



Resumen

El objetivo central de éste proyecto de tesis es mejorar el proceso de fabricación de una máquina que produce bloques, a través de la automatización total de sus etapas de funcionamiento, evitando así mano de obra innecesaria y desperdicio de materia prima.

El proyecto toma en cuenta principalmente la velocidad del proceso de producción, dando paso a la automatización que reducirá el tiempo de fabricación de los bloques y optimizará recursos con un sistema de control adecuado de la máquina.

Se procura diseñar un sistema que reproduzca y acelere las decisiones de control realizadas por el operador que realiza el control manual de la máquina para construir bloques y también optimizar el proceso con etapas simultáneas de producción, sin obviar ningún paso para así obtener un producto final con la misma calidad.

La automatización de una máquina bloqueadora, tiene como fin innovar el proceso artesanal para convertirlo en industrial e impulsar la creación de microempresas que generen empleo, ofertando un producto garantizado.

Este proyecto se desarrolla en cuatro capítulos.

CAPÍTULO I

Levantamiento y análisis de los circuitos de control y fuerza y evaluación de las condiciones actuales de la máquina bloqueadora.

CAPÍTULO 2

Análisis económico, planificación y diseño del proceso de automatización de las etapas de funcionamiento de la máquina.

CAPÍTULO 3

Implementación y montaje del proceso automático de producción de la máquina

CAPÍTULO 4

Análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones

Palabras claves:

Control con programadores lógicos programables, automatización de procesos, sistema de control industrial, proceso automático de producción.



INDICE GENERAL

CAPÍTULO I

LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL Y FUERZA Y EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE LA MÁQUINA BLOQUERA

1.1. GENERALIDADES	19
1.1.1. Marco teórico	19
1.1.2. Antecedentes	22
1.2. LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL Y FUERZA DE LA MÁQUINA BLOQUERA.....	23
1.2.1. Partes constituyentes de la máquina	23
1.2.2. Circuitos de control y fuerza.....	48
1.3. EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE LA MÁQUINA	42
1.3.1. Requerimientos del sistema de control de la máquina.....	43

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS ECONÓMICO, PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL PROCESO DE AUTOMATIZACIÓN DE LAS ETAPAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.

2.1. CÁLCULO DE PRODUCCIÓN DE BLOQUES POR DÍA.....	45
2.1.1. Primer proceso	45
2.1.2. Segundo proceso	45
2.1.3. Tercer proceso.....	45
2.1.4. Cálculo de bloques por día de la máquina con la operación manual existente.....	46
2.1.5. Proyección de bloques por día de la máquina a alcanzar con la automatización.....	46
2.2. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO	46
2.2.1. Costos fijos	47
2.2.2. Costos variables.....	47
2.2.3. Proceso de producción manual existente de la máquina.....	48
2.2.4. Proceso de producción automático proyectado de la máquina.....	49
2.2.5. Análisis del punto de equilibrio.....	51
2.2.6. Evaluación del análisis económico.....	53
2.3. PLANIFICACIÓN	53



2.4. DISEÑO DEL PROCESO AUTOMÁTICO DE PRODUCCIÓN DE LA MÁQUINA 54

2.4.1. Interruptores de posición..... 54

2.4.2. Sensores de nivel mínimo y máximo de mezcla en la tolva 54

2.4.3. Sensor de mezcla ideal 55

2.4.4. Sensor de capacidad de bloques terminados. 60

2.4.5. Sistema de control del proceso automático 60

2.4.6. Programación del PLC Thinguet XC3-32R-E 61

2.4.7. Programación de la pantalla HMI TOUCH SCREEN TH765-UT 62

2.4.8. Comunicación PLC – HMI 62

CAPÍTULO 3

IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DEL PROCESO AUTOMÁTICO DE PRODUCCIÓN DE LA MÁQUINA

3.1. ARREGLO E INSTALACIÓN CORRECTA DE SENSORES EN LA MÁQUINA BLOQUERA..... 64

3.1.1. Interruptores de posición de molde y prensa..... 64

3.1.2. Implementación de sensores de nivel mínimo y máximo de mezcla en la tolva 66

3.1.3. Elaboración del sensor de mezcla ideal 66

3.1.4. Instalación del sensor de capacidad de bloques terminados 67

3.1.5. Sensor compuerta de mezcladora cerrada..... 68

3.1.6. Implementación de sensores para realizar secuencia de ubicación de tablas..... 69

3.2. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL..... 75

3.2.1. Control manual 75

3.2.2. Control automático..... 78

3.2.3. Auxiliar para activación del HMI 96

3.2.4. Contactos de accionamiento 96

3.2.5. Implementación del HMI (Pantalla Táctil) en el tablero de control. 102

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS 107

4.2. CONCLUSIONES 109

4.3. RECOMENDACIONES 111

ANEXOS



ANEXO A.....	114
ESQUEMAS DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL CORRESPONDIENTE AL LEVANTAMIENTO DE LAS INSTALACIONES DE LA MÁQUINA	114
ANEXO B.....	115
CIRCUITO DE CONTROL DE LA MÁQUINA MANUAL QUE PERMANECERÁ EN LA INSTALACIÓN.....	115
ANEXO C.....	116
INTERRUPTORES DE POSICIÓN IMPLEMENTADOS EN LA MÁQUINA	116
ANEXO D.....	120
PROGRAMACIÓN DEL PLC THINGUET XC3-32R-E.....	120
ANEXO E.....	132
PROGRAMACIÓN DE LA PANTALLA HMI TOUCH SCREEN TH765-UT	132
ANEXO F	141
DIRECCIONES DEL PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS.....	141
BIBLIOGRAFÍA	144



INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL Y FUERZA Y EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE LA MÁQUINA BLOQUERA

<i>Figura 1.1. Máquinas bloqueras y máquinas adoquineras manuales.</i>	20
<i>Figura 1.2. Máquina bloquera y máquina adoquinera semiautomática.</i>	21
<i>Figura 1.3. Máquina bloquera y máquina adoquinera automáticas.</i>	22
<i>Figura 1.4. Sistema de control en lazo abierto utilizado actualmente en la máquina.</i>	23
<i>Figura 1.5. PLC Thinget XC3-32R-E.</i>	24
<i>Figura 1.6. Módulo de Expansión XC-E8X8YR.</i>	25
<i>Figura 1.7. Disposición de terminales del PLC XC3-32R-E.</i>	25
<i>Figura 1.8. Disyuntor NB600.</i>	27
<i>Figura 1.9. Pulsadores y Selectores de posición.</i>	28
<i>Figura 1.10. Contactores SCHNEIDER LC1 D150 y LC1 D50.</i>	29
<i>Figura 1.11. Relé de sobrecarga SCHNEIDER LRD 32.</i>	29
<i>Figura 1.12. Relé miniatura siemens LZX PT 570730</i>	30
<i>Figura 1.13. Interruptores de posición.</i>	31
<i>Figura 1.14. Movimientos de detección de los interruptores.</i>	32
<i>Figura 1.15. Distribución de motores eléctricos en la máquina bloquera.</i>	32
<i>Figura 1.16. Conjunto de Electroválvulas.</i>	33
<i>Figura 1.17. Esquema eléctrico de electroválvulas.</i>	34
<i>Figura 1.18. Paletas de la mezcladora.</i>	35
<i>Figura 1.19. Motor y conjunto de engranes que mueven las paletas de la mezcladora.</i>	36
<i>Figura 1.20. Pistón de la mezcladora.</i>	37
<i>Figura 1.21. Portezuela abierta de la mezcladora.</i>	37
<i>Figura 1.22. Banda transportadora.</i>	37
<i>Figura 1.23. Motor con conjunto de catalinas que hace girar la banda transportadora.</i>	38
<i>Figura 1.24. Tolva de la máquina bloquera.</i>	38
<i>Figura 1.25. Pistón de la tolva.</i>	39
<i>Figura 1.26. Dosificador entre la prensa y el molde.</i>	39
<i>Figura 1.27. Dosificador siendo llenado por la tolva.</i>	40



Figura 1.28. Paletas del dosificador. 40

Figura 1.29. Motor que mueve paletas del dosificador. 41

Figura 1.30. Pistón del dosificador. 41

Figura 1.31. Molde esperando carga del dosificador. 42

Figura 1.32. Pistones derecho e izquierdo del molde. 42

Figura 1.33. Surtidor de tablas. 43

Figura 1.34. Pistón del surtidor de tablas moviéndolas hacia adelante. 44

Figura 1.35. Estructura de la prensa en la parte superior. 44

Figura 1.36. Pistón de la prensa. 45

Figura 1.37. Tabla sobre plancha de vibración. 45

Figura 1.38. Motor de vibración. 46

Figura 1.39. Mesa 1 de producto terminado. 46

Figura 1.40. Motor que moviliza la mesa 1. 47

Figura 1.41. Mesa 2 de producto terminado. 47

Figura 1.42. Regleta de bornes principal. 49

Figura 1.43. Diagrama del PLC Thinget instalado en la cabina de control de la máquina. 51

Figura 1.44. Circuito de fuerza. 53

Figura 1.45. Diagrama de flujo de operación de la máquina bloquera, previo automatización. 43

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS ECONÓMICO, PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL PROCESO DE AUTOMATIZACIÓN DE LAS ETAPAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.

Figura 2.1. Representación de las membranas de contacto dentro de la tolva. 55

Figura 2.2. Circuito básico del sensor de mezcla ideal proyectado. 56

Figura 2.3. Diagrama de flujo del programa del microcontrolador para el sensor de mezcla ideal. 58

Figura 2.4. Sistema de control en lazo cerrado que se utilizará en la máquina. 60

Figura 2.5. Diagrama de flujo proyectado del proceso de producción de la máquina bloquera. 62

CAPÍTULO 3

IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DEL PROCESO AUTOMÁTICO DE PRODUCCIÓN DE LA MÁQUINA

Figura 3.1. Sensor de prensado de bloques (prensa abajo). 64

Figura 3.2. Brazo de la Prensa. 65



<i>Figura 3.3. Corte realizado en la carrocería de la máquina.</i>	66
<i>Figura 3.4. Sensor limitante mesa de producto terminado.</i>	67
<i>Figura 3.5. Sensor compuerta de la mezcladora cerrada.</i>	68
<i>Figura 3.6. Platina donde se colocó el sensor.</i>	69
<i>Figura 3.7. Mecanismo que activa y desactiva el sensor.</i>	69
<i>Figura 3.8. Sensor de posicionamiento de tablas atrás.</i>	70
<i>Figura 3.9. Sensor de pistón de tablas (atrás) activado.</i>	71
<i>Figura 3.10. Sensor de posicionamiento de tablas adelante.</i>	71
<i>Figura 3.11. Sensor activado (desarmado).</i>	72
<i>Figura 3.12. Mecanismo que activa y desactiva los sensores de posicionamiento de tablas.</i>	72
<i>Figura 3.13. Sensor de posicionamiento correcto de tablas.</i>	73
<i>Figura 3.14. Partes de la estructura que contiene al sensor laser.</i>	74
<i>Figura 3.15. Platina de protección del sensor de proximidad de tablas.</i>	74
<i>Figura 3.16. Control manual de dosificador, motor de mesa de bloques terminados y apertura de compuerta de tolva.</i>	76
<i>Figura 3.17. Control manual de alimentador de tablas y tabla en posición correcta.</i>	77
<i>Figura 3.18. Control manual del motor banda de la banda transportadora y pistones de apertura y cierre de portezuela de mezcladora.</i>	78
<i>Figura 3.19. Parte del programa del control automático que restaura registros de datos y relés auxiliares de set.</i>	81
<i>Figura 3.20a. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso de condiciones iniciales.</i>	82
<i>Figura 3.20b. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso de condiciones iniciales.</i>	83
<i>Figura 3.21. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso de posicionamiento correcto de tablas.</i>	85
<i>Figura 3.22. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso de alimentación del dosificador.</i>	86
<i>Figura 3.23. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso de cerrado de tolva.</i>	86
<i>Figura 3.24. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso 1 de dosificación.</i>	87
<i>Figura 3.25. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso 2 de dosificación.</i>	88
<i>Figura 3.26. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso 3 de dosificación.</i>	89
<i>Figura 3.27. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso de prensado y moldeado.</i>	91



<i>Figura 3.28a. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso de desmolde.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 3.28b. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso de sacado de bloques terminados.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 3.29. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso de final de reset de variables y auxiliares de desactivación de procesos.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 3.30. Parte del programa del control que activa el salto de ventanas en el HMI.</i>	<i>96</i>
<i>Figura 3.31. Contactos auxiliares dentro del programa que activan el cierre de la mezcladora.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 3.32. Contactos auxiliares dentro del programa que activan la electroválvula de presión adicional y el alimentador de tablas tanto adelante y hacia atrás.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 3.33. Contactos auxiliares dentro del programa que activan los pistones baja el molde, cierra y abre compuerta de la tolva y adelanta el distribuidor de material.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 3.34. Contactos auxiliares dentro del programa que encienden los motores de vibración superior e inferior así como el pistón que envía el distribuidor atrás.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 3.35. Contactos auxiliares dentro del programa que acciona los pistones que suben la prensa, el molde y encienden el motor de la mesa de bloques terminados.</i>	<i>102</i>
<i>Figura 3.36. Ventana “de presentación” del HMI</i>	<i>103</i>
<i>Figura 3.37. Ventana “de funcionamiento” del HMI offline.</i>	<i>104</i>
<i>Figura 3.38. Ventana “de funcionamiento” del HMI online.</i>	<i>104</i>
<i>Figura 3.39. Tablero de Control.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 3.40. Tablero de Control incluido el HMI.....</i>	<i>106</i>



INDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL Y FUERZA Y EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE LA MÁQUINA BLOQUERA

<i>Tabla 1.1. Descripción de los niveles de potencia que maneja el PLC XC3-32R-E.</i>	24
<i>Tabla 1.2. Disposición de terminales del PLC XC3-32R-E.</i>	26
<i>Tabla 1.3. Funciones de los motores de la máquina bloquera.</i>	32
<i>Tabla 1.4. Funciones de las electroválvulas de la máquina.</i>	34
<i>Tabla 1.5. Presión de aceite que maneja cada pistón de la máquina.</i>	35
<i>Tabla 1.6. Función de los botones en el circuito de control.</i>	48
<i>Tabla 1.7. Función de los contactores principales.</i>	49
<i>Tabla 1.8. Elementos de entrada y salida conectados en la regleta principal.</i>	50
<i>Tabla 1.9. Conexiones de elementos en PLC y módulo de expansión.</i>	52

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS ECONÓMICO, PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL PROCESO DE AUTOMATIZACIÓN DE LAS ETAPAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.

<i>Tabla 2.1. Desglose de pago de trabajadores.</i>	47
<i>Tabla 2.2. Costos fijos y variables del proceso manual.</i>	48
<i>Tabla 2.3. Datos de producción manual suministrados por personal de la fabrica.</i>	48
<i>Tabla 2.4. Costos de elementos para la automatización de la máquina.</i>	49
<i>Tabla 2.5. Costos fijos y variables del proceso automático.</i>	50
<i>Tabla 2.6. Datos proyectados de producción automática.</i>	50
<i>Tabla 2.7. Ingresos mensuales de los procesos manual y automático.</i>	52



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Carlos Julio Granda Mejía, autor de la tesis **“ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LAS ETAPAS DE PRODUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BLOQUERA”**, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Eléctrico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 13 de diciembre de 2012

Carlos Julio Granda Mejía
0104236047

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Carlos Julio Granda Mejía, autor de la tesis “ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LAS ETAPAS DE PRODUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BLOQUERA”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 13 de diciembre de 2012

Carlos Julio Granda Mejía
0104236047

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Walter Andrés Perlaza Benavides, autor de la tesis **“ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LAS ETAPAS DE PRODUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BLOQUERA”**, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Eléctrico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 13 de diciembre de 2012

Walter Andrés Perlaza Benavides
0104011671

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Walter Andrés Perlaza Benavides, autor de la tesis "**ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LAS ETAPAS DE PRODUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BLOQUERA**", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 13 de diciembre de 2012

Walter Andrés Perlaza Benavides
0104011671

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA

UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**“ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN PARA LA
AUTOMATIZACIÓN DE LAS ETAPAS DE PRODUCCIÓN DE UNA
MÁQUINA BLOQUERA”**

Tesis previa la obtención del
título de Ingeniero Eléctrico

Autores:

Carlos Julio Granda Mejía
Walter Andrés Perlaza Benavides

Director:

Ing. Danny Ochoa

CUENCA – ECUADOR

2012



Ing. Danny Ochoa Correa

CERTIFICA:

Que luego de haber dirigido y revisado prolijamente cada uno de los capítulos del informe final y constatado el correcto funcionamiento práctico del Proyecto de Tesis de Grado titulado: **“ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LAS ETAPAS DE PRODUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BLOQUERA”** realizada por los Srs. Carlos Julio Granda Mejía y Walter Andrés Perlaza Benavides se aprueba su presentación ya que el proyecto cumple con los objetivos generales y específicos propuestos en la denuncia respectiva.

Cuenca, 11 de diciembre de 2012

Ing. Danny Ochoa Correa



AGRADECIMIENTO

Queremos expresar sinceros agradecimientos a la Universidad de Cuenca, por habernos brindando la oportunidad de culminar nuestros estudios universitarios en la Facultad de Ingeniería, nuestro más grande agradecimiento primero a Dios, luego a nuestro amigo y director de tesis Ing. Danny Ochoa por el tiempo dedicado a la culminación exitosa de este proyecto y al Sr. Patricio Mejía por habernos brindado todo su apoyo incondicional para la ejecución del presente trabajo en las instalaciones de su empresa INDUBLOCK S.A.

Los Autores.



DEDICATORIA

A Dios

Por darme la oportunidad de culminar con éxito este proyecto, fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante toda mi etapa de estudio.

A mi madre Carmen.

Por ser mi pilar fundamental con su incondicional apoyo, por la motivación constante que ha hecho de mí un hombre de bien, Mamá gracias por darme una profesión, pero más que nada, por tu amor.

A mi padre Salvador.

Por darme ejemplos de perseverancia y constancia, por el valor mostrado para salir adelante y por qué seque está orgulloso de la persona en la cual me he convertido.

A mi esposa Mónica.

Por creer en mí, por acompañarme en este proceso, por tu amor, tu comprensión, paciencia y fortaleza que permitieron que pudiese culminar mi profesión.

A mis hijos Sebas y Vale.

Por soportar largas horas sin la compañía de su padre, sin entender, a su corta edad, el porqué prefería estar frente a la pantalla del computador y no jugando con ellos. A pesar de todo esto disfrutamos hermosos momentos, en los que su sola sonrisa me llenaba de ánimo y fuerzas.

A mis hermanos María Eugenia e Israel.

Por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

Todos aquellos familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quiénes son.

Carlos Granda M.



DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico primero a Cristo quien sin duda alguna ha sido mi fuente de sabiduría y fortaleza a lo largo de toda la carrera, luego a mi familia, en especial a mis padres Mariana y Walter por su esfuerzo y entrega total en mi beneficio, este triunfo les pertenece mas a ellos que a mí.

Walter Perlaza B.



CAPÍTULO I

LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL Y FUERZA Y EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE LA MÁQUINA BLOQUERA.

1.1. GENERALIDADES

1.1.1. MARCO TEÓRICO

La automatización del proceso de producción de bloques para construcción, consiste en trasladar las tareas de producción realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos que integran la parte que actúa directamente sobre la máquina y los elementos que forman la parte operativa como son cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera, entre otros elementos que permitirán mejorar la productividad, reduciendo los costos de la producción y mejorando la calidad de la misma, realizar las operaciones con alta condición de riesgo, mejorar la disponibilidad de los productos pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso así como simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.¹

La venta y fabricación de productos de hormigón en Cuenca es un mercado con futuro, es por esto que se está innovando los tipos de máquinas para producir nuevos y mejorados bloques. Hoy en día, estos productos de hormigón, ya no son usados simplemente en construcción de paredes, sino que ahora son objetos de diseño en el espacio urbano y en el entorno privado.

El hormigón, con su capacidad casi ilimitada de moldeado y su funcionalidad, ofrece prácticamente todas las posibilidades de una arquitectura creativa. Existen en el mercado diferentes tipos de máquinas para la elaboración de bloques de hormigón. Aquí se distinguen los siguientes tipos principales.

¹HERNÁNDEZ Christopher, *Automatización del proceso de producción de bloques para construcción*, Instituto Politécnico Nacional, 2009 Pág.10

1.1.1.1. Tipos de máquinas bloqueras

a. Manuales

Máquina ideal para producir pequeñas cantidades de material. Cubre las necesidades básicas de producción, ya que el área de moldeo solo permite fabricar piezas pequeñas comprendidas entre los 40 x 55 cm. Un ejemplo de producción diaria es: 300 bloques de 10 x 14 x 28 cm o 350 tabiques (piezas de hormigón) de 8 x 8 x 10 cm.²

Funciona con un motor de hasta 3 HP que puede ser de alimentación monofásica ó trifásica. La mejor manera de equipar una planta bloquera o adoquinera pequeña con esta máquina es acompañarla de una mezcladora que puede alimentar a la máquina bloquera como se ve en las figura 1.1.

Son las máquinas más solicitadas en nuestro medio por su versatilidad y capacidad de producción, se puede lograr hasta 400 ciclos de fabricación por turno de trabajo.



Figura 1.1. Máquinas bloqueras y máquinas adoquineras manuales.

b. Semiautomáticas

Este tipo de máquinas funcionan con un sistema hidráulico o neumático para el desmolde, de este modo se reduce notablemente el esfuerzo físico de los operadores. Tiene una tolva integrada que puede tener hasta 30 piezas en cola (Depende de la pieza que se esté fabricando), el peso del cilindro (Compresor) da mayor calidad de compresión.³

²<http://www.esmma.com/bloquera.htm>

³FERNÁNDEZ, Polo, *Diseño y construcción de una máquina bloquera adoquinera automatizada sustentada en un programa de análisis por elementos finitos*, Escuela Politécnica del Ejército, 2010 Pág. 60.

Para la operación correcta de la máquina es necesario considerar el resto del equipo: una mezcladora, una tolva de agregados para alimentar de arenas a la mezcladora, una banda transportadora que alimenta de material mezclado a la máquina bloquera (opcional), dos carros sacatablas (opcional).

Con este equipo se puede lograr hasta 600 ciclos de producción por turno de trabajo, el ciclo no varía por ser máquina bloquera o máquina adoquinera, estos tienden a incrementarse con la producción de piezas macizas como adoquín o bloque sin huecos. Tiene un área real de moldeo es de 45 x 65 cm (figura 1.2).⁴

Con este tipo de máquinas se puede tener una producción de hasta 1000 bloques diarios, es recomendada para cubrir una demanda mediana de bloques.⁴



Figura 1.2. Máquina bloquera y máquina adoquinera semiautomática.

c. Automáticas

Desde el año 2002 en nuestra ciudad, las empresas constructoras de máquinas para fabricar bloques, decidieron modernizar sus máquinas de producción para mejorar la calidad y aumentar la productividad y la versatilidad.

Estas máquinas por lo general tienen implementado varios motores, sensores y actuadores que garantizan el buen funcionamiento de los procesos de producción de bloques.

La máquina más sobresaliente para una gran producción es la máquina bloquera de marca Quadra, que cuenta con un vibrador de alto rendimiento para fabricar artículos de hormigón como bloques, baldosas, bordillos, adoquines de hormigón.⁴

⁴FERNÁNDEZ, Polo, *Diseño y construcción de una máquina bloquera adoquinera automatizada sustentada en un programa de análisis por elementos finitos*, Escuela Politécnica del Ejército, 2010 Pág. 60-61.

Las dimensiones de las bandejas de producción, suministradas por la empresa son de 1400 x 1250 x 14 mm. Los cambios de moldes se pueden realizar en menos de 10 minutos con un dispositivo de cambio rápido de prensa y molde.⁴

En los últimos años, los bloques de hormigón se han ido perfeccionando constantemente en lo que respecta a nuevos criterios de productividad y desarrollo sostenible.

De modo que se han creado máquinas que cumplen estos nuevos requisitos como se muestra en la figura 1.3. Así, por ejemplo, existen empresas que lanzaron al mercado en el año 2006 la primera máquina pulidora para bloques de hormigón ligero y hormigón pesado. Esta máquina está pensada para cubrir altas demandas de producto, pudiendo llegarse a fabricar hasta 10000 bloques por día.⁵



Figura 1.3. Máquina bloquera y máquina adoquinera automáticas.

1.1.2. ANTECEDENTES

El Sr. Patricio Mejía junto a su socio el Sr. Salvador Sánchez decidieron incursionar en el negocio de la fabricación y venta de bloques, en la ciudad de Cuenca, razón por la cual adquirieron una máquina para hacer bloques de manera artesanal, ubicando su fábrica en la Av. Los Cerezos entre las calles del Sauce y del Sarar. El emprendimiento tuvo mucho éxito, produciendo 200 bloques diarios.

Por la acogida que tuvo su producto en el mercado, decidieron mejorar la producción de bloques, entonces acordaron construir una máquina que les permitiese aumentar la producción a 3000 bloques por día, para poder cubrir la demanda que tenían, luego, junto con Talleres Segarra se construyó la máquina que debía funcionar de forma completamente automática.

⁵FERNÁNDEZ, Polo, *Diseño y construcción de una máquina bloquera adoquinera automatizada sustentada en un programa de análisis por elementos finitos*, Escuela Politécnica del Ejército, 2010 Pág.61.



En el proceso de montaje surgieron muchos problemas sobre todo de tipo mecánico, por lo que no se cumplió el objetivo inicial de automatizar totalmente la máquina.

En la actualidad, se ha superado en un 90% las fallas mencionadas con lo que se ha garantizado la operación diaria de la máquina, por esta razón los socios propietarios han decidido automatizarla, como inicialmente se propuso, ya que todavía están muy por debajo de su meta de producción, fabricando en este momento 1000 bloques al día.

1.2. LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL Y FUERZA DE LA MÁQUINA BLOQUERA

El control del proceso industrial de la máquina bloquera es un control en lazo abierto (figura 1.4.) porque la información o variables que se controlan en el proceso circulan en una sola dirección, desde el sistema de control al proceso. El sistema de control no recibe la información de que las acciones realizadas sobre el proceso a través de los actuadores se han ejecutado correctamente.

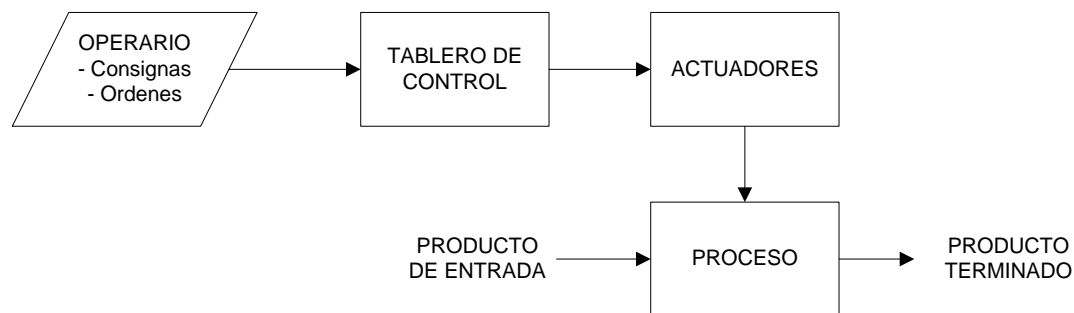


Figura 1.4. Sistema de control en lazo abierto utilizado actualmente en la máquina.

La máquina funciona con un sistema de control industrial tradicional, ya que es controlada de forma manual, cada etapa de producción responde a la manipulación de un operario sobre los pulsadores del tablero de control que a su vez abren o cierran bobinas de contactores y electroválvulas de pistones.

1.2.1. PARTES CONSTITUYENTES DE LA MÁQUINA

Las partes constituyentes de la máquina, con sus respectivas características y funciones son las siguientes:

a. Elementos de control

a1. PLC Thinget XC3-32R-E

El sistema de control instalado cuenta con un PLC Thinget XC3-32R-E que cumple las funciones de controlador en la automatización de la máquina. El cual ofrece ciertas características confiables que facilitan el control de cada una de las etapas de producción.



Figura 1.5. PLC Thinget XC3-32R-E.

➤ **Especificaciones técnicas**

En la tabla 1.1 se puede observar las especificaciones de potencia de este tipo de PLC. En el capítulo 2 referente al diseño del proceso automático de producción de la máquina, se detalla los elementos empleados para la programación del PLC.

Nombre	Rango de operación
Tensión nominal.	100 – 240 V AC
Frecuencia nominal.	50/60 Hz
Corriente.	40 A/100VAC – 60 A/200VAC
Potencia máxima.	12 W
Potencia para el uso de sensores	24 VDC / 400 mA
Fuente interna DC	24 VDC.
Tensión nominal a las entradas	24 VDC.
Corriente admisible a las entradas	7 mA.
Tiempo de respuesta	10 ms.

Tabla 1.1. Descripción de los niveles de potencia que maneja el PLC XC3-32R-E.

➤ **Módulo de Expansión XC-E8X8YR**



Características:

- **8 Entradas:** 4 (14 bits), Seleccionables entre voltaje (0-5Vcc; 0-10Vcc) o corriente (0-20mA; 4-20mA).
- **8 Salidas:** 2 (12 bits), Seleccionables entre voltaje (0-5Vcc; 0-10Vcc) o corriente (0-20mA; 4-20mA).
- **Alimentación:** 24Vcc

Figura 1.6. Módulo de Expansión XC-E8X8YR

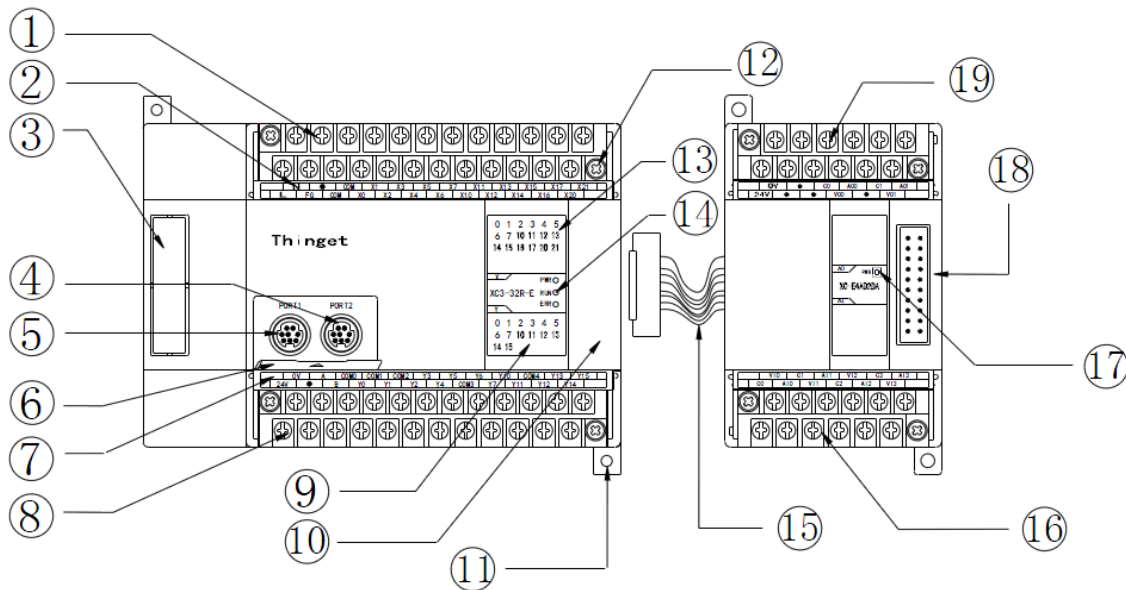


Figura 1.7. Disposición de terminales del PLC XC3-32R-E.

Número	Nombre
1	Entrada y terminales del suministro de energía
2	Terminal de entrada.
3	Puerto para instalación de la tarjeta BD
4	COM 2
5	COM 1
6	Tapa para puerto COM
7	Terminales de salida



Número	Nombre
8	Terminales de salida a 24 V
9	Indicador luminoso para las salidas LED
10	Puerto para conectar expansiones.
11	Orificios de instalación.
12	Tornillos para quitar o instalar los terminales.
13	Indicador luminoso para las entradas LED
14	Acción LED: PWR (power), RUN(rum), ERR (Error)
15	Cable de expansión
16	Terminales de salida
17	Acción LED PWR (power)
18	Puerto para conectar la expansión.
19	Entrada y terminales del suministro de energía.

Tabla 1.2. Disposición de terminales del PLC XC3-32R-E.

➤ Funciones básicas

Las principales funciones básicas del PLC XC3-32R se las detalla a continuación.

1. Operaciones a gran velocidad, con un rango de operación entre 0.2 y 0.5 microsegundos.
2. La programación se la puede realizar de dos formas, la primera en forma de escalera y la segunda en lista de comandos.
3. Las instrucciones a seguir por el PLC son de acuerdo, al control de orden básico, de transferencia de datos, comparaciones aritméticas, bucle de datos; además cuenta una salida de pulsos, un contador de alta velocidad, interrupción, control PID.
4. Este tipo de PLC's permiten realizar un mayor control de actuadores ya que cuenta con siete unidades de expansión, y una tarjeta BD.
5. Los PLC's XC se encuentran equipados con un reloj en tiempo real el cual facilita su funcionamiento.
6. Tiene un tamaño cómodo y compacto el cual permite su rápida instalación.
7. Cuenta con puertos de comunicación tales como RS232 y el RS485, los cuales hacen que se pueda trabajar con varios instrumentos periféricos, como los inversores, impresoras, etc.⁶

⁶POMA, César, VÁSQUEZ, Jaime, *Mitigación de la influencia de las cargas no lineales en el transformador que alimenta al edificio Guillermo Mensi, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2012 Pág. 224 - 226.*

➤ Funciones especiales.

Entre las funciones especiales más destacadas están.

1. Cuenta con un controlador de alta velocidad que puede llegar a una frecuencia de 80kHz.
2. Comunicación de gran alcance y comunicación en red, tiene diversos protocolos de comunicación entre ellos MODBUS.
3. Puede cumplir las funciones de maestro o esclavo de acuerdo a los requerimientos del usuario.
4. Pulsos de salida de alta velocidad de hasta 400 Hz.
5. Cuenta con una función de interrupción que actúa de acuerdo al tiempo real y el tiempo de alta velocidad.
6. Cuenta con un bloque de programación en lenguaje C el cual permite hacer más eficientes los programas.
7. Tiene un control PID y una función de ajuste.
8. Posee una función secuencial, esta es ideal para realizar instrucciones secuenciales, la cual puede ser aplicada a la salida de los pulsos, comunicación y control.⁷

a2. Disyuntor principal

La protección empleada para el circuito que alimenta al tablero de control de la máquina, es un interruptor automático (Circuit Breaker) tripolar de 200 A en corriente nominal y 50 kA en corriente de cortocircuito.



Figura 1.8. Disyuntor NB600.

a2. Pulsadores y Selectores de posición

La función de los pulsadores es energizar las bobinas de los contactores y las electroválvulas de los pistones y en el caso de los selectores de posición, estos

⁷POMA, César, VÁSQUEZ, Jaime, *Mitigación de la influencia de las cargas no lineales en el transformador que alimenta al edificio Guillermo Mensi, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2012 Pág. 227.*

actúan como interruptores que habilitan o deshabilitan partes del circuito de control. El tablero tiene un total de 16 pulsadores y 3 selectores.



Figura 1.9. Pulsadores y Selectores de posición.

a3. Contactores SCHNEIDER LC1 D150 y LC1 D50

El uso principal que se da a los contactores es la protección de motores, no hay otra protección mejor ya que hacen la función del mando a distancia gracias al electroimán que poseen, el cuál cierra los contactos de una manera rápida, potente y precisa.⁸

El contactor SCHNEIDER LC1 D150 tiene una corriente asignada de empleo de 150A, este protege el motor de la mezcladora de 10HP.

El contactor SCHNEIDER LC1 D50 tiene una corriente asignada de empleo de 50A. Junto con el relé de sobrecarga LRD 32 forman la protección de guardamotor que es la protección contra cortocircuitos y sobrecarga del motor.

Son cuatro contactores de estos que están siendo utilizados en el control de los motores de la banda transportadora, vibración superior, vibración inferior, transporte de bloques terminados y para el motor de las electroválvulas.



⁸ELECTRICIDAD INDUSTRIAL, Curso Virtual, CEDECO Estudios Profesionales, 2008 Pág. 6 módulo 2.

Figura 1.10. Contactores SCHNEIDER LC1 D150 y LC1 D50.

a4. Relés de sobrecarga SCHNEIDER LRD 32

La protección de los motores se hace con los relés de sobrecarga, instalados a la salida de contactor, modernamente se les conoce como relés térmicos, además de proteger contra el consumo excesivo, también protegen contra las derivaciones, o la falta de una fase.⁹

El relé de protección LRD 32 se adaptado a las condiciones de funcionamiento de los motores. Protege contra:

- las sobrecargas térmicas,
- los desequilibrios de fase,
- los arranques demasiado prolongados,
- paro repentino o reducción prolongada de ritmo en el giro del motor.
- actúa para una corriente de 23 a 32A según la aplicación.



Figura 1.11. Relé de sobrecarga SCHNEIDER LRD 32.

a5. Relés miniatura siemens LZX PT 570730



⁹ELECTRICIDAD INDUSTRIAL, Curso Virtual, CEDECO Estudios Profesionales, 2008 Pág. 22 módulo 2.

Figura 1.12. Relé miniatura siemens LZX PT 570730

Estos relés están instalados en la cabina de control con el objetivo de preservar las salidas del PLC cuando múltiples dispositivos están encendidos o apagados simultáneamente pudiendo inducir algún tipo de corriente peligrosa.

➤ Características y funciones

- Poseen 1 bobina, 4 contactos NC, 4 contactos NO.
- Uso universal en el control y automatización.
- Variaciones de corrientes o voltajes que sean demasiado altos para el PLC o manejo de salida segura del relé.
- Sirve como un relé de control maestro para apagar dispositivos simultáneamente.
- Provee contactos adicionales para sensores, botones de presión y otros dispositivos de entrada.
- Apto para aplicaciones con vibración.

a6. Detectores

El término detector hace referencia a aquel dispositivo capaz de detectar o percibir cierto fenómeno físico.

Muchos los detectores son eléctricos o electrónicos, aunque existen otros tipos. Un detector es un tipo de transductor que transforma la magnitud que se quiere medir, en otra, que facilita su medida. Pueden ser de indicación directa o pueden estar conectados a un indicador.

Los detectores instalados en la máquina son tipo interruptor de posición o mejor conocidos como fines carrera, los cuales han sido desconectados antes con el objetivo de preservarlos eléctricamente ya que no estaban cumpliendo ninguna función dentro del control manual.¹⁰

➤ Interruptores de posición



¹⁰HEREDIA, Roberto, *Diseño de un desapilador en una fábrica de contenedores*, Universitat Rovira I Virgili, 2006 Pág. 54 - 55.

Figura 1.13. Interruptores de posición

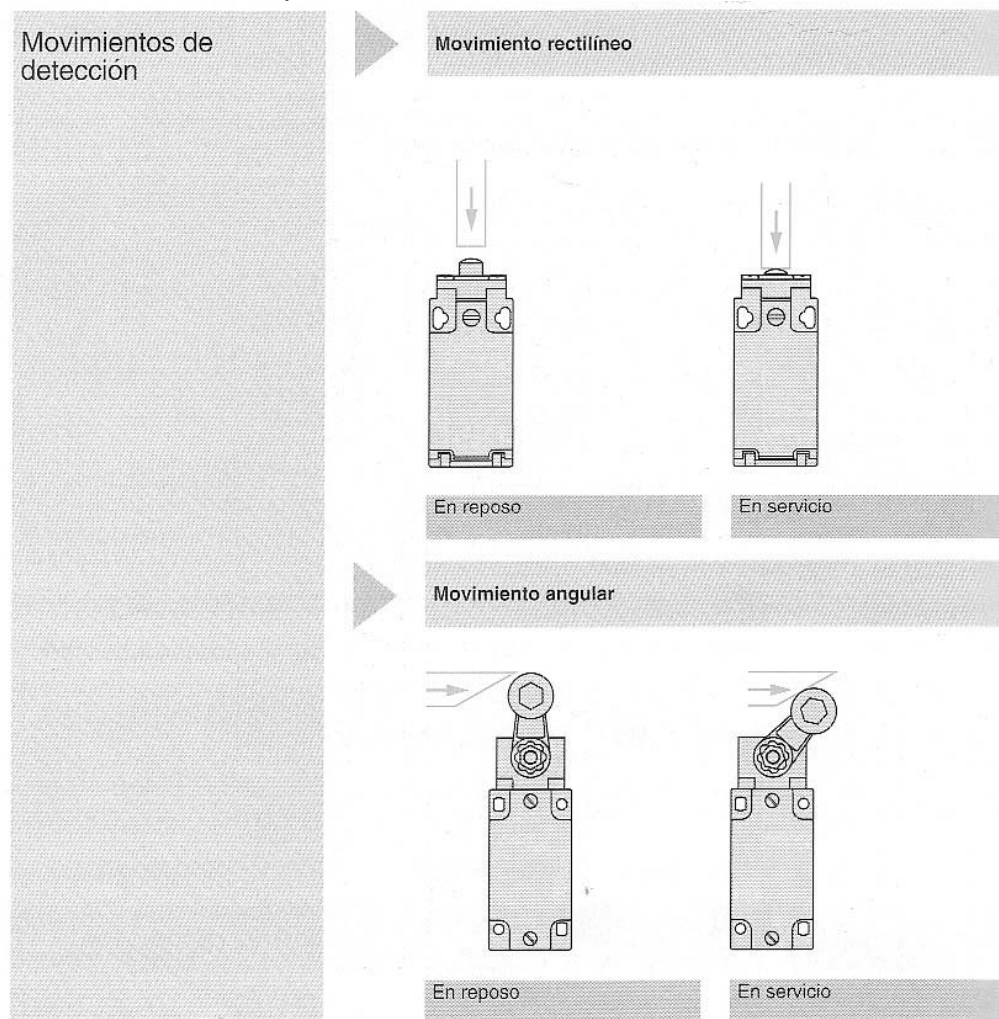
Son detectores electromecánicos. Están presentes en todas las instalaciones automatizadas debido a las numerosas ventajas propias de su tecnología.¹¹

Transmiten al sistema de tratamiento los datos sobre:

- Presencia/ausencia
- Paso
- Posicionamiento
- Fin de carrera

Desde el punto de vista mecánico:

- Apertura positiva de los contactos
- Gran resistencia a los diversos ambientes industriales
- Buena fidelidad, hasta 0,01 mm sobre los puntos de accionamiento
- Funcionamiento simple visualizado.¹¹



¹¹HEREDIA, Roberto, *Diseño de un desapilador en una fábrica de contenedores*, Universitat Rovira I Virgili, 2006 Pág. 56.

Figura 1.14. Movimientos de detección de los interruptores.

b. Elementos de fuerza

b1. Motores



Figura 1.15. Distribución de motores eléctricos en la máquina bloquera.

Motor	FUNCIÓN
M1	Mezcladora
M2	Banda Transportadora
M3	Dosificación
M4	Vibrador
M5	Trasporte del producto

Tabla 1.3. Funciones de los motores de la máquina bloquera.

- **M1** motor de inducción trifásicos de 10HP, 220V, 1700RPM, para la etapa de mezclado.
- **M2** motor de inducción trifásico de 5HP, 220V, 1700RPM, para el control de la banda transportadora.

- **M3** motor de inducción trifásicos de 3HP, 220V, 1700RPM, para la etapa de dosificación del molde.
- **M4** motor de inducción trifásico de 3HP, 220V, 1700RPM para la etapa de vibración y compactación del material.
- **M5** motor de inducción trifásico de 1.5 HP, 220V, 1700RPM para la etapa de transportación de producto terminado.

b2. Electroválvulas



Figura 1.16. Conjunto de Electroválvulas.

Las electroválvulas VICKERS entregan los más altos rendimientos gracias a su alta tecnología de fabricación y su exclusivo diseño, que cumple con las normas "ISO". Las características más destacadas se pueden mencionar: larga vida útil, altas presiones de operación, altas capacidades de flujo, baja caída de presión, solenoides sumergidos en aceite de rápida respuesta, fácil mantenimiento, solenoide recambiable fácilmente, montaje normalizado.¹²

¹² www.vickers.hidraulica.net/

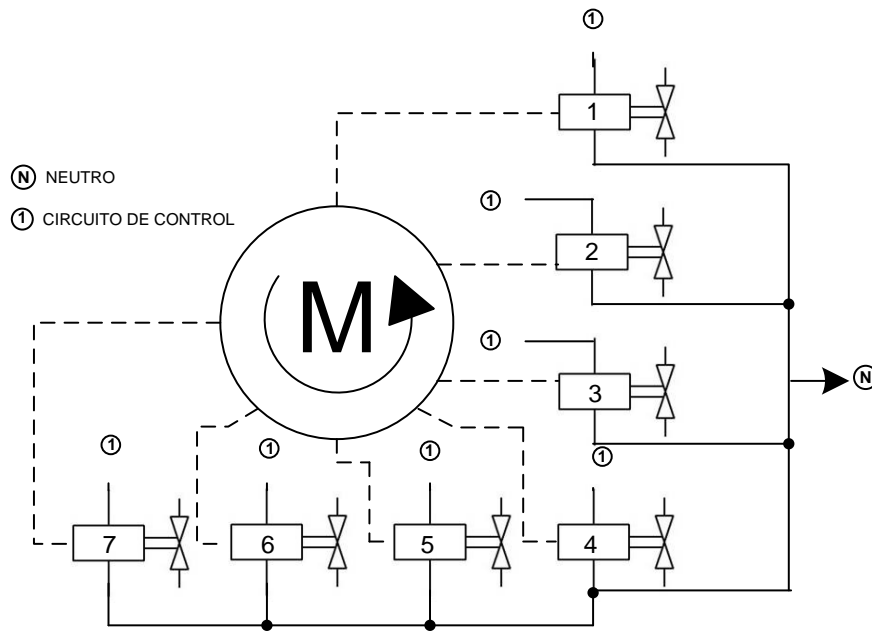


Figura 1.17. Esquema eléctrico de electroválvulas.

Electroválvula	Función
1	Compuerta mezcladora
2	Compuerta tolva
3	Presión adicional, desvío de aceite, trabajo más fuerte.
4	Prensado
5	Dosificador de material
6	Surtidor de tablas
7	Molde

Tabla 1.4. Funciones de las electroválvulas de la máquina.

La función de las electroválvulas es dejar pasar fluido de aceite en un sentido y otro hacia los pistones haciendo que estos cierren o abran elementos como compuertas o a su vez adelanten o retraigan piezas metálicas de la máquina bloquera.

El motor que controla las electroválvulas es un motor de inducción trifásico de 10HP, 220V, 1700RPM, para el control de los pistones. La presión de aceite que manejan los pistones, de las diferentes etapas de producción se detalla a continuación:

kg/cm ²	PCI
--------------------	-----

Inicio Máquina	25	400
Compuerta Material abre	10	200
Compuerta Material cierra	10	200
Molde baja	45	700
Molde sube	25	500
Pistón prensado baja	10	200
Prensado	80	1100
Dosificador entra	50	700
Dosificador Sale	50	700
Pistón prensado sube	10	200
Distribuidor de tablas	25	400
Pistón compuerta mezcladora abre	50	700
Pistón compuerta mezcladora cierra	50	700

Tabla 1.5. Presión de aceite que maneja cada pistón de la máquina.

b3. Mezcladora

Con un diámetro de 1,5m y una altura de 60cm tiene una capacidad de 1.06m³, de mezcla de los cuales solo se ocupa 0.39m³, por motivo de diseño de mezcla para que los bloques obtenidos cumplan con las características de fabricación y calidad.



Figura 1.18. Paletas de la mezcladora.

Es aquí en donde se coloca la materia prima (cemento portland tipo 1, polvo de pómez, chasqui, y agua) para ser mezclada formando un material homogéneo con el cual se procederá a fabricar los bloques.

Esto se lo realiza con la ayuda de un motor eléctrico que hace girar unas paletas que son las que baten los materiales hasta obtener una mezcla homogénea para fabricar bloques.



Figura 1.19. Motor y conjunto de engranes que mueven las paletas de la mezcladora.

b4. Pistón de mezcladora

Este pistón abre o cierra una portezuela de salida ubicada en la mezcladora haciendo que la mezcla sea depositada en la banda transportadora una vez que se encuentre lista para el proceso de fabricación de bloques.



Figura 1.20. Pistón de la mezcladora.



Figura 1.21. Portezuela abierta de la mezcladora.

b5. Banda transportadora

Tiene una longitud de 9 metros, por medio de ella el material es transportado de la mezcladora hacia la tolva, funciona con el motor eléctrico ubicado en la parte superior de la banda el cual hace girar una catalina que mueve la banda hacia adelante, conduciendo el material depositado.



Figura 1.22. Banda transportadora.



Figura 1.23. Motor con conjunto de catalinas que hace girar la banda transportadora.

b6. Tolva

Aquí se deposita la mezcla para ser colocada en la etapa de dosificación, la tolva por lo regular pasa llena de material para poder abastecer el proceso repetitivo de fabricación de bloques, como se puede apreciar en la figura 1.24

La tolva tiene una forma cónica con el propósito de evitar que el material (mezcla) se pegue en las paredes e impedir obstrucciones de depósito en el dosificador.



Figura 1.24. Tolva de la máquina bloquera.

b7. Pistón de la Tolva

Este pistón controla una compuerta ubicada en la parte inferior de la tolva con la cual se permite el paso de la mezcla desde la tolva hacia el carro dosificador. El pistón actúa abriendo y cerrando la compuerta cada vez que esté lleno el carro dosificador.



Figura 1.25. Pistón de la tolva.

b8. Dosificador



Figura 1.26. Dosificador entre la prensa y el molde.



Figura 1.27. Dosificador siendo llenado por la tolva.

Es el que recibe el material de la tolva y lo lleva hacia el molde aquí se debe tener la mezcla necesaria para la fabricación de los bloques.

Para esta etapa se ha colocado un motor (m³) figura 1.29 con un sistema de paletas para que realice la función de que todo el material contenido en el dosificador sea depositado en el molde del bloque con la ayuda de dichas paletas y además con la ayuda de la vibración inferior.



Figura 1.28. Paletas del dosificador.



Figura 1.29. Motor que mueve paletas del dosificador.

b9. Pistón del Dosificador

Este pistón es el encargado de mover el carro dosificador desde la salida de la tolva hasta posicionarse encima del molde transportando la mezcla que va a ser utilizada a este ultimo para la fabricación de los bloques.



Figura 1.30. Pistón del dosificador.

b10. Molde

Aquí se da la forma a los bloques de diferentes medidas (10cm, 15cm, 20cm), en el molde se coloca la mezcla para ser compactada y prensada según sea la medida del bloque seleccionado.



Figura 1.31. Molde esperando carga del dosificador.

b11. Pistones del Molde

Son dos pistones iguales, que suben el molde cuando se necesita alimentar con tablas en la parte inferior y de bajar el molde cuando se necesita que el carro dosificador llene de mezcla el molde, siempre tiene que estar una tabla en la parte inferior para que el molde deposite aquí los bloques de cada proceso, es decir, antes de empezar el proceso de fabricación de bloques, se tiene que asegurar que el surtidor de tablas haya suministrado la correspondiente tabla.



Figura 1.32. Pistones derecho e izquierdo del molde.

b12. Surtidor de tablas



Figura 1.33. Surtidor de tablas.

Es en donde se alimenta las tablas (86cmx44cm) que van a ser colocadas debajo del molde para la colocación de los bloques, este es el primer proceso que se tiene que realizar antes de comenzar a fabricar los bloques, las tablas van en hilera una a continuación de otra con una capacidad de manipular trece tablas.

b13. Pistón surtidor de tablas

Es el que manipula las tablas de atrás hacia adelante y también actúa haciendo que los bloques terminados sean colocados en la banda transportadora del producto final.



Figura 1.34. Pistón del surtidor de tablas moviéndolas hacia adelante.

b14. Prensado

Una vez que se encuentra el molde lleno de mezcla sobre la tabla a continuación se realizan dos procesos: el de vibración y el de prensado.

La prensa es una estructura que se introduce a presión dentro del molde con mezcla para dar la forma correcta a los bloques, una vez terminado el proceso de prensado, la estructura del molde es levantada de modo que la prensa se introduce en el molde dejando libres los bloques que serán enviados a la banda transportadora de producto terminado que finalmente serán almacenados.



Figura 1.35. Estructura de la prensa en la parte superior.

b15. Pistón de la prensa

Este pistón sube y baja la estructura de la prensa para poder realizar el proceso de prensado. Está ubicado en el centro de la estructura de la prensa para ejercer una presión uniforme sobre la mezcla ubicada en el molde.

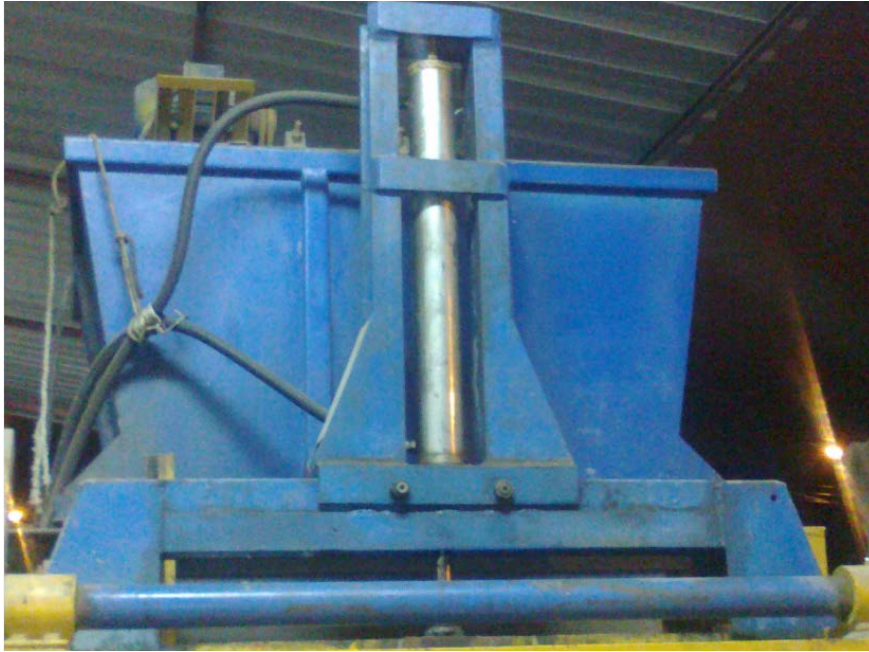


Figura 1.36. Pistón de la prensa.

b16. Vibración

Como se menciona anteriormente la vibración se realiza conjuntamente con el proceso de prensado y dosificación.

La etapa de vibración se realiza en el momento en el que se está llenando el molde y también en el instante que se están prensando los bloques, esto se consigue con un motor eléctrico ubicado en la parte inferior de la máquina, este último a través de un sistema de contrapeso hace que la plancha en donde se encuentra asentada la tabla vibre consiguiendo que la mezcla contenida en el molde sea totalmente compactada y bien distribuida en los bloques.



Figura 1.37. Tabla sobre plancha de vibración.



Figura 1.38. Motor de vibración.

b17. Transportadora de producto terminado



Figura 1.39. Mesa 1 de producto terminado.



Figura 1.40. Motor que moviliza la mesa 1.

Consta de dos mesas; la primera cuyas medidas son 0,70m x 1,50m. Es la que recibe la tabla con los bloques terminados que son enviados por el pistón del distribuidor de tablas, la cual consta de un motor eléctrico que a través de dos cadenas ubicadas en los extremos de la mesa hacen funcionar un sistema mecánico de catalinas que transportan los bloques terminados de la mesa uno hacia la mesa dos.



Figura 1.41. Mesa 2 de producto terminado.

La mesa dos que tiene unas medidas de 0,70m x 2,50m, consta de rodamientos ubicados a lo largo de ella por dónde camina la tabla con los bloques terminados hacia el extremo final, permitiendo almacenar las tablas sobre la segunda mesa.



1.2.2. CIRCUITOS DE CONTROL Y FUERZA

Después de un exhaustivo levantamiento de los circuitos de control y fuerza se determinó los esquemas que se incluyen en el ANEXO A.

Botón o selector	Función
B0	Emergencia
B1	Energía
B2	Parada motor electroválvulas
S1	Marcha motor electroválvulas
S2	Modo manual/automático
S3	Abre compuerta tolva
S4	Selector velocidad
S5	Adelanta alimentador tablas
S6	Sube molde
S7	Baja molde
S8	Activa transportadora producto terminado
S9	Retrae alimentador tablas
S10	Sube pistón prensado
S11	Cierra compuerta tolva
S12	Activa vibración inferior
S13	Adelanta distribuidor material
S14	Retrae distribuidor material
S15	Activa vibración superior
S16	Baja pistón prensado
S17	Inicio

Tabla 1.6. Función de los botones en el circuito de control.

Bobina o Electroválvula	Función
Y0	Motor banda transportadora
Y4	Motor vibración superior
Y6	Motor vibración inferior
Y14	Motor bloques terminados
E1	Motor mezcladora
C2	Motor electroválvulas
EV1	Abre compuerta tolva
EV2	Cierra compuerta tolva
Bobina o Electroválvula	Función
EV3	Adelanta distribuidor material
EV4	Retrae distribuidor material
EV5	Baja pistón prensado
EV6	Sube pistón prensado
EV7	Sube molde



EV8	Adelanta alimentador tablas
EV9	Baja molde
EV10	Retrae alimentador tablas
EV11	Presión adicional
EV12	Cierra compuerta mezcladora
EV13	Abre compuerta mezcladora

Tabla 1.7. Función de los contactores principales.

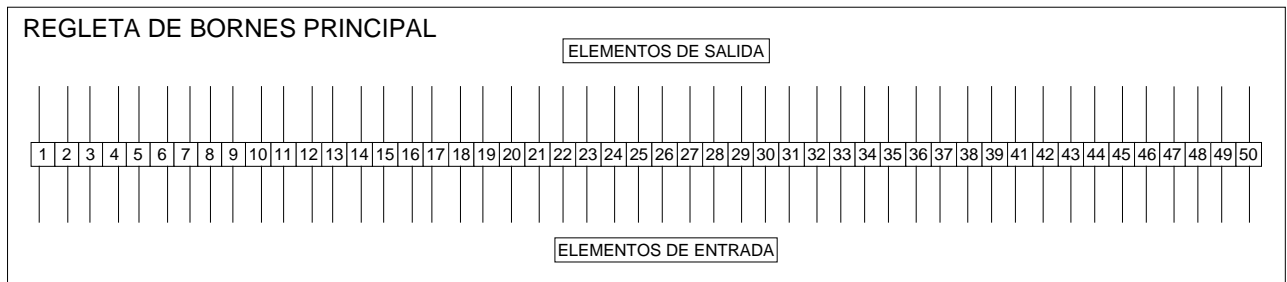


Figura 1.42. Regleta de bornes principal.

Borne Regleta Principal	Elemento Entrada	Elemento Salida
1	N, PLC	
2	COM, PLC	FC, TOLVA ABRE
3	X3, PLC	FC, TOLVA ABRE
4	COM, PLC	FC, DISTRIBUIDOR ADELANTE
5	X5, PLC	FC, DISTRIBUIDOR ADELANTE
6	COM, PLC	FC, PRENSA ABAJO
7	X7, PLC	FC, PRENSA ABAJO
8	COM, PLC	FIN CARRERA SIN USO 5
9	X11, PLC	FIN CARRERA SIN USO 5
10	COM, PLC	FC, MOLDE ABAJO
11	X13, PLC	FC, MOLDE ABAJO
12	COM, PLC	INTERRUPTOR SIN USO 1
13	X15, PLC	INTERRUPTOR SIN USO 1
14	COM, PLC	
15	-----	-----
16	COM, PLC	FC MEZCLADORA ABRE
17	X21, PLC	FC MEZCLADORA ABRE
18	COM, PLC	FC, TOLVA CIERRA
19	X4, PLC	FC, TOLVA CIERRA
Borne Regleta Principal	Elemento Entrada	Elemento Salida
20	COM, PLC	FC, DISTRIBUIDOR ATRÁS
21	X6, PLC	FC, DISTRIBUIDOR ATRÁS
22	COM, PLC	FC, PRENSA ARRIBA

23	X10, PLC	FC, PRENSA ARRIBA
24	COM, PLC	FC, MOLDE ARRIBA
25	X12, PLC	FC, MOLDE ARRIBA
26	COM, PLC	FIN CARRERA SIN USO 4
27	X14, PLC	FIN CARRERA SIN USO 4
28	COM, PLC	INTERRUPTOR SIN USO 2
29	X16, PLC	INTERRUPTOR SIN USO 2
30	COM, PLC	FC, MEZCLADORA CIERRA
31	X20, PLC	FC, MEZCLADORA CIERRA
32	S3, 4A	ELECTROVALVULA (ABRE COMPUERTA MATERIAL)
33	S11, 4	ELECTROVALVULA (CIERRA COMPUERTA MATERIAL)
34	S13, 4A	ELECTROVALVULA (ADELANTA DISTRIBUIDOR MATERIAL)
35	S14, 4A	ELECTROVALVULA (RETRAER DISTRIBUIDOR MATERIAL)
36	S16, 4A	ELECTROVALVULA (BAJA PISTON PRENSADO)
37	S10, 4	ELECTROVALVULA (SUBE PISTON PRENSADO)
38	S6, 4A	ELECTROVALVULA (MOLDE SUBE)
39	S5, 4A	ELECTROVALVULA (ADELANTA ALIMENTADOR TABLAS)
40	S7, 4A	ELECTROVALVULA (MOLDE BAJA)
41	S9, 4	ELECTROVALVULA (RETRAER ALIMENTADOR TABLAS)
42	Y100, PIN7	ELECTROVALVULA (PRESIÓN ADICIONAL)
43	-----	-----
44	Y103, PIN 7	ELECTROVALVULA CIERRA COMPUERTA MEZCLADORA
45	Y102, PIN 7	ELECTROVALVULA ABRE COMPUERTA MEZCLADORA
46	COM, PLC	PULSANTE BANDA N.C. PIN1
47	X0, MÓDULO	PULSANTE BANDA N.C. PIN2
48	COM, PLC	RUEDA INTERRUPTOR SIN USO 3
49	X0, PLC	RUEDA INTERRUPTOR SIN USO 3

Tabla 1.8. Elementos de entrada y salida conectados en la regleta principal.

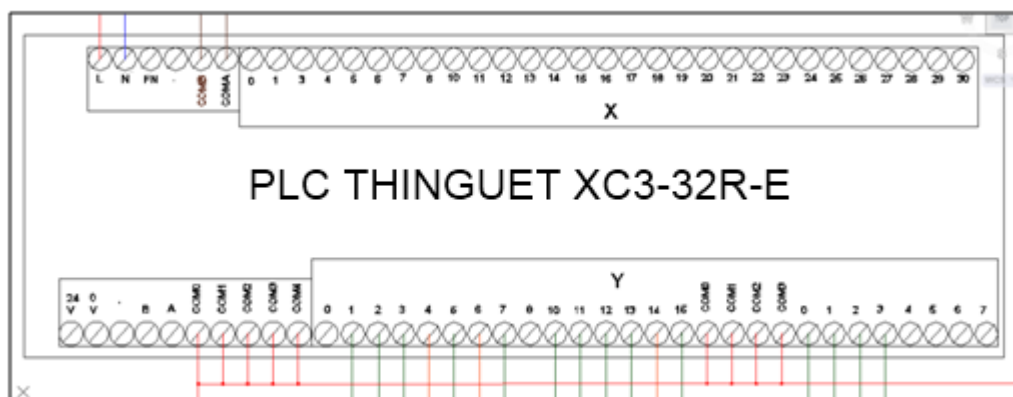




Figura 1.43. Diagrama del PLC Thinget instalado en la cabina de control de la máquina.

Durante el levantamiento nos percatamos que la mayoría de entradas y salidas del PLC y del Módulo de Expansión, están conectadas tal y como lo muestra el circuito de control figura A1 del ANEXO A, lo que confirma que anteriormente se intentó automatizar la máquina, pero no se consiguió tal objetivo. La nomenclatura que se refiere a Y0, Y1, Y2,..., Y103 en la figura A1 del ANEXO A y tablas 1.7 y 1.8 son los contactores auxiliares instalados en la cabina de control.

Borne PLC	Elemento	Borne Módulo Expansión	Elemento
L	COM0, PLC y todos los pines 11 de Relés Auxiliares	0V	0V, PLC
N	A1 de Contactores y Reles Auxiliares	24V	24V, PLC
FG		COM	
.		COM	
COM	18R, 20R, 22R, 24R, 28R	X0	47R
COM	S3, S4, S2, S5, S17, B0	X1	S5
X0	49R	X2	S3
X1	S2	X3	B0
X2	S17	X4	
X3	3R	X5	
X4	19R	X6	
X5	5R	X7	
X6	21R	COM0	L
X7	7R	COM1	L
X10	23R	COM2	L
X11	9R	COM3	L
X12	25R	Y0	Y100, A2
X13	11R	Y1	Y101, A2
X14	27R	Y2	Y102, A2
X15	13R	Y3	Y103, A2
X16	29R	Y4	
Borne PLC	Elemento	Borne Módulo Expansión	Elemento
X17	S4	Y5	
X20	31R	Y6	
X21	17R	Y7	
24V			

R = Regleta de bornes principal

FC = FIN CARRERA



0V	0V, MÓDULO
.	
A	
B	
COM0	L, PLC y S2, PIN 2B
COM1	L
COM2	L
Y0	Y0, PIN 95
Y1	Y1, A2
Y2	Y2, A2
Y3	Y3, A2
Y4	Y4, PIN 95
Y5	Y5, A2
Y6	Y6, PIN 95
Y7	Y7, A2
COM4	L
Y10	Y10, A2
Y11	Y11, A2
Y12	Y12, A2
Y13	Y13, A2
Y14	Y14, PIN 95
Y15	Y15, A2

Tabla 1.9. Conexiones de elementos en PLC y módulo de expansión.

El PLC dentro del control manual existente solo comanda el circuito de la compuerta de la mezcladora y de la banda transportadora de material, es decir está totalmente subutilizado.

a. Circuito de fuerza

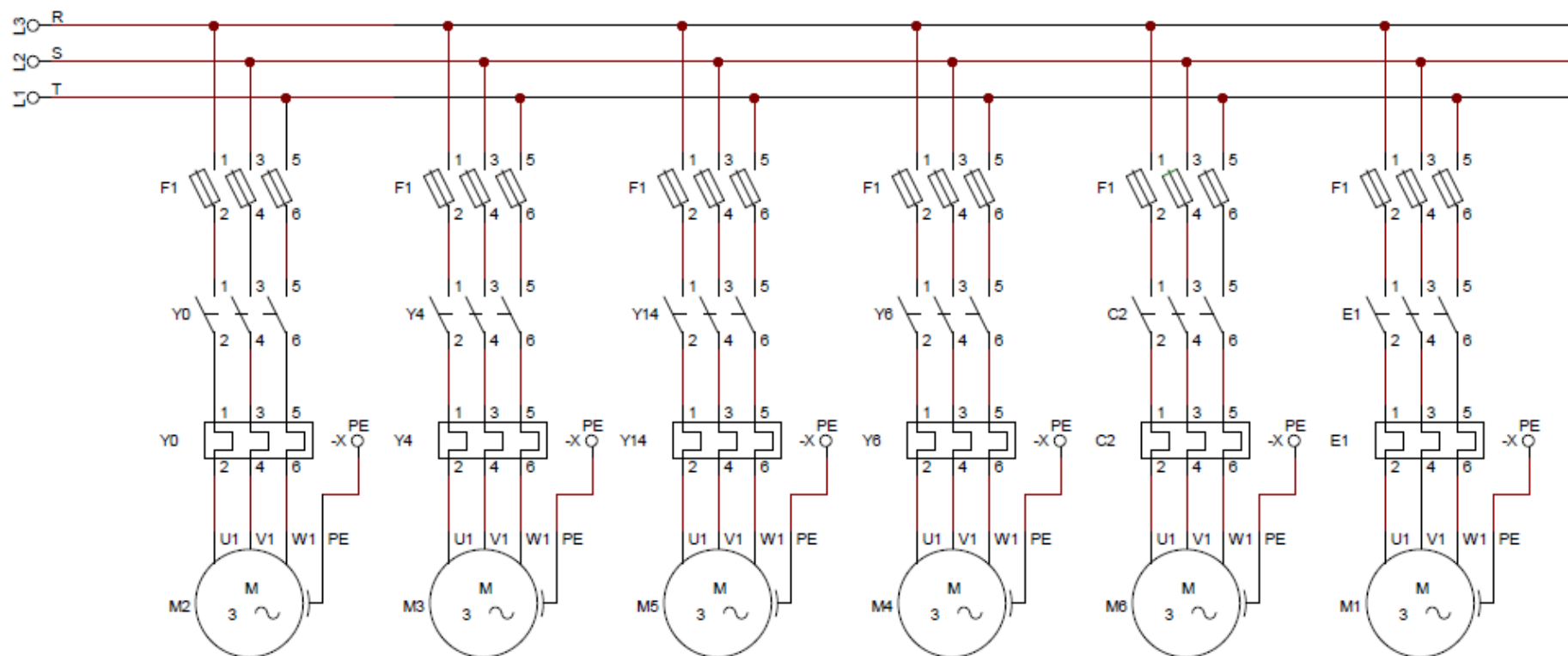


Figura 1.44. Circuito de fuerza.

Para el circuito de fuerza se utiliza un arranque directo de todos los motores el momento que se energizan sus respectivas contactores. En la figura 1.44 se puede apreciar que tanto el contactor como el térmico tienen el mismo nombre, esto es porque los dos elementos forman el guardamotor como se explicó anteriormente. F1 es el disyuntor de protección principal que hace las veces de interruptor - fusible.



1.3. EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE LA MÁQUINA

El proceso de producción de la máquina consta de cinco etapas:

1. mezclado,
2. traslado de la mezcla a través de una banda transportadora,
3. alimentación de tolva,
4. llenado de molde (dosificación y vibración),
5. prensado, moldeado y compactación y
6. transportación de bloques terminados.

La máquina bloqueadora contiene:

- 2 motores de inducción trifásicos de 10HP, 220-380V, 1700RPM, uno para la etapa de mezclado y el otro para el control de los pistones mediante las electroválvulas.
- 1 motor de inducción trifásico de 5HP, 220-380V, 1700RPM, para el control de la banda transportadora.
- 2 motores de inducción trifásicos de 3HP, 220-380-440V, 1725RPM, uno para la etapa de llenado del molde y el otro para la compactación del material.
- 1 motor de inducción trifásico de 1.5HP, 220-380V, 1710RPM.
- 1 controlador lógico programable PLC Thinguet, XC3-32R-E que es el cerebro de la máquina bloqueadora y 1 módulo de expansión XC-E8X8Y (8 entradas, 8 salidas disponibles).
- 6 contactores para los motores.
- 8 electroválvulas para el control de los pistones.
- 5 interruptores de posición o fines carrera.
- 1 tablero de control industrial.

El control de la máquina efectivamente funciona de forma manual ya que cada etapa de producción es controlada por un operario que manipula el tablero de control.

Durante una de las visitas a la fábrica al hacer pruebas de las etapas de producción y del funcionamiento de la máquina nos percatamos de que el control que estaba siendo utilizado en la máquina, solo utiliza el PLC para la etapa de traslado de la mezcla a través de una banda transportadora y el resto de etapas: alimentación de tolva, llenado de molde, prensado, vibración y compactado y transportación de bloques terminados se controlan tradicionalmente, es decir el pulsante correspondiente a cada contactor cierra

la bobina de este último a ser pulsado y a su vez acciona el motor o pistón que esté conectado a los contactos principales.

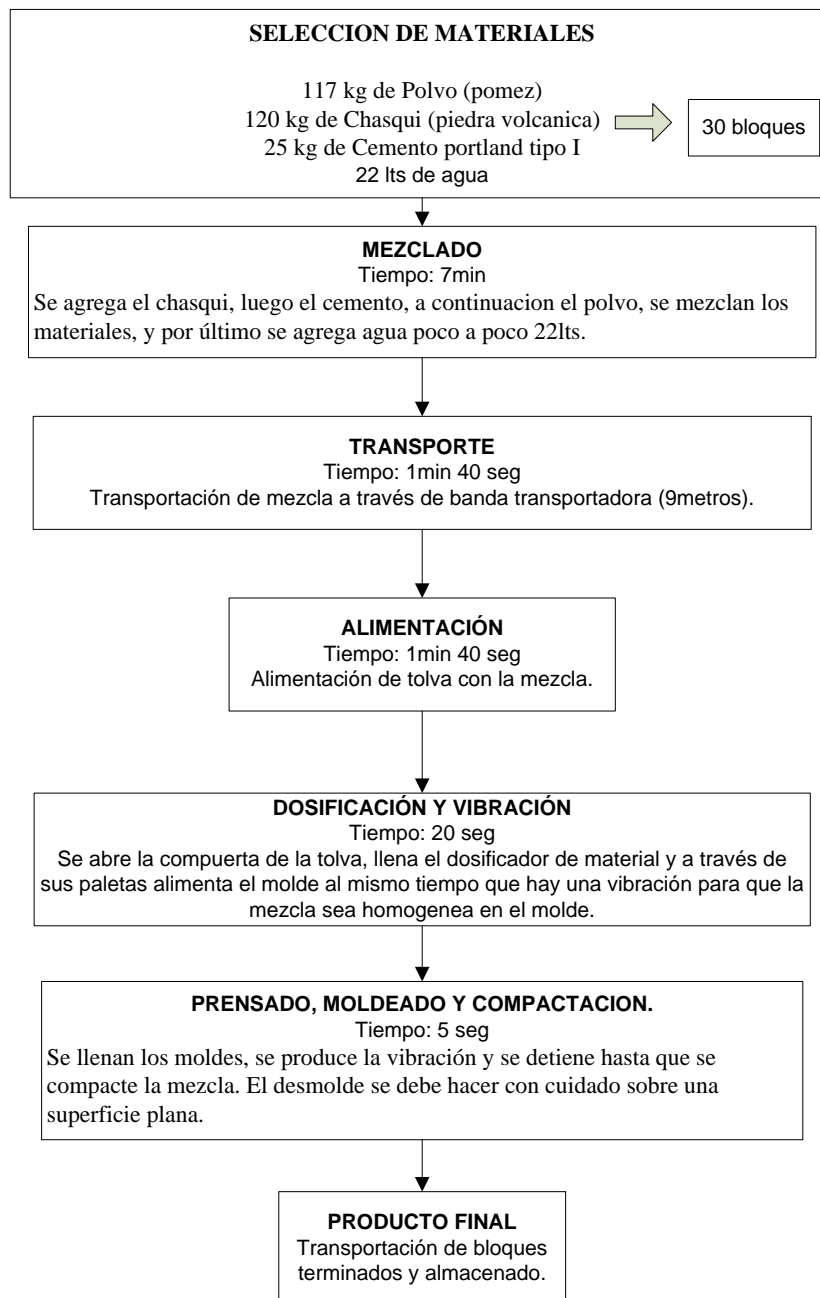


Figura 1.45. Diagrama de flujo de operación de la máquina bloquera, previo automatización.

1.3.1. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA MÁQUINA

En el proceso automático el PLC debe controlar las etapas de producción de la máquina mediante los actuadores que son los motores eléctricos y pistones hidráulicos implementados para la secuencia de trabajo de las etapas de operación a través de los sensores industriales.

Estos últimos serán los ojos del PLC por llamarlos de alguna forma, es por esto que deben estar muy bien instalados para que den una señal correcta al controlador.



➤ **Sensor de mezcla ideal**

Uno de los puntos más importantes a optimizar es el punto cuando la mezcla esta lista para ser transportada hacia la tolva. Ya que en el proceso de mezclado el agua es agregada de forma manual, dando como resultado que en ocasiones la mezcla quede muy húmeda o muy seca, entonces se hace necesario un sensor que de la señal de mezcla adecuada.

➤ **Sensor de nivel mínimo y máximo de mezcla en la tolva**

Se necesita también implementar algún tipo de sensor que envíe las señales de nivel mínimo y máximo de mezcla en la tolva con el objetivo de evitar que la máquina trabaje sin mezcla (nivel de mezcla por debajo del mínimo) o que la banda siga alimentando la tolva (nivel de mezcla por encima del máximo).

➤ **Sensor de tablas en posición correcta**

Este es de suma importancia para el correcto desempeño de la máquina, ya que solo cuando una tabla (superficie donde se producen los bloques) este en la posición correcta, la máquina empezará a fabricar producto. Se debe tener en cuenta que el sensor que se instale debe soportar la vibración o no estar en contacto con la tabla (sensor de tipo óptico).

➤ **Sensor de capacidad de bloques terminados**

Es importante agregar un sensor que arroje una señal de que ya no hay más capacidad en la mesa de producto terminado con el fin de que la máquina no siga produciendo mas bloques y evitar que se dañen estos.

➤ **Interruptores de posición de pistón de tablas, molde y prensa**

Se debe arreglar o en su defecto instalar los interruptores de posición, de manera que el PLC esté al tanto de cuando:

- del pistón de tablas este atrás.
- del molde cuando este arriba o abajo.
- de la prensa igualmente cuando este arriba o cuando este abajo.

Adicionalmente es de suma importancia fijar los tiempos de operación de cada etapa de producción de la máquina, puesto que en el proceso automático el PLC tomará estos tiempos para hacer funcionar los actuadores.

En el siguiente capítulo se abordará el análisis económico del proyecto para conocer su factibilidad y también el diseño de la automatización de la máquina bloquera.



CAPÍTULO 2

ANÁLISIS ECONÓMICO, PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DEL PROCESO DE AUTOMATIZACIÓN DE LAS ETAPAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.

2.1. CÁLCULO DE PRODUCCIÓN DE BLOQUES POR DÍA

Es necesario, en primera instancia, calcular el número de bloques producidos por día, a través de los tiempos de cada etapa de operación de la máquina, estos fueron obtenidos en la fábrica, con el objetivo de verificar los datos de producción emitidos por los trabajadores y también establecer el tiempo de pérdida que se requiere optimizar con la automatización de la máquina bloquera.

2.1.1. Primer proceso

Mezclado + Traslado, alimentación tolva + D.V.P.M.C. = 5 bloques

Tiempo: 5 a 7min + 1min 40seg + 42 seg = 9min 22 seg

D. = dosificación

V. = vibración

P. = prensado

M. = moldeado

C. = compactado

2.1.2. Segundo proceso

La máquina después del primer proceso saca 40 bloques sin parar.

Tiempo: 5min 12 seg

2.1.3. Tercer proceso

La máquina deja de operar por 1 min. para sacar 10 bloques de las mesas.

Tiempo: 1min

A continuación la máquina saca 10 bloques sin parar.

Tiempo: 1min 3seg

Total: 2min 3seg



producción de bloques de un proceso automático proyectado versus un proceso manual existente.

Los costos son necesarios al presentar un proyecto que se quiere vender o aplicar a alguna industria, ya que en base a éstos se observa la posibilidad y factibilidad de poder implementar o comprar el proyecto, éste estudio es un tanto más necesario en los proyectos de automatización de procesos, ya que se tiene que ver si el proyecto es rentable y remunerable con el paso del tiempo a pesar de su costo, que el seguir empleando a trabajadores en algunas actividades rutinarias que pueden afectar en algunas ocasiones al producto, ya sea por descuido o por fatiga del trabajador.¹³

Todos los cálculos presentados a continuación fueron hechos sobre el mes es decir mensualmente.

2.2.1. COSTOS FIJOS

a. Mano de obra

En la tabla 2.1 se describe el desglose del pago de los cuatro trabajadores que laboran en la fábrica, esto con el objetivo de calcular el valor total de la mano de obra.

Trabajador	Sueldo	XIII	XIV	Vacaciones	Fondo de Reserva	Aporte Patronal	Ropa trabajo	TOTAL
1	350	29,17	24,33	14,58	29,17	42,53	6,67	496,44
2	320	26,67	24,33	13,33	26,67	38,88	6,67	456,55
3	290	24,17	24,33	12,08	24,17	35,24	6,67	416,65
4	290	24,17	24,33	12,08	24,17	35,24	6,67	416,65
TOTALES	1250	104,17	97,33	52,08	104,17	151,88	26,67	1786,29

Tabla 2.1. Desglose de pago de trabajadores.

b. Mantenimiento arriendo

Se refiere al valor que se paga por el arriendo del lugar donde se encuentra la máquina que es de \$500.

2.2.2. COSTOS VARIABLES

Describen los costos de servicios básicos (consumo de energía eléctrica, agua y teléfono) y materia prima (cemento, chasqui y polvo) que pueden variar en el tiempo en cuanto a alza y baja de precios por parte de los proveedores y también debido a que en el proceso automático proyectado, el volumen de producción de bloques será mayor lo que supone una alza en la utilización de servicios básicos y materia prima.

¹³HERNÁNDEZ Christopher, *Automatización del proceso de producción de bloques para construcción*, Instituto Politécnico Nacional, 2009 Pág.250



2.2.3. PROCESO DE PRODUCCIÓN MANUAL EXISTENTE DE LA MÁQUINA

A continuación se describe los cálculos de costos de producción y ganancias mensuales así como el costo de producción unitario, para el proceso de producción manual existente.

RUBRO	COSTOS FIJOS	COSTOS VARIABLES
Mano de Obra	1.786,29	
Mantenimiento arriendo	500,00	
Materia Prima		4.251,00
Cemento		2.145,00
Chasqui		1.092,00
Polvo		1.014,00
Servicios básicos		200,00
Consumo de energía eléctrica		100,00
Agua y teléfono		100,00
TOTALES	2.286,29	4.451,00

Tabla 2.2. Costos fijos y variables del proceso manual.

Días de trabajo (DT)	20
Días carga	-5
Días producción (DP)	15
Bloques producidos diariamente (BPD)	1500
Precio de venta al público bloque (PVPB)	\$0,43

Tabla 2.3. Datos de producción manual suministrados por personal de la fabrica.

- Costo de mano de obra por bloque**

$$\text{Bloques producidos al mes (BPM)} = DP \times BPD = 15 \times 1500 = 22500$$

$$\text{Costo de mano de obra por bloque} = \frac{\text{Total mano de obra}}{\text{BPM}} = \frac{1786,63}{22500} = \$0,08$$

$$\begin{aligned} \text{\% Costo de mano de obra por bloque} &= \frac{\text{Costo de mano de obra por bloque}}{\text{PVPB}} \times 100 \\ &= \frac{0,08}{0,43} \times 100 = 18,6\% \end{aligned}$$

- Ganancia mensual de producción manual**

$$\text{Ingreso de ventas mensuales} = \text{BPM} \times \text{PVPB} = 22500 \times 0,43 = \$9675$$

$$\text{Costo de producción de bloques al mes} = \text{Costos fijos} + \text{Costos variables}$$

$$\text{Costo de producción de bloques al mes} = 2286,29 + 4451 = \$6737,29$$



Ganancia mensual de producción manual

= Ingreso de ventas mensuales

– Costo de producción de bloques al mes = \$9675 – \$6737,29

= \$2937,71

- **Costo unitario de producción al mes (CUPM)**

Costo de producción de bloques al mes = 2286,29 + 4451 = \$6737,29

$$\text{CUPM} = \frac{\text{Costo de producción de bloques al mes}}{\text{BPM}} = \frac{6737,29}{22500} = \$0,30$$

2.2.4. PROCESO DE PRODUCCIÓN AUTOMÁTICO PROYECTADO DE LA MÁQUINA

Ahora se describe los cálculos de costos de producción y ganancias mensuales así como el costo de producción unitario, para el proceso de producción automático proyectado.

Se presenta continuación, en la tabla 2.4 la información referente a las cotizaciones de los diferentes elementos que conforman la automatización de las etapas de producción de la máquina, cotizaciones que nos guiarán a poder definir los costos que intervienen en cada uno de los procesos que se implementan en la máquina. Así como una estimación de la aplicación de ingeniería al momento de diseñar y proponer materiales, ya que es necesario considerar el valor del trabajo como ingenieros.

Cantidad	Elementos	V. unitario \$	V. total \$
1	Cable Thinguet PC-PLC DVP	28,5	28,5
1	HMI TOUCH SCREEN TH765-UT	830	830
1	SENSOR FOTOELECTRICO NUX HANYOUNG PR_R300NC	80	80
3	INTERRUPTOR DE POSICION RECTILINEO	42	126
11	INTERRUPTOR DE POSICION ANGULAR	45	495
2	SENSOR TIPO MEMBRANA DE CONTACTO	80	160
1	CIRCUITO DE SENSADO DE MEZCLA IDEAL	30	30
1	MANO DE OBRA DE INGENIERIA APLICADA	2000	2000
		TOTAL	\$ 3749,5

Tabla 2.4. Costos de elementos para la automatización de la máquina.

Este rubro ahora será incluido dentro de los Costos Fijos, de forma que será cubierto en un año:

$$\text{Costo automatización mensual} = \frac{3749,5}{12} = \$ 312,46$$



En cuanto a los costos variables los rubros referentes a materia prima y consumo de energía eléctrica, se asumen que serán el doble que en el proceso manual puesto que responde proporcionalmente a la producción que ahora será de 3000 bloques diarios.

RUBRO	COSTOS FIJOS	COSTOS VARIABLES
Mano de Obra	1.786,29	
Mantenimiento arriendo	500,00	
Costo automatización mensual	312,46	
Materia Prima		8.502,00
Cemento		4.290,00
Chasqui		2.184,00
Polvo		2.028,00
Servicios básicos		300,00
Consumo de energía eléctrica		200,00
Agua y teléfono		100,00
TOTALES	2.532,26	8.802,00

Tabla 2.5. Costos fijos y variables del proceso automático.

Días de trabajo (DT)	20
Días carga	-5
Días producción (DP)	15
Bloques producidos diariamente (BPD)	3000
Precio de venta al público bloque (PVPB)	\$0,43

Tabla 2.6. Datos proyectados de producción automática.

- **Costo de mano de obra por bloque**

$$\text{Bloques producidos al mes (BPM)} = DP \times BPD = 15 \times 3000 = 45000$$

$$\text{Costo de mano de obra por bloque} = \frac{\text{Total mano de obra}}{\text{BPM}} = \frac{1786,63}{45000} = \$0,04$$

$$\begin{aligned} \text{\% Costo de mano de obra por bloque} &= \frac{\text{Costo de mano de obra por bloque}}{\text{PVPB}} \times 100 \\ &= \frac{0,04}{0,43} \times 100 = 9,3\% \end{aligned}$$

- **Ganancia mensual de producción manual**

$$\text{Ingreso de ventas mensuales} = \text{BPM} \times \text{PVPB} = 45000 \times 0,43 = \$19350$$

$$\text{Costo de producción de bloques al mes} = \text{Costos fijos} + \text{Costos variables}$$

$$\text{Costo de producción de bloques al mes} = 2.532,26 + 8.802,00 = \$11334,26$$



Ganancia mensual de producción manual

= Ingreso de ventas mensuales

– Costo de producción de bloques al mes = \$19350 – \$11334,26

= \$8015,74

- **Costo unitario de producción al mes (CUPM)**

Costo de producción de bloques al mes = 2532,26 + 8802 = \$11334,26

$$\text{CUPM} = \frac{\text{Costo de producción de bloques al mes}}{\text{BPM}} = \frac{11334,26}{45000} = \$0,25$$

2.2.5. ANÁLISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

El análisis del punto de equilibrio es importante en cualquier empresa, con el cual se puede conocer el nivel de operaciones en el que los ingresos son iguales a los gastos.¹⁴

Con este análisis podemos sacar el volumen mínimo de ventas que debe lograrse para empezar a obtener utilidades, es decir que es la cifra de ventas que se requiere alcanzar para cubrir los gastos de la empresa y en consecuencia no obtener utilidad ni pérdida.²

Para poder comprender mucho mejor el concepto de Punto de Equilibrio, se deben identificar los diferentes costos y gastos que intervienen en el proceso productivo. Para operar adecuadamente el punto de equilibrio es necesario comenzar por conocer que el costo se relaciona con el volumen de producción y que el gasto guarda una estrecha relación con las ventas.²

Hallar y analizar el punto de equilibrio sirve para:

- Permitir una primera simulación que admita saber a partir de qué cantidad de ventas se empezarán a obtener utilidades.
- Conocer la viabilidad de un proyecto, al saber si la demanda supera el punto de equilibrio.
- Ver a partir de qué nivel de ventas, puede ser recomendable cambiar un Costo Variable por un Costo Fijo o viceversa.
- Saber qué número de ventas se debe realizar, para lograr utilidad.²

¹⁴www.pymesfuturo.com/puntodeequilibrio.htm



RUBROS / MESES	Proceso manual existente	Proceso automático proyectado
INGRESOS	9.578,25	19.156,50
Bloques por día	1.500	3.000
Días	15	15
Riesgo	1%	1%
Ventas	100%	100%
Cantidad de bloques al mes	22275	44550
precio	0,43	0,43

Tabla 2.7. Ingresos mensuales de los procesos manual y automático.

a. Punto de equilibrio de proceso manual

$$\text{Punto Equilibrio ventas} = \frac{\text{Costos Fijos}}{1 - \frac{\text{Costos Variables}}{\text{Ventas en efectivo}}}$$

$$\text{Punto Equilibrio ventas} = \frac{2286,29}{1 - \frac{4451,00}{9578,25}}$$

$$\text{PE ventas} = 4271,04$$

$$\text{Punto Equilibrio bloques} = \frac{\text{PEventas}}{\text{Precio de venta al público bloque}} = \frac{4271,04}{0,43}$$

$$\text{PE bloques} = 9933$$

b. Punto de equilibrio de proceso automático

$$\text{Punto Equilibrio ventas} = \frac{\text{Costos Fijos}}{1 - \frac{\text{Costos Variables}}{\text{Ventas en efectivo}}}$$

$$\text{Punto Equilibrio ventas} = \frac{2.532,26}{1 - \frac{8.802,00}{19.156,50}}$$

$$\text{PE ventas} = 4684,84$$

$$\text{Punto Equilibrio bloques} = \frac{\text{PEventas}}{\text{Precio de venta al público bloque}} = \frac{4684,84}{0,43}$$

$$\text{PE bloques} = 10895$$



2.2.6. EVALUACIÓN DEL ANÁLISIS ECONÓMICO

Se puede notar claramente como el costo de mano de obra por bloque se reduce considerablemente de 18,3% en el proceso manual a un 9,3% en el automático proyectado.

Cada bloque tendrá un menor costo de producción al automatizar la máquina bloquera puesto que será de \$0,25 cuando costaba antes (proceso manual) \$0,30.

A pesar que el punto de equilibrio arroja como resultado un ligero aumento de 962 bloques en producción para cubrir los costos totales mensuales (fijos y variables) esto no representa ningún inconveniente puesto que al automatizar se eleva la producción en serie de bloques.

Entonces implementar la automatización de las etapas de producción de la máquina bloquera es totalmente factible desde todos los puntos de vista pues los costos de mano de obra y de producción unitaria bajarán considerablemente lo que hace que la ganancia para los propietarios de la fábrica sea mayor aumentado en un 250%.

Además se podrá brindar un mejor servicio a la demanda puesto que se reducirá el tiempo de fabricación de bloques lo que da como resultado un aumento importante de producción y se tendrá mayor stock de bloques, terminando con el inconveniente de no poder cubrir la demanda.

Por todo esto los propietarios han dado la autorización de proceder con la automatización de la máquina.

2.3. PLANIFICACIÓN

Con el fin de tener un orden claro de trabajo para resolver los requerimientos del sistema en cuanto al diseño e implementación del proceso de automatización de las etapas de funcionamiento de la máquina, nos hemos impuesto el siguiente orden:

- ✓ Arreglo e instalación correcta de interruptores de posición de pistón de tablas, molde y prensa.
- ✓ Elección e instalación del sensor de tablas en posición correcta.
- ✓ Implementación de sensores de nivel mínimo y máximo de mezcla en la tolva.
- ✓ Elaboración del sensor de mezcla ideal.
- ✓ Elección e instalación del sensor de capacidad de bloques terminados.
- ✓ Programación del PLC ThingetXC3-32R-E.
- ✓ Programación de la pantalla HMI TOUCH SCREEN TH765-UT



2.4. DISEÑO DEL PROCESO AUTOMÁTICO DE PRODUCCIÓN DE LA MÁQUINA

Automatizar significa que en un proceso productivo no se cuenta con la participación del ser humano, y solo lo hace para fijar instrucciones ó bien modificarlas.¹⁵

Con este concepto se puede decir que en una operación controlada de manera automática se llevaran a cabo tres acciones: observar, juzgar y decidir y por último actuar.³

Haciendo una analogía con referencia al ser humano; este realiza actividades similares, el ser humano puede pensar utilizando sus cinco sentidos, como; mirar, oír, oler, probar y puede tocar y esto le sirve para enviar información al cerebro que es el sistema pensante.³

En los procesos industriales los sensores equivalen a nuestros ojos, boca, nariz y lengua, los sensores sirven para proporcionar información al dispositivo de control que en este caso es el PLC Thinguet, el cual va a hacer las funciones del cerebro.

Es de suma importancia que todos los sensores estén bien instalados en la máquina y funcionando correctamente de tal forma que se facilite la programación del autómeta, ya que se necesita hacer pruebas continuas del funcionamiento del controlador.

2.4.1. Interruptores de posición

En el Anexo C se adjunta la información de estos interruptores.

2.4.2. Sensores de nivel mínimo y máximo de mezcla en la tolva

Investigando en el mercado (almacenes de la ciudad y tiendas en internet) y consultando con algunos ingenieros del sector industrial, se podía resolver de varias formas esta exigencia, entre ellas; un sensor ultrasónico, que era la mejor solución pero el gran inconveniente era su alto costo, por lo que fue descartado, luego se pensó en un sensor de proximidad capacitivo como el usado para la posición correcta de tablas pero el problema es que le podía salpicar mezcla y podía dar una mala señal al PLC.

La opción más viable y la que se eligió es construir sensores tipo membrana de contacto que emiten una señal cuando el peso de la mezcla sobre la membrana cierra el micro interruptor que están dentro de la membrana, emitiendo la señal de cierre al controlador.

¹⁵ www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info67/sensores.pdf

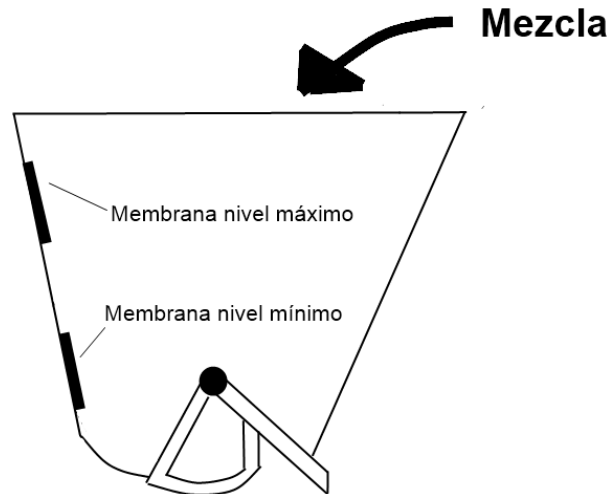


Figura 2.1. Representación de las membranas de contacto dentro de la tolva.

Se instalará dos membranas; una para el nivel mínimo de mezcla y otra para el nivel máximo (figura 2.1), estos sensores son de tipo mecánico y no se encuentran en el mercado, ya que su utilización responde a casos únicos como el de la máquina bloquera en cuestión, por lo que se mandará a elaborar las membranas en una fábrica dedicada a la producción de estas estructuras.

2.4.3. Sensor de mezcla ideal

Como ya se mencionó en el Capítulo 1 este es uno de los sensores más importantes, por su función de optimizar la humedad de la mezcla y en consecuencia mejorar el producto final con una composición ideal de la materia prima, evitando inconvenientes como cuando la mezcla no baja de la tolva hacia el dosificador (mezcla muy seca) o que el producto final es muy blando (mezcla muy húmeda).

Investigando en el mercado, sobre sensores de este tipo encontramos algunos de tipo electrónico (circuitos integrados) pero que no se ajustan a ambientes industriales, por lo que no servirán de mucho. Es por eso que se ha decidido construir el sensor requerido con elementos eléctricos y electrónicos adecuando piezas y componentes para que pueda tener un contacto con la mezcla sin deteriorarse.

Nota: Esto estará sujeto a cambios por imprevistos puesto que en su implementación pueden surgir inconvenientes técnicos que pueden retrasar el verdadero objetivo de automatizar el proceso de producción de la máquina.

Lo que se necesita es poder controlar los niveles de humedad, para lo cual se implementará un microcontrolador que interprete valores de voltaje como valores de humedad relativa, es decir por ejemplo 0.5V podría ser proporcional a un 13% de humedad.

Para medir la humedad de la mezcla, solo son necesarios dos electrodos que estén en contacto con la misma, de forma que se pueda comparar o medir el voltaje entre los dos electrodos, aprovechando el fenómeno de conductividad

que presenta la humedad en la mezcla, de manera que a mayor presencia de esta última, mayor conductividad y viceversa.

Algo importante a tener en cuenta es la corrosión de la mezcla, por lo que se ha considerado la utilización de acero inoxidable para la elaboración del un electrodo y para el otro, simplemente se utilizará la estructura de la mezcladora como referencia de tierra.

Otro punto significativo es la electrolisis, ya que al hacer circular una pequeña corriente, entre los electrodos, estos podrían descomponerse al migrar partículas de un electrodo a otro, para evitar esto se debe utilizar corriente alterna o pulsante, de forma que las partículas serán de ida y vuelta, y como resultado se tendrá cero descomposiciones.

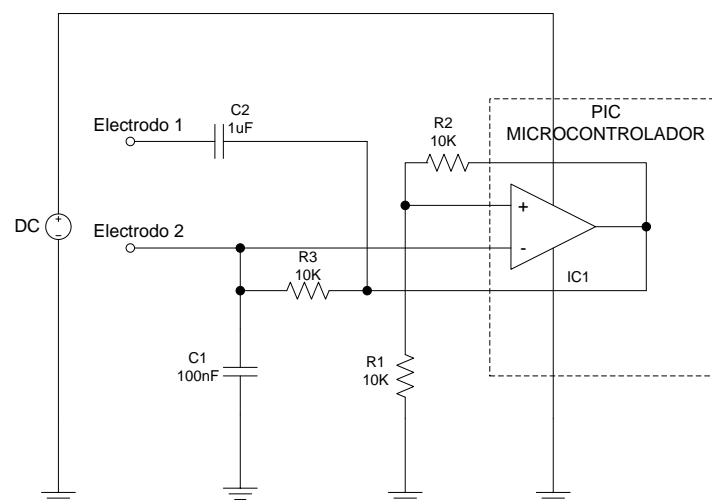


Figura 2.2. Circuito básico del sensor de mezcla ideal proyectado.

Inicialmente se tendría un circuito como el de la figura 2.2 su funcionamiento se basa en generar una onda cuadrada que según el diseño variara según la humedad.

Lo primero es montar y probar el circuito con un simple operacional (741 por ejemplo) para comprobar su funcionamiento y su efectividad, después se puede utilizar el interno de un pic como por ejemplo el del 16f628.

Se toma dos hilos desnudos que podrían ser de cobre separados unos 10cm y clavados sobre mezcla seca (chasqui, polvo y cemento), se pone agua y se mide con el osciloscopio o voltímetro como va variando el voltaje, a medida que la humedad aumenta.

La frecuencia viene fijada por R3 y C1. El condensador C2 solo es para evitar que circule corriente continua, no deberá ser electrolítico. El pic microcontrolador, trabajaría como un frecuenciómetro, que detecta el tiempo o los pulsos que hay en un segundo, de esta forma se podría medir la humedad.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Es importante hacer pruebas de este circuito de diseño puesto que el comportamiento que se tiene proyectado puede variar y se podría optimizar dentro de estas pruebas los siguientes parámetros:

- ✓ C2 interesa que no sea electrolítico o que sea que sea de valor pequeño, pero viene fijado por la frecuencia de oscilación.
- ✓ La frecuencia debería ser alta para que el condensador C2 sea pequeño.
- ✓ La resistencia R3 interesa que sea grande para mejorar la efectividad de la medición de humedad.
- ✓ Si la frecuencia es muy grande el microcontrolador no podrá procesarlo o estará muy ocupado.

El diagrama de flujo del programa del microcontrolador se describe en la figura 2.3

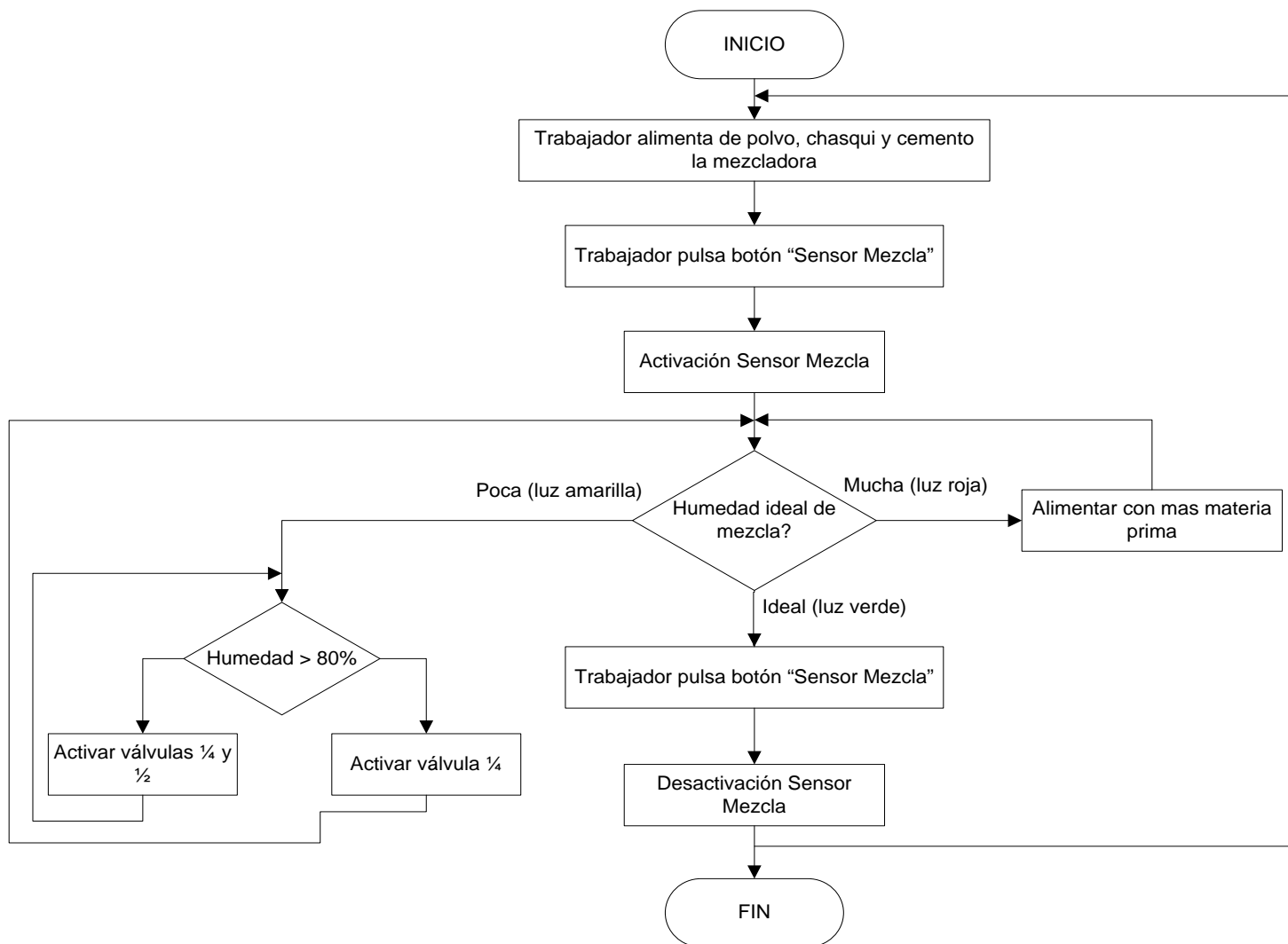


Figura 2.3. Diagrama de flujo del programa del microcontrolador para el sensor de mezcla ideal.



El sensor finalmente funcionaria de esta forma; un trabajador agrega la materia prima en la mezcladora, para lo cual el motor de esta última ya debe estar encendido, luego el trabajador pulsa un botón que lo llamaremos “Sensor Mezcla” el cual activa el microcontrolador, este último censa la humedad de la mezcla, utilizando el circuito de la figura 2.2 explicado anteriormente.

El PIC maneja tres luces piloto:

- Luz amarilla es poca humedad
- Luz roja es demasiada humedad
- Luz verde es humedad ideal

Dentro de la programación se fijará el nivel de humedad ideal de la mezcla, el cual debe ser encontrado en pruebas hechas anteriormente.

Si hay poca humedad, se encenderá la luz amarilla y el microcontrolador nuevamente compara el nivel de humedad con un 80% del nivel ideal, esto para controlar dos electroválvulas (1/4 y 1/2) que serán las encargadas de surtir de agua la mezcla, si es menor al 80% activa las dos electroválvulas y nuevamente se pregunta si la humedad es mayor al 80% de la mezcla si esto es así, entonces solo activa la electroválvula de 1/2 con el fin de no excederse en el suministro de agua, entonces en este punto vuelve a la comparación inicial de la mezcla ideal.

En el caso que la comparación inicial de humedad, arroje un índice de humedad excesivo se encenderá la luz roja, entonces se puede alimentar con más materia prima para bajar el nivel de humedad o si no ya se puede trabajar con esa mezcla.

Y por último si la comparación inicial en el pic dice que la humedad es ideal, se enciende la luz verde, entonces el trabajador pulsa otra vez el pulsante “Sensor Mezcla” desactivando así el microcontrolador del sensor de mezcla ideal, quedando lista la mezcla para ser trasladada a la tolva.

Materiales que se tiene previsto utilizar en un inicio:

- 1 microcontroladorpic16f628
- 1 amplificador operacional 741
- 3 resistencias de 10KΩ a 1/4W
- 1 condensador cerámico 1uF a 25V
- 1 condensador electrolítico 100nF a 25V
- 1 fuente 5V
- 1 electrodo de acero inoxidable (se enviara a construir bajo pedido ya que no existe en el mercado).

2.4.4. Sensor de capacidad de bloques terminados.

Para este requisito del sistema de control se ha pensado en un interruptor de movimiento angular como los que fueron utilizados para detectar la posición del molde y la prensa ANEXO C (figura C.2) ya que se ajusta perfectamente a la mesa, donde será la última tabla la que active el fin carrera y este a su vez envíe la señal al controlador, cuando ya no haya más capacidad de trasladar tablas en la banda de bloques terminados.

2.4.5. Sistema de control del proceso automático

El control del proceso industrial automático de la máquina bloquera será un control en lazo cerrado (figura 2.4) ya que la información o variables que se controlan en el proceso circularán con una retroalimentación, desde el sistema de control al proceso.

El sistema de control recibe la información de que las acciones realizadas sobre el proceso a través de los actuadores se han ejecutado correctamente, mediante los sensores que se implementarán.

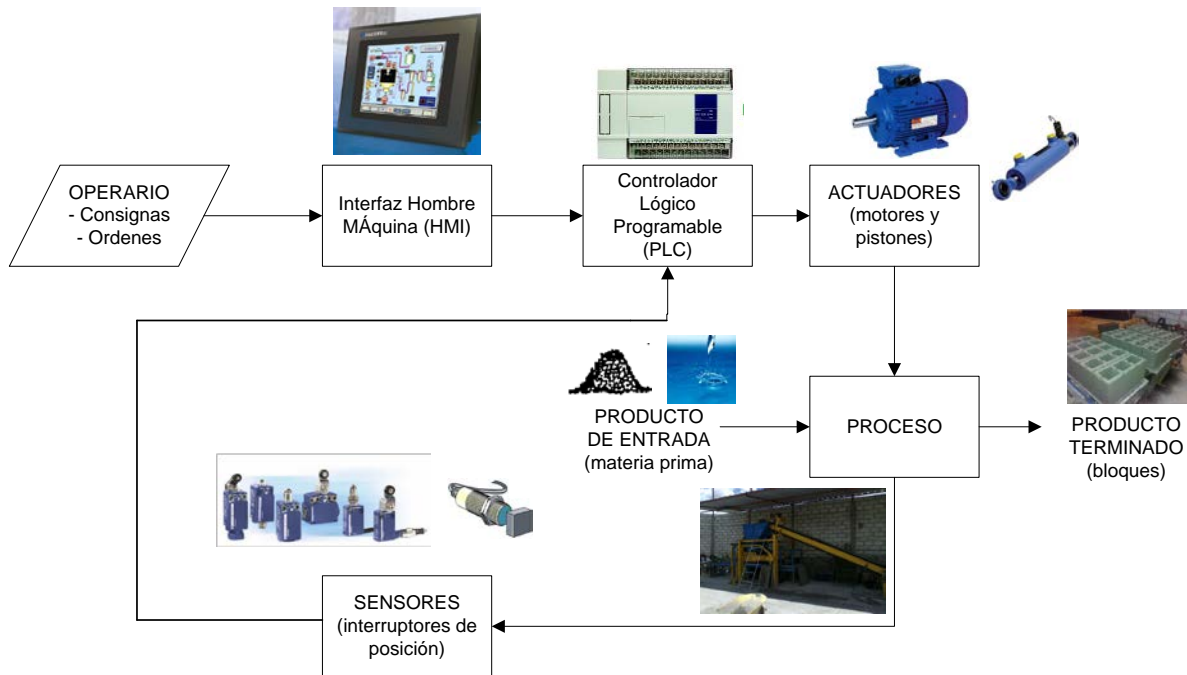


Figura 2.4. Sistema de control en lazo cerrado que se utilizará en la máquina.



2.4.6. Programación del PLC Thinget XC3-32R-E

Todo lo referente a la programación del PLC incluido el software y algunas características generales de controladores lógicos programables están en el ANEXO D.

Si se opera la máquina de forma automática el controlador deberá deshabilitar los mandos de uso manual, esto es eliminando retenciones de bobina para contactores y desenergizando circuitos eléctricos propios de la máquina. De igual forma si se opera la máquina de forma manual no se podrá encender el PLC, todo esto por seguridad.

a. Control manual

El control manual existente también permanecerá funcionando, puesto que los propietarios lo han decidido así.

Si se opera la máquina de forma manual el PLC lo único que hará es comandar el circuito de la compuerta de la mezcladora y de la banda transportadora de material, tal cual está funcionando ahora la máquina en el control manual.

En el ANEXO B se puede revisar el circuito de control manual que permanecerá en las instalaciones de la máquina bloqueadora en cuestión.

b. Control Automático

Para el diseño del programa del PLC Thinget XC3-32R-E, se ha considerado fundamentalmente la optimización de tiempo, puesto que como ya se vio en este capítulo existe una pérdida diaria en el control manual existente de 2h50min en el turno de trabajo de 8 horas.

A continuación se presenta en la figura 2.5 el diagrama de flujo diseñado, el cual tiene la finalidad de explicar de una mejor manera, el comportamiento que tendrá el PLC dentro del funcionamiento de la automatización de las etapas de producción de la máquina bloqueadora.

En el capítulo 3 se procederá a programar este diagrama en el software XCPPRO, de igual forma cabe mencionar que este diseño está sujeto a cambios que pueden ocurrir durante la implementación del mismo.

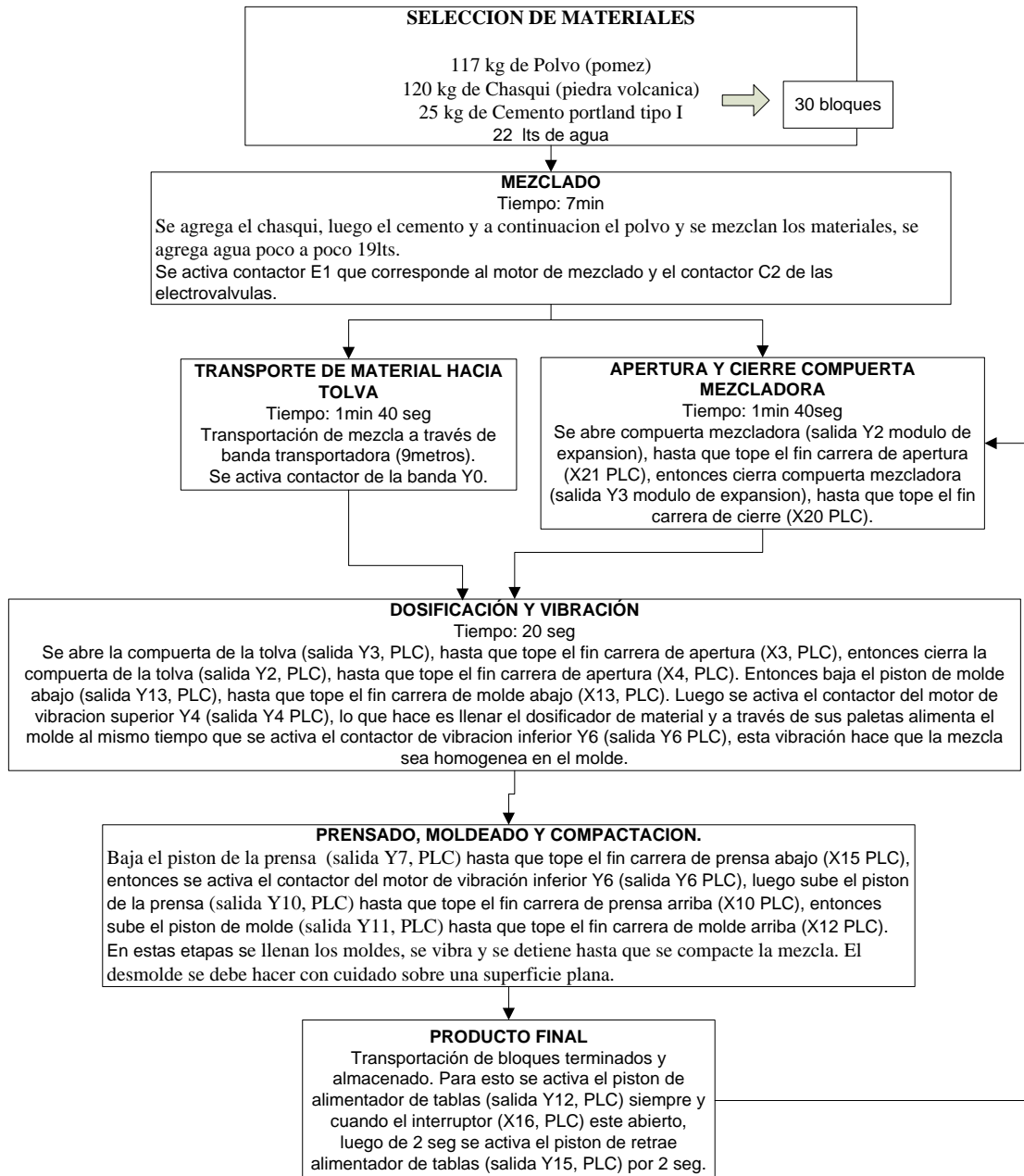


Figura 2.5. Diagrama de flujo proyectado del proceso de producción de la máquina bloquera.

2.4.7. Programación de la pantalla HMI TOUCH SCREEN TH765-UT

Todo lo referente a la programación del HMI incluido el software y algunas características generales de las interfaces hombre maquina están en el ANEXO E.

2.4.8. Comunicación PLC – HMI

Las formas como los PLC intercambian datos con otros dispositivos son muy variadas. Típicamente un PLC puede tener integrado puertos de comunicaciones



seriales que pueden cumplir con distintos estándares de acuerdo al fabricante.¹⁶ Los puertos disponibles para la comunicación en el PLC Thinget XC3-32R-Eson los siguientes:

- ✓ RS-232
- ✓ RS-485
- ✓ RS-422

Sobre estos tipos de puertos de hardware las comunicaciones se establecen, utilizando algún tipo de protocolo o lenguaje de comunicaciones. En esencia un protocolo de comunicaciones define la manera como los datos son empaquetados para su transmisión y como son codificados.⁵ De estos protocolos el que se utilizará para la comunicación entre el PLC y la pantalla HMI será Modbus.

✓ **Protocolo de Comunicación Modbus**

Fue desarrollado por Modicon para comunicación entre PLC's. Debido a su simplicidad y especificación abierta, actualmente es ampliamente utilizado por diferentes fabricantes. Entre los dispositivos que lo utilizan se puede mencionar: PLC, HMI, RTU, Drives, sensores y actuadores remotos. El protocolo establece como los mensajes se intercambian en forma ordenada y la detección de errores.¹⁷

Para ver las direcciones utilizadas del protocolo de comunicación revisar el ANEXO F.

¹⁶ DÍAZ, Fausto, *Diseño de un prototipo de máquina dosificadora y contadora de herrajes*, Universidad Tecnológica Equinoccial, 2010 Pág. 30

¹⁷ <http://www.apuntesdeelectronica.com/industrial/protocolo-modbus.htm>

CAPÍTULO 3

IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DEL PROCESO AUTOMÁTICO DE PRODUCCIÓN DE LA MÁQUINA

A continuación se describe la forma como se realizó la implementación de la automatización de las etapas de producción de la máquina bloquera de acuerdo a la planificación descrita en el Capítulo 2.

3.1. ARREGLO E INSTALACIÓN CORRECTA DE SENSORES EN LA MÁQUINA BLOQUERA

3.1.1. Interruptores de posición de molde y prensa

No fue necesario instalar nuevos sensores para los requerimientos de posición del molde y la prensa puesto que la máquina ya tenía instalados interruptores de posición, pero estos no daban la señal correcta, entonces se hizo arreglos de tipo mecánico para que enviaran la señal correcta al controlador.

Un ejemplo de esto, se presenta a continuación con el sensor de prensa abajo (prensado de bloques), para el molde arriba, molde abajo y prensa arriba se hizo ajustes similares.

➤ Interruptor de posición de prensa abajo



Figura 3.1. Sensor de prensado de bloques (prensa abajo).



El sensor utilizado es un dispositivo tipo switch (fin carrera) modelo Moujen Limit Switch: MJ-7104 (figura 3.1) que sirve para detectar cuando la prensa está abajo, es decir se dispone a introducirse en el molde para prensar la mezcla contenida en este último, dando forma y compactando finalmente a los bloques que se están produciendo.

El sensor de prensado se comunica con el PLC (entrada X7) cuando la prensa se encuentra encima del molde preparándose para realizar la operación de prensado.

La mezcla que contiene el molde tiene una altura de 22,5cm, la prensa en el momento que está realizando el proceso de prensado se introduce en el molde hasta dejar a los bloques en una altura de 20cm, los cuales se encuentran ya perfectamente compactados, esta operación la controla el PLC a través de este sensor instalado.

Para posicionar este interruptor de posición, se ocupó una estructura ya existente en la máquina de 3mm de espesor, la cual tiene una dimensión de 9x5cm, luego se procedió a realizar los agujeros en esta platina para sujetar el sensor a dicha estructura figura 3.1.

Para que el brazo del sensor haga contacto con esta estructura y la señal de este sea enviada correctamente al PLC, se soldó una varilla cuadrada de 1cm de ancho por 7cm de largo en el brazo que se ubica en la estructura de la prensa con el fin de que active y desactive al sensor cada vez que se vaya a realizar la operación de prensado figura 3.2.



Figura 3.2. Brazo de la Prensa.



Se tuvo que realizar un corte de 5cm x 2cm en la carrocería de la máquina para que pueda moverse libremente el brazo de la prensa, con la varilla cuadrada soldada en su estructura activando y desactivando el sensor cada vez que sea necesario, figura 3.3.



Figura 3.3. Corte realizado en la carrocería de la máquina.

3.1.2. Implementación de sensores de nivel mínimo y máximo de mezcla en la tolva

De igual forma como se explico en el capítulo anterior se opto por instalar sensores tipo membranas de contacto para estas exigencias del controlador, las cuales se las mando a elaborar en una fábrica dedicada a producir este tipo de estructuras.

Lamentablemente no se logro realizar la instalación de estos sensores ya que al hacer las respectivas pruebas iniciales, los contactos dentro de las membranas no se cerraban con el peso de la mezcla, entonces se descartó por el momento su colocación.

3.1.3. Elaboración del sensor de mezcla ideal

Al analizar el diseño y los requerimientos de este sensor se decidió realizarlo posteriormente en una segunda etapa de este proyecto de automatización de la máquina bloquera, puesto que se trata de un completo sistema de detección de humedad, el cual, su implementación puede retrasar el verdadero objetivo de optimizar el proceso de producción de bloques.

Esta medida también se la tomó conjuntamente con los propietarios de la fábrica, tras analizar y verificar que el resto de etapas de producción (dosificación,

vibración, prensado, moldeado, compactación y transportación de bloques terminados) si se pueden realizar de forma automática independientemente de las fases de mezclado y traslado de la mezcla a través de la banda transportadora.

3.1.4. Instalación del sensor de capacidad de bloques terminados

Para esta parte del sistema de control se había pensado en un interruptor de movimiento angular como los que fueron utilizados para detectar la posición del molde y la prensa, pero al instalarlo no quedaba mecánicamente del todo bien, entonces se implemento un dispositivo tipo switch (fin carrera) modelo Moujen Limit Switch: MJ-7107 que servirá para limitar la producción de bloques cuando la mesa se encuentre llena de producto terminado, evitando de esta manera que las tablas que contienen los bloques se destruyan por sobrepasar la capacidad de producción.

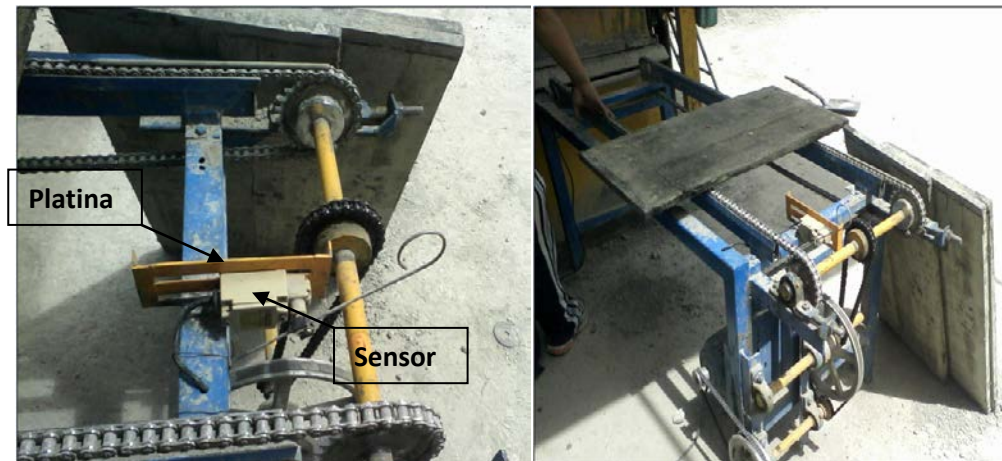


Figura 3.4. Sensor limitante mesa de producto terminado.

Cuando la mesa está llena la última tabla en posicionarse, hace que una varilla accione el mecanismo del sensor el cual inmediatamente envía la señal al PLC (entrada X16) para que este detenga al motor que acciona el transporte del producto terminado.

Para el montaje del sensor se construyo una estructura en platina de 3mm como se puede observar en la figura 3.4, la cual posteriormente se soldó al armazón de la mesa.

La estructura se diseño de manera que se puede regular la posición del sensor para mayor comodidad al momento de calibrar la posición correcta para la ubicación de la última tabla, consiguiendo de esta manera que la mesa acoja la mayor cantidad de bloques, optimizando el proceso de producción.

3.1.5. Sensor compuerta de mezcladora cerrada

Se ocupó para esta parte un sensor tipo switch (fin carrera) modelo Moujen Limit Switch: MJ-7104 que sirve para limitar el cierre de la portezuela de la mezcladora y de esta forma el PLC pueda evitar que no caiga la mezcla en la banda transportadora de producto.



Figura 3.5. Sensor compuerta de la mezcladora cerrada.

Cuando la mezcla se encuentra lista se presiona un interruptor que activa el controlador (entrada X0 del modulo de expansión) el cual procede a abrir la portezuela o compuerta, para que la mezcla sea enviada hacia la banda y posteriormente hacia la tolva. Una vez vaciada la mezcla se procede a tocar nuevamente el pulsante, entonces el controlador cerrará la portezuela hasta que sea enviada la señal de compuerta cerrada del nuevo sensor instalado (entrada X21).

Para el montaje de este fin carrera se construyó una estructura en platina de 75x6mm la cual tiene las siguientes dimensiones 8x4cm figura 3.6, luego se procedió a realizar los respectivos agujeros para la sujeción del sensor, una vez instalado sobre la platina se procedió a soldar esta última debajo de la mezcladora de tal manera que el sensor de señal en el momento que la portezuela se encuentre totalmente cerrada, como se indica en la figura 3.5.



Figura 3.6. Platina donde se coloco el sensor.

Para que sea enviada la señal correctamente del sensor al PLC, en la portezuela se encuentra una estructura la cual activa, o desactiva al nuevo sensor instalado como se indica en la figura 3.7.



Figura 3.7. Mecanismo que activa y desactiva el sensor.

3.1.6. Implementación de sensores para realizar secuencia de ubicación de tablas

Para realizar esta secuencia se necesito la colocación de tres sensores, los cuales se encargan de posicionar correctamente las tablas para realizar el proceso de fabricación de bloques.

A continuación se describe el proceso de montaje de cada uno de ellos y su utilidad.

➤ **Sensor de posicionamiento de pistón de tablas atrás**



Figura 3.8. Sensor de posicionamiento de tablas atrás.

El sensor colocado aquí es un dispositivo tipo switch (fin carrera) modelo Moujen Limit Switch: MJ-7102 figura 3.8 que sirve para que el controlador pueda hacer que el pistón del alimentador de tablas recoja otra tabla correctamente y así poder seguir alimentando de tablas hacia delante.

El sensor de tablas atrás, envía una señal al PLC (entrada X0) cuando se encuentra el alimentador de tablas atrás, consiguiendo de esta manera armar el dispositivo que acarrea las tablas hacia adelante.

Siempre tiene que llegar a la posición de atrás el pistón de tablas para así asegurarse del armado del alimentador, de no ser así las tablas empiezan a trabarse entre ellas.

Para ubicar el fin carrera se construyó una estructura en platina de 3mm la cual tiene una dimensión de 14x7cm, se procedió a realizar los respectivos agujeros para la sujeción del sensor, una vez instalado sobre la platina se procedió a soldar esta última debajo de la estructura del alimentador ubicándola de tal manera que de señal el sensor en el momento que el alimentador se encuentre totalmente atrás, como se indica en la figura 3.9.



Figura 3.9. Sensor de pistón de tablas (atrás) activado.

➤ **Sensor de posicionamiento de tablas adelante**

El sensor utilizado para este requerimiento es un dispositivo tipo switch (fin carrera) modelo Moujen Limit Switch: MJ-7104 figura 3.10 que sirve para que el controlador pueda desarmar el dispositivo de alimentador con el fin de que puede regresar atrás a buscar una nueva tabla y seguir suministrando de tablas hacia adelante con lo cual prosigue la fabricación de bloques.

El sensor envía una señal al PLC (entrada X15) cuando se encuentra el alimentador de tablas adelante, consiguiendo de esta manera desarmar el dispositivo que conduce las tablas, para que así pueda regresar atrás para depositar en el alimentador la siguiente tabla.

Siempre tiene que llegar a la posición de adelante el alimentador de tablas para así asegurarse el desarmado, caso contrario el alimentador se va a regresar atrás aun armado y va a provocar un atasco de tablas, con lo que se perderá tiempo valioso hasta desobstruir el problema en el alimentador.



Figura 3.10. Sensor de posicionamiento de tablas adelante.

Para ubicar el sensor se construyó una estructura en platina de 3mm la cual tiene una dimensión de 9x5 cm (figura 3.10), se procedió a realizar los agujeros para sujetar el sensor, una vez instalado sobre la platina se procedió a soldar la platina debajo de la estructura del alimentador ubicándola de tal manera que de señal el sensor en el momento que el alimentador se encuentre totalmente adelante, como se indica en la figura 3.11.



Figura 3.11. Sensor activado (desarmado).

Para que sea enviada la señal del sensor al PLC, debajo del alimentador se encuentra una estructura la cual activa o desactiva a los dos sensores instalados para posicionar correctamente las tablas (adelante y atrás) como se indica en la figura 3.12.



Figura 3.12. Mecanismo que activa y desactiva los sensores de posicionamiento de tablas.

➤ Sensor de tablas en posición correcta

Tal como se indico en el Capítulo 2 el sensor elegido para este requisito del controlador fue de tipo interruptor de proximidad capacitivo, del cual se detalla su instalación a continuación.

Este sensor sirve para detectar la posición correcta de las tablas y de esta forma permitir que el molde baje y se ubique en la posición adecuada para comenzar el proceso de fabricación de bloques, el modelo del interruptor de proximidad es NuxYoung PRN 300NC figura 3.13.

Este sensor está conectado a la entrada X14 del PLC, cuando una tabla se encuentra en la posición indicada, la señal de emisión rebota en la superficie de una esquina de la tabla y el sensor se cierra, (cabe indicar que el interruptor de proximidad es emisor y receptor a la vez es decir es un único dispositivo), de esta forma el controlador puede detener el pistón del alimentador de tablas y también posicionar la tabla justo debajo del molde.



Figura 3.13. Sensor de posicionamiento correcto de tablas.

La estructura la cual sujeta y protege el sensor NuxYoung se construyo en tubo galvanizado de 1 ¼ de pulgada, la cual consta de dos partes, figura 3.14, la primera es donde se coloca el sensor como tal, tiene una longitud de 10 cm aquí se soldó una arandela en un extremo para poder sujetar el laser dentro del tubo, también se realizo un agujero para poder calibrar la sensibilidad del sensor y por último se soldó un pedazo de varilla cuadrada de 1cm de ancho x 9cm de largo, el cual sirvió posteriormente para sujetar la estructura del sensor a la de la máquina en el lugar donde se observo que tenía que operar este interruptor.



Figura 3.14. Partes de la estructura que contiene al sensor laser.

La segunda parte es un protector que se encarga de evitar que las impurezas se depositen en el lente del laser, también realiza la función de resguardar al laser ante cualquier tipo de golpe o contacto físico. Esta parte se construyo en un tubo galvanizado de 1 ¼ de pulgada, tiene una longitud de 8 cm y además se ensancho una de las puntas para que se pueda introducir en la primera parte de la estructura figura 3.14.

Se busco la manera de solucionar el problema por el cual caía la mezcla en el lente del sensor, observando que sería factible colocar una placa de protección la cual impediría que la mezcla se coloque en la entrada de la segunda parte de la estructura que contiene al sensor y por consiguiente ensuciase el lente del laser.

La placa que se coloco es una platina de 8cm x 15cm figura 3.15, la cual se soldó en el porta moldes de la máquina, para evitar así que la mezcla, polvo, aceite quemado y otras sustancias se introduzcan por la boca del tubo y contaminen el ambiente de operación del interruptor de proximidad capacitivo.



Figura 3.15. Platina de protección del sensor de proximidad de tablas.



3.2. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

3.2.1. Control manual

En el diseño de la automatización del capítulo anterior se indicó que el control manual existente iba a permanecer funcionando, pero analizando la operación de la máquina cuando es controlada por un operador, se decidió que era necesario implementar protecciones para el caso en el que el operador se equivoque al pulsar los botones y de este modo no se produzca el daño de alguna pieza importante de la máquina.

También se cambió una parte del control manual, de forma que por ejemplo el accionamiento del motor de la mesa de bloques terminados no sea directo al pulsar el respectivo botón, si no que más bien ahora el botón activará una entrada en el PLC, que a su vez mediante su programación accionará la salida conectada al motor en cuestión, esto con el propósito de que el operador pueda ver el estado de estos elementos en la pantalla HMI, más adelante se explicará esto con más detalle.

Estos mismos cambios en el control manual se los hizo para los pistones del dosificador (distribuidor de material en molde), de la compuerta de la tolva, y alimentador de tablas (atrás y adelante).

Para la programación del PLC se utilizó XC Series Program Tool, para revisar como se utiliza esta herramienta revisar ANEXO D, de aquí en adelante los diagramas en escalera como el expuesto en la figura 3.16 serán extraídos del programa cargado en el PLC.



Figura 3.16. Control manual de dosificador, motor de mesa de bloques terminados y apertura de compuerta de tolva.

En la figura 3.16 se indica una parte del control manual donde, M60 es un contacto cerrado de un relé auxiliar que es activado cuando el control automático entra en funcionamiento de modo que desconecta esta parte del control manual.

X105 es la entrada del PLC que será accionada por el pulsante que adelanta el dosificador o distribuidor de material, M31 (adelanta distribuidor material) se activará siempre y cuando los contactos abiertos de X13 y X10 que corresponden a los sensores de molde abajo y prensa arriba respectivamente, estén cerrados.

X101 y X103 son las entradas que corresponden a los pulsantes que activan los relés auxiliares M35 (motor de mesa de bloques terminados) y M36 (pistón abre compuerta tolva) respectivamente.

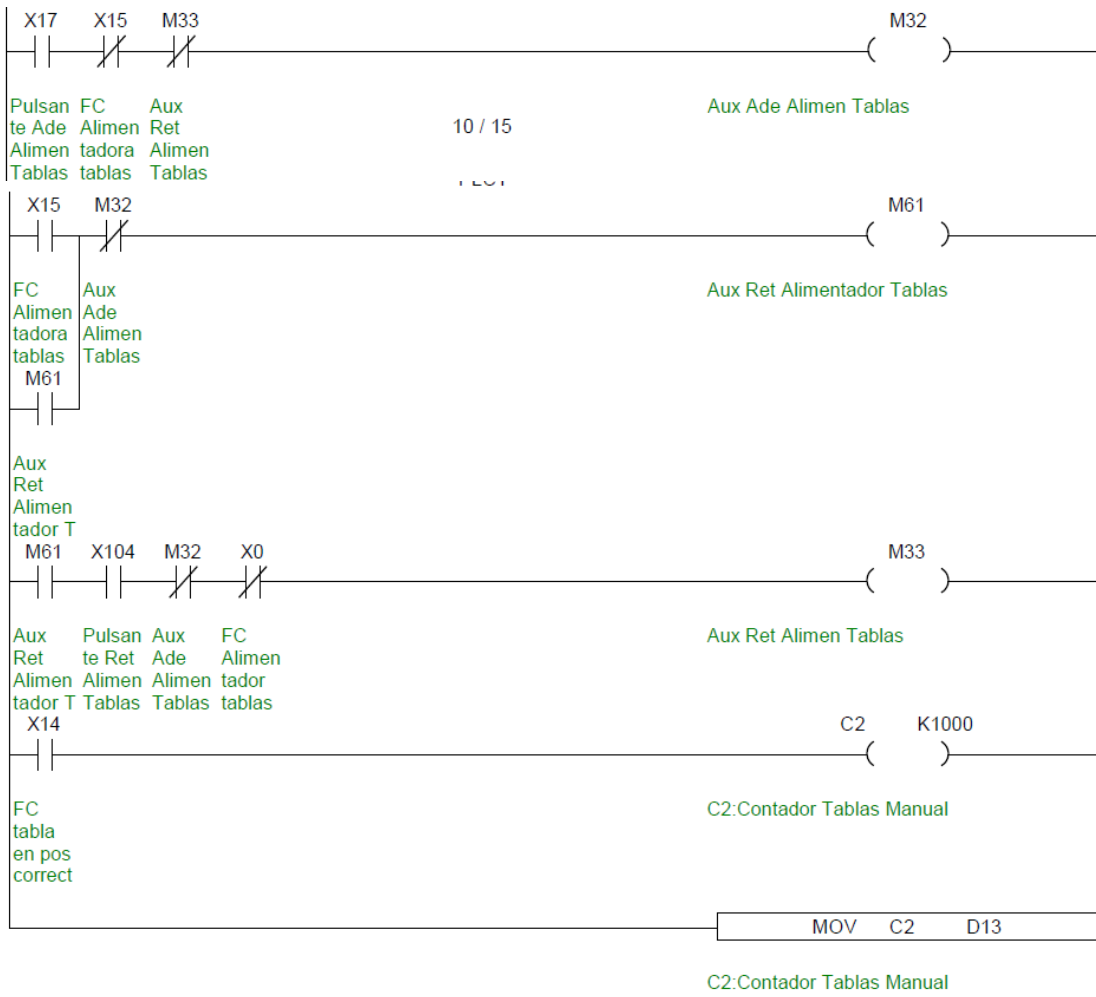


Figura 3.17. Control manual de alimentador de tablas y tabla en posición correcta.

La parte del programa descrita en la figura 3.17 corresponde al sistema de control manual que asegura un buen funcionamiento del alimentador de tablas y un buen posicionamiento de una tabla en posición correcta, esto cuando el operador de la máquina pulse los botones de Adelanta alimentador de tablas (entrada X17) y Retrae alimentador de tablas (entrada X104), de modo que siempre en primer lugar el alimentador vaya hacia adelante (desarmado) hasta topar el fin carrera de alimentador de tablas adelante (entrada X15) y solo en este estado puede ir hacia atrás a recoger otra tabla(armado) hasta accionar el fin carrera de alimentador de tablas atrás (entrada X0).

Los auxiliares M32 y M33 accionan los pistones de adelanta y retrae el alimentador de tablas respectivamente, a su vez se puede ver en la figura 3.17 que tienen bloqueos para evitar que funcionen al mismo tiempo, el auxiliar M61 cumple la función de asegurar que el alimentador de tablas pueda ir hacia atrás solo una vez que accionó el fin carrera de alimentador de tablas adelante (entrada X15).



X14 corresponde a la entrada del PLC activada por el sensor de proximidad instalado para detectar una tabla en posición correcta, C2 es el contador de bloques producidos (en este caso contará las tablas) que se activa cada vez que el sensor de proximidad detecta una tabla, este registro de datos es guardado en D13, el cual servirá luego para indicar en la pantalla HMI la producción actual de tablas manual.



Figura 3.18. Control manual del motor banda de la banda transportadora y pistones de apertura y cierre de portezuela de mezcladora.

Como se puede ver en la figura 3.18 al pulsar el botón tipo interruptor de accionamiento de la banda (entrada X100) se activa directamente la salida Y0 que a su vez activa el motor de la banda transportadora de materia prima, un contacto de Y0 activa el pistón de apertura de la portezuela de la mezcladora (salida Y102 del PLC), hasta que tope en el fin carrera que sensa la apertura de la mezcladora (entrada X21), al momento que el operador vuelva a pulsar el botón tipo interruptor se desactiva el motor de la banda y al mismo tiempo se activa el auxiliar M22 que acciona el pistón de cerrado de la portezuela de la mezcladora hasta que accione el fin carrera de mezcladora cerrada (entrada X20).

3.2.2. Control automático

A continuación se describe el proceso automático de operación de la máquina, dentro del programa cargado en el PLC.

a. Restaurado de registros de datos y relés auxiliares de set.

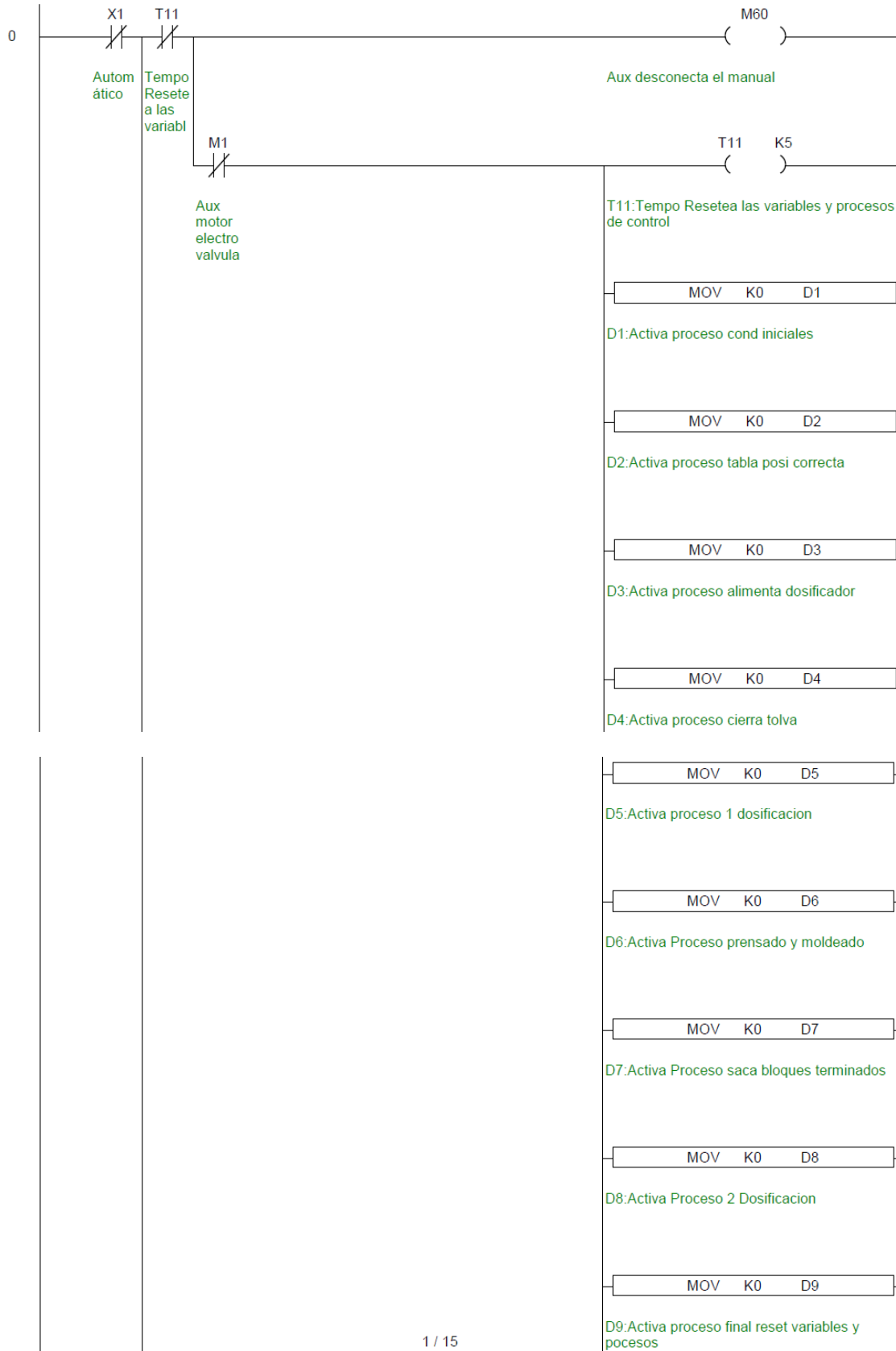
En la figura 3.19 se indica esta parte del programa que lo que hace es restaurar los registros de datos (D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10) utilizados para activar los diferentes procesos de control y también para restaurar las bobinas de los relés auxiliares (M50, M51, M52, M53, M54, M55, M56, M58, M59) utilizados para desactivar dichos procesos, esto con el objetivo de que al cambiar el selector



UNIVERSIDAD DE CUENCA

a modo manual y regresar luego a modo automático el PLC haga trabajar la máquina siempre desde el primer proceso evitando averías de la máquina.

Esto se produce al poner el selector de Modo Manual/Automático en Automático (entrada X1 del PLC), el cual también activara un temporizador T11 luego de 5 decimas de segundo desactiva este proceso de reset, M60 es un auxiliar que desactiva la parte del control manual indicado en el punto anterior y el contacto cerrado de M1 es un auxiliar que asegura que este proceso solo se producirá por una vez.



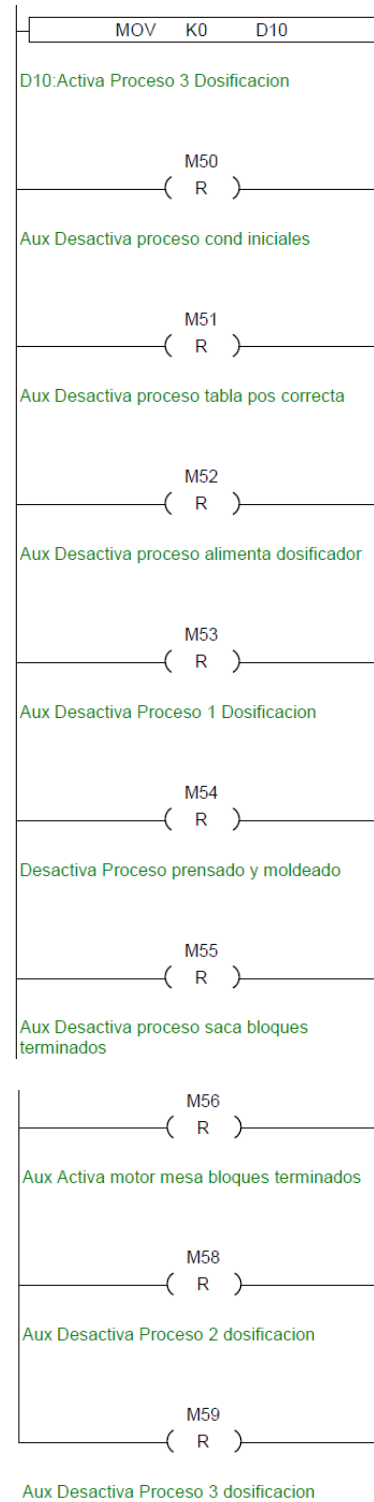


Figura 3.19. Parte del programa del control automático que restaura registros de datos y relés auxiliares de set.



b. Proceso de condiciones iniciales para la operación de la máquina

Para que la máquina pueda empezar a fabricar bloques es necesario que algunos de sus elementos estén en la posición adecuada para la correcta operación de la máquina, a este proceso se los ha llamado de condiciones iniciales, expuesto en la figura 3.20a y 3.20b.

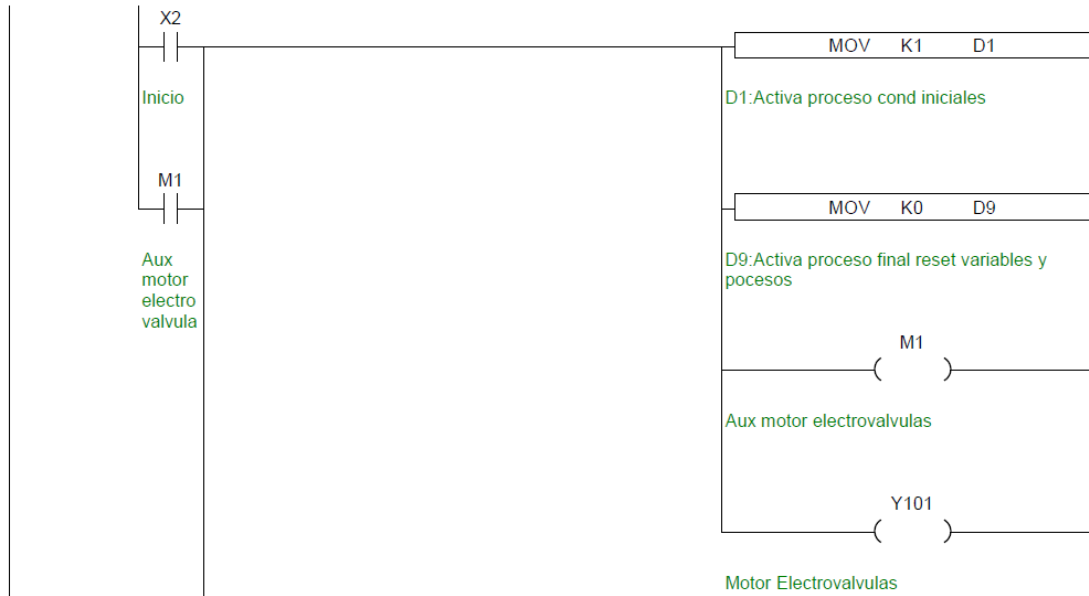


Figura 3.20a. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso de condiciones iniciales.

Después que el selector se ponga en Modo Automático (entrada X1), entonces al pulsar el botón de Inicio (X2) se mueve una constante K1 al dato D1, que será el que activa el proceso de condiciones iniciales, al mismo tiempo se asigna el valor de K0 a D9 que será el dato que activa el proceso final de restauración de variables y relés auxiliares de, M1 es un auxiliar que tiene la función de mantener activado en todo momento el motor de las electroválvulas.

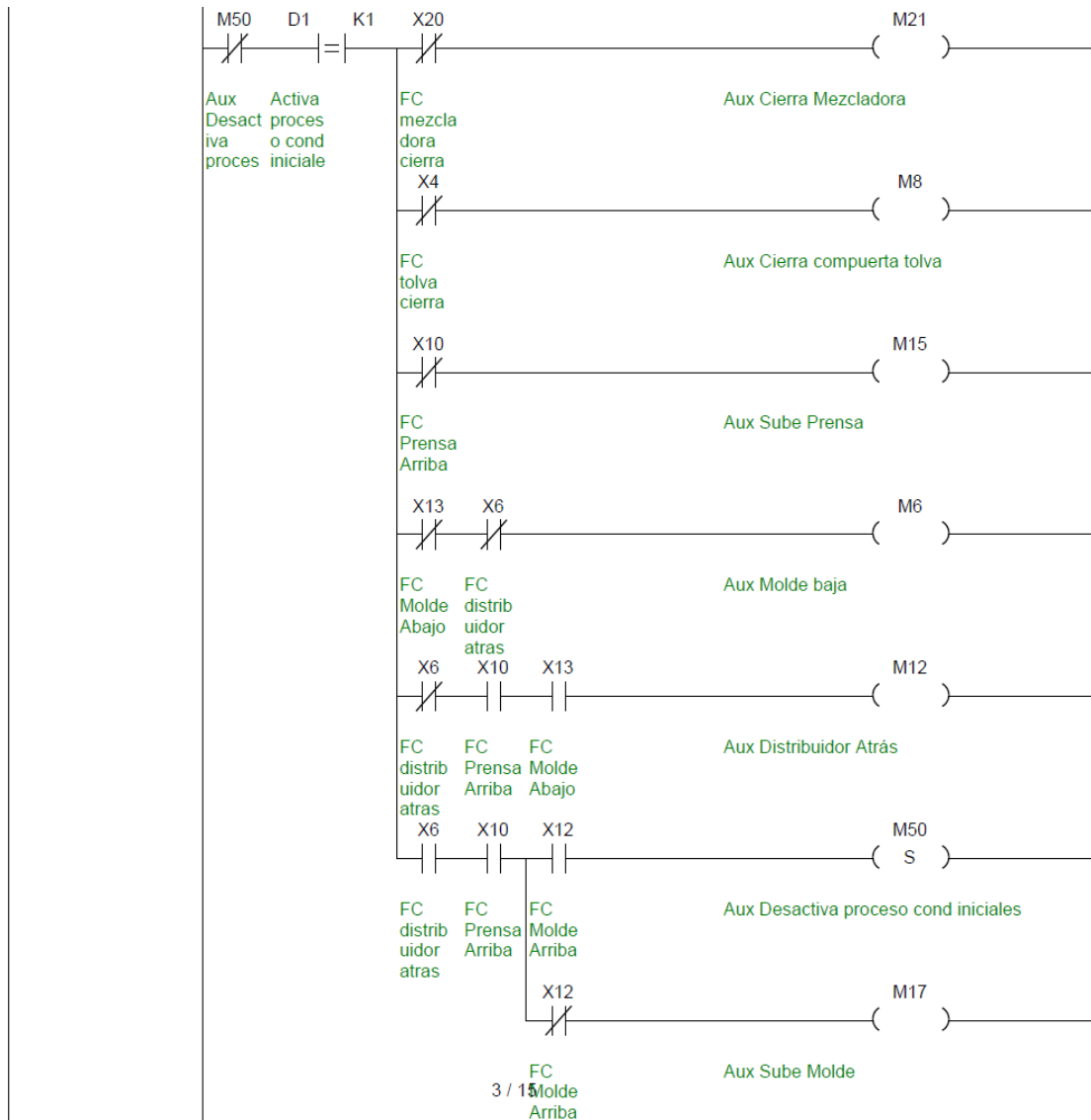


Figura 3.20b. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso de condiciones iniciales.

Entonces como se indica en la figura 3.20b solo cuando D1 es igual a K1 todo este proceso es activado, si es así el controlador cerrará la portezuela de la mezcladora (auxiliar M21) y la compuerta de la tolva (auxiliar M8) hasta accionar los fines carreras respectivos de cerrado (entradas X20 y X4).

Con el fin de enviar de forma adecuada el dosificador hacia atrás al mismo tiempo se activará el pistón que sube la prensa (auxiliar M15) hasta topar con su fin carrera X10, simultáneamente el bajara el molde (auxiliar M6) hasta accionar el fin carrera (entrada X13), solo en ese instante cuando el molde este abajo (X13 accionado) y la prensa este arriba (X10 accionado) el PLC activará el pistón de distribuidor de material atrás (auxiliar M12) hasta topar con su fin carrera (entrada X6).



A continuación de esto ya con el dosificador atrás (X6 accionado) y la prensa arriba (X10 accionado), se moviliza el pistón de molde arriba (auxiliar M17), hasta accionar el fin carrera (entrada X12), esto con el fin de proceder con el siguiente proceso de posicionamiento correcto de tablas.

Cuando el molde está arriba (X12 activado) se activa una bobina set M50 que es la encargada de desactivar el proceso de condiciones iniciales y activar el siguiente proceso.

c. Proceso de posicionamiento correcto de tablas

En la figura 3.21 esta la parte del programa que posiciona las tablas de forma correcta, un contacto de la bobina de set M50 hace que se le asigne una constante K1 a D2, cuando estos dos valores son iguales se activa un relé auxiliar M2 que mantendrá el proceso activo.

Mediante los auxiliares M2 y M3 se activan los pistones que adelantan y retraen el alimentador de tablas respectivamente, de manera que siempre el alimentador de tablas va totalmente hacia adelante (X15 accionado) y luego totalmente hacia atrás (X0 accionado), de igual forma existe en los ramales bloqueos que hacen que los pistones no funcionen al mismo tiempo.

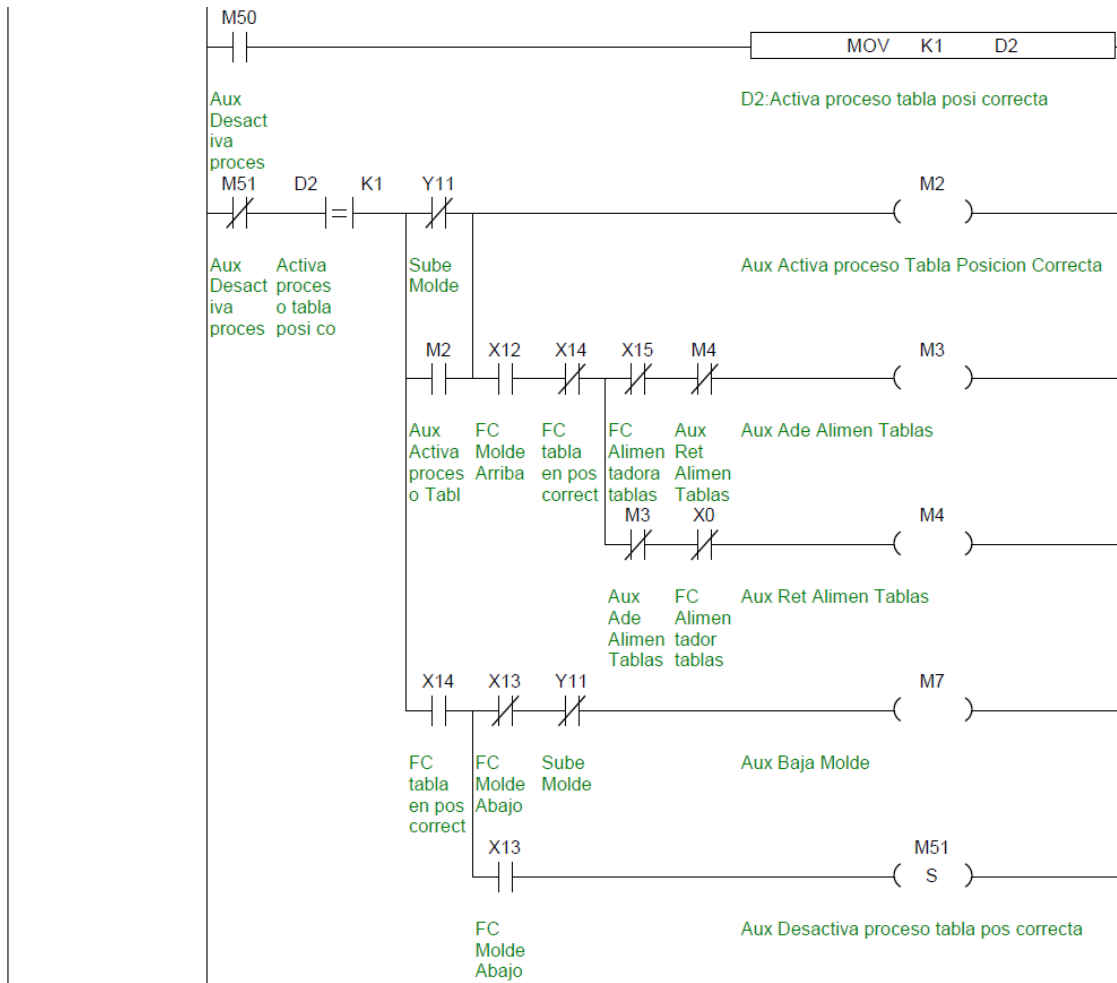


Figura 3.21. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso de posicionamiento correcto de tablas.

Este proceso de ir y venir del alimentador de tablas se repetirá hasta que el sensor de proximidad conectado en la entrada X14 del controlador de la señal de cierre, lo que significa que ya esta posicionada una tabla correctamente, solo en este instante el molde que estaba arriba, bajará hasta asentarse sobre la tabla y activar el fin carrera de molde abajo (entrada X13), para esto se utiliza otro auxiliar M7 que activa el pistón que baja el molde, cuando este último se encuentre en esta posición, se enciende una bobina de set M51 que desactiva este proceso y a su vez activa el proceso de alimentador del dosificador.

d. Proceso de alimentación de dosificador y cerrado de tolva

Un contacto de M51 hace que se le asigne el valor de K1 a D3, cuando estos son iguales se abre la compuerta de la tolva (auxiliar M5) por 2 segundos mediante el temporizador T10, durante este tiempo la mezcla caerá en el dosificador, luego de



este tiempo se activa la bobina de set de M52 que desactiva este proceso, todo esto se indica en la figura 3.22 a continuación.

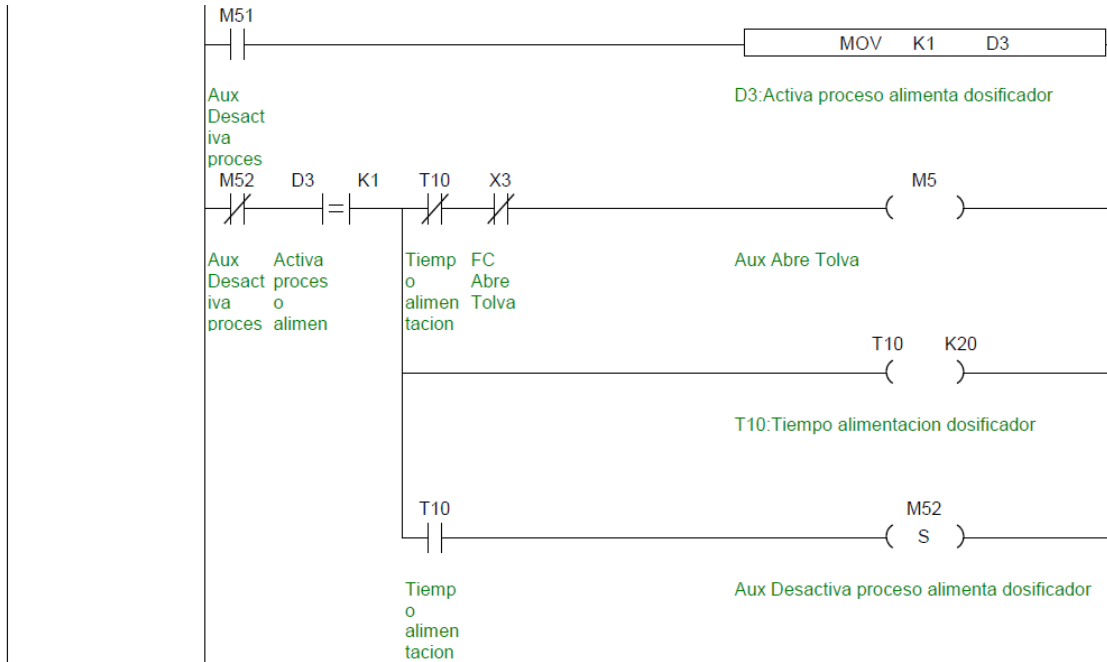


Figura 3.22. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso de alimentación del dosificador.

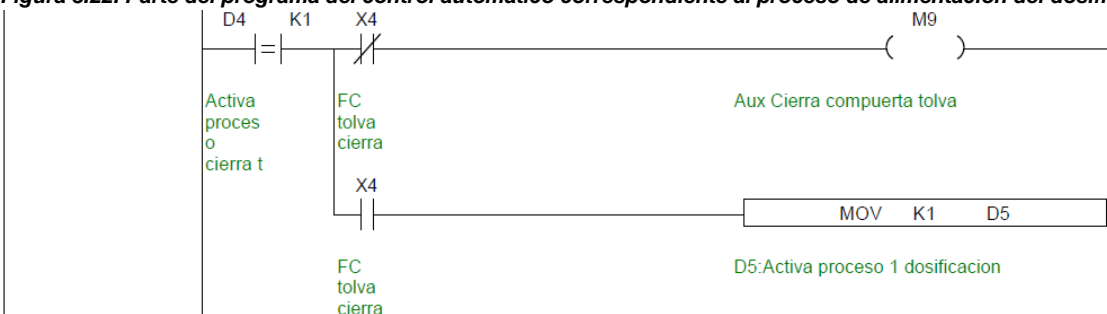


Figura 3.23. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso de cerrado de tolva.

Inmediatamente mediante un contacto normalmente abierto de M52 se mueve el valor de K1 a D4, cuando estos tienen el mismo valor se procede a cerrar la compuerta de la tolva mediante un auxiliar M9 el cual activa el respectivo pistón hasta que se active el fin carrera de cerrado de tolva (entrada X4 del PLC), este último también cumple la función de asignar el valor de K1 a D5, tal como lo indica la figura 3.23.

e. Procesos de dosificación

En la figura 3.24 se puede apreciar que cuando los valores de D5 y K1 son iguales entonces se activa el pistón que adelanta el distribuidor de material mediante un



auxiliar M10 hasta que accione el fin carrera respectivo X5, cuando el dosificador este adelante se activa el motor de vibración inferior (auxiliar M11) y al mismo tiempo un temporizador T3 que por 7 segundos activa la vibración superior (auxiliar M24), de esta forma las paletas dentro del dosificador repartirán la mezcla en molde.

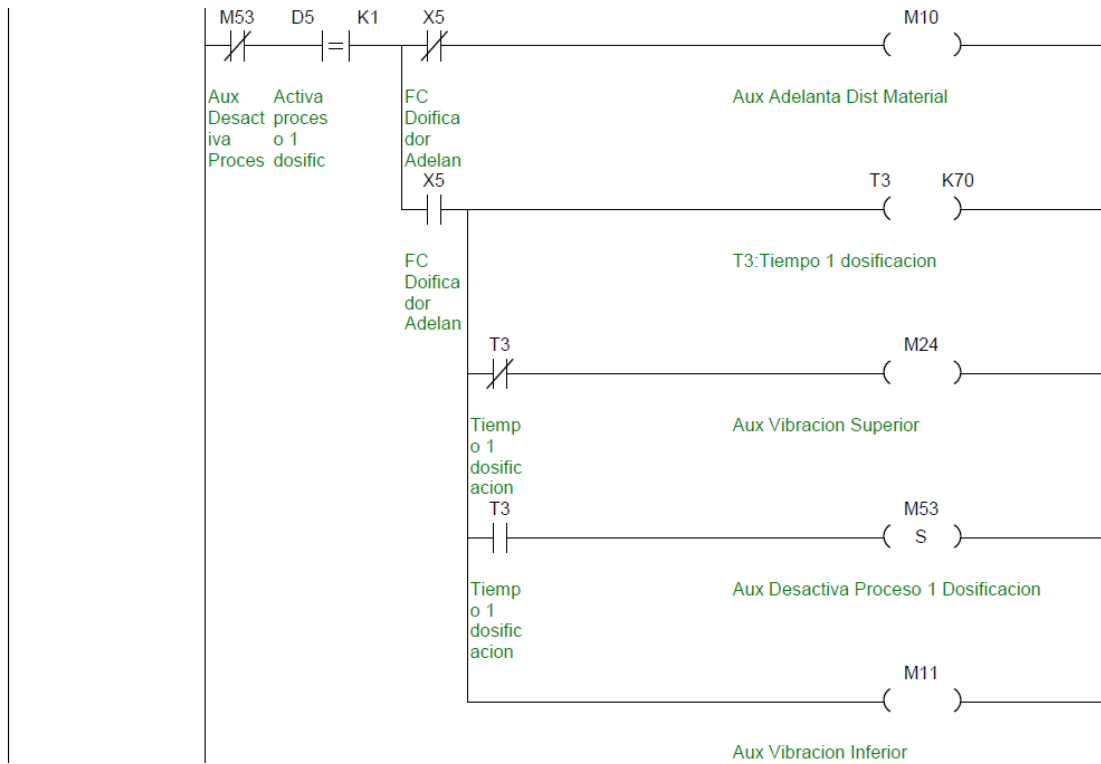


Figura 3.24. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso 1 de dosificación.

Luego de los 7 segundos se activa la bobina set M53 que desactiva el proceso 1 y activa el proceso 2 de dosificación, como se indica en la figura 3.25 donde un contacto de M53 envía el valor de K1 a D8, cuando estos son iguales se activa un temporizador T8 que por 8 decimas de segundo hace que el dosificador vaya hacia atrás (auxiliar M23) y al mismo tiempo se enciendan los motores de vibración superior e inferior (auxiliares M26 y M27 respectivamente), esto con el fin de dosificar de mejor manera la mezcla en el molde.

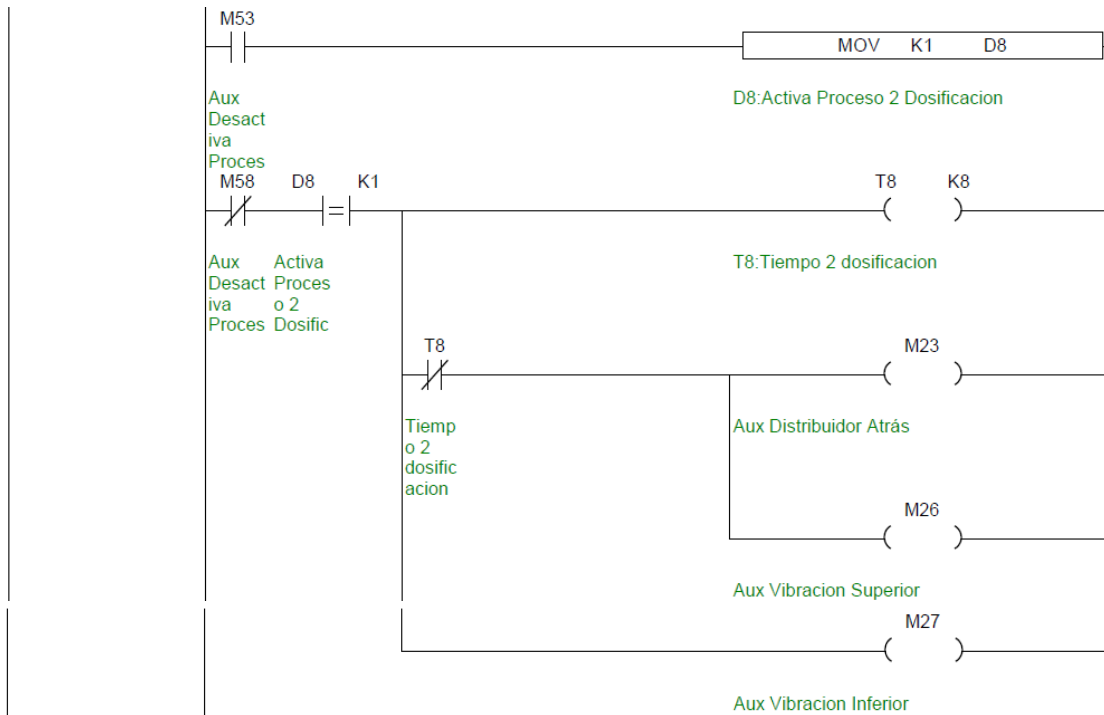


Figura 3.25. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso 2 de dosificación.

Después de estas 8 decimas de segundo un contacto abierto de T8 setea una bobina M58 que se cumple la función de desactivar el proceso 2 y activa el proceso 3 de dosificación como se puede observar en la figura 3.26, al mismo tiempo se mueve el valor de K1 a D10, cuando se comparan estos dos datos y da como resultado una igualdad entonces se repite el primer proceso de dosificación esta vez por 5 segundos mediante un temporizador T9 y los auxiliares M29 y M30 que encienden los motores de vibración superior e inferior respectivamente.

Luego de estos 5 segundos se acciona la bobina de set M59 que desactiva el proceso 3 de dosificación y activa el proceso de prensado y moldeado, para este instante la mezcla ya debe estar bien distribuida en el molde.

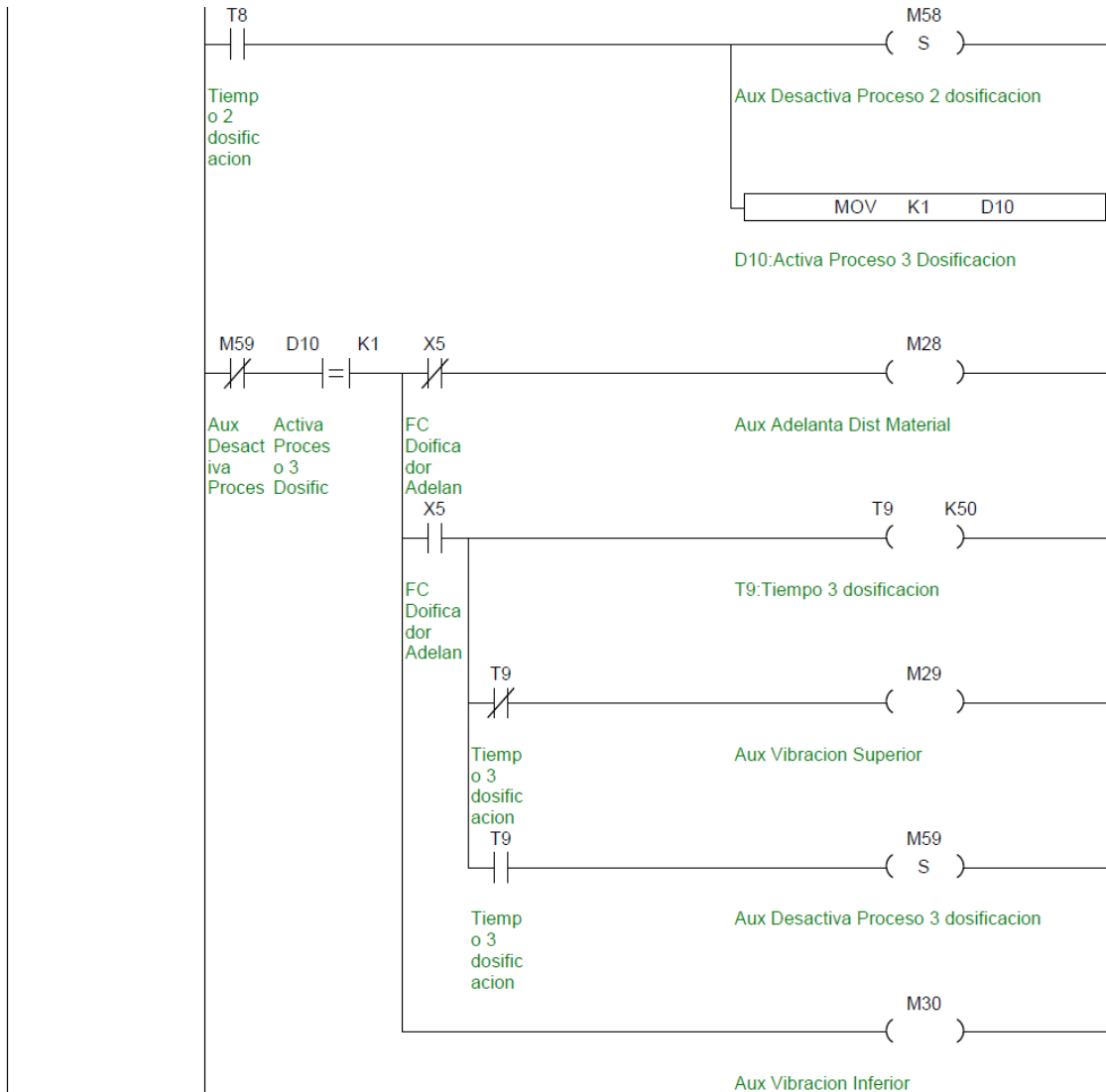


Figura 3.26. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso 3 de dosificación.

f. Proceso de prensado y moldeado

En la figura 3.27 se puede apreciar la parte del programa correspondiente a este proceso, donde un contacto de M59 hace que se le asigne el valor de K1 a D6 y cuando estos tienen el mismo valor entonces el controlador envía el dosificador hacia atrás empleando para ello un auxiliar M13 hasta que tope de igual forma su fin carrera (entrada X6), una vez que el dosificador está atrás el pistón que hace que la prensa baje se activará (salida Y7 del PLC), al mismo tiempo se activa molde abajo y el motor de vibración inferior (auxiliares M25 y M14 respectivamente).



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Cuando la prensa ya este abajo (X7 activado) comienza el prensado y moldeado de los bloques por 7 segundos esto con el uso de un temporizador T4, inmediatamente después de este tiempo se desactiva las bobinas utilizadas mediante un contacto normalmente cerrado de T4.

Otro contacto esta vez abierto de T4 accionará un temporizador T6 que hará una pausa de 3 segundos en el proceso con el objetivo de que se elimine cualquier tipo de vibración o movimiento de la máquina, para proceder con el adecuado desmolde de los bloques. Un contacto abierto de T6 seteará una bobina M54 que desactivará este proceso y activará el siguiente.

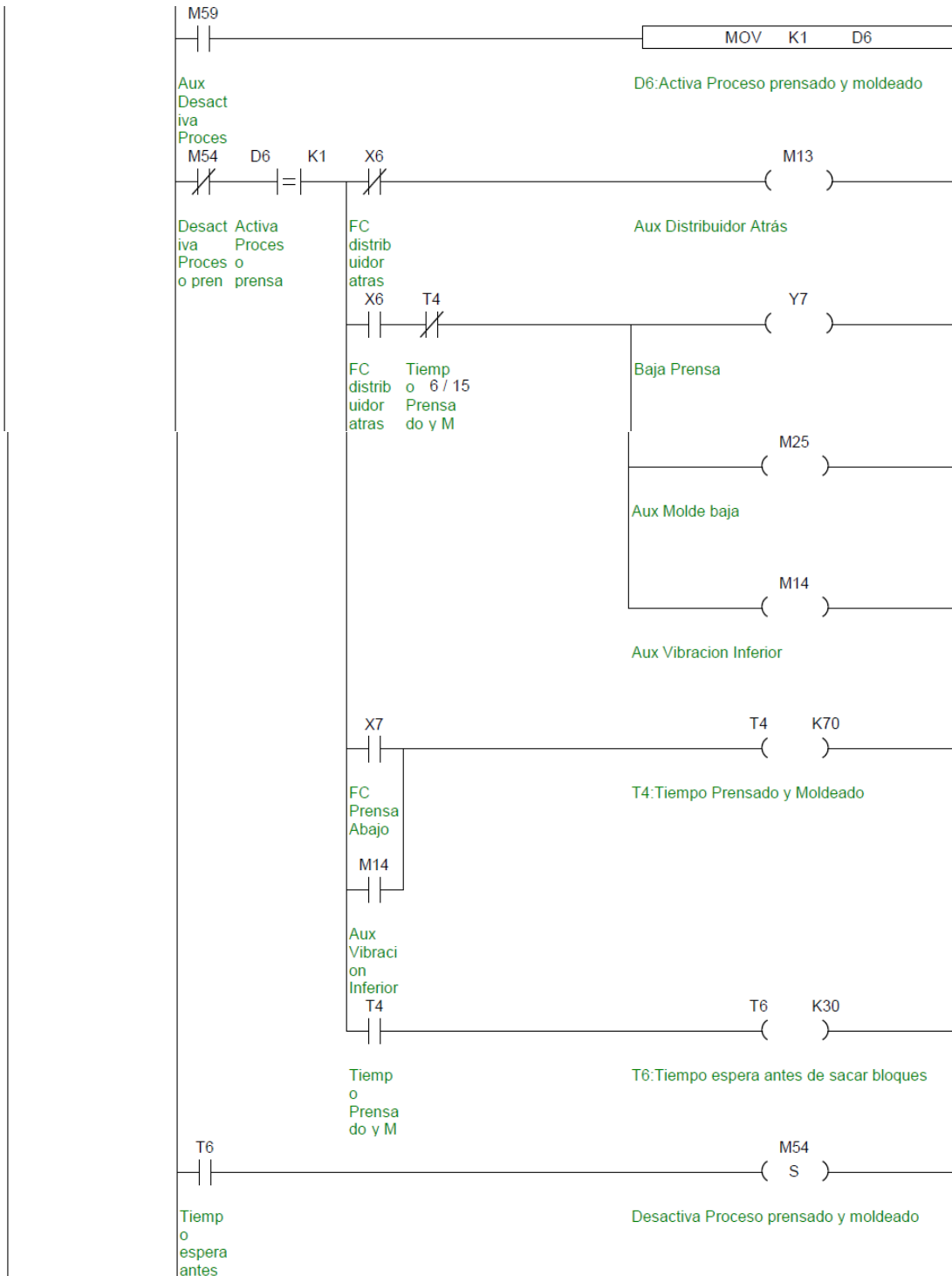


Figura 3.27. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso de prensado y moldeado.



g. Proceso de desmolde y sacado de bloques terminados

En la figura 3.28a se puede observar como un contacto de M54 hace que se le asigne el valor de K1 a D7, cuando estos son iguales se activa el pistón que sube el molde con el auxiliar M18, esto con el propósito de desmoldar los bloques. Cuando este ya está arriba (X12 accionado) la prensa también subirá hasta topar con su fin carrera (entrada X10) y simultáneamente se activará un temporizador T7 que 1 segundo después desconectará el auxiliar de sube molde M18.

Ahora bien, cuando el molde y la prensa estén arriba (X10 y X12 respectivamente accionados) se procede con sacar la tabla de bloques producidos hacia la mesa de producto terminado, esto se hizo de la siguiente forma en el programa; se activa en alimentador de tablas hacia adelante (auxiliar M19) por 4 segundos (temporizador T5) esto porque la tabla después del proceso de desmolde a veces suele moverse hacia atrás quedando fuera del alcance del sensor de proximidad de tabla en posición correcta (X14), entonces así se logra que la tabla corte la señal de proximidad y el sensor envíe la señal correcta al controlador.

Luego de los 4 segundos el controlador sacará una tabla con los bloques terminados, para esto encenderá el motor de bloques terminados (auxiliar M34) y nuevamente activa el alimentador de tablas hacia adelante y hacia atrás (auxiliares M19 y M20) hasta sacar la tabla en cuestión (X14 desactivado).

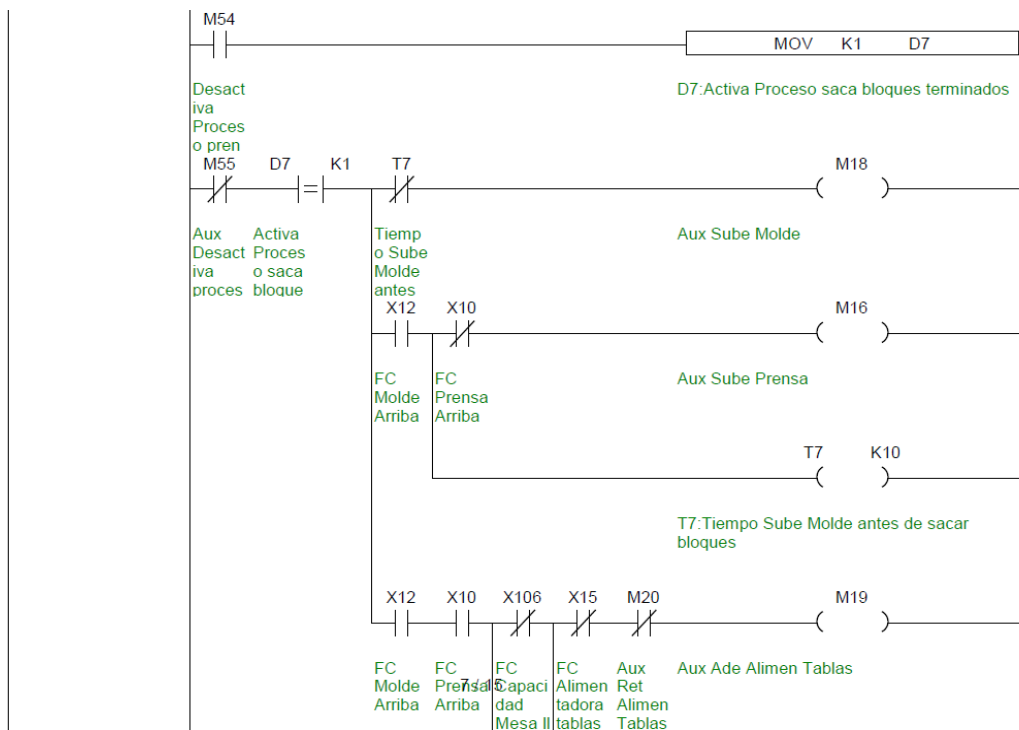


Figura 3.28a. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso de desmolde.



Entonces se acciona una bobina de set M55 que desactiva este proceso y procesos y al mismo tiempo a través de uno de sus contactos normalmente abiertos activa un contador C1 que contabiliza las tablas con bloques producidos de forma automática y este dato es almacenado en D12 como lo indicado en la figura 3.28b.

Otro contacto del auxiliar M55 hace que se le asigne el valor de K1 a D9 y con esto se activa el proceso final de reset de variables.

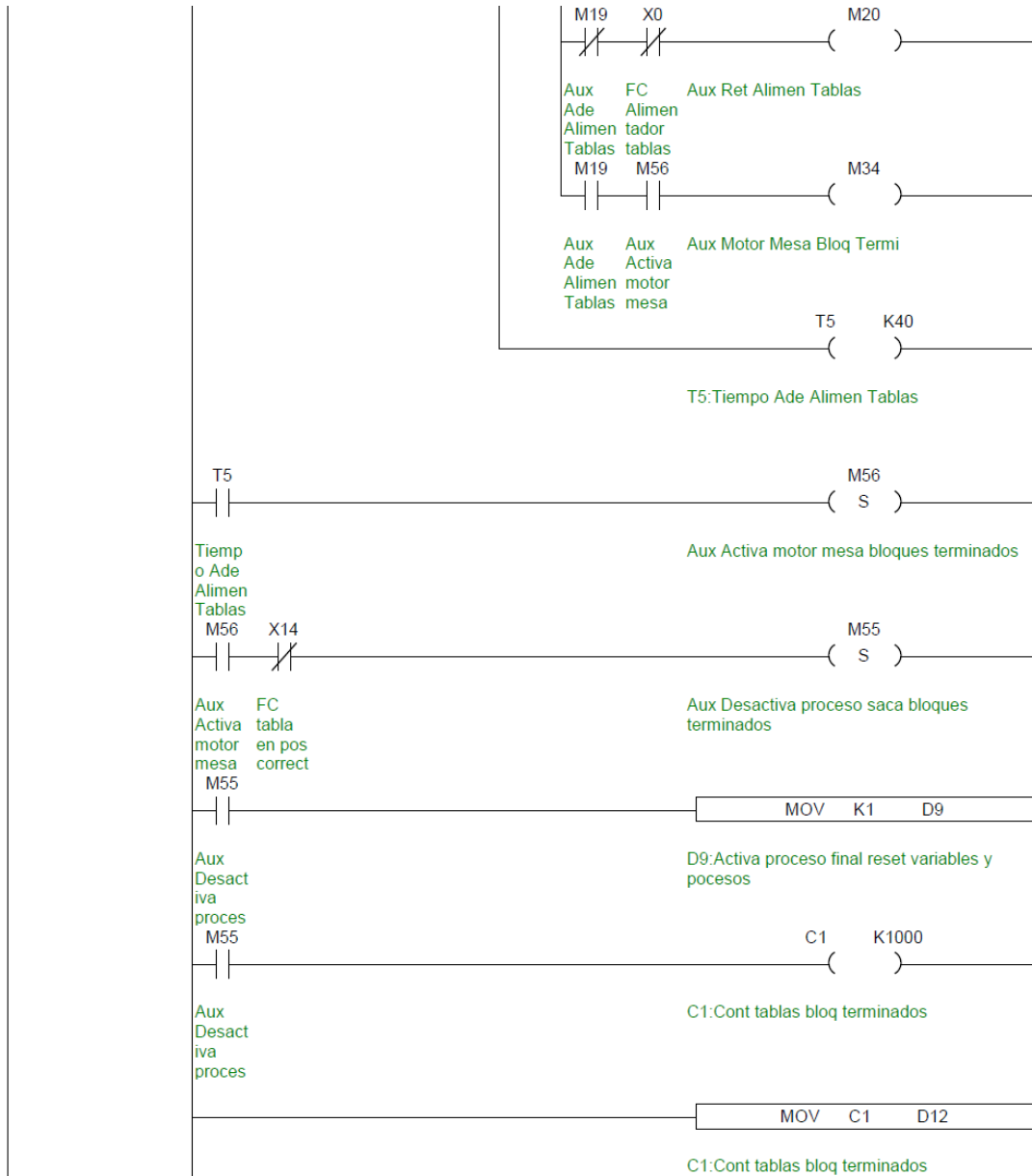
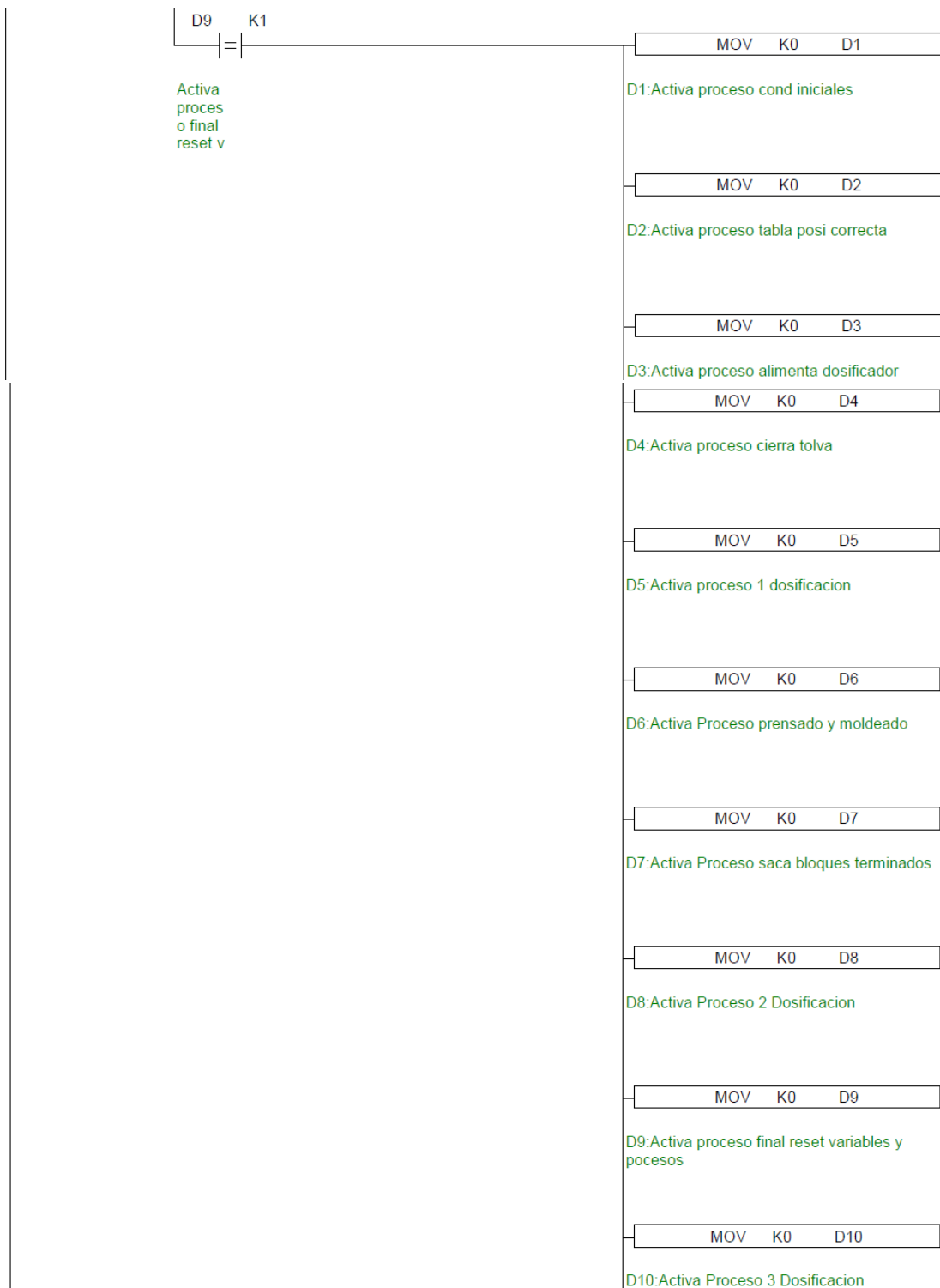


Figura 3.28b. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso de sacado de bloques terminados.



h. Proceso final de reset de variables y auxiliares de desactivación de procesos.

Este proceso (figura 3.29) se repite cada vez que la máquina ha fabricado una tabla de bloques y es idéntico al primer proceso de restauración de los registros de datos y relés auxiliares de set, anteriormente expuesto por lo que ya no se explicará esta parte.



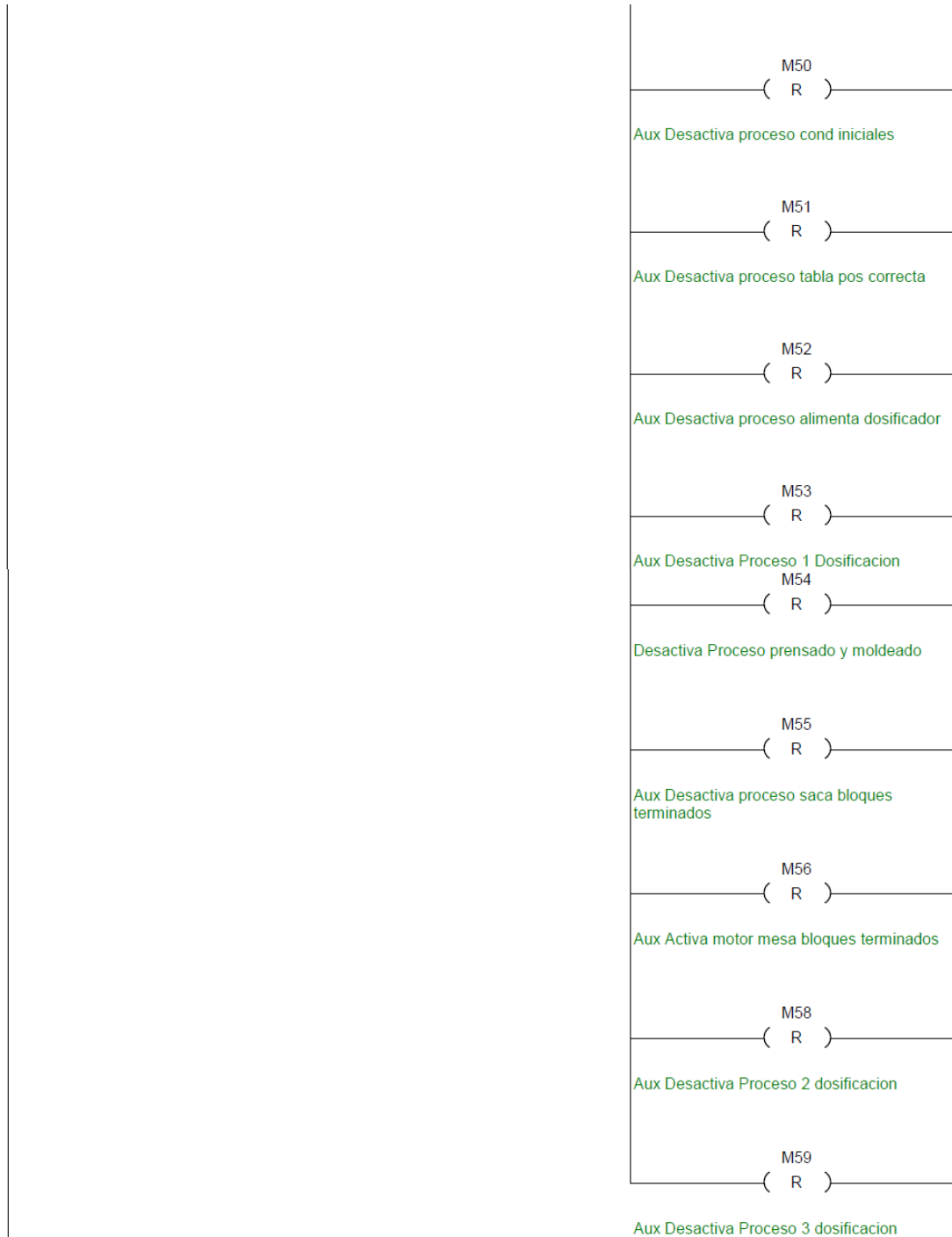


Figura 3.29. Parte del programa del control automático correspondiente al proceso de final de reset de variables y auxiliares de desactivación de procesos.



3.2.3. Auxiliar para activación del HMI

Un temporizador T12 se activará inmediatamente se energice el PLC y después de 4 segundos activará un auxiliar M37 que se lo utilizará para que al encenderse el HMI después de 4 segundos salte de la ventana de presentación a la ventana de funcionamiento, como se indica en la figura 3.30.

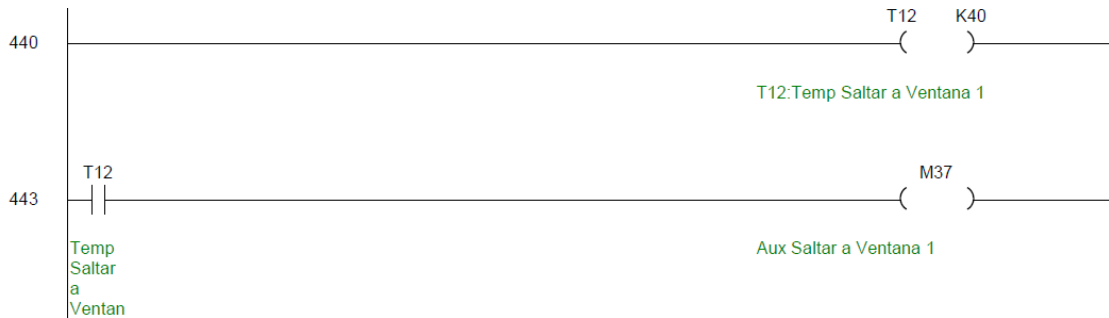


Figura 3.30. Parte del programa del control que activa el salto de ventanas en el HMI.

3.2.4. Contactos de accionamiento

Durante el funcionamiento de todo el programa se utilizó muchos relés auxiliares, a continuación se explica que salidas del controlador lógico programable accionan cada uno de ellos.

En la figura 3.31 se puede observar que los contactos abiertos de M21 y M22 activan el pistón que cierra la portezuela de la mezcladora (salida Y103).



Figura 3.31. Contactos auxiliares dentro del programa que activan el cierre de la mezcladora.

Como se expone en la figura 3.32 hay pistones de los elementos de la máquinas que para su correcto funcionamiento necesitan de presión adicional entonces al accionarse sus respectivas salidas del controlador (Y3, Y10, Y13, Y5, Y11) mediante uno de sus contactos abiertos activan la electroválvula de presión adicional (salida Y100).



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Los auxiliares M32, M19 Y M3 activan el pistón que adelanta el alimentador de tablas Y12.

Los auxiliares M32, M19 y M3 activan el pistón que adelanta el alimentador de tablas (salida Y12), a su vez M33, M20 y M4 activan el pistón que retrae el alimentador de tablas (salida Y15).

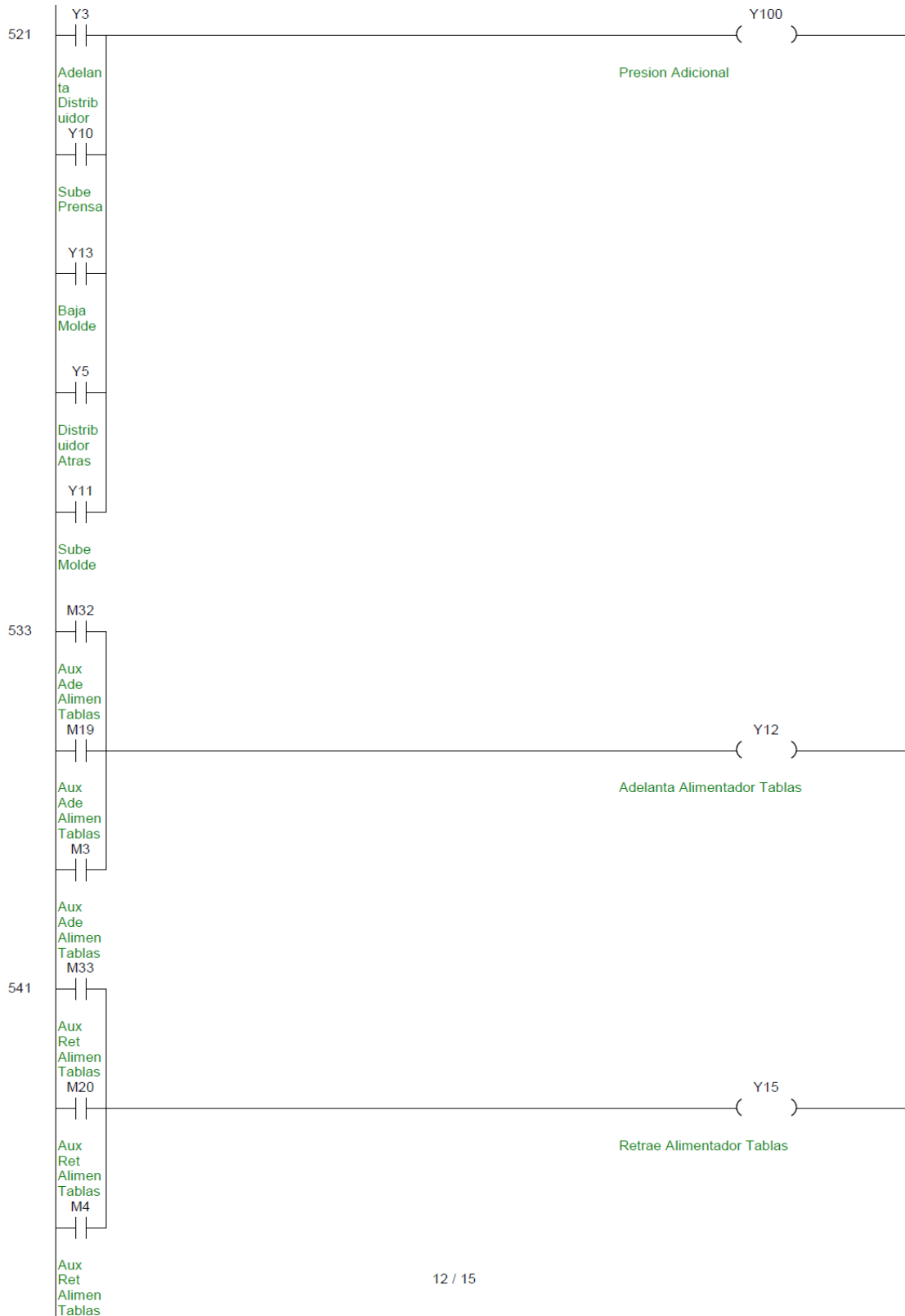


Figura 3.32. Contactos auxiliares dentro del programa que activan la electroválvula de presión adicional y el alimentador de tablas tanto adelante y hacia atrás.



Los relés auxiliares M25, M6 y M7 accionan el pistón que baja el molde (salida Y13), como se indica en la figura 3.33.

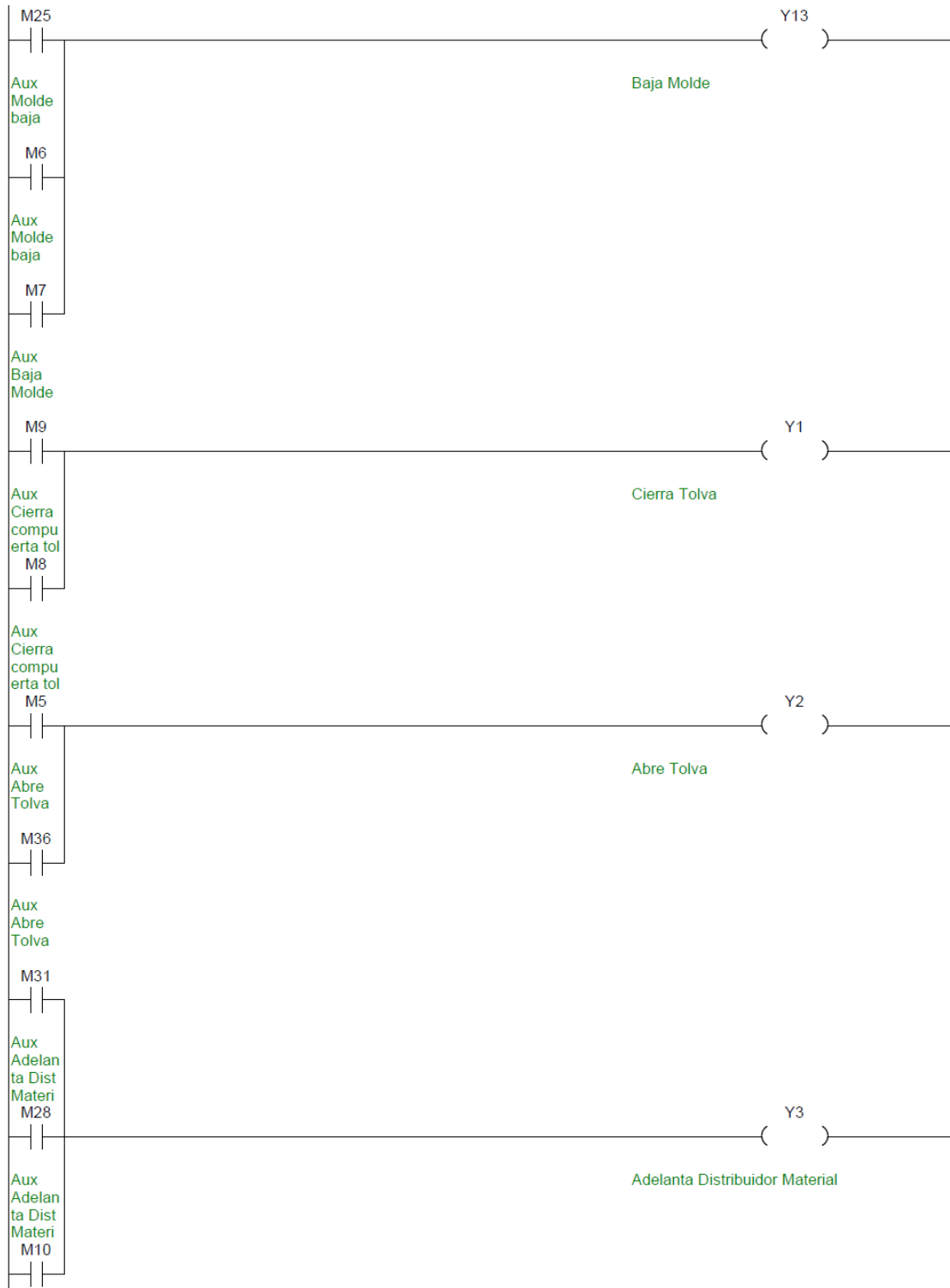


Figura 3.33. Contactos auxiliares dentro del programa que activan los pistones baja el molde, cierra y abre compuerta de la tolva y adelanta el distribuidor de material.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Los contactos auxiliares de M29, M24 y M26 encienden el motor de vibración superior (salida Y4 del controlador), a su vez M30, M27, M11 y M14 cumplen la misma función con el motor de vibración inferior (salida Y6 del PLC) y M12, M13 y M23 activan el pistón que hace que el dosificador vaya hacia atrás (salida Y5), figura 3.34.

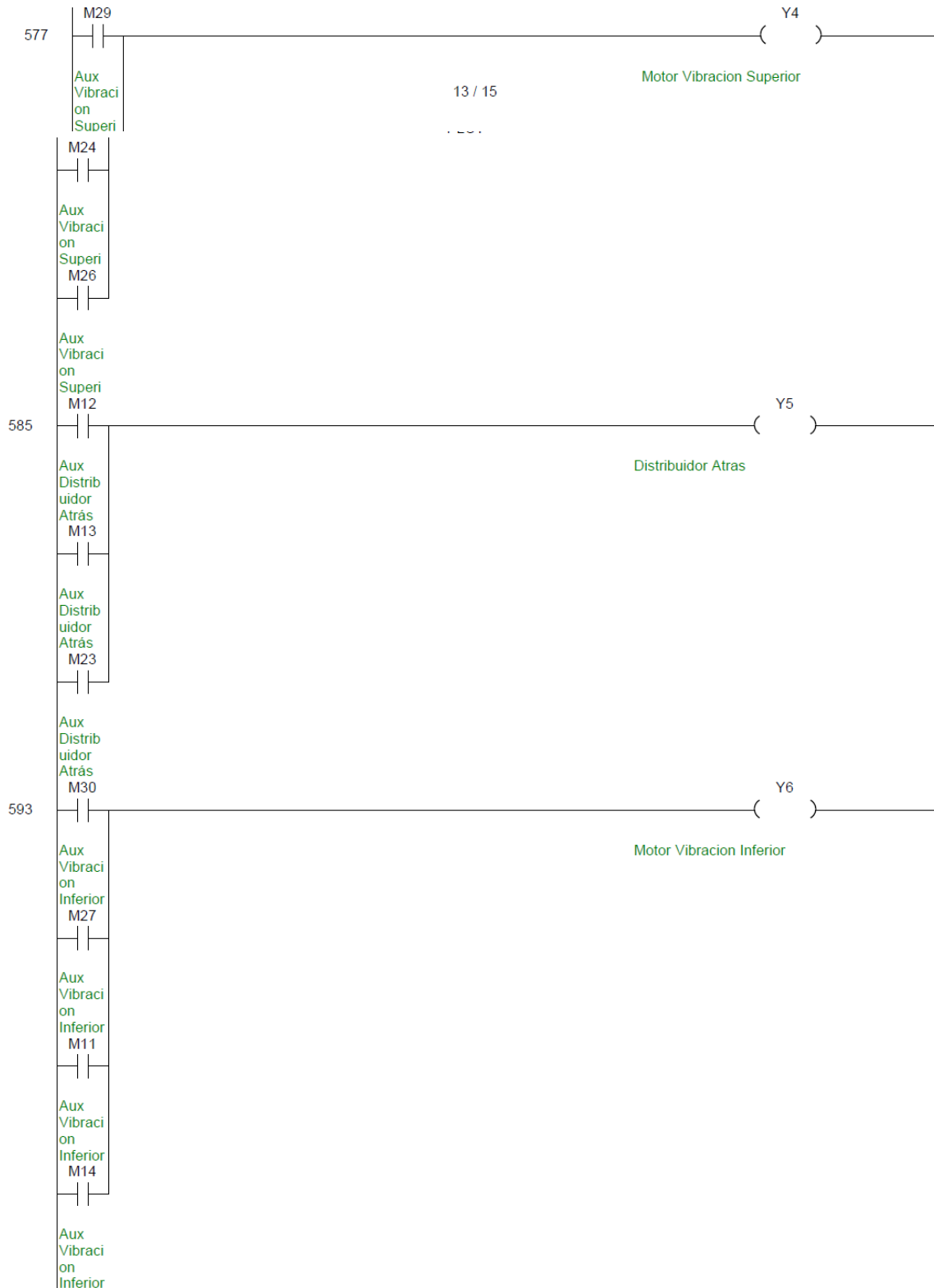


Figura 3.34. Contactos auxiliares dentro del programa que encienden los motores de vibración superior e inferior así como el pistón que envía el distribuidor atrás.



Los contactos de los relés auxiliares M15, M16 activan el pistón que sube la prensa (Y10), a su vez M17 y M18 lo hacen con el que sube el molde (salida Y11) y por último M34 y M35 hacen lo propio encendiendo el motor de la mesa de bloques terminados (salida Y14 del controlador).

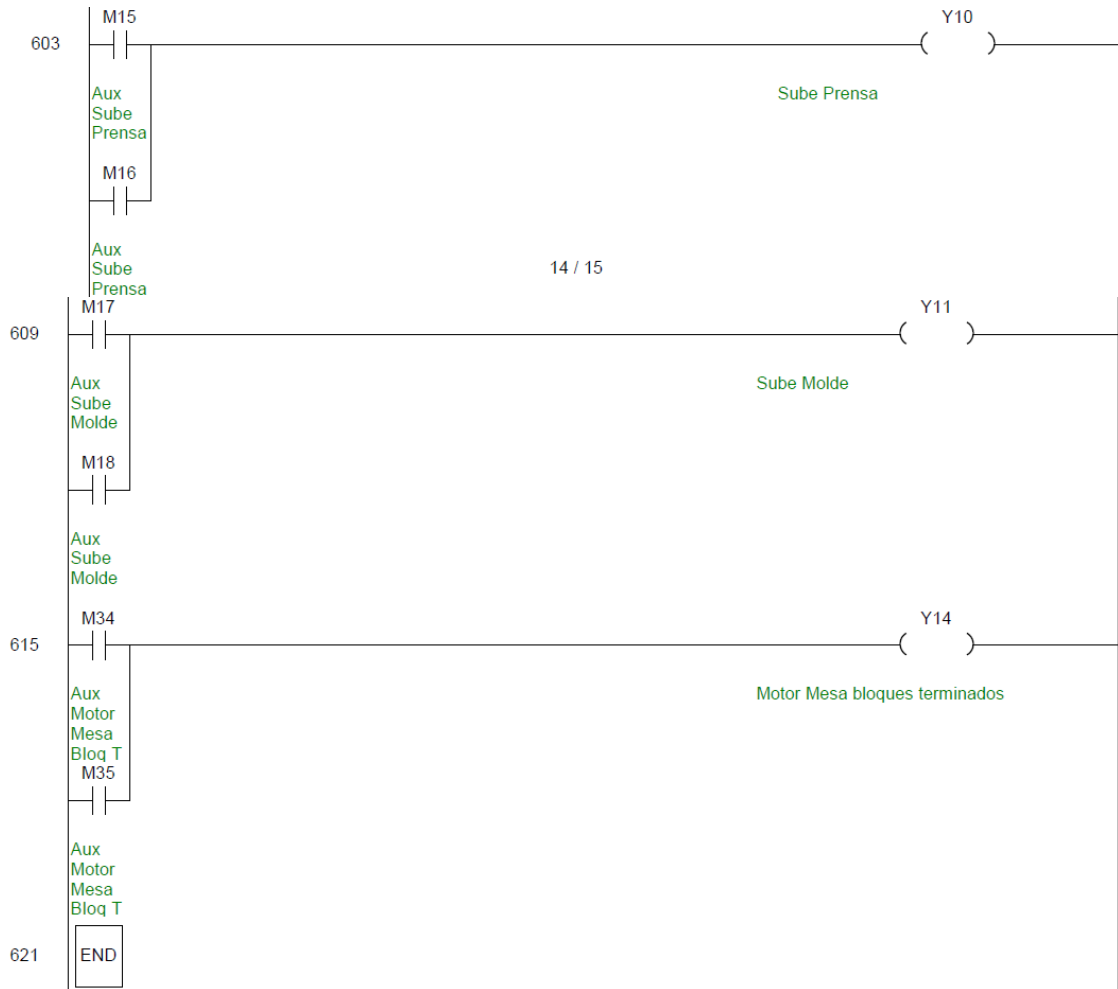


Figura 3.35. Contactos auxiliares dentro del programa que acciona los pistones que suben la prensa, el molde y encienden el motor de la mesa de bloques terminados.

3.2.5. Implementación del HMI (Pantalla Táctil) en el tablero de control

La programación del interface hombre máquina se la hizo con la ayuda de la herramienta TouchWin Edit Tool (ver ANEXO E), solo se implemento 2 ventanas, una llamada “de presentación” la cuál se indica en la figura 3.36 y la otra “de funcionamiento” indicada en la figura 3.37, en esta última el operador de la máquina puede observar el funcionamiento de las etapas de operación y los estados de los diferentes elementos (luz verde en luces piloto significa en posición y luz roja es que no está en esa posición) de la misma a través de una simulación



del proceso, así como también identificar algún problema o daño y el número actual de bloques producidos tanto manual como automáticamente.

Cabe señalar que la imagen de la figura 3.37 es una captura de pantalla del software de programación, es decir esta fuera de línea, pero adicionalmente se adjunta más abajo en la figura 3.38 una foto del HMI en pleno funcionamiento en la fábrica (online)

Al encenderse el PLC saldrá inmediatamente la ventana “de presentación” (figura 3.36) y luego de 4 segundos aparecerá la ventana “de funcionamiento” (figura 3.37) quedándose en esta hasta que se apague el controlador.



Figura 3.36. Ventana “de presentación” del HMI

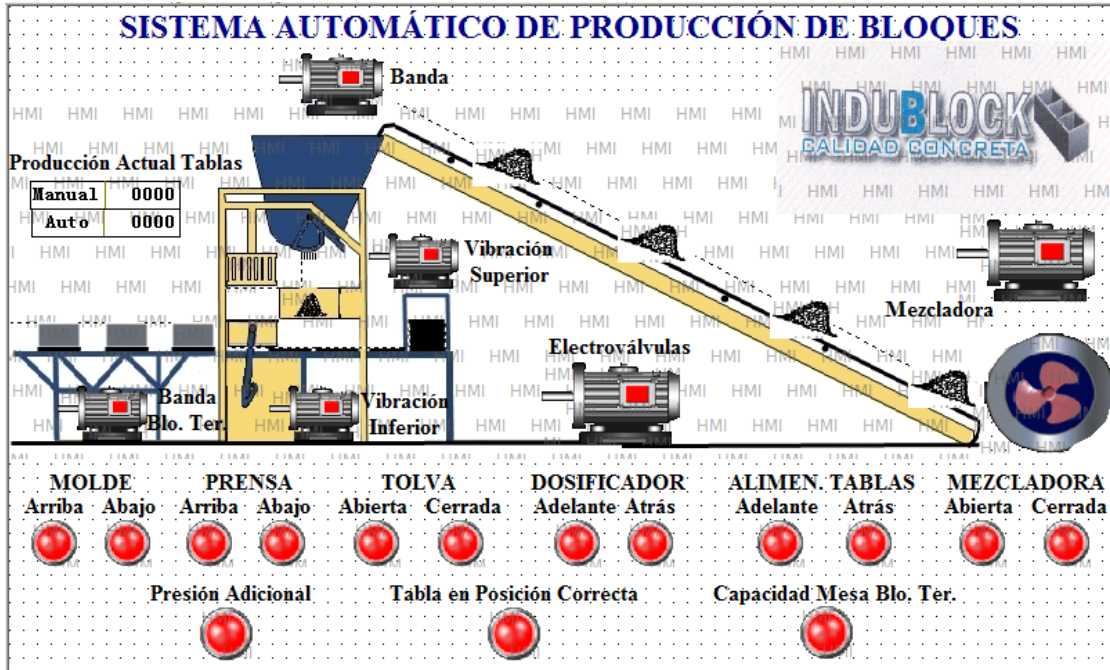


Figura 3.37. Ventana “de funcionamiento” del HMI offline.



Figura 3.38. Ventana “de funcionamiento” del HMI online.

Para poder incorporar el HMI se tuvo que realizar cambios en la estructura del tablero de control del gabinete figura 3.39, se realizo un corte de 14cm x 20cm, para poder acoplar la pantalla al resto del tablero de control, consiguiendo de esta manera que tanto el HMI como el gabinete queden en un solo cuerpo para facilitar significativamente el trabajo del operador.



Figura 3.39. Tablero de Control.

Ya que anteriormente cuando la máquina tenía problemas solo tenían un juego de luces piloto por las cuales podía guiarse el operario, con lo cual resultaba muy difícil darse cuenta del daño que existía en la maquina desde el tablero de control, teniendo que recurrir a diferentes formas complejas para ubicar el problema.

Actualmente con el HMI incluido en el tablero de control del gabinete Figura 3.40 se logra detectar fácilmente el daño ya que cada proceso de la máquina se encuentra monitoreado por el PLC y el HMI y en caso de existir una falla en los diferentes procesos que realiza la máquina se encenderá una luminaria en la pantalla del HMI, indicándonos en donde se encuentra la falla, encendiéndose una luminaria de color rojo en la parte que exista la avería.



Figura 3.40. Tablero de Control incluido el HMI.



CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al terminar la implementación de la automatización de la máquina se obtuvo los siguientes resultados.

Exitosamente se ha logrado automatizar las etapas de dosificación, vibración, prensado, moldeado, compactación y transportación de bloques terminados, con lo cual la máquina bloquera puede producir bloques de forma automática independientemente de las fases de mezclado y traslado de mezcla hacia la tolva.

Cabe recalcar que en estas dos etapas (mezclado y traslado de mezcla hacia la tolva), el PLC también tiene injerencia, puesto que este controlador responde a la señal enviada por el operador de la mezcladora al pulsar un interruptor llamado “botón mezcladora” y hace que se abra la portezuela de esta y se active el motor de la banda transportadora la cual traslada la mezcla hacia tolva para empezar el proceso de fabricación de bloques de forma automática.

La ubicación en la máquina del sensor de posicionamiento correcto de tablas, se complicó por diferentes circunstancias las cuales se detallan a continuación:

- ✓ En el lugar que se requería colocar el sensor era un sitio al cual salpica una gran cantidad de mezcla la que cae en la estructura que contiene al interruptor, dificultando la operación del mismo y enviando así señales erróneas a cada instante al controlador, provocando un mal funcionamiento del programa automático.
- ✓ En la estructura de la máquina (mesa de prensado y vibración) se tuvo que realizar un corte de 4 cm de largo en la riel que conduce las tablas hacia la parte de adelante para que la señal emitida sea la de las tablas en posición correcta y no de la estructura de la riel.
- ✓ En el medio dentro del cual funciona este sensor existe una gran cantidad de materiales tales como polvo, ripio, cemento, chasqui, aceite quemado y otros, los cuales ensucian el lente del laser provocando un mal funcionamiento de este sensor, entonces fue necesario para que funcione correctamente construir una estructura compleja que sirva para protegerlo



de los agentes contaminantes del medio y también para sujetarlo a la estructura de la máquina.

Junto con los propietarios de la máquina se decidió que este proyecto en cuestión va a tener una segunda etapa donde se va a desarrollar la implementación de la automatización de las etapas de mezclado, traslado de mezcla hacia la tolva y llenado de la tolva, esta resolución se la tomo debido a muchos factores entre los cuales principalmente podemos mencionar los siguientes:

- La materia prima actualmente se encuentra expuesta a todos los fenómenos climáticos puesto que la fábrica no cuenta con bodegas de almacenamiento, por lo que los propietarios van a construir las posteriormente inclusive colocaran techo en toda la fábrica.
- Para lograr que el control de la fase de mezclado opere de forma automática se requiere de todo un completo sistema de censado de humedad de mezcla como lo indicado en el capítulo 2 y 3, el cual para su óptimo funcionamiento necesita que la materia prima no contenga exceso de humedad.
- La implementación de los sensores de la tolva (máximo y mínimo nivel de mezcla) resultó compleja debido a que estos en las pruebas iniciales no funcionaron de manera adecuada como ya se indico en el capítulo anterior y además se necesitaba hacer cambios y readecuaciones en la estructura original de la tolva lo cual implicaría un nuevo diseño de esta parte de la máquina y una paralización necesaria de la producción de la fabrica lo cual resultaría en pérdidas económicas para los propietarios.
- La implementación de estos sistemas complejos requería de mucho tiempo y esfuerzo, con lo cual podría haberse perdido el propósito fundamental del proyecto, que es lograr que la máquina fabrique bloques de forma automática.

Al plantearse el alcance de este proyecto de tesis se menciona que se quería duplicar la producción de 1500 bloques al día de producción manual a 3000 bloques diarios de producción automática, lo cual fue alcanzado satisfactoriamente ya que se disminuyo el tiempo de producción manual de 36s por tabla a 21s de forma automática e incluso se logró eliminar los tiempos muertos de parada de la máquina ocasionados principalmente en el control manual por parte del operario, consiguiendo aumentar considerablemente la velocidad en serie de producción de bloques.

También se ha conservado la calidad y normativa del producto final en los bloques de 10X20cm, 15X20cm, 20X20cm que son los tres tipos de producto que se produce en la fábrica.



Se realizó una adecuada implementación del Interface Hombre Máquina (HMI) que ahora es de mucha utilidad en la fábrica ya que los operarios actualmente pueden observar y entender de mejor manera las diferentes etapas de operación que ejecuta la máquina bloquera, de forma especial en el momento en el que la máquina presenta alguna falla o avería, ya que anteriormente era complicado encontrar el problema de forma rápida y ahora con dicha pantalla es sencillo ubicar donde está el inconveniente, ya que en este HMI existe luces piloto de cada elemento de la máquina que se enciende según el estado en el que se encuentre, como está indicado en el capítulo 3.

4.2. CONCLUSIONES

- ✓ Se ha conseguido alcanzar importantes objetivos tanto en lo personal como en lo profesional al lograr utilizar gran parte de nuestro conocimiento adquirido a lo largo de nuestra preparación académica dentro de la universidad en este trabajo, nos deja muy satisfechos nuestra labor cumplida y nos proyecta en un futuro a seguir en este ámbito de la automatización de procesos.
- ✓ Se logró realizar satisfactoriamente el levantamiento de los circuitos de control y fuerza de la máquina bloquera, así como del análisis de las condiciones en las cuales se encontraba la máquina, hallando que el control manual existente de la máquina bloquera es un control en lazo abierto porque la información o variables que se controlan en el proceso circulan en una sola dirección, desde el sistema de control al proceso.
- ✓ Tras el levantamiento se pudo determinar el estado actual de los equipos y elementos de la máquina identificando algunas falencias y deficiencias entre ellas no contaba con protecciones como interbloqueos, es decir que podían actuar algunos elementos a la vez que podían ocasionar graves daños mecánicos en la máquina bloquera.
- ✓ Luego de realizar el análisis económico para demostrar la factibilidad del proyecto se concluyó que la automatización de la máquina resultaba totalmente rentable ya que los costos de mano de obra y de producción unitaria bajarán considerablemente lo que hace que la utilidad para los propietarios de la fábrica sea mayor aumentado en un 250% respecto del proceso de operación manual de la máquina.
- ✓ Al hacer una completa evaluación del funcionamiento de la máquina se diseñó un proceso de producción a lazo cerrado de forma que la información o variables que se controlan en el proceso circularán con una



retroalimentación, desde el sistema de control al proceso, tomando muy en cuenta la optimización de cada una de las etapas de la producción de la máquina.

- ✓ Se realizó la programación del PLC con el lenguaje por bloques (escalera) de funciones para la automatización, ya que de esta forma nos resulta mucho más fácil la programación que por el lenguaje de sentencias.
- ✓ Se diseñó el software de la máquina de una manera entendible y fácil, para que otros profesionales implementen o tomen como base este diseño para futuras optimizaciones o mejoras.
- ✓ A partir de una medición de los tiempos de operación de la máquina de forma manual se logro una excelente optimización de estos tiempos, logrando así disminuir en 15 segundos el tiempo de fabricación de bloques en el proceso automático.
- ✓ Después de la exitosa implementación del proceso automático de operación de la máquina bloquera mediante el controlador lógico programable (PLC) y el interface hombre máquina (HMI), se obtuvo un producto que cumple con todas las normas y características que el mercado actual exige con lo cual la fábrica puede lograr una competitividad alta en el medio.
- ✓ Se logro cubrir con la demanda de la fábrica, ya que al principio cuando se trabajaba solo en manual no abastecía a sus clientes, con la implementación del automático dicha demanda quedo totalmente cubierta, con lo que se genero, satisfacción de los clientes y más ingresos para los propietarios.
- ✓ Debido al aumento en la producción se tuvo que desechar la segunda mesa de bloques terminados para que en este espacio se coloque un tipo de montacargas que realiza la función de llevarse un estante completo es decir 125 bloques de una sola y no como se hacia anteriormente de 5 bloques en 5 bloques.
- ✓ Podemos concluir que para realizar estos sistemas fiables, podemos utilizar controladores lógicos programables y elementos de control industrial de bajo perfil por así llamarlos y no necesariamente unos de marca renombrada ya que el PLC, el HMI y los sensores que hemos utilizado resultan ser muy buenos para aplicaciones de pequeña y mediana industria.



4.3. RECOMENDACIONES

- ✓ Nuestra primera recomendación y creemos que la más importante, es dar un mantenimiento correcto periódicamente a la máquina tanto en la parte mecánica como en la parte eléctrica ya que de no ser así la máquina se encontraría expuesta a paras innecesarias (no programadas) con lo cual resultaría inútil la automatización realizada ya que no se estaría cumpliendo con el objetivo principal de doblar la producción para generar más ingresos.
- ✓ Capacitar adecuadamente al personal que realizara el mantenimiento con el fin de que se pueda realizar unas correctas acciones de mantenimiento preventivo y correctivo de la máquina.
- ✓ A los operarios informar y capacitar sobre los nuevos elementos implementados en la máquina en especial HMI ya que si se logra un correcto entendimiento de esta herramienta resultara muy fácil la detección de problemas.
- ✓ Utilizar materia prima de buena procedencia, libre de impurezas y basura para obtener un producto de mejor calidad.
- ✓ Se recomienda también a los dueños de la fábrica indicar a sus operarios que no contaminen la materia prima con bloques dañados que son devueltos a la mezcladora después de que han sufrido fracturas o desprendimientos en la etapa de fraguado ya que estos necesitan un trato especial para que este material pueda volver a ser reutilizado, de no ser así causa muchos problemas en el momento de dosificación en el molde por lo que estos pedazos de bloque se depositan en las paletas del dosificador (vibración superior) con lo cual el llenado resulta insuficiente ya que los trozos de bloque no dejan que se llene bien los orificios por donde entra la mezcla y los bloques terminados salen con menos material que el normal, alterando las propiedades y características que deberían cumplir los bloques finalizados.
- ✓ El momento de realizar la limpieza o dar mantenimiento en la máquina se debe de tener mucho cuidado en desenergizar primero todo el sistema ya que si por algún motivo se llega a activar un sensor puede ser muy peligroso ya que se activaría el mecanismo que controla el detector y puede causar graves lesiones en la persona que toca el dispositivo.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

- ✓ Asegúrese de Limpiar la máquina al final de cada jornada de trabajo, principalmente las partes móviles para evitar atascamientos y roturas de piezas en la siguiente jornada de trabajo.
- ✓ En el momento de colocar las tablas en el surtidor de tablas comprobar que el borde metálico del lado izquierdo se encuentre limpio, ya que si no lo está el sensor capacitivo dará una lectura errónea en el momento que se esté colocando las tablas en posición correcta, provocando de esta manera pérdida de tiempo y un posible problema de atasco en la siguiente etapa de mover bloques terminados hacia la mesa transportadora.
- ✓ También recomendamos a las personas que van a realizar trabajos de automatización que en el instante que compren el Controlador Lógico Programable (PLC) identifiquen bien sus características ya que hay muchos en el mercado y al conectarlo pueden dañar el equipo si no saben correctamente sus respectivas conexiones, tomar énfasis en el tipo de entradas que disponen estos elementos ya que pueden ser NPN, PNP o entradas de corriente alterna, en estos tres casos sus conexiones son diferentes.



ANEXOS



ANEXO A

**ESQUEMAS DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL
CORRESPONDIENTE AL LEVANTAMIENTO DE LAS
INSTALACIONES DE LA MÁQUINA**



ANEXO B

**CIRCUITO DE CONTROL DE LA MÁQUINA MANUAL QUE
PERMANECERÁ EN LA INSTALACIÓN**



ANEXO C

**INTERRUPTORES DE POSICIÓN
IMPLEMENTADOS EN LA MÁQUINA**

ANEXO C. INTERRUPTORES DE POSICIÓN IMPLEMENTADOS EN LA MÁQUINA

C1. Pistón de tablas

El interruptor que hemos creído más conveniente instalar, para dar la señal cuando el pistón de tablas esté atrás es un interruptor de movimiento rectilíneo (tipo botón figura C1), ya que este se acopla muy bien a esta parte de la máquina.



Figura C1. Interruptor de posición que se instalará en el pistón de tablas.

C2. Molde y Prensa

Los interruptores o fines carrera que mejor se ajustan a los requerimientos de envío de señales cuando el molde o la prensa se posicionen arriba o abajo son los de movimiento angular como se muestra en la figura C2, puesto que las estructuras de estas partes de la máquina topan perfectamente los brazos del fin carrera.

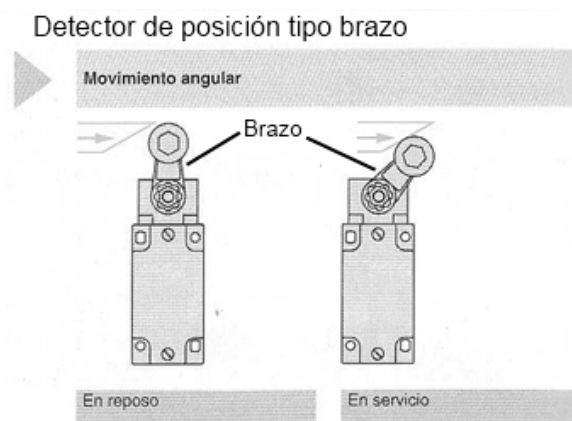


Figura C2. Interruptor de posición que se instalará en el molde, la prensa y en la mesa o banda de bloques terminados de la máquina.

C3. Sensor de tablas en posición correcta

Tomando en consideración que la tabla, donde se asienta los bloques producidos, va a estar en algunos periodos en movimiento a causa de la vibración, la solución que se va adoptar para este requerimiento del sistema, es *un sensor tipo interruptor de proximidad capacitivo* puesto que así este no tendrá que estar en contacto con la superficie de la tabla, evitando averías e inconvenientes en el sensor por la vibración.

C3.1. Interruptor de proximidad capacitivo

Adaptado a la detección de objetos aislantes, líquidos o polvorientos. Consta principalmente de un oscilador cuyos condensadores constituyen la cara sensible. Cuando un material o aislante de permitividad >1 se coloca en este campo, modifican las capacidades de conexión y provoca las oscilaciones. Después de la configuración según el modelo, se libera una señal de salida correspondiente a un contacto de cierre NA, de apertura NC.¹⁸

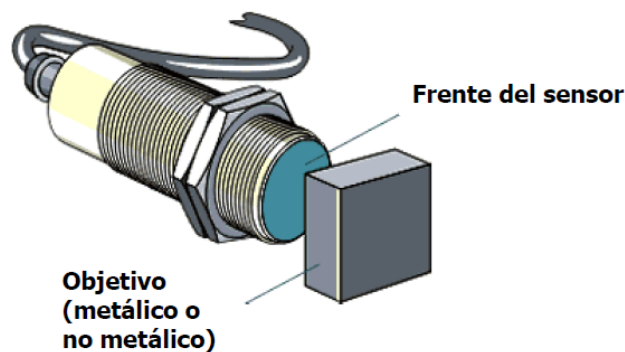


Figura C3. Sensor de proximidad capacitivo.

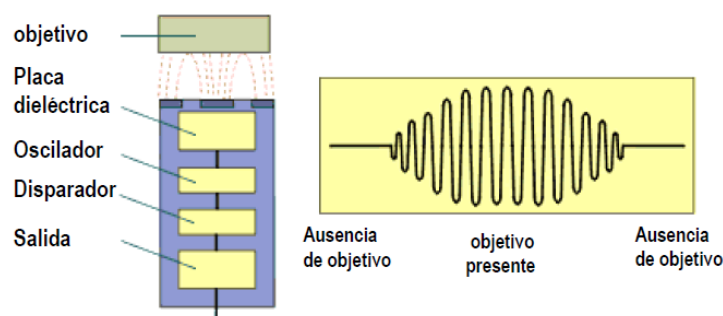


Figura C4. Forma de detección del sensor de proximidad capacitivo.

La superficie de censado del sensor capacitivo está formada por dos electrodos concéntricos de metal de un capacitor, cuando un objeto se aproxima a la superficie de censado y éste entra al campo electrostático de los electrodos,

¹⁸HEREDIA, Roberto, *Diseño de un desapilador en una fábrica de contenedores*, Universitat Rovira I Virgili, 2006 Pág. 58.



cambia la capacitancia en un circuito oscilador, como se muestra en la figura C4.

Esto hace que el oscilador empiece a oscilar. El circuito disparador lee la amplitud del oscilador y cuando alcanza un nivel específico la etapa de salida del sensor cambia. Conforme el objetivo se aleja del sensor la amplitud del oscilador decrece, conmutando al sensor a su estado original.¹⁹

➤ **Cualidades y ventajas**

- a. Sin contacto físico con el objeto. Sin desgaste, posibilidad de detectar objetos frágiles.
- b. Perfecta adecuación a los automatismos electrónicos.
- c. Robustez, productos completamente encapsulados en resina. Muy buena resistencia a los entornos industriales.
- d. Producto estático, sin piezas en movimiento dentro del detector. Duración de vida independiente al número de ciclos de maniobras.²⁰

¹⁹ CANTO, Carlos, *Sensores de proximidad capacitivos, Autómatas Programables, Facultad De Ciencias /UASLP, 2010 Pág. 3.*

²⁰ HEREDIA, Roberto, *Diseño de un desapilador en una fábrica de contenedores, Universitat Rovira I Virgili, 2006 Pág. 57.*



ANEXO D
**PROGRAMACIÓN DEL PLC THINGUET XC3-
32R-E**



ANEXO D. PROGRAMACIÓN DEL PLC THINGUET XC3-32R-E

Los controladores lógicos programables o PLC (*Programmable Logic Controller*) son dispositivos electrónicos muy usados en automatización industrial. Como su mismo nombre lo indica, está diseñado para controlar procesos secuenciales en tiempo real.²¹

Los PLC sirven para realizar automatismos, se puede ingresar un programa en su disco de almacenamiento, y con un microprocesador integrado, se corre el programa. Se tiene que saber que hay infinidad de tipos de PLC, los cuales tienen diferentes propiedades, que ayudan a facilitar ciertas tareas para las cuales se los diseñan.⁴

Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere secuenciar. Esta información es recibida por captadores, que gracias al programa lógico interno, logran implementarla a través de los accionadores de la instalación.²²

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentra que, gracias a ellos, es posible ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos, pudiendo realizar modificaciones sin costos adicionales. Por otra parte, son de tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, además permiten ahorrar dinero en mano de obra y la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo.⁵

Un PLC se puede definir como un sistema basado en un microprocesador. Sus partes fundamentales son la Unidad Central de Proceso (CPU), la Memoria y el Sistema de Entradas y Salidas (E/S). La CPU se encarga de todo el control interno y externo del PLC y de la interpretación de las instrucciones del programa. En base a las instrucciones almacenadas en la memoria y en los datos que lee de las entradas, genera las señales de las salidas. La memoria se divide en dos, la memoria de solo lectura o ROM y la memoria de lectura y escritura o RAM.⁵

La memoria ROM almacena los programas para el buen funcionamiento del sistema.

La memoria RAM está conformada por la memoria de datos, en la que se almacena la información de las entradas, salidas y variables internas; y por la memoria de usuario, en la que se almacena el programa que maneja la lógica

²¹AVILÉS, Juan Pablo, *Diseño y construcción de un sistema de control automático para optimizar el uso de una máquina tipo BrizioBasiDov 4000, para tratamiento de aceite dieléctrico de transformador, para la Empresa TECNIESAT, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2012 Pág. 19 capítulo 2.*

²²AVILÉS, Juan Pablo, *Diseño y construcción de un sistema de control automático para optimizar el uso de una máquina tipo BrizioBasiDov 4000, para tratamiento de aceite dieléctrico de transformador, para la Empresa TECNIESAT, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2012 Pág. 19-21 capítulo 2.*

del PLC. El sistema de Entradas y Salidas recopila la información del proceso y genera las acciones de control del mismo.⁶

Los dispositivos conectados a las entradas pueden ser pulsadores, interruptores, finales de carrera, termostatos, presostatos, detectores de nivel, detectores de proximidad, contactos auxiliares, etc. Al igual, los dispositivos de salida son también muy variados: Pilotos, relés, contactores, drives o variadores de frecuencia, válvulas, etc.⁶



Figura D1. PLC Thinget.

Las entradas y salidas (E/S) de un PLC son digitales, analógicas o especiales. Las E/S digitales se identifican por presentar dos estados diferentes: ON u OFF, presencia o ausencia de tensión, contacto abierto o cerrado, etc. Los niveles de detención de las entradas más comunes son 5 VDC, 24 VDC, 48 VDC y 220 VAC. Los dispositivos de salida más frecuentes son los relés.²³

Las E/S analógicas se encargan de convertir una magnitud analógica (tensión o corriente) equivalente a una magnitud física (temperatura, flujo, presión, etc.) en una expresión binaria. Esto se realiza mediante conversores analógico-digitales (ADC's). Por último, las E/S especiales se utilizan en procesos en los que con las anteriores E/S vistas son poco efectivas, bien porque es necesario un gran número de elementos adicionales, bien porque el programa necesita de muchas instrucciones o por protocolos especiales de comunicación para poder obtener el dato requerido por el PLC (HART, Salidas de trenes de impulso, motores paso a paso).⁶

²³AVILÉS, Juan Pablo, *Diseño y construcción de un sistema de control automático para optimizar el uso de una máquina tipo BrizioBasiDov 4000, para tratamiento de aceite dieléctrico de transformador, para la Empresa TECNIESAT, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2012 Pág. 21 capítulo 2.*



Cuando se pone en marcha el PLC lo primero que este realiza es una lista de chequeos internos para permitir que todo desde el inicio este en buenas condiciones y todo esté debidamente conectado (Power Supply, conexiones de entradas y salidas). Una vez efectuadas estas comprobaciones, la CPU inicia la exploración del programa y reinicializa. Esto último si el PLC se encuentra en modo RUN ya que de estar en modo STOP aguardaría, sin explorar el programa, hasta la puesta en RUN. Al producirse el paso al modo STOP o si se interrumpe la tensión de alimentación durante un tiempo lo suficientemente largo, la CPU detiene la exploración del programa y luego pone a cero todas las salidas. Mientras se está ejecutando el programa, la CPU realiza en intervalos continuos de tiempo distintas funciones de diagnóstico (watch-dog). Cualquier singularidad que se detecte se mostrará en los indicadores de diagnóstico del procesador y dependiendo de su importancia se generará un código de error o se parará totalmente el sistema.²⁴

El tiempo total del ciclo de ejecución viene determinado por los tiempos empleados en las distintas operaciones. El tiempo de exploración del programa es variable en función de la cantidad y tipo de las instrucciones así como de la ejecución de subrutinas. El tiempo de exploración es uno de los parámetros que caracteriza a un PLC y generalmente se suele expresar en milisegundos por cada mil instrucciones. Para reducir los tiempos de ejecución, algunas CPU's constan de dos o más procesadores que operan simultáneamente y están dedicados a funciones específicas.⁷

Al programar un PLC se necesita una interfaz entre el operador y el PLC para introducir en la memoria de usuario el programa con las instrucciones que definen las secuencias de control. Normalmente esta interfaz se lleva a cabo a través de un software instalado en un computador personal. Dependiendo del tipo de PLC, el equipo de programación produce unos códigos de instrucción directamente ejecutables por el procesador o bien un código intermedio, que es interpretado por un programa residente en el procesador.⁷

Las funciones de estos softwar's son la edición y modificación del programa, detección de errores, archivamiento de programas y monitoreo en línea de variables. La conexión del PC al PLC comúnmente se realiza mediante una conexión en serie (generalmente la RS-232C o la RS-422). Hoy en día existen distintos puertos disponibles según la marca del PLC.⁷

²⁴AVILÉS, Juan Pablo, *Diseño y construcción de un sistema de control automático para optimizar el uso de una máquina tipo BrizioBasiDov 4000, para tratamiento de aceite dieléctrico de transformador, para la Empresa TECNIESAT, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2012 Pág. 22-23 capítulo 2.*

D1. Descripción de XCPPRO

XCPPRO que es software que permite realizar la programación del PLC XC3-32.



Figura D2. PLC XC3-32E

D1.1. Utilización Del Software Xc Series Program Tool

Una vez instalado el programa se procede a abrirlo, dando doble clic en el ícono que se crea en el escritorio con el nombre de XC Series Program Tool, en cual aparecerá una ventana como la que se muestra en la figura D3.

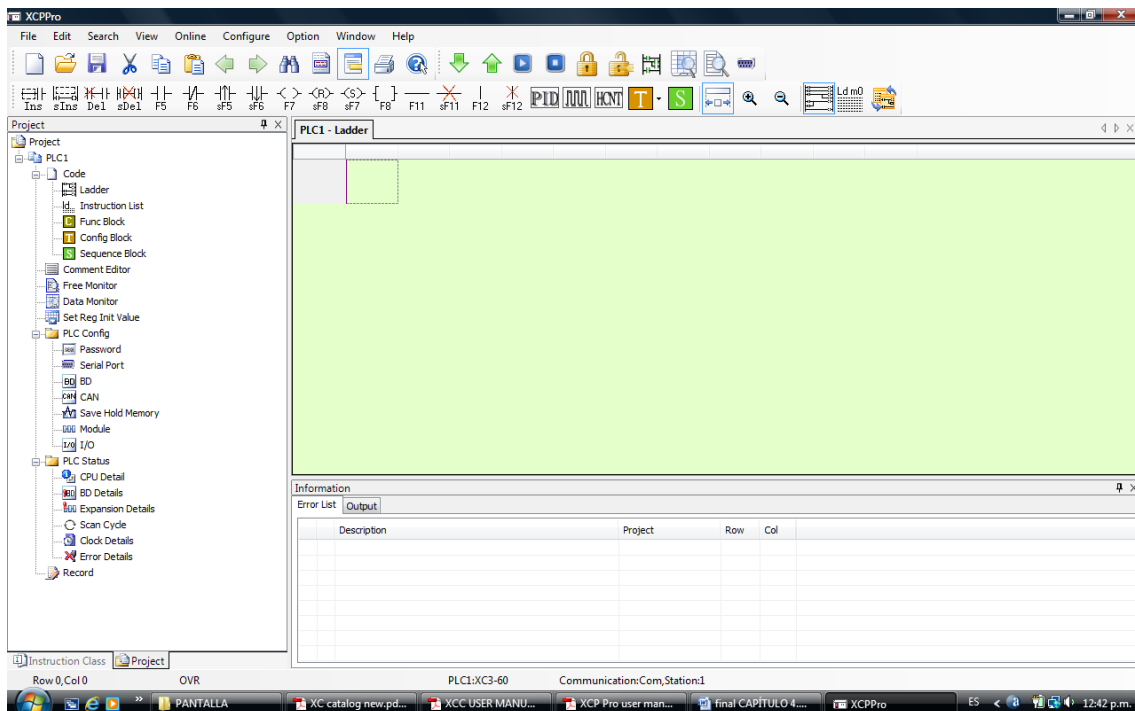


Figura D3. Presentación de XC Series Program Tool.

Luego que aparece la pantalla de programación es necesario configurar el software de acuerdo al PLC que se esté empleando en el presente caso sería el XC3-32, para lograr esto en la ventana descrita en la figura anterior se aprecia la barra FILE donde se elije NEW PROYECT, donde aparecerá la ventana que se describe en la figura D4.

Se observa que cuenta con un fondo gris y un recuadro blanco con el nombre SELEC PLC MODEL, en donde se despliega todos los modelos de los PLC's de la marca Thinget, y se elige el modelo XC3-32 y nuevamente aparecerá la ventana de la figura D3, pero con la diferencia que en este caso cumple con las características del PLC utilizado para la automatización de la máquina bloqueadora.

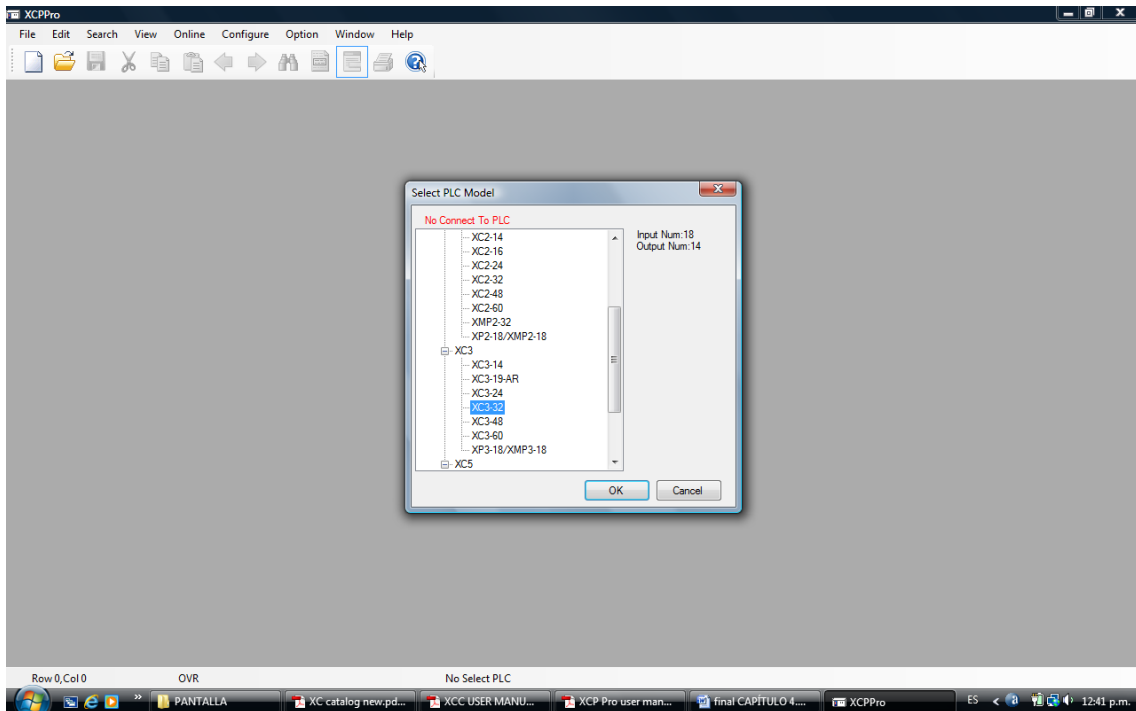


Figura D4. Como crear un nuevo proyecto tomando en cuenta el modelo de PLC.

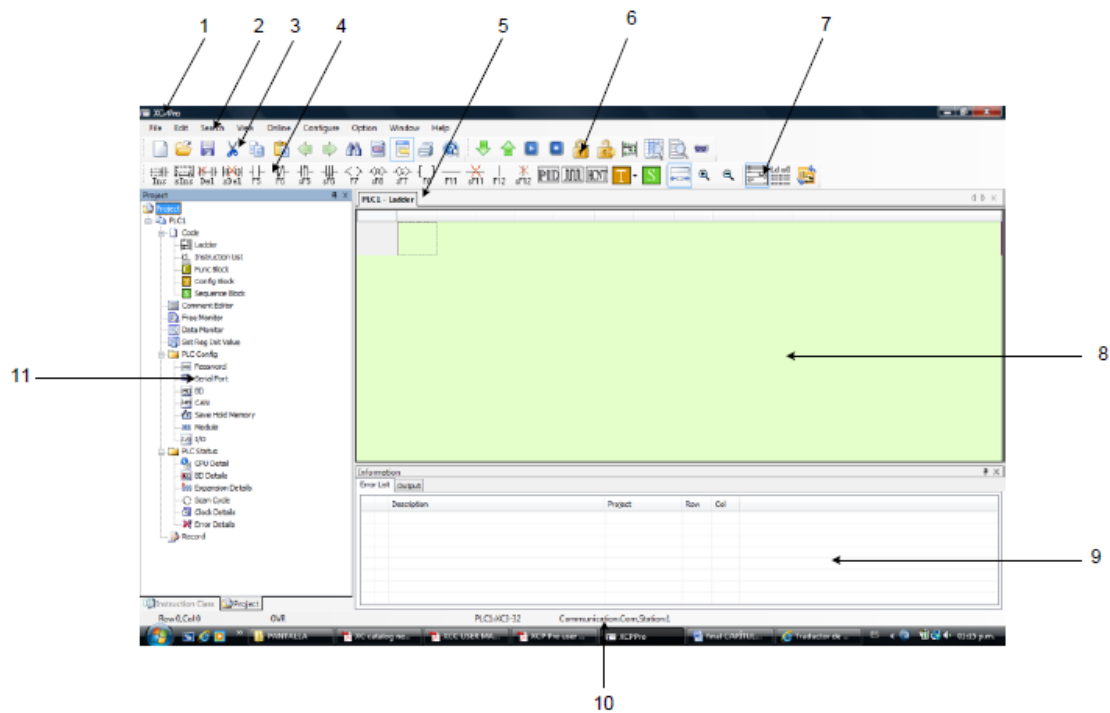


Figura D5. Interfaz básica del programa XCP PRO.

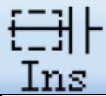

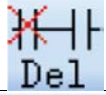

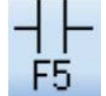

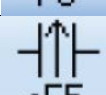

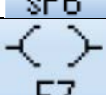
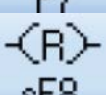
Los elementos descritos en la figura D5 se detallan en la tabla D1.



Ítem.	Nombre.	Descripción.
1	Barra de título.	Nombre de archivo y ruta de acceso
2	Barra menú	Elegir la operación a realizar de listas desplegables
3	Barra de herramientas convencionales	Iconos con funciones básicas.
4	Barra de entrada	Símbolos de instrucciones de entrada.
5	Ventanas	Seleccionar los archivos correspondientes
6	Barra de herramientas del PLC	Incluye cargas, descargar y ejecutar
7	Otros.	Incluye operaciones especiales.
8	Área de edición.	Programa de entrada.
9	Barra de información.	Muestra la lista de errores.
10	Barra de estado	Muestra el modelo del PLC, estado de operación.
11	Barra de instrucciones	Lista de instrucciones u operaciones.

Tabla D1. Elementos y barras que compone el software XCPPRO.

Para la programación se emplea símbolos gráficos en tipo chart los cuales se los detalla a continuación en la tabla D2.

Símbolo	Descripción	Comando
	Insertar nodo.	Inicio.
	Insertar una fila.	Shift inicio.
	Borrar nodo	Delete
	Borrar fila.	Shift delete.
	Nodo normalmente abierto.	F5
	Nodo normalmente cerrado.	F6
	Pulso flanco de subida.	Shift F5
	Pulso flanco de bajada	Shift F6
	Bobina de salida.	F7
	Bobina reset. (OFF)	Shift F8



Símbolo	Descripción	Comando
	Bobina set (ON)	Shift F7
	Línea horizontal.	F11
	Borrar línea horizontal.	Shift F11
	Línea vertical.	F12
	Borrar línea vertical.	Shift F12

Tabla D2. Simbología del programa para el PLC XC3-32.

La operación del programa nos permite los procesos de operación ideográfica, la forma de programa es grafica o en forma de escalera es la más sencilla y la preferida por los usuarios que manejan este programa, otra forma de programar es en forma de repertorio que es una programación avanzada.²⁵



Figura D6. Programación en forma de chart (escalera).

²⁵POMA, César, VÁSQUEZ, Jaime, *Mitigación de la influencia de las cargas no lineales en el transformador que alimenta al edificio Guillermo Mensi, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2012 Pág. 237.*

PLC1 - Instruction List		
0	LD	M0
2	OR	M22
4	OR	M43
6	OR	M44
8	ANI	M40
10	ANI	M41
12	SET	M20
14	SET	M21
16	SET	M23
18	SET	M26
20	SET	M27
22	SET	M28
24	RST	M24
26	SET	M25
28	LD	M20
30	AND	X13
32	LD	M10
34	ANI	M11
36	ANI	M22
38	ANI	M2
40	ANI	T1
42	ORB	
42	OUT	M10
44	LDI	X13

Figura D7. Programación en forma de repertorio.

Al utilizar programación en forma de escalera grafica, a esta se la puede realizar desde la barra de elementos de entrada donde el usuario puede elegir la operación o instrucciones que desea realizar de acuerdo a la lógica que requiera para sus aplicaciones.²⁶

Para poder llamar a los elementos que se necesitan en el programa se lo puede realizar de acuerdo a los comandos que se muestran en la tabla D2, por ejemplo para insertar un contacto normalmente abierto, se lo hace presionando la tecla F5. Con lo que aparecerá el contacto en el área de edición del programa tal como se muestra en la figura D6.

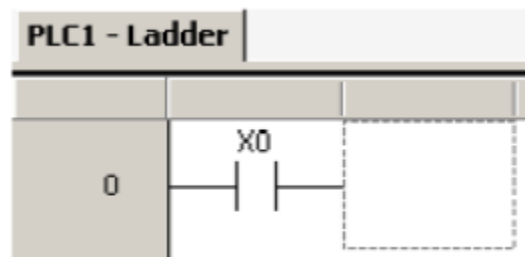


Figura D6. Forma de ingresar los comandos.

Un PLC se encuentra conformado por una infinidad de componentes tales como contactos que permiten realizar el control secuencial de un sistema, los más importantes se presentan en la tabla D2.

✓ Relé o contacto de Entrada de entrada (X)

Este tipo de relé es empleado para activar o desactivar una señal. En cada unidad básica se especifica su nombre con la letra X seguido de un número

²⁶POMA, César, VÁSQUEZ, Jaime, *Mitigación de la influencia de las cargas no lineales en el transformador que alimenta al edificio Guillermo Mensi, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2012 Pág. 238.*



que permita diferenciar de un relé y otro, esta numeración empieza en X000 hasta X007, X010 hasta X017 y desde X020 hasta X021.²⁷

✓ **Relé o contacto de salida (Y)**

Los relés de salida son una interfaz con una unidad de carga externa, al igual que los relés de ingreso a estos se los enumera con la letra Y seguida por un numero en forma octal, es decir desde Y000 hasta Y007, Y010 hasta Y017.¹⁰

✓ **Relés o contactos auxiliares (M)**

Este tipo de relés se encuentran equipados dentro del mismo PLC a diferencia de los de entrada o los de salida que si tienen un contacto externo, a estos se los denomina con la letra M seguidos por un numero en decimal que le permita diferenciarse de entre uno y otro, a estos se los utiliza dentro del programa solo pueden ser activados de acuerdo al código empleado.¹⁰

✓ **Relés de estado (S) – (R)**

Los relés de estado reset (R) o set (S) permiten colocar a una bobina una o varias bobinas encendidas o apagadas al mismo instante, son empleados como relés auxiliares los cuales ayudan a optimizar alguna secuencia de comandos.¹⁰

✓ **Temporizadores (T)**

Los temporizadores son empleados para calcular el pulso de tiempo que va desde 1ms, 10 ms y 100 ms. Se los representa con la letra T, su función es activarse luego de transcurrir el tiempo especificado en el programa estos son de gran utilidad para cumplir funciones específicas como por ejemplo mandar a apagar las luminaria luego de transcurrir 10 minutos, con esto se mejora el confort de las personas y se ahorra energía.¹⁰

✓ **Contadores (C)**

A los contadores se los clasifica de acuerdo a su aplicación y propósito como es el caso de los contadores de recuento interno, los cuales se manejan en rangos de 16 bits y 32 bits, estos pueden incrementarse desde 1 hasta 32767. También se tiene los contadores rápidos los cuales pueden tener una secuencia de incremento o de decremento de acuerdo a las necesidades del operador.¹⁰

✓ **Constantes (B) – (K) – (H)**

²⁷POMA, César, VÁSQUEZ, Jaime, *Mitigación de la influencia de las cargas no lineales en el transformador que alimenta al edificio Guillermo Mensi, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2012 Pág. 238 - 239.*



En todo PLC se requiere de datos por lo cual tenemos la letra B que nos representa binarios, la letra K nos representa decimal y la letra H representa hexadecimal.¹⁰

En la tabla D3 se describe todos los componentes se puede encontrar en el PLC con sus respectivas numeraciones.

Mnemotécnico	Nombre	Rango	Puntos
Puntos I/O	Entradas	X0 – X7; X10 – X17	14/18
	Salidas	Y0 – Y11; Y0 – Y15	10/14
X*2 (M)	Relé interno	X0 – X1037	544
Y*2 (M)	Relé interno	Y0 – Y1034	544
M	Relé interno	M0 – M7999	8000
		Uso especial M8000 – M8767	768
S	Flujo.	S0 – S1023	1024
T	Temporizador.	T0 – T99 100 ms	640
		T100 – T199 100 ms	
		T200 – T299 10 ms	
		T300 – T399 10 ms	
		T400 – T499 1ms	
		T500 – T599 1 ms	
		T600 – T639 1ms	
C	Contador.	C0 – C299 16 bits	640
		C300 – C599 32 bits	
		C600 – C619 HSC	
		C620 – C629 HSC	
		C630 – C639 HSC	
D	Registro de datos	D0 – D7999	8000
		Uso especial D8000 – D9023	1024
FD	Registro FlashRom	FD0 – FD1535	1536
		Uso especial FD8000 – FD8515	516

Tabla D3. Componentes del PLC XC3-32.

Para el diseño del circuito eléctrico de mando se debe considerar que todo el sistema debe adaptarse al sistema de mando existente, con la finalidad de que la máquina pueda seguir operando de forma manual si se presentara una falla en el PLC es decir el control de la máquina bloquera podrá ser de forma automática o manual según se elija, con el fin de operar la misma, para fabricar bloques de otras dimensiones (cambios de moldes).



ANEXO E
PROGRAMACIÓN DE LA PANTALLA HMI
TOUCH SCREEN TH765-UT

ANEXO E. PROGRAMACIÓN DE LA PANTALLA HMI TOUCH SCREEN TH765-UT

Las pantallas táctiles se han ido haciendo populares desde la invención de la interfaz electrónica táctil en 1971 por el Dr. Samuel C. Hurst. Han llegado a ser comunes en cajeros automáticos y en elementos donde se suele emplear un estilo para manipular la interfaz gráfica de usuario y también para introducir datos. La popularidad de los teléfonos inteligentes, de las video consolas portátiles o de los navegadores de automóviles está generando la demanda y la aceptación de las pantallas táctiles.²⁸

Las pantallas táctiles de última generación consisten en un cristal transparente donde se sitúa una lámina que permite al usuario interactuar directamente sobre esta superficie, utilizando un proyector para lanzar la imagen sobre la pantalla de cristal. Las pantallas táctiles son populares en la industria y en otras situaciones, tales como exposiciones de museos donde los teclados y los ratones no permiten una interacción satisfactoria, intuitiva, rápida, o exacta del usuario con el contenido de la exposición.¹³

Para introducir las consignas y ordenes del operador en el sistema de automatización se ha adquirido una pantalla HMI (Interface Hombre Máquina) TOUCH SCREEN TH765-UT del fabricante Thinget, la cual ofrece varias características aceptables para el objetivo de optimizar la máquina bloquera.



FiguraE1. Pantalla Touch Win TH765-UT.

La pantalla táctil es un dispositivo que se conecta con el PLC, el cual nos permite llevar a cabo el control de los diversos dispositivos instalados en la máquina bloquera.

²⁸ DÍAZ, Fausto, *Diseño de un prototipo de máquina dosificadora y contadora de herrajes*, Universidad Tecnológica Equinoccial, 2010 Pág. 35-36



E1. Especificaciones técnicas de la HMI TH765-UT.

La pantalla TH765-UT cuenta con una pantalla LCD con una gran gama de colores, con una dimensión total de 7 pulgadas. La programación se la realiza de forma grafica.

	Item	TH765-UT
Características Eléctricas.	Tensión nominal	DC20-DC28V
	Corriente	250mA
	Corte permisible	10ms
	Aislamiento.	10MΩ
Comunicación.	COM1	Soporta RS-232/RS-485
	COM2	Soporta RS-232/RS422/RS485
	USB1	USB-A (acorde con USB2.0)
	USB2	USB-B (acorde con USB2.0)
	Ethernet port	RJ-45
Medio Ambiente.	Temperatura de operación.	0—50°C
	Humedad	-20-60°C
	Resistencia a la vibración.	10-25Hz
	Interferencia.	Tensión de ruido 1000Vp-p
	Contaminación.	Libre de gases corrosivos.
	Configuración de protección.	IP 65
Propiedades de pantalla.	Tipo.	65536 colores verdaderos
	Vida útil.	Más de 50000 horas
	Área de visualización.	800 x 480 mm
	Contraste.	No ajustable
	Configuración de idioma.	Chino, Ingles, Coreano, Japonés
Memoria.	Pantalla.	128MB
Configuración.	Modo de enfriamiento.	Enfriamiento con aire natural.
	Dimensiones externas.	204.0 x 150.5 x 43.9 mm
	Dimensiones panel frontal.	192.0 x 138.5mm

Tabla E1.Especificaciones técnicas de las hojas del fabricante del HMI TH765-UT, utilizado en este proyecto.

E2. Descripción de TOUCHWIN EDIT TOOL

Una vez instalado el programa se procede a abrir el programa dando doble clic en el ícono que se crea en el escritorio con el nombre de TouchWin Edit Tool, en cual nos aparecerá una ventana como la que se muestra en la figura E2.

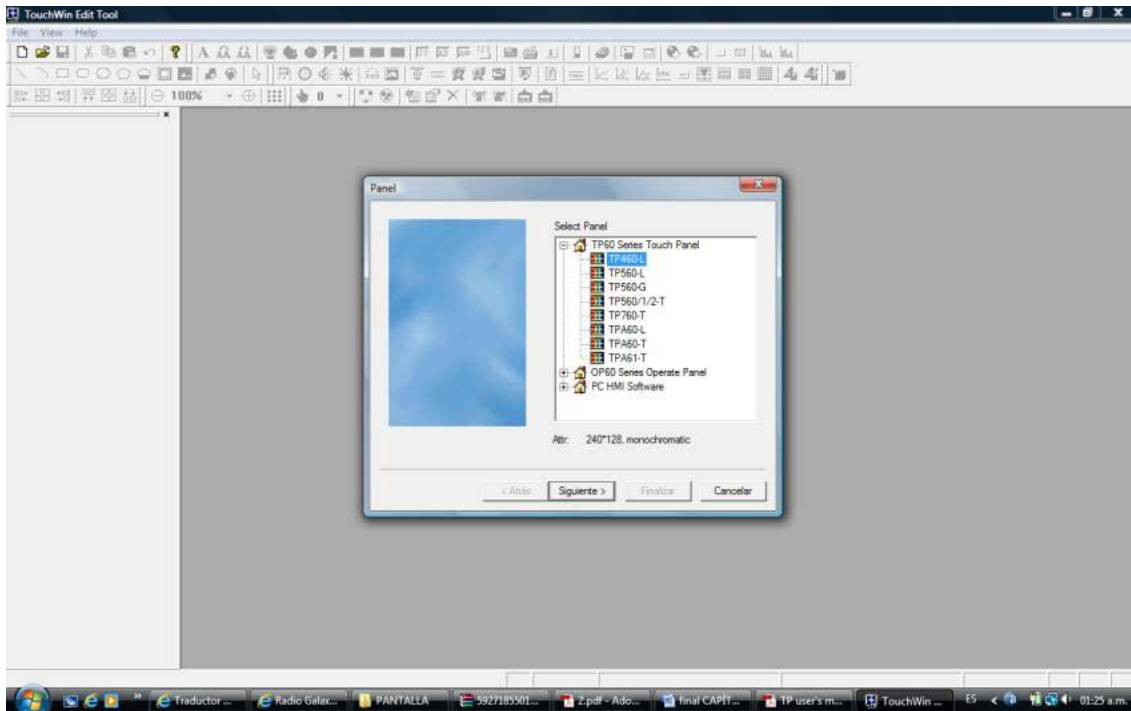


Figura E2. Como crear un nuevo proyecto en TOUCHWIN EDIT TOOL.

Luego que aparece la pantalla de programación es necesario configurar el software de acuerdo a la pantalla que se está utilizando, en este caso sería la TH765-UT. Para ello se crea un nuevo proyecto dando clic en NEW y eligiendo la pantalla en cuestión, seguidamente se escoge el tipo de PLC que se está ocupando Thinget XC series, luego se selecciona el tipo de comunicación a emplear que sería la Thinget XC series y finalmente se le da un nombre al proyecto.

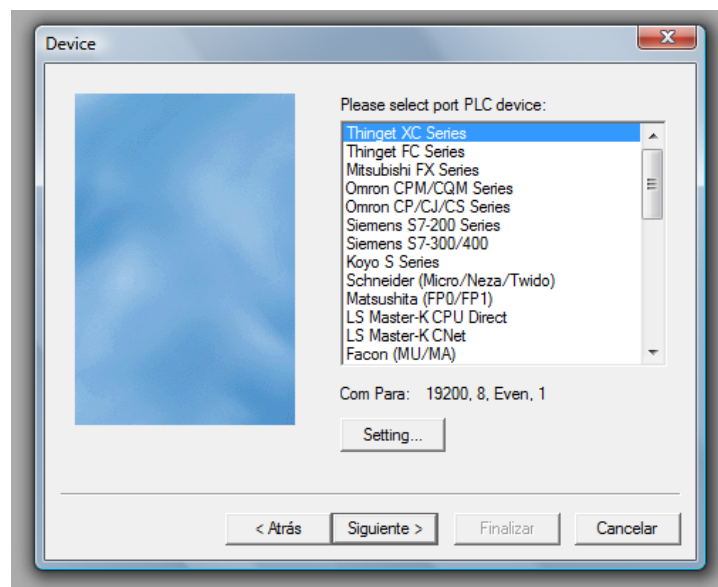


Figura E3. Seleccionar el PLC.

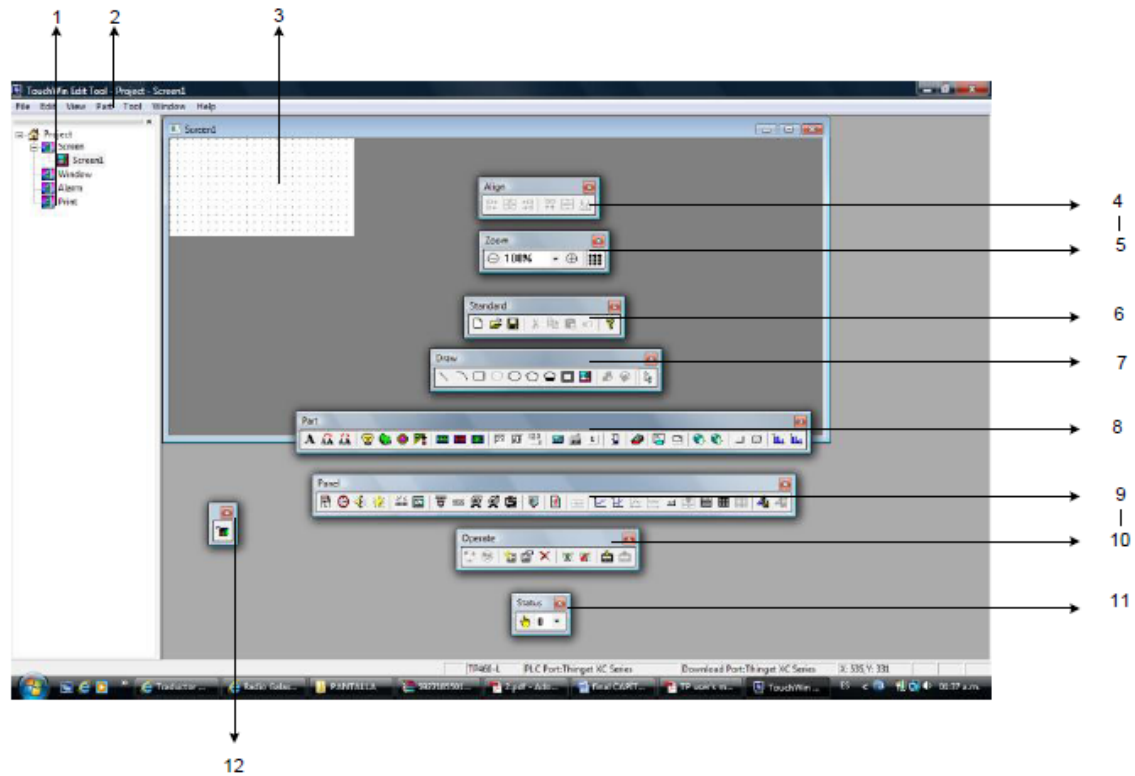


Figura E4. Interfaz básica del programa TouchWin Edit Tool.

Los elementos descritos en la figura E4 se detallan en la tabla E2.

Ítem	Nombre
1	Director de proyecto
2	Barra de menú
3	Área de edición SCREEN
4	Barra de herramientas alinear
5	Barra de herramientas zoom
6	Barra de herramientas estándar.
7	Barra de herramientas gráficos.
8	Barra de herramientas partes.
9	Barra de herramientas panel.
10	Barra de herramientas operación.
11	Barra de herramientas estado.
12	Biblioteca.

TablaE2. Descripción de los elementos del software TouchWin Edit Tool.

Antes de empezar a programar es necesario guardar el archivo en una carpeta donde se crea conveniente. Para dar inicio con la edición del programa, se lo

puede realizar a través de áreas de trabajo (Screens) o por medio de ventanas (windows).²⁹

En el sistema empleado solo se trabajará con screens.

Para insertar un creen se da clic derecho sobre la palabra screen en la barra director de proyecto numeral 1 y se inserta un nuevo screen, al cual se le otorga un número de identificación ID y un nombre y así se lo puede repetir las veces que sean necesarias.

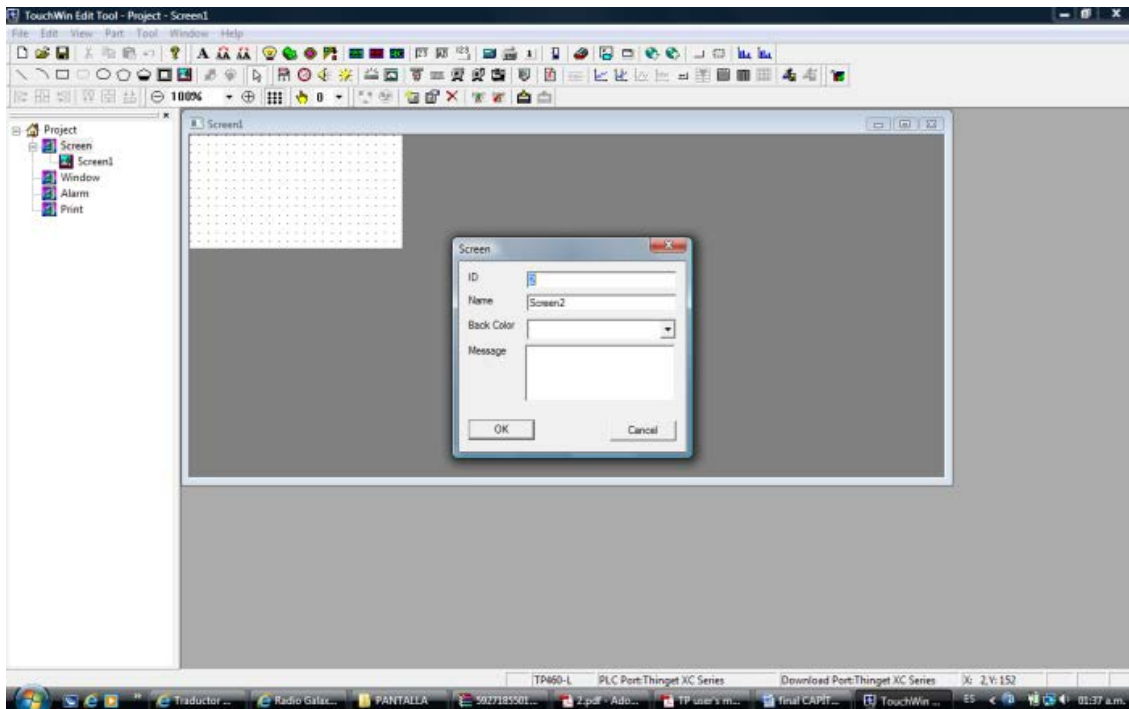


Figura E5. Como crear un nuevo screen.

Una vez establecidas las áreas de trabajo necesarias se procede a realizar la codificación del entorno visual, que se desea apreciar en nuestro sistema para lo cual es necesario conocer algunas herramientas útiles que se las describe a continuación en la tabla E3.

²⁹POMA, César, VÁSQUEZ, Jaime, *Mitigación de la influencia de las cargas no lineales en el transformador que alimenta al edificio Guillermo Mensi, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2012 Pág. 243.*

Símbolo	Nombre	Descripción
	Cargar programa	Empleado para cargar datos en la pantalla.
	Simulación en línea	Con esta opción podemos conectar el PLC a la PC y realizar cualquier simulación.
	Simulación fuera de línea	Se puede realizar una simulación en el mismo software
	Texto.	Escribir frases dentro de nuestro diseño
	Luz piloto.	Muestra el estado de un componente
	Pulsante.	Abrir o cerrar un componente cumple un determinada función
	Pulsante con luz piloto.	Muestra el estado del pulsante que tiene incorporado.
	Pantalla Jump	Salto de una pantalla a otra
	Display.	Lectura de datos registrados.
	Ingresar texto	Nos permite ingresar texto.
	Teclado.	Permite al usuario ingresar texto al sistema.
	Función. (FUNTION)	Al pulsar el botón se cumplirá las actividades asignadas.
	Función de campo	Idéntico a función.
	Fecha.	Mostrar la fecha en la pantalla
	Reloj.	Muestra la hora en la pantalla

TablaE3. Componentes del TouchWin Edit Tool.

Cada vez que se ocupa un elemento descrito en la tabla E3 aparece una nueva ventana en la que se tiene que elegir o ingresar a que variable corresponde, por ejemplo asignar alguna marca, entrada, salida o bien alguna función especial, así mismo se debe describir la asignación del puerto.³⁰

³⁰POMA, César, VÁSQUEZ, Jaime, *Mitigación de la influencia de las cargas no lineales en el transformador que alimenta al edificio Guillermo Mensi, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2012 Pág. 244.*

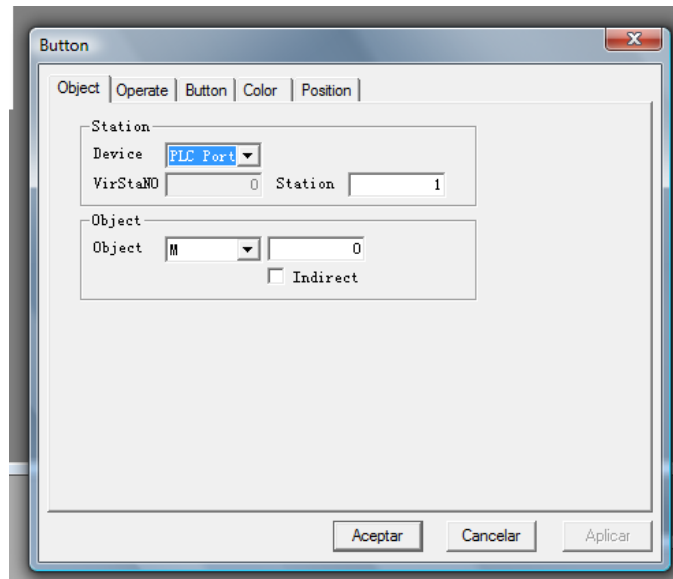


Figura E6. Asignación de variables a los elementos.

Algunas funciones especiales como la FUNTION tienen ciertas características, en esta se establece la operación que va a seguir y cumplir estrictamente, es decir se selecciona la función RELEASED, a continuación la operación SCREEN JUMP y luego se designa a que SCREEN se quiere llamar y de esta forma se puede abrir un SCREEN por medio de un botón que tiene otro SCREEN diferente.³¹

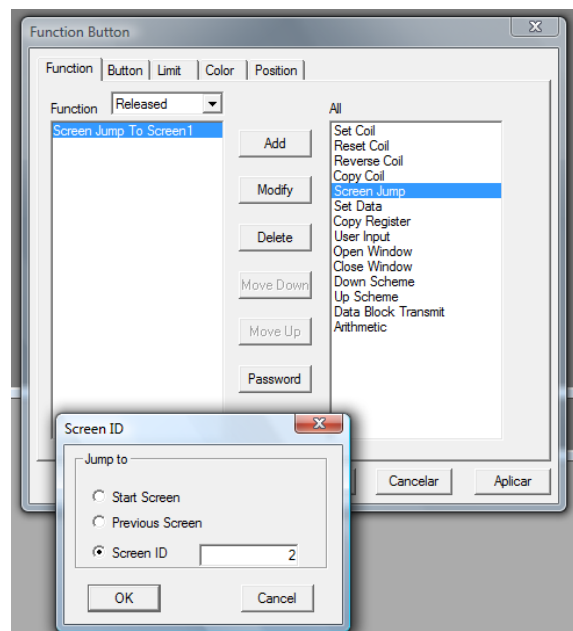


Figura E7. Asignación de parámetros a un botón FUNTION.

³¹POMA, César, VÁSQUEZ, Jaime, Mitigación de la influencia de las cargas no lineales en el transformador que alimenta al edificio Guillermo Mensi, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2012 Pág. 245.

Para cargar el programa a la pantalla TH765-UT se necesita de un cable USB como el de la figura E8, con lo que se garantiza tener una comunicación óptima, en el caso de que al conectar la pantalla al computador el programa no la detecte automáticamente, se puede configurar los puertos COM a través de la barra de herramientas (TOOL) eligiendo option y estableciendo el puerto COM correcto.



Figura E8. Cable USB que se usa para cargar el programa en el HMI.

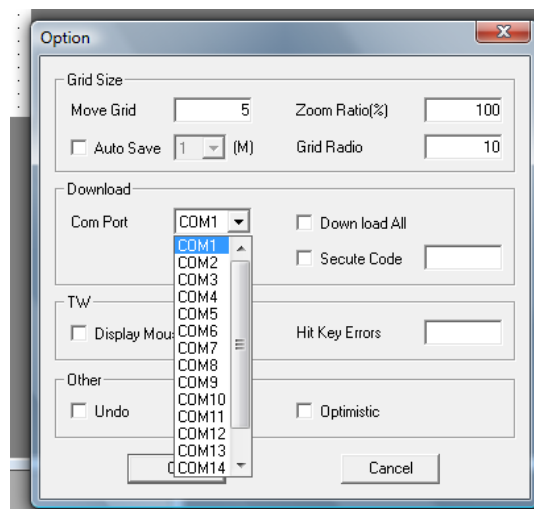


Figura E9. Configuración de puerto COM.

Una vez establecida la comunicación entre la pantalla y la PC se procede a cargar el programa a través del botón DOWNLOAD.



ANEXO F

**DIRECCIONES DEL PROTOCOLO DE
COMUNICACIÓN MODBUS**



ANEXO F. DIRECCIONES DEL PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS

Al crear un sistema de comunicación mediante un protocolo Modbus, HMI TOUCH SCREEN TH765-UT puede comunicarse con el PLC accediendo a sus registros, esto directamente lo realiza TouchWin Edit Tool al configurar un nuevo proyecto como ya se indico anteriormente. En este caso las direcciones del PLC THINGET que se ocupan son:

▪ **Salidas:**

Dirección Modbus	Elemento del PLC	Dirección Modbus	Elemento del PLC
Modbus1.018433	Y0	Modbus1.018445	Y14
Modbus1.018434	Y1	Modbus1.018446	Y15
Modbus1.018435	Y2	Modbus1.018447	Y16
Modbus1.018436	Y3	Modbus1.018448	Y17
Modbus1.018437	Y4	Modbus1.018449	Y20
Modbus1.018438	Y5	Modbus1.018450	Y21
Modbus1.018439	Y6	Modbus1.018451	Y22
Modbus1.018440	Y7	Modbus1.018452	Y23
Modbus1.018441	Y10	Modbus1.018453	Y24
Modbus1.018442	Y11	Modbus1.018454	Y25
Modbus1.018443	Y12	Modbus1.018455	Y26
Modbus1.018444	Y13	Modbus1.018456	Y27

Tabla 2.13. Direcciones Modbus, Salidas.

Entradas:

Dirección Modbus	Elemento del PLC
Modbus1.016385	X0
Modbus1.016386	X1
Modbus1.016387	X2
Modbus1.016388	X3
Modbus1.016389	X4
Modbus1.016390	X5
Modbus1.016391	X6
Modbus1.016392	X7
Modbus1.016393	X10
Modbus1.016394	X11
Modbus1.016395	X12

Tabla 2.14. Direcciones Modbus, Entradas.

Cada dirección del protocolo Modbus puede enlazarse a un gráfico para representar un estado (encendido o apagado). Por ejemplo la salida Modbus1.018433 puede representar una electroválvula, un motor o una luz piloto.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

En el siguiente capítulo se abordará todos los aspectos concernientes a la implementación del diseño expuesto de la automatización de la máquina en cuestión.



BIBLIOGRAFÍA

- *“AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE BLOQUES PARA CONSTRUCCIÓN”, HERNÁNDEZ C., Unidad Profesional Azcapotzalco, México, febrero de 2009.*
- *“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BLOQUERA ADOQUINERA AUTOMATIZADA SUSTENTADA EN UN PROGRAMA DE ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS”, FERNÁNDEZ CHICA P., MOLINA G., Escuela Politécnica Del Ejército Extensión Latacunga, Ecuador diciembre de 2010.*
- *“SISTEMAS DE CONTROL INDUSTRIAL”, VITERI H., Apuntes en clases, Cuenca-Ecuador 2010.*
- *“CONTROLES Y AUTOMATISMOS ELÉCTRICOS”, FLOWER L., Alfaomega Colombiana, Colombia 2007.*
- *“ELECTRICIDAD INDUSTRIAL”, Curso Virtual, CEDECO Estudios Profesionales, España 2008.*
- *HERNÁNDEZ Christopher, Automatización del proceso de producción de bloques para construcción, Instituto Politécnico Nacional, 2009.*
- *FERNÁNDEZ, Polo, Diseño y construcción de una máquina bloquera adoquinera automatizada sustentada en un programa de análisis por elementos finitos, Escuela Politécnica del Ejército, 2010.*
- *POMA, César, VÁSQUEZ, Jaime, Mitigación de la influencia de las cargas no lineales en el transformador que alimenta al edificio Guillermo Mensi, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2012*
- *ELECTRICIDAD INDUSTRIAL, Curso Virtual, CEDECO Estudios Profesionales, 2008*



- *HEREDIA, Roberto, Diseño de un desapilador en una fábrica de contenedores, Universitat Rovira I Virgili, 2006.*
- *CANTO, Carlos, Sensores de proximidad capacitivos, Autómatas Programables, Facultad De Ciencias /UASLP, 2010.*
- *AVILÉS, Juan Pablo, Diseño y construcción de un sistema de control automático para optimizar el uso de una máquina tipo BrizioBasiDov 4000, para tratamiento de aceite dieléctrico de transformador, para la Empresa TECNIESAT, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2012.*
- *DÍAZ, Fausto, Diseño de un prototipo de máquina dosificadora y contadora de herrajes, Universidad Tecnológica Equinoccial.*
- <http://www.apuntesdeelectronica.com/industrial/protocolo-modbus.htm>
- <http://www.esmma.com/bloquera.htm>
- <http://www.vickers.hidraulica.net/>
- <http://www.pymesfuturo.com/puntodeequilibrio.htm>
- <http://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info67/sensores.pdf>