

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

Anexos



**Juan Manuel Ordoñez Anaya
Walter Fabián Pabón Carabalí**

Universidad del Cauca

**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control
Ingeniería en Automática Industrial
Popayán, abril de 2015**

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

Anexos



**Juan Manuel Ordoñez Anaya
Walter Fabián Pabón Carabalí**

**Monografía presentada como requisito parcial para optar por el título de
Ingeniero en Automática Industrial**

Director: Ing. Juan Fernando Flórez Marulanda

Universidad del Cauca

**Facultad de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control
Ingeniería en Automática Industrial
Popayán, abril de 2015**

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
1 ANEXO A: MANUAL DE OPERACIÓN DE LA UNIDAD DE PRESADO HIDRÁULICO Y MOLDEO.....	1
1.1 Recomendaciones de seguridad.....	1
1.2 Descripción y operación de la unidad	2
1.2.1 Módulo de potencia hidráulica	2
1.2.2 Módulo mecánico	3
1.2.3 Módulo de control.....	4
1.3 GUÍA PARA OPERACIÓN	5
1.3.1 PLANTA HIDRAULICA	6
1.4 DIAGRAMA DE FLUJO PROGRAMACIÓN DE LA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA	12
1.4.1 HMI UNIDAD HIDRÁULICA MODO AUTOMÁTICO.....	13
1.4.2 HMI UNIDAD HIDRÁULICA MODO AUTOMÁTICO. Continuación	14
1.4.3 HMI UNIDAD HIDRÁULICA MODO MANUAL.....	15
1.4.4 HMI UNIDAD HIDRÁULICA MODO MANUAL. Continuación.....	16
2 ANEXO B: DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES DEL ARMARIO 1 DE CONTROL	17
2.1 Borneras de entrada y <i>breakers</i> del sistema	17
2.2 Elementos de control y accionamientos	18
2.3 Elementos de potencia y borneras de salida	18
3 ANEXO C: PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DE LAS PLACAS DE ENFRIAMIENTO DE LA PRENSA HIDRÁULICA.....	19
4 ANEXO D: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS PARA LOS RHW	20
4.1 Especificaciones del secador de tambor FT32	20
4.2 Especificación de las partes del inyector	20
4.3 Especificaciones del equipo de recubrimiento aislante de humedad	20
4.4 Especificaciones del PLC <i>MicroLogix 1500</i> de <i>Allen Bradley</i>	21
5 ANEXO E: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS	22
5.1 Unidad de adecuación de fique.....	22
5.2 Unidad de gelatinización de harina de yuca	23
5.3 Unidad de mezclado	23
5.4 Unidad de moldeo y dosificado	24
5.5 Unidad de secado	24
5.6 Unidad de prensado neumático y moldeo	25
5.7 Unidad de prensado hidráulico y moldeo.....	28
5.8 Panel de potencia (Armario 1)	33
5.9 Panel de control y HMI (Armario 2).....	35
5.9.1 Panel táctil.....	35
5.9.2 Indicadores de funcionamiento	36
5.9.3 Pulsadores y llaves	37
5.10 Elementos de campo Lazo de temperatura	38
6 ANEXO F: DIAGRAMAS DE LAZO DE INSTRUMENTOS UNIDADES DE PRENSADO Y MOLDEO.....	39
6.1 Diagramas de lazo de control unidad de prensado neumático y moldeo	39
6.1.1 Lazo de control posición de los cilindros neumáticos	39
6.1.2 Lazo de control de temperatura unidad neumática.....	41
6.2 Diagramas de lazo de control unidad de prensado neumático y moldeo	43
6.2.1 Lazo de control posición de los cilindros hidráulicos	43
6.2.2 Lazo de control de temperatura unidad hidráulica.....	45
6.2.3 Lazo de control de presión hidráulica	47

**Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales
Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.**

7	ANEXO G: DIAGRAMAS DE MANDO Y POTENCIA DE LAS UNIDADES DE PRENSADO Y MOLDEO DEL PROCESO DE MOLDEO POR COMPRESIÓN	49
7.1	Diagramas de mando de la unidad de prensado neumático y moldeo	49
7.1.1	Diagrama de mando compresor.....	49
7.1.2	Diagrama de mando resistencias eléctricas unidad neumática.....	50
7.2	Diagrama de Mando de la unidad de prensado hidráulico y moldeo.....	51
7.2.1	Diagrama de mando motor	51
7.2.2	Diagrama de mando resistencias eléctricas unidad hidráulica	52
7.3	Diagramas de Potencia de la unidad de prensado neumático y moldeo	53
7.3.1	Diagrama de potencia compresor	53
7.3.2	Diagrama de potencia resistencias eléctricas unidad neumática	54
7.4	Diagramas de Potencia de la unidad de prensado hidráulico y moldeo.....	55
7.4.1	Diagrama de potencia motor.....	55
7.4.2	Diagrama de potencia resistencias eléctricas unidad hidráulica	56
7.5	Diagrama de entradas y salidas del PLC.....	57
7.5.1	Diagrama de entradas del PLC.....	57
7.5.2	Diagrama de salidas del PLC.....	58
7.6	Diagrama de mando y potencia de electroválvulas hidráulicas.....	59
7.6.1	Diagrama de mando de electroválvulas hidráulicas	59
7.6.2	Diagrama de potencia de electroválvulas hidráulicas.....	60
8	ANEXO H: DIAGRAMAS PROGRAMACIÓN LADDER DEL PLC UNIDADES DE PRENSADO Y MOLDEO	61
8.1	Actualizar entradas	61
8.2	Iniciar variables	62
8.3	Cambio de pantalla	62
8.4	Modo de operación	63
8.5	Obtener parámetros Hidráulica Automática.....	64
8.6	Obtener parámetros Hidráulica Manual	68
8.7	Obtener parámetros Neumática Automática.....	68
8.8	Fase cocción Hidráulica Automática.....	69
8.9	Fase de cocción Neumática Automática.....	71
8.10	Extraer muestra Hidráulica Automática.	71
8.11	Extraer muestra Hidráulica Manual.....	72
8.12	Fin de proceso.....	73
8.13	Casos falla.....	73
8.14	Cancelar Acción	74
9	ANEXO I: PRUEBA DE MOLDEO EN LA CÉLULA DE PROCESO	75
9.1	Descripción del desarrollo de la prueba.....	75
9.2	Fallas en el procedimiento	75
9.3	Resultados de la prueba de moldeo	76
9.4	Costo energético y de materiales para un lote de 3 bandejas.....	77
10	ANEXO J: CAPACITACIÓN MANEJO DE MODELOS DE AUTOMATIZACIÓN ISA-88 PARA EL PROCESO DE MOLDEO POR COMRESIÓN	79
	BIBLIOGRAFÍA	81

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Etiquetas de seguridad de la unidad de prensado hidráulico.....	1
Figura 2. Unidad de prensado hidráulico y moldeo.	2
Figura 3. Unidad de potencia hidráulica.	3
Figura 4. Unidad Mecánica.	4
Figura 5. Panel de control HMI.....	4
Figura 6. Diagrama de flujo programación de la interfaz hombre-máquina.....	12
Figura 7. HMI unidad hidráulica modo automático.	13
Figura 8. HMI unidad hidráulica modo automático – continuación.....	14
Figura 9. HMI unidad hidráulica modo manual.	15
Figura 10. HMI unidad hidráulica modo manual – continuación.	16
Figura 11. Borneras de entrada y <i>breakers</i> del sistema.	17
Figura 12. Elementos de control y accionamientos.	18
Figura 13. Elementos de potencia y borneras de salida.	18
Figura 14. Sistema interno de enfriamiento.....	19
Figura 15. Medidas internas de la placa de enfriamiento.	19
Figura 16. Panel de control y HMI.....	35
Figura 17. Diagrama de lazo posición de los cilindros neumáticos.....	40
Figura 18. Diagrama de lazo control de temperatura unidad neumática.....	42
Figura 19. Diagrama de lazo control de posición de los cilindros hidráulicos.	44
Figura 20. Diagrama de lazo control de temperatura unidad hidráulica.....	46
Figura 21. Diagrama de lazo control de presión hidráulica.....	48
Figura 22. Diagrama de mando compresor.....	49
Figura 23. Diagrama de mando resistencias eléctricas unidad neumática.	50
Figura 24. Diagrama de mando motor.....	51
Figura 25. Diagrama de mando resistencias eléctricas unidad hidráulica.	52
Figura 26. Diagrama de potencia compresor.	53
Figura 27. Diagrama de potencia resistencias eléctricas unidad neumática.....	54
Figura 28. Diagrama de potencia motor.	55
Figura 29. Diagrama de potencia resistencias eléctricas unidad hidráulica.....	56
Figura 30. Diagrama de entradas del PLC.	57
Figura 31. Diagrama de salidas del PLC.....	58
Figura 32. Diagrama de mando de electroválvulas hidráulicas.....	59
Figura 33. Diagrama de potencia de electroválvulas hidráulicas.....	60
Figura 34. Uso de horno auxiliar.	76
Figura 35. Desajuste del molde macho.	76
Figura 36. Resultados de la prueba de moldeo: Bandeja reseca.	77
Figura 37. Registro fotográfico de capacitación: Manejo de modelo ISA-88.....	79

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Especificaciones del secador de tambor FT32.....	20
Tabla 2. Especificación de las partes del inyector.	20
Tabla 3. Especificaciones del AUTOJET Modelo 1550.....	21
Tabla 4. Especificaciones técnicas del <i>MicroLogix 1500</i> de <i>Allen Bradley</i>	21
Tabla 5. Unidad de adecuación de fique.	22
Tabla 6. Unidad de gelatinización de harina de yuca.....	23
Tabla 7. Unidad de mezclado.	23
Tabla 8. Unidad de moldeo y dosificado.	24
Tabla 9. Unidad de secado.....	24
Tabla 10. Unidad de prensado neumático y moldeo.....	25
Tabla 11. Unidad de prensado hidráulico y moldeo.	28
Tabla 12. Panel de potencia (Armario 1).	33
Tabla 13. Panel táctil.	36
Tabla 14. Indicadores de funcionamiento.	36
Tabla 15. Pulsadores y llaves.....	37
Tabla 16. Elementos de campo Lazo de temperatura.	38
Tabla 17. Conexión de instrumentos y señales lazo de control cilindros neumáticos.	39
Tabla 18. Conexión de instrumentos y señales lazo de control temperatura neumática. .	41
Tabla 19. Conexión de instrumentos y señales lazo de control de posición cilindros hidráulicos.	43
Tabla 20. Conexión de instrumentos y señales lazo control temperatura hidráulica.	45
Tabla 21. Conexión de instrumentos y señales lazo control presión hidráulica.....	47
Tabla 22. Equipos y consumo kilovatios-hora para un lote de 3 bandejas.....	77
Tabla 23. Materiales, cantidades, precios y costos para lote de 3 bandejas.....	78

1 ANEXO A: MANUAL DE OPERACIÓN DE LA UNIDAD DE PRESADO HIDRÁULICO Y MOLDEO

1.1 Recomendaciones de seguridad

Durante la operación y mantenimiento de la máquina por favor tome las medidas de seguridad necesaria y en particular las siguientes:

- 1- No ajuste o utilice la máquina hasta que haya leído el manual.
 - 2- Todos los trabajos eléctricos deben ser ejecutados por personal idóneo con el fin de evitar daños al equipo o lesiones físicas.
 - 3- Evite colocar sus manos entre las placas de trabajo.
 - 4- No modifique los circuitos de control o cualquier otro componente de la máquina.
 - 5- Nunca use la máquina si los dispositivos de seguridad han sido removidos.
 - 6- Antes de cada uso de la máquina, asegúrese de:
 - a. Todos los dispositivos de protección se encuentran en su lugar.
 - b. No hay obstrucción entre las placas aparte de la muestra a trabajar.
 - c. Hay libre acceso al panel de control y la pantalla táctil.
 - d. El piso alrededor de la maquina está libre de grasa, aceite y agua.
 - 7- Si va a operar la máquina, asegúrese de no usar ropa suelta, corbatas o cualquier otro elemento que puede quedar atrapado en la máquina.
 - 8- Haga que al menos uno de los usuarios, esté entrenado para realizar ajustes en la máquina.
 - 9- Antes de cualquier inspección o mantenimiento, asegúrese de que el interruptor principal está apagado y la alimentación está desconectada.
 - 10- Use gafas y guantes de protección térmica cuando opere la máquina.
- Tenga presente las etiquetas que se presentarán a lo largo de este documento, (ver Figura 1).

Figura 1. Etiquetas de seguridad de la unidad de prensado hidráulico.



Fuente: El autor, junio de 2015.

A continuación se desglosan las características electro-mecánicas más importantes de la unidad:

- a. Voltaje de Alimentación: 3 Fases @ 120 VAC.
- b. Potencia total estimada máxima: 3.5kW
- c. Presión máxima del sistema: 150 bar
- d. Presión máxima aplicada cilindro de compresión: 100 bar
- e. Presión máxima aplicada cilindro de expulsión: 100 bar
- f. Temperatura máxima alcanzada por las placas: 350° Celsius

1.2 Descripción y operación de la unidad

La unidad de prensado hidráulico y moldeo permite realizar operaciones de moldeo con precisión en el control de la temperatura de las placas compresoras, así como la cantidad de fuerza aplicada en la operación. Usando la pantalla táctil y los botones de comando se puede seleccionar el modo de operación de la planta, bien sea manual o automático, el cual permite configurar la experiencia del operario ejecutando el proceso en modo manual para ser realizado por la maquina sin intervención del usuario, (ver Figura 2).

Figura 2. Unidad de prensado hidráulico y moldeo.



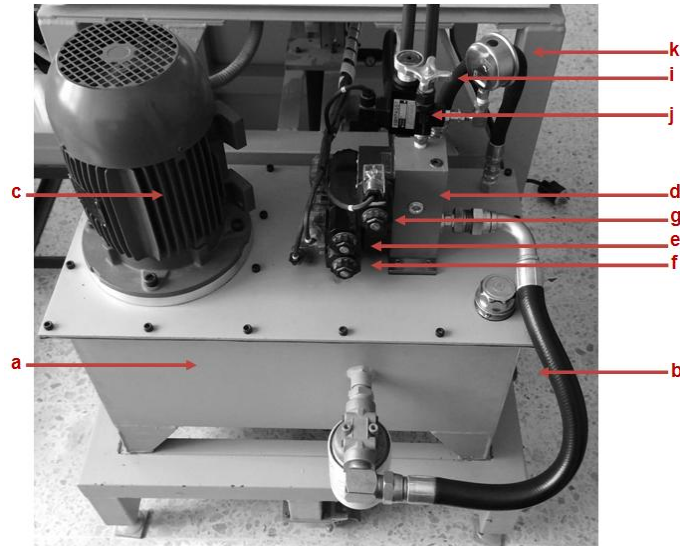
Fuente: El autor, junio de 2014.

1.2.1 Módulo de potencia hidráulica

La unidad de potencia Hidráulica es donde la prensa toma su energía para el proceso de compresión y expulsión, (ver Figura 3).

- a. Depósito de aceite.
- b. Indicador de nivel y temperatura de aceite.
- c. Motor eléctrico 3 fases conectado en estrella. $3 \Phi Y$
- d. Distribuidor hidráulico.
- e. Válvula de control de flujo de fluido hidráulico cilindro superior.
- f. Válvula de control de flujo de fluido hidráulico cilindro inferior.
- g. Válvula de control de flujo de fluido hidráulico de alivio.
- h. Válvula de control de presión total en el distribuidor.
- i. Válvula de control de flujo total en el distribuidor.
- j. Presostato indicador de sobrepresión en cilindro superior.
- k. Manómetro indicador analógico de presión del distribuidor.

Figura 3. Unidad de potencia hidráulica.



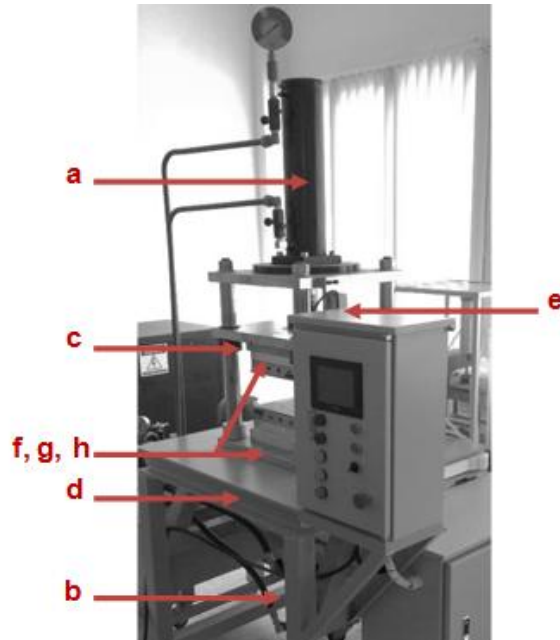
Fuente: El autor, junio de 2014.

1.2.2 Módulo mecánico

Esta unidad es la encargada de soportar el sistema de potencia hidráulica e integrar con el molde de bandejas toda la planta, (ver Figura 4).

- a. Cilindro hidráulico superior.
- b. Cilindro hidráulico inferior.
- c. Ejes guía y plataforma de deslizamiento.
- d. Mesa de trabajo y soporte.
- e. Sensores de fin de carrera de la plataforma móvil.
- f. Aislante térmico entre las placas y las plataformas.
- g. Placas de enfriamiento superior e inferior.
- h. Placas de calentamiento superior e inferior.
- i. Moldes superior e inferior.

Figura 4. Unidad Mecánica.



Fuente: El autor, junio 2014.

1.2.3 Módulo de control

Panel de control HMI se encarga del mando de los sistemas hidráulicos de compresión y expulsión mediante el accionamiento de botones y llaves selectoras, compuesto por indicadores de funcionamiento del sistema hidráulico y un panel de mando HMI, (ver Figura 5).

Figura 5. Panel de control HMI.

- j. Panel de control HMI
 - i. Pantalla táctil.
 - ii. Indicadores de funcionamiento.
 - 1. Indicador de sobrecarga resistencias eléctricas.
 - 2. Indicador de sobrecarga Motor bomba hidráulica / Motor compresor.
 - 3. Indicador de funcionamiento sistema hidráulico.
 - 4. Indicador de funcionamiento sistema neumático
 - 5. Indicador de modo MANUAL/AUTOMÁTICO.
 - iii. Pulsador para elevación del cilindro neumático/hidráulico superior.
 - iv. Pulsador para descenso del cilindro neumático/hidráulico superior.
 - v. Llave maestra de encendido.
 - vi. Botón de parada de emergencia.
- k. Panel de potencia.



Fuente propia, junio de 2014.

1.3 GUÍA PARA OPERACIÓN

La pantalla cuenta con una programación enfocada a la simplicidad y facilidad de operación. Desde ésta, se pueden controlar las unidades de prensado y moldeo neumática e hidráulica. Todo el ingreso de parámetros es realizado a través de esta y a continuación se describen cada una de las etapas por las que el usuario pasa según las selecciones que se efectúen.

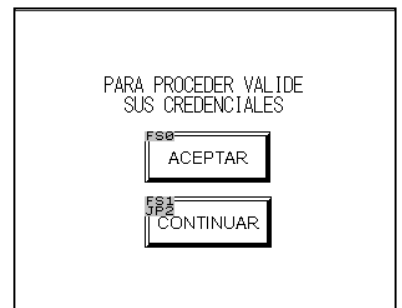
Descripción de las pantallas de despliegue del módulo de control.

- 1- Pantalla de Bienvenida: Una vez se enciende la planta, lo primero que se despliega es el escudo de la Universidad Del Cauca al igual que el nombre del laboratorio.

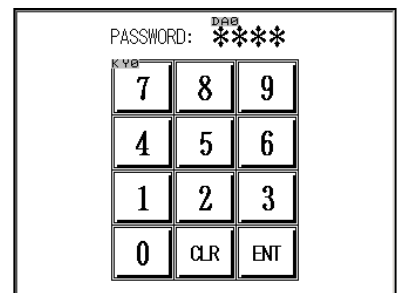
Esta pantalla está programada para tener transición automática, esperando 3 segundos desde que se establece la comunicación interna con el PLC.



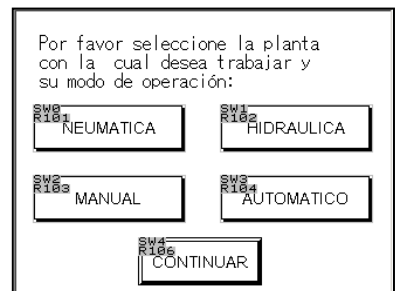
- 2- Validación de credenciales: La primera pantalla de interacción con el usuario es la pantalla que verifica las credenciales de la persona que está al mando de la máquina en ese momento. Está cuenta con dos botones táctiles, uno etiquetado como "ACEPTAR", lleva al usuario a un teclado virtual donde se debe ingresar una clave de 4 dígitos cuya raíz está almacenada previamente.



Una vez el usuario ha validado correctamente sus credenciales, el botón etiquetado como "CONTINUAR" es habilitado y el usuario puede proseguir con la operación del sistema.



- 3- Selección de Modo de Operación: Con la autorización dada por la pantalla de validación, se despliega la pantalla de selección de modo de operación donde se puede seleccionar el modo manual o automático de las plantas neumáticas o hidráulicas. Los botones que seleccionan estos modos, son de intercambio y una vez están seleccionados, se puede presionar "CONTINUAR".



Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

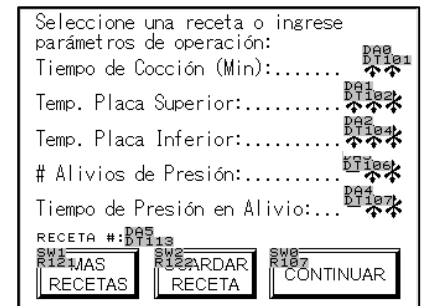
Una vez se ha seleccionado el modo de operación y la planta, las opciones pueden cambiar y los ciclos de interacción con el operador varían como se muestra a continuación.

1.3.1 PLANTA HIDRAULICA

Modo Automático

a. Parámetros modo hidráulico automático: Para efectuar los pasos requeridos en el modo automático, son necesarios algunos parámetros. Específicamente se requiere:

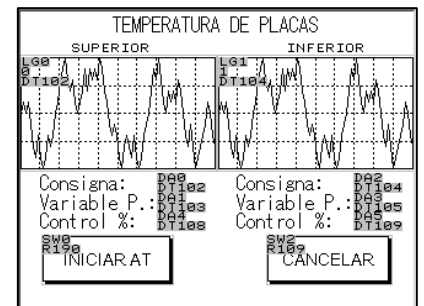
- Tiempo de moldeo expresado en minutos, donde el mínimo es 0 minutos y el máximo es 99.
- Temperaturas de placas inferior y superior en grados Celsius, donde el mínimo es 50 °C y el máximo es 250 °C.
- Alivios de presión indicados como la cantidad de veces el sistema liberará el vapor contenido por la presión. Se puede especificar 0 en cuyo caso no habría alivios y un máximo de 50 alivios.
- Tiempo de Presión en Alivio. Corresponde al tiempo de espera en el cual se mantiene el cilindro presionando la muestra entre alivio y alivio. Las unidades son **x (100 milisegundos)**. Como ejemplo base, si se requiere que el sistema suba y baje cada 500 milisegundos, el número a ingresar será de 5.



Por otra parte, los parámetros pueden ser almacenados en la memoria del controlador, esto se hace presionando “GUARDAR RECETA”. Presionando “MAS RECETAS” se cargan los valores de memoria desplegando un total de 5 conjuntos de parámetros.

Una vez se han seleccionado los parámetros apropiados, “CONTINUAR” permite informar los requerimientos desde la pantalla al controlador y proceder con la siguiente etapa.

b. Alcanzar valores de consigna: Con los parametros seleccionados, se espera que las placas alcancen sus respectivos valores de consigna. Esta ventana indica en graficas separadas los valores de temperatura de consigna y proceso para ambas placas. Además, visualiza los valores de manera textual incluyendo el porcentaje de la variable de control (Tensión en las resistencias).

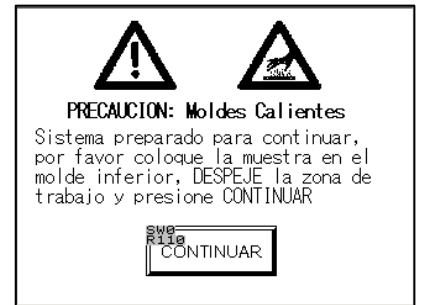


Oprimiendo la tecla “CANCELAR” el sistema vuelve a seleccionar la planta sin antes visualizar una confirmación al usuario.

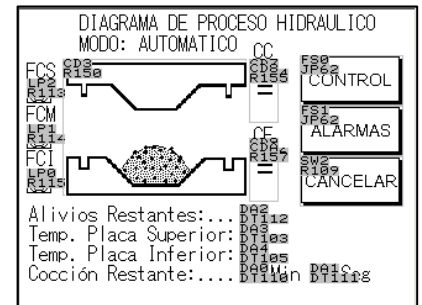
Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

- c. Cargar moldes: Cuando el sistema detecta que el error en ambas placas está alrededor de +/- 5 grados Celsius al valor de consigna, el sistema avisa al operario para que este introduzca la muestra en los moldes teniendo precaución de que la temperatura de estos es extremadamente alta y podría lesionar al usuario.

Para continuar, se debe presionar el botón virtual "CONTINUAR"



- d. Diagrama de proceso: Una vez la muestra se coloca en los moldes y se inicia el proceso automático, el usuario no debe manipular en lo absoluto la máquina. A partir de este momento, la máquina accionará el cilindro de compresión subiendo y bajando dependiendo de los valores colocados para el alivio de presión. El mímico del proceso indica:



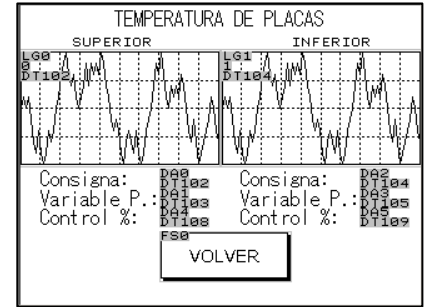
- Cuando los cilindros se están accionando. CC indica cilindro de compresión, CE cilindro de expulsión y ambos muestran signos iguales cuando el cilindro está estacionario, y flechas para arriba o abajo cuando se están moviendo en dichas direcciones.
 - Cuando un sensor de fin de carrera se presiona. FCS indica fin de carrera superior, FCM fin de carrera medio y FCI fin de carrera inferior. Los tres se activan colocándose en negro cuando la plataforma superior pasa y los activa.
 - El indicador de alivios restantes que es un contador que evalúa si los alivios iniciales programados ya han sido ejecutados y muestra cuantos quedan por ejecutar.
 - Las temperaturas de las placas en grados Celsius.
 - Y el tiempo de moldeo restante del programado en la pantalla de parámetros.
- Por otro lado, es posible visualizar los siguientes estados:

- El estado del sistema de control se puede visualizar presionando la tecla "CONTROL".
- El estado de las alarmas si estas fueron visualizadas.

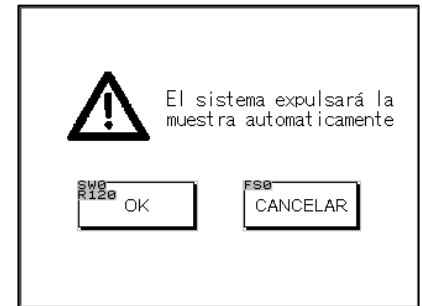
Cancelar el proceso es posible en cualquier momento presionando la tecla "CANCELAR", con esto el sistema le formulará una pregunta de verificación antes de proceder a cancelar y dejar el sistema en sus condiciones de inicio.

- e. Control de temperatura modo automático: Una vez el usuario presiona “CONTROL” en la pantalla de proceso, se visualizan las curvas de respuesta de la temperatura y otras variables. Esta pantalla es equivalente a la pantalla “Alcanzar Valores De Consigna”

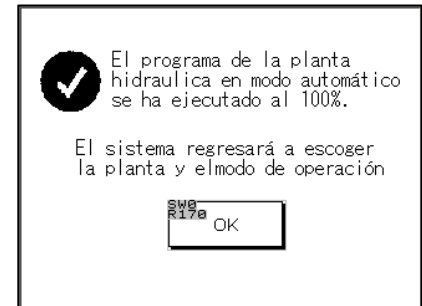
Al presionar el botón virtual “VOLVER” el sistema regresa a la pantalla de proceso donde se encuentra el mímico de la máquina.



- f. Expulsión muestra: Una vez se cumple el tiempo de moldeo, el sistema avisará que expulsará la muestra activando el cilindro de expulsión, este procedimiento es automático, por cuanto el usuario debe percatarse de que no haya ninguna obstrucción que bloquee el embolo del cilindro de expulsion.

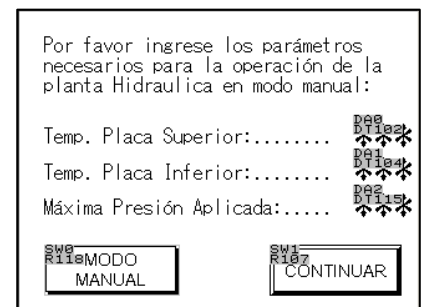


- g. Finalización proceso automático: Cuando el ciclo de expulsión ha terminado, el sistema avisará que la secuencia automática ha finalizado y que volverá a la pantalla para elegir el modo de operación y la planta.



Modo Manual

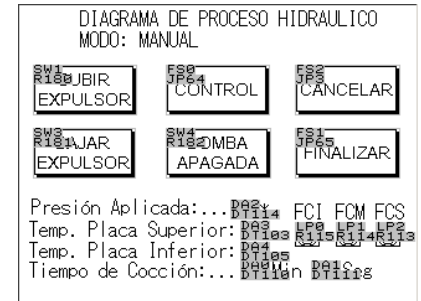
- a. Parámetros modo hidráulico manual: Para efectuar los pasos requeridos en el modo manual, son necesarios algunos parámetros que dependen del sub-modo que se seleccione, si se requiere que el sistema controle automáticamente la temperatura pero controlar el cilindro, el sistema preguntará por las temperaturas de operación de las placas una vez se seleccione este sub-modo con el botón virtual “MODO MANUAL” / “MODO SEMI - AUTOMATICO”. Por otra parte, la presión es un requerimiento obligatorio que debe ingresarse. Esta se puede seleccionar en el rango de 40 a 100 bar.



Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

- b. Diagrama de proceso en modo manual: Si la temperatura se decide controlar de manera manual, inmediatamente se genera el mímico del proceso donde se pueden visualizar algunas variables:

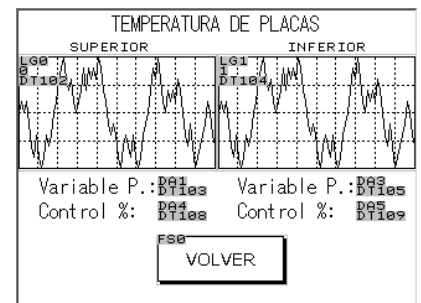
- Temperatura de las placas superior e inferior.
- Tiempo transcurrido de moldeo.
- Presión aplicada en tiempo real.



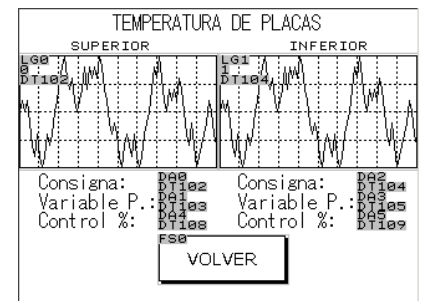
De igual manera es posible manipular el expulsor en cualquier instante con los botones virtuales “SUBIR EXPULSOR / BAJAR EXPULSOR” así como prender o apagar la bomba con el botón “BOMBA APAGADA”. También es posible visualizar el estado de los sensores de fin de carrera de la plataforma móvil.

Por otra parte, se puede visualizar el estado del sistema de control y modificar manualmente la variable manipulada (Tensión en las resistencias eléctricas) presionando el botón virtual “CONTROL”.

- c. Control de temperatura en modo manual: En control completamente manual, no se despliega el valor de consigna, y es posible manipular la variable de control. Para esta prensa, se manipula la variable de control en porcentaje, es decir 100 pasos posibles que modifican cuanta energía es entregada a la resistencia superior como inferior. Esto se hace por medio de un teclado numérico que acepta valores desde 0 hasta 100.



- d. Alcanzar valores de consigna: Con los parametros seleccionados, se espera que las placas alcancen sus respectivos valores de consigna. Esta ventana indica en graficas separadas los valores de temperatura de consigna y proceso para ambas placas. Además, visualiza los valores de manera textual incluyendo el porcentaje de la variable de control (Tensión en las resistencias).

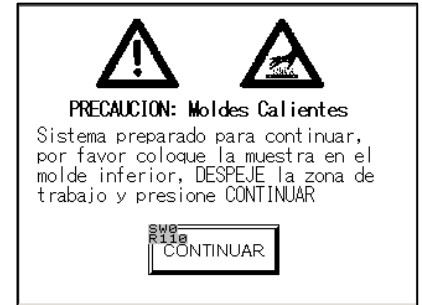


Oprimiendo la tecla “CANCELAR” el sistema vuelve a seleccionar la planta sin antes visualizar una confirmación al usuario.

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

- e. Cargar moldes: Cuando el sistema detecta que el error en ambas placas está alrededor de +/- 5 grados Celsius al valor de consigna, el sistema avisa al operario para que este introduzca la muestra en los moldes teniendo precaución de que la temperatura de estos es extremadamente alta y podría lesionar al usuario.

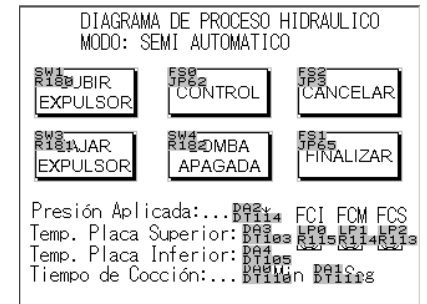
Para continuar, se debe presionar el botón virtual “CONTINUAR”



- f. Diagrama de proceso: Una vez la muestra se coloca en los moldes, el usuario debe manipular los botones físicos subir / bajar en el armario de control. Con esto el usuario estará a cargo de los alivios de presión.

El mímico del proceso indica:

- Cuando un sensor de fin de carrera se presiona. FCS indica fin de carrera superior, FCM fin de carrera medio y FCI fin de carrera inferior. Los tres se activan colocándose en negro cuando la plataforma superior pasa y los activa.
- Las temperaturas de las placas en grados Celsius.
- La presión aplicada a las placas en tiempo real.
- El tiempo de moldeo transcurrido.



Por otro lado, es posible visualizar los siguientes estados:

- El estado del sistema de control se puede visualizar presionando la tecla “CONTROL”.

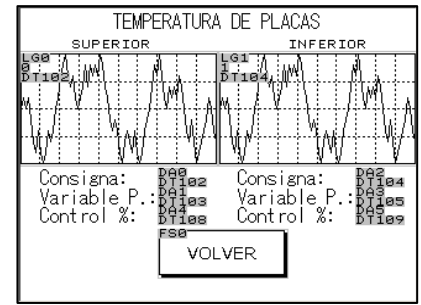
De igual manera es posible manipular el expulsor en cualquier instante con los botones virtuales “SUBIR EXPULSOR / BAJAR EXPULSOR” así como prender o apagar la bomba con el botón “BOMBA APAGADA”. También es posible visualizar el estado de los sensores de fin de carrera de la plataforma móvil.

Cancelar el proceso es posible en cualquier momento presionando la tecla “CANCELAR”, con esto el sistema le formulará una pregunta de verificación antes de proceder a cancelar y dejar el sistema en sus condiciones de inicio.

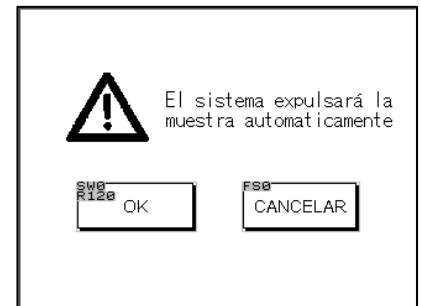
Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

- g. Control de temperatura modo semiautomático: Una vez el usuario presiona “CONTROL” en la pantalla de proceso, se visualizan las curvas de respuesta de la temperatura y otras variables. Esta pantalla es equivalente a la pantalla “Alcanzar Valores De Consigna”.

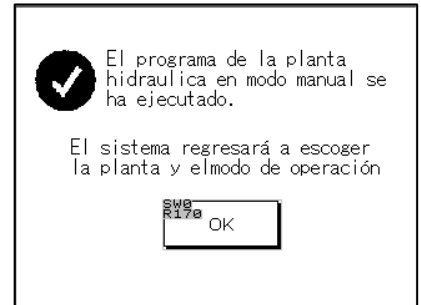
Al presionar el botón virtual “VOLVER” el sistema regresa a la pantalla de proceso donde se encuentra el mímico de la máquina.



- h. Expulsión muestra: Una vez se cumple el tiempo de moldeo, el sistema avisará que expulsará la muestra activando el cilindro de expulsión, este procedimiento es automático, por cuanto el usuario debe percatarse de que no haya ninguna obstrucción que bloquee el embolo del cilindro de expulsión.



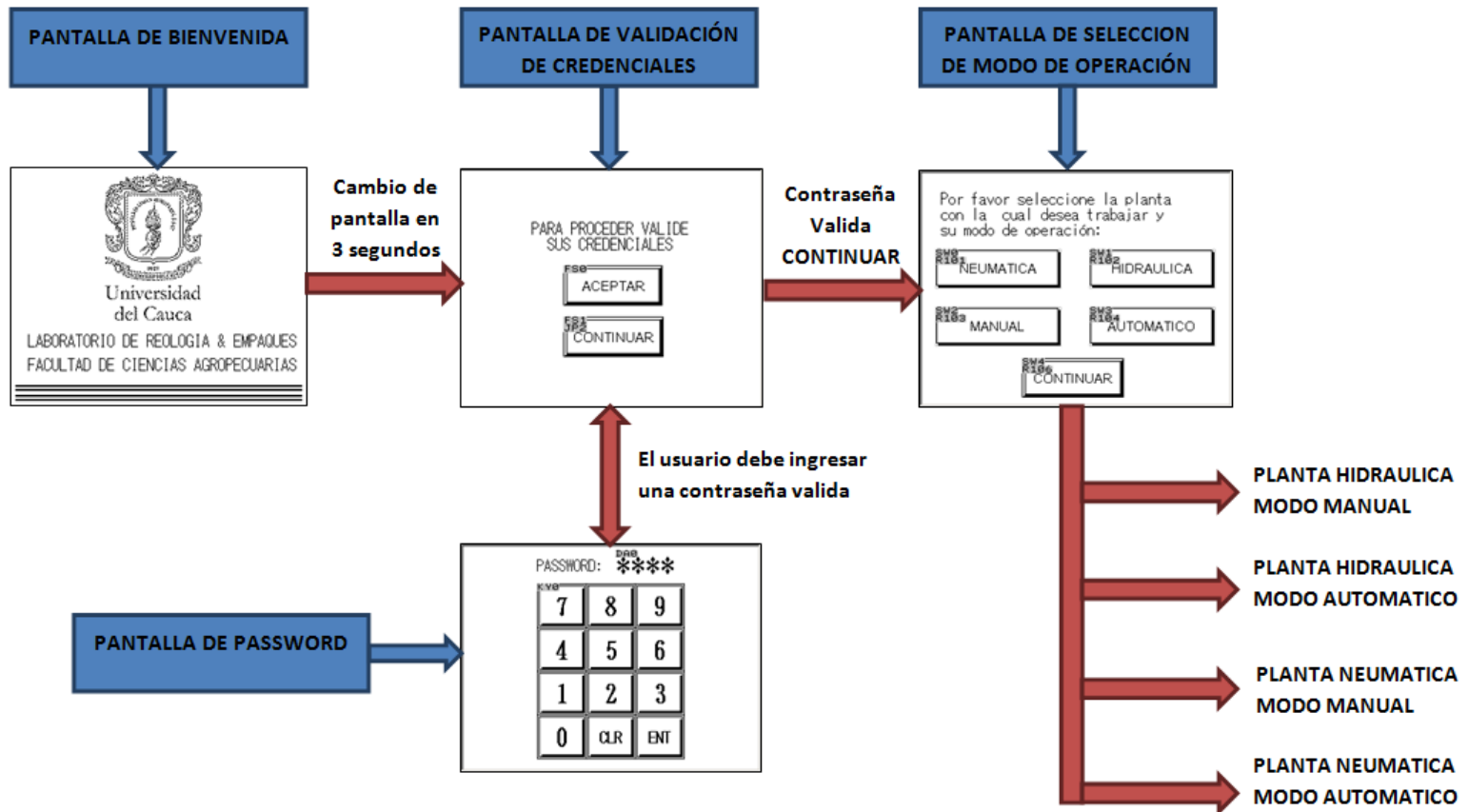
- i. Finalización proceso automático: Cuando el ciclo de expulsión ha terminado, el sistema avisará que la secuencia automática ha finalizado y que volverá a la pantalla para elegir el modo de operación y la planta.



1.4 DIAGRAMA DE FLUJO PROGRAMACIÓN DE LA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA

El flujo empieza con bienvenida, el logo de la Universidad del Cauca y el nombre del laboratorio, se validan las credenciales y finalmente se selecciona el modo de operación de para la unidad de prensado y moldeo: PLANTA HIDRÁULICA (modo: manual/automática) o PLANTA NEUMÁTICA (modo: manual/automática), (ver Figura 6).

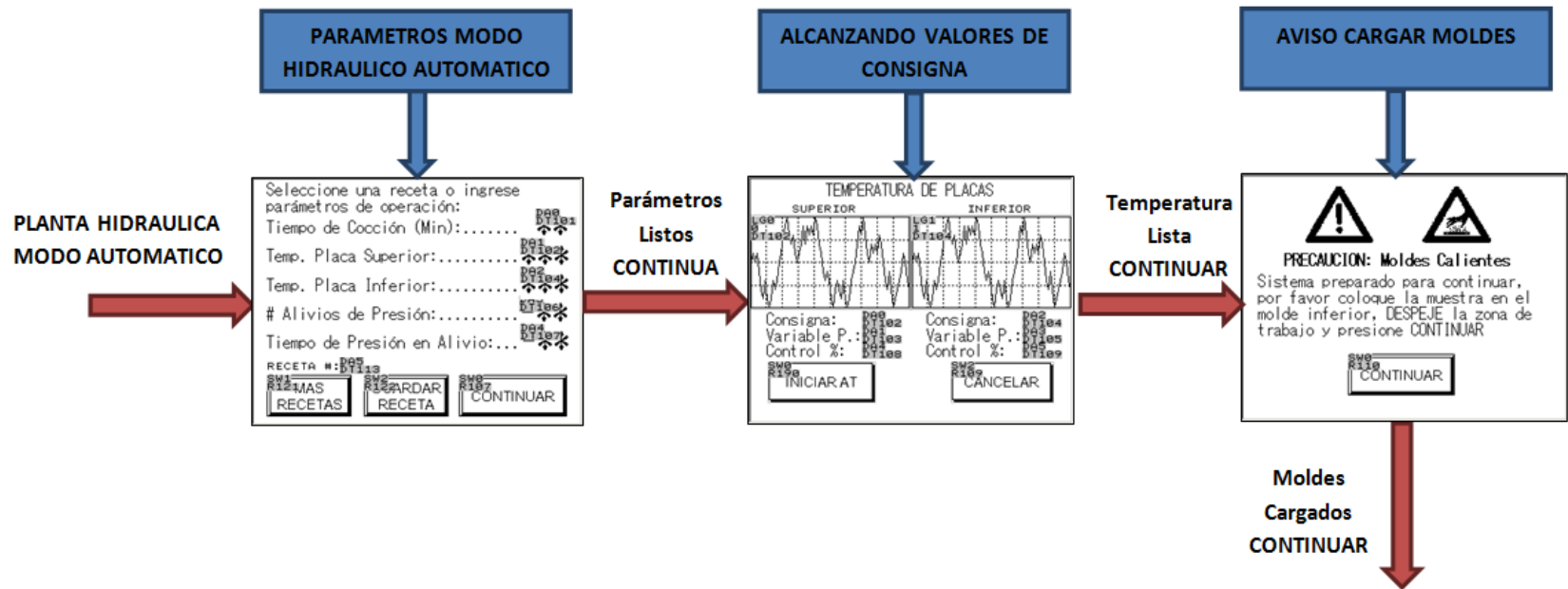
Figura 6. Diagrama de flujo programación de la interfaz hombre-máquina.



1.4.1 HMI UNIDAD HIDRÁULICA MODO AUTOMÁTICO

Este flujo de tareas en modo automático empieza con la consigna de parámetros para moldear, el primero el tiempo de moldeo que se expresa en minutos con donde el mínimo es 0 y el máximo es 99. Se consigna entonces la temperatura de las placas (inferior y superior) en grados Celsius donde el mínimo es 50°C y el máximo es 250°C. Una vez pase esto se oprime “CONTINUAR” y el sistema alcanzará los valores de consigna y hecho esto se pedirá que se carguen los moldes con la materia prima en el molde hembra y se selecciona nuevamente “CONTINUAR” para proceder con el moldeo, (ver Figura 7).

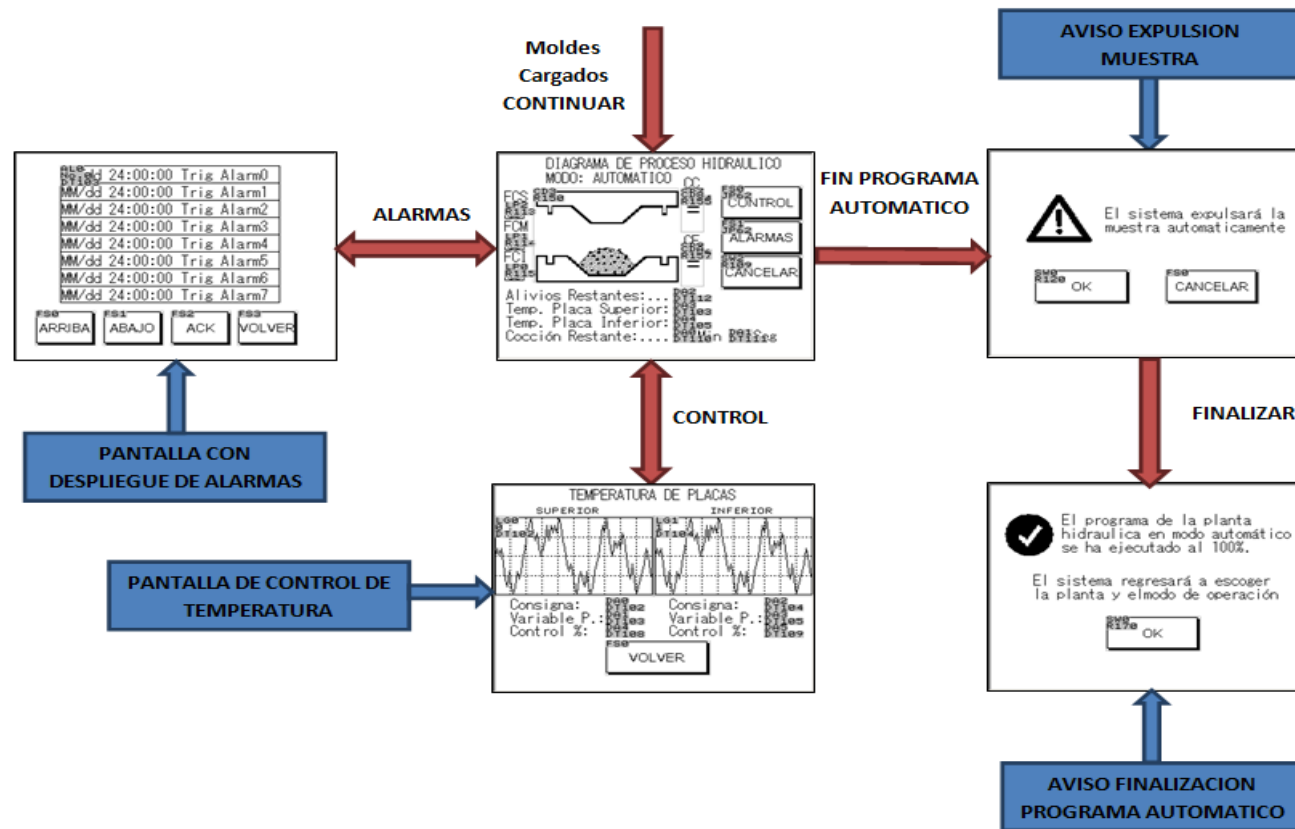
Figura 7. HMI unidad hidráulica modo automático.



1.4.2 HMI UNIDAD HIDRÁULICA MODO AUTOMÁTICO. CONTINUACIÓN

Una vez se pone la muestra en el molde se inicia el proceso automático, el mímico indica el movimiento de los cilindros, el accionamiento de los sensores fin de carrera, la ejecución de alivios, la temperatura de las placas en grados Celsius y el tiempo de moldeo restante. Una vez termina la moldeo el sistema indica que expulsará el producto activando el cilindro de expulsión y así finaliza el proceso automático de moldeo, (ver Figura 8).

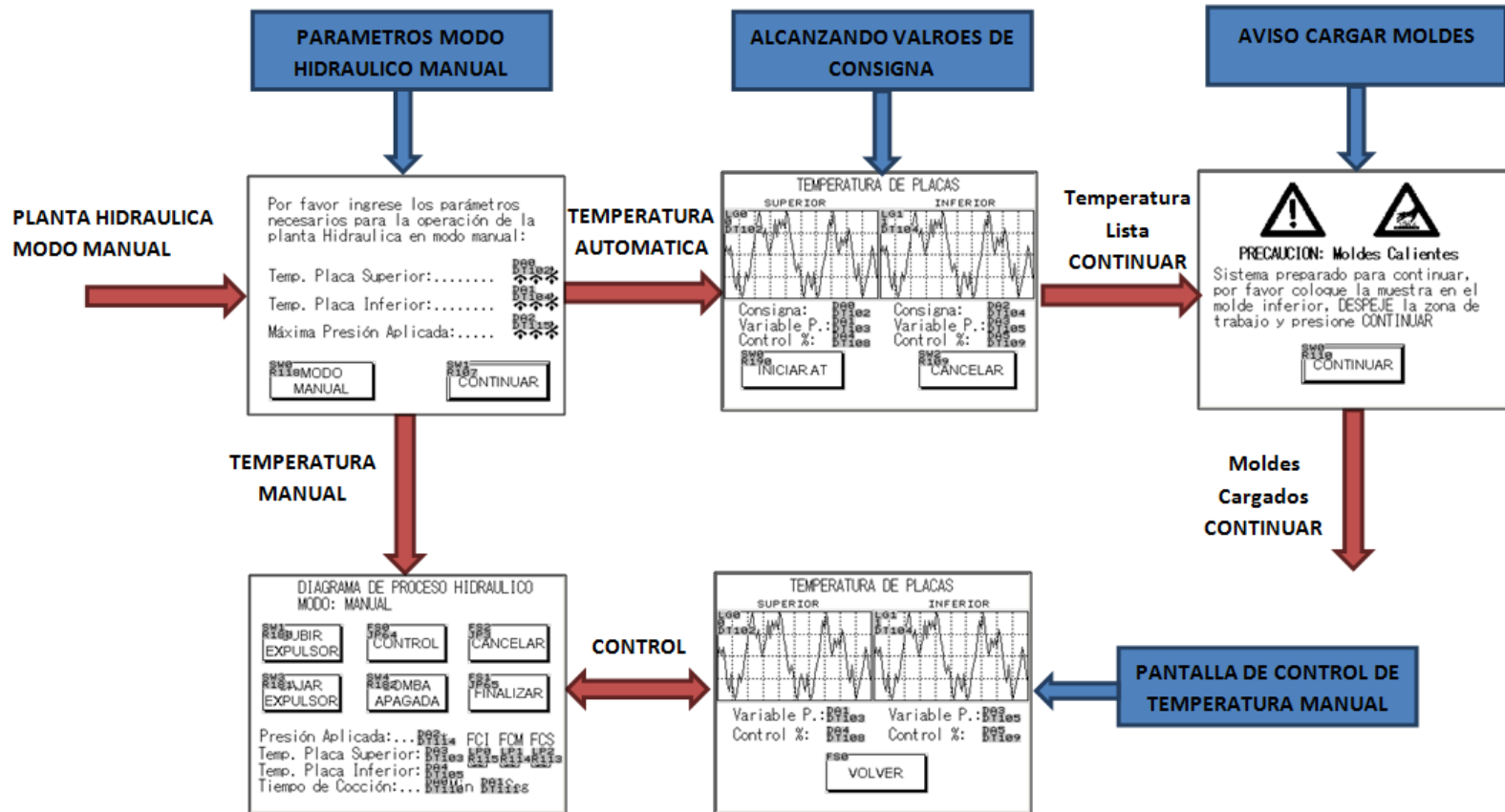
Figura 8. HMI unidad hidráulica modo automático – continuación.



1.4.3 HMI UNIDAD HIDRÁULICA MODO MANUAL

Aquí se ingresan los parámetros necesarios para la operación en modo manual, como la temperatura de las placas de calefacción y el requerimiento obligatorio de presión para realizar los alivios, la presión tiene un rango de 40 a 100 bar, (ver Figura 9).

Figura 9. HMI unidad hidráulica modo manual.

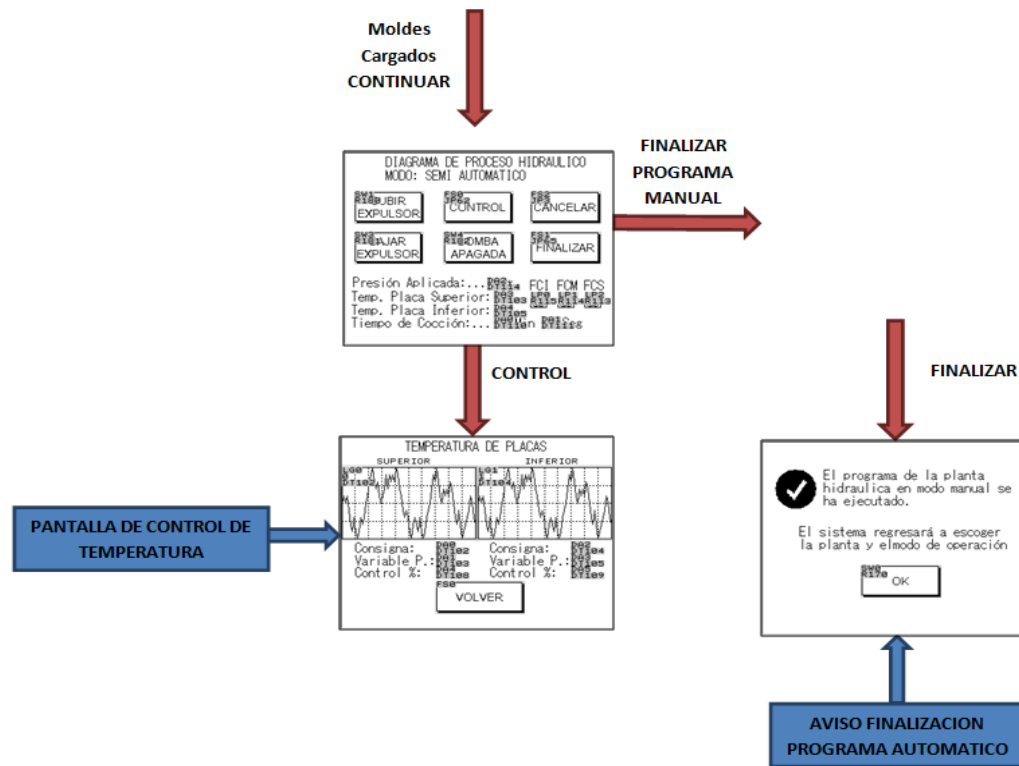


Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

1.4.4 HMI UNIDAD HIDRÁULICA MODO MANUAL. CONTINUACIÓN

En esta fase se pueden visualizar variables de proceso como la temperatura de las placas superior e inferior, el tiempo transcurrido de moldeo y la presión aplicada en tiempo real. De igual manera se puede manipular el expulsor con los botones virtuales “SUBIR/BAJAR EXPULSOR”. Se visualiza el estado de los sensores de fin de carrera y el estado del sistema de control de la variable tensión en las resistencias eléctricas con el botón virtual “CONTROL”, (ver Figura 10).

Figura 10. HMI unidad hidráulica modo manual – continuación.

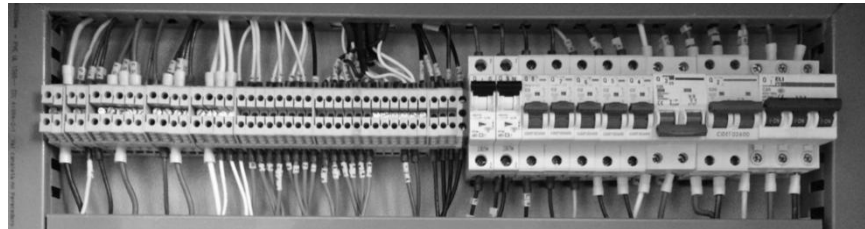


2 ANEXO B: DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES DEL ARMARIO 1 DE CONTROL

2.1 Borneras de entrada y *breakers* del sistema

Los *breakers* tienen las siguientes funciones estando relacionados con el diagrama de mando y potencia, (ver Figura 11).

Figura 11. Borneras de entrada y *breakers* del sistema.



Fuente: El autor, junio de 2014.

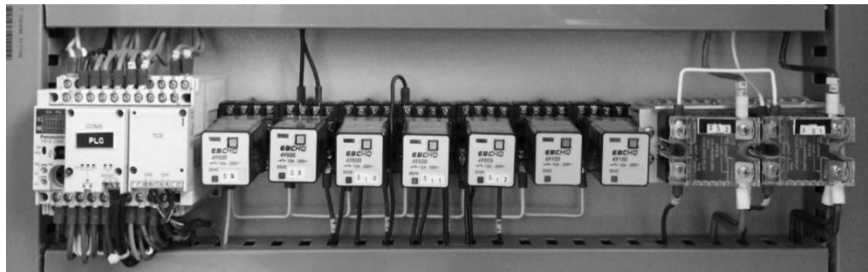
- 1- Q1: Breaker trifásico que limita la máxima corriente en estado estacionario que puede fluir hacia el motor de la bomba hidráulica. Este *breaker* tiene una capacidad nominal de 25A.
- 2- Q2: Breaker bifásico que limita el paso de corriente hacia las resistencias eléctricas de ambas plantas. La corriente nominal de este dispositivo es de 20A.
- 3- Q3: Breaker bifásico que limita la máxima corriente hacia el motor del compresor. La corriente nominal de este dispositivo es de 12A.
- 4- Q4: Breaker monofásico que limita la máxima corriente hacia las salidas del PLC. La corriente nominal es de 3A.
- 5- Q5: Breaker monofásico que limita la corriente máxima a la alimentación del PLC. Corriente nominal de 1A.
- 6- Q6: Breaker monofásico para limitar la corriente en las electroválvulas de control de fluido hidráulico. Corriente nominal 3A.
- 7- Q7: Breaker monofásico para limitar la corriente de las electroválvulas del sistema neumático. Corriente nominal 3A.
- 8- Q8: Breaker monofásico para limitar la corriente de las electroválvulas asociadas al sistema de enfriamiento. Corriente nominal 3A.
- 9- Q9: Breaker monofásico del diagrama de mando de los contactores asociados a los motores de la bomba hidráulica y el compresor. Corriente nominal 1A.

10- Q10: Breaker monofásico del diagrama de mando de los contactores asociados a las resistencias eléctricas para ambas plantas. Corriente nominal 1A.

2.2 Elementos de control y accionamientos

Cada salida del PLC se encuentra apropiadamente protegida por relevos electromecánicos que ejecutan las órdenes sobre los actuadores. Por otra parte, los relevos de estado sólido SS1 y SS2 actúan para controlar la potencia entregada a las resistencias, (ver Figura 12).

Figura 12. Elementos de control y accionamientos.



Fuente: El autor, junio de 2014.

2.3 Elementos de potencia y borneras de salida

El contactor asociado a la bomba hidráulica es KM1, el asociado al compresor es KM2 y los asociados a las resistencias de cada planta son KR1 y KR2, (ver Figura 13).

Figura 13. Elementos de potencia y borneras de salida.

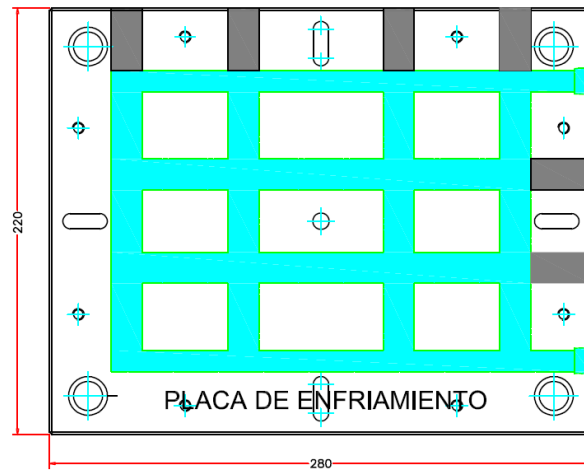


Fuente: El autor, junio de 2014.

3 ANEXO C: PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DE LAS PLACAS DE ENFRIAMIENTO DE LA PRENSA HIDRÁULICA

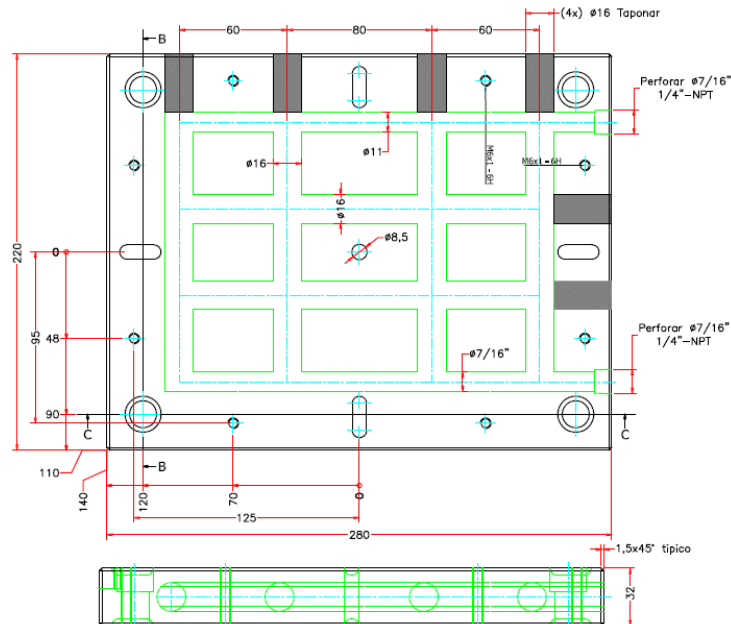
Placa de enfriamiento. Las placas de enfriamiento fueron concebidas con el fin de realizar un choque térmico que se tradujera en curado para el producto. El diseño estuvo asistido por el ingeniero Juan Fernando Flórez y las placas fueron fabricadas por EDAFA S.A. Se presenta el diseño del sistema interno y las medidas en cm de las placas, orificios y conductos por donde pasará el líquido, ver Figuras 14 y 15.

Figura 14. Sistema interno de enfriamiento.



Fuente: Diseño asistido por Juan Flórez, julio de 2013.

Figura 15. Medidas internas de la placa de enfriamiento.



Fuente: Diseño asistido por Juan Flórez, julio de 2013.

4 ANEXO D: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS PARA LOS RHW

4.1 Especificaciones del secador de tambor FT32

Se detallan especificaciones técnicas, requisitos de electricidad y especificaciones de transporte del secador de tambor FT32, (ver Tabla 1).

Tabla 1. Especificaciones del secador de tambor FT32.

Especificación Técnica
Diámetro de tambor: 305mm Longitud de tambor: 203mm Zona de calefacción de un tambor: 0.19m ² Consumo de vapor: 1.5kg de vapor seco saturado a 7 bar por kg de evaporación
Requisitos
Electricidad FT32-C: 415V/3ph/50Hz FT32-D: 208V/3ph/60Hz FT32-E: 380V/3ph/50Hz FT32-F: 220V/3ph/60Hz
Especificación de Transporte
Volumen: 2.0m ³ Peso bruto: 635kg

Fuente: Modificado de [1], enero de 2015.

4.2 Especificación de las partes del inyector

Se especifican detalles técnicos de cada elemento que compone el inyector, el tubo flexible, el soporte completo, el portaimán y el brazo de sujeción, (ver Tabla 2).

Tabla 2. Especificación de las partes del inyector.

Especificaciones			
Tubo flexible	Soporte completo	Portaimán	Brazo de sujeción
			
Longitud 500 mm	Peso 0.4 gr	Diámetro 80 mm	Altura 75mm

Fuente: Tomado de [2], enero de 2015.

4.3 Especificaciones del equipo de recubrimiento aislante de humedad

Se especifican detalles técnicos y se muestra una visión general de rendimiento del equipo, como la capacidad de bombeo y flujo de presión nominal, (ver Tabla 3).

Tabla 3. Especificaciones del AUTOJET Modelo 1550.

Especificaciones	Visión general de rendimiento
Panel de control: NEMA 4 con la puerta cerrada (acero inoxidable)	Capacidad de bombeo: <ul style="list-style-type: none"> • Tintas, tintes, disolventes a base de agua, lubricantes, aceites, pinturas, lodos no abrasivos • Viscosidad del fluido 3000 cP o menos a 68 ° F (20 ° C) • Temperaturas de fluido de 32 ° a 140 ° F (0 ° a 60 ° C) Flujo y presión nominal <ul style="list-style-type: none"> • 2 gpm a 40 psi (7,5 lpm a 2,8 bar) • Máxima del aire y presión del líquido: 100 psi (7 bar)
Potencia requerida: 110 VCA, 60 Hz, 15 A, 1 Ø (capaz para 260 VAC, 50 Hz, 15 A, 1 Ø)	
Regulador de presión de líquido y de calibre	
Válvula de control para la recirculación al tanque	
Controla hasta ocho boquillas automáticas (varía según el tipo)	
Dimensiones: aproximadamente 29 "(0,75 m) de altura, 14 "(0,36 m) de ancho y pesa menos de 58 lbs. (26.3 kg)	

Fuente: Modificado de [3], enero de 2015.

4.4 Especificaciones del PLC *MicroLogix 1500* de *Allen Bradley*

- **Conexiones de comunicación del PLC.** El puerto denominado en la documentación como Canal 0 corresponde al puerto RS-232 del autómeta. Éste permitirá la conexión del autómeta con el puerto serie del ordenador personal para poder programarlo de manera directa, o con dispositivos de interface de red (ENI en nuestro caso) para los que incorpora alimentación de 24 VCC [4].

Este puerto utiliza el protocolo de comunicación DF1 *Full-duplex*¹, útil cuando se requiere comunicación RS-232 punto a punto. Este protocolo acepta transmisiones simultáneas entre dos dispositivos en ambas direcciones. El protocolo DF1 controla el flujo de mensajes, detecta y señala errores y efectúa reintentos si se detectan errores [4].

- **Especificaciones técnicas del controlador.** Se detallan especificaciones del PLC *MicroLogix 1500* de *Allen Bradley*, como número de entradas y salidas, alimentación de línea y software de programación, (ver Tabla 4).

Tabla 4. Especificaciones técnicas del *MicroLogix 1500* de *Allen Bradley*.

Especificaciones generales
Número de E/S: 12 entradas y 12 salidas
Alimentación de la línea: 85 a 265 VCA a 47 a 63 Hz
Salida de la alimentación de usuario: 24 VCC a 400 mA, 400 µF máx.
Tipo de circuito de salida: Relé
Temperatura de operación: +0°C a +55°C ambiente
Humedad de operación: 5% a 95% de humedad relativa (sin condensación)
Software de programación: <i>RSLogix 500</i> versión 4.00.00 o posterior

Fuente: Tomado de [4], enero de 2015.

¹ Un modo de comunicación donde los datos pueden transmitirse y recibirse simultáneamente (a diferencia de half-duplex).




5 ANEXO E: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS

Se especifican datos técnicos y detalles de los equipos e instrumentos por unidades del proceso para elaborar las bandejas semirrígidas biodegradables y los equipos para elaborar las probetas para ensayo de tensión.

5.1 Unidad de adecuación de fique

Se describen los equipos que son usados para lograr la adecuación de fique, finalmente se necesita llegar a un tamaño de partícula específico para la mezcla con la harina de yuca y aditivos, (ver Tabla 5).

Tabla 5. Unidad de adecuación de fique.




Equipo	Ilustración	Descripción
Guillotina		Unidad rectangular metálica de 30 x 40 cm con una cuchilla para realizar cortes precisos del material.
Moledor		Penagos TP-8 de 8 martillos, con motor de 2-3 HP, RPM del rotor 3200-3500, capacidad 50-300 Kg/h
Tamizador		Motor 1/3 hp marca Siemens 110 V 480 w Capacidad 3 tamices y base, Temporizador digital de 999 segundos o minutos, sistema de tamizado por medio de una leva para una vibración horizontal y vertical, sistema montado sobre rodamientos para un mínimo de ruido, dimensiones: 43x75x30 cm, peso: 24.5 kg

Fuente: El autor, agosto, de 2014.

5.2 Unidad de gelatinización de harina de yuca

Se dan detalles técnicos de equipos para lograr la textura de la harina de yuca gelatinizada deseada para el proceso, (ver Tabla 6).

Tabla 6. Unidad de gelatinización de harina de yuca.

Equipo	Ilustración	Descripción
Medidor de humedad		Precisa XM60 con fuente de calefacción halógena, con sensor de humedad, rango de °T 30-230 °C, plato de aluminio
Balanza electrónica		VIBRA SJ, sensor de peso de diapasón de Mono-Metal, capacidad 12000 g, legibilidad 0.01 g
Calefactor para baño María		Heidolph, con recipiente metálico de capacidad 4.5 L, sensor de °T rango 20-210°C, resistencias calefactoras, variador de potencia (1300 W)

Fuente: El autor, agosto de 2014.

5.3 Unidad de mezclado

Se especifican detalles técnicos del equipo que se usa para mezclar la gelatina de Yuca, Figue y aditivos, (ver Tabla 7).

Tabla 7. Unidad de mezclado.

Equipo	Ilustración	Descripción
Mezclador		KitchenAid PROFESSIONAL 600 con motor de 575 W, sensor electrónico de velocidad, tazón de acero inoxidable con capacidad 5.5 L

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.



Fuente: El autor, agosto de 2014.

5.4 Unidad de moldeo y dosificado

La unidad de moldeo y dosificado solo cuenta con un equipo o elemento para dosificar la masa de harina de yuca, fique y aditivos, un elemento de hierro que fue fabricado con dimensiones para la probeta que cumple con una norma internacional, (ver Tabla 8).

Tabla 8. Unidad de dosificado.

Equipo	Ilustración	Descripción
Dosificador		Elaborado en hierro a la medida de los moldes de la probeta que cumplen con la norma ASTM D 638.

Fuente: El autor, agosto de 2014.

5.5 Unidad de secado

La unidad de secado se compone por un equipo semi industrial para lograr secar la masa de harina de Yuca, Fique y aditivos. Las especificaciones técnicas del horno *Memmert* ULP 700, (ver Tabla9).

Tabla 9. Unidad de secado.

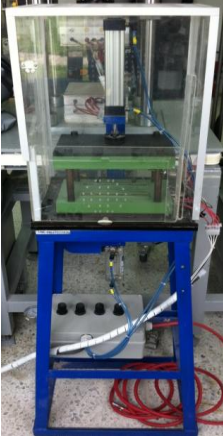


Equipo	Ilustración	Descripción
Horno		<i>Memmert</i> ULP 700 de acero inoxidable, rango de °T 200 °C, sensor de °T, capacidad 120 kg, corriente 5.8 A, 4kW

Fuente: El autor, agosto de 2014.





5.6 Unidad de prensado neumático y moldeo

La unidad de prensado neumático y moldeo se compone de varios elementos e instrumentación para lograr el curado de las probetas para ensayo de tensión. Las especificaciones técnicas de los elementos varían dependiendo si son partes de la prensa neumática o instrumentos para la potencia y el control de proceso, (ver Tabla 10).

Tabla 10. Unidad de prensado neumático y moldeo.

Equipo	Ilustración	Descripción
Prensa neumática		<p>La prensa neumática es de bastidor tipo C, conformada por una Unidad de Potencia Neumática, una Unidad Mecánica y una Unidad de Control, posee una estructura metálica de forma piramidal que soporta en la parte superior las placas con sus moldes hembra y macho, el codo superior, que se acopla al cilindro de compresión, y la caja acrílica de protección. En la parte inferior la estructura sostiene el sistema mecánico de expulsión con sus ejes guías y codo inferior el cual se acopla al cilindro expulsor</p>
Compresor		<p>Según las exigencias con respecto a la presión de trabajo y al caudal de suministro, se emplea un compresor de desplazamiento con embolo oscilante y de pistón; la razón por la cual se escogió es porque es apto para comprimir a baja, media y alta presión. Este compresor está configurado para generar presiones hasta 100 psi y nunca bajar de 80 psi en su funcionamiento normal</p>
Regulador de presión y manómetro		<p>Los reguladores de presión suministran una presión secundaria que llega a los elementos de trabajo, estos son válvula manuales calibradas por el operario antes de dar inicio al proceso. Los reguladores que están instalados resisten máximo 120 psi</p>
Válvulas de 5/2 posiciones		<p>En la planta existe una electroválvula para cada cilindro, su función es la de permitir el paso del aire a una u otra cámara del cilindro, dependiendo del estado de la bobina que la controla. Cuando está energizada</p>


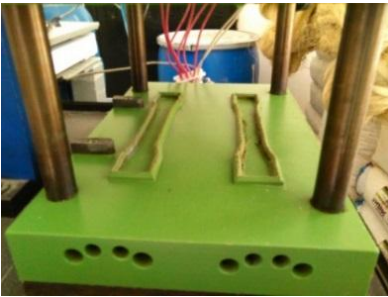
Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

		<p>la bobina, permite el paso del aire a una de las cámaras y cuando está des energizada permite el paso a la otra cámara del cilindro. Las válvulas son marca FESTO referencia MFH-5-1/8 y la máxima presión que resisten es de 8 bares o 120 psi</p>
<p>Cilindro neumático de doble efecto</p>		<p>Este cilindro es de doble efecto y tipo golpe porque tiene la característica de generar fuerza en ambas direcciones de su recorrido, aplicando presión en la cámara inferior y superior para movimiento del embolo hacia arriba y hacia abajo respectivamente</p>
<p>Codo superior</p>		<p>Es el encargado de soportar el peso del cilindro neumático superior, la parte macho del molde, la platina superior, el acople circular y la carga de trabajo que ejerce el recorrido en carrera vertical (ascendente o descendente)</p>
<p>Acople circular</p>		<p>Es el encargado de hacer la interfaz entre el cilindro superior y la platina superior, donde el vástago del cilindro se asegura mecánicamente mediante una junta roscada al acople</p>
<p>Platina superior</p>		<p>Es una pieza compacta de hierro encargada de hacer la interfaz entre el acople circular y la parte macho del molde</p>

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

<p>Ejes guía y plataforma de deslizamiento</p>		<p>Son cuatro piezas iguales que permiten el desplazamiento vertical de la parte macho, garantizando que el cierre del molde sea perfecto. Las guías están fabricadas de hierro fundido y son dos cilindros concéntricos de 18 y 22 mm de diámetro y su largo total es de 200 mm. Estas van acopladas a presión a la platina inferior</p>
<p>Mesa de trabajo y soporte</p>		<p>Esta pieza es la encargada de soportar los sistemas de compresión, expulsión y aislamiento térmico e integrar junto con el molde de probetas toda la planta. Se muestra la forma piramidal de la pieza, la cual busca brindar de esta manera estabilidad a todo el sistema. La altura de la estructura de 90 cm, buscando que el desempeño del trabajo sea el más adecuado</p>
<p>Codo inferior</p>		<p>Es el encargado de soportar el peso del cilindro inferior, la pieza expulsora, el acople circular, la guía expulsora y la carga de trabajo que ejerce el recorrido en carrera vertical (ascendente o descendente) con el accionamiento del vástago del cilindro cuando se expulsa el producto terminado. Las dimensiones se ajustan al recorrido del cilindro inferior.</p>
<p>Acople circular inferior</p>		<p>Es el encargado de hacer la interfaz entre el cilindro inferior y el expulsor, donde el vástago del cilindro inferior se asegura mecánicamente mediante una junta roscada al acople. Es un bloque compacto de hierro de dos cilindros concéntricos. Presenta cuatro orificios transversales, equidistantes para asegurar el acople a la platina superior mediante cuatro tornillos</p>
<p>Pieza expulsora</p>		<p>Es una platina de hierro fundido con dimensiones: 170 mm de largo, 110 mm de ancho y 12 mm de espesor. Tiene cuatro (4) perforaciones de 10.5 mm de diámetro con avellán de 16 mm de diámetro, donde se aseguran las cuatro (4) guías expulsoras y cuatro perforaciones de 7 mm de</p>

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.


		<p>diámetro para asegurar el acople circular. Presenta dos (2) vaciados semicirculares de 25 mm de diámetro solo para reducir el peso de la pieza</p>
<p>Molde de probetas superior e inferior</p>		<p>El molde de probetas es la parte más importante y compleja de la planta puesto que además de darle la forma al producto en él interactúan los sistemas de calentamiento, de compresión, expulsión y la toma de señal de temperatura. El propósito del molde es dar forma a un producto denominado probeta, en forma de lámina rectangular de grosor variable con medidas de 165 mm de largo, 20 mm de ancho y un estrechamiento de 13 mm en la parte central de la misma, las dimensiones y forma obedecen a la norma internacional ASTM D 638</p>

Fuente: El autor, agosto de 2014.





5.7 Unidad de prensado hidráulico y moldeo

Se presentan las especificaciones técnicas de los elementos e instrumentos que componen la unidad de prensado hidráulico y moldeo, (ver Tabla 11).

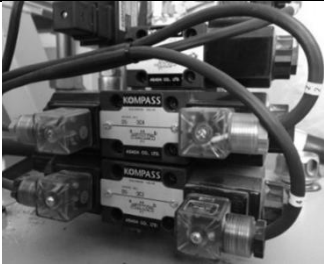



Tabla 11. Unidad de prensado hidráulico y moldeo.

Equipo	Ilustración	Descripción
<p>Depósito de aceite</p>		<p>Es un tanque o contenedor que tiene en la parte superior sujeto un motor trifásico y un distribuidor hidráulico, su función principal es contener o almacenar el fluido del sistema hidráulico además de reducir la temperatura en el fluido y separar el Aceite del Aire. Ubicado en la base a un lado de la prensa</p>
<p>Indicador de nivel y temperatura de aceite</p>		<p>Con este indicador ubicado en el depósito de Aceite se evalúa si hay fugas no detectadas de fluido hidráulico y si la temperatura del aceite es óptima para su uso en la máquina</p>



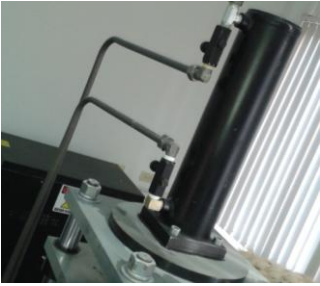
Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

		
<p>Motor eléctrico de 3 fases conectado en estrella (3 Φ Y)</p>		<p>El motor eléctrico es el encargado de mover la bomba de palas rotativas que se encuentra sumergida en el depósito de aceite</p>
<p>Distribuidor hidráulico</p>		<p>El distribuidor hidráulico es un cubo de acero puro con cavidades internas conectado al depósito de aceite</p>
<p>Válvulas de control de flujo de fluido hidráulico cilindro superior</p>		<p>Válvulas de control de flujo de fluido hidráulico cilindro superior: La válvula de control 4 vías – 3 posiciones de centro conectado es un elemento electromecánico que permiten el cambio de dirección del fluido hidráulico dentro del distribuidor. En la máquina se encuentran una válvula, marcada como superior, entrega potencia hidráulica para subir o bajar al cilindro de compresión. Ubicada a un lado del distribuidor hidráulico entre la válvula de control de flujo de fluido hidráulico del cilindro inferior y la válvula de control de flujo de fluido hidráulico de alivio.</p>
<p>Válvula de control de flujo de fluido hidráulico cilindro inferior</p>		<p>Válvula de control de flujo de fluido hidráulico cilindro inferior: La válvula de control 4 vías - 3 posiciones de centro cerrado es un elemento</p>



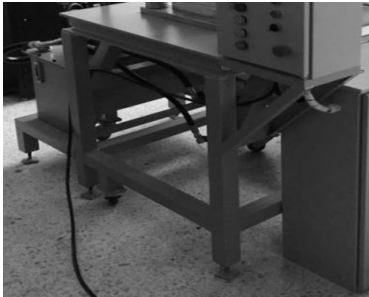
Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

		<p>electromecánico que permiten el cambio de dirección del fluido hidráulico dentro del distribuidor. En la máquina se encuentran una válvula, marcada como inferior, entrega potencia hidráulica para subir o bajar al cilindro de expulsión de muestra. ubicado a un lado del distribuidor hidráulico debajo de la válvula de control de flujo de fluido hidráulico del cilindro Superior</p>
<p>Válvula de control de flujo de fluido hidráulico de alivio</p>		<p>La válvula de alivio 4 vías, 3 posiciones se activa al mismo tiempo que lo hace bien sea la válvula de control del cilindro de expulsión o el de compresión. La función de esta es cortar el flujo de fluido cuando la máquina está en reposo, y enviar dicho fluido al cilindro correspondiente dependiendo de cuál de las válvulas de control se haya activado. ubicada a un lado del distribuidor encima de la Válvula de control de flujo de fluido hidráulico cilindro superior</p>
<p>Válvula de control de flujo total en el distribuidor</p>		<p>Esta válvula manual es la encargada del flujo del fluido hacia el sistema. Aunque la velocidad de la bomba es constante, esta válvula permite controlar que volumen del total es dirigido para su uso en el sistema y que volumen es entregado de vuelta al depósito. Ubicada a un lado del distribuidor</p>
<p>Válvula de control de presión total en el distribuidor</p>		<p>Esta válvula Manual se encarga de regular la máxima presión que soportará el sistema hidráulico, eso lo hace en conjunto con la válvula de control de flujo desviando parte del fluido hidráulico que es entregado por la bomba de vuelta al depósito. Ubicada en la parte superior del distribuidor</p>
<p>Presostato indicador de sobrepresión en cilindro</p>		<p>Es un interruptor de presión que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la señal de presión. Su función es lograr que cilindro de</p>

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

		<p>superior no supere la presión preestablecida para que el sistema electrónico de control actúe sobre la válvula de control de flujo del cilindro compresor, en caso de ser sobrepasada la presión establecida el presostato manda una señal a la unidad de control que desactiva la válvula de control de flujo del cilindro superior, ubicado a un lado del distribuidor conectado al cilindro de compresión</p>
<p>Manómetro indicador analógico de presión del distribuidor</p>		<p>Este manómetro analógico indica la presión instantánea que se encuentra en el distribuidor. Ubicado en la parte superior del distribuidor</p>
<p>Transmisor electrónico de presión</p>		<p>El sensor transmisor de presión marca TURCK cuenta con una precisión de +/-0.5% en la escala completa de 0 a 250 bar. Está configurado para entregar la señal de corriente de 4 a 20 mA con el rango de presión de 0 a 125 bar, optimizando así la lectura de los datos de presión en la unidad de control. Toda la funcionalidad del sensor puede ser estudiada en detalle en el Manual del Usuario del sensor anexo a este documento.</p>
<p>Cilindro hidráulico superior</p>		<p>Este actuador basa su funcionamiento en la presión ejercida por el aceite, de doble efecto o de acción doble, pues la fuerza hidráulica se emplea para efectuar dos acciones: empujar y contraer, consecuencia de la misma energía hidráulica. Ubicado en la parte superior del bastidor sujeto a la máquina</p>

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

<p>Cilindro hidráulico inferior</p>		<p>Este actuador basa su funcionamiento en la presión ejercida por el aceite, el cilindro hidráulico inferior de doble efecto o de acción doble, pues la fuerza hidráulica se emplea para efectuar dos acciones: empujar y contraer, consecuencia de la misma energía hidráulica. Ubicado en la parte inferior de la mesa a nivel del piso</p>
<p>Ejes guía y plataforma de deslizamiento</p>		<p>Los ejes guía de la máquina son los que soportan a la plataforma que se desliza por ellos, la característica para el funcionamiento óptimo de los ejes es que deben ser lisos. Son ubicados en la parte central de la máquina</p>
<p>Mesa de trabajo y soporte</p>		<p>La mesa de trabajo soporta el mecanismo superior de la máquina, construida en un material metálico resistente. Ubicada en la parte derecha del laboratorio</p>
<p>Sensores de fin de carrera de la plataforma móvil</p>		<p>Estos sensores son los encargados de indicarle al sistema de control la posición de la plataforma móvil. El superior indica que la plataforma ha llegado a su tope y que el sistema se encuentra en condiciones de recibir la muestra a procesar. El sensor de punto medio que indica hasta donde debe bajar la plataforma para ejecutar los alivios de presión requeridos de tal manera que se liberen los vapores remanentes y el</p>

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

		<p>ultimo que indica cuando la prensa está totalmente cerrada, una vez este último se activa, el sistema deja de mandar señales de control al cilindro superior de tal manera que no se sobre pase la presión de trabajo máxima</p>
--	---	---

Fuente: El autor, agosto de 2014.

Para las unidades de prensado y moldeo de la célula de proceso de moldeo por compresión de materiales biodegradables se tiene implementado un sistema integrado de dos armarios equipados de instrumentación para el control del movimiento de las placas y para el control de temperatura, en un escenario basado en PLC, se describen los elementos presentes de los armarios.



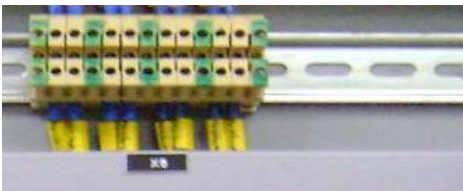

5.8 Panel de potencia (Armario 1)

Provee al usuario ventajas sobre el proceso y así operar la planta de forma rápida y segura, esta unidad de control se encuentra equipada de relés térmicos, relés electromecánicos, relés de estado sólido, *breakers*, rieles *din*, canaletas y borneras y un controlador lógico programable (PLC) de PANASONIC. Se presentan especificaciones detalladas de cada elemento del armario 1, (ver Tabla 12).

Tabla 12. Panel de potencia (Armario 1).

Equipo	Ilustración	Descripción
Contactor		El contactor es el encargado de manejar la parte de fuerza de la planta, por medio de él pasa la corriente hacia el Motor y las etapas de mando
Relé Térmico		EL relé térmico es un aparato utilizado para la protección del motor contra sobrecargas, fallo de alguna fase y diferencias de carga entre fase
Relé Electromecánico		Es un dispositivo que funciona como un interruptor pero

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

		<p>controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes</p>
<p>Breaker</p>		<p>Es un dispositivo que se encarga de proteger el sistema eléctrico contra sobre corrientes ocasionadas por cortocircuitos. Su funcionamiento consiste en interrumpir el flujo de corriente mediante el disparo de un <i>switch</i> térmico</p>
<p>Rieles din, canaletas y borneras</p>		<p>El riel din es un accesorio metálico estandarizado en la industria eléctrica, que sirve para sostener equipos y dispositivos en un panel de control. Las canaletas al igual que los rieles din se utilizan en los panel de control pero su función es proteger los cables. Las borneras son para realizar conexiones entre equipos evitando empalmes entre los conductores</p>
<p>Relé de estado sólido</p>		<p>Los relés de estado sólido son dispositivos electrónicos de corte y cierre de gran potencia mediante la modulación por ancho de pulsos, se utilizan en la planta para manejar el flujo de corriente eléctrica que alimentan las residencias que calientan el molde. Se escogieron de estado sólido y no electromecánicos puesto que los electromecánicos no están diseñados para trabajar en este tipo de control on-off, donde el corte y cierre es permanente</p>
<p>PLC FP-X C30R de la empresa PANASONIC</p>		<p>Es un controlador lógico programable o autómeta. Es un equipo compacto con terminales a tornillo, alimentación 110/220 VCA y salidas a relé. Dispone de una amplia capacidad de memoria, elevada velocidad de proceso y gran expansibilidad de E/S. Se puede programar con el FPWIN GR o con el FPWINPro (conforme con el</p>

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

		<p>estándar IEC 61131-3) [23]. En la planta se utiliza para control automático de temperatura de las dos partes del molde en mando automático y para efectuar las tareas secuenciales de la planta, también en mando automático</p>
--	--	---

Fuente: El autor, agosto de 2014.

5.9 Panel de control y HMI (Armario 2)

Es un sistema electrónico que facilita la comunicación hombre- máquina para controlar, supervisar y monitorear los estados de la máquina de moldeo por compresión, mediante el accionamiento de botones y llaves selectoras, un panel de mando compuesto por indicadores de funcionamiento del sistema hidráulico, indicador de modo manual/automático, pulsador para elevación/descenso del cilindro hidráulico superior, botones de arranque y parada de bomba, botón de parada de emergencia, contactor, rieles *din*, canaletas y borneras (ver Figura 16).

Figura 16. Panel de control y HMI.



Fuente: El autor, enero de 2014.

5.9.1 Panel táctil

La pantalla táctil instalada en el armario 2 sirve como mando de acciones a seguir en la etapa de prensado y para obtener una visualización por medio de una interfaz gráfica del procedimiento de unidad, (ver Tabla 13).

Tabla 13. Panel táctil.



Equipo	Ilustración	Descripción
Pantalla táctil GT32 M		Por medio de este dispositivo se comanda en su mayoría la máquina en todos sus modos. Por otra parte, es aquí donde se ingresan los parámetros de operación en tiempo y temperatura. La transmisión de datos entre el terminal GT32 M y el PLC FP-X C30R se realiza mediante puerto serial RS232

Fuente: El autor, agosto de 2014.


5.9.2 Indicadores de funcionamiento

Los indicadores son indispensables en todo sistema monitoreo, mediante ellos se visualizan acciones como inicio/parada, alarmas y emergencias durante el procedimiento de unidad, las especificaciones de cada luz del panel HMI a continuación, (ver Tabla 14).

Tabla 14. Indicadores de funcionamiento.

Equipo	Ilustración	Descripción
Indicador de sobrecarga resistencias eléctricas		Cuando hay una sobrecarga en el sistema de resistencias eléctricas, el contactor mecánico asociado entrega una señal al controlador lógico programable (PLC) que interpreta la señal y detiene el proceso mostrando un mensaje de alerta en la pantalla táctil. El sistema debe ser rearmado de manera manual para verificar que todo esté en orden y no sea un daño mayor
Indicador de sobrecarga motor bomba hidráulica / motor compresor		Cuando alguno de los motores bien sea del sistema hidráulico o del neumático sobrepasa los límites de corriente pre-establecidos, se genera una señal que enciende este indicador y a su vez se reporta al PLC que ocurrió un evento que impide seguir la normal operación de la máquina. Esta señal también es desplegada en la pantalla táctil
Indicadores de funcionamiento sistema hidráulico / neumático		Una vez el usuario selecciona que planta desea operar, estos indicadores se encienden reportando que planta está activa en su momento. No son indicadores de error, solo de funcionamiento

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

		
Indicador de modo MANUAL/AUTOMATICO		Este indicador se enciende cuando el usuario selecciona el modo de operación full automático, donde solo son ingresados los parámetros de trabajo y el sistema inmediatamente realiza toda la operación

Fuente: El autor, agosto de 2014.

5.9.3 Pulsadores y llaves

Mediante botones se da inicio a cada acción del procedimiento, el botón rojo es indispensable en casos de emergencia para evitar daños en la unidad. Se presentan las especificaciones de cada botón y la llave maestra de encendido, (ver Tabla 15).

Tabla 15. Pulsadores y llaves.



Equipo	Ilustración	Descripción
Pulsador para elevación/descenso del cilindro de compresión hidráulico		Estos dos pulsadores se encuentran disponibles en físico para permitir al operario ejecutar tan rápido como lo permitan sus extremidades la subida y bajada del cilindro de compresión, esto con el fin de aliviar la presión en el molde y evitar que la muestra explote
Llave maestra de encendido		Con esta llave maestra de baja tensión se activa todo el sistema por medio de un contactor que se encuentra dentro del panel de interface
Botón de parada de emergencia		La parada de emergencia es un botón con enclavamiento que una vez presionado se mantendrá en dicha posición hasta que sea girado y liberado. Es usado para parar inmediatamente toda la parte de potencia de la máquina pero dejar habilitado el PLC y sus funciones

Fuente: El autor, agosto de 2014.

5.10 Elementos de campo Lazo de temperatura

Este conjunto de elementos de campo conformado por resistencias de calefacción de tipo cartucho y la Termocupla tipo J es el encargado de accionar y sensar respectivamente, la temperatura de la unidad de prensado y moldeo para ambos procedimientos, elaboración de probetas y bandejas biodegradables, (ver Tabla 16).

Tabla 16. Elementos de campo Lazo de temperatura.

Equipo	Ilustración	Descripción
Resistencias tipo cartucho en acero inoxidable		Para calentar cada pieza del molde, se han dispuesto 4 resistencias conectadas en paralelo de alta densidad tipo cartucho en acero inoxidable. Cada resistencia está construida con alambre en espiral de ferro níquel con 28 cm. de longitud y una resistencia eléctrica de 48 ohmios, Cada resistencia es alimentada con corriente alterna monofásica de 120 voltios y un consumo de potencia de 300w, para un consumo total de 2400w en todo el sistema de calefacción
Termocuplas tipo J		Una para cada parte del molde, se escogió de tipo “J” porque con éstas se pueden medir temperaturas hasta de 427°C

Fuente: El autor, agosto de 2014.

6 ANEXO F: DIAGRAMAS DE LAZO DE INSTRUMENTOS UNIDADES DE PRENSADO Y MOLDEO

6.1 Diagramas de lazo de control unidad de prensado neumático y moldeo

6.1.1 Lazo de control posición de los cilindros neumáticos

Para el seguimiento y lectura del diagrama de lazo control de posición de los cilindros neumáticos, (ver Figura 17), se presentan las etiquetas de los instrumentos, su conexión en términos de salida y llegada, además el tipo de señal que maneja, (ver Tabla 17).

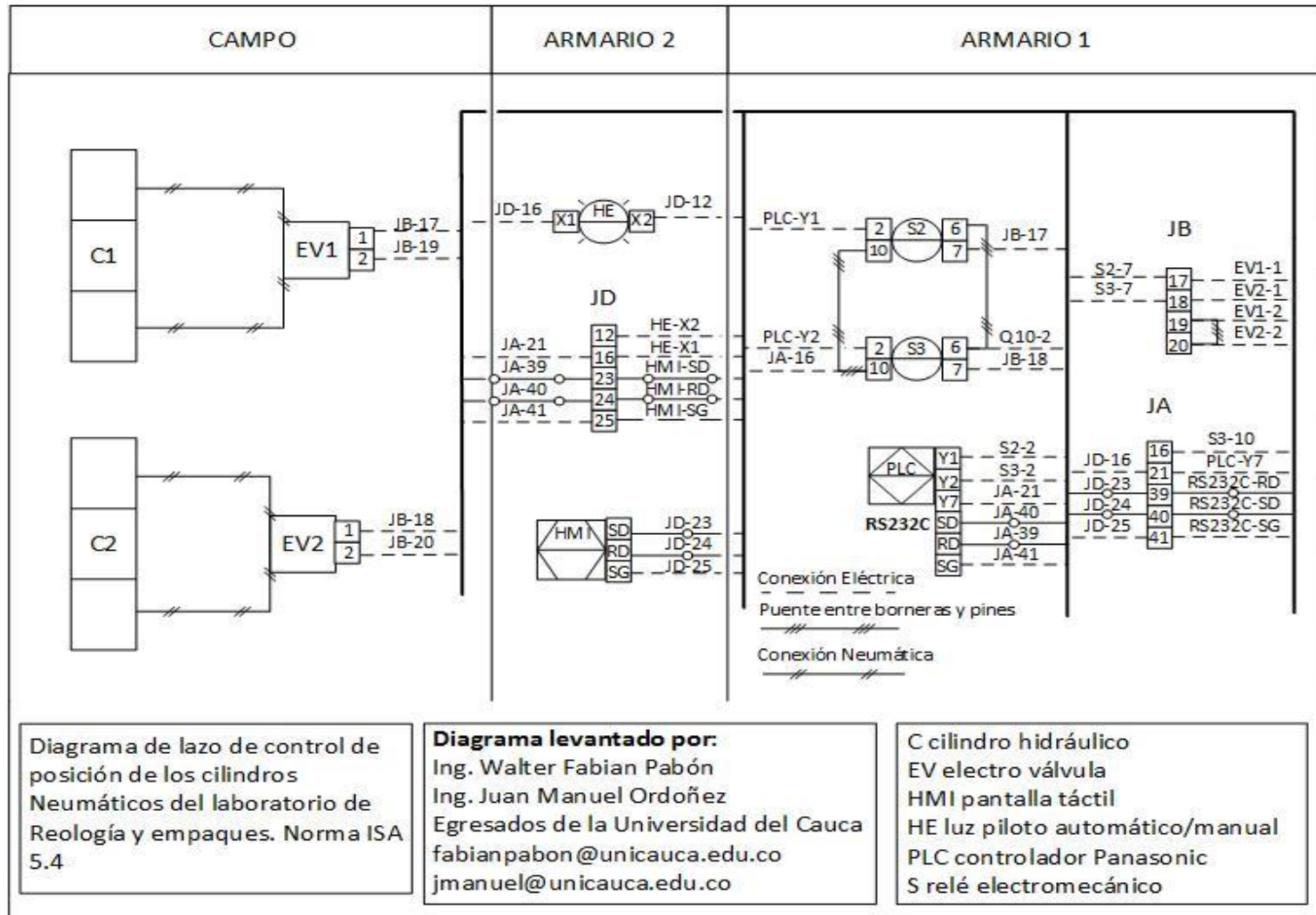
Tabla 17. Conexión de instrumentos y señales lazo de control cilindros neumáticos.

Tag	Salida	Llegada	Señal	Tag	Salida	Llegada	Señal
C1	Superior	EV1	Neumática	HE	X1	JD-16	110 VAC
	Inferior	EV1	Neumática		X2	JD-12	Neutro
C2	Superior	EV2	Neumática	RS232C	SD	JA-40	Binaria
	Inferior	EV2	Neumática		RD	JA-39	Binaria
EV1	1	JB-17	110 VAC		S2	SG	JA-41
	2	JB-19	Neutro	2		PLC-Y1	110 VAC
EV2	1	JB-18	110 VAC	S3	6	Q10-2	110 VAC
	2	JB-20	Neutro		7	JB-17	110 VAC
HMI	SD	JD-23	Binaria		S3	10	JA-16
	RD	JD-24	Binaria	2		PLC-Y2	110 VAC
	SG	JD-25	0 V	6		Q10-2	110 VAC
PLC	Y1	S2-2	110 VAC	S3	7	JB-18	110 VAC
	Y2	S3-2	110 VAC		10	JA-16	Neutro
	Y7	JA-21	110 VAC				

Fuente: El autor, febrero de 2015.

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

Figura 17. Diagrama de lazo posición de los cilindros neumáticos.



Fuente: El autor, febrero de 2015.

6.1.2 Lazo de control de temperatura unidad neumática

Para el seguimiento y lectura del diagrama de lazo control de temperatura unidad neumática, (ver Figura 18), se presentan las etiquetas de los instrumentos, su conexión en términos de salida y llegada, además el tipo de señal que maneja, (ver Tabla 18).

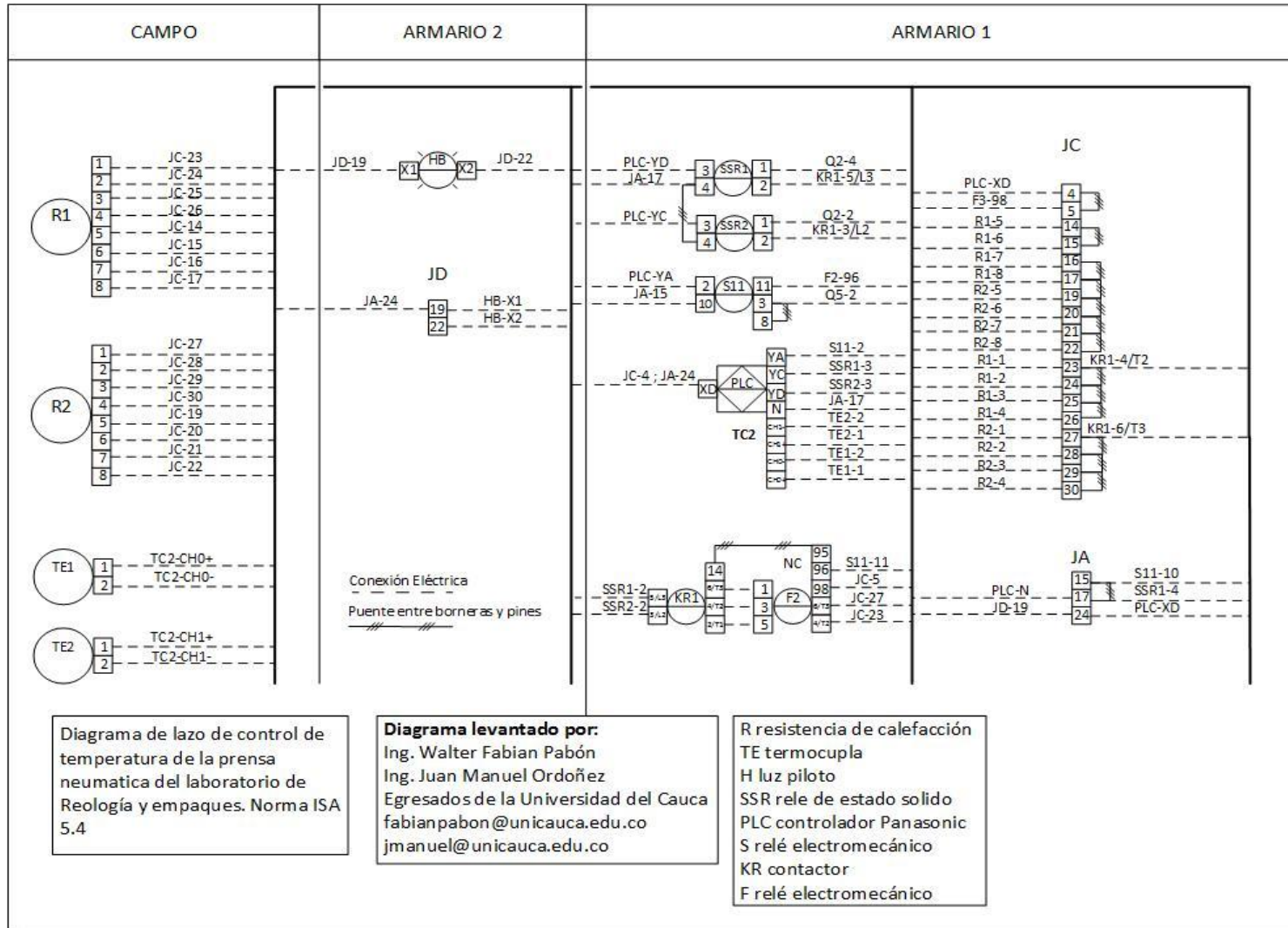
Tabla 18. Conexión de instrumentos y señales lazo de control temperatura neumática.

Tag	Salida	Llegada	Señal	Tag	Salida	Llegada	Señal	
TE2	1	TC2-CH1+	-8.096 42.922 mV	SSR2	1	Q2-2	110 VAC	
	2	TC2-CH1-	-8.096 42.922 mV		2	KR1-3/L2	220 VAC	
TE1	1	TC2CHO+	-8.096 42.922 mV		3	PLC-YC	110 VAC	
	2	TC2-CH0-	-8.096 42.922 mV		4	JA-17	Neutro	
R1	1	JC-23	220 VAC	PLC	N	JA-17	Neutro	
	2	JC-24	220 VAC		XD	JC-4;JA-24	24 V	
	3	JC-25	220 VAC		YA	S11-2	110 VAC	
	4	JC-26	220 VAC		YC	SSR1-3	110 VAC	
	5	JC-14	Neutro		YD	SSR2-3	110 VAC	
	6	JC-15	Neutro		TC2	CH1-	TE2-2	-8.096 42.922 mV
	7	JC-16	Neutro			CH1+	TE2-1	-8.096 42.922 mV
	R2	8	JC-17			Neutro	CH0-	TE1-2
JC-17			Neutro	CH0+		TE1-2	-8.096 42.922 mV	
R2	1	JC-27	220 VAC	KR1	5/L3	SSR1-2	220 VAC	
	2	JC-28	220 VAC		3/L2	SSR2-2	220 VAC	
	3	JC-29	220 VAC		14	F2-95	110 VAC	
	4	JC-30	220 VAC		6/T3	F2-1	220 VAC	
	5	JC-19	Neutro		4/T2	F2-3	220 VAC	
	6	JC-20	Neutro		2/T1	F2-5	No Señal	
	7	JC-21	Neutro		HB	X1	JD-19	24 v
	8	JC-22	Neutro			X2	JD-22	0 V
S11	2	PLC-YA	110 VAC	F2	1	KR1-6/T3	220 VAC	
	3	Q5-2	110 VAC		3	KR1-4/T2	220 VAC	
	8	S11-3	110 VAC		5	KR1-2/T1	No Señal	
	10	JA-15	Neutro		95	KR1-14	110 V	
	11	F2-96	110 VAC		96	S11-11	110 V	
SSR1	1	Q2-4	110 VAC	98	JC-5	24 V		
	2	KR1-5/L3	220 VAC	6/T3	JC-27	220 VAC		
	3	PLC-YD	110 VAC	4/T2	JC-23	220 VAC		
	4	JA-17	Neutro					

Fuente: El autor, febrero de 2015.

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

Figura 18. Diagrama de lazo control de temperatura unidad neumática.



Fuente: El autor, febrero de 2015.

6.2 Diagramas de lazo de control unidad de prensado neumático y moldeo

6.2.1 Lazo de control posición de los cilindros hidráulicos

Para el seguimiento y lectura del diagrama de lazo de control posición de los cilindros hidráulicos, (ver Figura 19), se presentan las etiquetas de los instrumentos, su conexión en términos de salida y llegada, además el tipo de señal que maneja, (ver Tabla 19).

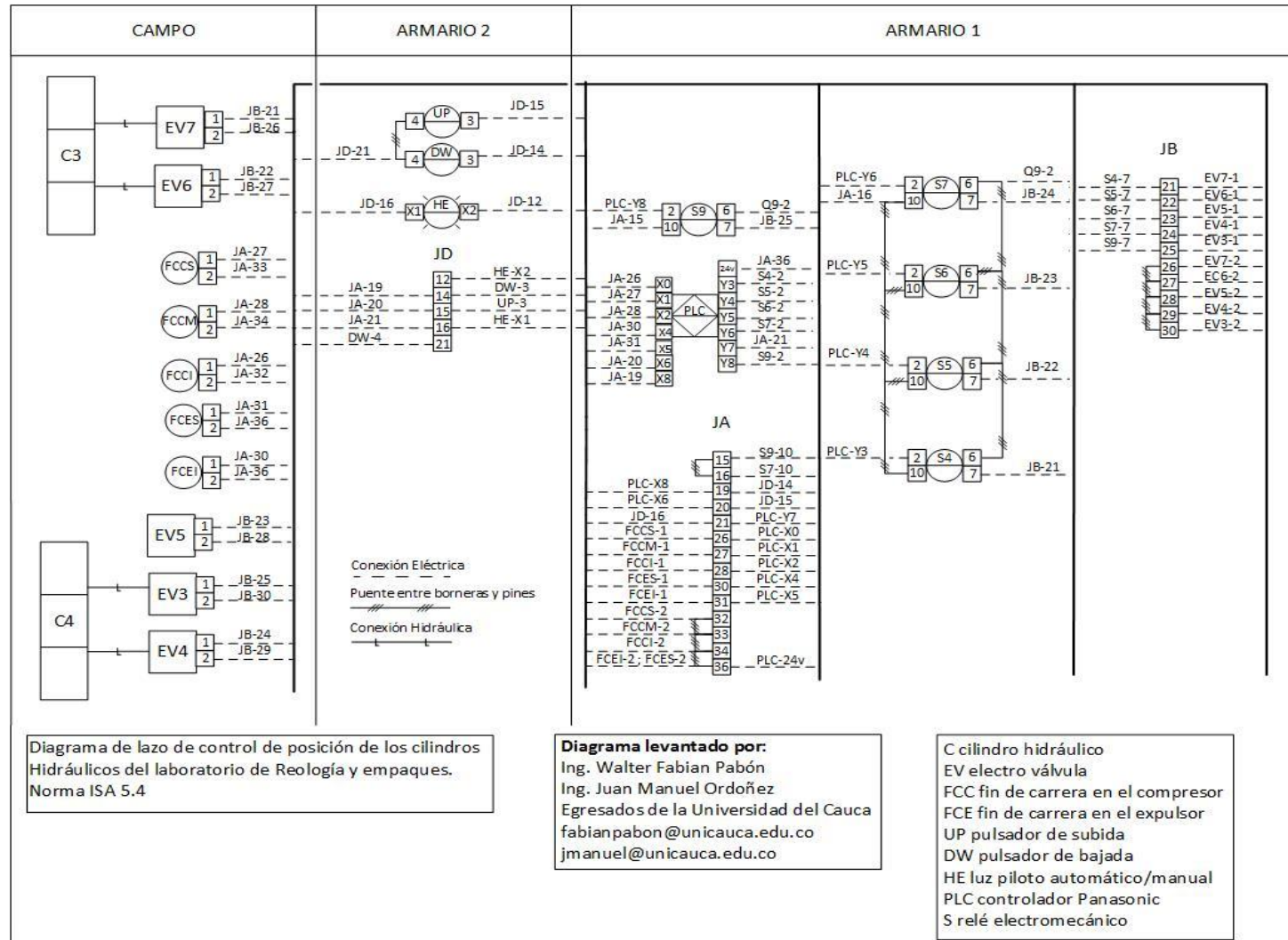
Tabla 19. Conexión de instrumentos y señales lazo de control de posición cilindros hidráulicos.

Tag	Salida	Llegada	Señal	Tag	Salida	Llegada	Señal
C3	Superior	EV7	Hidráulica	PLC	24V	JA-36	24 V
	Inferior	EV6	Hidráulica		X0	JA-26	24 V
C4	Superior	EV3	Hidráulica		X1	JA-27	24 V
	Inferior	EV4	Hidráulica		X2	JA-28	24 V
EV7	1	JB-21	110 VAC		X4	JA-30	24 V
	2	JB-26	Neutro		X5	JA-31	24 V
EV6	1	JB-22	110 VAC		X6	JA-20	24 V
	2	JB-27	Neutro		X8	JA-19	24 V
FCC	1	JA-27	24 V		Y3	S4-2	110 VAC
	2	JA-33	24 V		Y4	S5-2	110 VAC
FCC	1	JA-28	24 V		Y5	S6-2	110 VAC
	2	JA-34	24 V		Y6	S7-2	110 VAC
FCCI	1	JA-26	24 V	Y7	JA-21	110 VAC	
	2	JA-32	24 V	Y8	S9-2	110 VAC	
FCE	1	JA-31	24 V	S7	2	PLC-Y6	110 VAC
	2	JA-36	24 V		6	Q9-2	110 VAC
FCEI	1	JA-30	24 V		7	JB-24	110 VAC
	2	JA-36	24 V		10	JA-16	Neutro
EV5	1	JB-23	110 VAC	S6	2	PLC-Y5	110 VAC
	2	JB-28	Neutro		6	Q9-2	110 VAC
EV3	1	JB-25	110 VAC		7	JB-23	110 VAC
	2	JB-30	Neutro	10	JA-16	Neutro	
EV4	1	JB-24	110 VAC	S5	2	PLC-Y4	110 VAC
	2	JB-29	Neutro		6	Q9-2	110 VAC
UP	3	JD-15	24 V		7	JB-22	110 VAC
	4	JD-21	24 V	10	JA-16	Neutro	
DW	3	JD-14	24 V	S4	2	PLC-Y3	110 VAC
	4	JD-21	24 V		6	Q9-2	110 VAC
S9	2	PLC-Y8	110 VAC		7	JB-21	110 VAC
	6	Q9-2	110 VAC	10	JA-16	Neutro	
	7	JB-25	110 VAC	HE	X1	JD-16	110 VAC
	10	JA-15	Neutro		X2	JD-12	Neutro

Fuente: El autor, febrero de 2015.

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

Figura 19. Diagrama de lazo control de posición de los cilindros hidráulicos.



Fuente: El autor, febrero de 2015.

6.2.2 Lazo de control de temperatura unidad hidráulica

Para el seguimiento y lectura del diagrama de lazo de control de temperatura unidad hidráulica, (ver Figura 20), se presentan las etiquetas de los instrumentos, su conexión en términos de salida y llegada, además el tipo de señal que maneja, (ver Tabla 20).

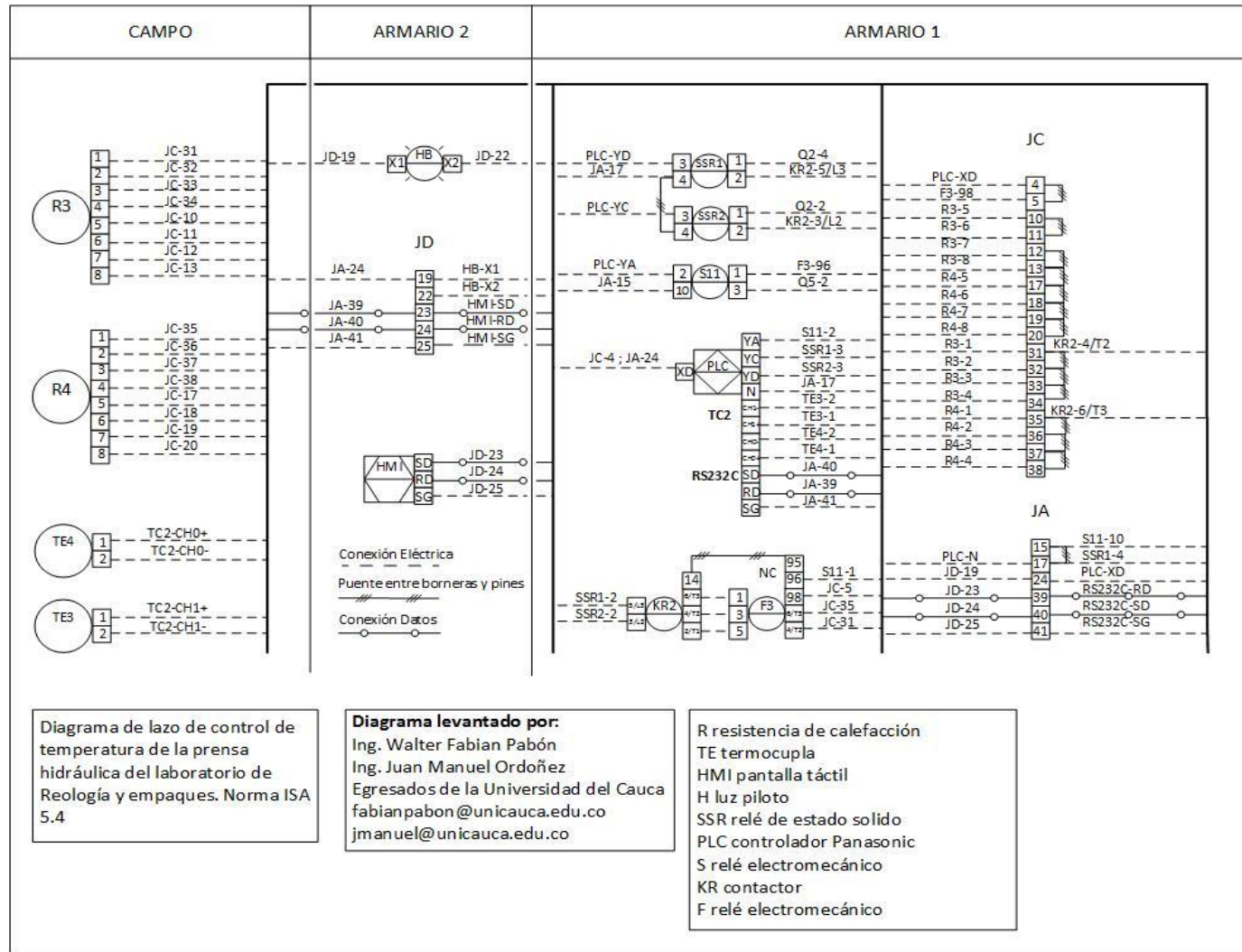
Tabla 20. Conexión de instrumentos y señales lazo control temperatura hidráulica.

Tag	Salid	Llegada	Señal	Tag	Salida	Llegada	Señal
R3	1	JC-31	220 VAC	PLC	N	JA-17	Neutro
	2	JC-32	220 VAC		XD	JC-4;JA-24	24 V
	3	JC-33	220 VAC		YA	S11-2	110 V
	4	JC-34	220 VAC		YC	SSR1-3	110 V
	5	JC-10	Neutro		YD	SSR2-3	110 V
	6	JC-11	Neutro	TC2	CH1-	TE3-2	-8.096 42.922 mV
	7	JC-12	Neutro		CH1+	TE3-1	-8.096 42.922 mV
	8	JC-13	Neutro		CH0-	TE4-2	-8.096 42.922 mV
R4	1	JC-35	220 VAC	RS232	SD	JA-40	Binaria
	2	JC-36	220 VAC		RD	JA-39	Binaria
	3	JC-37	220 VAC		SG	JA-41	0 V
	4	JC-38	220 VAC		KR2	5/L3	SSR1-2
	5	JC-17	Neutro	3/L2		SSR2-2	220 VAC
	6	JC-18	Neutro	14		F3-95	120 VAC
	7	JC-19	Neutro	6/T3		F3-1	220 VAC
	TE4	1	TC2-CH0+	-8.096 42.922 mV	F3	4/T2	F3-3
2		TC2-CH0-	-8.096 42.922 mV	2/T1		F3-5	No señal
TE3	1	TC2-CH1+	-8.096 42.922 mV	1	KR2-6/T3	220 VAC	
	2	TC2-CH1-	-8.096 42.922 mV	3	KR2-4/T2	220 VAC	
HMI	SD	JD-23	Binaria	5	KR2-2/T1	No señal	
	RD	JD-24	Binaria	95	KR2-14	110 V	
	SG	JD-25	0 V	96	S11-1	110 V	
SSR1	1	Q2-4	110 VAC	98	JC-5	24 V	
	2	KR2-5/L3	220 VAC	6/T3	JC-35	220 VAC	
	3	PLC-YD	110 VAC	4/T2	JC-31	220 VAC	
	4	JA-17	Neutro	S11	1	F3-96	110 V
SSR2	1	Q2-2	110 VAC		2	PLC-YA	110 V
	2	KR2-3/L2	220 VAC		3	Q5-2	110 V
	3	PLC-YC	110 VAC		10	JA-15	Neutro
	4	JA-17	Neutro	HB	X1	JD-19	24 V
			X2		JD-22	0 V	

Fuente: El autor, enero de 2015.

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

Figura 20. Diagrama de lazo control de temperatura unidad hidráulica.



Fuente: El autor, febrero de 2015.

6.2.3 Lazo de control de presión hidráulica

Para el seguimiento y lectura del diagrama de lazo de control de presión hidráulica, (ver Figura 21), se presentan las etiquetas de los instrumentos, su conexión en términos de salida y llegada, además el tipo de señal que maneja, (ver Tabla 21).

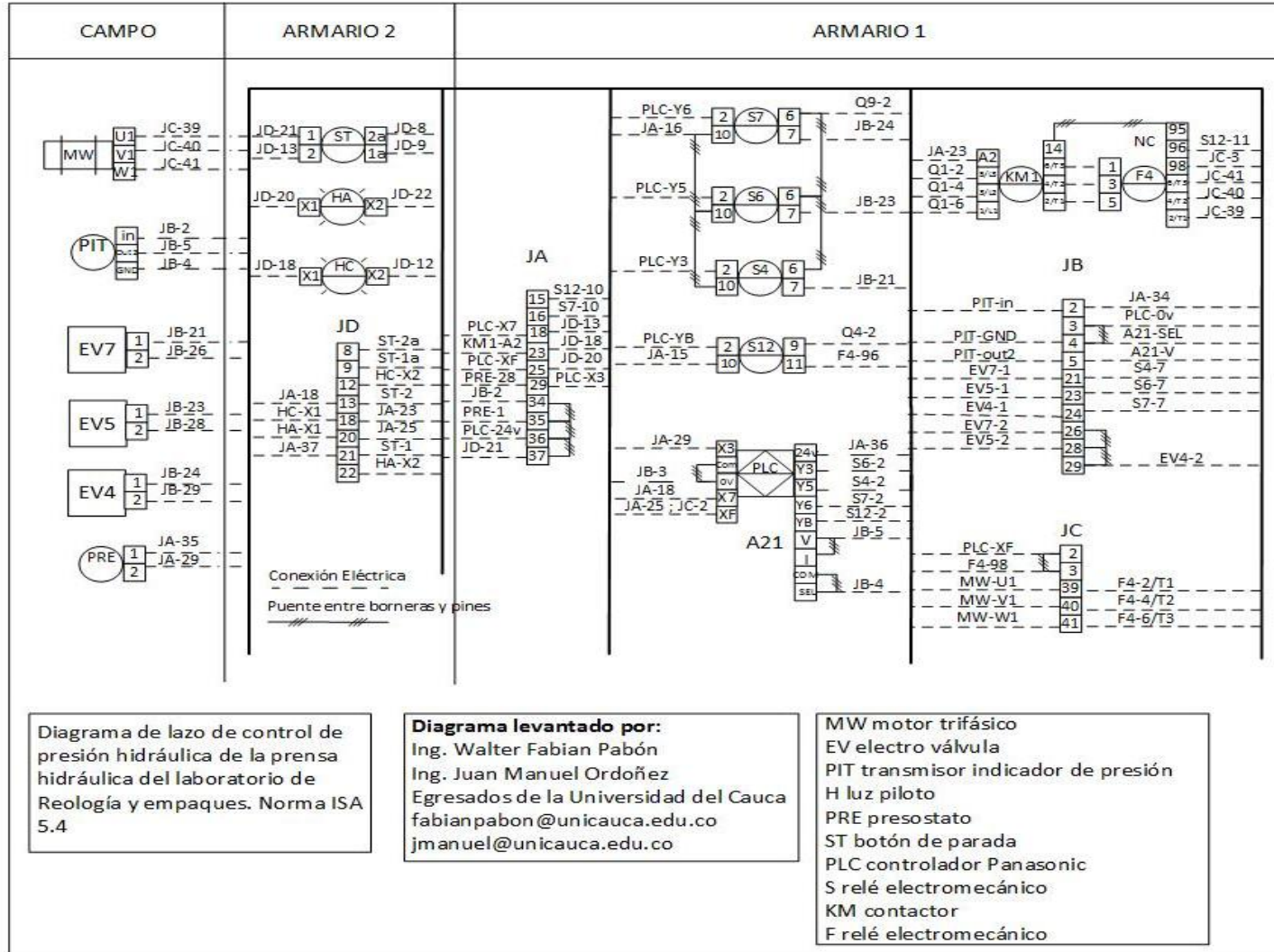
Tabla 21. Conexión de instrumentos y señales lazo control presión hidráulica.

Tag	Salida	Llegada	Señal	Tag	Salida	Llegada	Señal
MW	U1	JC-39	110 VAC	S6	2	PLC-Y5	110 VAC
	V1	JC-40	110 VAC		6	Q9-2	110 VAC
	W1	JC-41	110 VAC		7	JB-23	110 VAC
PIT	in	JB-2	24 V		10	JA-16	Neutro
	Out	JB-5	0-20 mA	S4	2	PLC-Y3	110VAC
	GND	JB-4	0 V		6	Q9-2	110 VAC
EV7	1	JB-21	110 VAC		7	JB-21	110 VAC
	2	JB-26	Neutro	10	JA-16	Neutro	
EV5	1	JB-23	110 VAC	S12	2	PLC-YB	110VAC
	2	JB-28	Neutro		9	Q4-2	110 VAC
EV4	1	JB-24	110 VAC		10	JA-15	Neutro
	2	JB-29	Neutro	11	F4-96	110 VAC	
PRE	1	JA-35	24 V	PLC	24V	JA-36	24V
	2	JA-29	24 V		Com	PLC-0V	0 V
ST	1	JD-21	24 V		0V	JB-3	0 V
	2	JD-13	24 V		X3	JA-29	24 V
	1a	JD-9	110 VAC		X7	JA-18	24 V
	2a	JD-8	110 VAC		XF	JA-25;JC-2	24 V
HA	X1	JD-20	24v		Y3	S6-2	110 VAC
	X2	JD-22	0 V		Y5	S4-2	110 VAC
HC	X1	JD-18	110 VAC		Y6	S7-2	110 VAC
	X2	JD-12	Neutro		YB	S12-2	110 VAC
S7	2	PLC-Y6	110 VAC	A21	V	JB-25	0-20 mA
	6	Q9-2	110 VAC		I	A21-I	0-20 mA
	7	JB-24	110 VAC		COM	A21-SEL	0 V
	10	JA-16	Neutro		SEL	JB-24	0 V
KM1	A2	JA-23	110 VAC	F4	1	KM1-6/T3	110 VAC
	5/L3	Q1-2	110 VAC		3	KM1-4/T2	110 VAC
	3/L2	Q1-4	110 VAC		5	KM1-2/T1	110 VAC
	1/L1	Q1-6	110 VAC		95	KM1-14	110 VAC
	14	F4-95	110 VAC		96	S12-11	110 VAC
	6/T3	F4-1	110 VAC		98	JC-3	24 V
	4/T2	F4-3	110 VAC		6/T3	JC-41	110 VAC
	2/T1	F4-5	110 VAC		4/T2	JC-40	110 VAC
			2/T1	JC-39	110 VAC		

Fuente: El autor, febrero de 2015.

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y
Empaques de la Universidad del Cauca.

Figura 21. Diagrama de lazo control de presión hidráulica.



Fuente: El autor, febrero de 2015.

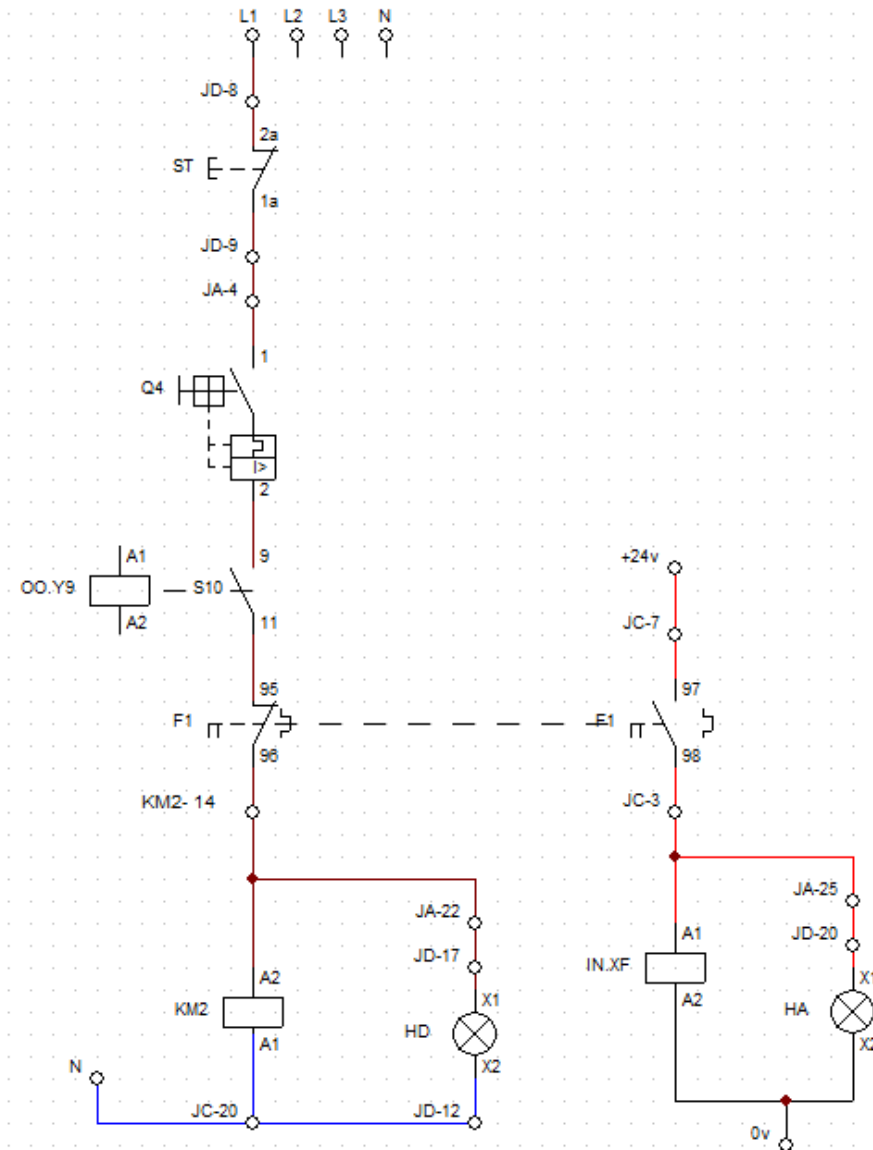
7 ANEXO G: DIAGRAMAS DE MANDO Y POTENCIA DE LAS UNIDADES DE PRENSADO Y MOLDEO DEL PROCESO DE MOLDEO POR COMPRESIÓN

7.1 Diagramas de mando de la unidad de prensado neumático y moldeo

7.1.1 Diagrama de mando compresor

Es el encargado de controlar el funcionamiento del Contactor KM2 para energizar o desenergizar el compresor, (ver Figura 22).

Figura 22. Diagrama de mando compresor.

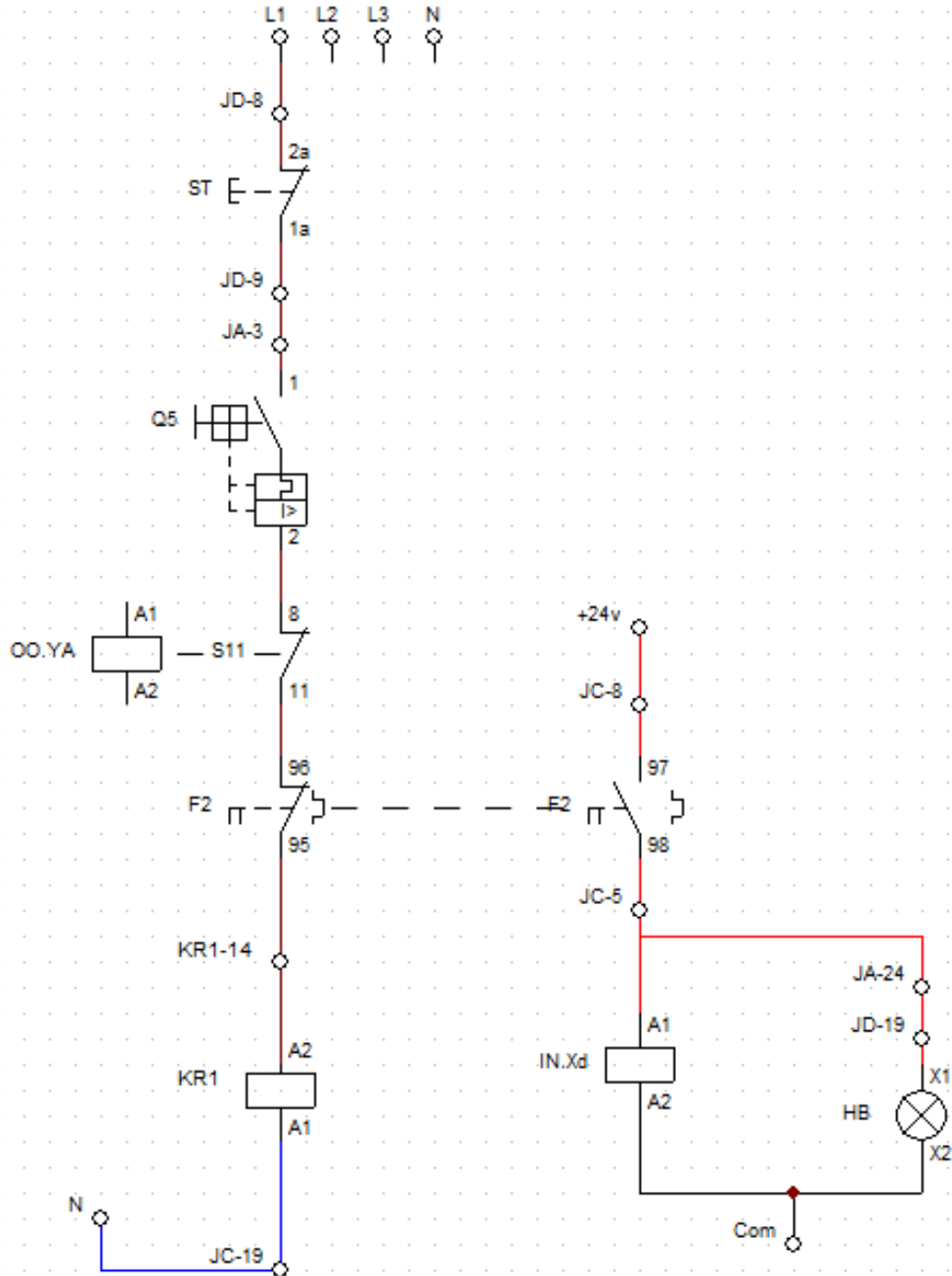


Fuente: El autor, diciembre de 2014.

7.1.2 Diagrama de mando resistencias eléctricas unidad neumática

Es el encargado de controlar el funcionamiento del Contactor KR1 para energizar o desenergizar las resistencias de calefacción en los moldes macho y hembra, (ver Figura 23).

Figura 23. Diagrama de mando resistencias eléctricas unidad neumática.



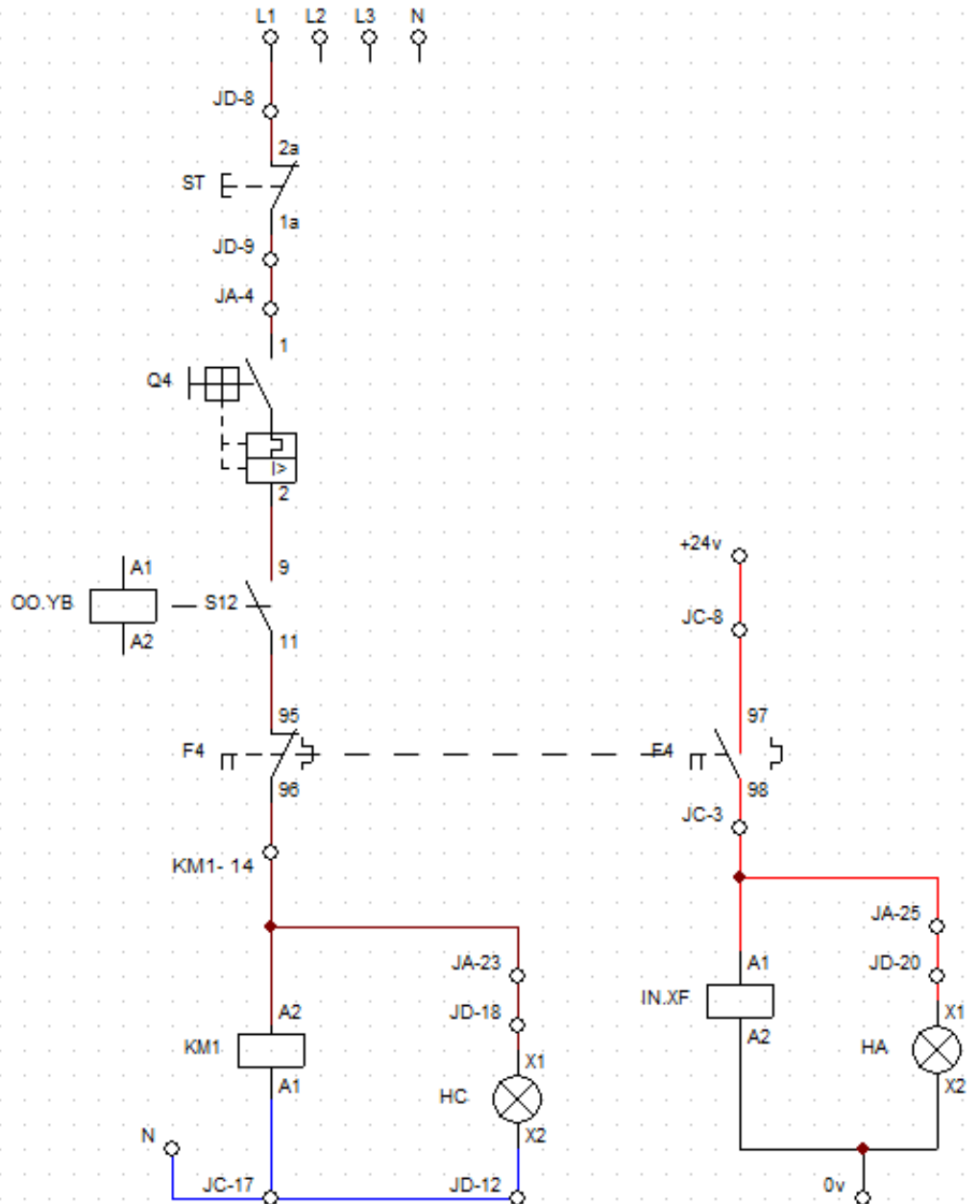
Fuente: El autor, diciembre de 2014.

7.2 Diagrama de Mando de la unidad de prensado hidráulico y moldeo

7.2.1 Diagrama de mando motor

Es el encargado de controlar el funcionamiento del Contactor KM1 para energizar o desenergizar el motor trifásico Weg, (ver Figura 24).

Figura 24. Diagrama de mando motor.

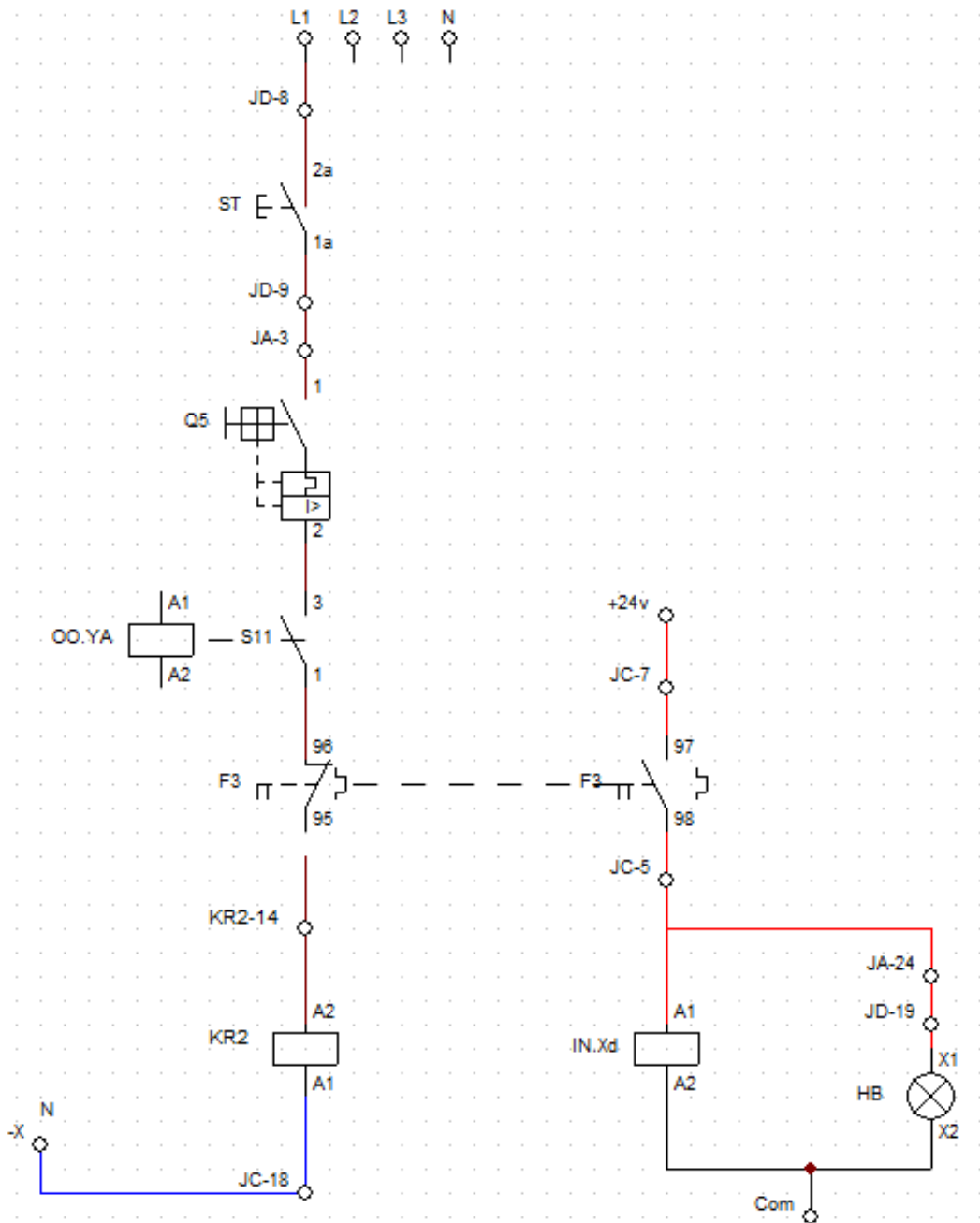


Fuente: El autor, diciembre de 2014.

7.2.2 Diagrama de mando resistencias eléctricas unidad hidráulica

Es el encargado de controlar el funcionamiento del Contactor KR2 para energizar o desenergizar las resistencias de calefacción en los moldes macho y hembra, (ver Figura 25).

Figura 25. Diagrama de mando resistencias eléctricas unidad hidráulica.



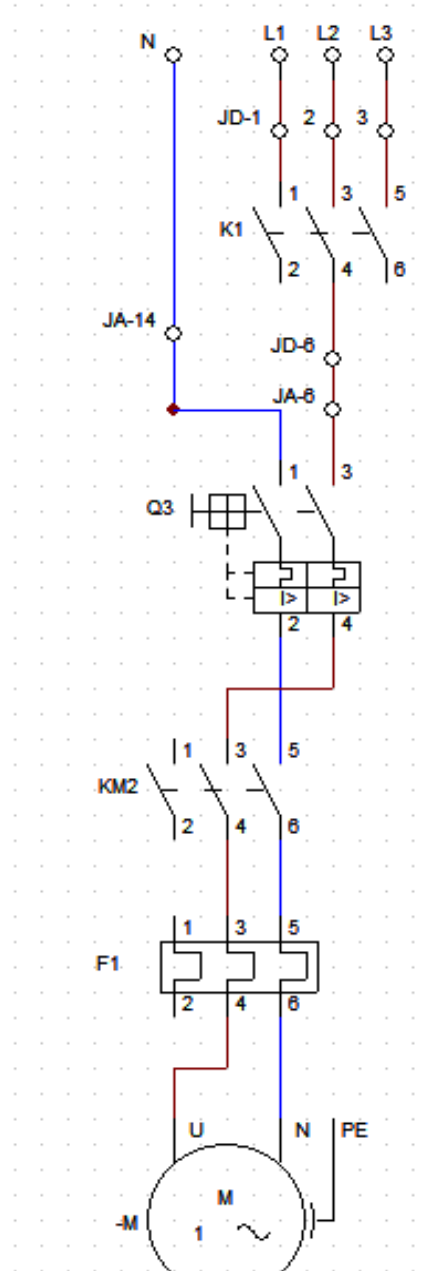
Fuente: El autor, diciembre de 2014.

7.3 Diagramas de Potencia de la unidad de prensado neumático y moldeo

7.3.1 Diagrama de potencia compresor

Es el encargado del arranque del compresor monofásico (115 V AC y 60 Hz) por medio del Contactor KM2, (ver Figura 26).

Figura 26. Diagrama de potencia compresor.

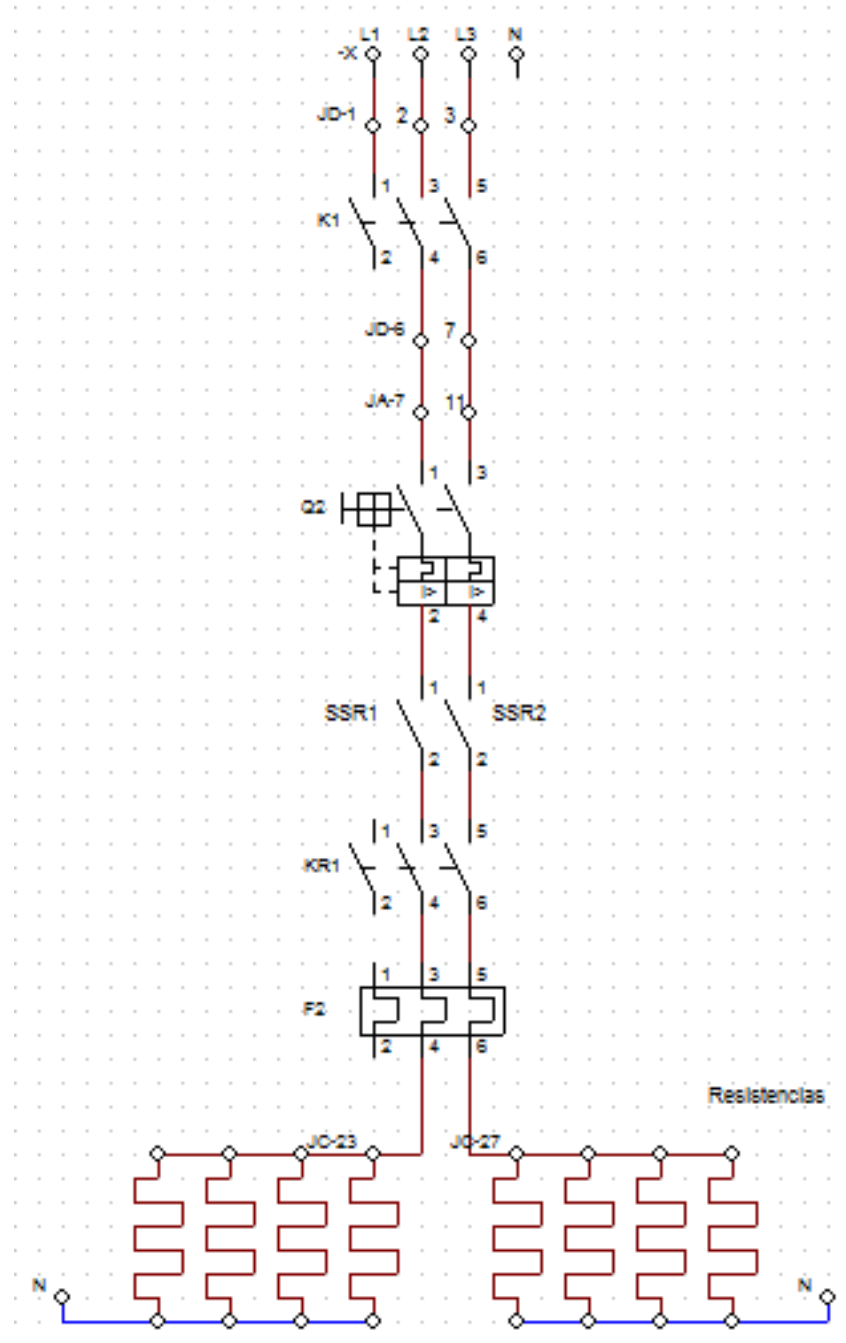


Fuente: El autor, diciembre de 2014.

7.3.2 Diagrama de potencia resistencias eléctricas unidad neumática

Es el encargado de alimentar las resistencias de calefacción (220 V AC y 60 Hz) por medio del Contactor KR1 y los relés de estado sólido SSR1 y SSR2, (ver Figura 27).

Figura 27. Diagrama de potencia resistencias eléctricas unidad neumática.



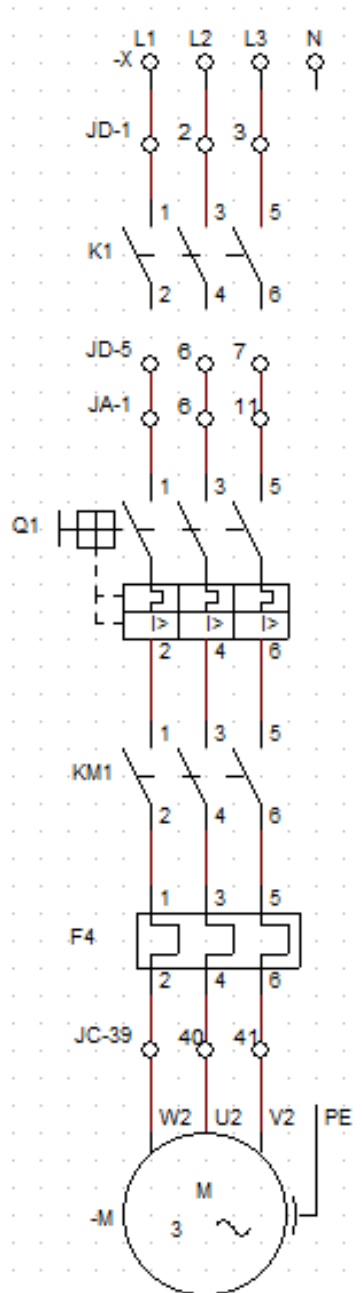
Fuente: El autor, diciembre de 2014.

7.4 Diagramas de Potencia de la unidad de prensado hidráulico y moldeo

7.4.1 Diagrama de potencia motor

Es el encargado del arranque del motor trifásico (400 V AC y 60 Hz) por medio del Contactor KM1, (ver Figura 28).

Figura 28. Diagrama de potencia motor.

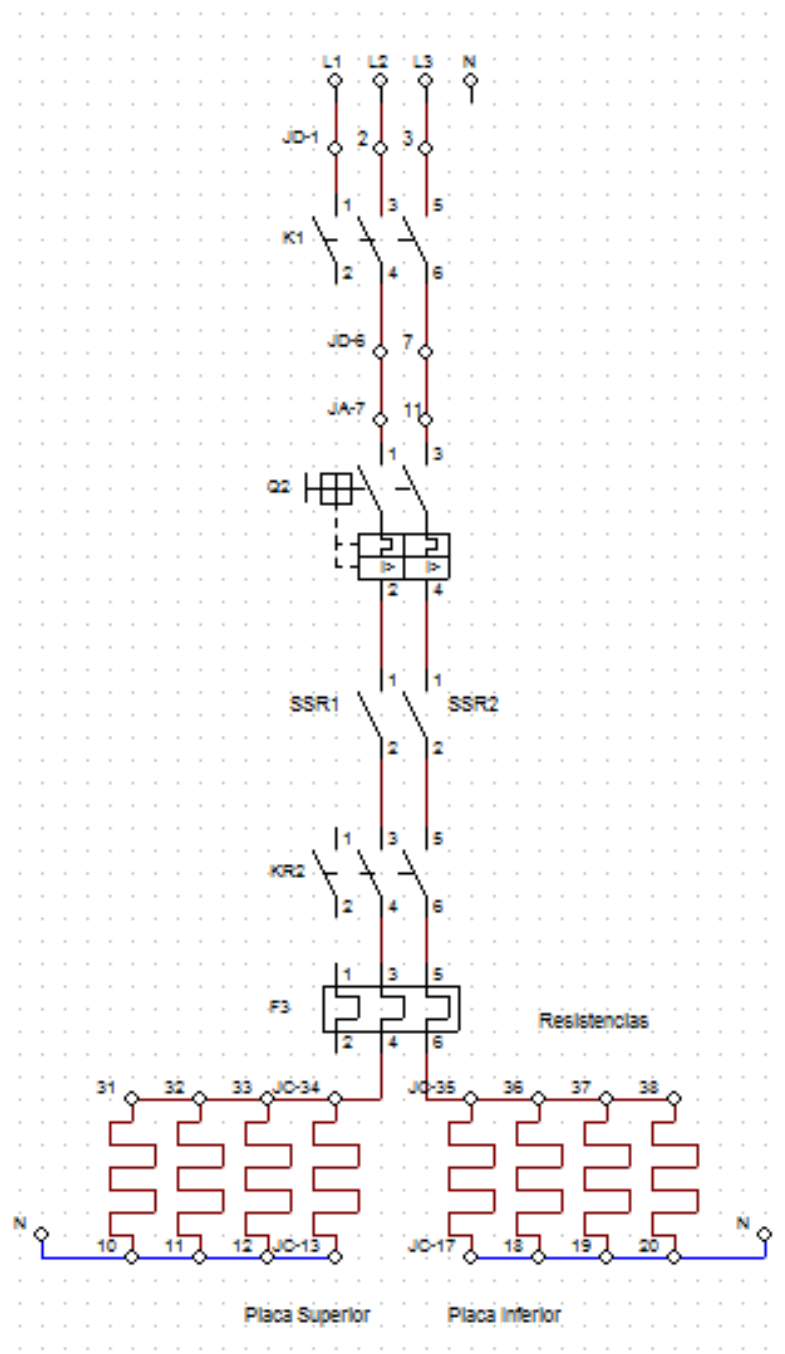


Fuente: El autor, diciembre de 2014.

7.4.2 Diagrama de potencia resistencias eléctricas unidad hidráulica

Es el encargado de alimentar las resistencias de calefacción (220 V AC y 60 Hz) por medio del Contactor KR2 y los relés de estado sólido SSR1 y SSR2, (ver Figura 29).

Figura 29. Diagrama de potencia resistencias eléctricas unidad hidráulica.



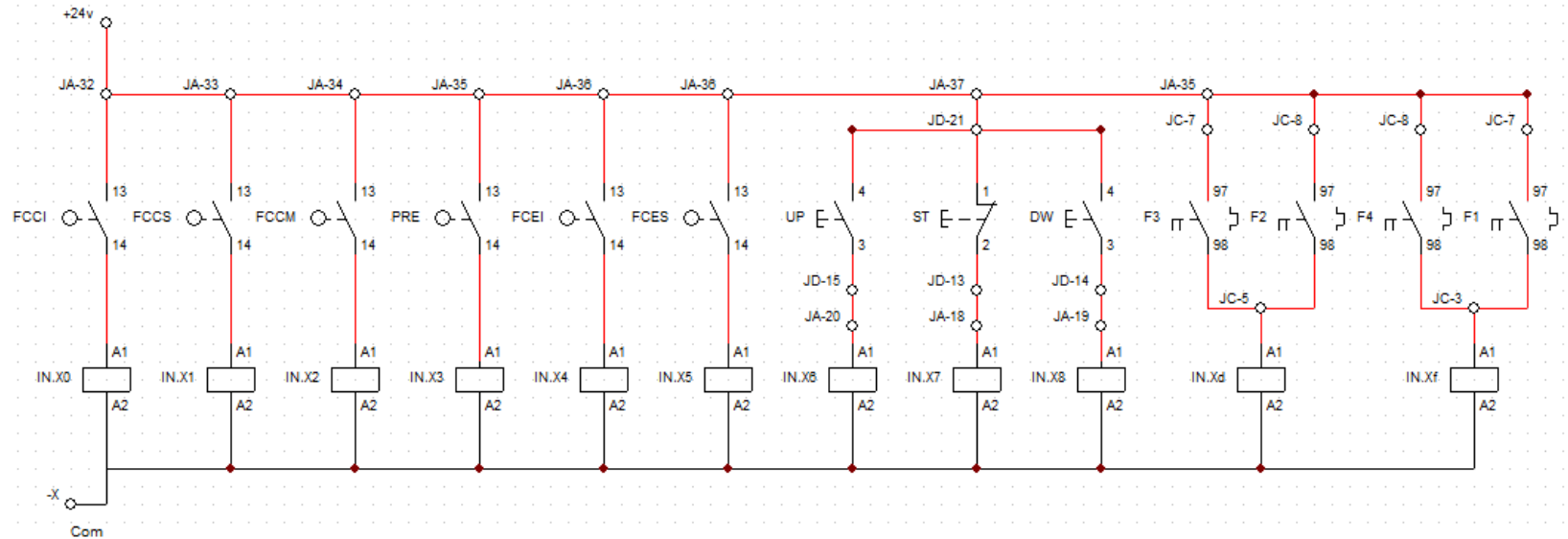
Fuente: El autor, diciembre de 2014.

7.5 Diagrama de entradas y salidas del PLC

7.5.1 Diagrama de entradas del PLC

Es el encargado de las señales eléctricas entrantes al PLC (24 V DC) que provienen de los sensores, pulsadores y relés térmicos, (ver Figura 30).

Figura 30. Diagrama de entradas del PLC.

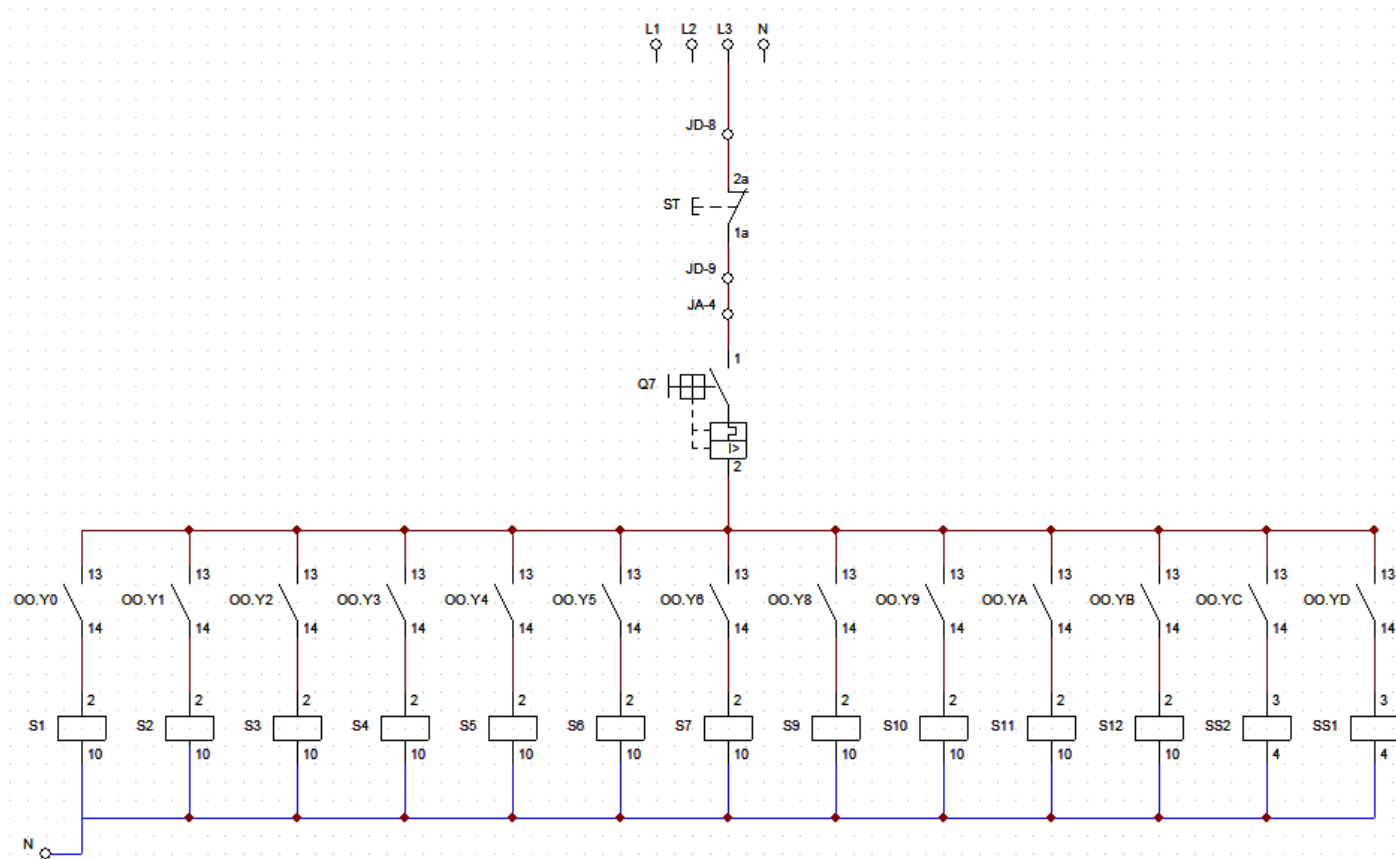


Fuente: El autor, diciembre de 2014.

7.5.2 Diagrama de salidas del PLC

Es el encargado de las señales eléctricas salientes del PLC (110 V AC) que activa los relés electromecánicos y de estado sólido, que maniobra las electroválvulas, motor y resistencias de calefacción, (ver Figura 31).

Figura 31. Diagrama de salidas del PLC.



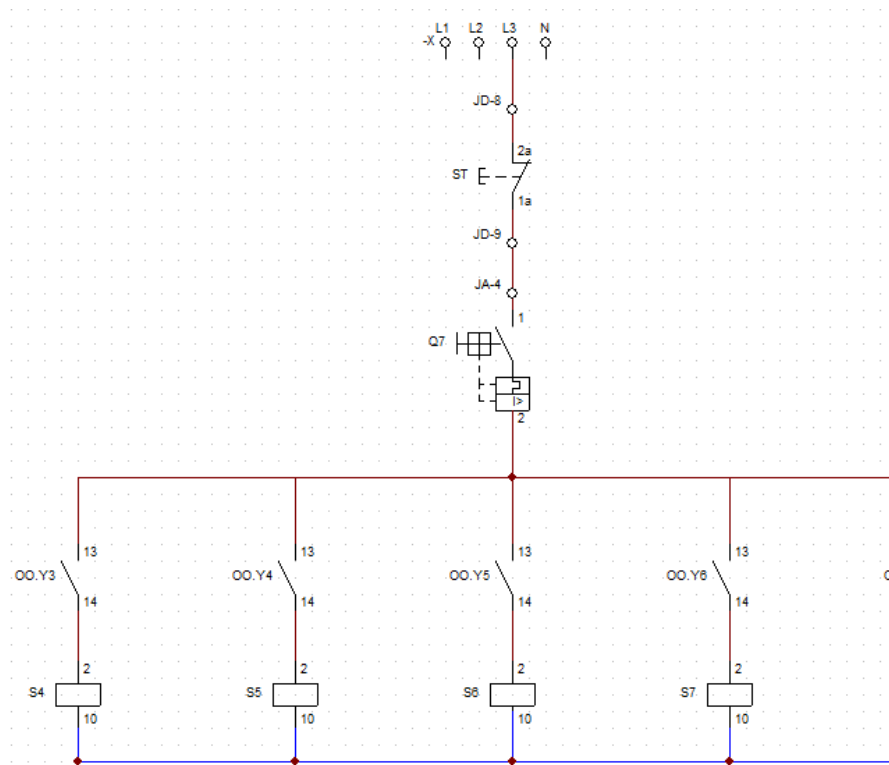
Fuente: El autor, diciembre de 2014.

7.6 Diagrama de mando y potencia de electroválvulas hidráulicas

7.6.1 Diagrama de mando de electroválvulas hidráulicas

Es el encargado de controlar el funcionamiento de los relés electromecánicos S4, S5, S6, S7 y S9 para energizar o desenergizar las electroválvulas, (ver Figura 32).

Figura 32. Diagrama de mando de electroválvulas hidráulicas.

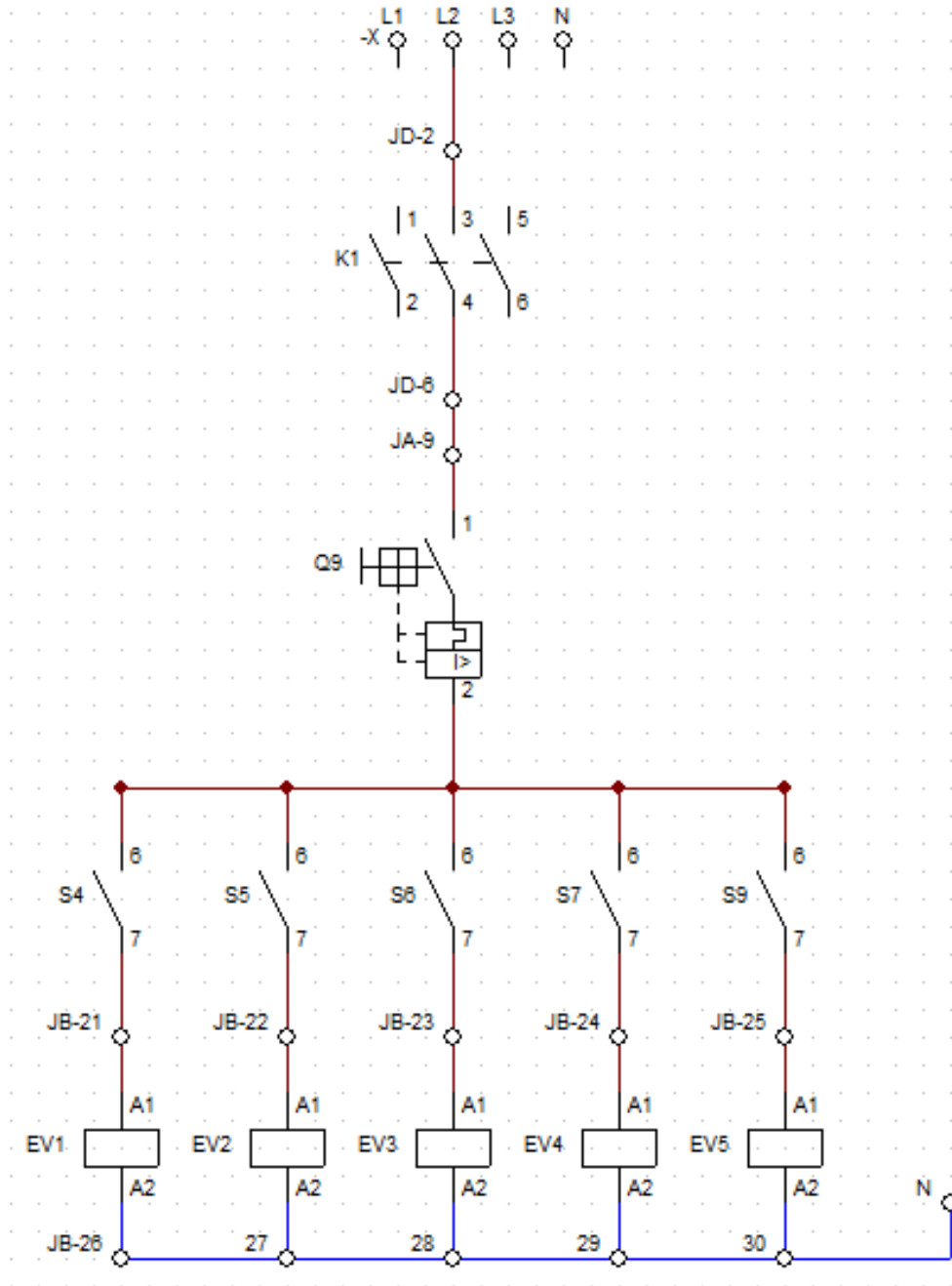


Fuente: El autor, diciembre de 2014.

7.6.2 Diagrama de potencia de electroválvulas hidráulicas

Es el encargado de alimentar las electroválvulas (110 V AC y 60 Hz) por medio de los relés electromecánicos S4, S5, S6, S7 y S9, (ver Figura 33).

Figura 33. Diagrama de potencia de electroválvulas hidráulicas.

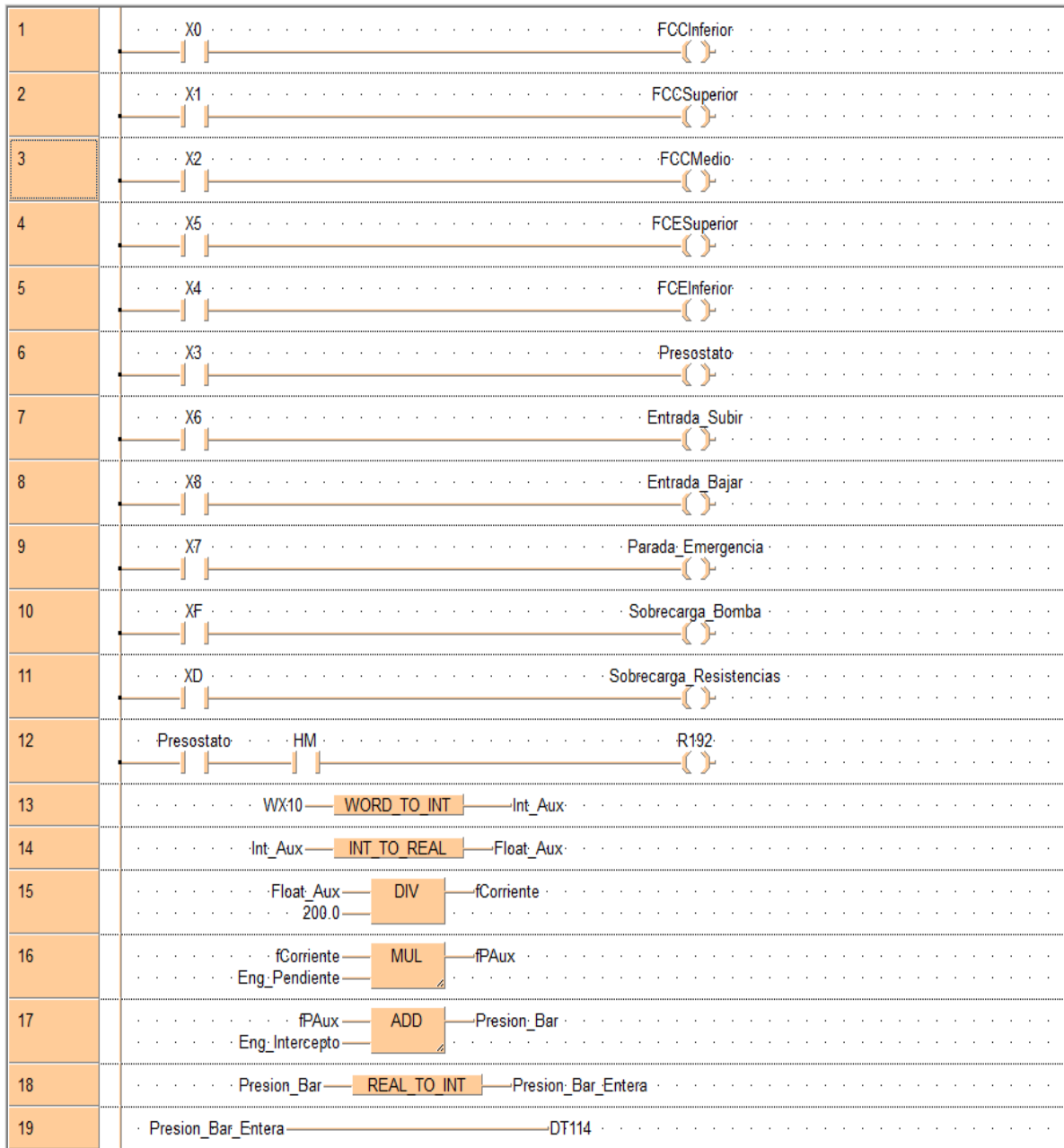


Fuente: El autor, diciembre de 2014.

8 ANEXO H: DIAGRAMAS PROGRAMACIÓN LADDER DEL PLC UNIDADES DE PRENSADO Y MOLDEO

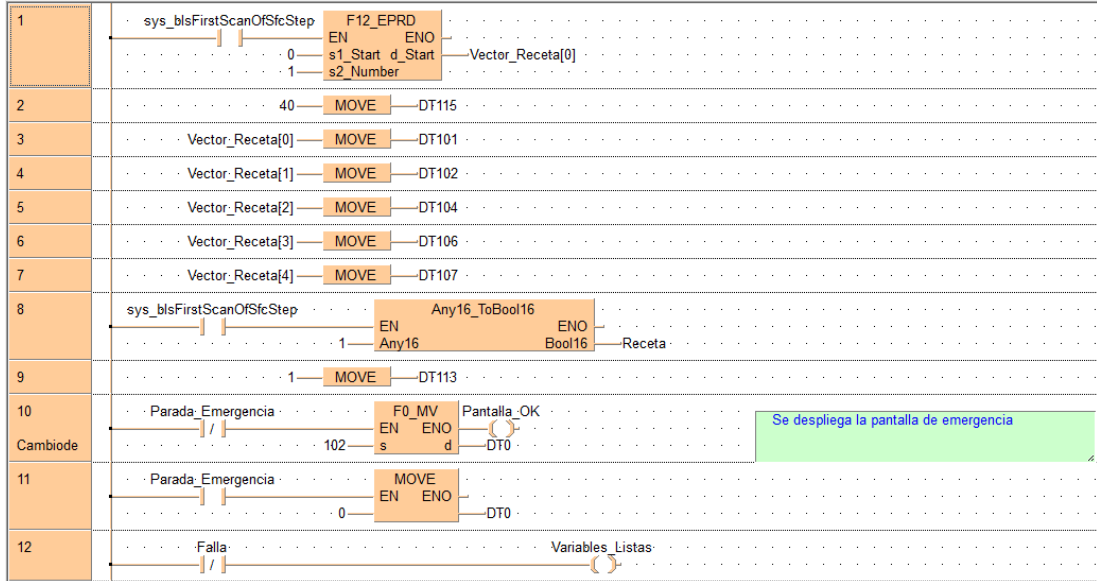
8.1 Actualizar entradas

En el diagrama *ladder* se presenta la lectura de las entradas de los diferentes sensores y el acondicionamiento de la señal parámetro de presión.



8.2 Iniciar variables

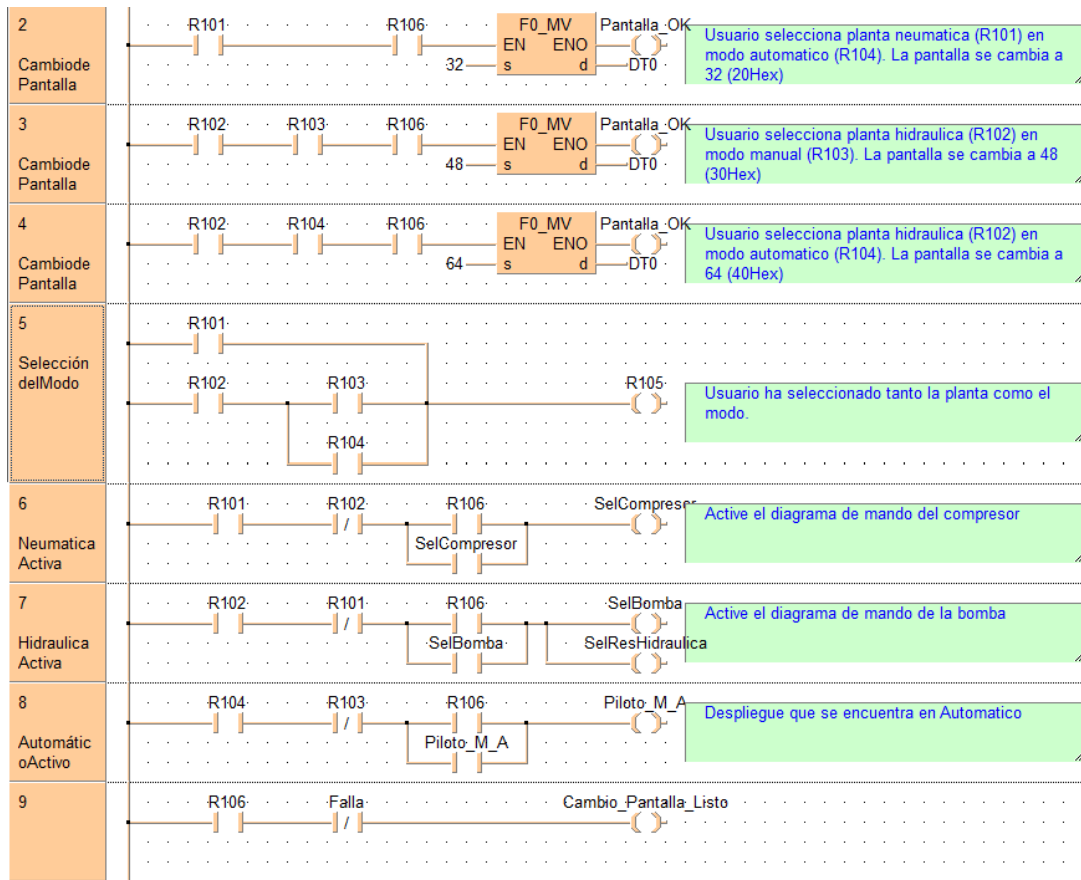
En el diagrama *ladder* se presenta la asignación de variables de los datos de entrada.



8.3 Cambio de pantalla

En el diagrama *ladder* se presenta los cambios de pantalla y la selección de unidad neumática o hidráulica y el modo de operación Automática o manual.

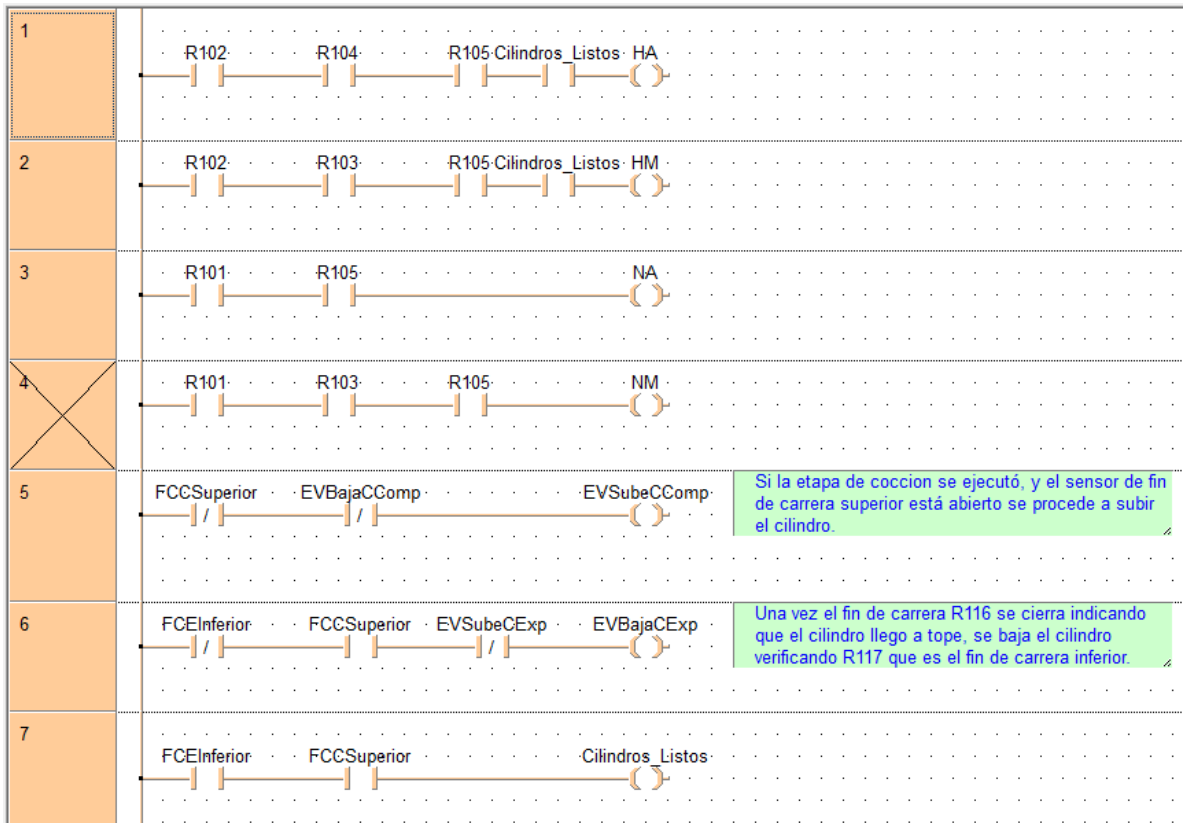
Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.



8.4 Modo de operación

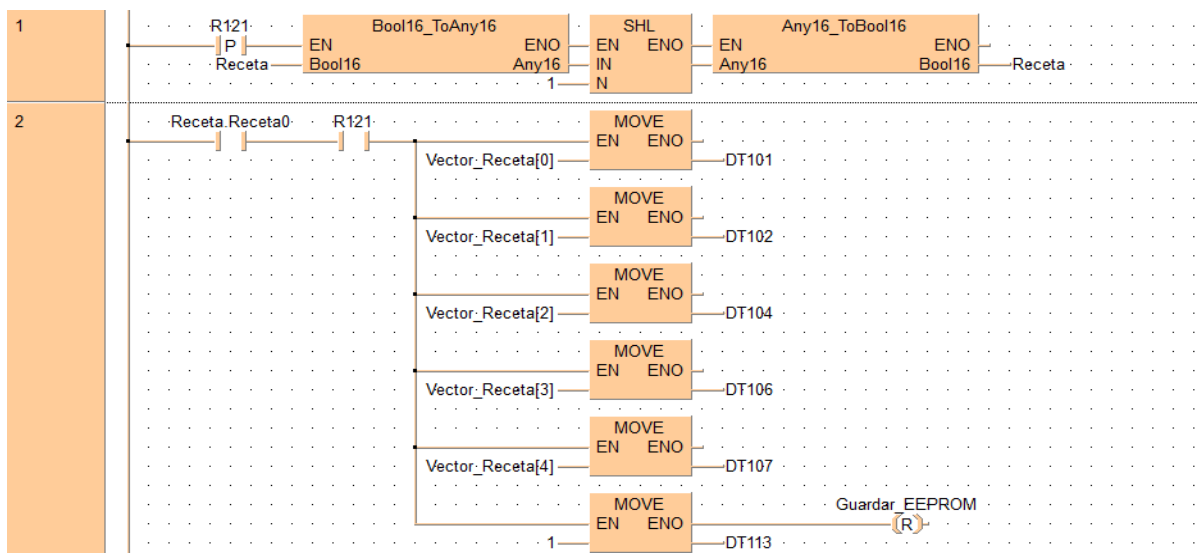
En el diagrama *ladder* se presenta la lógica para la operación de los cilindros expulsor y compresor para la unidad neumática e hidráulica según el estado de los fines de carrera (Hidráulica).

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

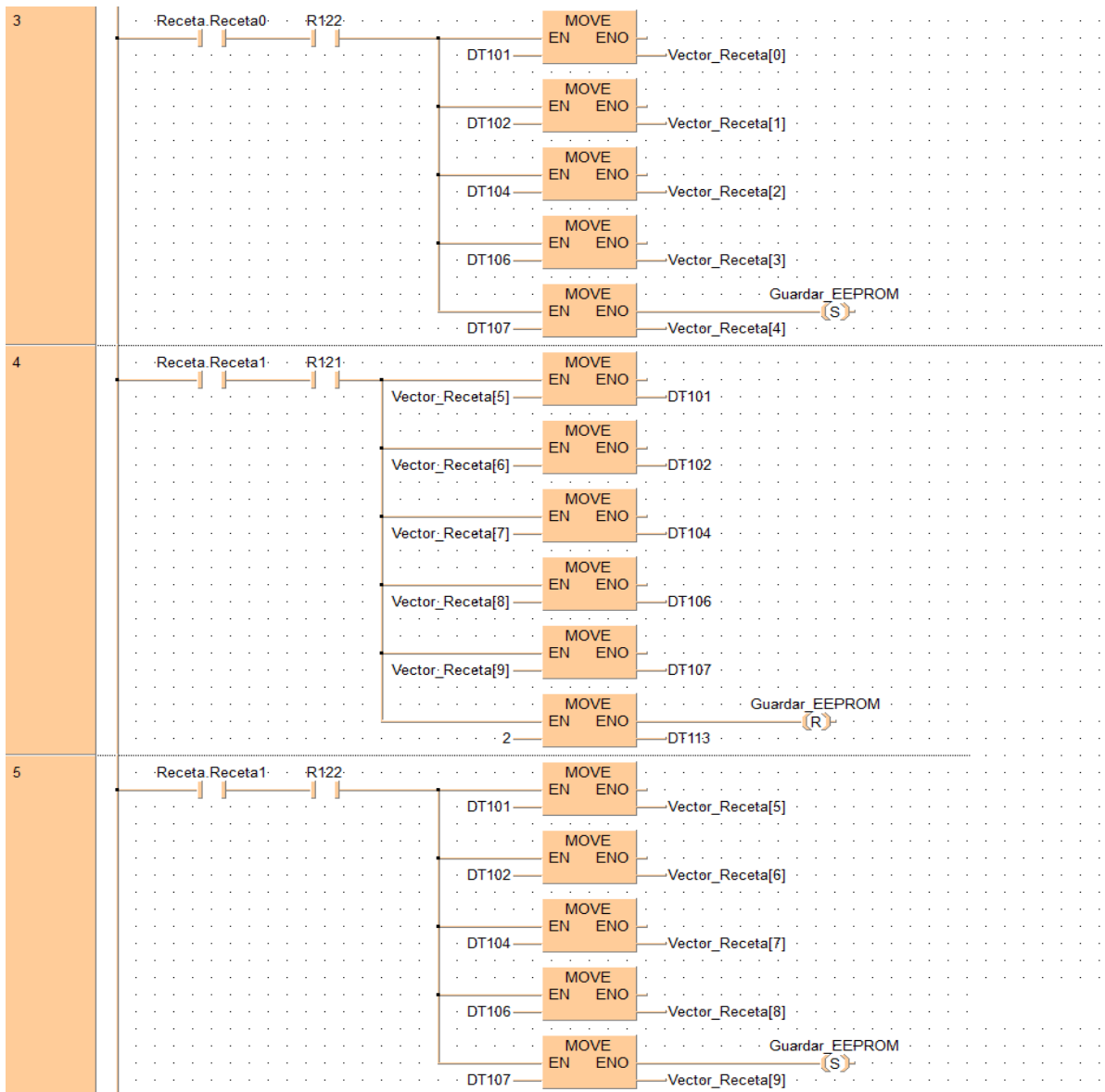


8.5 Obtener parámetros Hidráulica Automática

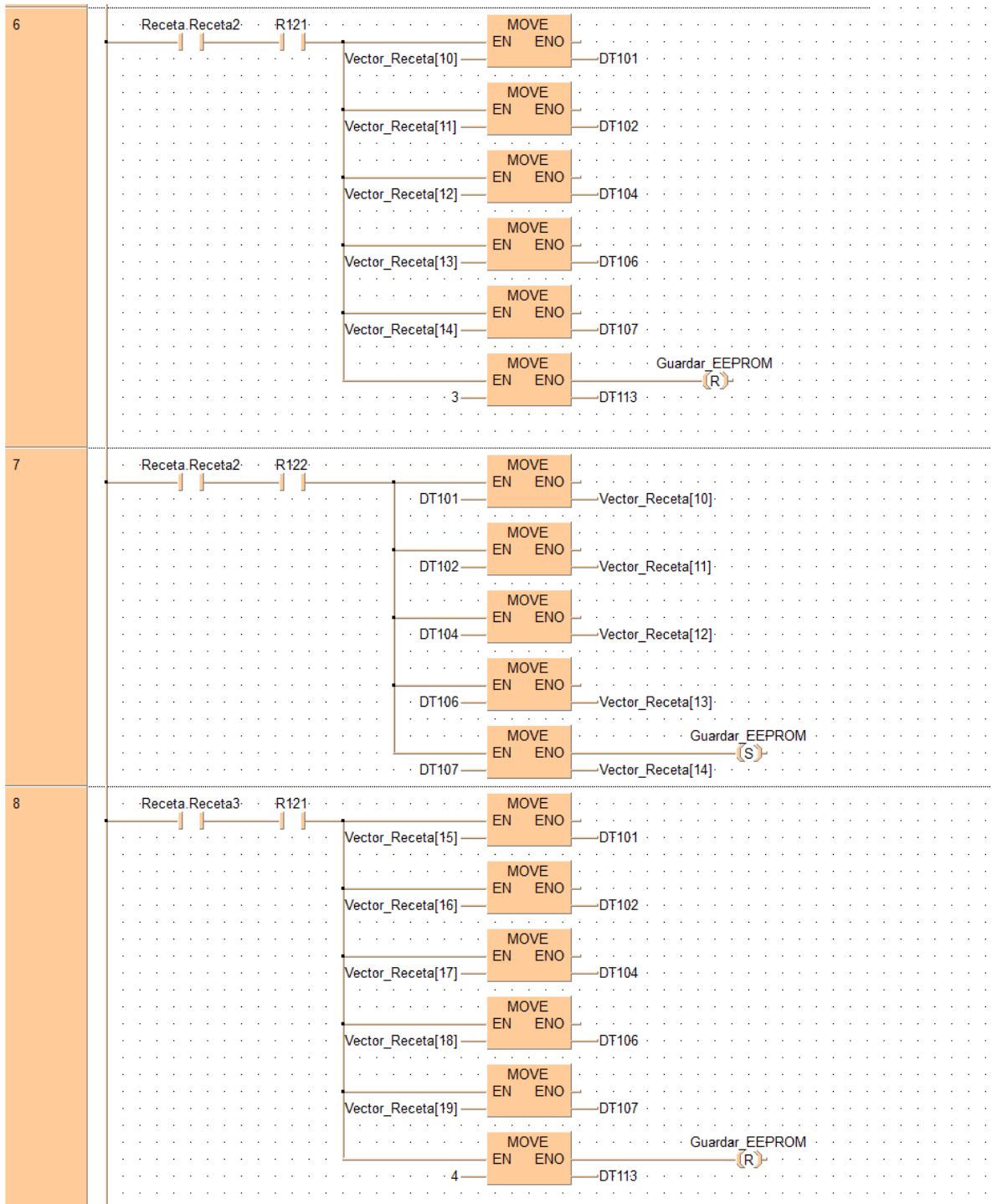
En el diagrama *ladder* se presenta la captura de parámetros de presión, temperatura moldes inferior y superior, numero de alivios y tiempo de cocción. Se ha programado para almacenar hasta 4 recetas en la memoria EPROM.}



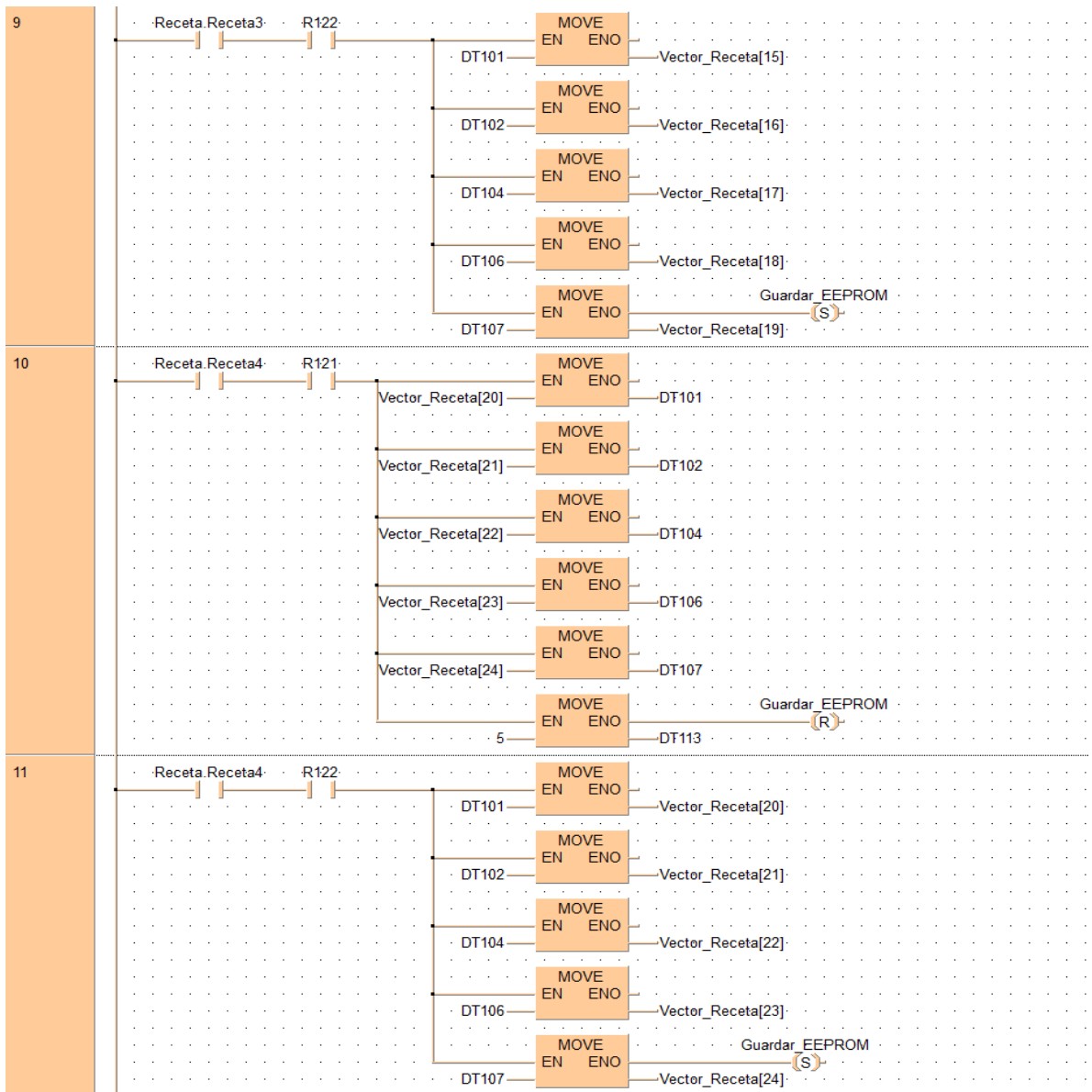
Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.



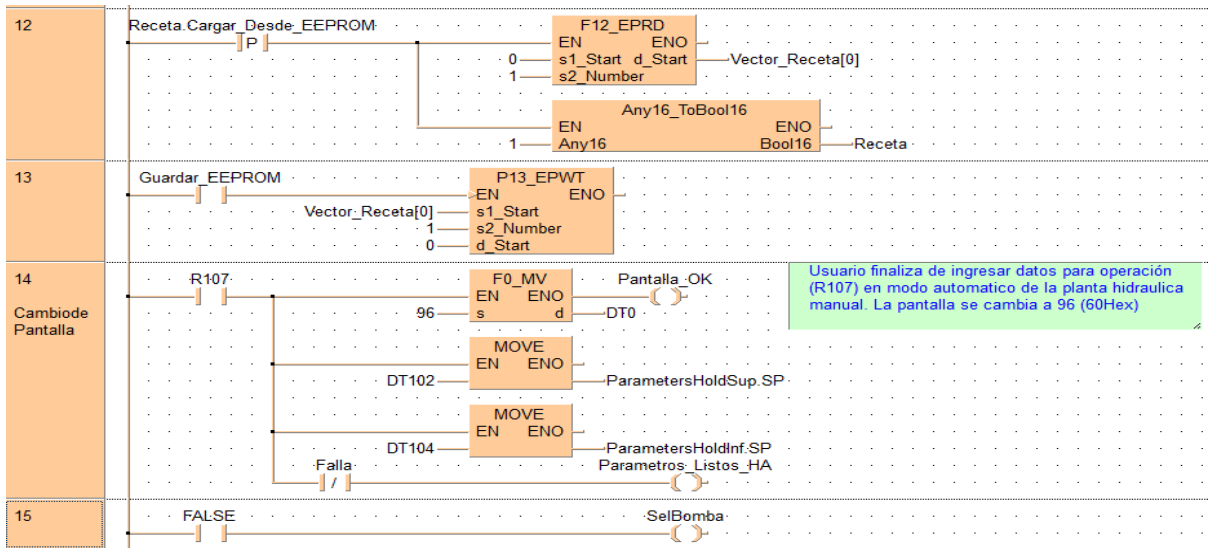
Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.



Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

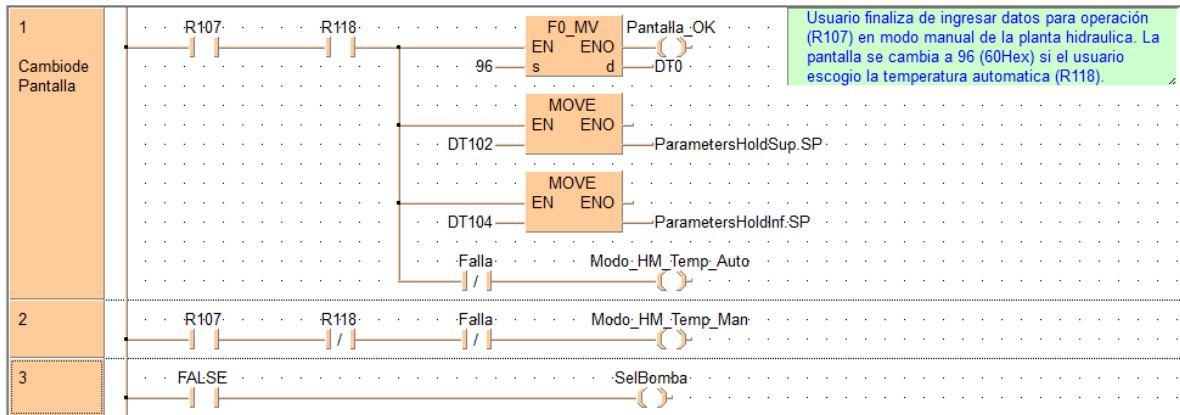


Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.



8.6 Obtener parámetros Hidráulica Manual

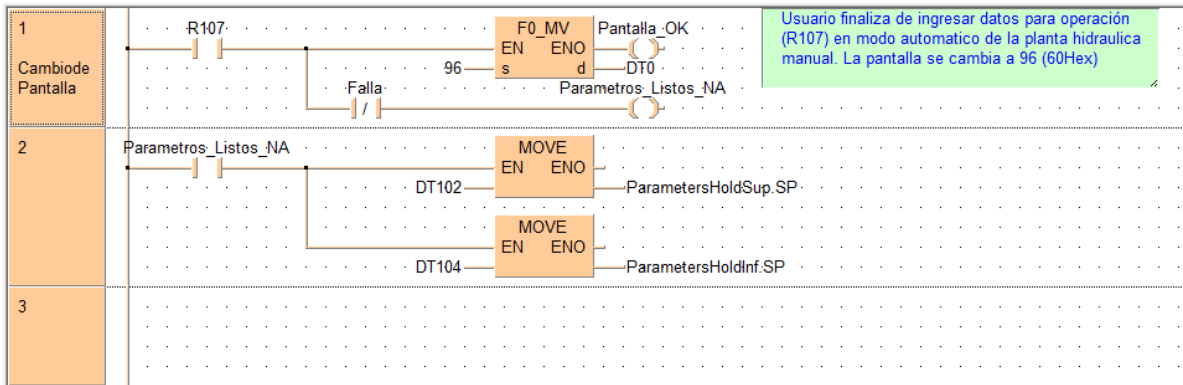
En el diagrama *ladder* se obtiene los parámetros necesarios para el trabajo de compresión hidráulica en el modo manual, si el usuario ha elegido temperatura automática.



8.7 Obtener parámetros Neumática Automática

En el diagrama *ladder* se obtiene los parámetros necesarios para el trabajo de compresión neumática en el modo manual, si el usuario ha elegido temperatura automática.

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.



8.8 Fase cocción Hidráulica Automática

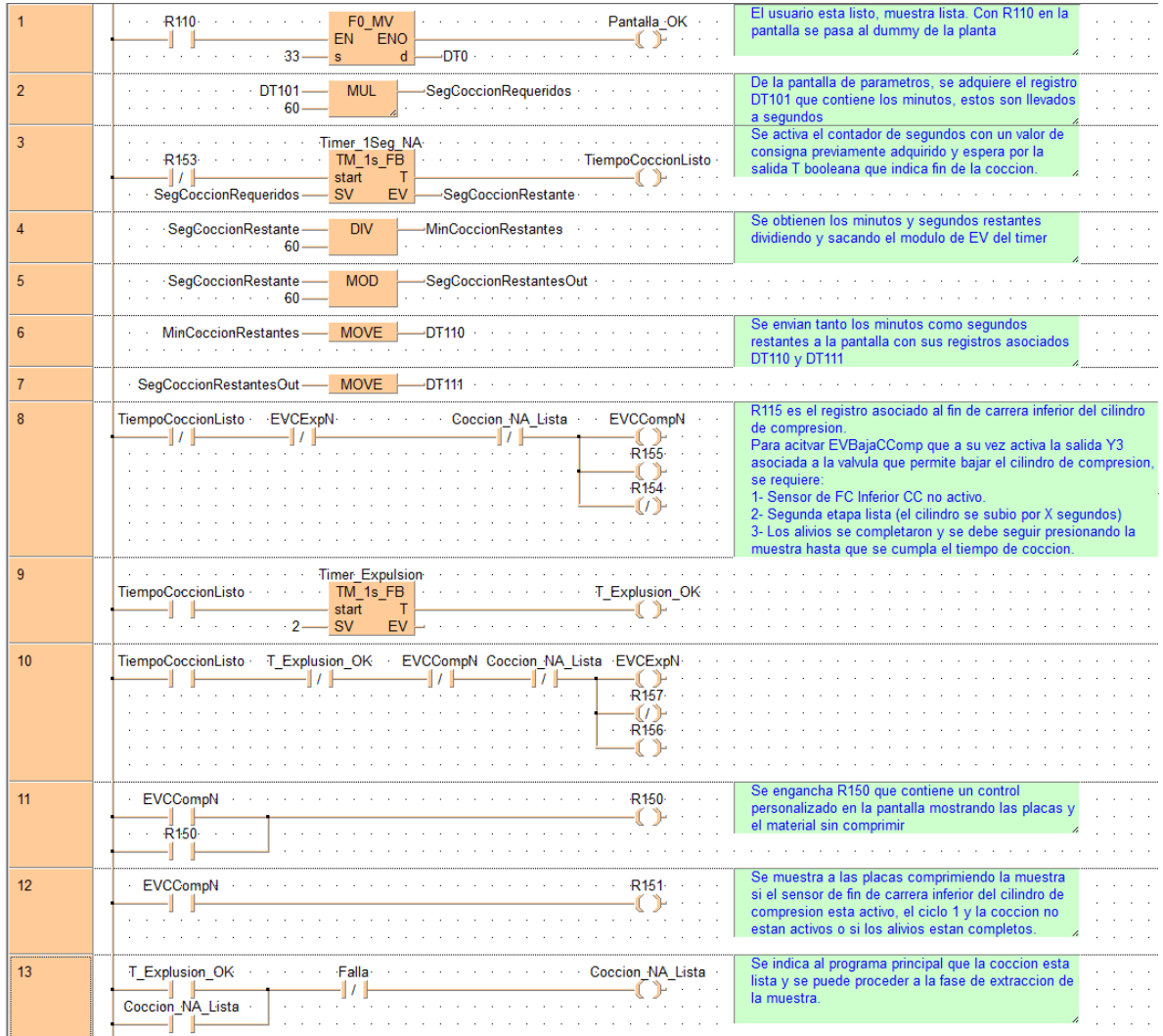
En el diagrama *ladder* se presenta la programación detallada de la fase de cocción hidráulica donde se utiliza el parámetro tiempo de cocción y un contador de 100 ms para generar los alivios de presión.

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

1		De la pantalla de parametros, se adquiere el registro DT101 que contiene los minutos, estos son llevados a segundos
2		Se activa el contador de segundos con un valor de consigna previamente adquirido y espera por la salida T booleana que indica fin de la coccion.
3		Se obtienen los minutos y segundos restantes dividiendo y sacando el modulo de EV del timer
4		
5		Se envian tanto los minutos como segundos restantes a la pantalla con sus registros asociados DT110 y DT111
6		
7		En la pantalla de parametros tambien se pregunto por los ciclos de alivio de presion a realizar, estos se adecuan multiplicando por dos para las siguientes operaciones.
8		R115 es el registro asociado al fin de carrera inferior del cilindro de compresion. Para activar EVBajaCComp que a su vez activa la salida Y3 asociada a la valvula que permite bajar el cilindro de compresion, se requiere: 1- Sensor de FC Inferior CC no activo. 2- Segunda etapa lista (el cilindro se subio por X segundos) 3- Los alvios se completaron y se debe seguir presionando la muestra hasta que se cumpla el tiempo de coccion.
9		Si el FC Inferior CC se activo, y no se han completado los alvios, active el timer del primer ciclo que mantiene presionada la muestra por SV x 0.1s veces. Este timer se mantiene activo si el cilindro de compresion esta subiendo.
10		Si el ciclo 1 se completó, se sube el cilindro con la siguiente instruccion y se espera a que el timer con el SV definido por el usuario en DT107 se cumpla indicando que el primer ciclo de alivio se ha completado.
11		
12		Se cuentan los alvios reseteando el contador en el primer escaneo, y se cuentan los alvios contando cuantas veces se activa el timer de ciclo 2
13		Se envia a la pantalla por medio de DT113 los alvios restantes provenientes del contador
14		Se activan las salidas fisicas y los indicadores de pantalla R155 de cilindro operando.
15		Se activan las salidas fisicas y los indicadores de pantalla R154 de cilindro operando.
16		Se engancha R150 que contiene un control personalizado en la pantalla mostrando las placas y el material sin comprimir
17		Se muestra a las placas comprimiendo la muestra si el sensor de fin de carrera inferior del cilindro de compresion esta activo, el ciclo 1 y la coccion no estan activos o si los alvios estan completos.
18		Se muestra una imagen del molde a medio camino indicando los alvios realizados por el sistema automatico.
19		Se indica al programa principal que la coccion esta lista y se puede proceder a la fase de extraccion de la muestra.

8.9 Fase de cocción Neumática Automática

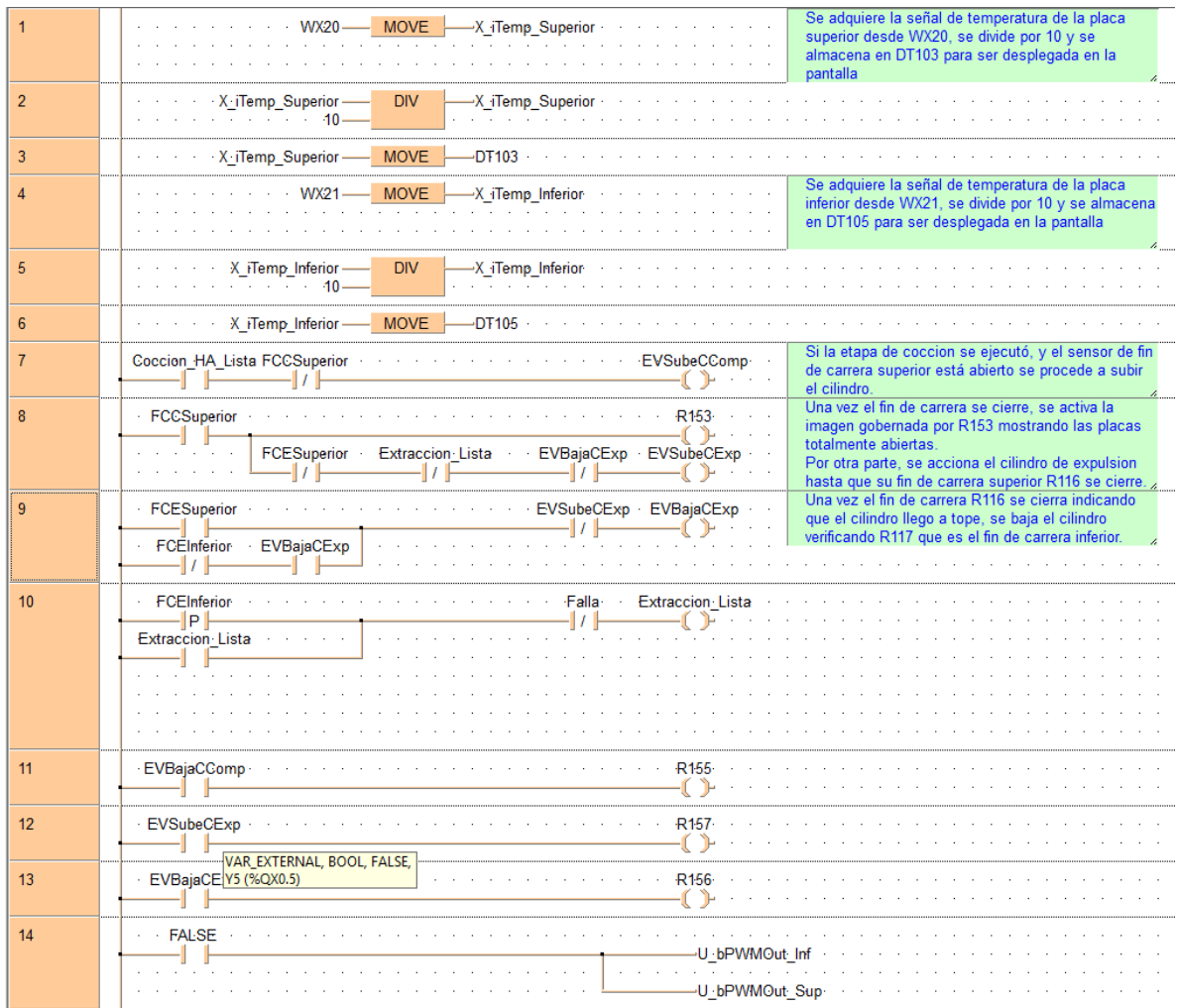
En el diagrama *ladder* se presenta la programación detallada de la fase de cocción neumática donde se utiliza un contador de segundos para el tiempo de cocción.



8.10 Extraer muestra Hidráulica Automática.

En el diagrama *ladder* se presenta la extracción de la muestra que se ejecuta después de alcanzar la temperatura deseada en los moldes y del cierre del fin de carrera superior en el compresor, dando paso al accionamiento del cilindro expulsor.

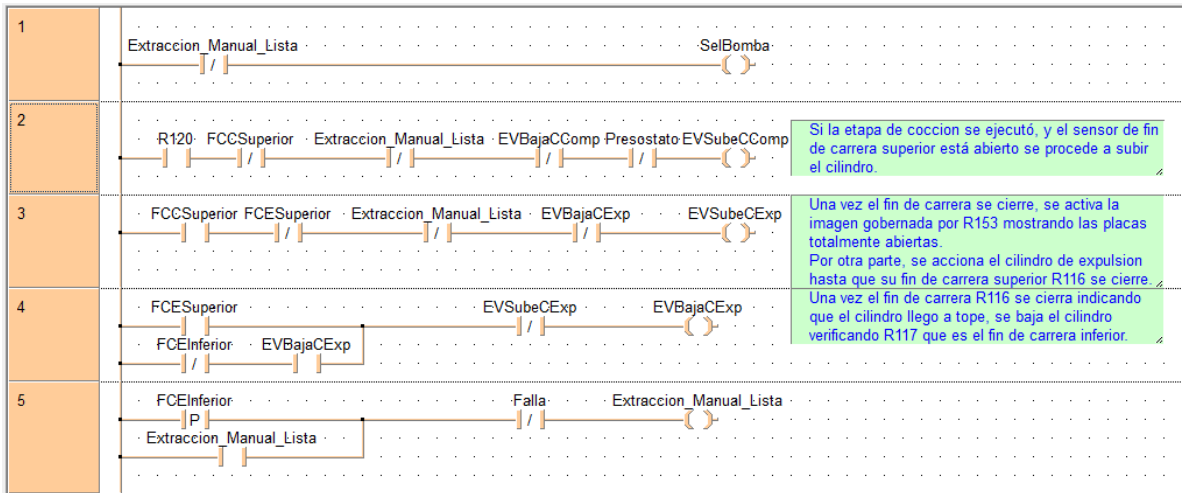
Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.



8.11 Extraer muestra Hidráulica Manual

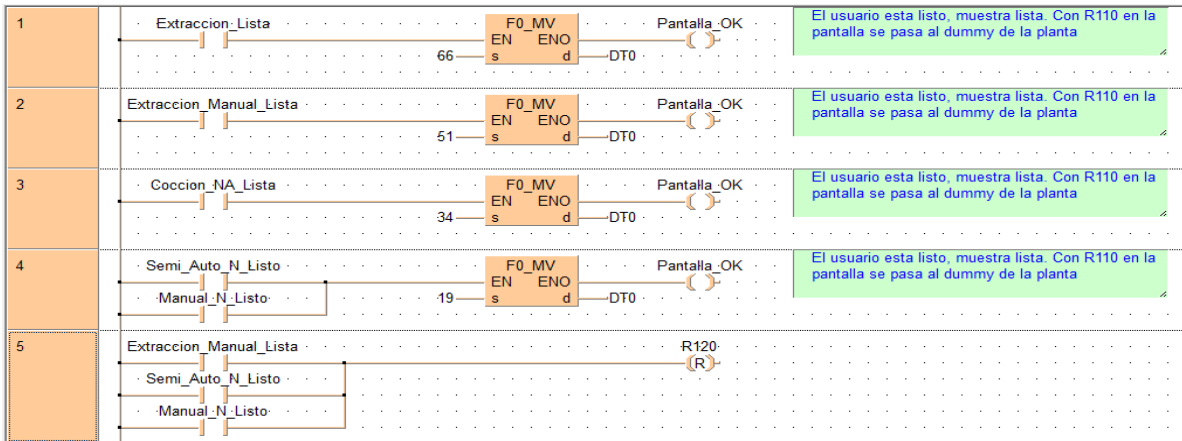
En el diagrama *ladder* se presenta la extracción de la muestra que se realiza al cambio de estado de los fines de carrera en el cilindro compresor, dando inicio a la expulsión.

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.



8.12 Fin de proceso

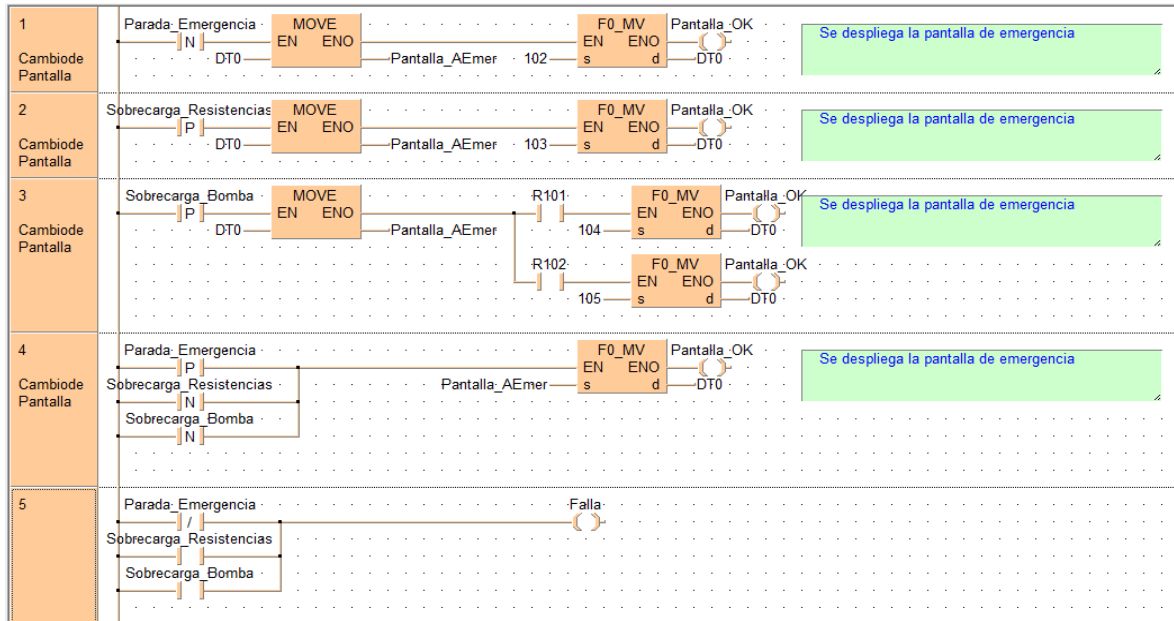
En el diagrama *ladder* se presenta los cambios de pantalla que dan finalización en la unidad de prensado y moldeo.



8.13 Casos falla

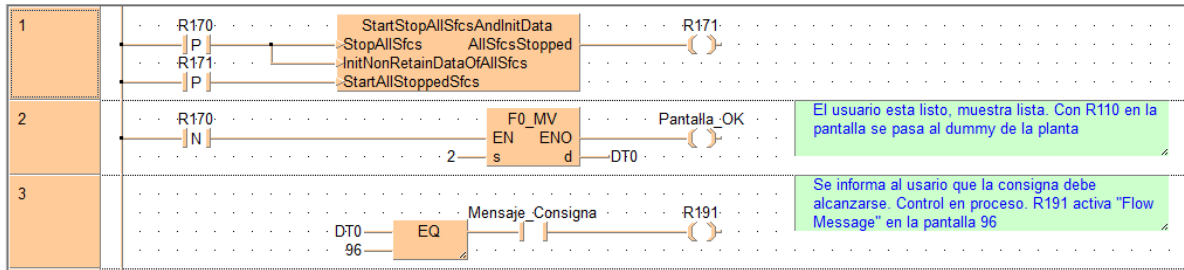
En el diagrama *ladder* se presenta los cambios de pantalla cuando se produce una falla en la unidad de prensado y moldeo.

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.



8.14 Cancelar Acción

En el diagrama *ladder* se presenta los cambios de pantalla cuando se cancela una acción en la unidad de prensado y moldeo.



9 ANEXO I: PRUEBA DE MOLDEO EN LA CÉLULA DE PROCESO

En la prueba de moldeo se fabricó un lote de 3 bandejas de 20 g y 2 mm de espesor, para cada una de ellas se dosificó 60 g de masa (mezcla harina de yuca, fibra de fique y aditivos).

9.1 Descripción del desarrollo de la prueba

En primera medida se socializaron los formatos del modelo de control procedimental y el modelo de registro y seguimiento de parámetros de proceso, los investigadores tuvieron un primer acercamiento con los modelos y se dispusieron a empezar con la prueba de moldeo. Para ellos hasta el momento no había sido importante hacer este seguimiento de las fases del modelo de procedimientos, pero lo que se propone es que se apropien de estos para que de forma ordenada y sistemática, sigan paso a paso las acciones del procedimiento y logren obtener un mismo resultado satisfactorio en cada prueba de moldeo.

En segunda medida se realizó un seguimiento del modelo de control procedimental y registro de cada variable y parámetro del proceso, lo cual es indispensable para aumentar la calidad y mejorar los procedimientos que se llevan a cabo.

En tercera medida se tomaron los tiempos en cada operación durante la prueba, para determinar cuánto es el consumo de energía de los módulos de equipo de la célula de proceso.

9.2 Fallas en el procedimiento

La falta de un protocolo o procedimiento en el desarrollo de una actividad conlleva a diferentes resultados. En procesos industriales se hace necesario el uso de modelos de secuencia de actividades y formatos de registro de datos para obtener un aumento en la calidad y lograr siempre un mismo resultado.

En la prueba de moldeo por compresión se propuso a los investigadores el seguimiento del modelo de control de procedimiento para evidenciar en que porcentaje se realizaban las fases propuestas y un modelo de seguimiento de parámetros para registrar las variables relevantes del proceso. Se habla de fallas en el procedimiento porque de las 104 fases registradas 11 no se realizaron, 5 fases de la operación de tamizado y 6 de la operación de secado, esto quiere decir que del 100% del procedimiento el 10,57% no se realizó. La ausencia de estas fases incurrió a la falta de toma de datos en el modelo de seguimiento de parámetros, el tamaño de partícula del fique y la humedad de la masa antes y después de salir de la operación de secado son variables que afectan y se deben tener en cuenta para la formulación del producto.

Para la operación de secado se utilizó un horno auxiliar pequeño, (ver Figura 34), debido a que no se disponía del módulo de secado (Horno *Memmert ULP 700*), además de la improvisación con este equipo, no se verificó el correcto funcionamiento, generando retraso en la operación. Después de una espera se usó el módulo de secado horno *Memmert* para terminar la operación y obtener la masa seca, lo que generó un exceso en la reducción de humedad.

Figura 34. Uso de horno auxiliar.



Fuente: El autor, febrero de 2015.

Por otra parte el molde macho no se encontraba bien ajustado de sus tornillos por lo que se percibía una desviación y esto hizo que prensara más de un lado que de otro, la bandeja salió prensada en exceso de uno de los lados, (ver Figura 35).

Figura 35. Desajuste del molde macho.



Fuente: El autor, febrero de 2015.

9.3 Resultados de la prueba de moldeo

El resultado no fue satisfactorio debido a factores que se toman como supuestos, el primero, no se tuvo disposición del horno determinado en el modelo físico para la operación de secado, primero la masa pasó por un horno auxiliar y después se llevó al horno *Memmert* determinado para que terminara la operación. Debido a esto la masa se secó en exceso, (ver Figura 36). Además se presume que el desajuste del molde macho de la prensa ocasionó un prensado excesivo de uno de los lados de la bandeja. Finalmente, al realizar un cambio en la forma de utilizar uno de los materiales, la fibra de fique no pasó por la operación de tamizado por lo que se mezcló con fibra de fique gruesa (partículas de aproximadamente 2-3 mm), se presume que provocó que la bandeja no se moldeara de forma homogénea.

Figura 36. Resultados de la prueba de moldeo: Bandeja reseca.



Fuente: El autor, febrero de 2015.

9.4 Costo energético y de materiales para un lote de 3 bandejas

Tomados los tiempos de operación y el tiempo que tardan los equipos en alcanzar los parámetros deseados, se establece el consumo energético con los vatios que consume cada equipo y el costo del vatio/hora para elaborar un lote de 3 bandejas de 20 gr y 2 mm de espesor. Entre los equipos que tardan en alcanzar un punto de operación deseado tenemos el módulo de gelatinizado (*Heidolph*), el módulo de secado (*Memmert ULP 700*) y la unidad de prensado y moldeo cada uno tarda 15, 30 y 28 minutos respectivamente.

Los tiempos que se muestran en la Tabla 22, son los tiempos de operación sumado el tiempo que tardan en llegar al rango de operación, la información de los vatios fue extraída de las características de los equipos, para el cálculo del consumo de kilovatios/hora se pasaron los minutos a horas, se multiplicó por los vatios consumidos y se divide entre 1000. Se debe tener en cuenta que el costo kilovatio-hora en Popayán estrato 3 para el 2015 es \$334,50 pesos.

Tabla 22. Equipos y consumo kilovatios-hora para un lote de 3 bandejas.

Equipo	Vatios (W)	Tiempo(min)	Kilovatios-hora
Penagos TP-8	2237	20	0,7456
Tamizador siemens	480	5	0,04
Precisa XM60	450	5	0.0375
VIBRA SJ-620E	18	6	0,0018
Heidolph	1300	27	0,585
KitchenAid PROFESSIONAL 600	575	4	0,0383
Memmert ULP 700	4000	50	3,333
Prensa	3500	34	1,983
TOTAL CONSUMO		151	6,764
COSTO DEL CONSUMO			\$ 2262,64

Fuente: El autor, marzo de 2015.

El consumo energético total para el lote fue de 6,0186 kilovatios-hora, lo cual arroja un costo aproximado de \$2262,64 (dos mil doscientos sesenta y dos pesos y 64 centavos) para tres bandejas de 2 mm de espesor que tardan en realizarse 151 minutos. Cabe

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

mencionar que este costo energético es para la primera tanda de producción, después de esta tanda los equipos se encuentran en su punto de operación disminuyendo el costo energético.

Tomadas las cantidades para fabricar 3 bandejas, se listaron los materiales en la tabla 23, el precio y cantidades de los materiales fue proporcionado por los investigadores. Para calcular el costo de los materiales consumidos para una tanda, se realizó una regla de tres para resolver el problema de proporcionalidad teniendo como incógnita el costo de los materiales consumidos.

Tabla 23. Materiales, cantidades, precios y costos para lote de 3 bandejas.

Material	Cantidad (g)	Precio (\$)	Consumo (g)	Costo (\$)
Fibra de fique	1000	3000	40,5	120
Harina de yuca	1000	2000	86	172
Gliserol	60000	280000	3.8	17,73
Tween 80	1000	110000	1,9	209
Aceite de oliva	918	19900	1,9	41,187
Agua potable	1000000	2210	313	0,691
			TOTAL	560,60

Fuente propia, marzo de 2015.

El costo aproximado total fue de \$560,60 (quinientos sesenta pesos y sesenta centavos) para un lote de tres bandejas de 2 g y 2 mm de espesor. Este costo de la bandeja se calculó sin tener en cuenta el costo de mano de obra y de productos defectuosos.

10 ANEXO J: CAPACITACIÓN MANEJO DE MODELOS DE AUTOMATIZACIÓN ISA-88 PARA EL PROCESO DE MOLDEO POR COMRESIÓN

Objetivo: Impartir conocimientos básicos orientados a proporcionar una visión general y amplia de la estandarización bajo la norma ISA-88 del proceso de moldeo por compresión de semirrígidos biodegradables.

Actividades:

- Proponer el uso de terminología estandarizada mediante modelos bajo la norma ISA-88 parte 1.
- Explicar el modelo Físico realizado, que representa los activos físicos de la célula de proceso de moldeo por compresión.
- Explicar el modelo de control procedimental realizado, que describe de manera organizada cada fase del procedimiento, el cómo y con qué hacerlo.
- Explicar el modelo de Récipe de control que describe de forma detallada para un determinado lote, la cantidad de materiales, parámetros de proceso, variables y características de equipos que se utilizan para dicho lote.
- Explicar los modelos realizados de reportes y registros para seguimiento de variables y parámetros y proponer su manejo utilizando *tablets* para tener la información digitalizada en la nube.

Se anexan registros fotográficos, (ver Figura 37), de la capacitación que se realizó el día 26 de febrero del año en curso. Inicio: 8:45 A.M. – Finalización: 10:10 A.M.

Figura 37. Registro fotográfico de capacitación: Manejo de modelo ISA-88.





Fuente: El autor, febrero de 2015.

Propuesta de Automatización del Proceso de Moldeo por Compresión de Materiales Biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca.

Se anexa registro de asistencia de los investigadores a la capacitación:

Popayán, Febrero 26 de 2015.



Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca
Grupo CYTBIA

REFERENCIA: CAPACITACIÓN

Con el fin de impartir conocimientos básicos orientados a proporcionar una visión general y amplia de la estandarización bajo la norma ISA-88 del proceso de moldeo por compresión de semirrígidos biodegradables, se realiza una capacitación para los investigadores del Grupo CYTBIA por parte de Fabián Pabón (Cód. 47082028) y Juan Manuel Ordoñez (Cód. 47071001) aspirantes al título de Ingenieros en Automática Industrial con el trabajo de grado "Propuesta de Automatización del proceso de moldeo por compresión de materiales biodegradables del Laboratorio de Reología y Empaques de la Universidad del Cauca" dirigido por el ingeniero Juan Fernando Flórez.

Tesista 1: Juan Pabón Director: JFF

Tesista 2: Juan Manuel Ordoñez A.

Asistentes: E. Susana Cejudo B.
Cesar A. Vargas J.
Shirley Mantán G.
Pedro Pablo Pimiento P.
Alex René Cerón M.
Karen Lorena Delgado M.

Hora de inicio: 8:45 A.M.
Hora final: 10:10 A.M.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] “FT32 : Secador de Tambor.” [Online]. Available: <http://discoverarmfield.com/es/products/view/ft32/secador-de-tambor>. [Accessed: 09-Jan-2015].
- [2] “FRANKEN Tecnología de fresado.” [Online]. Available: https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/86256/ZP20059_ES_FRANKEN_Duplex-Fraser.pdf. [Accessed: 04-Feb-2015].
- [3] S. Systems Co., “AUTOJET® MODEL 1550+ MODULAR SPRAY SYSTEM.” [Online]. Available: http://www.spray.com/literature_pdfs/B626D_AutoJet_1550-plus_Modular_Spray_System.pdf. [Accessed: 28-Jan-2015].
- [4] “PLC MicroLogix 1500 de Allen Bradley.” [Online]. Available: http://www.infopl.net/files/descargas/rockwell/infoPLC_net_Intro_Micrologix1500.pdf. [Accessed: 14-Jan-2015].