escucharán y el nodo seleccionado recibirá la información. En caso de que dos nodos traten de enviar datos por la red al mismo tiempo, cada nodo se dará cuenta de la colisión y esperará una cantidad de tiempo aleatoria antes de volver a hacer el envío. Cada paquete enviado contiene la dirección de la estación destino, la dirección de la estación de envío y una secuencia variable de bits que representa el mensaje transmitido. El dato transmitido procede a 10 millones de bits por segundo y el paquete varía en una longitud de 64 a 1518 bytes, así el tiempo de transmisión de un paquete en la Ethernet está en un rango de 50 a 1200 microsegundos dependiendo de su longitud.

CAPÍTULO 3

PROGRAMACIÓN E INSTRUCCIONES PARA EL CONTROL DE MOVIMIENTO

3.1 El PLC S7-1214

El PLC S7 -1214 CPU es un potente controlador que incorpora un diseño modular y flexible con distintos circuitos de entrada y salida integrados.



Cuenta con un conector PROFINET integrado en la parte inferior del PLC, mediante el cual se puede comunicar con paneles HMI y CPU diferentes dentro de una misma red PROFINET. La comunicación con otros dispositivos también se la realiza a través de protocolos ETHERNET abiertos hasta un máximo de ocho conexiones.

El PLC S7-1214 DC/DC/DC ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un potente equipo. El programa contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación.

La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

El software de programación ofrece un entorno amigable que permite desarrollar, editar y observar la lógica del programa necesaria para controlar la aplicación, incluyendo herramientas para gestionar y configurar todos los dispositivos del proyecto, tales como PLCs y dispositivos HMI.

3.1.1 Bloques de usuario para SIMATIC S7-1214 DC/DC/DC.

Para la programación estructurada existen los siguientes bloques de usuario:

- OB (bloque de organización):

Un OB es llamado por el sistema operativo de forma cíclica y constituye la interfaz entre el programa de usuario y el sistema operativo (Education, SCE_DE_10-20_R1201_S7-1200_Bausteine - Siemens., 2012) . En este OB, se comunica a la unidad de control del sistema de automatización qué bloques de programa debe ejecutar a través de comandos de llamada de bloque.

- FB (bloque de función):

El FB necesita un área de memoria asignada para cada llamada (instancia). Al llamar a un FB se le puede asignar, p. ej., un bloque de datos (DB) como bloque de datos instancia. (Education, SCE_DE_10-20_R1201_S7-1200_Bausteine - Siemens., 2012)

A los datos de este DB de instancia se accede a través de las variables del FB.

Si se llama varias veces a un FB, se le deben asignar distintas áreas de memoria.

En un bloque de función también pueden ser llamados otros FB y FC.

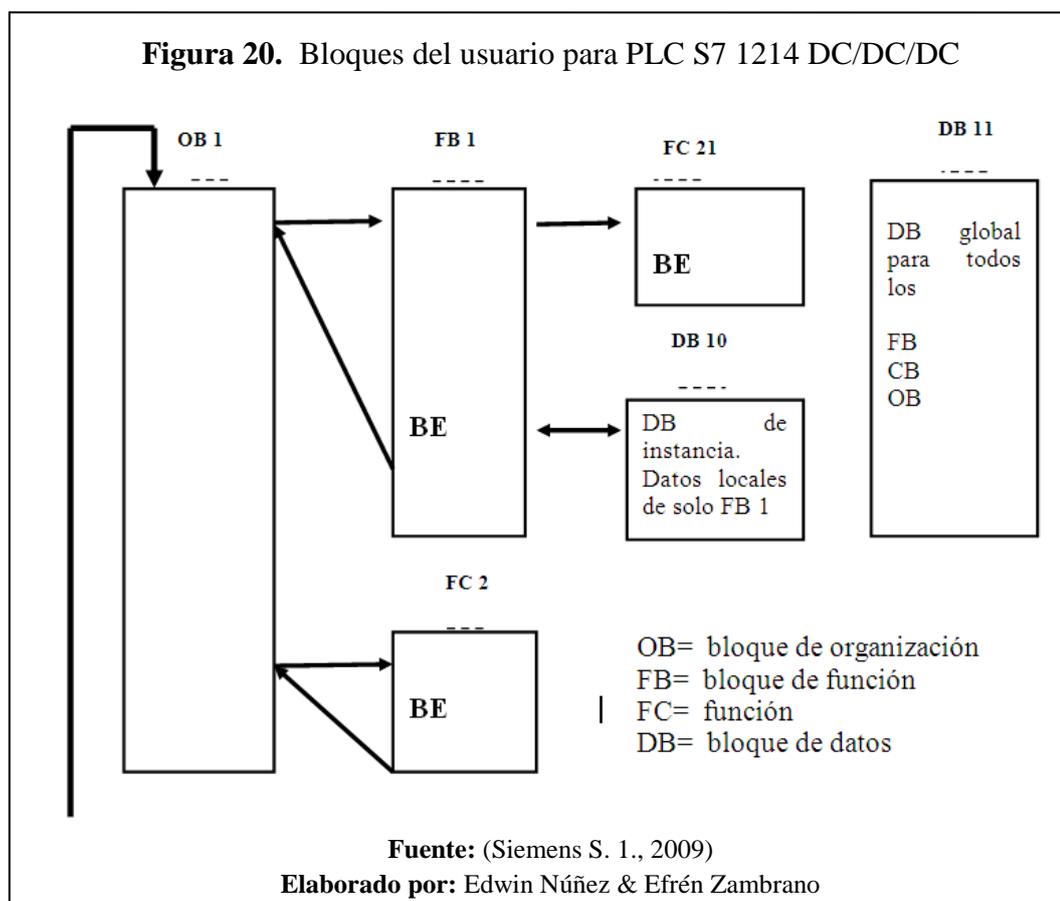
- FC (función):

Un FC no tiene ningún área de memoria asignada. Los datos locales de una función se pierden tras ejecutar la función.

En una función también pueden ser llamados otros FB y FC. (Education, SCE_DE_10-20_R1201_S7-1200_Bausteine - Siemens., 2012)

- DB (bloque de datos):

Los DB se utilizan para proporcionar espacio de memoria para las variables de datos (Education, SCE_DE_10-20_R1201_S7-1200_Bausteine - Siemens., 2012). Existen dos tipos de bloques de datos. DB globales, en los que todos los OB, FB y FC pueden leer los datos almacenados o incluso escribir datos en los DB; y DB de instancia, que están asignados a un FB determinado



3.2 Control de movimiento

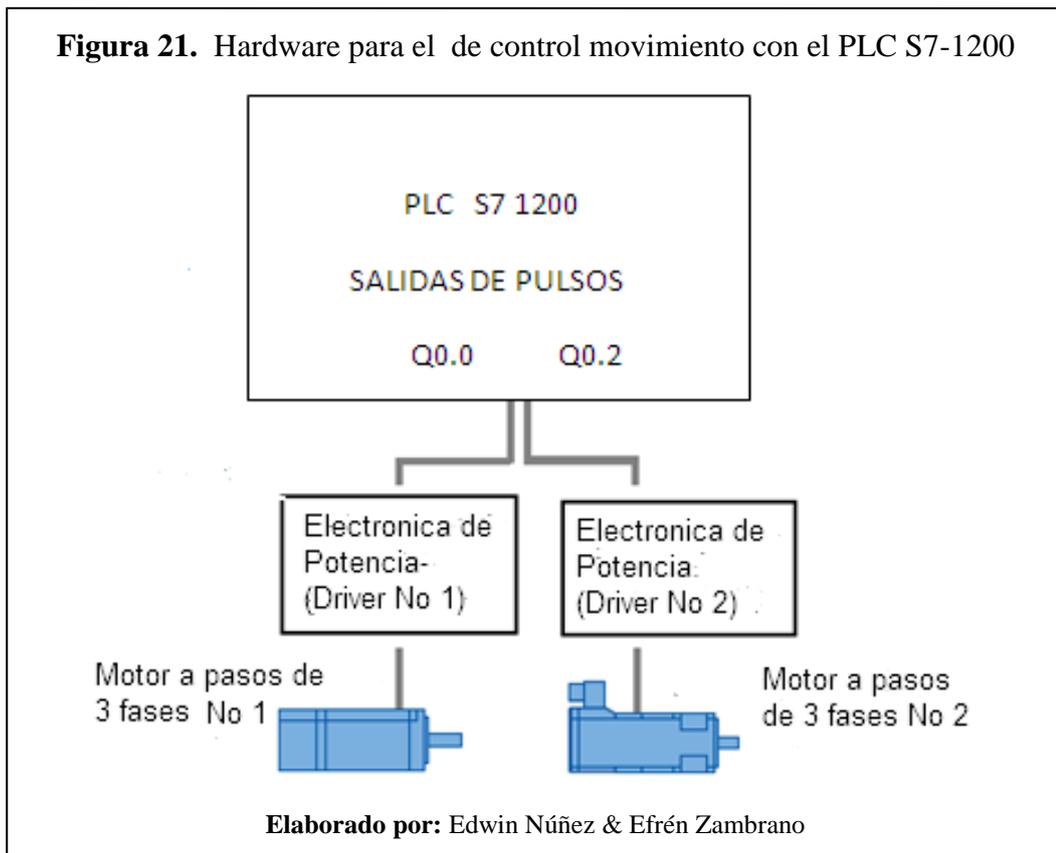
El portal TIA asiste al usuario con la función control de movimiento de la CPU S7-1214 DC/DC/DC, al controlar motores paso a paso mediante impulsos. (Siemens, s71200 motion control funcion manual, 2011)

En el portal TIA se configuran el eje en la opción de objetos tecnológicos y la tabla de peticiones. Con ayuda de estos la CPU S7-1214 DC/DC/DC controla las salidas de impulsos y sentido para controlar los accionamientos.

Para el accionamiento del motor se utilizan las instrucciones que están habilitadas como control de movimiento.

3.2.1 Componentes de hardware para el control de movimiento.

Figura 21. Hardware para el de control movimiento con el PLC S7-1200



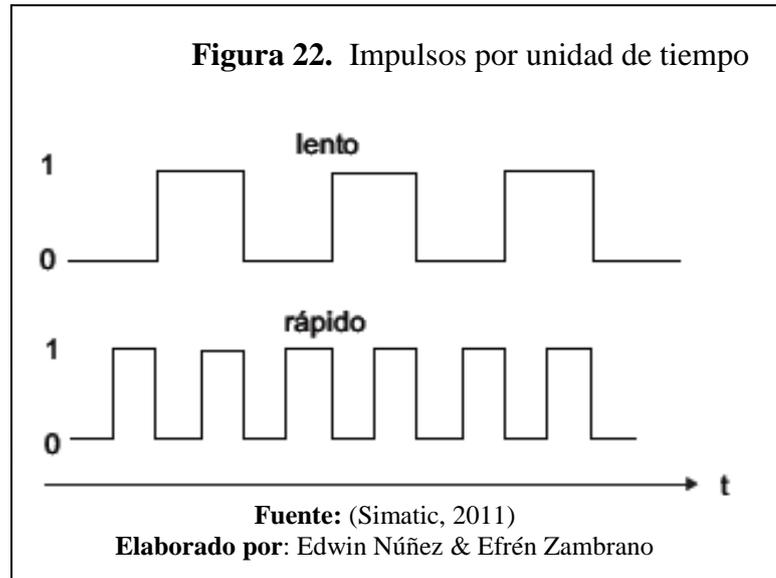
3.2.2 Salida de impulsos.

El PLC S7 1200 dispone de dos salidas de impulsos Q0.0 y Q0.2 para controlar 2 motores a pasos, estos impulsos deben ser los necesarios para mover el motor.

3.2.2.1 Principio de la salida de impulsos.

En función de las calibraciones del motor paso a paso, cada impulso hace que el mismo se desplace en un ángulo definido (0.36°). Si el motor paso a paso está ajustado, por ejemplo a 1000 impulsos por revolución, el motor paso a paso rotará

360°. La velocidad viene determinada por el número de impulsos por unidad de tiempo.



3.2.3 Integración del objeto tecnológico eje.

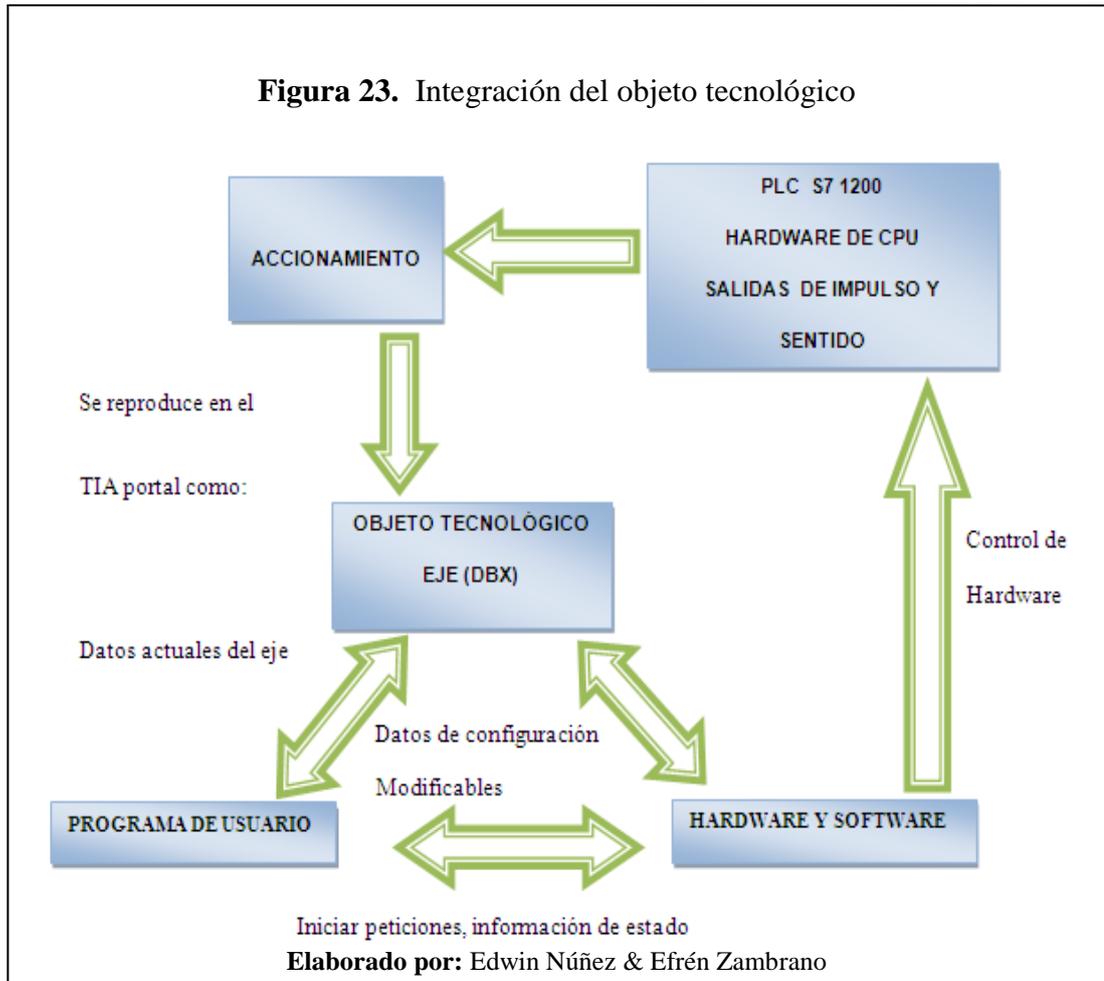
Accionamiento; representa la unidad formada por la etapa de potencia y el motor. Se utiliza motores paso a paso de 3 fases con salida de impulsos.

Objeto tecnológico eje; el accionamiento físico, mecanismo incluido, se representa en el portal TIA como "Eje".

Selección del PTO que va a utilizarse y configuración de la salida del accionamiento

Parámetros para la monitorización de posición, de dinámica y referenciarían, se guarda en el objeto tecnológico bloque de datos. Este bloque de datos conforma simultáneamente la salida entre el programa de usuario y el software y hardware (firmware) de la CPU. Durante el tiempo de ejecución del programa de usuario, los datos actuales del eje se guardan en el bloque de datos del objeto tecnológico.

Figura 23. Integración del objeto tecnológico



Programa de usuario; Se pueden realizar las siguientes peticiones.

- Posicionar el eje de forma absoluta
- Mover eje con pre ajuste de velocidad
- Ejecutar peticiones de eje como secuencia de movimientos
- Mover eje en modo de pulsación
- Parar eje
- Referenciar eje; fijar punto de referencia
- Acusar errores

La instrucción de control de movimiento y la configuración del eje permiten determinar los datos de arranque. Los parámetros de salida proporcionan información actual sobre el estado y eventuales errores de la petición. Antes de iniciar una petición para el eje debe habilitarse con la instrucción de Control de Movimiento

"MC_Power". Las variables del objeto tecnológico permiten leer en el programa los datos de configuración y datos actuales del eje.

Parámetros para la configuración del eje:

- Movimiento exacto para peticiones de accionamiento y paradas de emergencia.
- Control de la habilitación del accionamiento, así como de la señal de impulsos.
- Detección del accionamiento y de los finales de carrera por hardware y software.
- Realimentación actual de informaciones de estado y error de las peticiones a las instrucciones de control movimiento en el programa de usuario
- Escritura de datos actuales del eje en el bloque de datos en el objeto tecnológico.

3.2.4 Agregar el objeto tecnológico eje.

Tabla 2. Agregar el objeto tecnológico eje

ITEM	DESCRIPCIÓN GENERAL	PARÁMETROS
1.- En el portal TIA del PLC-1 CPU 1214C	Abrir la carpeta del CPU en el árbol del proyecto	Árbol del proyecto
2.- Árbol del proyecto	Abrir la carpeta de Objetos Tecnológicos	Objeto tecnológico
3.- Objeto tecnológico	Abrir el dialogo agregar Objeto	Agregar Objeto
4.- Agregar objeto	Seleccionar la tecnología de movimiento "TO-Axis-PTO"	TO-Axis-PTO

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

3.2.5 Configuración del objeto tecnológico eje.

La configuración se divide en las siguientes categorías:

3.2.5.1 *Parámetros básicos.*

Los parámetros básicos contienen todos los parámetros que deben configurarse para un eje tecnológico.

Se configura las propiedades básicas del objeto tecnológico en la ventana de configuración general.

Se define en este campo el nombre del eje y del objeto tecnológico.

El objeto tecnológico aparece con ese nombre en el árbol del proyecto.

Los impulsos se transmiten a la etapa de potencia del accionamiento a través de salidas digitales de asignación fija.

En la lista desplegable. Selección generador impulsos, se elige el PTO (Pulse Train Output) a través del cual deben quedar disponibles los impulsos para controlar los motores paso a paso con la salida de impulsos.

Si en la configuración de dispositivos no se han utilizado los generadores de impulso ni los contadores rápidos para otro fin, la salida por hardware podrá configurarse automáticamente. En este caso, el PTO elegido aparece marcado en blanco en la lista desplegable.

Tabla 3. Configuración de parámetros básicos

ITEM	DESCRIPCIÓN GENERAL	PARÁMETROS
General	Activar generador de impulsos	Pulse-1
Parametrización	Seleccionar el generador de impulsos	PTO

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

3.2.5.2 Parámetros avanzados.

Los parámetros avanzados contienen parámetros que se pueden adaptar al propio accionamiento o bien a la instalación.

En la ventana de configuración, señal de accionamiento, se configura la salida y entrada del accionamiento.

La habilitación del accionamiento es controlada por la instrucción de control de movimiento "MC_Power" y otorga la habilitación de secuencia.

Tabla 4. Configuración de parámetros avanzados

ITEM	DESCRIPCIÓN GENERAL	PARÁMETROS
Mecánica	Configurar cuántos impulsos necesita el motor para una vuelta. Límites: $0 < \text{impulsos por vuelta del motor} \leq 200000$	Impulsos por vuelta del motor
Mecánica	Configure qué distancia debe recorrer la mecánica de la instalación por cada vuelta del motor. Límites (independientes de la unidad de medida seleccionada) $0.0 < \text{recorrido por vuelta del motor} \leq 1000$	Recorrido por vuelta del motor
Dinámica	Configurar la velocidad máxima y la velocidad de arranque, la velocidad de arranque es la velocidad mínima admisible del eje. Los límites mencionados a continuación se refieren a la unidad de medida Impulso/s: $1 \leq \text{velocidad de arranque} \leq 100000$ (salidas integradas de la CPU) $2 \leq \text{velocidad máxima} \leq 100000$ (salidas integradas de la CPU)	-Velocidad máxima -Velocidad Mínima
Dinámica	En este campo configurar la aceleración y deceleración	-Aceleración -Deceleración

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Tiempo de aceleración/Tiempo de deceleración. La relación entre el tiempo de aceleración, y el tiempo de deceleración se expresa a través de las siguientes ecuaciones:

Ecuación 10: Tiempo de aceleración del motor a pasos

$$\text{Tiempo de aceleración} = \left(\frac{\text{Velocidad m'axima} - \text{Velocidad de arranque}}{\text{Aceleración}} \right)$$

Ecuación 11: Tiempo de deceleración del motor a pasos

$$\text{Tiempdedeceleración} = \left(\frac{\text{Velocidadm'axima} - \text{Velocidaddearranque}}{\text{Deceleración}} \right)$$

3.3 Instrucciones de control de movimiento

Las instrucciones de control de movimiento utilizan un bloque de datos tecnológico y el PTO (tren de impulsos) de la CPU para controlar el movimiento de un eje. La frecuencia de pulsos máxima de los generadores de impulsos de salida es 200 KHz para salidas digitales de la CPU.

Los trenes de impulsos no pueden ser utilizados por otras instrucciones del programa de usuario. Si las salidas de la CPU se configuran como generadores de impulsos (para su utilización con instrucciones de control de movimiento básicas), las direcciones de las salidas correspondientes (Q0.0, Q0.2) se eliminarán de la memoria Q y no podrán utilizarse para ningún otro fin en el programa de usuario. Si el programa de usuario escribe un valor en una salida utilizada como generador de impulsos, la CPU no escribirá ese valor en la salida física.

3.3.1 MC_POWER.

Descripción; La instrucción de control de movimiento MC_Power habilita o bloquea un eje.

Requisitos; El objeto tecnológico Eje se ha configurado correctamente y si no hay ningún error que impida la habilitación.

Comportamiento de relevo; El procesamiento del MC_Power no puede ser cancelado por ninguna petición de control de movimiento.

Figura 24. Instrucción MC_Power



Fuente: (Siemens S. 1., 2009)

3.3.2 MC_RESET.

La instrucción de control de movimiento MC_Reset resetea los errores de funcionamiento con parada del eje y errores de configuración.

Figura 25. Instrucción MC_Reset



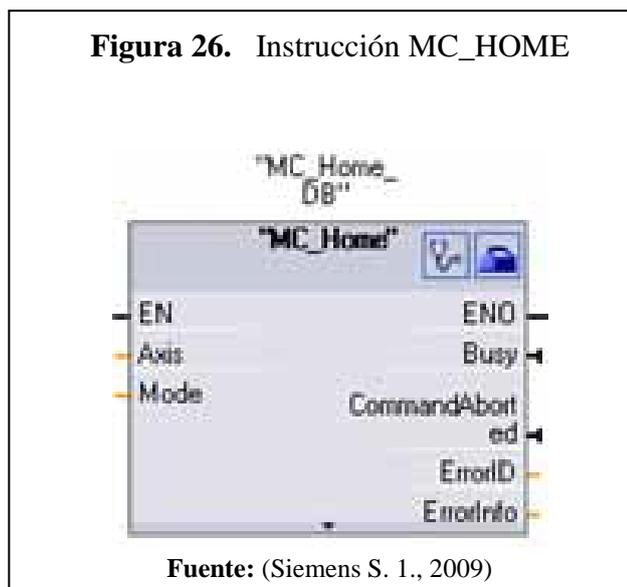
Fuente: (Siemens S. 1., 2009)

3.3.3 MC_HOME.

La instrucción de control de movimiento MC_Home establece la relación entre el programa de control del eje y el sistema de posicionamiento mecánico del eje.

Requisitos, el objeto tecnológico Eje se ha configurado correctamente y si el eje está habilitado.

Figura 26. Instrucción MC_HOME



Fuente: (Siemens S. 1., 2009)

Pueden ejecutarse los siguientes tipos de toma de referencia:

- Referenciarían activa (Modo = 3)

La aproximación al punto de referencia se ejecuta automáticamente.

- Referenciarían pasiva (Modo = 2)

En la referencia pasiva, la instrucción de control de movimiento MC_Home no realiza ningún movimiento de referencia. El desplazamiento necesario para ello debe ser realizado por el usuario con otras instrucciones de control de movimiento. El eje se referencia al detectarse el sensor del punto de referencia.

- Referencia directa absoluta (Modo = 0)

La posición actual del eje se fija con el valor del parámetro posición.

- Referencia directa relativa (Modo = 1)

La posición actual del eje se desplaza al valor del parámetro de posición.

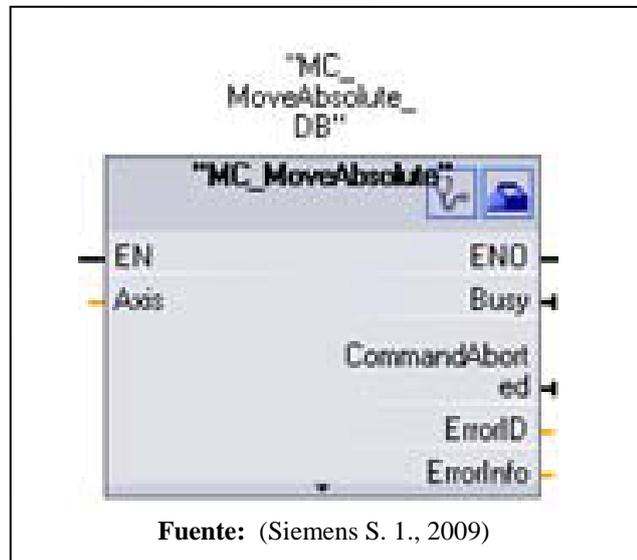
3.3.4 MC_MOVEABSOLUTE.

Descripción: La instrucción de control de movimiento MC_MoveAbsolute inicia un movimiento de posicionamiento del eje respecto a una posición absoluta.

Requisitos: El objeto tecnológico Eje se ha configurado correctamente, además el eje este habilitado y referenciado.

La tarea finaliza cuando se alcanza la posición de destino.

Figura 27: Instrucción MC_MoveAbsolute



CAPÍTULO 4

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

En el presente capítulo se efectúa el diseño y la implementación para la automatización y sistema HMI (Interfaz Hombre Máquina) de la fijadora de etiquetas autoadhesivas para botellas.

La máquina fijadora de etiquetas autoadhesivas dispone de dos cabezales, con el cabezal No 1 se fija la etiqueta autoadhesiva que es controlada por el motor a pasos No 1, con el cabezal No 2 se fija la contra etiqueta autoadhesiva que es controlada por el motor a pasos No 2.

La función de los elementos de control de la trayectoria de la cinta de etiquetas, los diagramas de bloques de todos sus componentes, los datos técnicos de los motores a pasos, se van registrar. Los drives son tarjetas electrónicas de potencia que controlan los motores indicados puesto que con su movimiento entregan las etiquetas autoadhesivas a las botellas dichos equipos necesitan una fuente de potencia DC, por lo cual se va a diseñar la misma. Se va a efectuar; los circuitos de control y fuerza, el programa de control del PLC S7 1214 DC/DC/DC y de su HMI.

A base de las configuraciones disponibles, objeto tecnológico eje y la función de control de movimiento que dispone el software de programación del PLC S7 1214 DC/DC/DC se controlaran los motores a pasos con interfaz de impulsos.

La pantalla HMI que es una interfaz de usuario-máquina, se usa para la interacción entre el operador y la máquina, con ello se automatiza, se controla y se supervisa el proceso de etiquetado, esto permite que sea versátil, pueda ser controlado, visualizado y modificado durante la operación.

El software para el PLC S7 1214C DC/DC/DC permite desarrollar, editar y observar la lógica del programa necesaria para controlar la aplicación, incluyendo herramientas para gestionar y configurar todos los dispositivos del proyecto, incluye las herramientas para crear y configurar los dispositivos HMI.

4.1 Características del PLC S7 1200 1214C DC/DC/DC

Tabla 5. Características técnicas PL Siemens S7 1200 1214CDC/DC/DC

PLC S7 1200 CPU 1214 C DC/DC/DC	
Tensión nominal	24 Vdc,
Memorias de trabajo	25 KB
Memoria de carga	1 MB
Ampliación módulos SM	2 máx.
Ampliación módulos SB	1 máx.
Ampliación módulos CM	3 máx.
Salidas de impulsos	2
 Booleano	0,1 µS/instrucción
 Palabra	12 µS/instrucción
 Funciones Matemáticas	18 µS/instrucción
HMI, CPU a CPU	3 , 3
PG	1
Programa de usuario	8
Entradas Digitales integradas	8 entradas
 Tipo	Fuente
 tensión nominal	24 Vdc a 4 mA
 Tensión continua admisible	30 Vdc, máx.
 señal 1 lógica (mín.)	15 V dc a 2,5 mA
Salidas digitales integradas	6 salidas
 Tipo	Estado sólido - MOSFET
 Rango de tensión	5 a 30 Vdc o 5 a 250 Vac
 aislamiento entre contactos abiertos	750 Vac durante 1 minuto
Entradas analógicas integradas	2 entradas
 Rango	0 a 10 V
 Rango total (palabra de datos)	0 a 27648
 Desbordamiento(palabra de datos)	32512 a 32767
 Resolución	10 bits

Fuente: (Siemens S. 1., 2009)

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Salida de impulsos y sentido; la CPU del PLC S7 1200 1214C DC/DC/DC dispone de una salida de impulsos o una salida de sentido para controlar un motor paso a paso con interfaz de impulsos. El accionamiento recibe a través de la salida de impulsos.

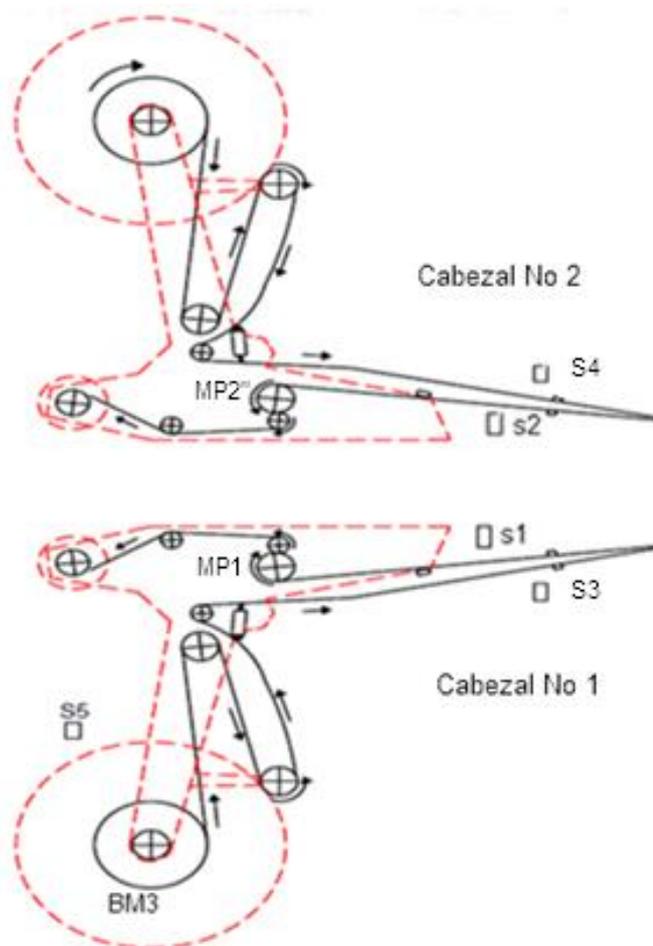
Tabla 6. Salidas de impulsos del PLC S7 1200 1214C

	Salidas PTO1		Salidas PT02	
	Impulsos	Sentido	Impulsos	Sentido
CPU1214C DC/DC/DC	Q0.0	Q0.1	Q0.2	Q0.3

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

4.2 Elementos de control de la trayectoria de la cinta de etiquetas

Figura 28. Elementos de control de la trayectoria de la cinta de etiquetas



Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Tabla 7. Elementos de control de la trayectoria de la cinta de etiquetas

ELEMENTOS DE CONTROL DE LA TRAYECTORIA DE LA CINTA DE ETIQUETAS	
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
S1	Foto sensor 1, detecta presencia de botellas en el cabezal No 1.
S2	Foto sensor 2, detecta presencia de botellas en el cabezal No 2.
S3	Sensor de marcas 3, detiene el movimiento de la etiqueta autoadhesiva en el cabezal No 1.
S4	Sensor de marcas 4, detiene el movimiento de la contra etiqueta autoadhesiva del cabezal No 2.
MP1	Motor paso a paso de 3 fases conectado a rodillos que mueve y entrega la cinta de etiqueta autoadhesiva a las botellas en el cabezal No 1.
MP2	Motor paso a paso de 3 fases conectado a rodillos que mueve y entrega la cinta de contra etiqueta autoadhesiva a las botellas en el cabezal No 2.
BM3	Motor DC, desenrolla el rollo de etiquetas autoadhesivas en el cabezal No 1.

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

4.3 Diagrama de bloques del control de la trayectoria de la cinta de etiquetas

Figura 29. Diagrama de bloques del control de la trayectoria de la cinta de etiquetas

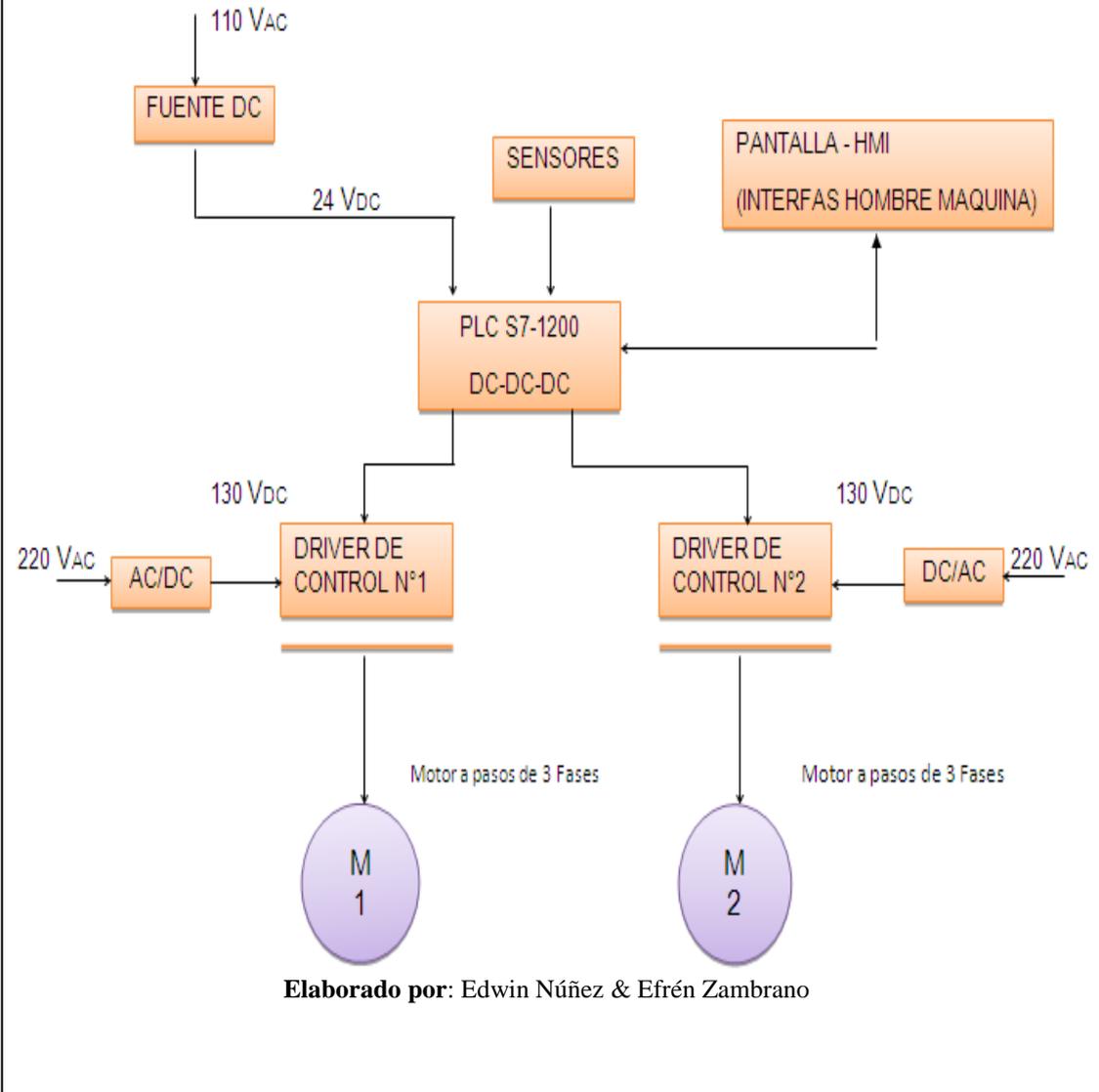


Tabla 8. Elementos del diagrama de bloques

ELEMENTOS DEL DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CONTROL DE LA TRAYECTORIA DE LA CINTA DE ETIQUETAS	
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Fuente DC	Ingresa 110 VAC y sale 24 VDC, se utiliza para dar energía al PLC, a los sensores y al HMI.
Sensores	Controlan el movimiento de la cinta de etiquetas autoadhesivas, dan el arranque y el paro de la misma en ambos cabezales.
PLC	Es el dispositivo donde se procesa la información que recibe de los sensores y controla todos los elementos a base de un programa, genera una salida de impulsos o PTO y accionan a drivers y estos efectúan los movimientos de los motores paso a paso de 3 fases.
HMI	Es la interfaz para la comunicación hombre máquina, en donde se setea; la velocidad de los motores paso a paso, posición y distancia, el tiempo de activación y desactivación de los temporizadores del programa interno para el control del movimiento de la cinta de etiquetas autoadhesivas.
Fuentes AC/DC de potencia	Ingresa 220 VAC y sale 130 VDC, alimentan de dicha energía a los drivers que efectúan el movimiento de los motores paso a paso de tres fases.
Drives de control	En estos equipos se encuentra la electrónica de potencia para dar movimiento a los motores paso a paso de tres fases, para ello reciben impulsos que vienen de las salidas del PLC S7 1200, que son Q0.0 y Q0.2, la energía de ingreso 130 VDC se transforma en 130 voltios trifásica con una frecuencia variable
Motores paso a paso	Estas máquinas son las que mueven y entregan las etiquetas y contra-etiquetas autoadhesivas a las botellas.

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

4.4 Diagrama de bloques del control de la banda móvil con presión hacia abajo (PushDown)

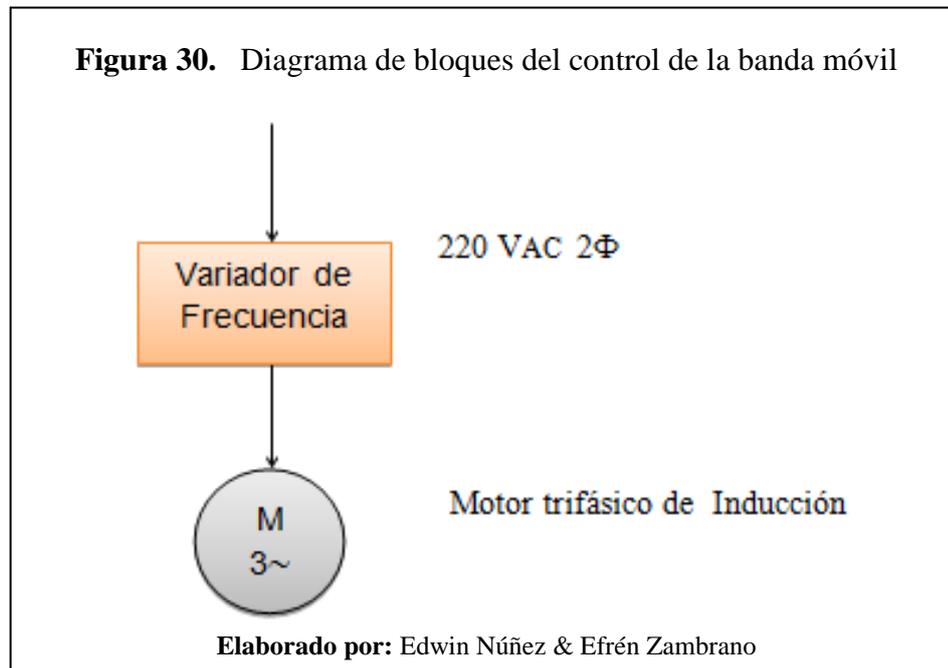


Tabla 9. Características del motor asincrónico AEG

Motor Asincrónico AEG	
Potencia	0,75 HP
Tensión	220 voltios
Fases	3 Alterna
Corriente	2,5 Amperios
Velocidad	1740 RPM
Cos. α	0,66
IP	55
Clase	F

Fuente: (Placa del motor)

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Tabla 10. Datos técnicos Variador Sinamics G110 Siemens

Variador Sinamics G110 Siemens	
Potencia Nominal	1 HP
Corriente de salida	3,9 Amperios
Corriente de entrada, 220voltios 2 fases	10 Amperios
Fusible recomendado	16 Amperios
Cable de entrada	14/12
Cable de salida	16/12

Fuente: (Siemens S. G., 2008)

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Tabla 11. Parámetros en el Variador de Frecuencia Siemens

Parámetros en el Variador de Frecuencia Siemens	
Potencia	1 HP
Tensión del motor	220 V
Corriente	2,5 A
Frecuencia nominal	60 Hz
Velocidad nominal	1740 rpm
Selección de fuente de ordenes	Bornes/Terminales
Selección de la consigna de frecuencia	Consigna analógica
Frecuencia mínima del motor	20 Hz
Frecuencia máxima del motor	60 Hz
Tiempo de aceleración	3 Segundos.
Tiempo de deceleración	0.5 Segundos

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Un variador de frecuencia cambia la velocidad del motor trifásico de Inducción que mueve la banda móvil con presión hacia abajo (Push Down), se activa por medio de un pulsante NA y se desactiva por medio de un pulsante NC.

El circuito de control posee un pulsador de paro de emergencia NC que desactiva también al motor del transportador de botellas, para que de esta manera el motor del pushdown y el de la transportadora trabajen en forma sincronizada para llevar perpendiculares a las botellas.

4.5 Diagrama de bloques de control del rollo de etiquetas autoadhesivas

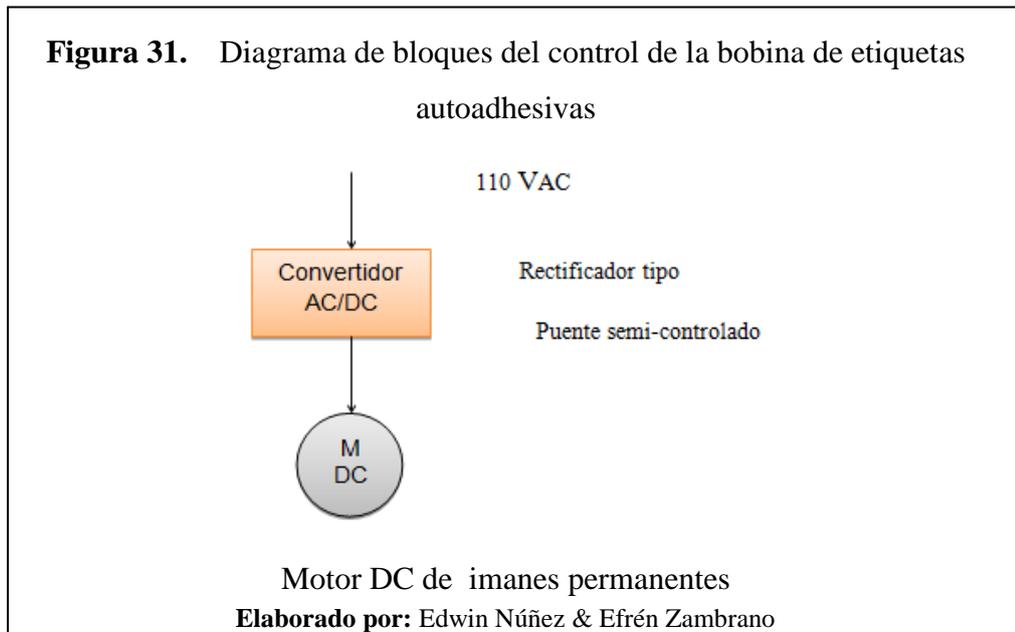


Tabla 12. Características del motor DC STM

Motor DC de Imanes Permanente	
Potencia	0,25 HP
Tensión	108 voltios
Corriente	1 Amperios
Velocidad	860 RPM
IP	55
Clase	B

Fuente: (Placa del motor)

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Tabla 13. Datos técnicos conversor AC/DC

Conversor AC/DC	
Potencia Nominal	1/2 HP
Tensión de entrada	110 Voltios AC
Tensión máxima de salida	98 Voltios DC
Corriente de entrada,	2,5 Amperios
Fusible recomendado	4 Amperios
Cable	16
Consigna de Velocidad	Analógica (Potenciómetro)

Fuente: (Placa del conversor)

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Un convertidor de energía AC/DC a base de un puente rectificador semi-controlado, controla al motor DC de imanes permanentes, que desenrolla la bobina de etiquetas autoadhesivas en el cabezal No 1.

Funciona por medio del sensor S1 que detecta presencia de botellas, que es una entrada del PLC S7 1200, el programa del mismo activa una salida por un determinado tiempo y se reactiva después de cada dos botellas.

4.6 Datos técnicos del motor a pasos de 3 fases

Para programar en un PLC el control de un motor a pasos, es necesario conocer sus datos técnicos, los cuales son de utilidad para la programación y, calibración de la tarjeta de control o driver, seleccionar los pasos por revolución, el ángulo por paso su voltaje y corriente.

Tabla 14. Datos técnicos del motor a pasos de 3 fases

Datos técnicos del motor a pasos de 3 fases		
Voltaje nominal	130,00	Voltios
Torque nominal	4,00	Nm
Pasos por revolución	1000,00	
Angulo de paso	0,36	Grados
Corriente de fase	5,00	Amperios

Fuente: (Positec L. B., 1999)

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Tabla 15. Datos de calibración del driver para un motor a pasos de 3 fases

Pasos por revolución	Pasos por revolución	Posición	Posición
		1	2
200	2000	ON	OFF
400	4000	ON	ON
500	5000	OFF	ON
1000	10000	OFF	OFF

Fuente: (Lahr, 1997)

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Tabla 16. Datos de corriente por fase del driver para un motor a pasos de 3 fases

Posición	Corriente de fase (Amp)
0	1,35
1	1,65
2	1,90
3	2,20
4	2,45
5	2,75
6	3,00
7	3,30
8	3,60
9	3,90
A	4,15
B	4,40
C	4,70
D	5,00
E	5,20
F	5,50

Fuente: (Lahr, 1997)

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Los motores a pasos de 3 fases son de 1000 pasos por revolución, 0,36 el ángulo de paso, intensidad nominal 5 amperios, 130 voltios, tabla 14.

Por lo que los interruptores 1 y 2 para seleccionar los pasos por revolución deben ubicarse en la posesión OFF tabla 15, y el selector que selecciona la corriente por fase debe estar en la posición D de acuerdo a la tabla 16.

La frecuencia máxima del drive es de 200 KHz, frecuencia máxima del motor a pasos es de 10 KHz.

4.7 Diseño de la fuente de potencia DC

A cada tarjeta de control se debe alimentar con 130 voltios DC y 5 amperios, datos de los motores a pasos de 3 fases.

Para ello usamos un rectificador tipo puente y un capacitor como filtro.

- Cálculo del transformador

Ecuación 12. Potencia de un sistema trifásico

Potencia de un sistema trifásico = $1.73 * \text{Voltaje de línea} * \text{Intensidad de línea}$

Potencia de entrada = Potencia de salida

Potencia de entrada = $1.73 * \text{Voltaje de línea} * \text{Intensidad de línea}$

Potencia de entrada = $1.73 * 130 \text{ voltios} * 5 \text{ amperios}$

Potencia de entrada = 1124.5 volta-amperios

Potencia de entrada = 1200 VA

Ecuación 13. Voltaje de salida DC de un rectificador tipo puente con condensador

*Voltaje de salida DC = $1.41 * (\text{Voltaje pico en el secundario})$*

Voltaje en el secundario = Voltaje de salida DC / 1.41

Voltaje en el secundario = $130 \text{ V} / 1.41 = 90 \text{ V}$.

Transformador de 220 voltios en el primario, 90 voltios en el secundario, con una potencia de 1200 VA.

- Cálculo del puente rectificador

Ecuación 14. Potencia en un circuito DC

$$Potencia = V * I$$

$$I = \frac{Potencia}{Voltaje}$$

$$I = \frac{1200 VA}{90 V}$$

$$I = 13,33 \text{ amperios}$$

Puente rectificador, mayor o igual a 15 amperios, mayor o igual a 150 voltios

$$Fusibles = 1.25 * 15 \text{ amperios} = 18.75 \text{ amperios}$$

Fusibles de 20 amperios.

- Cálculo del capacitor

Ecuación 15. Voltaje de ondulación Er ; en un rectificador tipo puente con capacitor

$$Er = \frac{I_{cc}}{F * C}$$

Er = Voltaje de ondulación

F = frecuencia de ondulación

I_{cc} = Corriente de Carga

C = Capacitor

Cuando se desea calcular el valor del capacitor de un circuito filtro, el voltaje de ondulación se asume el 10% del voltaje RMS del secundario del transformador.

$$Er = 10\% V. \text{ sec.}$$

$$Er = 10\% * 90 = 9V.$$

$$C = I_{cc} / (F * Er)$$

$$C = 4629 \text{ micro faradios}$$

Condensador mayor a 4629 micro faradios y mayor a 150 voltios.

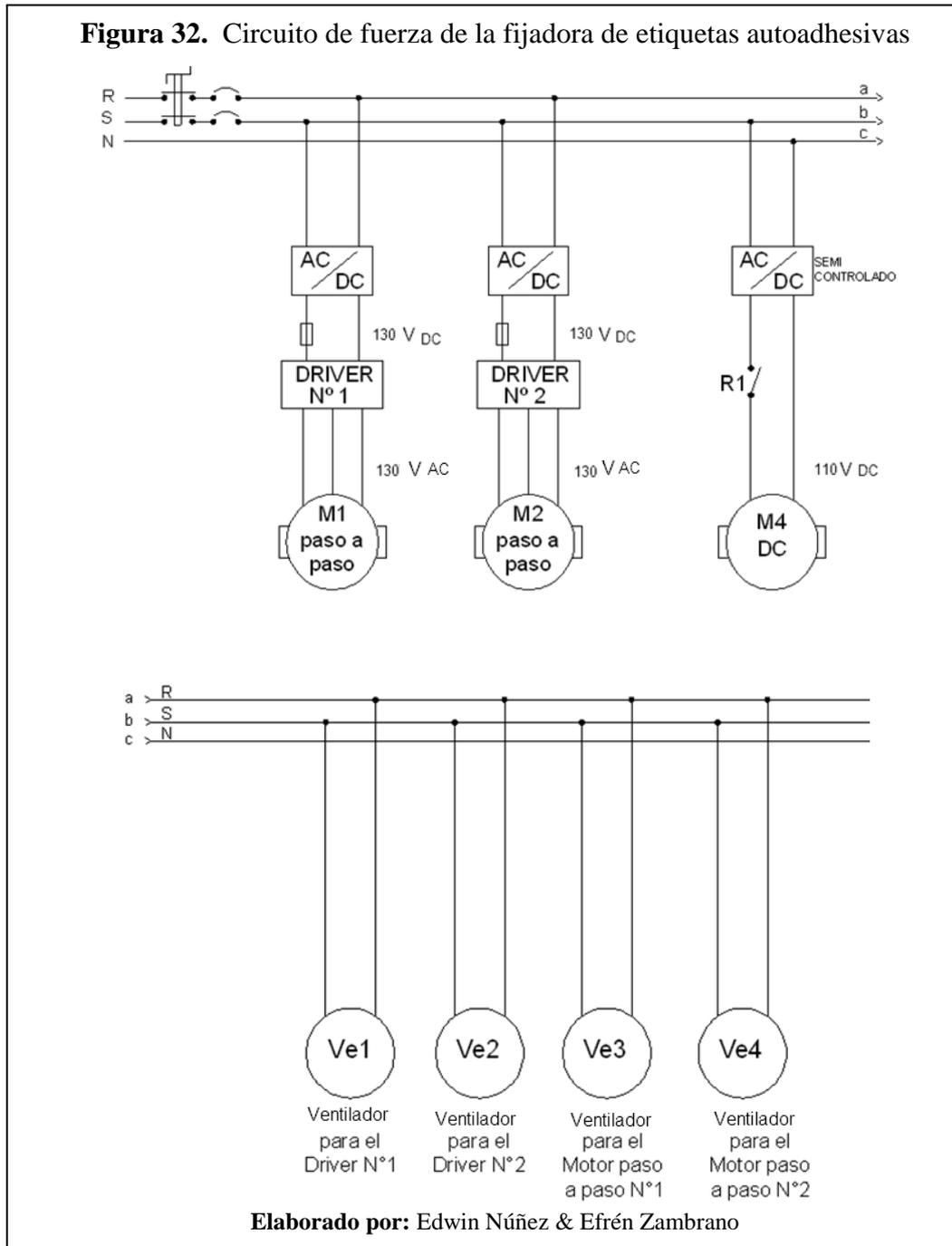
4.8 Simbología eléctrica del control de la cinta de etiquetas

Tabla 17. Simbología eléctrica

Simbología	Descripción
	Fusible
	Breker
	Pulsador normalmente abierto
	Rectificador AC/DC
	Motor
	Variador de frecuencia
	PLC
	Fuente DC
	Pantalla interfaz Hombre-Maquina
	Bobina de relé
	Contacto normalmente abierto
	Contacto normalmente cerrado
	Capacitor
	Rectificador
	Transformador
	Pulsador normalmente cerrado
	Foto sensor
	Selector bifásico
	Bobina de contactor
	Rectificador tipo puente

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

4.9 Circuito de fuerza de la fijadora de etiquetas autoadhesivas



4.10 Control de la fijadora de etiquetas, entradas y salidas del PLC

Entradas del PLC

I1.0 – Entrada de marcha del motor a pasos del cabezal No 1

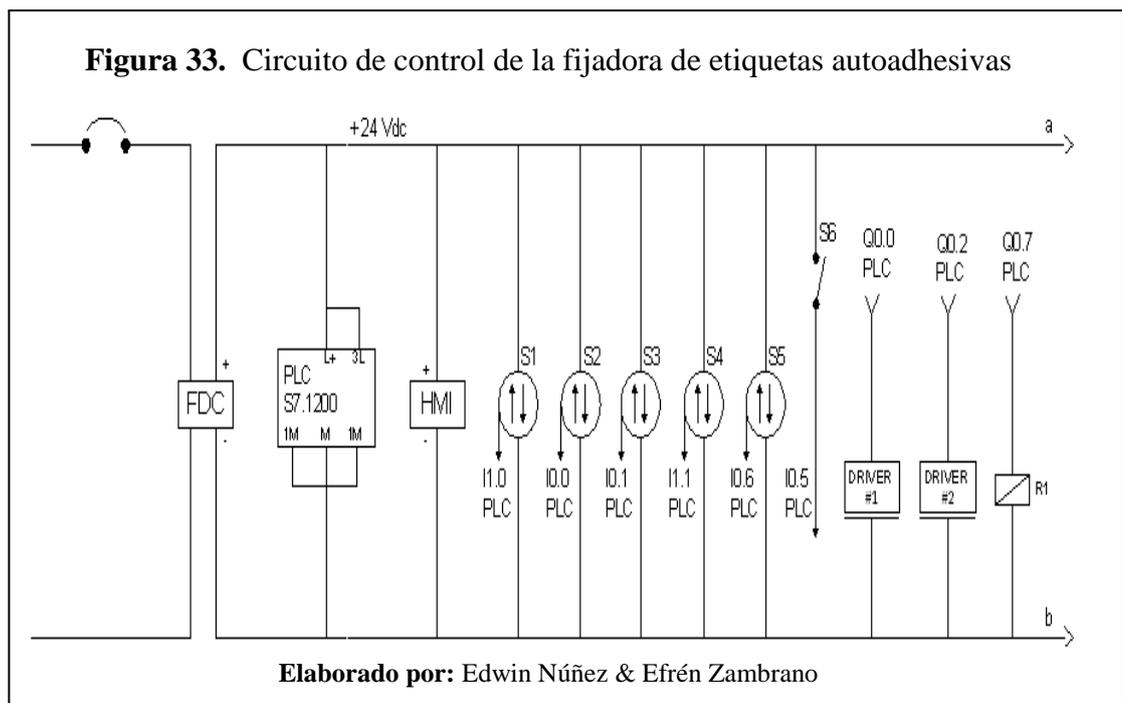
I1.1 – Entrada de paro del motor a pasos del cabezal No 1

- I0.0 – Entrada de marcha del motor a pasos del cabezal No 2
- I0.1 – Entrada de paro del motor a pasos del cabezal No 2
- I0.5 – Entrada de habilitación de los 2 motores a pasos
- I0.6- Entrada paro de cinta de alimentación por exceso de desenrollado

Salidas del PLC

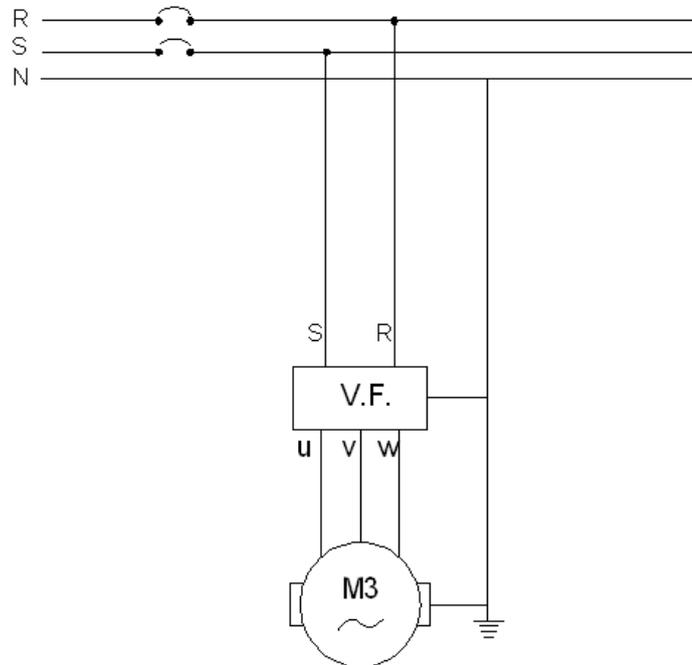
- Q0.0 – Salida de pulsos al driver No 1
- Q0.2 – Salida de pulsos al driver No 2
- Q0.7 – Salida de 24 Vdc a la bobina de R1, que activa al Motor DC

4.11 Circuito de control de la fijadora de etiquetas autoadhesivas



4.12 Circuito de fuerza del movimiento de la banda con presión hacia abajo (Push Down)

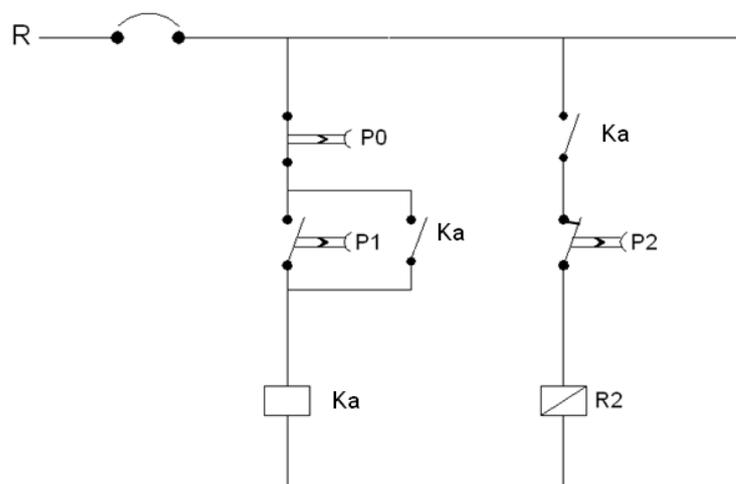
Figura 34. Circuito de fuerza del movimiento de la banda con presión hacia abajo

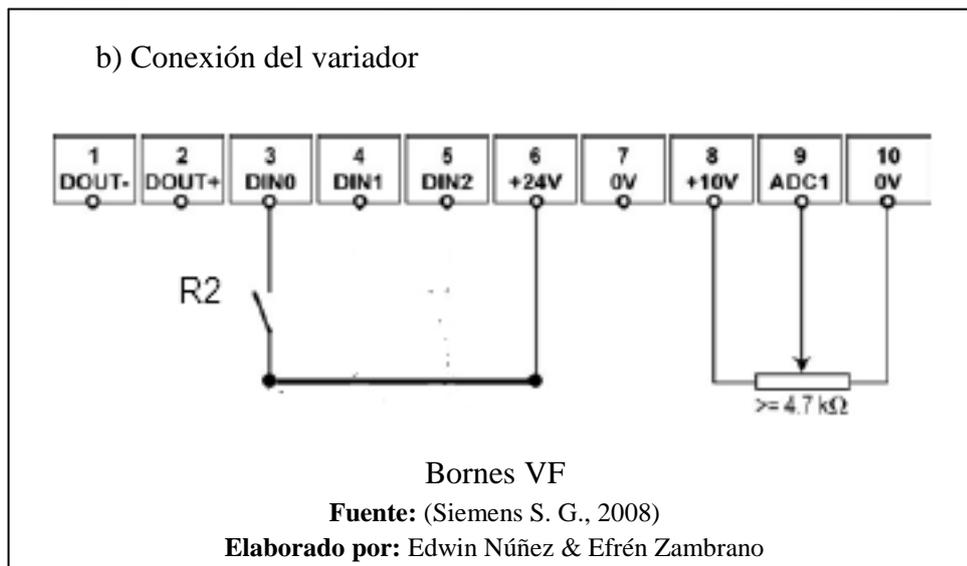


Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

4.13 Circuito de control del movimiento de la banda con presión hacia abajo (Push Down)

Figura 35. a) Circuito de control del movimiento de la banda con presión hacia abajo





4.14 Diseño del programa del PLC para controlar 2 motores a pasos

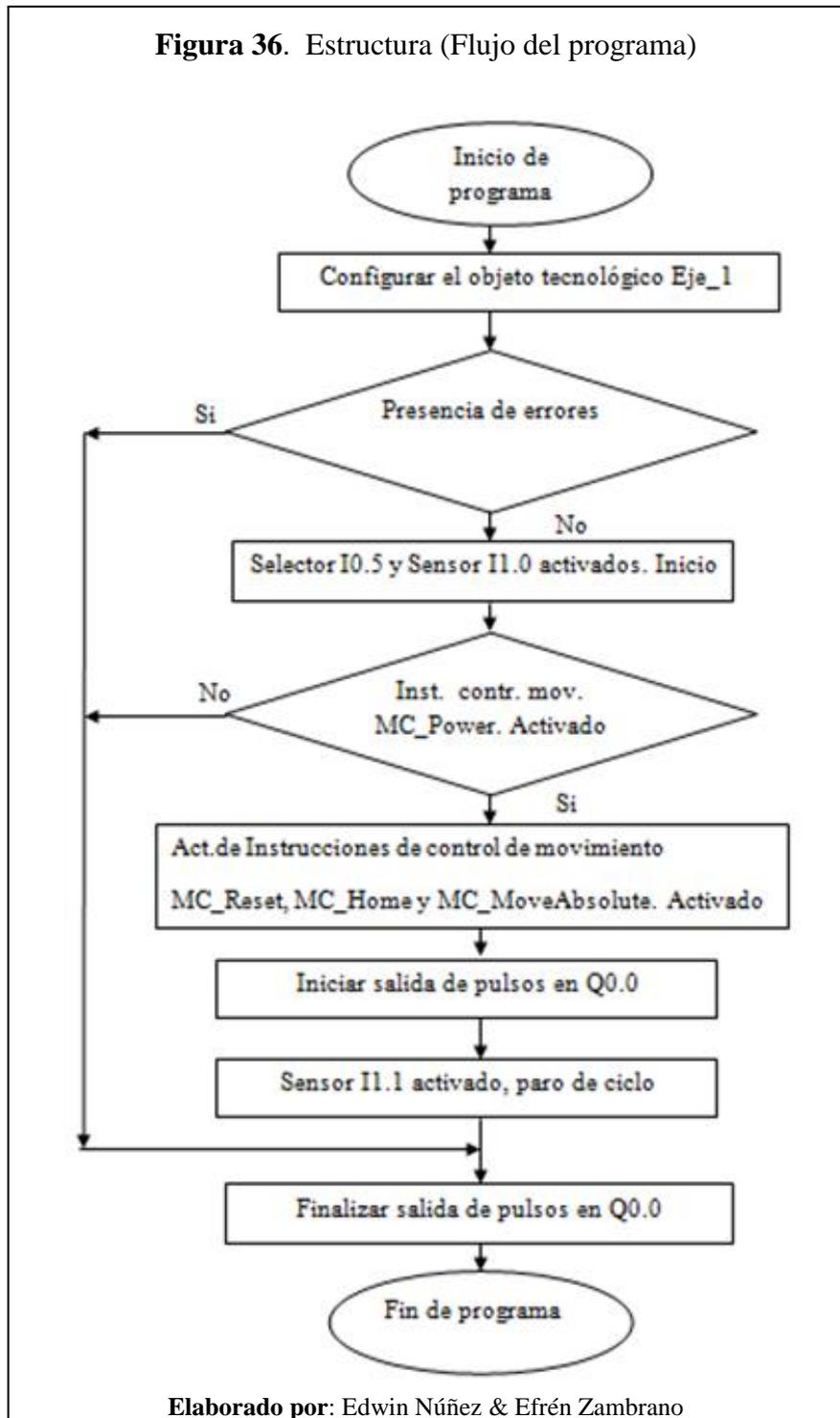
En el portal TIA (ventana de programación para el PLC S7 1200) se configura el objeto tecnológico Eje_1. Con ayuda de este objeto tecnológico se habilita las salidas de pulsos para controlar los accionamientos, con las instrucciones de control movimiento MC_Power, MC_Reset, MC_Home, MC_MoveAbsolute se inicia las peticiones de movimiento.

El PLC S7 1200 con una salida de interfaz de impulsos (efectuado por la salida de estado sólido de alta frecuencia Q0.0) habilita a la electrónica de potencia (drive No 1) que controla al motor a pasos No 1.

4.14.1 Estructura del Programa para controlar el motor a pasos No 1.

La estructura del programa, figura 36 es para el control del motor a pasos No 1. Se inicia el programa configurando el objeto tecnológico Eje_1, (se lo utiliza para controlar motores a pasos a base de interfaz de impulsos), el software del programa revisa errores de configuración y programación, si los hay no permite su inicio o lo detiene, si no existen los mismos el programa continua, activar I0.5 selector de inicio y si I1.0 se activa por paso o presencia de botellas se inicia la activación o llamado de las instrucciones de control de movimiento, la instrucción MC_Power habilita o para el Eje, las instrucciones MC_Reset, MC_Home, MC_MoveAbsolute, son habilitadas por la instrucción MC_Power, después de ser activadas las instrucciones de control de movimiento anteriores, se inicia la salida del tren de pulsos en Q0.0,

después el sensor de paro I1.1 se activa por presencia de un registro en las etiquetas autoadhesivas y detiene el ciclo, finalizando la salida de pulsos en Q0.0; para mayor detalle de la programación revisar anexo 1.



4.14.2 Configuración del Eje_1 para el motor a pasos No. 1 del Cabezal No. 1.

El portal TIA (pantalla del software de programación) dispone de las herramientas para la configuración del objeto tecnológico “Eje”.

Iniciar la configuración activando el generador de pulsos (Pulse_1), luego en Parametrización seleccionar PTO (Salida de tren de pulsos), que es lo que se requiere para esta aplicación, en el árbol del proyecto agregar el objeto tecnológico Eje_1, y de esta manera configuramos la interfaz del accionamiento, activándose automáticamente la salida Q0.0.

Después configurar las propiedades mecánicas de la máquina, monitorización de posición, parámetros de dinámica, a base de los datos del motor a pasos y el tipo de aplicación.

La salida predeterminada por el PLC S7 1200 en base de su configuración, es de alta frecuencia en este caso Q0.0 Y Q0.2, estas salidas de impulsos controlan los drives, que accionan a los motores paso a paso, los impulsos deben ser los necesarios para mover el motor, ya que su velocidad viene determinada por el número de impulsos por unidad de tiempo. La configuración se guarda en el bloque de datos del objeto tecnológico.

Con la interfaz de impulsos habilitar al drive No 1 que controla el motor a pasos No 1, con la función PT01 activar el generador de impulsos con el nombre de Pulse_1.

En la parte de Parametrización, escoger el generador de pulsos PTO, el PLC dispone de salidas de impulsos, tiene salidas de estado sólido de alta frecuencia (a base de transistores), para esta aplicación debemos habilitar el generador de impulsos PTO (salida de tren de impulsos), porque el drive No 1 se habilita por medio de interfaz de impulsos y de esta forma controla al motor a pasos No1. Así quedan disponibles los impulsos para dicho control.

Tabla 18. Configurar y activar el generador de impulsos

ITEM	DESCRIPCIÓN GENERAL	PARÁMETROS
General (PT1/PWM1)	Activar generador de impulsos	Pulse-1
Parametrización	Seleccionar el generador de impulsos	PTO

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Tabla 19. Principales variables del programa

Principales variables del programa		
Nombre	Tipo de datos	Dirección
Eje_1 Impulso	Bool	Q0.0
Eje_1 Sentido	Bool	Q0.1
Eje_2 Impulso (2)	Bool	Q0.2
Eje_1 Sentido (2)	Bool	Q0.3
Tag_1	Bool	I0.0
Tag_7	Bool	I0.1
Tag_8	Bool	I1.0
Tag_9	Bool	I1.1
Tag_22	Bool	I0-5

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

En el árbol del proyecto agregar el objeto tecnológico, escribir el nombre Eje_1. Seleccionar el objeto "TO_Axis_PTO". (Control de ejes a base de tren de pulsos, actual aplicación). Donde se crea el nuevo objeto tecnológico.

Tabla 20. Agregar el objeto tecnológico eje y seleccionar el objeto "TO_Axis_PTO".

ITEM	DESCRIPCIÓN GENERAL	PARÁMETROS
Agregar objeto Eje_1	Seleccionar la tecnología de movimiento "TO-Axis-PTO"	TO-Axis-PTO

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Parámetros básicos, en la ventana de parámetros básicos se definirá en este campo el nombre del eje (Eje_1) y del objeto tecnológico Eje. Seleccionar el generador de pulsos habilitado anteriormente (Pulse_1). Si se ha habilitado Pulse_1 y se asignado el Eje_1, automáticamente se asigna la salida Q0.0. Porque es una de las dos salidas de estado sólido y de alta frecuencia predeterminadas que tiene este PLC que genera un tren de pulsos.

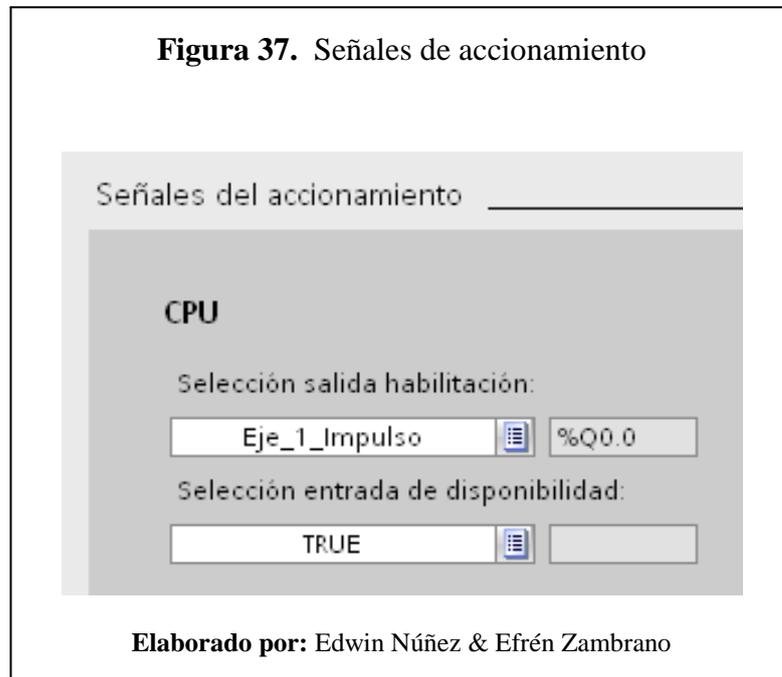
Tabla 21. Selección generador de impulsos

ITEM	DESCRIPCIÓN GENERAL	PARÁMETROS
Parámetros básicos	Selección generador de impulsos	Pulse_1

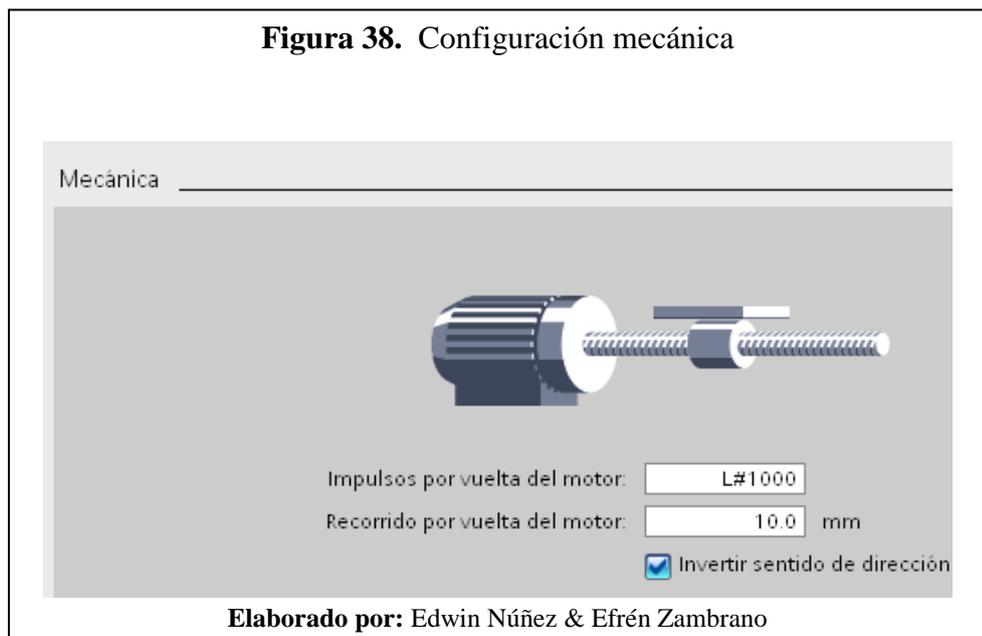
Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Parametrización avanzada, en la figura 37, seleccionar las señales de accionamiento que para este caso está definido como Eje_1, y automáticamente se habilitara Q0.0.

La habilitación del accionamiento es controlada por la instrucción de control de movimiento MC_Power. En este caso, elegir para la entrada de disponibilidad el valor TRUE.



Se debe configurar las propiedades mecánicas del accionamiento figura 38, debido a que el sistema genera un tren de pulsos. Para este caso son necesarios 1000 pulsos para que el eje del motor gire 360 grados mecánicos, este dato se obtiene de la hoja de especificaciones técnicas del motor.



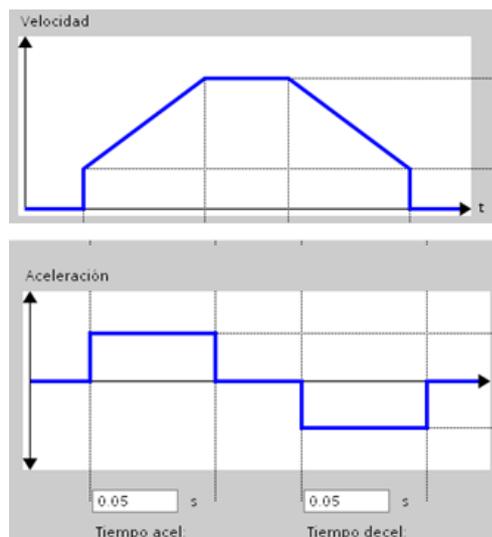
En la configuración de dinámica general tabla 22, se debe parametrizar la velocidad máxima, la velocidad de arranque/parada, la aceleración y deceleración, estos valores se ponen de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

Tabla 22. Parámetros avanzados

ITEM	DESCRIPCIÓN GENERAL	PARÁMETROS
Mecánica	Impulsos que necesita el motor para dar una vuelta.	1000.00
Mecánica	Distancia que debe recorrer la mecánica de la instalación por cada vuelta del motor, en mm.	10.00
Dinámica	Velocidad máxima, en impulsos/seg.	20000.00
Dinámica	Velocidad mínima en impulsos/seg.	1000.00
Dinámica	Tiempo de aceleración en segundos	0.05
Dinámica	Tiempo de deceleración en segundos	0.05

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Figura 39. Comportamiento de la velocidad y aceleración en función del tiempo



Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Finalizar la programación del objeto tecnológico creando un DB1 que es el que se utilizará en el bloque de programación.

4.14.3 Configuración del Eje_2 para el motor a pasos No 2 del Cabezal No 2.

El procedimiento de configuración del Eje_2 es igual que la configuración del Eje_1, la velocidad y recorrido del motor de pasos No2 es menor que el motor a paso No 1 por lo que varios parámetros son diferentes.

Iniciar configurando y activando el generador de impulsos PTO2 (Pulse_2), habilitar el generador de pulsos PTO, en la tabla de variables agregar y direccionar las variables usadas, en el árbol del proyecto agregar el objeto tecnológico Eje_2, en parametrización básica seleccionamos el generador de pulsos habilitado (Pulse_2), y de esta forma se habilita automáticamente la salida Q0.2.

En parametrización avanzada, igualmente habilitamos las señales de accionamiento, en mecánica; colocamos los datos del motor, 1000 impulsos por vuelta del motor.

En dinámica; colocamos su velocidad máxima 20000 impulsos/seg. (200 mm/seg.), su tiempo de aceleración y desaceleración = 0.05 Segundos. Luego llamar a las funciones de control de movimiento asignándoles los datos respectivos del Eje_2

4.14.4 Agregar bloque de datos.

Agregar nuevo bloque en el árbol del proyecto del programa para crear un DB (bloque de datos), éste sólo almacena datos.

Los bloques de datos DB son áreas de datos del programa estructurado en el que se gestiona los datos del usuario y sirve para almacenar información importante del proceso dentro de la secuencia de almacenamiento del PLC, su función es guardar la información que en caso de un corte de energía eléctrica, la misma este presente al reinicio del PLC, para de esta manera continuar con el control del proceso, además en el presente proyecto los datos almacenados serán utilizados por la pantalla HMI.

En la tabla 23 del bloque de datos del Eje 1, se encuentran los parámetros que mediante la pantalla HMI serán modificados de acuerdo a la necesidad del proceso, en este caso son los que controlan al motor de pasos No. 1 que se encuentra en el cabezal No 1.

Estos parámetros son:

Posición: Posición absoluta de destino o recorrido efectuado en el ciclo.

Velocidad: Velocidad del Eje (velocidad a que gira el motor)

Tiempo: Tiempo que después del inicio del ciclo deshabilita al sensor de paro I1.1

Tabla 23. Bloque de datos del Eje 1

Bloque de datos_1		
Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque
Velocidad	Bool	17.0
Posición	Bool	28.0
Tiempo	Time	T#1ms

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano.

4.15 Programa para el control del motor a pasos de Cabezal No 2.

El programa del PLC S7 1200 para controlar el motor a pasos del cabezal No 2 tiene el mismo procedimiento que para controlar el motor a pasos del cabezal 1.

El programa del PLC S7 1200 controla el driver No 2 y está activa al motor a pasos No 2 Cuando se configura el Eje_2, seleccionamos el Pulso 2, se activa automáticamente salida Q0.2

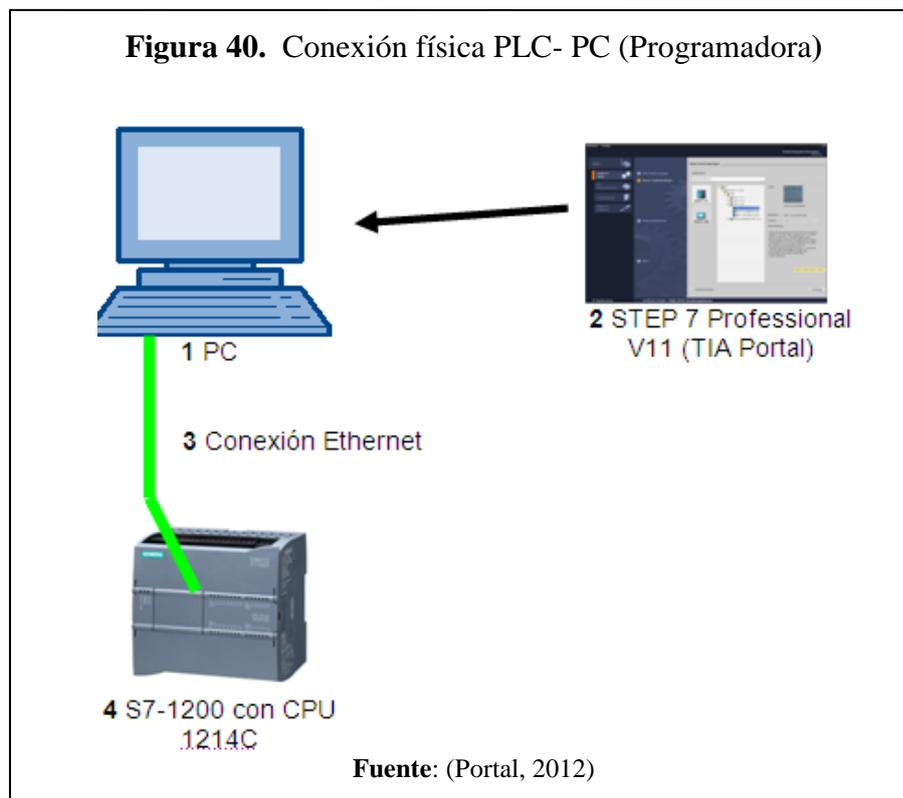
La estructura del programa para el control del motor a pasos No 2 es igual que para el motor a pasos No 1, en este caso I0.0 es el sensor que detecta presencia de botellas y activa la salida Q0.2 (salida de estado sólido de alta frecuencia para la interfaz de impulsos) y I0.1 es el sensor que da la señal de paro de la misma.

El motor a pasos No 2 está instalado en el cabezal No 2. Mueve y entrega las contras etiquetas autoadhesivas a las botellas

4.16 Comunicación del PLC S7 1200

El PLC S7 1200 dispone de una interfaz PROFINET integrada que permite la comunicación con los paneles de la gama SIMATIC HMI, adicionalmente para la comunicación de CPU a CPU y con equipos de otros fabricantes.

La interfaz de comunicación está formada por una conexión RJ45, admite hasta 16 conexiones Ethernet y alcanza una velocidad de transferencia de datos 10/100 Mbits/s.



Al configurar la comunicación entre una CPU y una programadora se debe considerar.

- Configuración/instalación: Es necesario configurar el hardware.
- Para la comunicación entre dos interlocutores no se requiere un switch Ethernet. Un switch Ethernet se requiere sólo si la red comprende más de dos equipos.

4.16.1 Conexión de hardware.

Las interfaces PROFINET establecen las conexiones físicas entre un equipo de programación y una CPU, es posible utilizar un cable Ethernet estándar o cruzado para la interfaz. Para conectar un equipo de programación directamente a una CPU no se requiere un switch Ethernet.

Para crear la conexión de hardware entre un equipo programador y una CPU, se procede del siguiente modo:

1. Montar la CPU
2. Conectar el cable Ethernet al puerto PROFINET del PLC S7 1200
3. Conectar el cable Ethernet a la programadora.

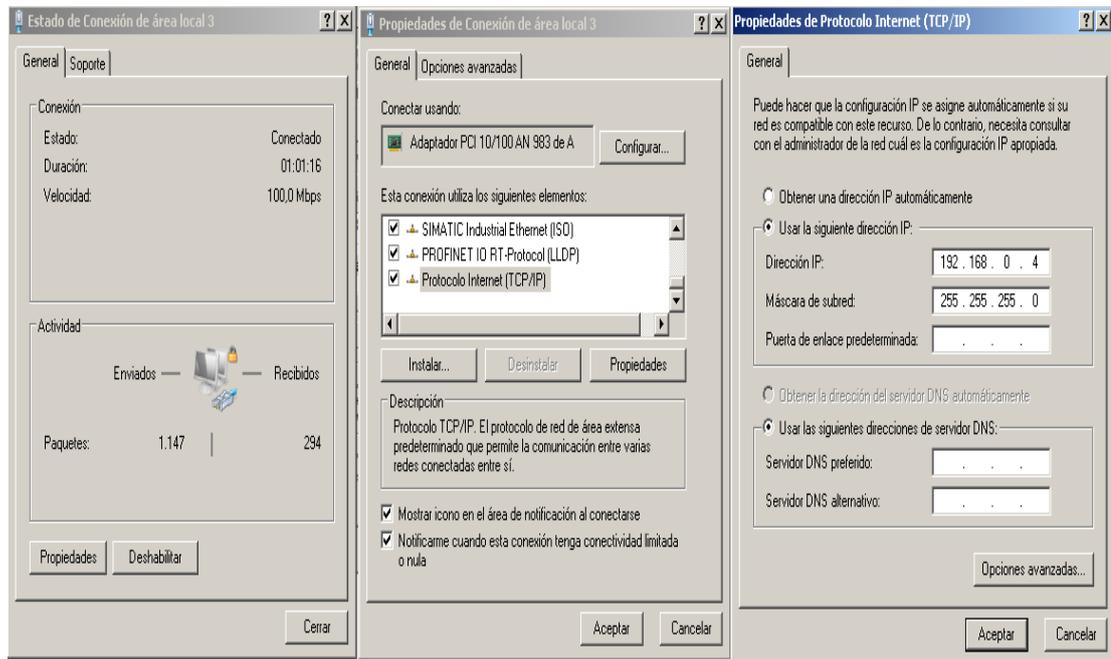
4.16.2 Asignar dirección IP a equipo de programación.

Si el equipo de programación utiliza una tarjeta adaptadora Ethernet-USB conectada a una red aislada, la ID de red de la dirección IP y la máscara de subred de la CPU y la tarjeta adaptadora Ethernet-USB integrada en la programadora deberán ser exactamente iguales.

La ID de red es la primera parte de la dirección IP (los tres primeros octetos) (p. ej. 192.168.0.4) y determina la red IP utilizada. Normalmente, la máscara de subred tiene el valor 255.255.255.0. Al combinar la máscara de subred con la dirección IP del dispositivo en una operación Y matemática se definen los límites de la subred IP.

En el diálogo "Propiedades de conexión de área local", campo "Esta conexión utiliza los siguientes elementos:", desplácese hasta "Protocolo Internet (TCP/IP)". En el Protocolo Internet (TCP/IP) y luego en el botón propiedades, seleccionar obtener una IP automáticamente (DHCP), usar la siguiente dirección IP, para introducir una dirección IP estática figura 42.

Figura 41. Configuración IP de red: Estado de conexión. Propiedades de conexión LAN. Propiedades de protocolo TCP/IP



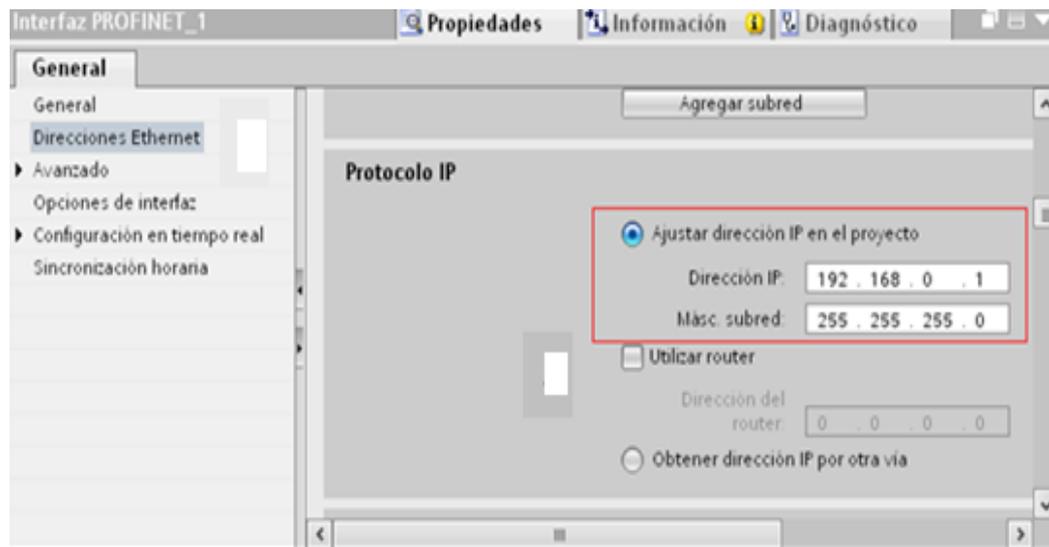
Fuente: (Sitrain, 2009)

4.16.3 Asignar dirección IP a la CPU.

Configurar los parámetros de la interfaz PROFINET

- Seleccionar el puerto PROFINET.
- En la ficha "Propiedades" de la ventana de inspección muestra el puerto PROFINET.
- Seleccionar "Direcciones Ethernet", completar los campos de acuerdo a la red que se esté usando.

Figura 42. Asignar dirección IP a la CPU



Fuente: (Sitrain, 2009)

Tabla 24. Configuración IP de PLC

Parámetro		Descripción
Protocolo IP	Dirección IP	Dirección IP asignada a la CPU
	Máscara de subred	Máscara de subred asignada
	Utilizar router IP	Haga clic en esta casilla de verificación para indicar el uso de un router IP
	Dirección del router	Dirección IP asignada al router
Subred	<p>Nombre de la subred a la que está conectada el dispositivo. "Agregar nueva subred" para crear una subred nueva. El ajuste predeterminado es "no conectado".</p> <p>El ajuste predeterminado "no conectado" ofrece una conexión local.</p> <p>Una subred se requiere cuando la red comprende dos o más dispositivos</p>	

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

4.17 Diseño del programa de la pantalla HMI

El sistema HMI (pantalla KTP600) que es una interfaz de usuario-máquina; es parte de la automatización del proceso, que permite, visualizar, supervisar, monitorizar y modificar parámetros del mismo durante la operación de la máquina.

Las pantallas del proyecto contienen vistas para modificar y ver parámetros básicos que controlan el proceso.

Para utilizar el HMI en el proceso, este debe pasar por una fase inicial de diseño y posteriormente transferirse al panel del operador.

Para un adecuado monitoreo del proceso es necesario que el panel del operador esté acoplado online al PLC S7 1200 para que los cambios que se den en la planta de forma inmediata puedan ser observadas por el operador en el HMI.

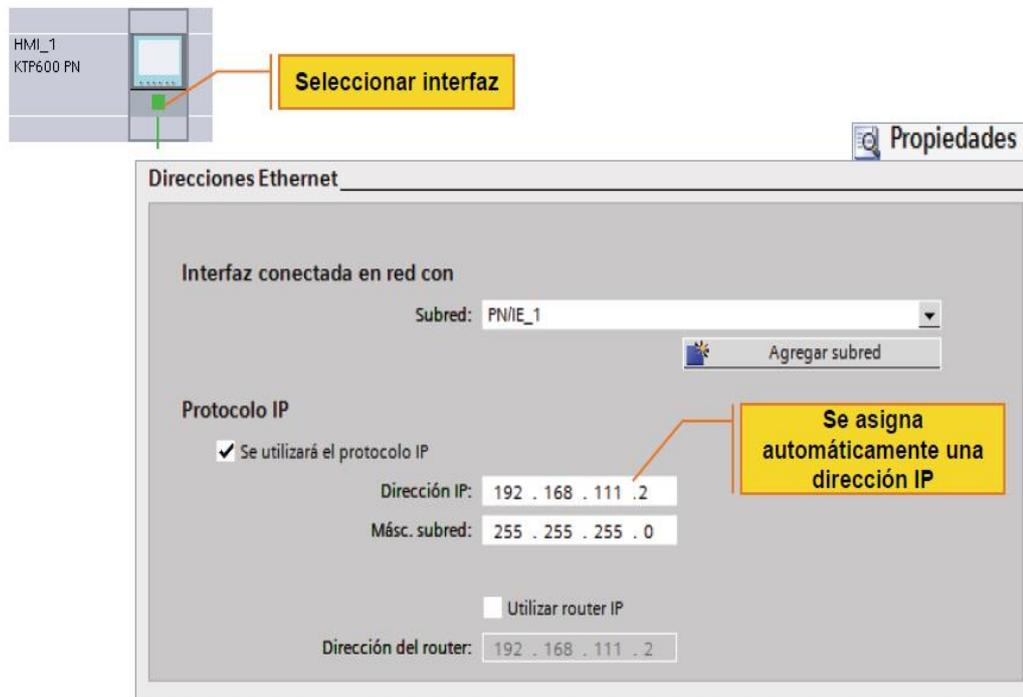
4.17.1 Programación de la pantalla HMI KTP600.

Insertar pantalla; en la ventana de árbol del proyecto insertar un nuevo equipo, y seleccionar la pantalla modelo HMI KPT 600 Basic color PN, a ser usada.

Asignar IP pantalla HMI; es necesario asignar una dirección IP a la pantalla HMI que se encuentre dentro de la misma red asignada al PC programador y al CPU, de esta manera se pueden comunicar.

En la figa 43 se puede observar el método de asignación de la dirección IP y máscara para una pantalla HMI.

Figura 43. Asignación de IP pantalla HMI



Fuente: (Sitrain, 2009)

Los dispositivos a conectarse tienen el mismo tipo de interfaz. La conexión recibe un nombre local como identificación. Los dispositivos se comunican con el controlador a través del bus Industrial Ethernet, utilizando el protocolo S7. Esta comunicación se realiza entre el sistema operativo de la CPU – S7 y del sistema HMI. Por tanto, no es necesaria una programación de la aplicación S7. Un dispositivo HMI puede al mismo tiempo intercambiar datos con varios controladores.

A continuación se procede a realizar las configuraciones de acuerdo al diseño, como por ejemplo el número de ventanas, logo de fondo, color, botones, etc.

Todo HMI no se encuentra estructurado en una sola pantalla, ya que en procesos complejos se debe mostrar múltiples pantallas que el usuario podrá moverse dentro del HMI, cabe indicar que después se pueden añadir o eliminar pantallas.

Una vez finalizado el asistente las pantallas del presente proyecto, seleccionar dentro de la carpeta de Imágenes las aplicaciones que el software TIA portal ofrece al programador para Agregar imagen. Y comenzar a editar insertando objetos de la barra de herramientas, adicionándola entradas, salidas o información.

Ventana de presentación figura 44; insertar la foto del producto que se elabora en este proceso, el nombre de la empresa y el nombre de la máquina.

Figura 44. Ventana de presentación



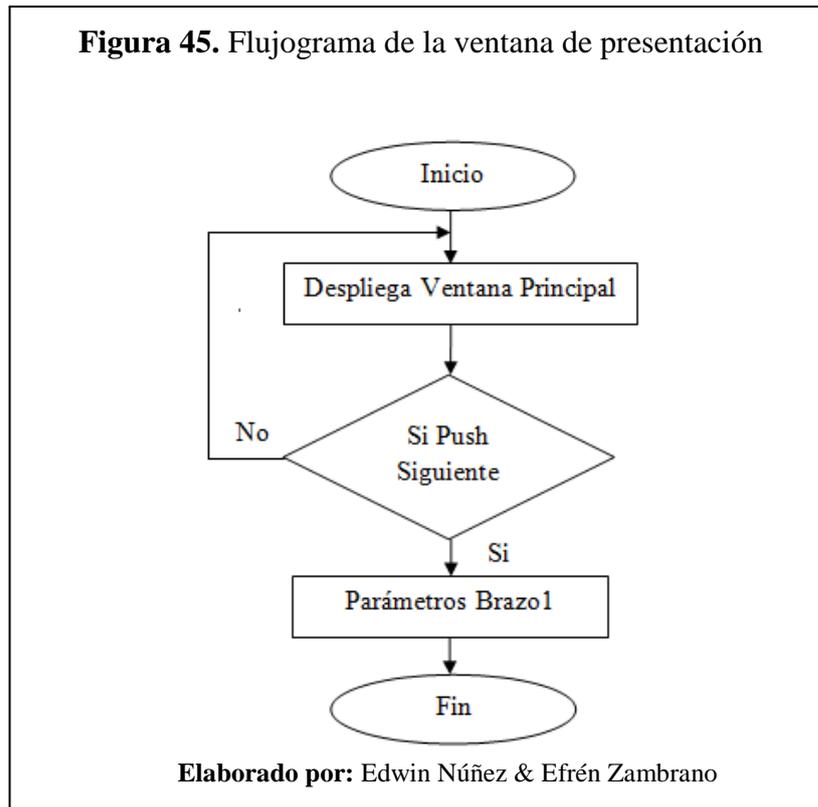
Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Tabla 25. Datos de la ventana de presentación

Ítem	Tipo	Detalle	Parámetros
Siguiente	Botón_1	Botón con aviso de texto. Ingreso a la ventana de parámetros del Brazo 1	Activar Bit al pulsar

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Figura 45. Flujograma de la ventana de presentación



Ventana del brazo 1; es la ventana en la cual se pueden modificar los parámetros del brazo

Figura 46. Ventana brazo 1

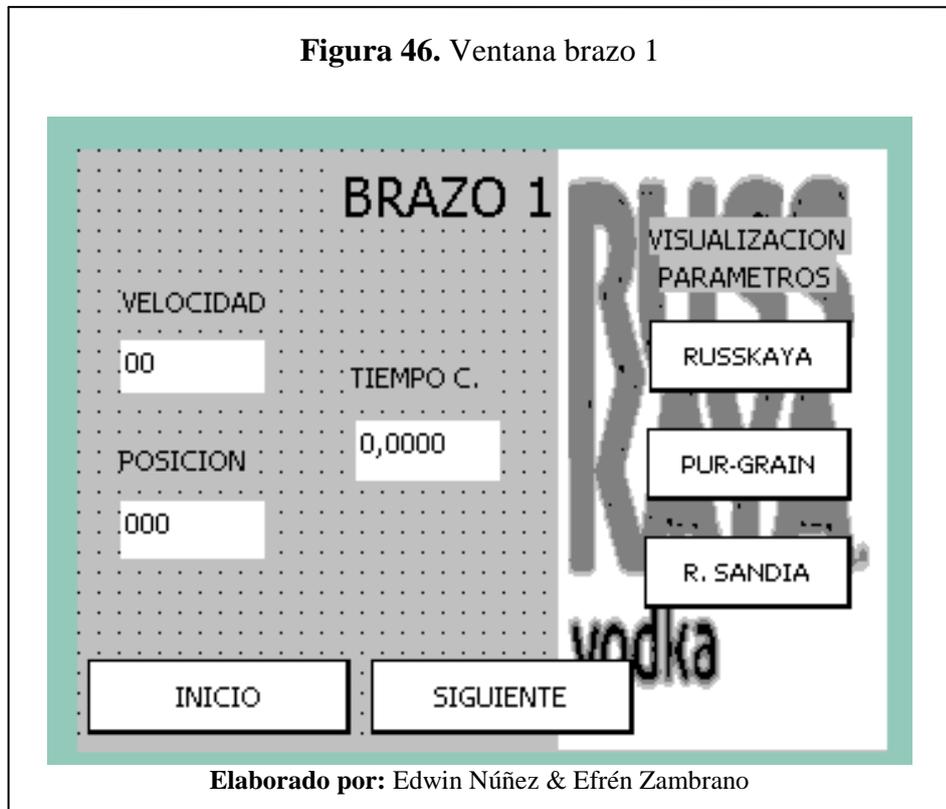
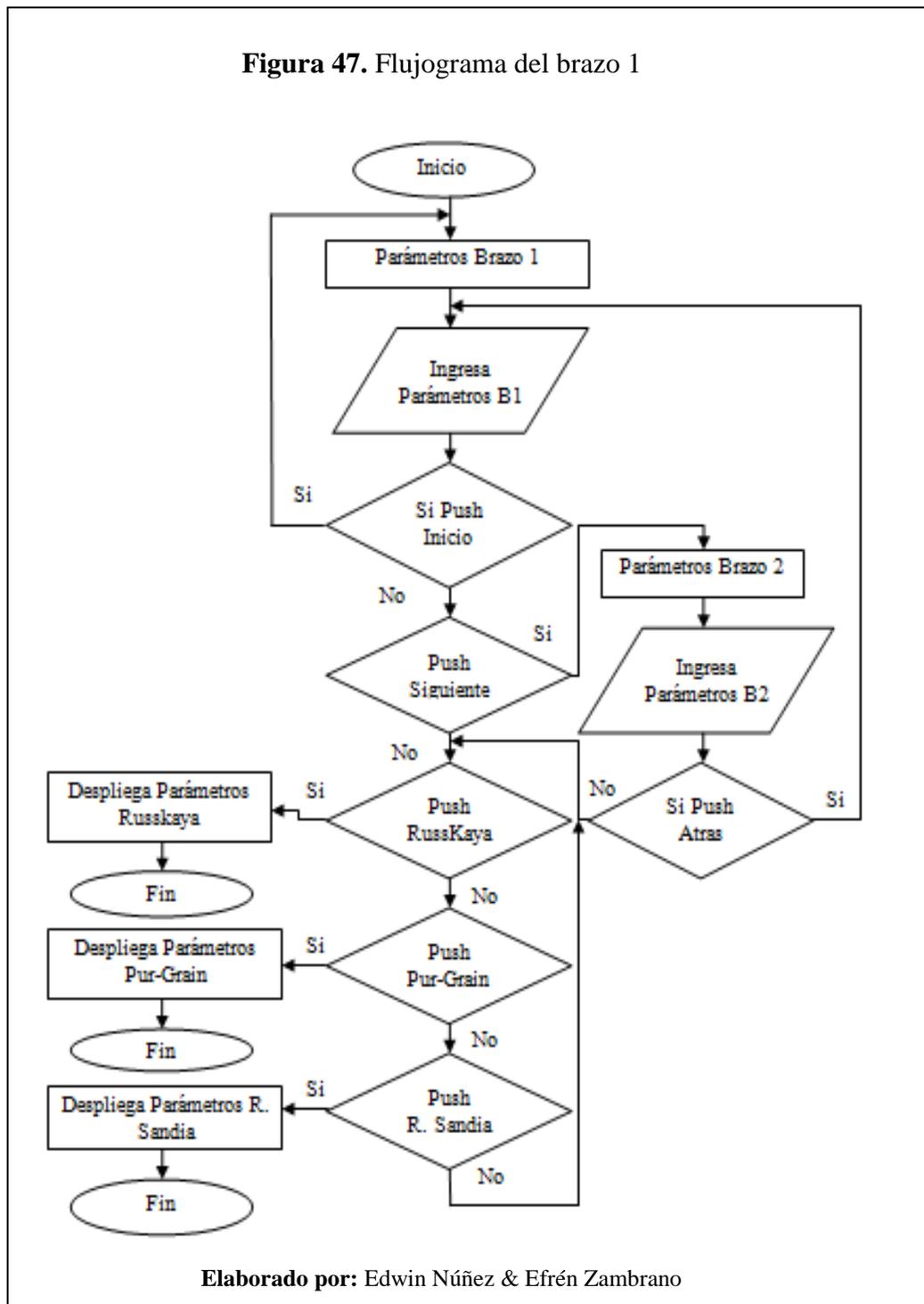


Tabla 26. Datos de la ventana del brazo 1

Ítem	Tipo	Detalle	Parámetros
Atrás	Botón_1	Retro aviso con texto. Regreso a la ventana de presentación.	Activar Bit al pulsar
Siguiente	Botón_2	Retro aviso con texto. Ingreso a la ventana del BRAZO 2	Activar Bit al pulsar
Velocidad	Campo de texto_2	Valor de proceso: Bloque de datos_1_VELOCIDAD, modo entrada. Es una entrada de la instrucción de control de movimiento MC_MoveAbsolute, este valor controla la velocidad del motor a pasos No 1.	Decimal, dos dígitos (17)
Posición	Campo de texto_3	Valor de proceso: Bloque de datos_1_POSICIÓN, modo entrada. Es una entrada de la instrucción de control de movimiento MC_MoveAbsolute este valor da la distancia de recorrido del motor a pasos durante el ciclo, si antes no recibe una señal de paro.	Decimal, dos dígitos (28)
Tiempo C	Campo de texto_4	Valor de proceso: Bloque de datos_1_TIEMPO, modo entrada. Es el tiempo del temporizador DB16, que es la cantidad de tiempo que bloquea a la señal de paro del sensor I1.1.	Decimal, seis dígitos (0,001)
Formato 1	Botón_4	Retro aviso con texto. Ingreso a la ventana de los parámetros de RUUSKAYA	Activar Bit al pulsar
Formato 2	Botón_3	Retro aviso con texto. Ingreso a la ventana de PURE_GRAIN	Activar Bit al pulsar
Formato 3	Botón_5	Retro aviso con texto. Ingreso a la ventana de datos de SANDIA	Activar Bit al pulsar

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Figura 47. Flujoograma del brazo 1



Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Ventana de datos del Brazo 1 y Brazo 2 Figura 48; en esta ventana están los valores iniciales de; velocidad, de posición y del tiempo de los sensores.

Figura 48. Ventana de datos del brazo 1 y brazo 2

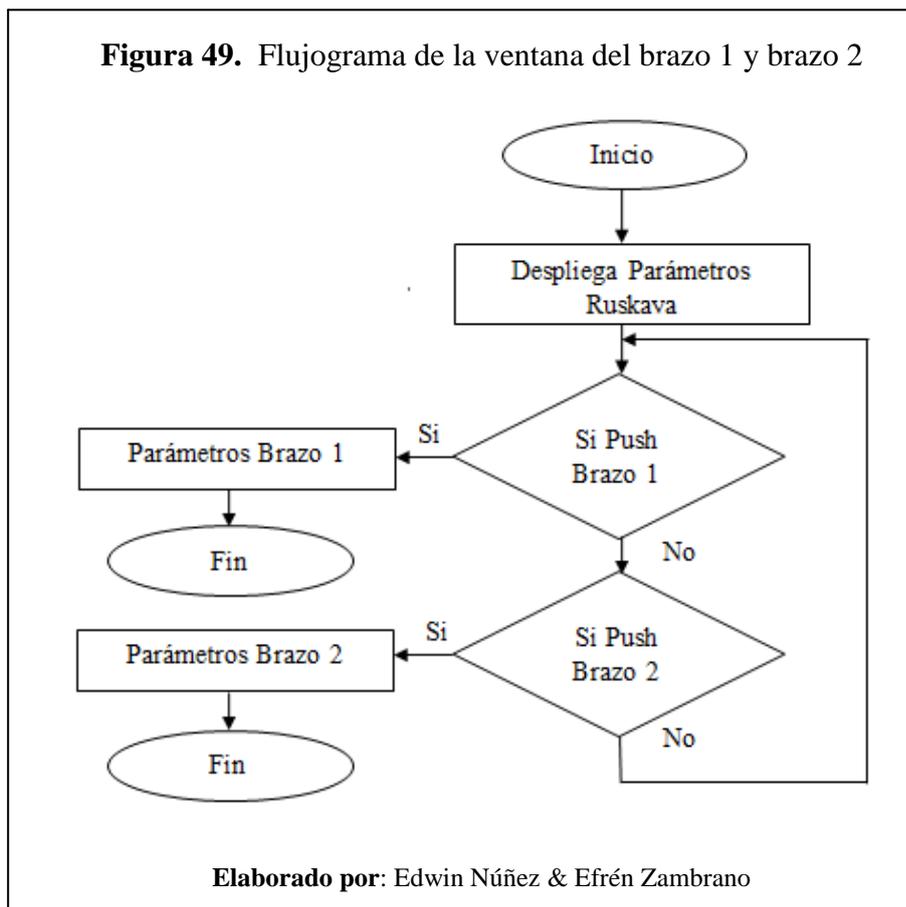


Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Tabla 27. Datos de la ventana del brazo 1 y brazo 2

Ítem	Tipo	Detalle	Parámetros
BRAZO 1	Boton_1	Retro aviso con texto. Ingreso a la ventana del BRAZO 1	Activar Bit al pulsar
BRAZO 2	Boton_2	Retro aviso con texto. Ingreso a la ventana del BRAZO 2	Activar Bit al pulsar

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano



En la Tabla 28 se observa las variables estándar, conexión HMI, PLC 1 usadas en el presente proyecto.

Tabla 28. Variables estándar, de la conexión HMI, PLC usadas

Nombre/Variables PLC	Tipo de datos
Bloque de datos_1_POSICIÓN	Real
Bloque de datos_1_TIEMPO	Time
Bloque de datos_1_VELOCIDAD	Real
Bloque de datos_2_POSICION2	Real
Bloque de datos_2_TIEMPO2	Time
Bloque de datos_2_VELOCIDAD2	Real
Tag_20	Real

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano.

Al finalizar comprobar lo siguiente:

1. Comprobar si las imágenes se representan correctamente.
2. Comprobar la jerarquía de las imágenes.
3. Comprobar los objetos de entrada.
4. Introducir los valores de las variables.

Con ello tendremos mayor seguridad de que el proyecto funciona correctamente en el panel de operador.

Para el brazo No 2, donde se encuentra instalado el motor a pasos No 2, y que fija las contras etiquetas autoadhesivas en las botellas seguir el mismo procedimiento.

CAPÍTULO 5

ESTUDIO ECONÓMICO

5.1 Estudio de factibilidad económica

Para implementar el sistema HMI en la máquina fijadora de etiquetas autoadhesivas para botellas redondas y cuadradas, se tiene como antecedentes que dicho equipo no podía operar con otra forma y diseño de etiquetas y contra etiquetas autoadhesivas; una etiqueta de mayor longitud recorre mayor distancia y debe ir a mayor velocidad. Esto implica para la empresa no fabricar nuevas presentaciones con diferentes formas de etiquetas e incluso no prestar servicio de maquinado de otros productos, además los desperdicios y tiempos perdidos por fallas del proceso bajan la productividad.

El sistema HMI que es una interfaz de usuario máquina, se usa para la interacción entre el hombre y la máquina, con ello se automatiza, se controla, se supervisa un proceso al cual está asociado, esto permite que sea versátil, pueda ser controlado, visualizado y modificado durante la operación.

El presente trabajo implementa la tecnología actual para que este proceso aumente su productividad.

Para cuantificar los beneficios obtenidos en este estudio se analiza la producción anual, de mercancías con este tipo de etiquetas, la disminución de tiempos muertos por cambios de formato y fallas por falta de sincronización de los diferentes elementos que componen este proceso y además la reducción de desperdicios.

Para ello se presenta información de la producción, facilitada por la empresa.

5.2 Producción anual de mercancías con etiquetas Autoadhesivas

Cada año se genera un plan de producción de todos los productos que fabrica ILSA de acuerdo al pronóstico de ventas que envía la empresa comercializadora, actualmente el producto que utiliza etiquetas y contra etiquetas autoadhesivas es VODKA RUSSKAYA. El plan se efectúa por número de cajas a fabricar, por marca y por mes, se suman sus totales, (Cada caja tiene 12 botellas, y cada botella tiene un volumen de 750 centímetros cúbicos)

Tabla 29. Plan de producción para el año 2014 en cajas con etiquetas autoadhesivas

	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL EN CAJAS
	PROY	PROY	PROY	PROY	PROY	PROY	PROY	PROY	PROY	PROY	PROY	PROY	
Neutro	2.000	1.600	2.600	2.000	1.600	2.000	1.600	1.600	2.400	2.400	2.900	1.600	24.300
Naranja	500	0	0	0	0	500	0	0	500	0	0	0	1.500
Tropical mix	0	0	0	0	0	0	500	0	0	0	500	0	1.000
Manzana	0	0	0	0	0	500	0	0	0	0	0	0	500
Canberry	500	450	0	800	500	500	500	1.000	1.000	1.500	1.500	1.000	9.250
PureGrain	0	0	0	0	500	0	0	0	0	0	0	0	500
TOTAL FAMILIA RUSKAYA	3000	2.050	2.600	2.800	2.600	3.500	2.600	2.600	3.900	3.900	4.900	2.800	37.050

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Como se observa en la tabla 29 el total a producir durante el año 2014 de productos con etiquetas autoadhesivas es de 37.050 cajas, el costo por cada una de ellas es de 82 dólares, que resulta en un valor total en ventas para dicho año de 3.038.100 dólares. Para cumplir con esta proyección de ventas este proceso debe disminuir tiempos de cambio de formato, paradas imprevistas, desperdicios y optimizar la mano de obra

5.3 Desperdicios por fallas en el proceso

Los desperdicios son la diferencia del material entregado menos lo utilizado, en una orden de fabricación.

En la tabla 30 observar los desperdicios de los productos de Russkaya del año 2013 de una producción total de 31.011 cajas y su costo en dólares.

Por fallas en la sincronización de la fijadora de etiquetas autoadhesivas en varias ocasiones la fijación tanto de la etiqueta como la contra etiqueta de Russkaya, produce los desperdicios indicados y ocasionan tiempos muertos.

Tabla 30. Costo de desperdicios de Russkaya del año 2013

	Unidad	Desperdicios del año 2013	Costo en dólares por unidad	Costo de desperdicios del año 2013 en dólares
Preparado alcohólico	Litros	641,00	2,75	1.762,75
Botellas	Unidades	209	1,75	365,75
Tapas	Unidades	908	0,40	363,20
Contra etiquetas	Unidades	2.219	0,20	443,80
Etiquetas	Unidades	2.219	0,30	665,70
Costo total de desperdicios del año 2013 en dólares				3601,20

Fuente: (ILSA)

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

En la Tabla 31 observar los desperdicios de una producción de 2.620 cajas de productos Russkaya del mes de Marzo del 2014 después de la implementación del sistema de control HMI en la máquina fijadora de etiquetas autoadhesivas

Tabla 31. Desperdicios de Russkaya del mes de Marzo del 2014 y su proyección anual

	Unidad	Desperdicios del mes de Marzo del 2014	Proyección de desperdicios del año 2014
Preparado alcohólico	Litros	9,00	108,00
Botellas	Unidades	8,00	96,00
Tapas	Unidades	22,00	264,00
Contra etiquetas	Unidades	86,00	1.032,00
Etiquetas	Unidades	86,00	1.032,00

Fuente: (ILSA)

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

De productos Russkaya, el promedio mensual de producción del año 2013 es de 2.584 cajas y las fabricadas en el mes de Marzo del 2014 es de 2.620 cajas.

Utilizar la siguiente ecuación para calcular el porcentaje aproximado de ahorro de desperdicios en el año, una vez implementada el sistema de control HMI en la fijadora de etiquetas autoadhesivas.

Ecuación 16. Porcentaje de ahorro aproximado de desperdicios en un mes

$$\text{Porcentaje de ahorro} = 100 - \frac{(\text{Pro. Desp: 2014} * 100)}{\text{Desperdic del año 2013}}$$

Con la ecuación 16, calcular el ahorro aproximado en porcentaje por año de la Tabla 32.

Tabla 32. Porcentaje y valor en dólares aproximado de ahorro de desperdicios en un año

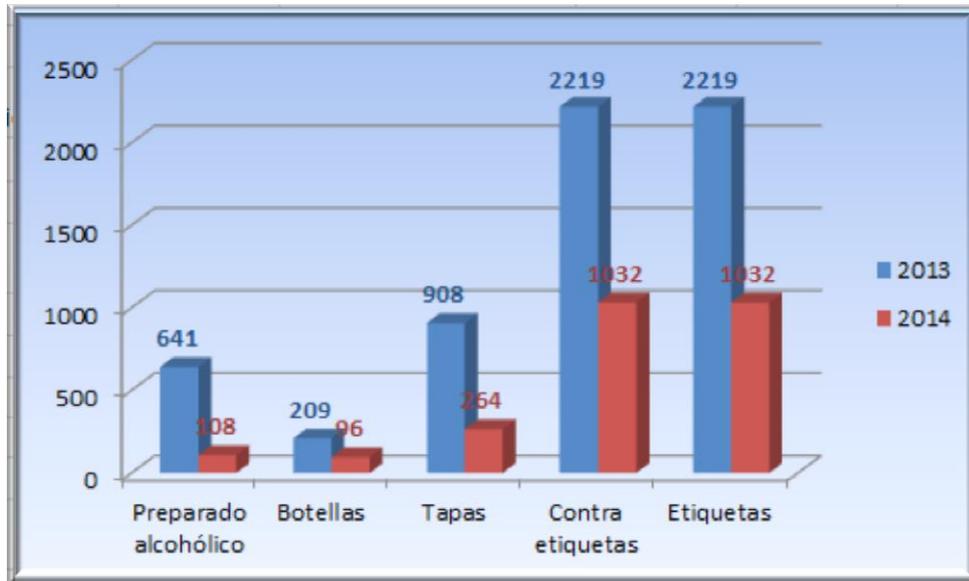
	Unidad	Desperdicios del año 2013	Proyección de desperdicios del año 2014	Ahorro aproximado por año en %	Ahorro aproximado en dólares por año
Preparado alcohólico	Litros	641,00	108,00	83%	1463,08
Botellas	Unidades	209	96,00	54%	197,50
Tapas	Unidades	908	264,00	70,8%	257,87
Contra etiquetas	Unidades	2.219	1.032,00	53,4%	235,21
Etiquetas	Unidades	2.219	1.032,00	53,4%	353,82
Ahorro total en dólares anual					2506,48

Fuente: (ILSA)

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

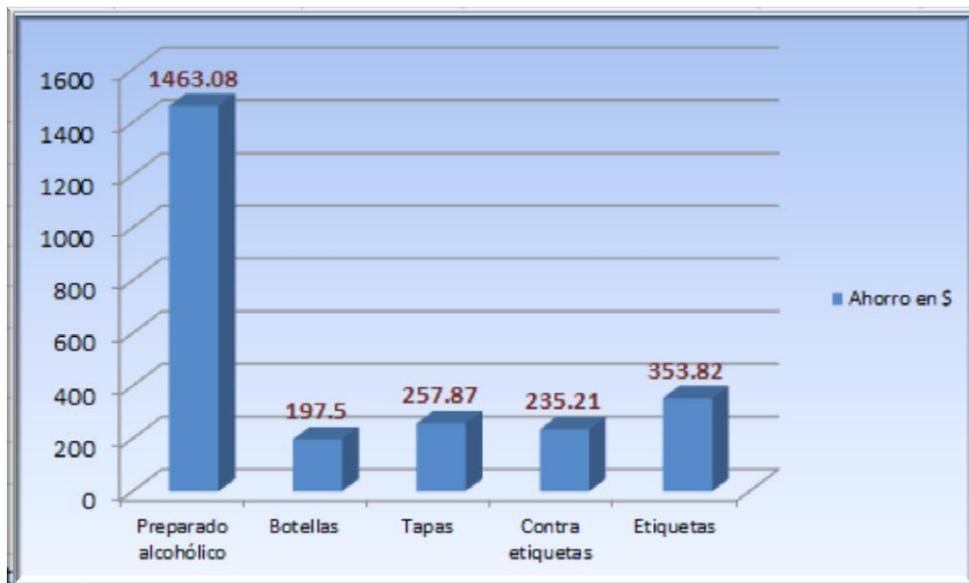
En la tabla 32 se registra el ahorro aproximado en porcentaje y el valor en dólares por año de cada uno de los desperdicios, después de la implementación del sistema HMI, ya que la sincronización, entendida como la velocidad de los motores y señal de sensores, que son controladas por el operador de la máquina, han reducido el porcentaje de los mismos y paros no programados.

Figura 50. Desperdicios del proceso de fijado de etiquetas auto adhesivas, antes y después de la implementación del sistema HMI, en un año



Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Figura 51. Ahorro de desperdicios del proceso de fijado de etiquetas autoadhesivas después de la implementación del sistema HMI en un año en dólares.



Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

5.4 Optimización de recursos

Las actividades y número de personas para producir Russkaya se observan en la tabla 33; al mejorar el proceso se optimiza la mano de obra, aumenta la productividad y se cumple con las producciones mensuales planificadas.

Tabla 33. Actividades y número de personal para producir Russkaya

FAMILIA / MARCA	MAQUINA # 1										TOTAL	VELOCIDAD B/min
	DESPALETIZADO	LLENADO	ETIQUETADO	ALISADO E INSPECCION	MEDALLAS	ARMADO DE CAJAS	SEPARADOR	INDIVIDUAL	ESTIBADO	SUPERVISOR	# DE PERSONAS	
FAMILIA RUSSKAYA												
RUSSKAYA CRANBERRY 750 X 12	2	1	1	1		1			1	1	8	55
RUSSKAYA MANZANA 750 X 12	2	1	1	1		1			1	1	8	55
RUSSKAYA NARANJA 750 X 12	2	1	1	1		1			1	1	8	55
VODKA RUSSKAYA 750 X 12	2	1	1	1		1			1	1	8	55
RUSSKAYA CITRÓN 750 X 12	2	1	1	1		1			1	1	8	55
VODKA RUSSKAYA PURE GRAIN 750	2	1	2	2	1	1			1	1	11	10

Fuente: (ILSA)

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Cambio de formato; se denomina cambio de formato a las actividades que se efectúan en las máquinas para cambiar de una presentación a otra por ejemplo de Whisky a Vodka o viceversa, el tiempo de esta operación se puede observar en la tabla 34.

Tabla 34. Cambio de formato antes de implementar el sistema de control HMI

Cambio de formato antes de implementar el sistema de control HMI	
Otros productos a Russkaya	
Tiempo que se utiliza	3 horas
Número de cambios	30 veces al año
Número de personas	4

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Tabla 35. Cambio de formato después de implementar el sistema de control HMI

Cambio de formato después de implementar el sistema de control HMI	
Otros productos a Russkaya	
Tiempo que se utiliza	1 hora
Número de cambios	30 veces al año
Número de personas	2

Fuente: (ILSA)

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

De acuerdo a los datos de la tabla 34, para efectuar un cambio de formato se requiere de un tiempo de 3 horas, por 30 veces (cambios de formato que se efectuaran de acuerdo al plan anual de producción) con cuatro personas, lo que da un total de 360 horas/hombre utilizadas al año.

Después de implementar el sistema de control HMI de acuerdo a la tabla 35, para efectuar un cambio de formato se requiere de un tiempo de 1 hora y con dos personas, lo que da un total de 60 horas/hombre.

Según lo anterior, para los cambios de formato, que es de 360 horas/hombre menos 60 horas/ hombre producen un ahorro de 300 horas/hombre al año, en porcentaje equivale a;

Ecuación 17. Porcentaje de ahorro horas/hombre por cambios de formato al año

$$\text{Porcentaje de ahorro horas hombre} = 100 - \frac{60 \text{ horas hombre} * 100}{360 \text{ horas/hombre}}$$

Que da un valor del 83,3 % menos al año, lo cual genera un ahorro significativo y da un mayor aprovechamiento de los recursos aumentando significativamente la productividad y eficiencia de este proceso.

En la tabla 36 se calcula el costo de la mano de obra por cambios de formato al año antes de la implementación del sistema HMI, con 360 horas/hombre utilizadas.

Tabla 36. Costo de mano de obra por cambios de formato antes del HMI

Involucrados	Sueldo	No. Personas	horas/mes	costo/hora	
Operador	\$ 720	1	160	4,50	
Ayudante	\$ 520	1	160	3,25	
Media	\$ 620	1	160	3.875	X 360
Anual					\$ 1.395

Fuente: (ILSA)

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

En la tabla 37 se calcula el costo de la mano de obra por cambios de formato al año después de la implementación del sistema HMI, con 60 horas/hombre utilizadas.

Tabla 37. Costo de mano de obra por cambios de formato después del HMI

Involucrados	Sueldo	No. Personas	horas/mes	costo/hora	
Operador	\$ 720	1	160	4,50	
Ayudante	\$ 520	1	160	3,25	
Media	\$ 620	1	160	3.875	X 60
Anual					\$ 232,5

Fuente: (ILSA)

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

El ahorro por mano de obra por cambios de formato al año es 1.395 dólares (tabla 36) menos 232,5 dólares (tabla 37) que es igual a 1.162,5 dólares.

Figura 52. Costo de horas hombre por cambio de formato al año en dólares.



Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

5.5 Costo de la implementación

El costo de la implementación del sistema HMI a la fijadora de etiquetas autoadhesivas, involucra los equipos anexados al proceso y la mano de obra.

- Equipos anexados al proceso

Tabla 38. Equipos anexados al proceso

Cantidad	Descripción	Valor en dólares
1	Variador de frecuencia siemens 1.5 KW 220 Voltios	281,00
1	Potenciómetro de 5K	30,00
1	PLC Siemens S7-1200 1214 DC/DC/DC	565,00
1	Pantalla Siemens KPT 600	730,00
1	Sensor de marcas Banner	480,00
1	Elementos para fuente AC/DC	270,00
1	Foto sensor Universal	180,00
1	Tablero eléctrico	150,00
Total		2.686 dólares

Fuente: (ILSA)

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Los equipos adquiridos con su valor para la implementación del sistema HMI en la máquina fijadora de etiquetas autoadhesivas (tabla 38), el valor es de 2.686 dólares financiados por la empresa.

- Costo de mano de obra; el costo de mano de obra de la implementación del sistema HMI a la fijadora de etiquetas autoadhesivas, en donde se efectuará la realización de planos, diseño de los programas, montaje e instalación de equipos, calibraciones y pruebas de funcionamiento, en la planta de ILSA se efectúo durante un mes con dos operadores con 4 horas de trabajo al día, su remuneración fue de 180 dólares cada uno, dando un total de 360 dólares.

5.6 Cálculo del V.A.N y T.I.R

V.A.N. Valor neto contable, que es el rendimiento actualizado de los flujos positivos y negativos originados por la inversión, son los beneficios.

Ecuación 18. Cálculo del VAN

$$(+/-)VAN = \frac{F1}{1 + R} + \frac{F2}{(1 + R)^2} + \dots + \frac{Fn}{(1 + R)^N} - I_o$$

F = Flujo de fondos

r = Descuento o costo del capital

I_o = Inversión inicial

El costo inicial; para la implementación del sistema HMI a la fijadora de etiquetas autoadhesivas es el valor de los equipos anexados al proceso \$2.686 (Tabla 38) más la mano de obra \$360, que es igual a \$ 3.046.

Los ingresos; son los beneficios conseguidos de dicha implementación, ahorro en desperdicios \$ 2.506,48 (Tabla 32) más el ahorro de mano de obra por cambios de formato \$ 1.162,5 dando un total de 3.668,98 dólares al año y al mes un promedio de 306 dólares.

Como el capital utilizado no tiene interés el valor de $r = 0$, debido a que es el fondo de inversión de la empresa.

En la Tabla 39 se calcula los egresos, que básicamente es por mantenimiento, que lo efectúa el operador su costo/hora es de \$ 4,50 de acuerdo a la Tabla 36, esta actividad se realiza en 6 horas una sola vez al mes, dando como resultado \$ 27 al mes.

Tabla 39. Egresos por mes

Cantidad	Descripción	Valor en dólares
2	Wypes	0,50
1	Brocha de una pulgada	1,50
1	Eliminador de humedad	5,00
1	Mascarilladesechable	2,00
1	Operador por horas	27,00
Total		36,00 dólares

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

En la tabla 40 se registra el flujo de dinero en dólares por año, el presente análisis se lo va efectuar para un periodo de 2 años.

Tabla 40. Flujo de dinero en dólares del primer año (2014)

Mes	Costo del Proyecto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Costo inicial	-30469,00	-2776,00	-2506,00	-2236,00	-1966,00	-1696,00	-1426,00	-1156,00	-886,00	-616,00	-346,00	-76,00	194,00
Ingresos		306,00	306,00	306,00	306,00	306,00	306,00	306,00	306,00	306,00	306,00	306,00	306,00
Egresos		36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00
Flujo		270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Tabla 40. Flujo de dinero en dólares del segundo año (2015)

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Costo inicial	464,00	734,00	1004,00	1544,00	1724,00	1814,00	2084,00	2354,00	2624,00	2894,00	3164,00	3434,00
Ingresos	306,00	306,00	306,00	306,00	306,00	306,00	306,00	306,00	306,00	306,00	306,00	306,00
Egresos	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00
Flujo	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00

Elaborado por: Edwin Núñez & Efrén Zambrano

Al año ya se paga la inversión según la Tabla 40

$$VAN = -3.046,00(I_0) + 3.240,00(F. 2013) + 3.240,00(F. 3014)$$

$$VAN = 3.434,00$$

- Cálculo del TIR

Es la tasa de rentabilidad interna, donde se refleja el retorno de la inversión.

Ecuación 19. Cálculo del TIR

$$VAN = 0 = \frac{F1}{1 + TIR} + \frac{F2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{Fn}{(1 + TIR)^N} - I_0$$

$$0 = -3.046 + \frac{3.240,00}{1 + TIR} + \frac{3.240,00}{(1 + TIR)^2}$$

$$TIR = 69,11 \%$$

El VAN es mayor a cero y la tasa anual TIR es del 69,11% lo cual indica que el proyecto es aceptable.

- Relación costo-beneficio

Se mide la rentabilidad por cada dólar invertido se lo va a efectuar en un 2 años.

Ecuación 20. Relación costo-beneficio

$$Costo_beneficio = \frac{VAN}{Inversión}$$

$$Costo_beneficio = \frac{3.434,00}{3.046,0}$$

$$Costo_beneficio = 1,12 * 100$$

$$Costobeneficio = 112 \%$$

Por lo tanto, se obtiene una rentabilidad del 112 % (es decir, 1,12 dólares por cada dólar invertido en un periodo de 2 años)

Con este análisis se demuestra que la rentabilidad de la empresa aumenta sin mayor inversión aplicando a los procesos productivos la actual tecnología, por lo que en el presente proyecto se justifica su inversión.

CONCLUSIONES

- Se diseñó un nuevo sistema eléctrico de control para sincronizar los movimientos de cada motor, porque cada uno de ellos trabajaba en forma independiente, para ello se efectuaron los diagramas de control y de fuerza, instalándose mediante la aplicación de normas para gabinetes o tableros eléctricos como las IEC 60529, UL 50 50E, NEMA 250 para darle seguridad al operador como al proceso.
- Se usó el PLC Siemens S7-1200 1214 DC/DC/DC, ya que es un equipo que cuenta con salidas de alta frecuencia (transistores), debido a que los drives de los motores paso para su funcionamiento necesita de una señal DC en forma de impulsos con una frecuencia de 10 KHz, ya que los motores paso a paso convierten señales eléctricas digitales en impulsos de movimiento que se mueven en incrementos angulares por lo que tienen una respuesta inmediata, alta rigidez en reposo y precisión en su posicionamiento, esto permite que el proceso sea más preciso. Se usó el Panel HMI SIMATIC BASIC KTP600 PN, porque el operador necesita visualizar, supervisar el proceso y modificar las variables que se requieren para los cambios de formato que son; velocidad, posición y tiempo de desactivación de los sensores, con estos datos se logró sincronizar los motores paso a paso de cada cabezal y de esta forma fijar correctamente la etiqueta y contra y por consiguiente operar con diferentes tamaños y formas de las mismas, transformando a la máquina fijadora de etiquetas en un proceso amigable, funcional y eficiente.
- El costo beneficio del diseño e implementación de un sistema HMI en la máquina fijadora de etiquetas autoadhesivas para botellas de la empresa ILSA S.A, ha sido lo esperado, porque hubo reducción de tiempos muertos y existe la posibilidad de maquinar productos con este tipo de etiquetas. Para el futuro se pretende fabricar otras presentaciones con este tipo de material debido a que es amigable con el medio ambiente, ya que las etiquetas de papel producen residuos de goma y necesitan un tratamiento especial para ser considerados como desechos comunes y no atentar contra el ambiente.

- Del proceso realizado, se automatizó la máquina fijadora de etiquetas autoadhesivas, ya que esta no soportaba variaciones en el diseño de las etiquetas, debido a que no había como controlar o variar la velocidad de entrega de las mismas, por lo que este equipo no era funcional ni eficiente. Para ello se usó el software Tía Portable Siemens de programación que ofreció un entorno amigable y permitió desarrollar, editar y observar la lógica del programa necesaria para controlar la aplicación. Incluyendo herramientas para gestionar y configurar todos los dispositivos del proyecto, tales como PLCs y dispositivos HMI, además este software asiste al usuario con la función control de movimiento de la CPU S7-1200, para controlar motores paso a paso mediante impulsos.

- Cabe recalcar que con la implementación del presente proyecto de grado, la productividad del proceso de envasado de productos con etiquetas autoadhesivas ha mejorado, porque se disminuyó, los desperdicios, el tiempo de cambios de formato, la mano de obra empleada, como se observa en el análisis de costos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda para sincronizar en menor tiempo los motores paso a paso de los cabezales 1 y 2 durante los cambio de formato, tener registrado los parámetros de velocidad, posición y el tiempo de desactivación de los sensores, ya que de esta forma se fija correctamente la etiqueta y contra etiqueta.
- Para cambiar los parámetros e la máquina, se recomienda efectuarlo con la yema de los dedos y no con objetos corto-punzantes, ya que de esta forma es posible evitar daños en el Panel HMI debido a que es un dispositivo delicado.
- Los planos eléctricos de control y de fuerza, información del PLC, de la pantalla HMI, de los sensores deben guardarse y cualquier cambio o mejora que se efectuó en el equipo deben ser registrados.
- Para garantizar el correcto funcionamiento y la continuidad del proceso se deben efectuar las siguientes actividades de mantenimiento; el programa de control debe tener un respaldado, debido a que podría existir sobretensiones por descargas atmosféricas o producidas por la red eléctrica pudiendo borrar al mismo, se debe mantener siempre limpios los sensores para evitar pérdidas de señal o tener señales falsas, secuencialmente el tablero de control se debe limpiar para evitar la acumulación de polvo que destruye las tarjetas electrónicas.

LISTA DE REFERENCIAS

- Berger, L. (1997, 8). *D 900*. Recuperado el 5 de octubre de 2013 <http://www.automotion.com.br/downloads/d900gb.pdf>
- Calvo, F. S. (2011). *Centro Integrado de Formación Profesional (MSP)*. Recuperado el 24 de octubre de 2013 from Variadores de frecuencia, sistema de regulación y control automatico http://ingenieros.es/files/proyectos/Variadores_de_frecuencia.pdf
- Calvo, F. S. (2011). *Centro Integrado de Formación Profesional (MSP)*. Recuperado el 9 de noviembre de 2013 http://ingenieros.es/files/proyectos/Variadores_de_frecuencia.pdf
- Education, S. A. (2011, 3 12). *[DOC]SCE_DE_10-20_R1201_S7-1200_Bausteine - Siemens*. Recuperado el 28 de octubre de 2013 from *[DOC]SCE_DE_10-20_R1201_S7-1200_Bausteine - Siemens*: http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CBwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fw3.siemens.com%2Fmcms%2Fsc e%2Fde%2Ffortbildungen%2Fausbildungsunterlagen%2Ftia-portal_module%2Ftabcardseiten%2FDocuments%2FSCE_ES_010-020_R1209_S7-1200_Bauste
- Education, S. A. (2012, 9 11). *SCE_DE_10-20_R1201_S7-1200_Bausteine - Siemens*. Recuperado el 21 de septiembre de 2013 from *SCE_DE_10-20_R1201_S7-1200_Bausteine - Siemens*.: http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CBwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fw3.siemens.com%2Fmcms%2Fsc e%2Fde%2Ffortbildungen%2Fausbildungsunterlagen%2Ftia-portal_module%2Ftabcardseiten%2FDocuments%2FSCE_ES_010-020_R1209_S7-1200_Bauste
- Fernández, R. P. (1996, 4 12). *[PDF]Técnico en Montaje y Mantenimiento de Instalaciones de frío, climatización y producción de calor*. Recuperado el 12 de enero de 2014 from *[PDF]Técnico en Montaje y Mantenimiento de Instalaciones de frío, climatización y producción de calor*: <http://web.educastur.princast.es/fp/mantenimiento/files/iea/ud5.pdf>
- Groundcontrol. (2000, 11 18). *Making Ethernet Cables - Tricks of the Trade*. Recuperado el 6 de mayo de 2014 from *Making Ethernet Cables - Tricks of the Trade*: <http://www.groundcontrol.com/galileo/ch5-ethernet.htm>
- ILSA. (n.d.). *Informes*. Quito, Pichincha, Sierra. Recuperado el 18 de diciembre de 2013
- Kosow, I. L. (1972). *Maquinas electricas*. Mexico: Mary McCartney.

- Lahr. (1997, 8). *D 900*. Recuperado el 27 de noviembre de 2013 from Positec:
<http://www.automation.com.br/downloads/d900gb.pdf>
- Lahr, B. (1998, 12). *3-Phase Stepping Motors*. Recuperado el 7 de diciembre de 2013,
 3-Phase Stepping Motors: ftp://ftp.sdt.se/.../3-PhaseSteppers/3_Phase_stepping
- Lhar, B. (1999, 10 20). *Positec*. Recuperado el 20 de diciembre de 2013
<http://www.go-gddq.com/down/2011-12/11121309038987.pdf>
- Portal, M. T. (2012, 9). *Modulo TIA Portal 010-030*. Recuperado el 15 Junio de 2014
 from Simatic S7 1200: w3.siemens.com/.../tia-portal_module/.../SCE_ES_010-030_R1209_S7-1...
- Positec. (1999, 09 21). Recuperado el 4 de enero de 2014
<http://file.yizimg.com/146168/2008020101441614.pdf>
- Positec, L. B. (1999, 10 20). *Positec, Lhar, Berger*. Recuperado el 1 de noviembre de 2013
 from Positec: <http://www.go-gddq.com/down/2011-12/11121309038987.pdf>
- Positec, S. (1999, 09 21). *3-Phase stepping-motors and power drivers*. Recueprado el
 4 de enero de 2013 from Positec, SIG:
<http://file.yizimg.com/146168/2008020101441614.pdf>
- Semiconductors, S. &. (1993, 12 13). *Sensores de contraste y detección de marcas* .
 Recuperado el 8 de octubre de 2013 from Sensores de contraste y detección
 de marcas :
<http://www.sensorstecnic.net/es/productos/category/83/optoelectronicos-ir-led-ndir-uv-rgb-laser/sensores-de-contraste-y-deteccion-de-marcas>
- Siemens. (2011, 12). *s71200 motion control funcion manual*. Recuperado el 8 de
 noviembre de 2013 from s71200 motion control funcion manual:
https://a248.e.akamai.net/cache.automation.siemens.com/dnl/DQ/DQxNDE3OQAA_60418665_HB/s71200_motion_control_function_manual_en-US_en-US.pdf
- Siemens. (2012, 01). *SIMATIC HMI Panel de operador*. Recuperado el 21 de
 noviembre de 2013 SIMATIC HMI Panel de operador:
<http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/Docum...>
- Siemens. (2014). *Programación siemens*. Recuperado el 6 de junio de 2014 from
 Tutoriales y consejos de programación de PLC en Simatic Step 7:
programacionsiemens.com/step-7-awl-fup-kop-cual-elijo/

- Siemens, S. 1. (2009, 11). *SIMATIC_S71200_MANUAL_de-sistema[1].pdf*. Recuperado el 10 de noviembre de 2013 from [SIMATIC_S71200_MANUAL_de-sistema\[1\].pdf](http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200%20Manual%20Sistema%20Abr12.pdf):
<http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200%20Manual%20Sistema%20Abr12.pdf>
- Siemens, S. G. (2008, Agosto). *Sinamics G110 Siemens*. Recuperado el 14 de diciembre de 2013 from [Sinamics G110 Siemens](https://www.swe.siemens.com/.../Folleto%20SINAMICS%20G110%20en..):
<https://www.swe.siemens.com/.../Folleto%20SINAMICS%20G110%20en..>
- Sigüenza, L. A. (2008, 12 9). *[PDF]CAPITULO II - Repositorio Digital-UPS*. Recuperado el 8 de diciembre de 2013 from [\[PDF\]CAPITULO II - Repositorio Digital-UPS](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/159/3/Cap2.pdf):
dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/159/3/Cap2.pdf
- Simatic. (2011, 11). *Simatic Stef 7*. Recueprado el 8 de diciembre de 2013 from [S7 1200 Motion Control V11 SPL](https://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/60418665/s71200_motion_control):
https://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/60418665/s71200_motion_control
- Sitrain. (2009). *TIA Portal Basic und S7-1200*. Recueprado el 14 de junio de 2014 from [TIA Portal Basic und S7-1200](http://iys.inonu.edu.tr/.../file/02_STEP%207%20Basic.ppt):
iys.inonu.edu.tr/.../file/02_STEP%207%20Basic.ppt
- Trellers, I. J. (n.d.). *Rectificadores monofásicos contolados*. Recuperado el 20 de enero de 2013 from [Rectificadores monofásicos contolados](http://www.oocities.org/es/.../m7_rectificadores_monofasicos_controlados.pdf):
www.oocities.org/es/.../m7_rectificadores_monofasicos_controlados.pdf
- Wikipedia, l. e. (2012, 8 15). *Variador de frecuencia*. Recueprado el 3 de noviembre de 2013 from [Variador de frecuencia](http://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_frecuencia):
http://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_frecuencia

ANEXOS

Anexo 1 programa para el control de movimiento del motor a pasos no 1.

Cuando se configura el Eje_1, y está seleccionado el Pulso_1, automáticamente se activa la salida Q0.0.

Al activar o desactivar el accionamiento de la salida Q0.0, que es la salida con un tren de pulsos que sirve como señal de entrada al drive No 1 (tarjeta de electrónica de potencia) y esta da como salida una tensión trifásica con unas ondas semejantes o casi senoidales, que alimentan a un motor trifásico a pasos que está instalado en el cabezal No 1 para mover y entregar las etiquetas autoadhesivas a las botellas.

Iniciar el ciclo

Segmento 1:



I1.0: Sensor que detecta presencia o el paso de botellas

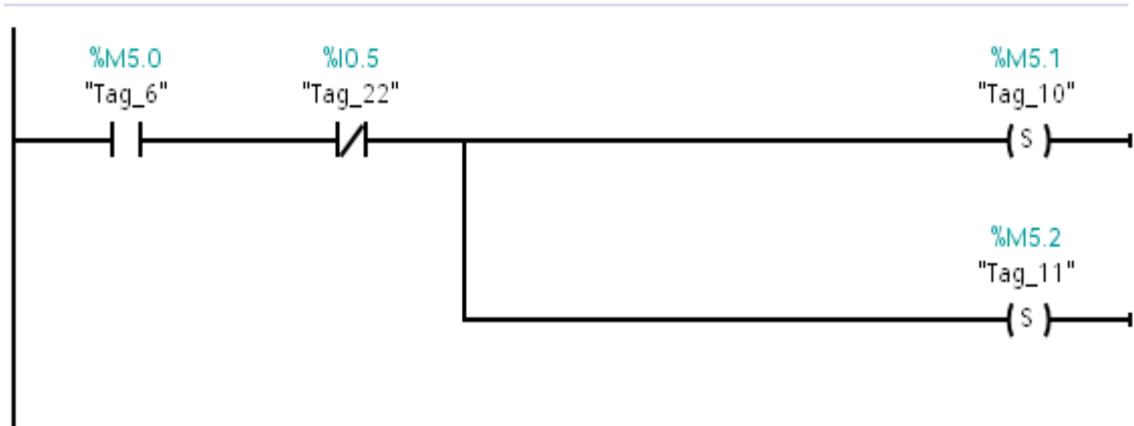
I0.5: Selector para activar o desactivar el inicio del ciclo del programa

M5.0: Marca que da el inicio del ciclo del programa

Al estar activado I0.5 y que en un pequeño tiempo se active I1.0 que detecta el paso de botellas se activa la marca M5.0, que da el inicio del ciclo del programa.

Pedir movimiento del “eje”

Segmento 2:



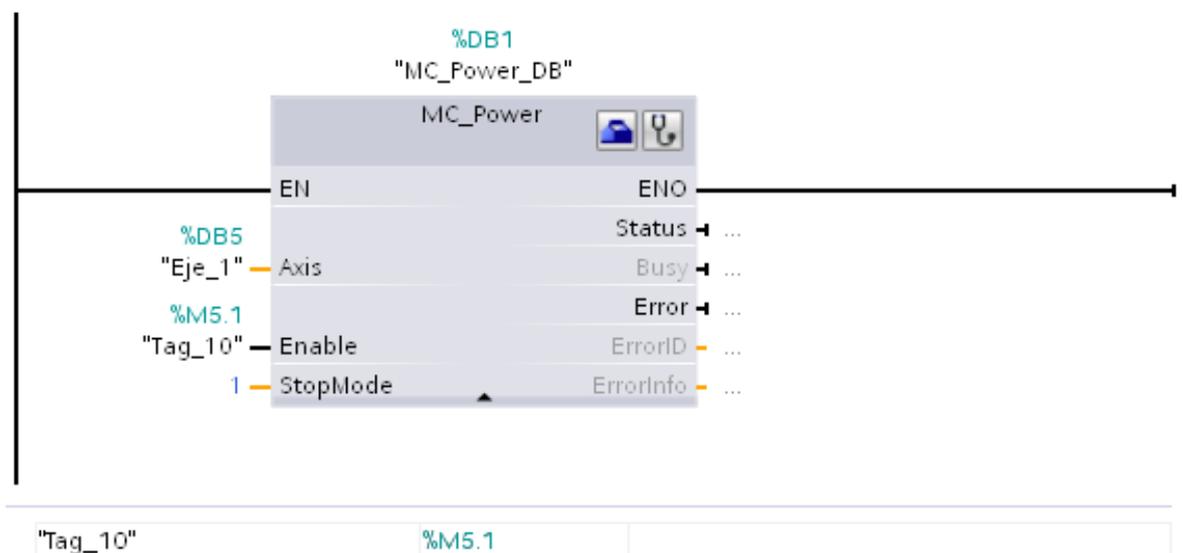
M5.1: Marca para activar y desactivar la instrucción de control de movimiento MC_Powere inicia de la petición de la instrucción MC_Home que se activa en flanco ascendente

M5.2: Marca para activar la instrucción de control de movimiento MC_MoveAbsolute, que inicia la petición en flanco ascendente

Al activarse la marca M5.0 y el selector I0.5 está cerrado, se activan las marcas M5.1 y M5.2, la marca M5.1 activa y desactiva la instrucción MC_Power, que es la que habilita a las demás instrucciones del control de movimiento y por lo tanto esta instrucción es la que activa y desactiva el eje No 1. También M5.1 activa a la instrucción MC_Home iniciando su petición en flanco ascendente.

Mc_Power habilitar y parar el “eje”

Segmento 3:



La instrucción de control de movimiento MC_Power habilita o bloquea al Eje_1. Si el objeto tecnológico Eje_1 se ha configurado correctamente y si no hay ningún error que impida la habilitación.

Al bloquear el Eje (parámetro de entrada Enable = FALSE) se suspenden todas las peticiones del control de movimiento conforme al StopMode seleccionado en el respectivo objeto tecnológico Eje_1.

Cuando se configura el Eje_1, y seleccionamos el Pulso_1, automáticamente se activa la salida Q0.0 (Salida predeterminada por el PLC).

Axis: Se coloca la configuración del objeto tecnológico antes mencionado

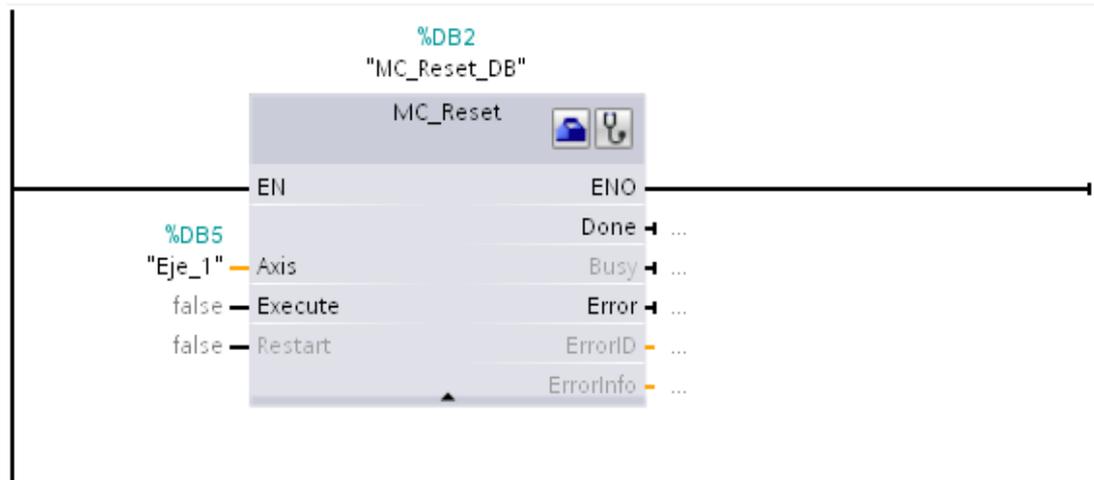
Se habita el Eje_1 a través del parámetro de entrada Enable

Enable = TRUE (Marca M5.1 activada) habilita el Eje.

StopMode = 1, desconexión inmediata

Mc_Reset resetear los errores del control de movimiento del “eje”

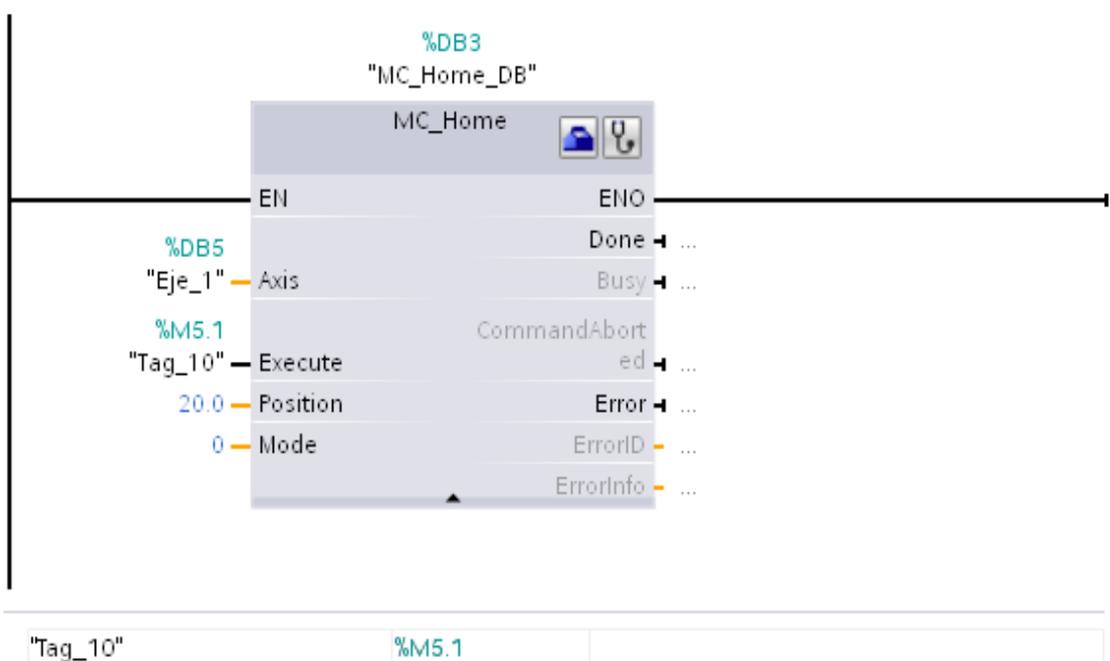
Segmento 4:



La instrucción de control de movimiento MC_Reset permite acusar errores de funcionamiento con parada del Eje_1 y errores de configuración.

Mc_Home posesionar mecánicamente el “eje”

Segmento 5:



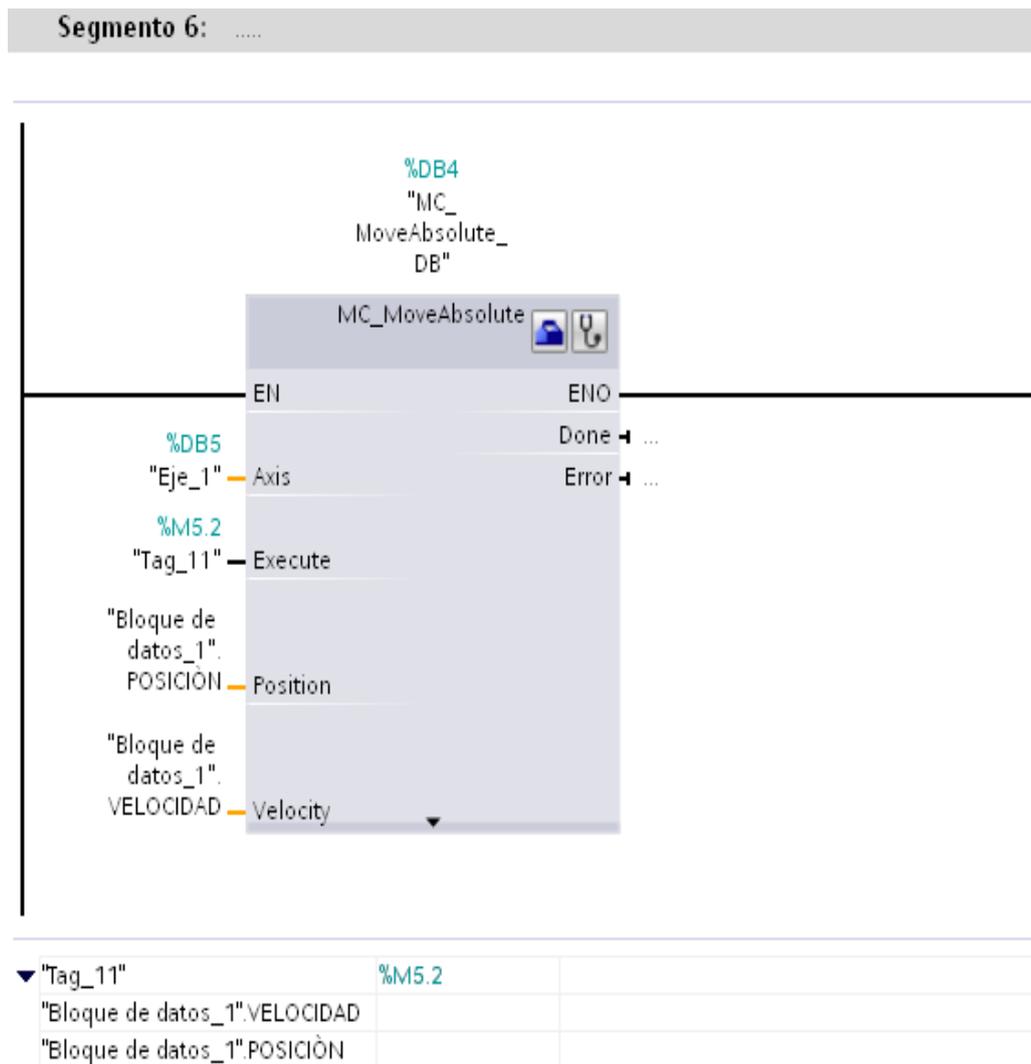
La instrucción de control de movimiento MC_Home: referencia el Eje_1, ajusta el punto de referencia y que el Eje_1 este habilitado.

Position: Posición absoluta del eje una vez finalizado el proceso de referenciación

Mode: Si su valor es igual a 0; Referenciación directa absoluta (La posición actual del eje se fija con el valor del parámetro Position, valor de referenciación).

Execute: Inicio de la petición con flanco ascendente (con la Marca M5.1 activada).

Mc_Moveabsolute iniciar el movimiento hacia una posición absoluta

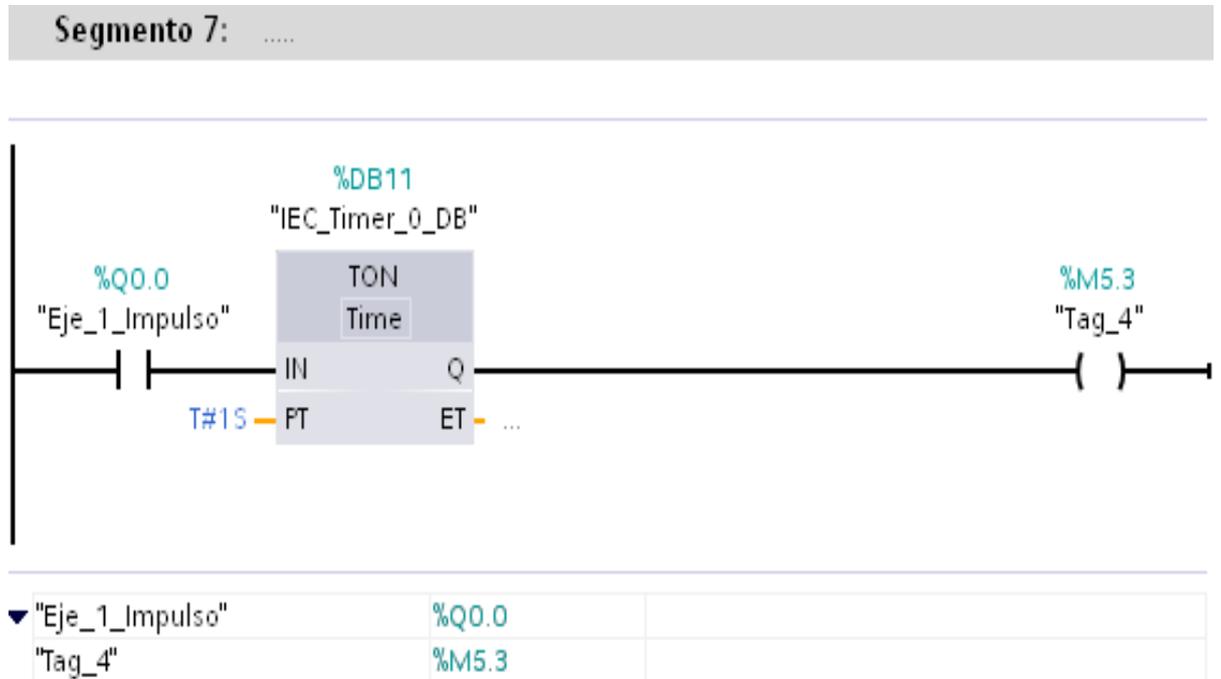


La instrucción de control de movimiento MC_MoveAbsolute inicia un movimiento de posicionamiento del Eje_1, respecto a una posición absoluta. Si el objeto tecnológico Eje_1 se ha configurado correctamente, si el Eje_1 está habilitado, se inicia la petición con flanco ascendente (cuando la Marca M5.2 se active).

Position: Posición absoluta de destino (distancia recorrida, valor tomado del "Bloque de datos_1" POSICIÓN), la petición puede ser cancelada por otra instrucción como con la instrucción MC_Power.

Velocity: Velocidad del Eje (velocidad de giro del motor) valor tomado de “Bloque de datos_1”VELOCIDAD.

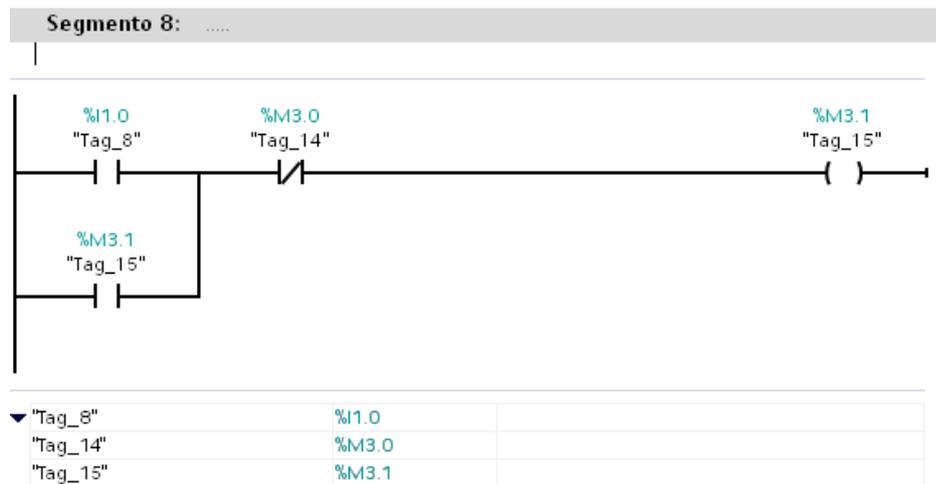
Temporizar el paro del “eje”



M5.3: Esta marca desactiva las marcas M5.0, M5.1 y M5.2

Si I1.1, que es el sensor de paro, el que desactiva las marcas M5.0, M5.1 y M5.2, no detecta la señal de paro, por esta posible falla se activa el temporizador DB11 con la señal de salida (Q0.0) y después de un tiempo activa la marca M5.3 que es la señal que también desactiva dichas marcas y bloquea el eje No 1.

Desactivar la señal de paro



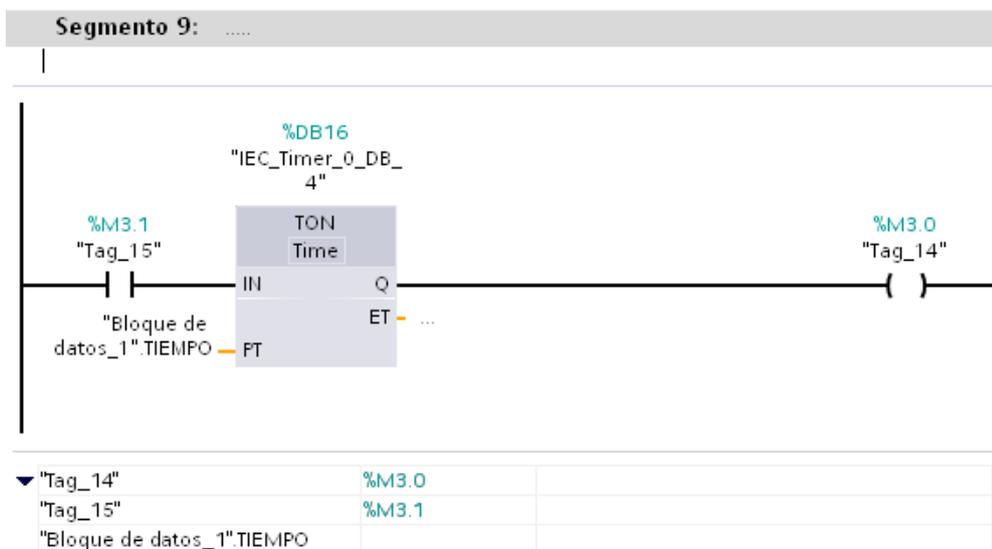
M3.0: Marca que se activa después de un tiempo del paso de una botella

M3.1: Marca que se activa cada que pasa una botella

El sensor I1.0 da la señal del paso de la botella y activa la marca M3.1 que después de un tiempo es desactivada por la marca M3.0.

Al activarse la marca M3.1 y esta se programa en serie con el sensor I1.1 (Sensor de paro del accionamiento), el tiempo de activación de la marca M3.1 bloquea al sensor de paro y de esta forma evitar paros por falsas señales.

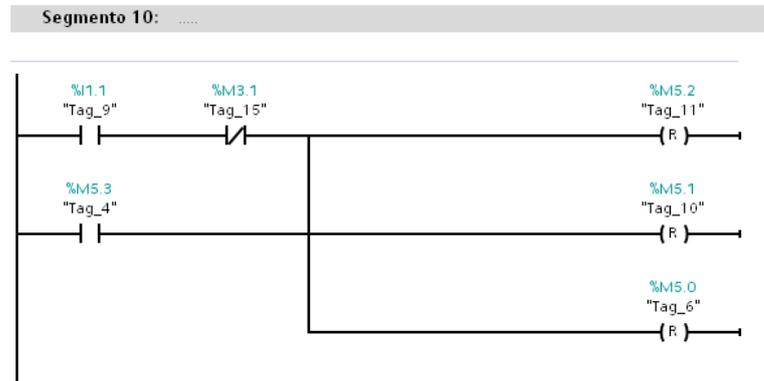
Temporizar desactivación de la señal de paro



La marca M3.1 activa el temporizador DB16, su tiempo es regulable (por bloque de datos_1 TIEMPO) y está activa la marca M3.0 para desactivar la marca M3.1 y de

esta forma volver activar la señal del sensor I1.1 que es el sensor que activado para el Eje No 1.

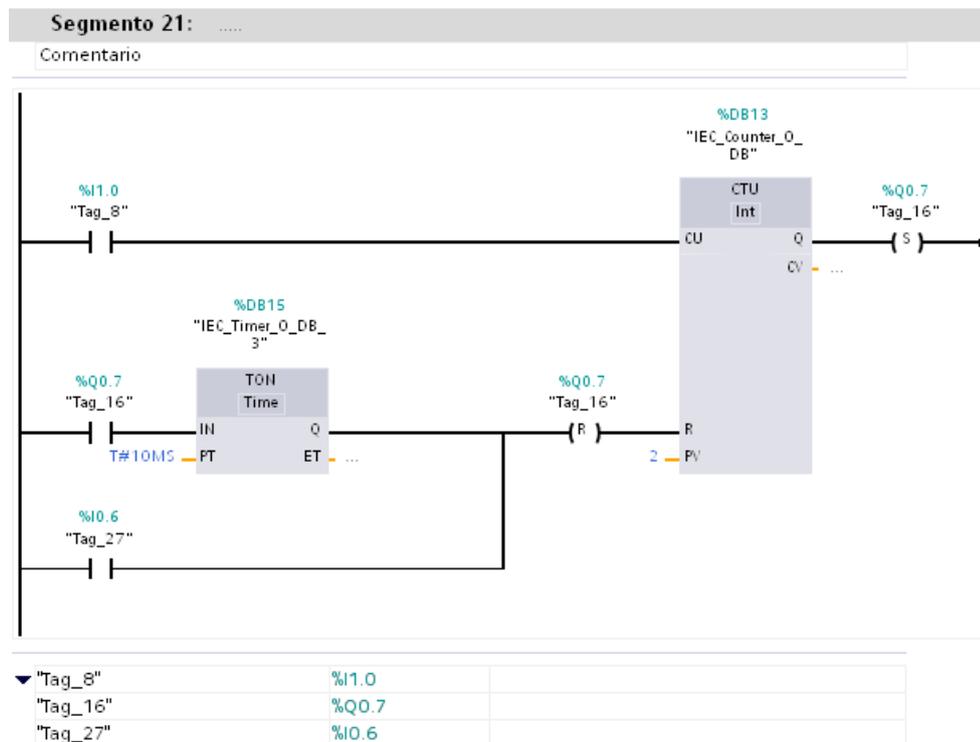
Parar el movimiento del “eje”



I1.1: Sensor de paro del eje No 1

Cuando I1.1 se activa y el contacto de la marca M3.1 está cerrado o la marca M5.3 se activa, las marcas M5.0, M5.1 y la M5.2 se desactivan y se para el Eje 1. (Para el ciclo).

Activar y parar el motor dc



I0.6: Sensor opcional para desactivar la salida Q0.7

Q0.7: Salida para energizar la bobina de R1, que activa al motor DC

Cada que el sensor I1.0 detecte el paso de 2 botellas se activa la salida Q0.7 que es desactivada después de un tiempo dado por el temporizador DB15, que es el que desactiva dicha salida, dicho tiempo se activa el motor DC.

El motor DC se lo utiliza para ir desarrollando la cinta de etiquetas autoadhesivas.