

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA PARA EL PROCESO DE VAPORIZADO DE HILO EN EL ÁREA DE RETORCIDO DE LA EMPRESA ENKADOR

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y CONTROL

MARIANELA ALEJANDRA GUAMÁN PACHECO
magp219_@hotmail.com

DIRECTOR: Ing. ANA VERÓNICA RODAS BENALCÁZAR
ana.rodas@epn.edu.ec

Quito, Diciembre 2016

DECLARACIÓN

Yo, Guamán Pacheco Marianela Alejandra, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Guamán Pacheco Marianela Alejandra

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Guamán Pacheco Marianela Alejandra, bajo mi supervisión.

Ing. Ana Verónica Rodas
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Al finalizar el presente trabajo expreso mi profundo agradecimiento a mi familia y esposo por su paciencia, comprensión y apoyo incondicional en los momentos difíciles.

Agradezco a la empresa ENKADOR por brindarme todas las facilidades para que este proyecto culmine satisfactoriamente, a mis compañeros del Área de Mantenimiento e Instrumentación por brindarme su sincera amistad y colaboración para la culminación de este trabajo.

Además agradezco a la Ing. Ana Rodas por su tiempo y consejos en la dirección de este trabajo.

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico a mis hermanas, sobrinos y especialmente a mi padre y esposo, que gracias a su apoyo incondicional y a su ejemplo de superación he logrado concluir con éxito este proyecto.

CONTENIDO

RESUMEN.....	I
PRESENTACIÓN.....	II
CAPÍTULO 1.....	1
1 MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE FIBRAS SINTÉTICAS.....	1
1.2 PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA ENKADOR.....	2
1.2.1 HILATURA.....	2
1.2.2 ESTIRADO.....	6
1.2.3 TEXTURIZADO.....	7
1.2.3.1 Voluminado o Texturizado.....	8
1.2.3.2 Orientación o Estirado.....	8
1.2.3.3 Fijación.....	8
1.2.3.4 Enrollamiento.....	8
1.2.4 RETORCIDO.....	8
1.2.5 TINTORERÍA.....	9
1.2.6 ENCONADO.....	10
1.3 PROCESO DE VAPORIZADO.....	11
1.3.1 DEFINICIÓN DE VAPORIZADO.....	11
1.3.2 ETAPAS DE VAPORIZADO.....	11
1.3.2.1 Prepurga.....	12
1.3.2.2 Calentamiento.....	12
1.3.2.3 Mantenimiento.....	12
1.3.2.4 Vacío.....	12
1.3.3 CONDICIONES DE VAPORIZADO.....	13
1.3.4 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA VAPORIZADORA.....	16
1.3.5 PROCEDIMIENTO DE VAPORIZADO.....	16
1.4 JUSTIFICACIÓN DE PROYECTO.....	17
1.5 SOLUCIÓN PROPUESTA.....	18
CAPÍTULO 2.....	20
2 IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE DEL SISTEMA.....	20
2.1 EVALUACIÓN DEL ANTIGUO HARDWARE.....	20
2.2 SELECCIÓN DEL NUEVO CONTROLADOR.....	22
2.3 ESTRUCTURA DEL HARDWARE.....	23
2.4 DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE.....	24
2.4.1 ALIMENTACIÓN.....	24
2.4.1.1 Transformador.....	24
2.4.1.2 Fuente de Alimentación.....	25
2.4.2 PROTECCIONES.....	26
2.4.2.1 Protección Circuito de Control.....	26
2.4.2.1.1 Fusible de Alimentación 110Vac del PLC.....	26
2.4.2.1.2 Fusible en la Fuente de 24VDC.....	27
2.4.2.2 Protección del circuito de potencia.....	27
2.4.3 ELEMENTOS DE MANIOBRA Y CONTROL.....	27
2.4.3.1 Pulsador Start /Stop.....	27
2.4.3.2 Pulsadores.....	28
2.4.3.3 Switch final de carrera.....	28

2.4.3.4	Relé.....	28
2.4.3.5	Contactador.....	29
2.4.4	ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN	30
2.4.4.1	Sirena.....	30
2.4.4.2	Baliza	30
2.4.4.3	Luz Piloto.....	30
2.4.5	ELEMENTOS NEUMÁTICOS	31
2.4.5.1	Electroválvula.....	31
2.4.5.2	Selector Neumático	31
2.4.5.3	Válvula Apertura Puerta	32
2.4.5.4	Cilindros	32
2.4.5.5	Filtro Regulador.....	33
2.4.6	VÁLVULAS	34
2.4.6.1	Válvula de Vapor	34
2.4.6.2	Válvula de Desfogue	35
2.4.6.3	Válvula de Vaciado.....	35
2.4.6.4	Válvula de Condensado	36
2.4.6.5	Válvula de Seguridad de Presión	37
2.4.7	BOMBA DE VACÍO.....	37
2.4.8	ELECTROVÁLVULA DE INGRESO DE AGUA	38
2.4.9	INDICADOR DE PRESIÓN	38
2.4.10	SENSOR DE TEMPERATURA	39
2.4.11	TRASMISOR IP	40
2.4.12	PANTALLA TÁCTIL	41
2.4.13	PLC.....	41
2.5	IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO HARDWARE.....	46
2.6	DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL SISTEMA	46
2.6.1	CONEXIÓN TABLERO DE POTENCIA	47
2.6.2	CONEXIONES TABLERO DE CONTROL	47
CAPÍTULO 3	50
3	DISEÑO Y DESARROLLO DEL SOFTWARE DE CONTROL Y MONITOREO.	50
3.1	PROGRAMA UNITY.....	50
3.1.1	CREACIÓN DE UN NUEVO PROYECTO	51
3.1.2	CONFIGURACIÓN DE MÓDULOS DEL PLC.....	52
3.1.2.1	Configuración del procesador.....	52
3.1.2.2	Configuración módulos de entradas y salidas digitales.....	53
3.1.2.3	Configuración módulos de entradas y salidas analógicas.....	54
3.1.3	CONFIGURACIÓN DE LA COMUNICACIÓN DEL PLC.....	56
3.1.4	CREACIÓN DEL NUEVO PROGRAMA DE CONTROL	57
3.1.4.1	Creación de variables.....	57
3.1.4.2	Creación de sección de programación	58
3.1.4.3	Desarrollo de la Lógica de Control	60
3.1.4.3.1	Etapa Arranque.....	60
3.1.4.3.2	Etapa de Prepurga_Vacio.....	61
3.1.4.3.3	Etapa de Calentamiento	63
3.1.4.3.4	Selección del Número_Ciclos	65
3.1.4.3.5	Selección del Número_Prog	67
3.1.4.4	Simulación del proyecto	68
3.1.4.4.1	Compilación del proyecto.....	68
3.1.4.4.2	Transferencia de proyecto al autómeta.....	69
3.1.4.4.3	Tabla de Animación	71
3.2	INTERFAZ GRÁFICA INTOUCH.....	71
3.2.1	INTRODUCCIÓN	71
3.2.2	DISEÑO DEL HMI	72
3.2.3	COMUNICACIÓN INTOUCH – PLC.....	75
3.2.3.1	Topic name.....	75

3.2.3.2 Access name.....	76
3.2.4 CONFIGURACIÓN DE TAGS	77
3.3 VIJEO DESIGNER	78
3.3.1 VENTANAS CREADAS	78
3.3.2 CONFIGURACIÓN DE LA COMUNICACIÓN	80
3.4 RED DE COMUNICACIÓN DEL SISTEMA IMPLEMENTADO	82
CAPÍTULO 4.....	83
4 PRUEBAS Y RESULTADOS	83
4.1 PRUEBAS DE CONEXIONES ELÉCTRICAS	83
4.2 PRUEBAS NEUMÁTICAS	85
4.3 PRUEBAS MECÁNICAS	86
4.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE	87
4.4.1 PRUEBA EN VACÍO	87
4.4.2 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO	88
4.4.3 PRUEBA DE PANTALLA Y SUPERVISOR	89
CAPÍTULO 5.....	94
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94
5.1 CONCLUSIONES.....	94
5.2 RECOMENDACIONES	95
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97
ANEXOS.....	99

RESUMEN

Dentro del proceso de fabricación que se realiza en la empresa ENKADOR se encuentra la etapa de Vaporizado, para la cual se ha diseñado e implementado un nuevo sistema de control y un sistema de visualización más amigable con el usuario.

El sistema inicial presentaba inconvenientes por lo que el trabajo de la etapa de vaporizado no era el que se esperaba; ciertos elementos se encontraban deshabilitados y otros no permitían su ingreso a un sistema automático por lo que su tratamiento y registro era manual lo que producía tiempos de espera no deseados en el proceso.

Por estos motivos surge la necesidad de mejorar este proceso, para lo cual se implementó un nuevo sistema de control y monitoreo a través de la instalación de un controlador lógico programable M340, dos tableros eléctricos, un panel de operador táctil y un sistema supervisor.

Al implementar el nuevo sistema de control se logró un mejor control de temperatura, posibilidad de elección de las curvas de trabajo a través de la pantalla táctil en la cual se podrá observar la gráfica del proceso, además se implementó una interfaz hombre-máquina con la finalidad de que el operador tenga acceso a datos históricos de todos los procesos de vaporizado.

Para finalizar se realizó pruebas del nuevo sistema de control y se verificó su adecuado funcionamiento.

PRESENTACIÓN

ENKADOR es una empresa dedicada a la producción de fibras sintéticas, que inicio su actividad en 1975 convirtiéndose en la primera productora de fibras sintéticas del país.

Dentro de su proceso de fabricación consta el proceso de Vaporizado, el cual se lo realiza para fijar la vividez y/o HL (encogimiento) de las bobinas de hilo para obtener el valor adecuado de acuerdo al uso del hilo, y para fijar los colores de los hilos multicolor, en equipos denominados vaporizadores, que son autoclaves con provisión de vapor, temperatura y vacío. Este proceso de vaporizado consta de cuatro etapas principales: prepurga, calentamiento, mantenimiento y vaciado.

Dentro de este proceso se han evidenciado algunos problemas como por ejemplo: su control de temperatura no es el adecuado lo cual se ve reflejado en la gráfica del primer ciclo del proceso, el registrador de temperatura utilizado no permite obtener históricos del proceso e implica la compra de repuestos, en el ciclo de vaciado se encuentran elementos deshabilitados provocando un funcionamiento ineficiente en esta etapa. Todos los inconvenientes antes mencionados fueron resueltos con la implementación de un nuevo sistema de control.

El desarrollo e implementación del nuevo sistema de control se encuentra distribuido en 5 capítulos que se describen a continuación:

En el primer capítulo referente al Marco Teórico, se realiza una introducción a la elaboración de fibras sintéticas y al proceso productivo de la empresa ENKADOR, se describe el proceso de Vaporizado y las curvas de trabajo utilizadas, además se justifica la realización de este proyecto y el alcance del mismo.

En el segundo capítulo referente al Implementación del Hardware del Sistema, se realiza la evaluación del hardware del sistema anterior, se describe el diseño del

sistema de control implementado, las características de los dispositivos utilizados, así como la implementación física del nuevo sistema y su respectivo diagrama de conexiones.

En el tercer capítulo se refiere al Diseño y Desarrollo del Software de Control y Monitoreo, describe el software de control mediante diagramas de flujos, además detalla el diseño del HMI tanto en la pantalla táctil como del sistema supervisor.

En el cuarto capítulo referente a las Pruebas y Resultados, se detalla todos los resultados obtenidos a través de las pruebas realizadas en el presente proyecto para cumplir con los objetivos planteados.

En el quinto capítulo de Conclusiones y Recomendaciones, se cita las conclusiones obtenidas durante el desarrollo del proyecto así como las recomendaciones para el funcionamiento adecuado de la Vaporizadora.

CAPÍTULO 1

1 MARCO TEÓRICO

1.1 INTRODUCCIÓN EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE FIBRAS SINTÉTICAS.

La fibra sintética es una materia capaz de reducirse a hilos y ser utilizada en la elaboración de hilados, telas, etc. Se obtiene mediante procesos químicos de diversos productos derivados del petróleo, tales como: poliéster, acrílico, polipropileno, nylon, entre otros.

Con la aparición de las fibras sintéticas, la industria textil ha desarrollado hilos de alta calidad que responden a las exigencias de las nuevas técnicas de tejeduría y de los consumidores. Como características más relevantes se puede nombrar su larga duración, resistencia a agentes externos, cuidado fácil en el lavado y planchado.

Como primer paso para la elaboración de fibras sintéticas se establecen los parámetros de diseño de la fibra para luego continuar con el proceso de producción, el cual comprende un conjunto de transformaciones que inicia con el procesamiento de la materia prima (monómeros) en un proceso de polimerización, del cual se obtiene una resina fundida (estado líquido) que pasa a ser procesada y obtener como producto final la fibra que se muestra en la figura 1.1.



Figura1.1 Fibras Sintéticas [1]

1.2 PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA ENKADOR

Enkador es una empresa dedicada a la fabricación de fibras sintéticas, que inició con la producción de filamentos de poliéster y en 1987 arrancó con la producción de filamentos de poliamida o nylon.

El proceso de fabricación en la empresa Enkador se desarrolla a través de 6 áreas de producción: 1. HILATURA, 2. ESTIRADO, 3. TEXTURIZADO, 4. RETORCIDO, 5. TINTURADO, 6. ENCONADO. El proceso de vaporizado, objeto del presente proyecto de titulación se encuentra en la etapa de retorcido. A continuación se detalla cada una de ellas.

1.2.1 HILATURA

En el proceso de hilatura se realiza la transformación de la materia prima ya sea de poliéster o nylon (chips) en hilo para el uso textil. La materia prima a ser utilizada pasa por un control en el cual se verifican los siguientes parámetros: humedad, viscosidad, brillo, forma y dimensiones.



Figura 1.2 Proceso de hilatura [2]

La producción de fibras sintéticas en la planta ENKADOR empieza con la etapa de hilatura cuyo proceso se detalla en la Figura 1.2.

Antes de realizar el secado del gránulo, los chips son transportados neumáticamente a los silos de almacenamiento, para luego pasar al piovan que está conformado por el cristalizador y secador, donde se realiza el secado del chip, especialmente en los chips de poliéster al ser higroscópico.

El proceso de secado de poliéster se realiza en dos etapas, la primera en el cristalizador que tiene como objetivo eliminar la humedad superficial de los gránulos a través del paso de aire caliente a 130°C aproximadamente, y luego en el secador con aire caliente seco a temperaturas entre 150 y 170°C en circuito cerrado.

El propósito del secado del poliéster es reducir el contenido de humedad a los niveles requeridos para que en los procesos posteriores no se provoque una degradación térmica y por ende bajas propiedades en el hilo.

Una vez secado el gránulo, pasa al proceso de extrusión, en el cual se funden los chips para su proceso de hilatura a altas temperaturas.

El extrusor representado en la figura 1.3, consiste en un cilindro en cuyo interior se encuentra un tornillo sin fin el cual transporta el material para su fusión a través de las zonas de calefacción dentro del cilindro. A la salida del extrusor se obtiene polímero líquido a cierta temperatura y presión, el cual pasa desde el sistema de líneas hacia las cajas de hilar a través de bombas dosificadoras.

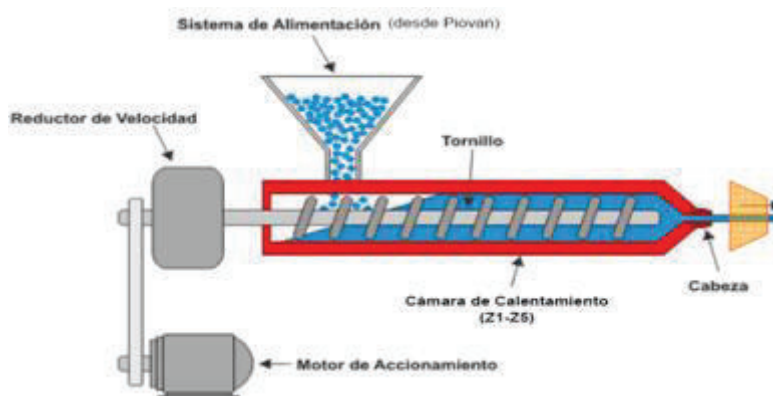


Figura 1.3 Proceso de extrusión del polímero [2]

En las cajas de hilar el polímero pasa a través de unos filtros lo cual permite homogenizar el flujo del polímero y retener impurezas. Luego de obtener el polímero filtrado, este pasa por la hilera descrita en la figura 1.4, la cual es una placa con un determinado número de orificios de diferentes formas dependiendo del número de filamentos.

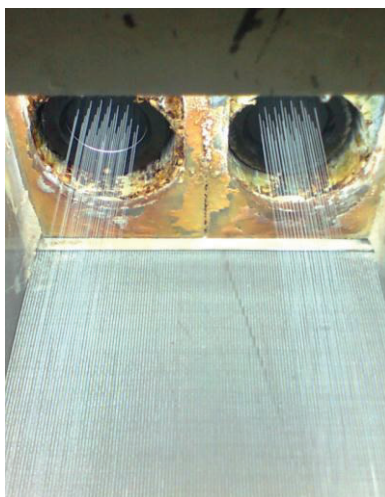


Figura 1.4 Cajas de hilar

En la figura 1.5 se muestran las cajas de soplado por las cuales atraviesan los filamentos de polímero fundido, para ser enfriados debido al aire de soplado que fluye de manera transversal al flujo de los filamentos; en esta etapa los filamentos pasan de un estado líquido a un estado sólido amorfo.



Figura 1.5 Cajas de soplado

Luego de las cajas de soplado se aplica avivaje a través de bombas llamadas bombas de avivaje, para conseguir que los filamentos se cohesionen y el hilo adquiera características antiestáticas preparándolo para los siguientes procesos.

Como paso final se encuentra la etapa de embobinado donde el hilo adquiere su pre-orientación. El embobinado se realiza mediante el sistema de cabezales representado en la figura 1.6, los que trabajan a altas velocidades en el caso de Enkador el hilo obtenido es hilo POY (Pre-Oriented Yarn).



Figura 1.6 Sistema de Embobinado

1.2.2 ESTIRADO

En este proceso se somete al hilo proveniente de hilatura a un estiramiento con el objetivo de orientar a las fibras, aumentar la tenacidad y elongación, y de esta manera garantizar un teñido uniforme. En el estirado se realiza un reordenamiento molecular de las fibras mostrado en la figura 1.7.



Figura 1.7 Efectos del proceso de estirado sobre las fibras [3]

El estiramiento del hilo se produce mecánicamente debido a la diferencia de velocidades entre dos galetas (rodillos de alimentación) por las cuales gira el hilo, éste proceso se muestra en la figura 1.8. La relación de velocidades entre las galetas determina la relación de estirado del proceso (RE) y está dada por la ecuación (1.1).

$$RE = \frac{\text{Velocidad } G2}{\text{Velocidad } G1} \quad (1.1)$$

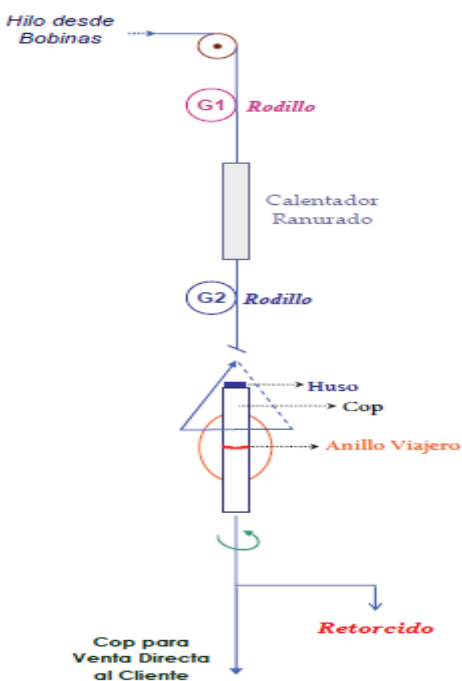


Figura 1.8 Diagrama del proceso de estirado [2]

El hilo estirado es enrollado en un huso para formar un Cop, el cual puede ir a venta directa o puede pasar al proceso de retorcido.

1.2.3 TEXTURIZADO

El proceso de texturizado transforma el hilo de filamentos continuos lisos en un hilo con características similares a los hilos de algodón o lana. Provee al hilo de más volumen, elasticidad, tacto suave, aspecto “natural”, higroscopicidad y facilidad de procesamiento.

Existen varios métodos de texturizado pero el más común gracias a su simplicidad y velocidad es el texturizado por falsa torsión detallado en la figura 1.9, el cual es utilizado en Enkador.

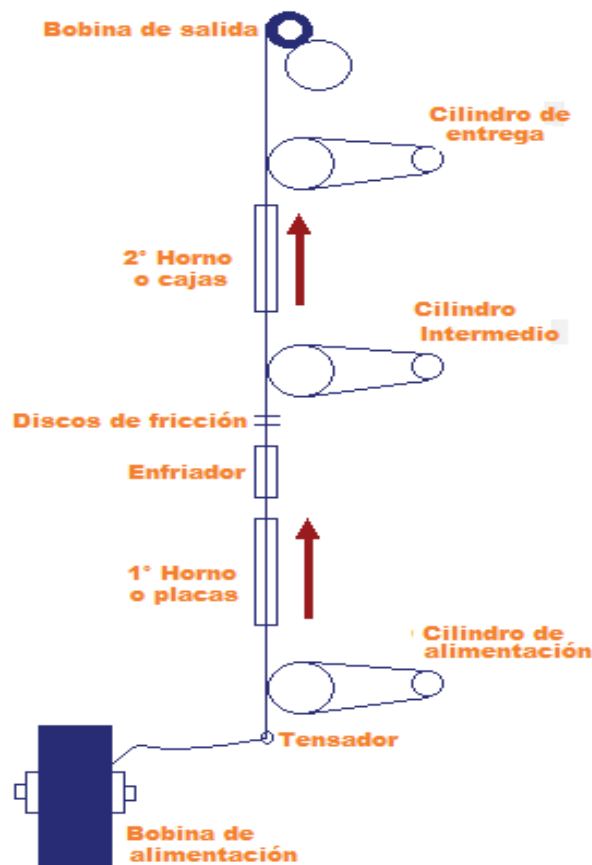


Figura 1.9 Elaboración de hilos texturizados [5]

Para una mejor comprensión del proceso de texturizado, a continuación se describen los subprocesos:

1.2.3.1 Voluminizado o Texturizado

El texturizado se da en los discos de fricción (discos de agregados), los discos de fricción provocan un efecto de rozamiento y deformación en el hilo cuando éste los atraviesa por lo cual el hilo adquiere volumen. Además el primer horno ayuda a que el hilo sea fácilmente deformado en la etapa de voluminizado.

1.2.3.2 Orientación o Estirado

La orientación de las cadenas poliméricas del hilo texturizado se da por el calentamiento en las placas y estiramiento de hilo por la diferencia de velocidades entre cilindro de alimentación y el cilindro intermedio.

1.2.3.3 Fijación

Este proceso se lo realiza en el segundo horno, a través de la transferencia de calor, la temperatura de estas cajas incide directamente en el encogimiento del hilo.

1.2.3.4 Enrollamiento

El hilo al salir del segundo horno es recogido en un rodillo para luego pasar a los siguientes procesos.

1.2.4 RETORCIDO

En este proceso al retorcer las fibras de hilo se logra una protección a los filamentos ya que estos se vuelven más resistentes. Esta torsión se obtiene por el giro del hilo en su propio eje.

En la figura 1.10 se muestra el proceso de retorcido, en el cual el hilo es ubicado en cada una de las ollas, pasa por un conjunto tensor, luego por la guía antibalon que es la encargada de que el hilo de un determinado número de vueltas en su propio

eje. Finalmente el hilo retorcido es embobinado y almacenado temporalmente para un siguiente proceso.

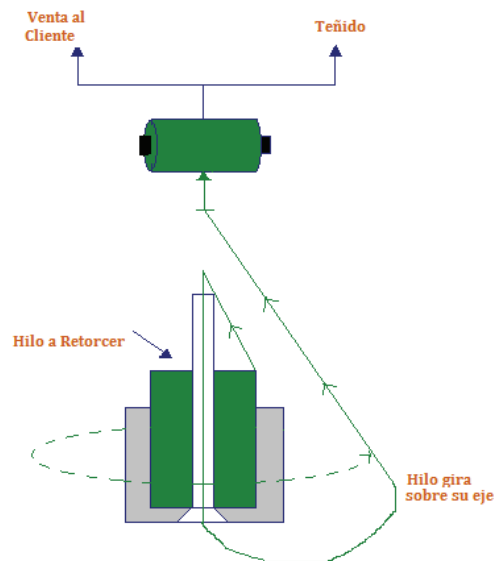


Figura 1.10 Proceso de retorcido del hilo [3]

Dentro de este proceso de retorcido se encuentra la etapa de vaporizado, que es el objeto del presente trabajo. Tiene como objetivo fijar la vividez y fijar los colores en los hilos multicolor para lo cual se utilizan autoclaves con provisión de vapor, temperatura y vacío. El proceso de Vaporizado consta de cuatro etapas: prepurga, vaciado, calentamiento y mantenimiento.

1.2.5 TINTORERÍA

En este proceso el hilo es teñido utilizando colorantes poco solubles en el agua y bien solubles a la fibra llamados colorantes dispersos.

En la figura 1.11 se muestra el esquema de una olla de tintura, las cuales son autoclaves cerradas, en las que el teñido del hilo se realiza por la circulación del baño de tintura en dos sentidos: Dentro-fuera y Fuera-dentro, que dependen del cambio de giro de la turbo bomba. Durante este proceso el colorante se absorbe primero en la superficie del hilo para luego ir a su interior.

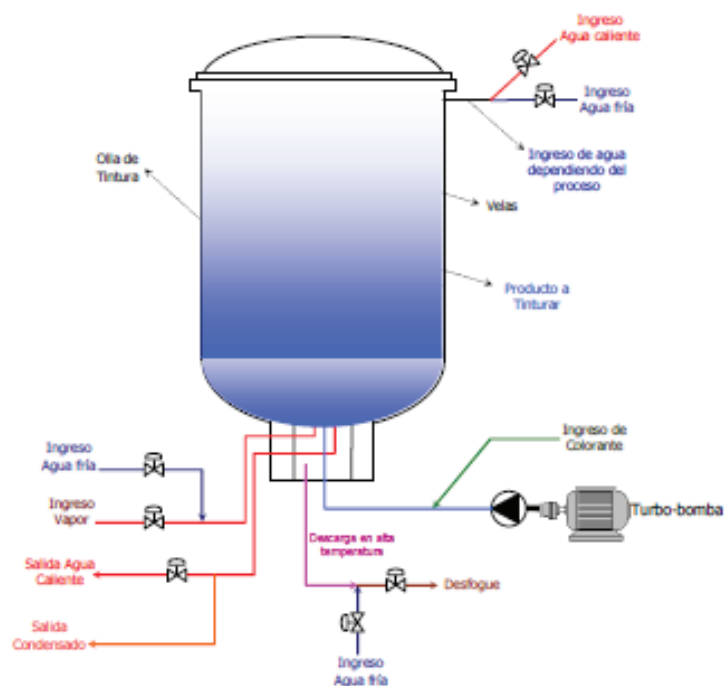


Figura 1.11 Diagrama de una olla de tintura [2]

El producto ya teñido luego de ser secado y pasar por controles de calidad debe tener un estacionamiento de 24 horas antes de pasar al siguiente proceso que es el enconado.

1.2.6 ENCONADO

El enconado consiste en cambiar un producto de una presentación a otra en la cual se agrega avivaje al hilo para su comercialización, con este proceso se mejora su devanado final y su formación. Esto se indica en la figura 1. 12.

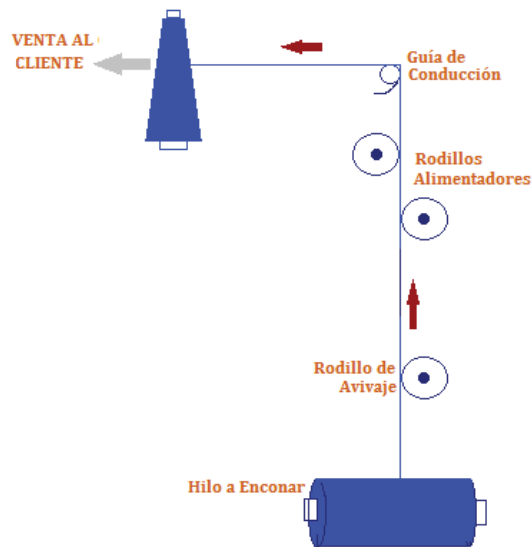


Figura 1.12 Proceso de enconado [3]

1.3 PROCESO DE VAPORIZADO

1.3.1 DEFINICIÓN DE VAPORIZADO

El vaporizado es el proceso en el cual se fija la vividez y/o HL (encogimiento) de las bobinas que han sido sometidas a torsiones mayores a 120TPM (torsiones por metro). Con esto el hilo no presentara entorchamientos en el devanado.

El vaporizado se lo realiza mediante una autoclave con vapor, temperatura y vacío lo cual permite que se fije la torsión del hilado y al mismo tiempo la humedad requerida para los procesos posteriores.

1.3.2 ETAPAS DE VAPORIZADO

El proceso de vaporizado consta de las siguientes etapas:

- Prepurga
- Calentamiento
- Mantenimiento
- Vacío

1.3.2.1 Prepurga

En esta etapa se elimina la presencia de condensado dentro de la cámara a través de la válvula de condensado y en esta etapa la válvula de desfogue se activará.

1.3.2.2 Calentamiento

En esta etapa se realiza la inyección directa de vapor por un tiempo determinado. La inyección de vapor se realiza en función a los parámetros de temperatura previamente programados.

1.3.2.3 Mantenimiento

Durante esta etapa de mantenimiento o fijación la temperatura se mantiene constante por un tiempo determinado.

1.3.2.4 Vacío

Finalmente en el vaporizado se procede con un efecto de vacío que le permite enfriar y eliminar el exceso de humedad presente en el hilo.

El conjunto de estas etapas representa un ciclo en el proceso de vaporizado. Dependiendo del tipo de hilo se crean programas con diferentes números de ciclos y set point de temperatura, los tiempos de prepurga, mantenimiento y vaciado ya están definidos por el área de producción, en este caso de 1 minuto, 30 minutos y 5 minutos respectivamente. En la figura 1.13 se muestra la curva general del proceso de vaporizado.

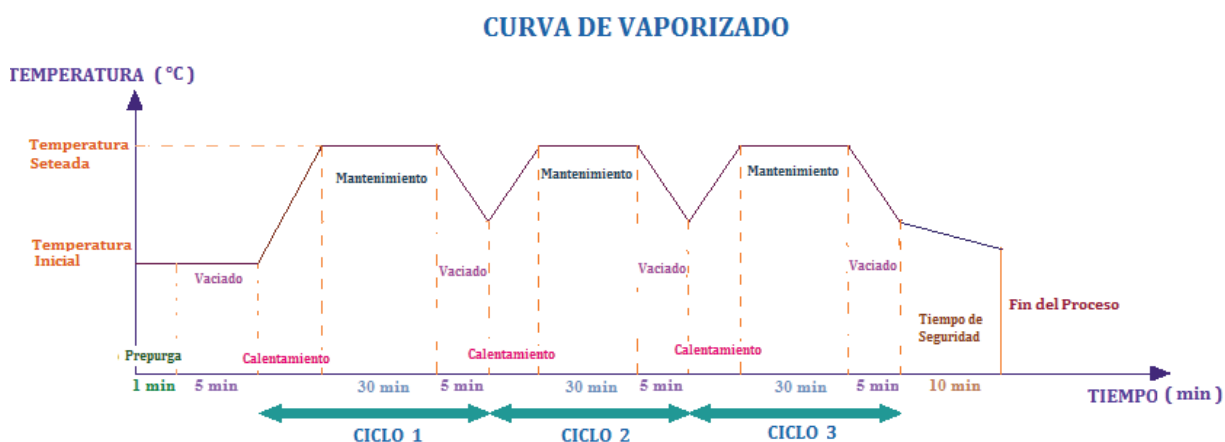


Figura 1.13 Curva del Proceso de Vaporizado

1.3.3 CONDICIONES DE VAPORIZADO

El proceso de vaporizado se lo realiza para productos texturizados retorcidos, lisos retorcidos y multicolores. De acuerdo al tipo de producto, se tiene una hoja de condiciones en la cual consta el programa de vaporizado que se debe utilizar. A continuación en la tabla 1.1 se indican los programas utilizados en el proceso de vaporizado.

Tabla 1.1 Programas del Vaporizado

PRODUCTO	N° Programa	N° Ciclos	Set point Temperatura	Tiempo Mantenimiento	Tiempo Vaciado	Tiempo Pre-purga
PLR/PMLR/100F36 Z 600	1	6	115°C	30min	5min	1min
PLR/LR 260F72 SB TRI Z 600	2	2	120°C	30min	5min	1min
PLR/LR 260F72 SD TRI Z 600	3	2	130°C	30min	5min	1min
ACOLCHADO INF. PFR 300F96 S100 VAPORIZADO	4	1	80°C	30min	5min	1min
	5	3	90°C	30min	5min	1min
CREACIÓN DE PROGRAMA	6	Ingresar	Ingresar	30min	5min	1min

En las figuras 1.14, 1.15, 1.16, 1.17 y 1.18 se muestran las curvas de trabajo utilizadas en el proceso de vaporizado según el número de programa elegido, el programa N° 6 no tiene una curva específica debido a que en este programa se pueden ingresar los valores de set point de temperatura y número de ciclos de acuerdo a la necesidad de producción.

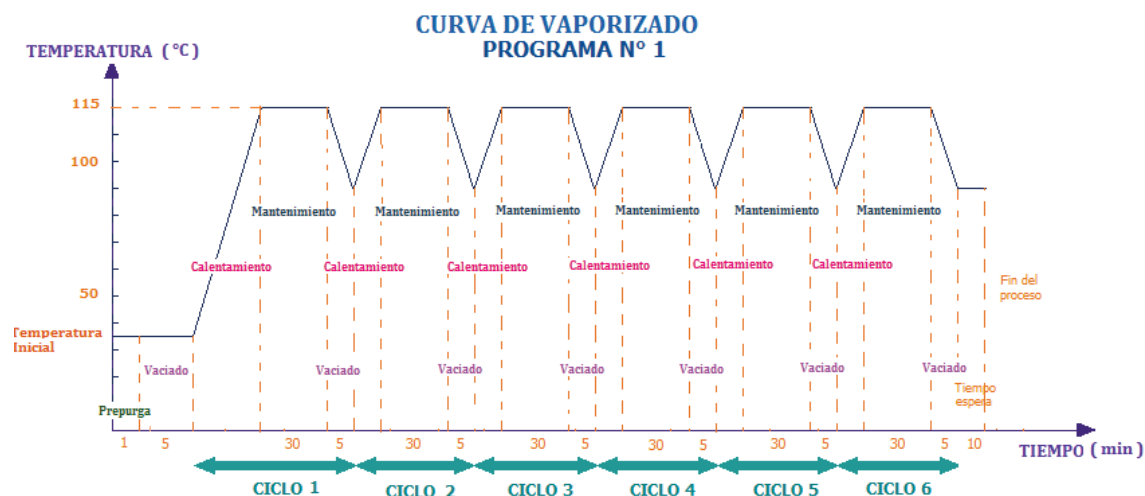


Figura 1.14 Curva de vaporizado programa N° 1

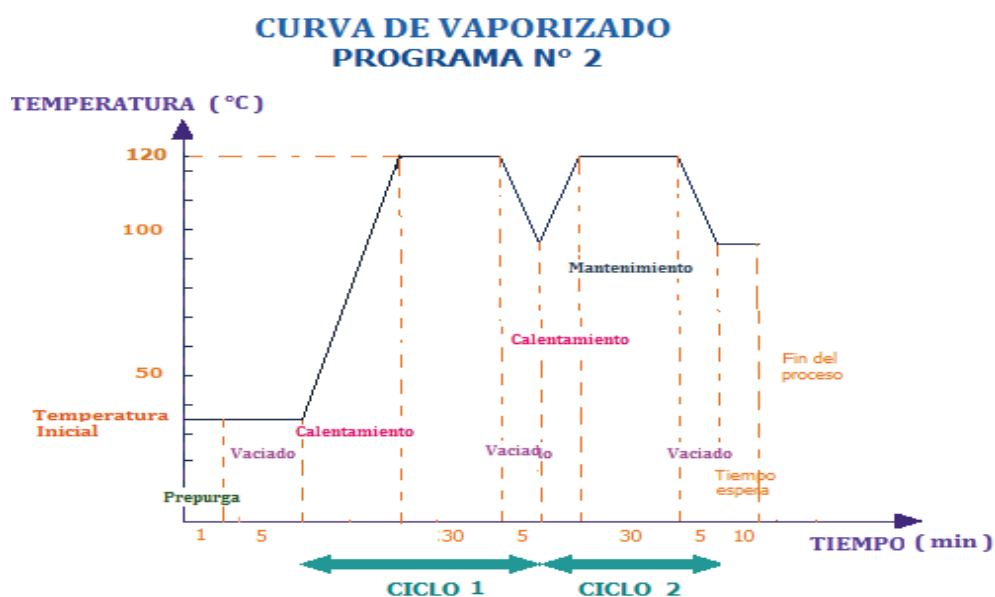


Figura 1.15 Curva de vaporizado programa N° 2

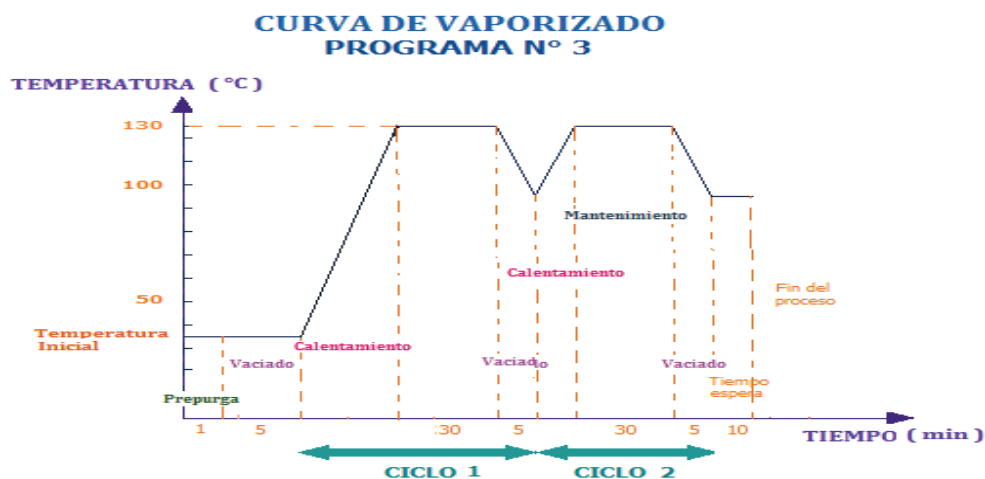


Figura 1.16 Curva de vaporizado programa N° 3

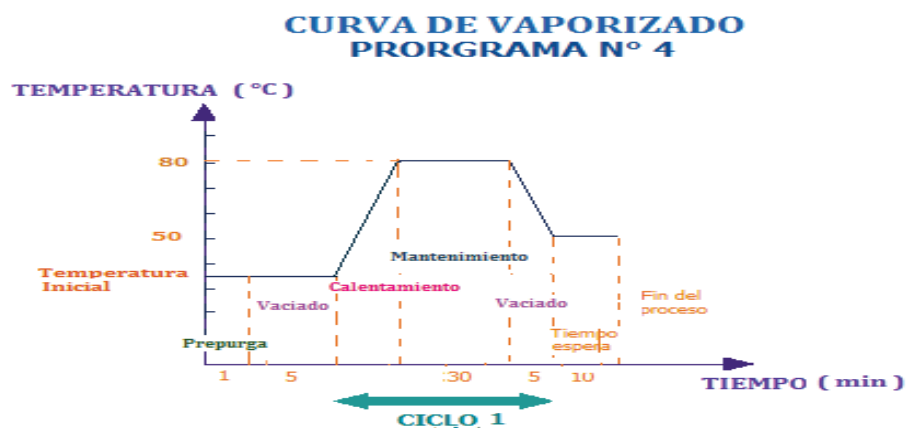


Figura 1.17 Curva de vaporizado programa N° 4

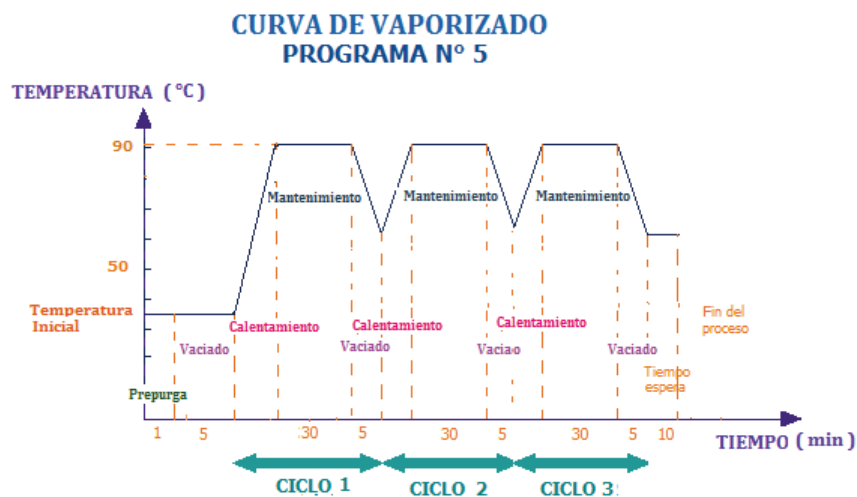


Figura 1.18 Curva de vaporizado programa N° 5

1.3.4 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA VAPORIZADORA

El proceso de vaporizado se realiza en equipos denominados vaporizadores. En la fig.1.19 se muestra el esquema de la máquina, donde se pueden observar las partes principales de la vaporizadora.

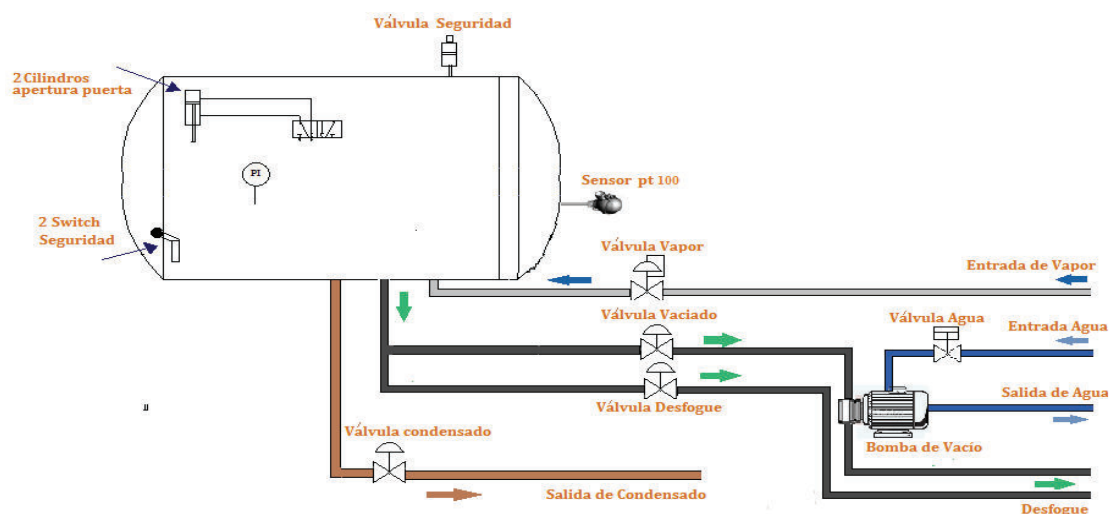


Figura 1.19 Diagrama de la Vaporizadora

1.3.5 PROCEDIMIENTO DE VAPORIZADO

Las bobinas debidamente diferenciadas por títulos, son conducidas al sector de vaporizado (figura 1.20), el producto se traslada a un coche que luego ingresa al autoclave. El operador debe seleccionar el programa de acuerdo al tipo de producto.



Figura 1.20 Ingreso de bobinas al autoclave

El proceso inicia con una prepurga que dura un minuto a través de la activación de la válvula de condensado para eliminar algún residuo de condensado en el autoclave y al cabo de este tiempo se activará la válvula de desfogue la cual permanecerá activada en todo el proceso, un ciclo de vaciado de cinco minutos activará la bomba de vacío y sus respectivas válvulas: válvula de vaciado y válvula de agua, para eliminar la presencia de vapor en la cámara, luego de este tiempo se continúa con la etapa de calentamiento la cual está controlada por una válvula proporcional que es la encargada de inyectar vapor hasta que el sensor de temperatura detecte que en el interior de la vaporizadora se ha llegado a la temperatura previamente seteada. Cuando esto ocurre se inicia el proceso de mantenimiento en el cual la temperatura seteada se mantiene constante a través del control de la válvula de vapor por un tiempo determinado, en este caso 30 minutos. Al concluir la etapa de mantenimiento se realiza una etapa de vaciado para lograr eliminar todo el vapor y la humedad acumulada en la cámara.

Al concluir estas etapas de calentamiento, mantenimiento y vaciado se tiene como resultado el primer ciclo de vaporizado, según el programa elegido esto se repetirá hasta cumplir con el número de ciclos programados. Cuando el proceso ha terminado el operador retira el coche y traspasa el producto vaporizado a otro coche para su estacionamiento, luego irá a los siguientes procesos o a su comercialización.

1.4 JUSTIFICACIÓN DE PROYECTO

La empresa Enkador dentro de su proceso de elaboración de fibras sintéticas cuenta con el proceso de vaporizado, en la actualidad el control existente no trabaja de forma adecuada y requerida por el hilo. En este proceso se han evidenciado algunos inconvenientes los cuales se detallan a continuación:

- **Control de temperatura:** El control realizado en la etapa de calentamiento no es el adecuado, la lógica de control obedece a un tiempo establecido dentro del cual se espera que la temperatura del proceso llegue a la temperatura seteada, por lo

cual no se compara la temperatura del proceso y la temperatura seteada como una condición principal. Este error se refleja en el primer ciclo de vaporizado, el cual no cumple con los requerimientos cuando la máquina ha dejado de trabajar por 1 día, debido a que la temperatura inicial será cercana a la temperatura ambiente por lo cual tomará más tiempo calentar el autoclave.

- **Ciclo vaciado:** En esta etapa se encuentran deshabilitados: la bomba de vacío y sus elementos de control. En este ciclo el vapor que se encuentra dentro de la autoclave es expulsado solo por la apertura de la válvula de vacío con lo cual no se elimina toda la humedad del autoclave.
- **Registro de temperatura:** Para graficar la curva de vaporizado, existe un registrador análogo de temperatura, el cual por su tiempo de uso y condiciones de trabajo no proporciona una lectura adecuada del proceso, ocasionada por la manipulación de la plumilla y el papel registrador que este utiliza, su utilización implica la compra de repuestos lo cual incrementa el costo del proceso. Además no se pueden obtener datos históricos del proceso.

Los factores antes mencionados afectan directamente en la calidad del vaporizado, tiempos del proceso y costos, por lo cual este proceso se vuelve ineficiente.

1.5 SOLUCIÓN PROPUESTA

Una vez identificado los inconvenientes, se propone la implementación de un sistema de control y monitoreo automático, más confiable y amigable con el usuario, para lograr que el proceso de vaporizado trabaje adecuadamente.

Para lograr con este objetivo, la solución propuesta incluye como elementos principales: un controlador lógico programable (PLC), una pantalla táctil y un sistema supervisor para el monitoreo del proceso.

Como primer paso se realizará la evaluación del estado del hardware en el sistema actual para verificar los elementos a reutilizar.

También se cambiará el controlador antiguo por un nuevo PLC M340 el cual se instalará dentro de un tablero con dispositivos de mando, maniobra y protecciones adecuadamente dimensionadas. En el nuevo PLC se programará la lógica de control para permitir la activación y desactivación de las electroválvulas que a su vez controlarán la apertura y cierre de válvulas.

Se reemplazarán los elementos (contactor y protección) que actualmente se encuentran deshabilitados para la puesta en marcha de la bomba utilizada en el ciclo de vaciado.

Para el control de temperatura en la vaporizadora se utilizará la señal del sensor de temperatura instalado al interior del autoclave y se actuará sobre válvulas on-off y proporcional.

Se diseñarán las diferentes curvas de trabajo que se requiere en función del tipo de hilo a ser vaporizado.

El ingreso de parámetros se lo realizará a través de una pantalla táctil Magelis-HMISTU 655, adicional se podrá visualizar el proceso de vaporizado a través de una gráfica que muestra el comportamiento de la temperatura vs tiempo. La supervisión del proceso se realizará con la implementación de una interfaz gráfica utilizando el software Intouch a través del cual se podrá visualizar el proceso y adquirir los datos históricos.

CAPÍTULO 2

2 IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE DEL SISTEMA

En el presente capítulo se detalla el hardware del proyecto, iniciando con la evaluación de los elementos de control del sistema anterior, además se describe el hardware utilizado en el nuevo sistema y finalmente se muestra el diagrama de conexiones del sistema de control implementado.

2.1 EVALUACIÓN DEL ANTIGUO HARDWARE

Para la implementación del nuevo sistema y para evitar costos por la compra de elementos, inicialmente se realizó una evaluación para verificar los elementos a reutilizarse. En la figura 2.1 y 2.2 se muestran el estado inicial del tablero de control de la vaporizadora y la vaporizadora respectivamente.



Figura 2.1 Tablero de Control Vaporizadora



Figura 2.2 Vaporizadora

Luego de la evaluación del hardware de control se determinó que se podía reutilizar los elementos que se detallan a continuación:

- Pulsador de marcha y paro.
- Selector neumático para apertura y cierre de la puerta del autoclave
- Pulsador paro de emergencia
- Elementos de Control
- Electroválvulas neumáticas
- Trasmisor IP
- Filtros reguladores
- Baliza
- Sirena

Se verificó el tablero de potencia de la bomba de vacío y se identificó los elementos deshabilitados para el funcionamiento de esta bomba, el estado físico de este tablero se muestra en la figura 2.3.



Figura 2.3 Tablero de Potencia Vaporizadora

Para habilitar el funcionamiento de la bomba de vaciado, se realizó el cambio de: contactor, relé térmico y breaker de alimentación, por elementos nuevos para que cumplan con su función. Fueron reemplazados de acuerdo con los datos de placa del motor.

2.2 SELECCIÓN DEL NUEVO CONTROLADOR

Como parte principal para la implementación del nuevo sistema de control se planteó el cambio del controlador existente por un controlador más versátil. Debido a que el controlador instalado anteriormente no contaba con los requerimientos adecuados, este PLC tiene la capacidad de manejar solo señales digitales, contaba con 12 entradas y 8 salidas digitales, por lo cual no se lo podía reutilizar para el control de temperatura ya que se necesita manejar 3 señales analógicas: 2 de entrada y 1 de salida, por este motivo en el sistema anterior se utilizaba este PLC solo para la elección del programa y se necesitaba un elemento adicional para el control de temperatura, a través de un control on-off.

En la figura 2.4 se muestra el controlador utilizado en el antiguo sistema y el nuevo PLC a utilizarse.



Figura 2.4 PLC Festo y M340

La elección del PLC M340 se realizó en base a los requerimientos para la implementación del nuevo sistema de control, los cuales se detallan a continuación:

- El número y tipo de entradas y salidas a utilizarse :
 - 2 entradas analógicas para PT100
 - 1 salida analógica para transmisor IP: 4-20mA / 3-15PSI
 - 6 entradas digitales
 - 5 salidas digitales
- Gran capacidad de respuesta
- Facilidad para futuras modificaciones
- Tipo de comunicación compatible con los elementos a utilizarse
- Facilidad en la programación del PLC
- Robusto en ambientes hostiles

2.3 ESTRUCTURA DEL HARDWARE

En la figura 2.5 se muestra un esquema detallado del hardware que se implementará. El controlador lógico programable es el elemento encargado de comandar a los actuadores eléctricos: la bomba de vacío y las electroválvulas, los cuales responden a las señales de entrada provenientes del sensor de temperatura, los elementos de mando y de la pantalla táctil.

Para el diseño del sistema de control se utilizarán los siguientes niveles de voltaje:

- 110 VAC para alimentación del controlador lógico programable.
- 24VDC para alimentación de las electroválvulas, transmisor de presión, relés.
- 24VDC para la pantalla táctil.

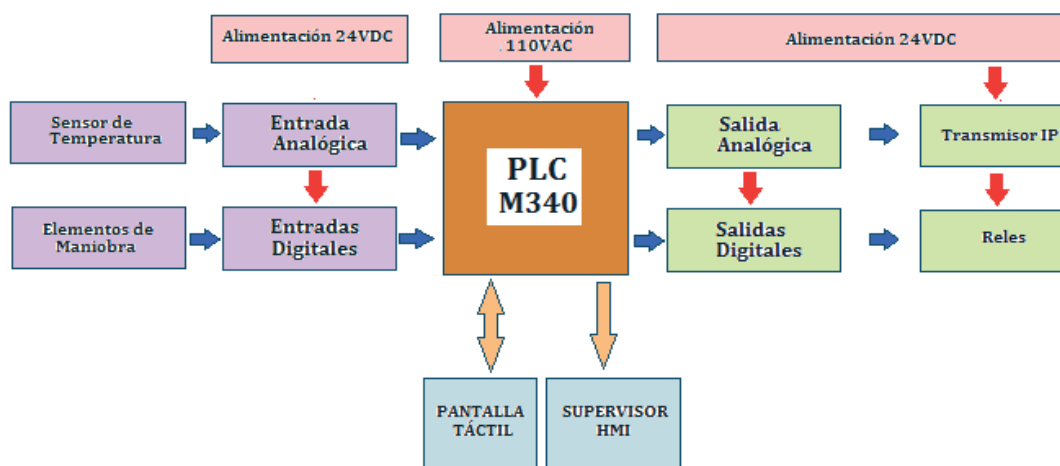


Figura 2.5 Diagrama de bloques Vaporizadora

2.4 DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE

2.4.1 ALIMENTACIÓN

2.4.1.1 Transformador

Es un dispositivo eléctrico, que reduce o aumenta el voltaje en un circuito alterno. Actualmente se encuentra instalado un transformador reductor que se muestra en la figura 2.6, el cual disminuye el voltaje de alimentación principal de 440VCA a 110VAC para la alimentación de los siguientes elementos:

- PLC M340
- Baliza
- Sirena
- Alimentación de la Fuente Rectificadora 24VDC
- Contactor y la electroválvula de ingreso de agua en el ciclo de vaciado



Figura 2.6 Transformador Reductor 440VAC a 110VAC

Sus características se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Características del transformador

Parámetro	Valor
Voltaje Primario	440 VAC
Voltaje Secundario	110VAC /220VAC
Corriente	1.97A
Potencia	500VA
Frecuencia	60HZ

2.4.1.2 Fuente de Alimentación

Es un elemento electrónico que transforma el voltaje alterno en continuo, garantizando el voltaje necesario para el buen funcionamiento de los dispositivos electrónicos que requieren este tipo de voltaje. La fuente de 24VCD mostrada en la figura 2.7 alimentará a los elementos que se detallan a continuación:

- Módulos entradas y salidas digitales del PLC
- Relés
- Trasmisor IP
- Electroválvulas



Figura 2.7 Fuente de Alimentación

Sus características se indican en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Características de la fuente de alimentación

Parámetro	Valor
Voltaje entrada	110VAC
Voltaje Salida	24 VDC
Corriente	2.1A

2.4.2 PROTECCIONES

En la protección del circuito de control y potencia se utilizaron fusibles, un relé térmico y un breaker, los cuales permiten proteger tanto los conductores como los aparatos conectados a ellos y convierten al sistema en un lugar seguro para las personas y equipos.

2.4.2.1 Protección Circuito de Control

2.4.2.1.1 Fusible de Alimentación 110Vac del PLC

Este fusible fue dimensionado según los requerimientos de corriente de cada módulo del PLC que se detalla a continuación:

MÓDULO	CORRIENTE CONSUMO
BMXP34100	72mA
BMX DDI1602	60mA
BMX DRA1605	95mA
BMX ART 0414	40mA
BMX AMM0600	130mA.

Corriente total = $72+60+95+40+130=387\text{m A.}$

El voltaje de alimentación = 24VDC

Potencia total = $24\text{Vdc} \times 387\text{mA.} = 9288 \text{ mW.}$

Según la corriente de consumo total, se instaló un fusible de 0.5 A.

2.4.2.1.2 Fusible en la Fuente de 24VDC

Las corriente de esta fuente es de 2.1 A por lo cual se instaló un fusible de vidrio de 2 A.

2.4.2.2 Protección del circuito de potencia

En este circuito se instaló un breaker y un relé térmico dimensionados para proteger al motor que tiene como corriente nominal 19.5 A.

A continuación se indican las características del breaker y relé térmico instalado en la tabla 2.3.

Tabla 2.3 Características del breaker y relé térmico

Breaker		Relé térmico
Voltaje de alimentación	400VAC	Corriente de regulación 16-25A
Corriente	20A	Contacto NA
Corriente de ruptura corto circuito	10KA	Contacto NC
Polos	3	

2.4.3 ELEMENTOS DE MANIOBRA Y CONTROL

2.4.3.1 Pulsador Start /Stop

Es un pulsador doble el cual realizar el arranque y paro automático de la máquina de vaporizado. El pulsador instalado, figura 2.8, consta de un contacto NO y un NC conectados a 24VDC.



Figura 2.8 Pulsador doble

2.4.3.2 Pulsadores

Se instaló un pulsador de paro de emergencia tipo seta, este se accionará manualmente cuando las condiciones de funcionamiento de la máquina sean anormales evitando situaciones de peligro tanto para el operador como para la máquina.

También se tiene un pulsador de reset para iniciar todos los valores en el programa a condiciones iniciales. En la tabla 2.4 se detallan las características de los pulsadores utilizados:

Tabla 2.4 Características de Pulsadores

	Paro Emergencia	Pulsador Reset
Fabricante	Schneider Electric	Schneider Electric
Modelo	XB4BT845	XB4 BW3585
Contactos	1NC+1NO	1NC +1NO
Color	Rojo	Amarillo
Voltaje	24VDC	24VDC

2.4.3.3 Switch final de carrera

Se tiene dos switch que se encuentran instalados en la puerta de la autoclave para garantizar el cierre adecuado de la misma. Constan de un contacto NA a 24VDC tal como se muestra en la figura 2.9.



Figura 2.9 Final de Carrera

2.4.3.4 Relé

Es un dispositivo electromecánico que por medio de una bobina y un electroimán, accionan varios contactos que permite comandar a través de un circuito de baja corriente otro circuito que funciona con corrientes elevadas. El relé de la figura 2.10,

es un relé de serie RXM2AB2BD con una bobina de 24VDC, 4 contactos NC y 4 contactos NA, la corriente de trabajo es de 6 A.



Figura 2.10 Relé

Los relés instalados son 5, que se activarán dependiendo de las señales de salida del PLC, estos comandan a los siguientes elementos:

- Relé0: Luz piloto de arranque de la máquina.
- Relé2: Electroválvula de vacío, electroválvula de agua y contactor de bomba de vacío.
- Relé3: Electroválvula de desfogue.
- Relé 4: Electroválvula de condensado.
- Relé5: Sirena y baliza.

2.4.3.5 Contactor

Es un dispositivo electromecánico y su funcionamiento es similar al de un relé, en este caso se lo utiliza en el circuito de potencia para el encendido y apagado de la bomba de vacío. La figura 2.11 muestra el contactor utilizado, de marca SIEMENS 3FT 44 el cual tiene una bobina de 110VAC, 25Hp, tipo AC3, 3 polos.



Figura 2.11 Contactor Siemens

2.4.4 ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN

2.4.4.1 Sirena

La sirena instalada se muestra en la figura 2.12, se alimenta con un voltaje de 110VAC, emite un sonido para informar al operador que el proceso ha terminado.



Figura 2.12 Sirena

2.4.4.2 Baliza

Este elemento permite dar una señal visible de advertencia. La figura 2.13 ilustra la baliza instalada que advertirá el fin del proceso, su voltaje de alimentación es de 110VAC.



Figura 2.13 Baliza

2.4.4.3 Luz Piloto

Este dispositivo indicado en la figura 2.14 proporciona una luz visible cuando la máquina está en proceso. El modelo de luz piloto utilizado es XB4BVB3 marca Schneider, su voltaje de alimentación es de 24VDC.



Figura 2.14 Luz piloto

2.4.5 ELEMENTOS NEUMÁTICOS

2.4.5.1 Electroválvula

Es una válvula electromecánica, creada para controlar el paso de un fluido por una tubería o conducto, en este caso de aire. Se han utilizado 3 electroválvulas que controlan la apertura y cierre de los siguientes elementos:

- Válvula de Desfogue
- Válvula de Condensado
- Válvula de Vaciado

La electroválvula de la figura 2.15 tiene como voltaje de alimentación 24VDC, es de 2 posiciones y 3 vías, tiene una presión de trabajo de 0-8bar.

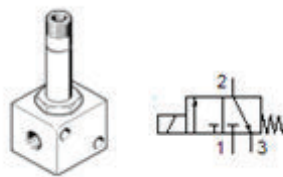


Figura 2.15 Electroválvula Neumática

2.4.5.2 Selector Neumático

Es un selector con el cual se obtiene presión de salida al aplicar presión a cualquiera de sus entradas. El selector utilizado se muestra en la figura 2.16, y comanda la

apertura o cierra de la puerta de la Vaporizadora. Utiliza una presión de trabajo de 6 bares.



Figura 2.16 Selector Neumático

2.4.5.3 Válvula Apertura Puerta

La válvula 5/3 conexión 1/4" de la figura 2.17 es utilizada para el control de apertura y cierre de la puerta en la máquina, funciona con un mando por presión de 6 bares proveniente del selector neumático.

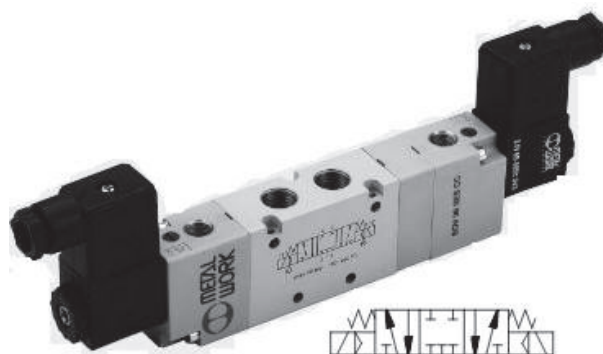


Figura 2.17 Válvula 5/3

2.4.5.4 Cilindros

Estos elementos neumáticos convierten la energía del aire comprimido en un movimiento lineal de vaivén. Para la apertura y cierre de la puerta se encuentran instalados 2 cilindros mostrados en la figura 2.18 que son de doble efecto con una alimentación de aire de 6 bares.



Figura 2.18 Cilindro apertura y cierre puerta

2.4.5.5 Filtro Regulador

Es un dispositivo que mantiene el suministro de aire en óptimas condiciones a través de la retención de partículas sólidas y eliminación del agua condensada procedente del aire comprimido circulante, para conseguir el uso eficaz de los equipos que estén conectados a esta línea de aire. Con este fin se utiliza un filtro regulador lubricador (FRL) a la entrada de la máquina el cual se encuentra regulado a 6 bares, y se muestra en la figura 2.19



Figura 2.19 Filtro Regulador Lubricador

También se utiliza un filtro regulador el cual permite reducir la presión de entrada a valores de presión requeridos, en este caso se utiliza un filtro regulador mostrado en la figura 2.20 para la alimentación del transmisor IP regulado a 25 psi.



Figura 2.20 Filtro Regulador

2.4.6 VÁLVULAS

2.4.6.1 Válvula de Vapor

La válvula de la figura 2.21, es el elemento final de control utilizado para el ingreso de vapor a la cámara de vaporizado con la finalidad de elevar su temperatura. Está conectada a un conversor I/P y al PLC y es controlada mediante una señal de corriente transformada a presión de manera proporcional.



Figura 2.21 Válvula de Vapor

Esta válvula tiene como características principales las siguientes:

- Tipo de válvula: Globo
- Tipo de conexión: bridado

- Presión de alimentación: 3.5 bar
- Posición inicial: NC

2.4.6.2 Válvula de Desfogue

Es una válvula con control on-off mostrada en la figura 2.22. Sus características se detallan a continuación:

- Tipo de válvula: Globo
- Tipo de conexión: bridado
- Presión de alimentación: 6 bar
- Posición inicial: NA



Figura 2.22 Válvula de Desfogue

2.4.6.3 Válvula de Vaciado

Es una válvula tipo on-off mostrada en la figura 2.23 la cual se activa en el proceso de vaciado. Sus características de listan a continuación:

- Tipo de válvula: Globo
- Tipo de conexión: bridado
- Presión de alimentación: 6 bar
- Posición inicial: NC



Figura 2.23 Válvula de Vaciado

2.4.6.4 Válvula de Condensado

Es una válvula que se activa o desactiva y se usa para el drenaje del condensado dentro de la autoclave al inicio del proceso. La figura 2.24 muestra la válvula utilizada.



Figura 2.24 Válvula de Condensado

Sus características principales las son:

- Tipo de válvula: Globo
- Tipo de conexión: bridado
- Presión de alimentación: 6 bar
- Posición inicial: NC

2.4.6.5 Válvula de Seguridad de Presión

También llamada válvula de alivio, su principal función es evitar la explosión del sistema protegido aliviando la presión del fluido cuando supera el límite preestablecido. La figura 2.25 muestra la válvula de seguridad la cual está seteada a 6 bares.



Figura 2.25 Válvula de Seguridad

2.4.7 BOMBA DE VACÍO

En el proceso de vaporizado se necesita al ciclo de vaciado para eliminar el exceso de humedad dentro de la autoclave, para este propósito se utiliza la bomba de vacío mostrada en la figura 2.26, utiliza como accionamiento un motor eléctrico marca HEEPMAP, del cual se detallan sus características a continuación:

Voltaje de alimentación: 440 VAC

Corriente: 19.5 A.

Potencia: 11 Kw

Frecuencia: 60 Hz

Revoluciones: 1240 rpm

Factor de potencia: Cos 0.85

Protección: IP55



Figura2.26 Bomba de Vacío

2.4.8 ELECTROVÁLVULA DE INGRESO DE AGUA

La figura 2.27 muestra la electroválvula utilizada para el ingreso de agua cuando la bomba de vacío esta en operación, su bobina tiene un voltaje de alimentación de 110VAC y su posición inicial es NC.



Figura2.27 Electroválvula de agua

2.4.9 INDICADOR DE PRESIÓN

Para determinar la presión del proceso se utiliza el indicador de presión, que se observa en la figura 2.28. Este instrumento permite visualizar la presión y depresión existente en la vaporizadora durante todo el proceso, las unidades utilizadas en el indicador son: in Hg vac (pulgadas de mercurio de vacío) y PSI.



Figura2.28 Indicador de presión

2.4.10 SENSOR DE TEMPERATURA

Para medir la temperatura dentro de la máquina vaporizadora se tiene instalado un sensor de temperatura PT-100, la cual se encuentra en la parte posterior de la autoclave, como muestra la figura 2.29.



Figura2.29 Sensor de Temperatura

Este tipo de sensor PT-100 varía su resistencia en base a los cambios de temperatura del medio. Está diseñada por un arrollamiento muy fino de platino bobinado entre capas de material aislante y protegido por un material cerámico, este alambre de platino presenta una resistencia de 100 ohms a 0°C y al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. La ecuación 2.1 nos permite conocer el valor de temperatura en base a la resistencia medida en la PT-100.

$$R_f = R_o(1 + \alpha t) \quad \text{Ecuación (2.1)}$$

Donde:

R_o = resistencia a 0 °C

R_f = resistencia a t °C

α = coeficiente de temperatura de la resistencia es de 0.003850

t = temperatura actual.

2.4.11 TRASMISOR IP

Es un transductor electro-neumático que convierte la señal de corriente de suministro a una presión regulada directamente proporcional a la señal eléctrica de entrada. La figura 2.30 muestra el transductor utilizado el cual realiza en control de la válvula de vapor.



Figura 2.30 Trasmisor IP Bellofram

En la tabla 2.5 se detallan sus características.

Tabla 2.5 Características del trasmisor IP

Marca	Bellofram
Modelo	T-100
Entrada	4-20 mA
Salida	3-15 PSI
Alimentación	18-100PSI

2.4.12 PANTALLA TÁCTIL

Para facilitar la interacción entre el operador y la máquina se ha implementado el uso de una pantalla táctil HMISTU 655, figura 2.31. En la cual se podrá escoger el programa requerido de vaporizado y visualizar la curva de temperatura del proceso.



Figura2.31 Pantalla táctil HMISTU 655

En la tabla 2.6 se detalla un resumen de las características de la pantalla HMISTU 655.

Tabla 2.6 Características pantalla HMISTU 655

Pantalla	LCD color TFT 8.9cm
Resolución	320x240(QVGA)
Voltaje de alimentación	24VDC
Protección IP	65(panel frontal) / 20 (panel trasero)
Memoria flash para aplicaciones	32 MB
DRAM de ejecución de aplicaciones	64MB
Potencia	≤ 6.5 w

2.4.13 PLC

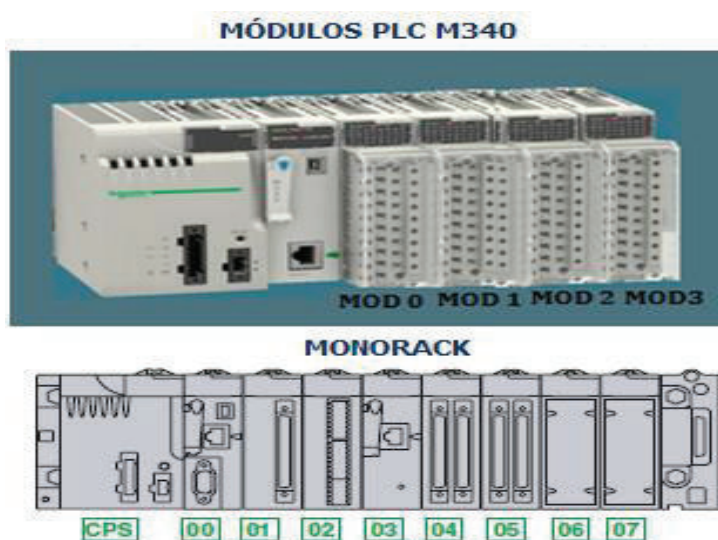
Es un Controlador Lógico Programable (PLC), utilizado en la automatización industrial para control de procesos debido a que están diseñados para múltiples señales de entrada y salida, rangos de temperatura, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. En la tabla 2.7 se muestra los requerimientos del nuevo PLC para el sistema de control a implementarse.

Tabla 2.7 Requerimientos del nuevo PLC

Número de entradas digitales	6
Número de salidas digitales	5
Número de entradas analógicas (Pt100)	2
Número de salidas analógicas(4-20mA/3-15PSI)	1
Capacidad de memoria	
Facilidad para futuras modificaciones	
Tipo de comunicación compatible con los elementos a utilizarse	
Software de programación(licencias)	
Condiciones ambientales	

Con los requerimientos antes mencionados el PLC seleccionado para este proyecto es el PLC Modicom M340 de Schneider, el cual es un PLC modular tal como se muestra en la figura 2.32. Este PLC está compuesto por los siguientes módulos:

- Fuente de Alimentación: CPS2000
- Procesador: P341000
- Monorack: BMX XBP 0800
- Módulo 0: Entradas Analógicas ART0414
- Módulo 1: Entradas Digitales DDI1602
- Módulo 2: Salidas Digitales DRA 1605
- Módulo 3: Salida Analógica AMMO 600

**Figura2.32** PLC M340 [9]

Las principales características del PLC M340 se detallan en tabla 2.8.

Tabla 2.8 Características del PLC M340

MÓDULO	MODELO	CARACTERÍSTICAS
Procesador	BMX P34 1000	<ul style="list-style-type: none"> Número de racks que soporta 2(hasta 4, 6, 8 o 12 módulos). Capacidad para 512 E/S digitales y 128 E/S analógicas Puertos de Comunicación: 1 conector tipo mini USB como puerto de programación o conexión de Magelis y otro tipo Modbus maestro /esclavo. Capacidad de memoria interna 2.048Kb
Fuente	BMX CPS 2000	<ul style="list-style-type: none"> Tensión de alimentación: 100-240VAC. Tensión salida 24 VDC Protección: Contra sobrecargas, cortocircuitos y sobretensiones Potencia 20 w
Monorack	BMX XBP 0800	<ul style="list-style-type: none"> N° de emplazamientos 8
Entradas digitales	BMX DDI 1602	<ul style="list-style-type: none"> Tensión alimentación: 24 VDC 16 entradas digitales
Entradas análogas	BMX ART 0414	<ul style="list-style-type: none"> 4 entradas para resistencias, termopares, sondas de temperatura tipo Pt, Ni o Cu.
Salidas digitales	BMX DRA 1605	<ul style="list-style-type: none"> Tensión alimentación: 24 VDC/24-240VAC 16 salidas digitales
Salidas analógicas	BMX AMM 0600	<ul style="list-style-type: none"> 4 entradas y 2 salidas analógicas de tensión o corriente

Los módulos de entradas y salidas fueron elegidos en base a las señales digitales y analógicas (sensor PT100, transmisor IP 4-20mA / 3-15 PSI) que se van a manejar en este proyecto. A continuación se detallan los diagramas de conexiones de cada uno de los módulos utilizados.

- Módulo 0: 4 Entradas Analógicas ART0414 (figura 2.33)

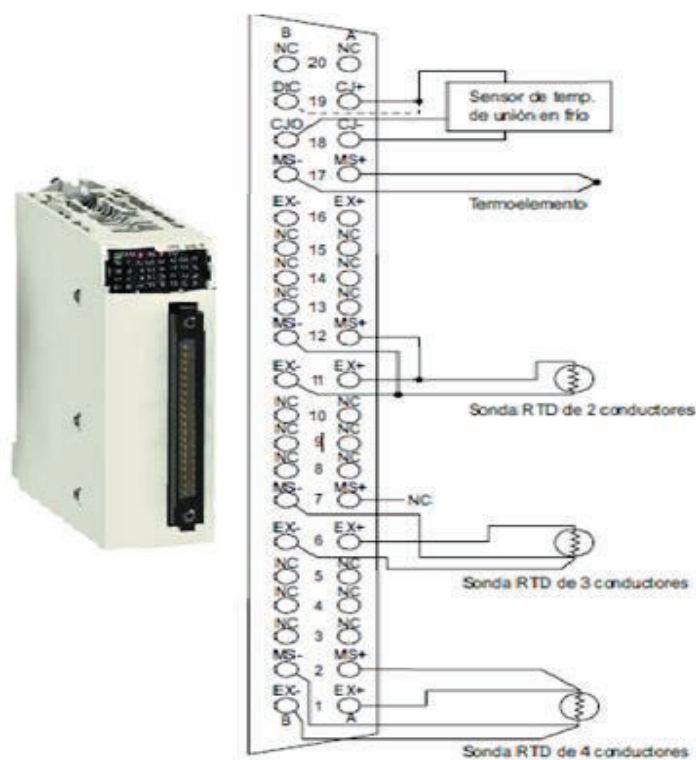


Figura2.33 Módulo ART0414 [9]

- Módulo 1: 16 Entradas Digitales DDI1602(figura 2.34)

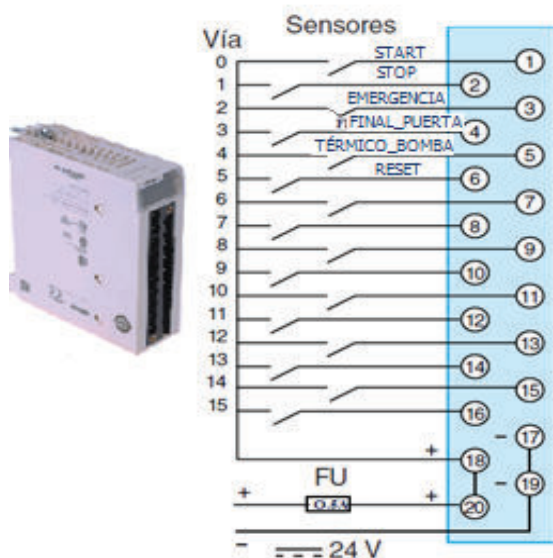


Figura2.34 Módulo DDI 1602 [9]

- Módulo 2: 16 Salidas Digitales DRA 1605 (figura 2.35)

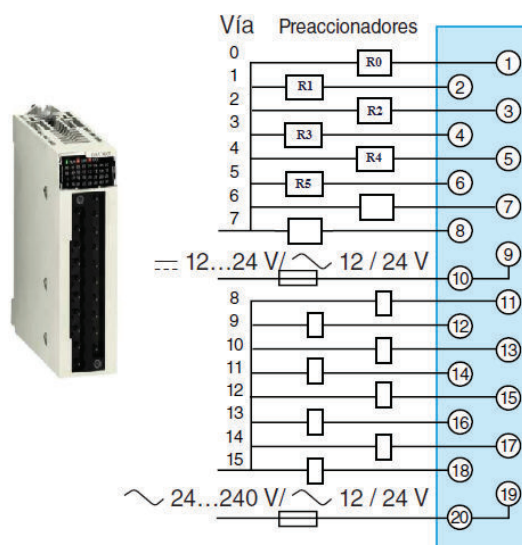


Figura2.35 Módulo DRA 1602 [9]

- Módulo 3: 4 Entradas y 2 Salidas Analógicas AMM 0600 (figura 2.36)

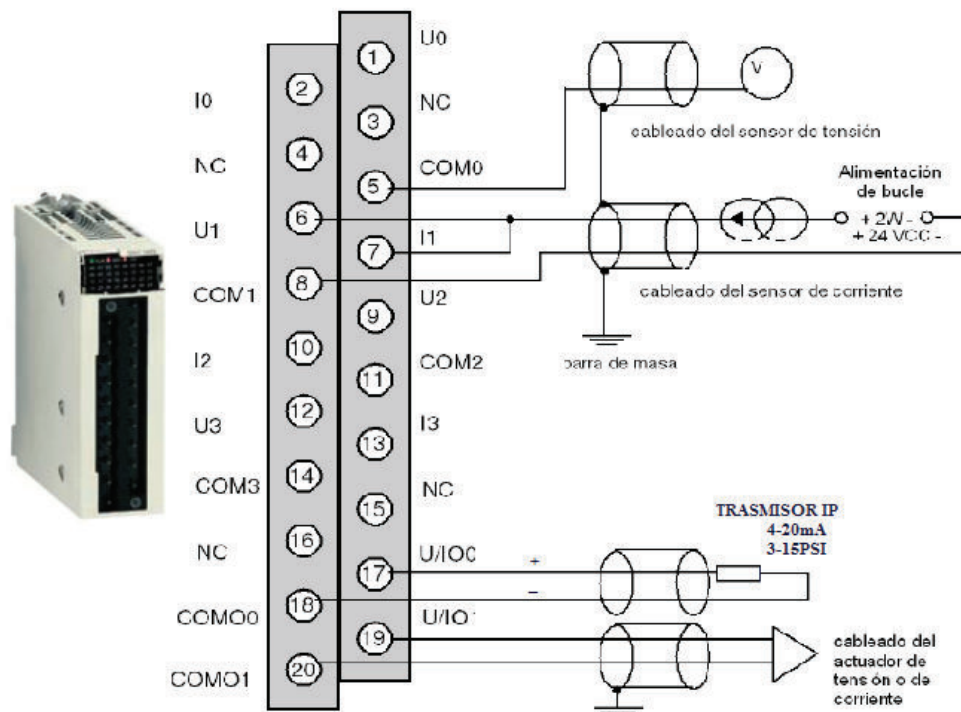


Figura2.36 Módulo AMMO 600 [9]

2.5 IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO HARDWARE

Después de revisar todos los elementos que se utilizarán en la implementación del nuevo sistema de control para la vaporizadora se realizó la instalación física de los elementos dentro de los tableros eléctricos, los cuales se distribuyeron de la siguiente manera: un tablero con los elementos de control y un tablero que contiene los elementos de potencia y alimentación principal de la máquina, tal como se indica en la figura 2.37.

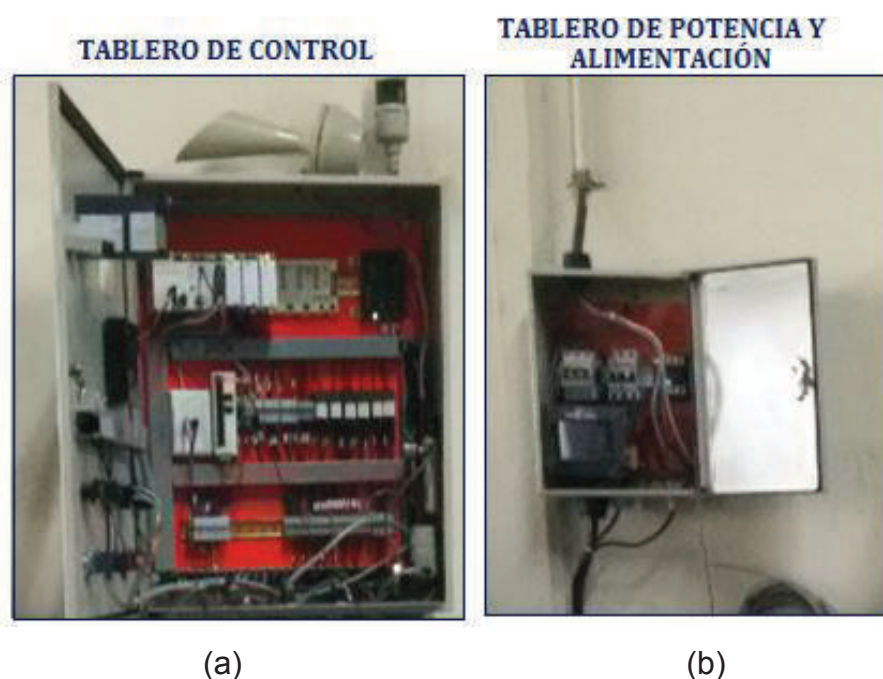


Figura2.37 (a) Tablero de control y (b) potencia del nuevo sistema

2.6 DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL SISTEMA

A continuación se presentan los diagramas de conexiones del sistema implementado.

2.6.1 CONEXIÓN TABLERO DE POTENCIA

Como alimentación principal de la máquina se tiene un voltaje de 440 VAC, el cual estará conectado al primario del transformador y al contactor K1 para el arranque de la bomba de vacío. El secundario del transformador tiene como voltaje de salida 110VAC, este voltaje servirá de alimentación para el tablero de control, lo antes mencionado se muestra en la figura 2.38.

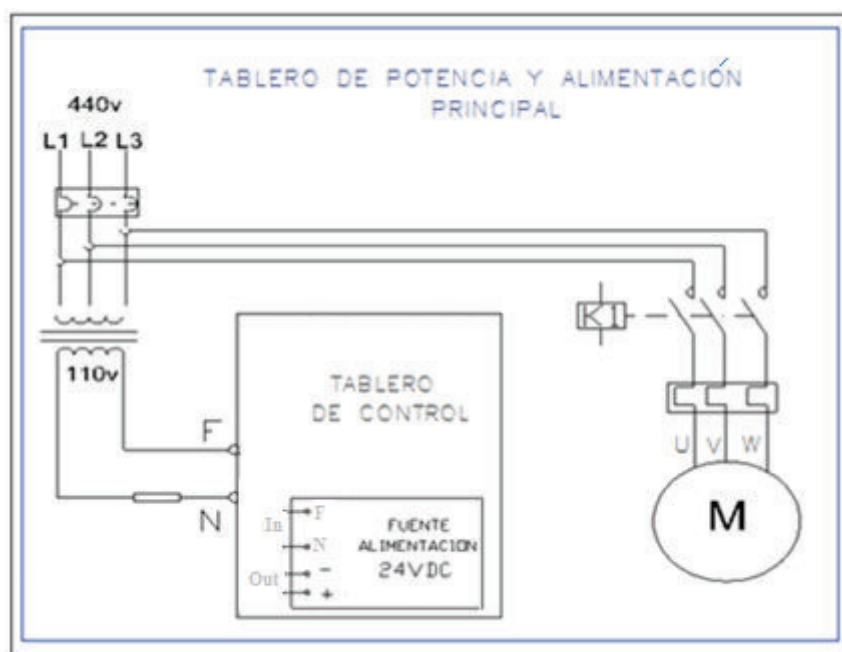


Figura2.38 Diagrama de conexión del circuito de potencia y alimentación principal

2.6.2 CONEXIONES TABLERO DE CONTROL

En el tablero de control se tienen los módulos del PLC M340, en la figura 2.39 se observa las conexiones realizadas para los módulos de entradas analógicas y digitales respectivamente. Las entradas analógicas están utilizadas por una Pt100 doble, el canal 2 corresponde al sensor utilizado por la pantalla táctil y el canal 3 por el sistema supervisor. También se detalla las conexiones de los módulos de salidas digitales y analógicas. Como señal analógica tenemos una salida de 4-20 mA para el transmisor IP el cual se encargará del control de la válvula de vapor.

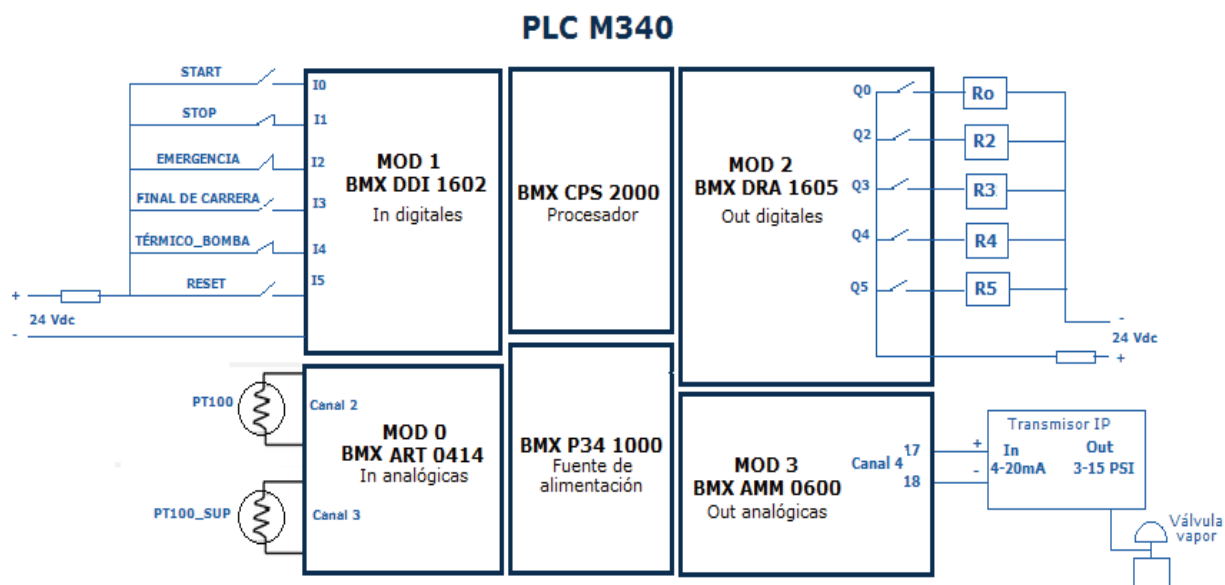


Figura2.39 Diagrama de conexión entradas y salidas del PLC M340

Y finalmente la figura 2.40 muestra el diagrama de conexiones de las salidas digitales y sus actuadores.

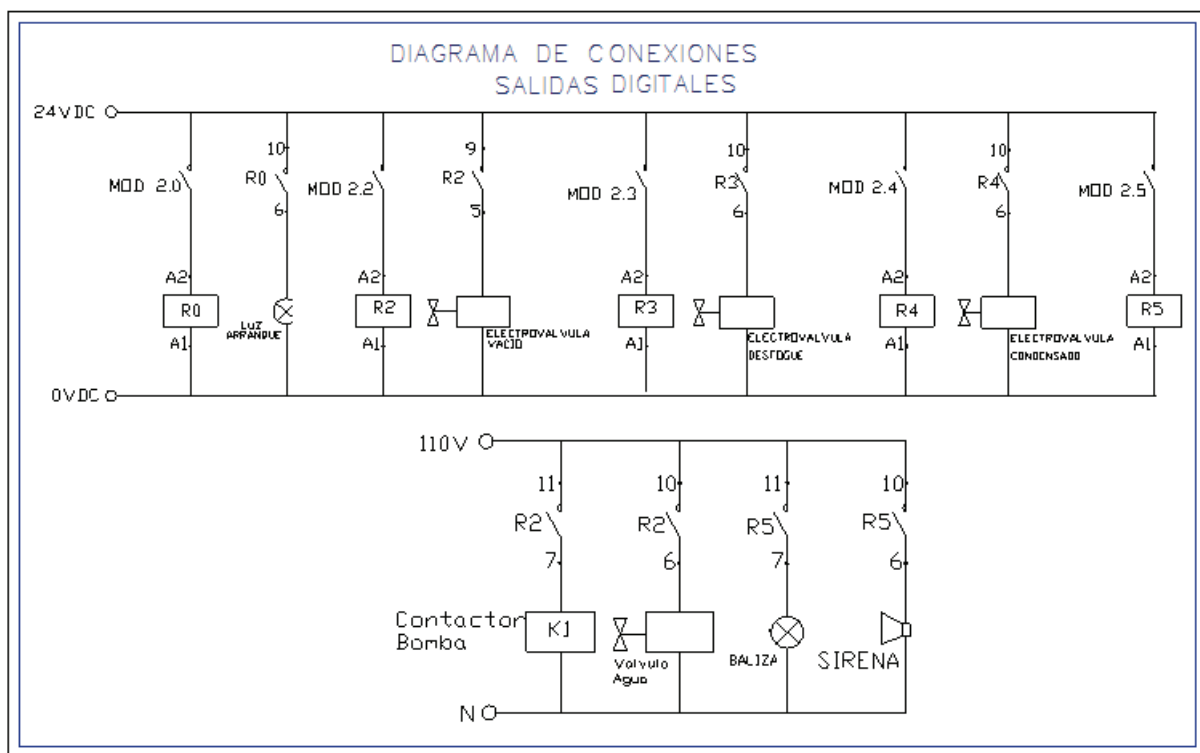


Figura2.40 Diagrama de conexión de las salidas digitales

Para la comunicación entre los dispositivos, se utiliza el puerto físico USB del PLC y el puerto USB de la pantalla, entre el PLC y el supervisor se tiene un puente TSXETG100 el cual convierte la comunicación RS485 del PLC a Ethernet que es la utilizada por el supervisor. El elemento LU9GC3 es un repartidor Modbus que permite pasar de un conector RJ45 a 1 bornero de tornillo.

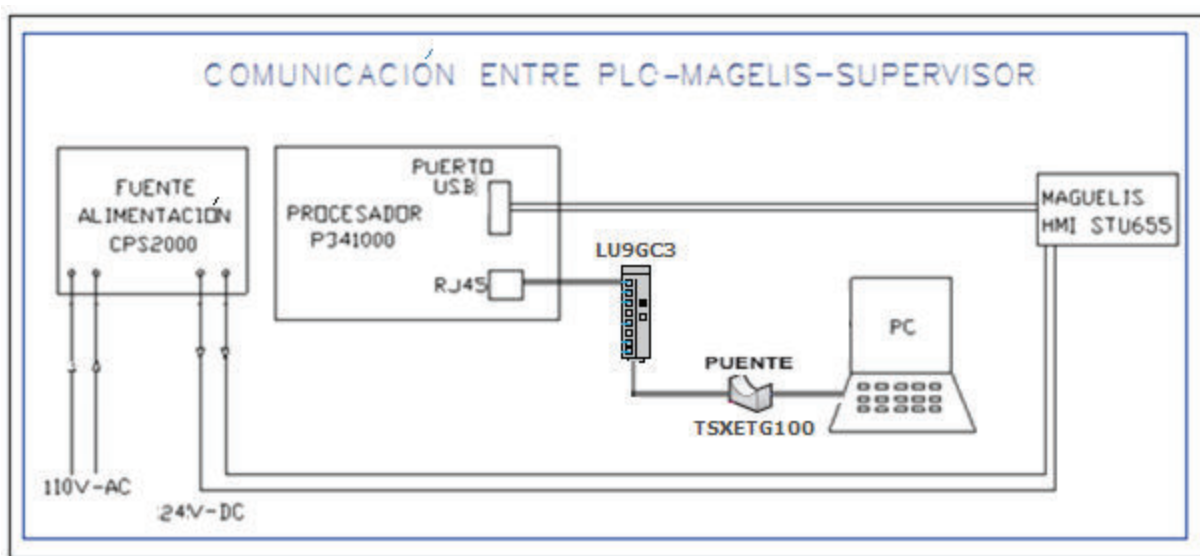


Figura2.41 Diagrama de conexión para la comunicación entre equipos



Figura2.42 Vaporizadora

CAPÍTULO 3

3 DISEÑO Y DESARROLLO DEL SOFTWARE DE CONTROL Y MONITOREO.

En este capítulo se describirá el diseño y desarrollo de la lógica de control para la vaporizadora. Se ha utilizado: un PLC M340, una pantalla táctil HMI STU 655 para elegir el programa de vaporizado y observar los parámetros durante el proceso y un HMI para obtener los históricos de la gráfica temperatura vs tiempo del proceso.

Para el desarrollo del software se utilizan los siguientes programas:

- UNITY PRO versión 8
- INTOUCH versión 10.1
- Vijeo Designer

3.1 PROGRAMA UNITY

El programa UNITY versión 8.0 es el software utilizado para la programación de autómatas de marca Schneider y de gama MODICOM en este caso del PLC M340. Este software desarrollado por Schneider permite la configuración, la programación y depuración de los programas creados en los diferentes lenguajes de programación que se establecen en la norma IEC 61131-3, la cual hace referencia a la estandarización en los lenguajes de programación para el control industrial, dentro de los cuales tenemos:

- Lenguaje escalera (LD-Ladder Diagram), gráfico.
- Diagrama de bloque de funciones (FBD- Function Block Diagram), gráfico.
- Texto estructurado (ST- Structured Text), textual.
- Lista de instrucciones (IL- Instruction List), textual.
- Bloques de función secuenciales (SFC- Sequential Function Chart)

3.1.1 CREACIÓN DE UN NUEVO PROYECTO

Para iniciar un nuevo proyecto se ingresa al menú Fichero → se da clic en Nuevo y aparecerá una ventana en la cual se debe elegir la familia de PLC y el procesador que se va a utilizar, esto se muestra en la figura 3.1; luego de elegir el PLC M340 y el procesador P341000 se debe pulsar ok.

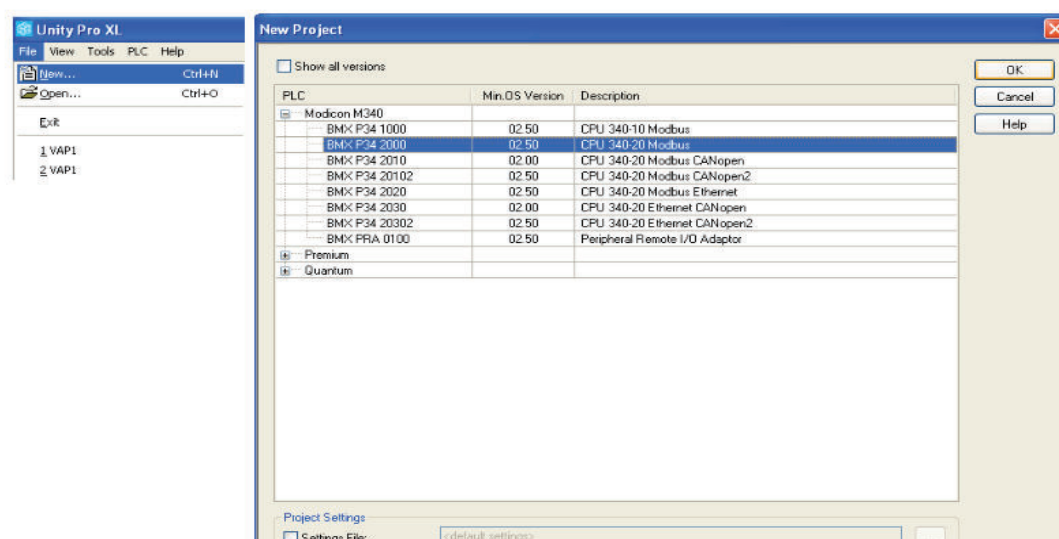


Figura 3.1 Creación nuevo proyecto

Luego se abrirá la ventana donde se muestra el explorador de proyectos tal como lo indica la grafica 3.2, que representa el árbol del proyecto; dentro de esta ventana se encuentra la opción 0: PLC bus. Al dar doble clic en esta opción se despliega la configuración gráfica del bastidor, en la cual se puede introducir los módulos deseados haciendo clic en la posición seleccionada. Sí se desea cambiar el modelo de fuente, se debe dar doble clic en la fuente mostrada en el bastidor y elegir la adecuada. El número de slots también es variable dependiendo del número de módulos que se vayan a utilizar en el proyecto.

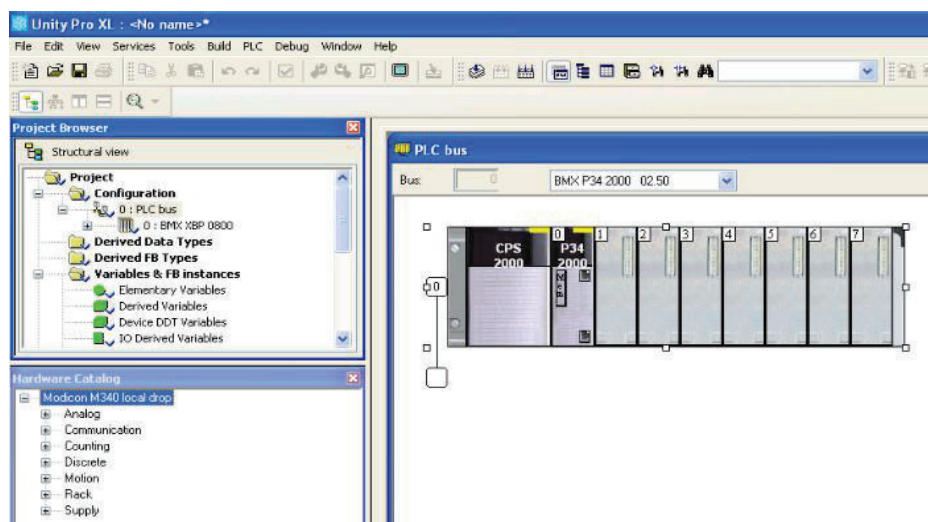


Figura 3.2 Explorador de proyectos

Luego de elegir la fuente, CPU, número de slots y cada uno de los módulos ha utilizarse, nuestro bastidor está completo como lo indica la figura 3.3. Lo siguiente es configurar cada uno de los módulos con las entradas y salidas correspondientes.

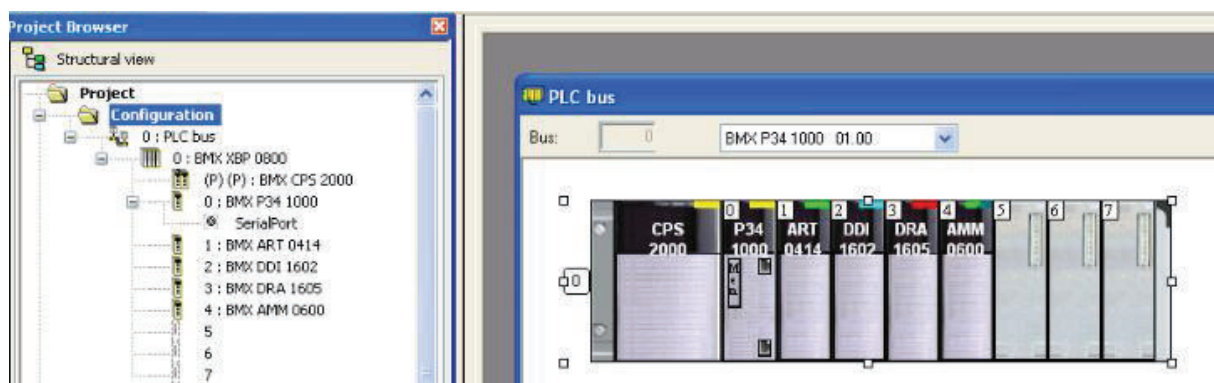


Figura 3.3 Selección de módulos PLC M340

3.1.2 CONFIGURACIÓN DE MÓDULOS DEL PLC

3.1.2.1 Configuración del procesador

La configuración del procesador P34 1000 viene establecida por defecto, pero estos valores pueden ser cambiados dependiendo de los requerimientos del proyecto.

Para este proyecto se utilizarán los valores establecidos por default mostrados en la figura 3.4.

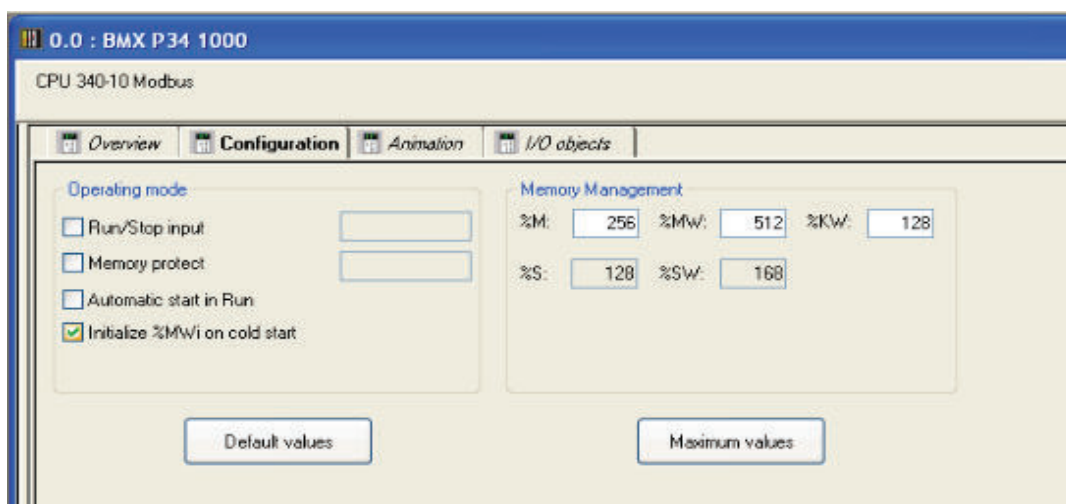


Figura 3.4 Configuración Procesador P34 100

3.1.2.2 Configuración módulos de entradas y salidas digitales.

El módulo DDI1602 cuenta con 16 entradas digitales; en la figura 3.5 se muestra la ventana de configuración, en donde se puede elegir la visualización de los canales asociados a este módulo habilitando la opción %I y se pueden asignar las entradas a cada dirección del módulo y también añadir comentarios en cada una de las entradas utilizadas.

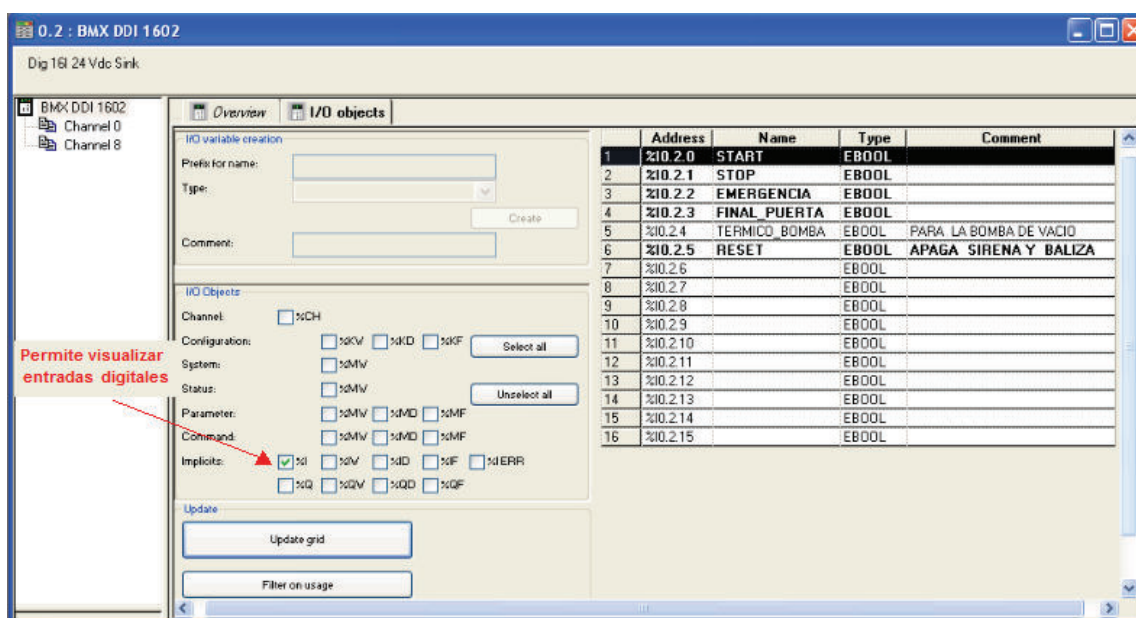


Figura 3.5 Configuración de entradas digitales (Módulo DDI 1602)

El módulo DRA1605 es un módulo de 16 salidas digitales. En la figura 3.6 se muestra la ventana de configuración. Para visualizar sus canales se habilita la opción %Q y se puede asignar una salida a cada dirección del módulo, elegir el tipo de variable y añadir comentarios a cada variable.

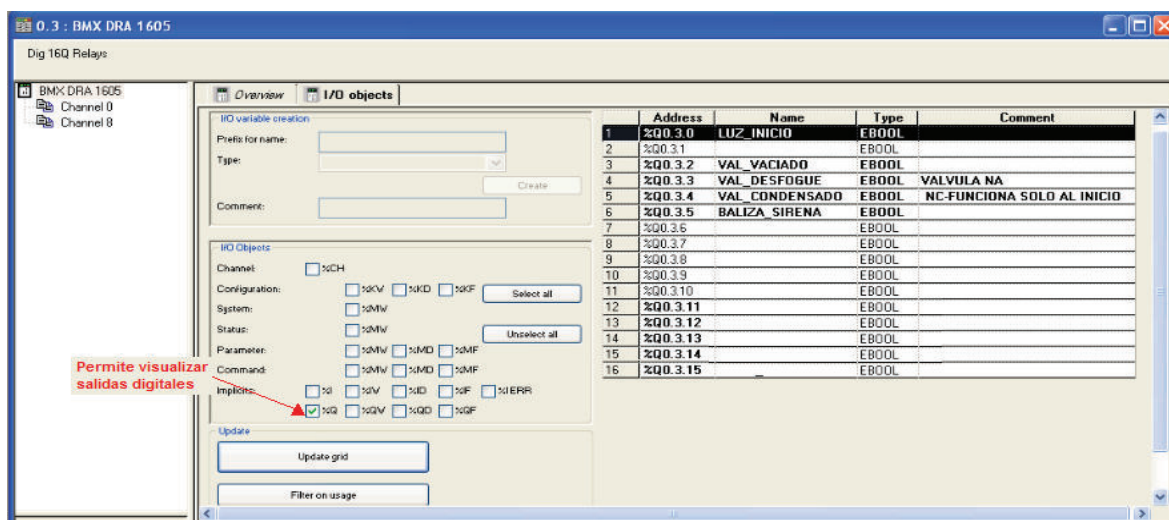


Figura 3.6 Configuración de salidas digitales (Módulo DRA 1605)

3.1.2.3 Configuración módulos de entradas y salidas analógicas

El módulo ART 0414 cuenta con 4 canales analógicos que permiten conectar sensores de temperatura a sus entradas. En la figura 3.7 se muestra la ventana en la cual se asigna la entrada analógica a su respectivo canal, con la opción %MW se puede observar todas las entradas analógicas asociadas a este módulo.

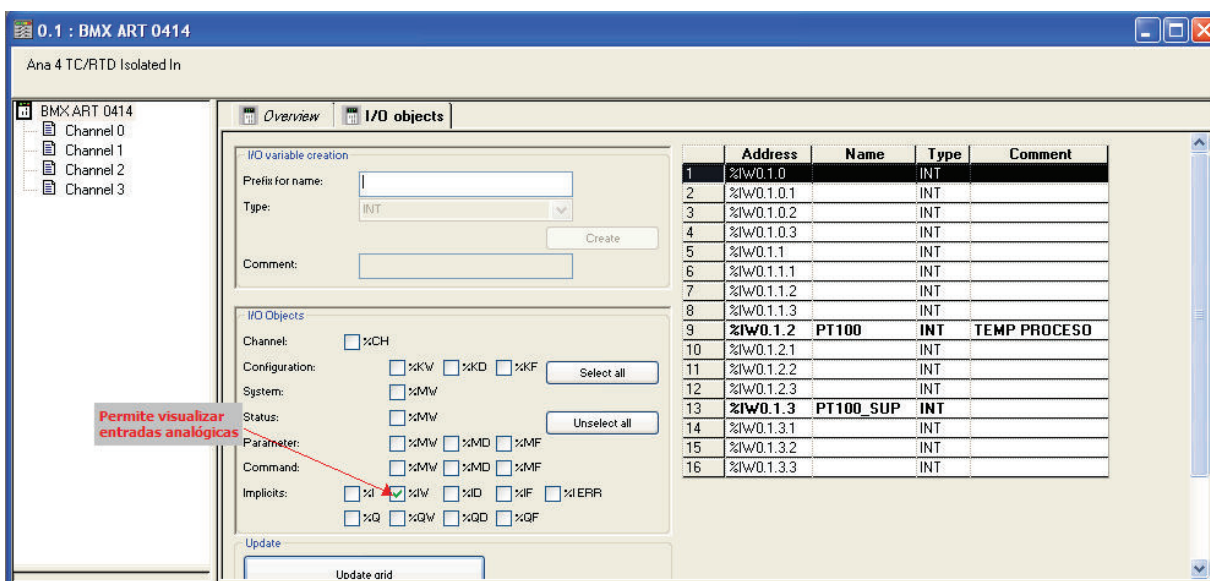


Figura 3.7 Configuración Módulo ART0 414

Luego de crear la variable se debe configurar que tipo de sensor se va a utilizar y su escalamiento, esto se lo realiza dando doble clic en el nombre del módulo y aparece una ventana para configurar estos parámetros como se muestra en la figura 3.8.

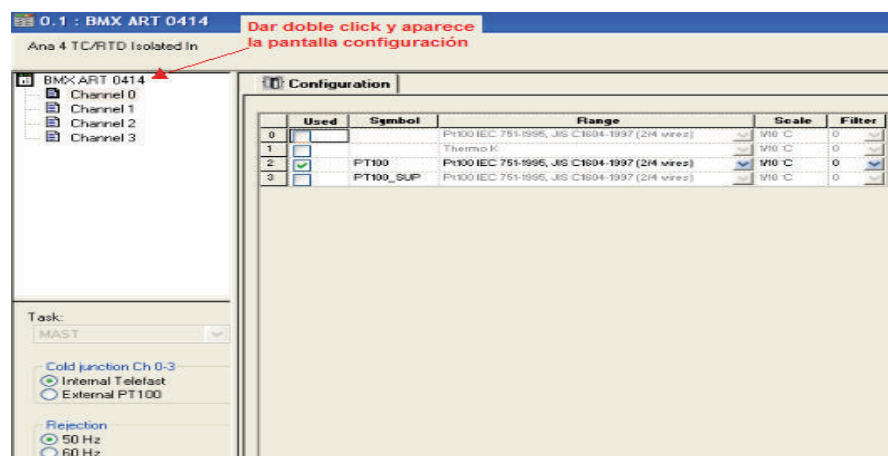


Figura 3.8 Configuración del tipo de sensor

A continuación se detalla la configuración del módulo de salidas analógicas AMM0 600: una de las salidas se conectará al transmisor IP (4-20mA /3-15PSI). La figura 3.9 muestra la ventana de configuración donde se observa el canal asociado a la salida a ser utilizada, para visualizar estos parámetros escogemos la opción %QW.

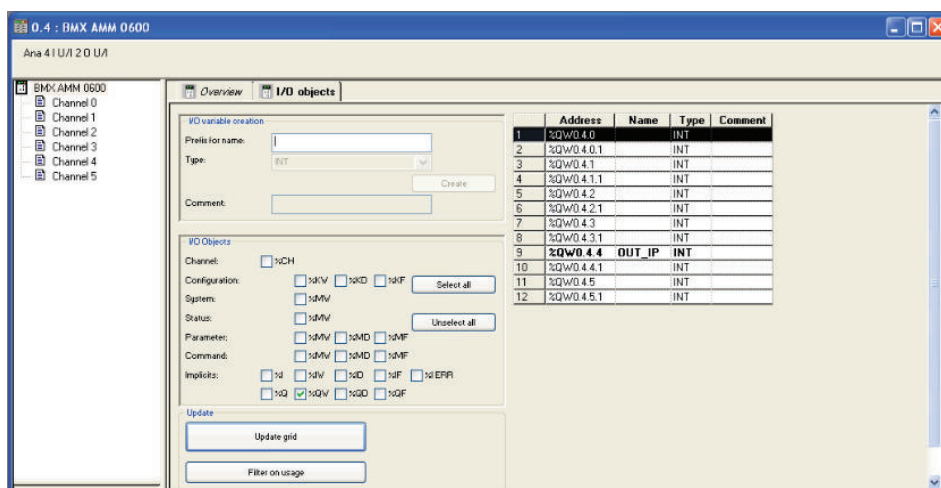


Figura 3.9 Configuración de la salida analógica

La figura 3.10 muestra la ventana para el escalamiento de la señal de salida en este caso de 4-20 mA.

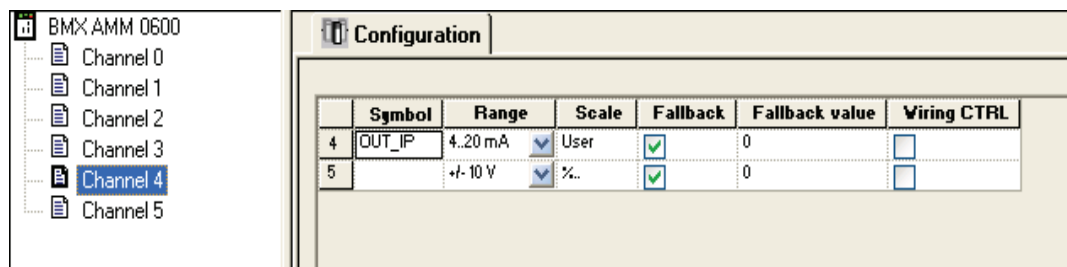


Figura 3.10 Configuración del escalamiento de la señal

3.1.3 CONFIGURACIÓN DE LA COMUNICACIÓN DEL PLC

Para realizar la configuración de los parámetros de comunicación del PLC se tiene dentro del explorador de proyectos la opción Serial Port mostrada en la figura 3.11. Como se observa en la ventana de configuración el protocolo de comunicación escogido para esta aplicación es protocolo MOSBUS RTU a través de una línea física RS485, además el PLC está configurado como esclavo con dirección 1.

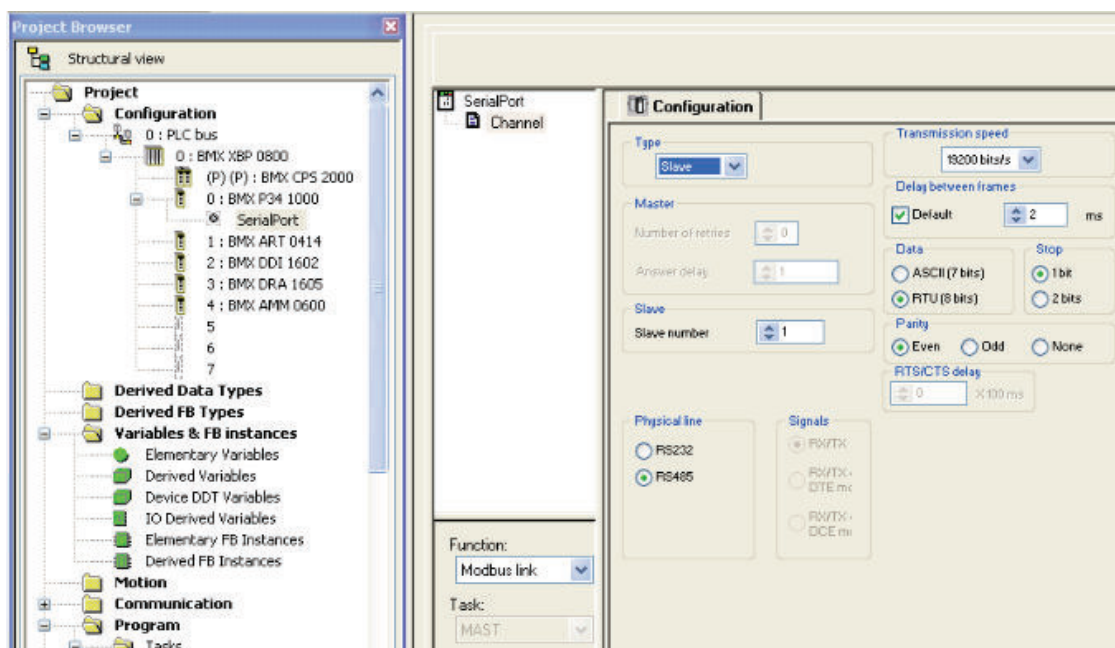


Figura 3.11 Configuración Comunicación de PLC

3.1.4 CREACIÓN DEL NUEVO PROGRAMA DE CONTROL

3.1.4.1 Creación de variables

En el explorador de proyectos se da clic en la carpeta de Variables & FB Instancias en donde aparecerá la opción variables elementales, al dar clic se visualizará una nueva ventana para la creación de variables a utilizarse en el nuevo proyecto, como se indica en la figura 3.12, en la cual se podrá ingresar el nombre de la variable, tipo de dato, y una dirección.

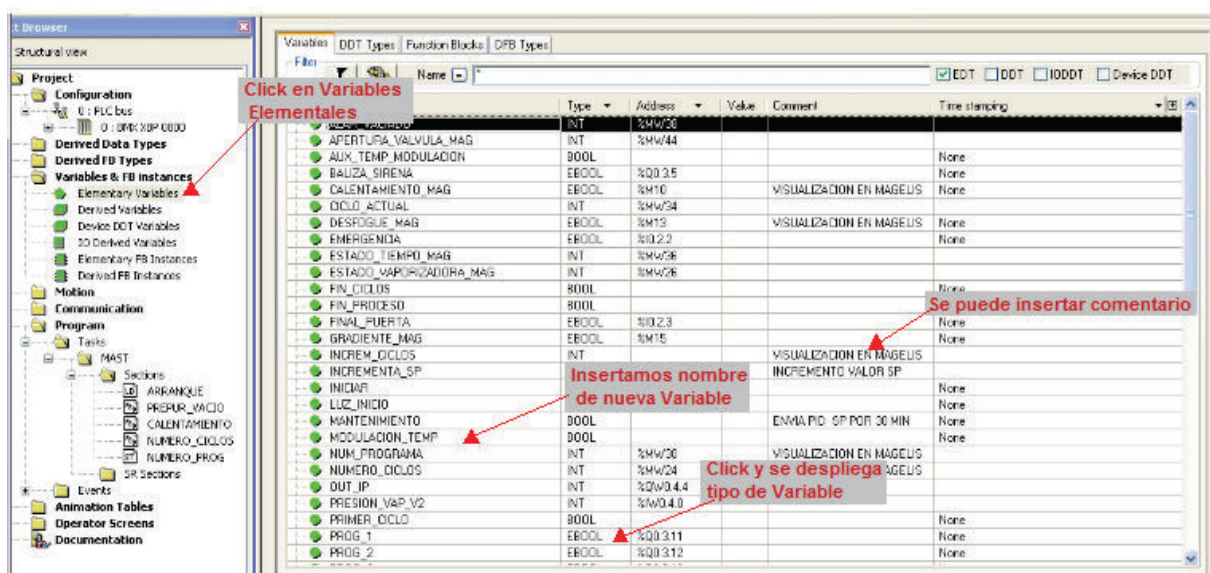


Figura 3.12 Creación de Variables

Al asignar la dirección de cada variable se tienen las opciones mostradas en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Asignación de Direcciones de Variables

	Entrada Digital	Entrada Analógica	Salida Digital	Salida Analógica
Dirección Física	%I	%IW	%Q	%QW
	Variable Digital	Variable Analógica		
Dirección Memoria	%M	%MW	—	-

3.1.4.2 Creación de sección de programación

La sección de programación permite escribir el programa que se va a ejecutar para lo cual en el explorador de proyectos se ingresa en la opción Program→Tasks→Mast y aparecerá la opción secciones, se da un clic derecho en secciones y se elige la opción nueva sección y como siguiente paso se elige el tipo de lenguaje de programación y el nombre de identificación de la sección. Este procedimiento se muestra en la figura 3.13.

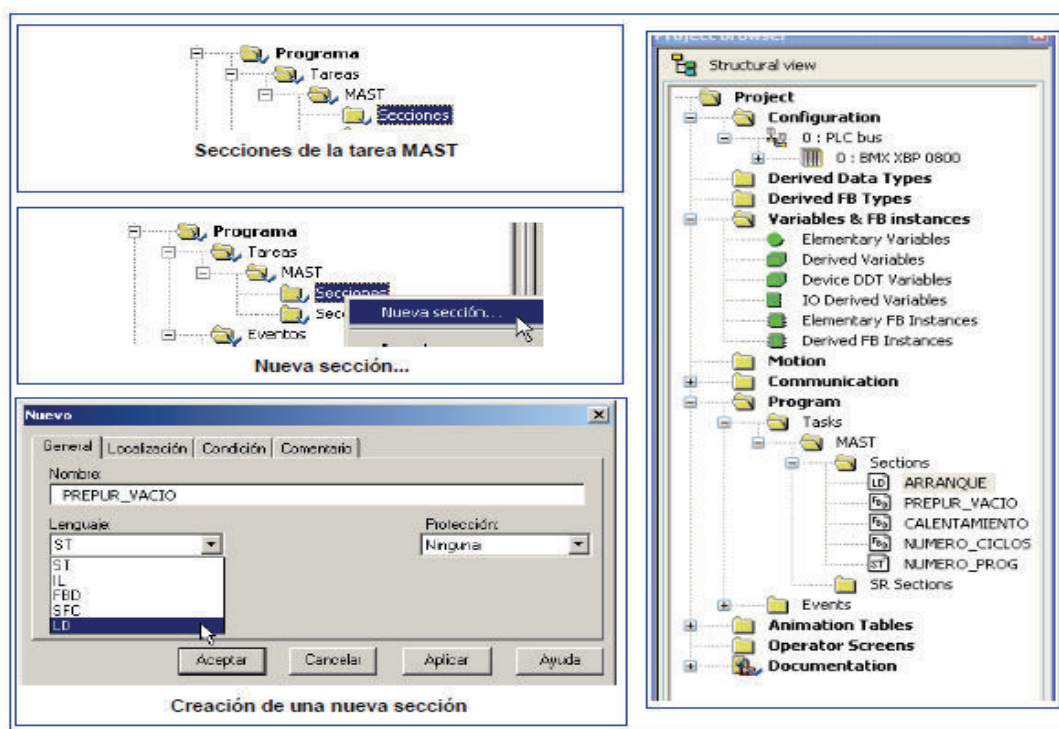


Figura 3.13 Creación de sección de programa

La figura 3.14 muestra las secciones de programas creadas para este proyecto.

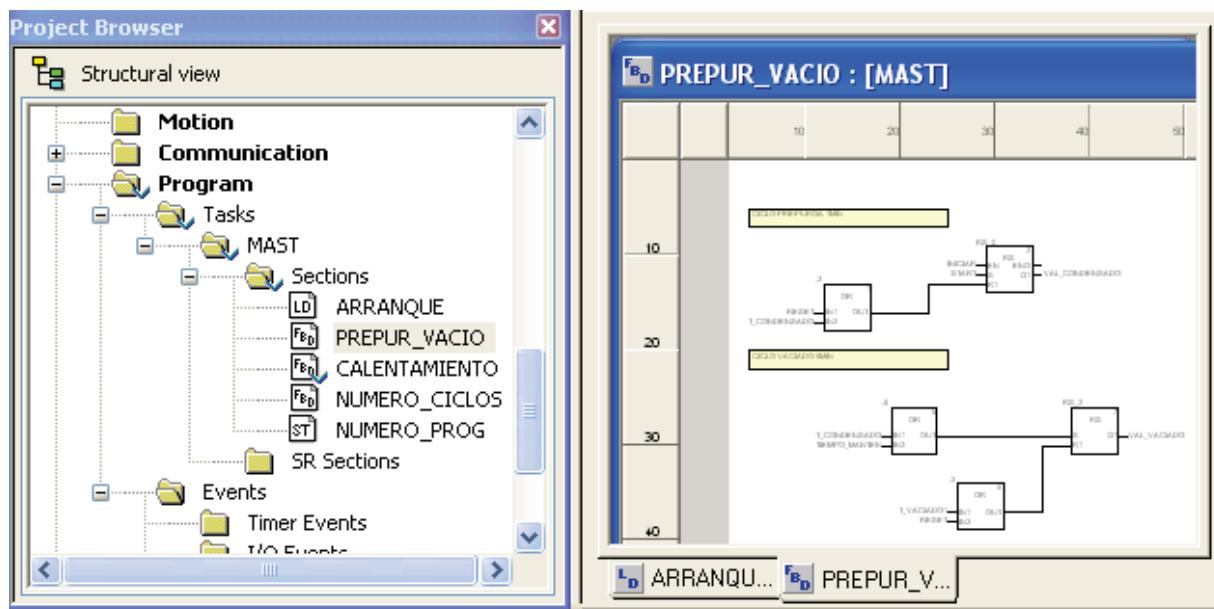


Figura 3.14 Sección de programa creadas

3.1.4.3 Desarrollo de la Lógica de Control

Para el desarrollo de la lógica de control del sistema ha implementarse se crearon secciones de programa que efectuará el controlador, las cuales se describen a continuación:

- ARRANQUE, está elaborada en lenguaje LD.
- PREPUR_VACÍO, está elaborada en lenguaje FBD.
- CALENTAMIENTO, está elaborada en lenguaje FBD.
- NÚMERO_CICLOS, está elaborada en lenguaje FBD.
- NÚMERO_PROG, está elaborada en lenguaje ST.

3.1.4.3.1 Etapa Arranque

En la sección de arranque se encuentran las condiciones necesarias para iniciar con el proceso las cuales se muestran en la figura 3.15. Al pulsar el botón de start se inicia el proceso activando una luz piloto indicando que el proceso ha iniciado dando paso a la etapa de prepurga. En la figura 3.16 se indica la programación en el PLC.

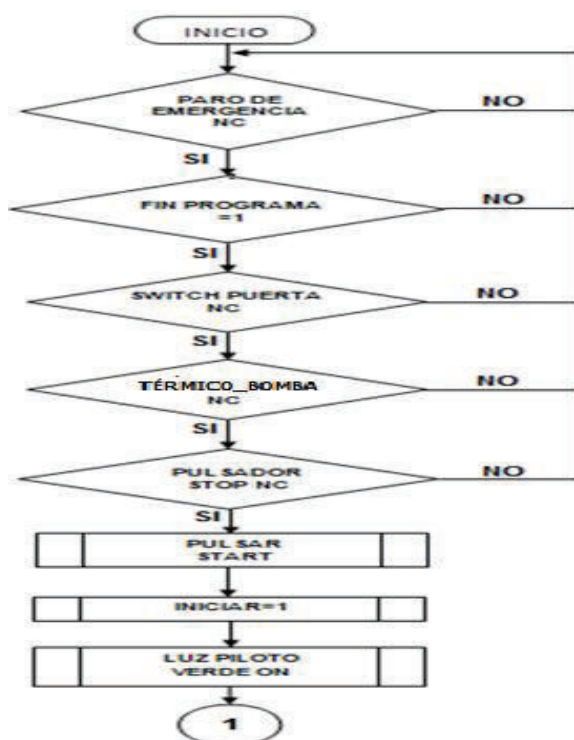


Figura 3.15 Diagrama de Flujo Inicio del Proceso

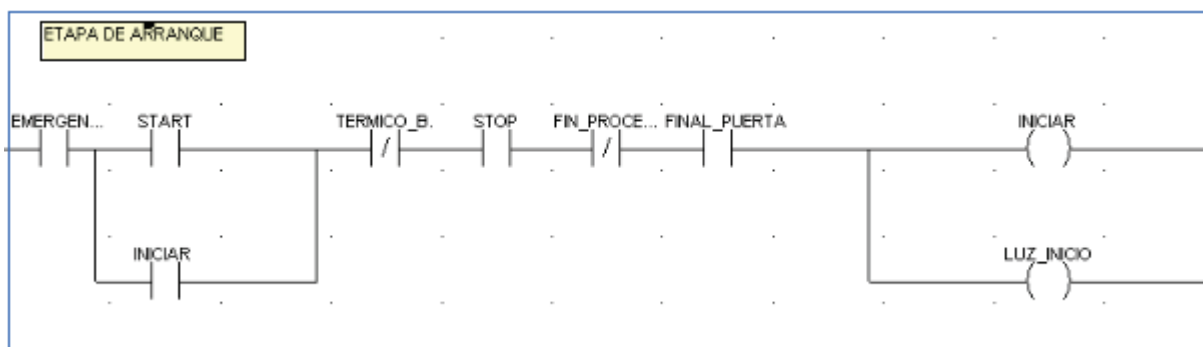


Figura 3.16 Sección de Programa Arranque

3.1.4.3.2 Etapa de Prepurga_Vacio

Dentro de esta sección de programa se encuentra la etapa de prepurga y vaciado. La etapa de prepurga inicia con la apertura de la válvula de condensado por el tiempo de 1 minuto, después del cual volverá a su posición inicial (NC) y se activará la válvula de desfogue que permanecerá en la posición NC durante todo el proceso, al finalizar la prepurga se continua con la etapa de vaciado. Las figuras 3.17 y 3.18 muestran el desarrollo de esta etapa.

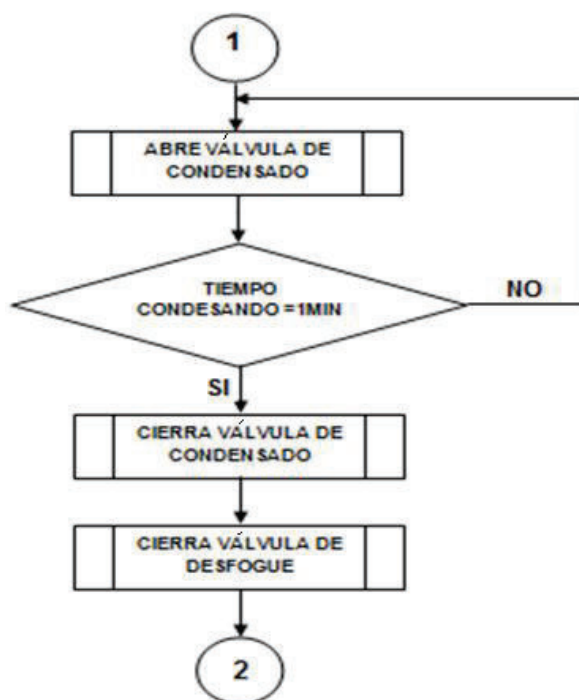


Figura 3.17 Diagrama de Flujo Etapa Prepurga

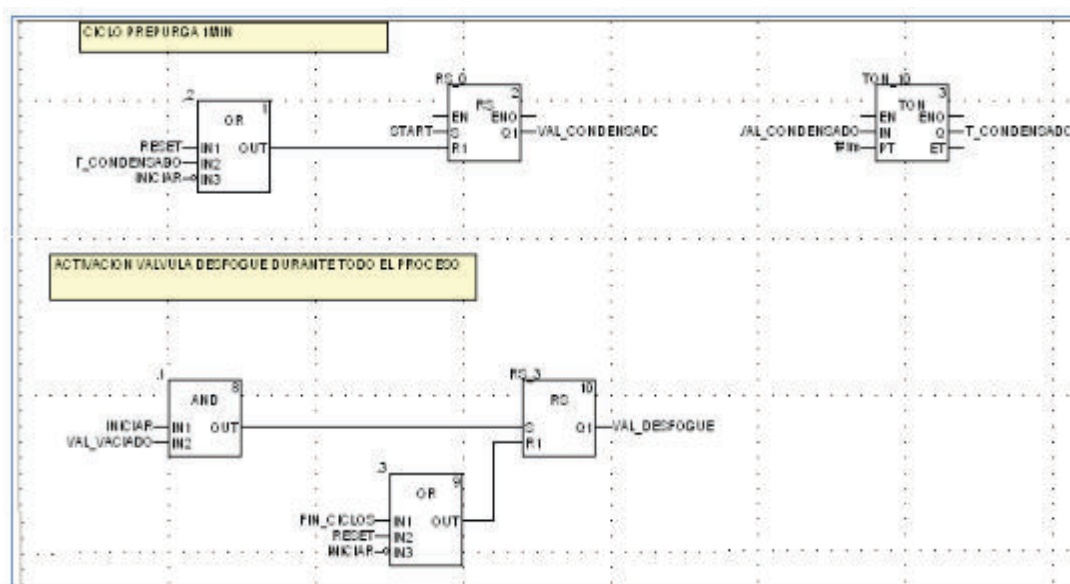


Figura 3.18 Sección de Programa Prepurga

La etapa de vaciado (figura 3.19 y 3.20) se realiza durante 5 minutos, tiempo en el cual la válvula de vaciado y la válvula de agua que sirve para refrigeración de la bomba se activarán (NA), así como la bomba de vacío se encenderá por 5 minutos, culminado este tiempo todos los actuadores volverán a su posición inicial válvulas NC y bomba apagada.

Cada vez que termine la etapa de vaciado se activará un comparador, en el cual se verificará el número de etapas de vaciado realizadas y las seteadas, cuando estos valores lleguen a ser iguales el programa pasará a la etapa de fin del proceso, de lo contrario pasará a la etapa de calentamiento.

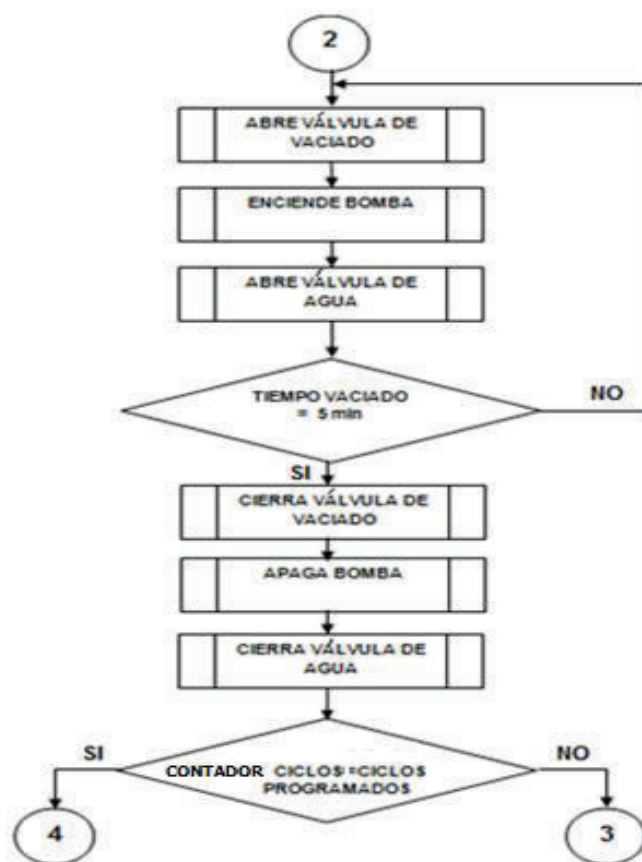


Figura 3.19 Diagrama de Flujo Etapa de Vaciado

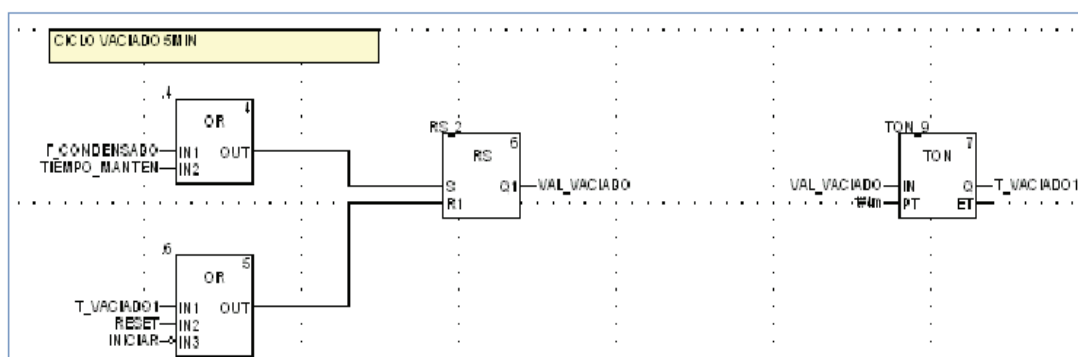


Figura 3.20 Sección de Programa Vaciado

3.1.4.3.3 Etapa de Calentamiento

Dentro de esta sección de programa se encuentra la lógica de control para la etapa de calentamiento y mantenimiento. En la etapa de calentamiento se abre la válvula de vapor hasta que la temperatura del proceso llegue a la temperatura seteada,

cuando este sucede se continua con la etapa de mantenimiento, donde se mantiene constante la temperatura seteada por un tiempo de 30 minutos, al transcurrir este tiempo la válvula de vapor volverá a su posición inicial NC. Para el control de temperatura en esta sección se utilizó un lazo cerrado de control de temperatura en base a un control PI, el programa creado para estas etapas se muestra en la figura 3.21.

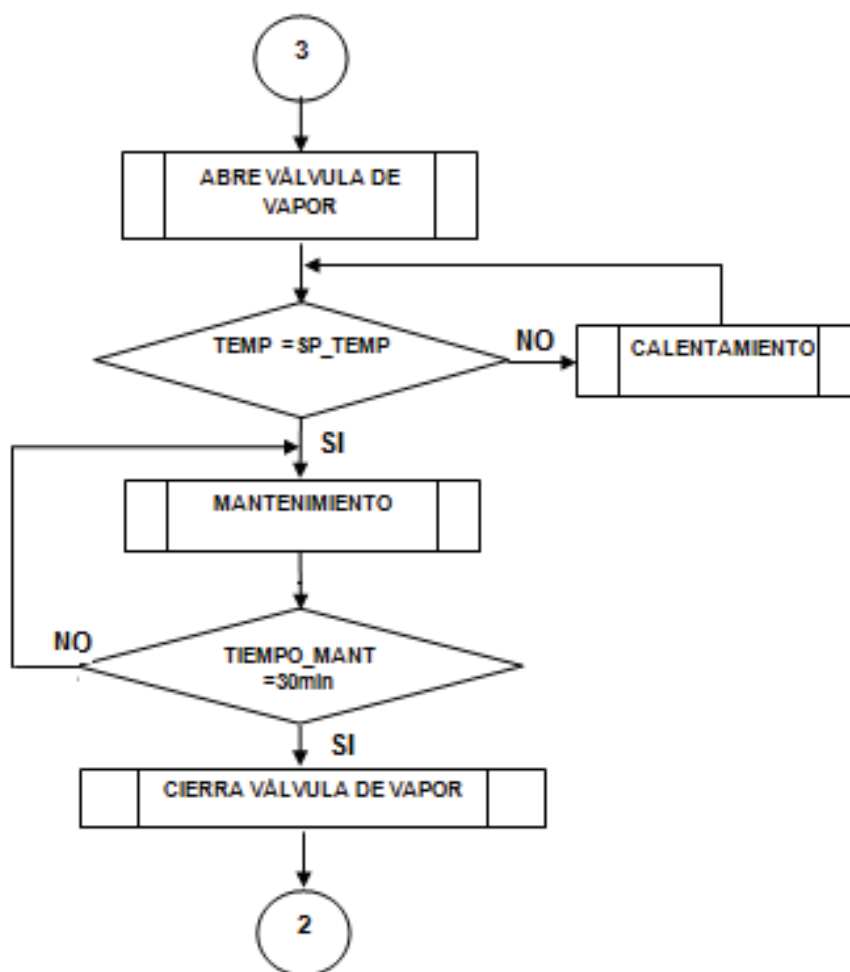


Figura 3.21 Diagrama de Flujo Etapa Calentamiento

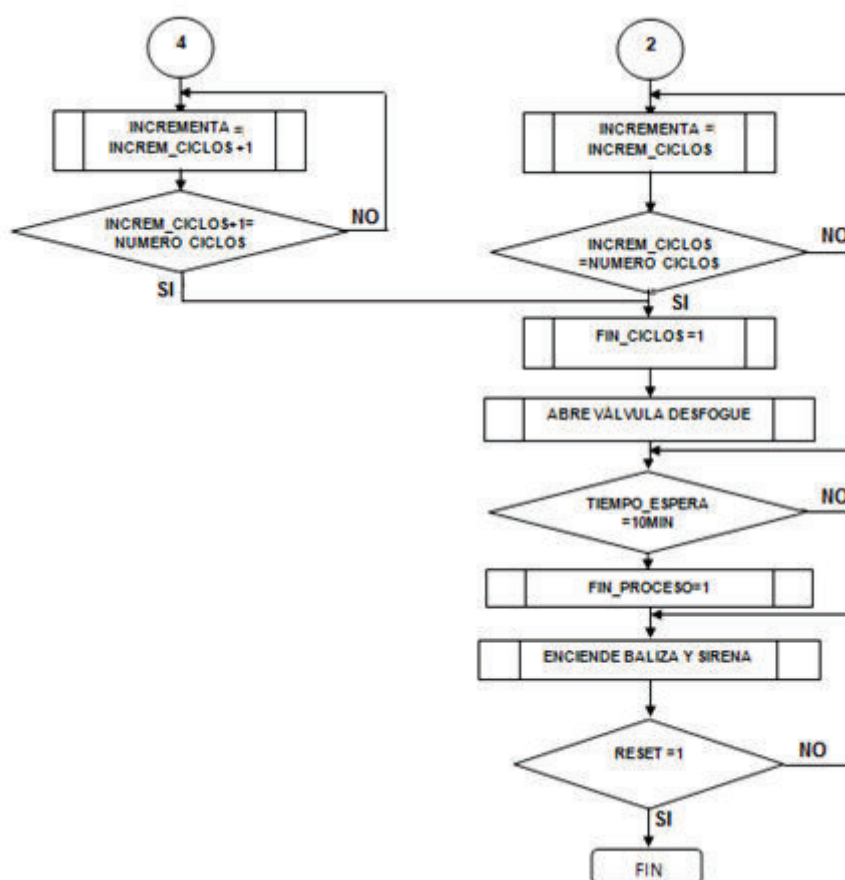


Figura 3.24 Diagrama de Flujo Etapa Número de Ciclos y final de programa

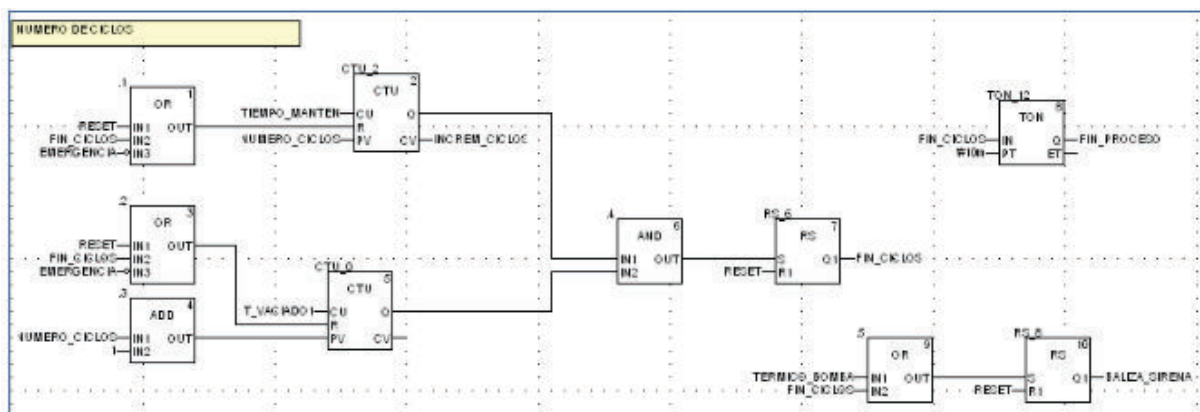


Figura 3.25 Sección de Programa Numero Ciclos

3.1.4.3.5 Selección del Número_Prog

Como primer paso en el proceso de vaporizado, el operador deberá seleccionar en la pantalla HMI STU 655 el número de programa, según el tipo de hilo a vaporizar, en la figura 3.26 se muestra el diagrama de flujo desarrollado en el PLC.

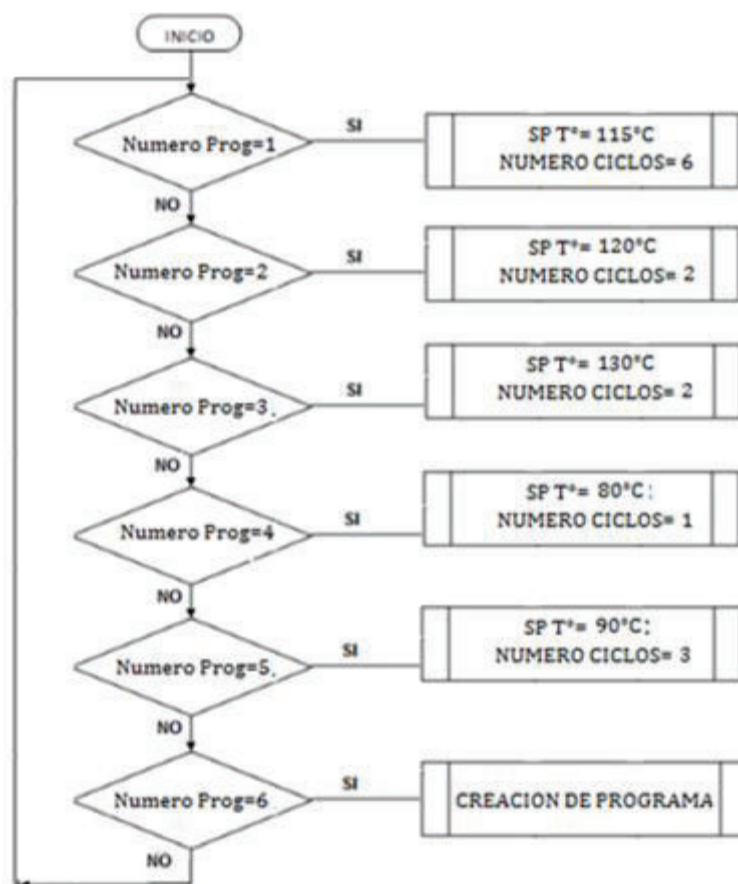


Figura 3.26 Diagrama de Flujo Selección de Programa

```

(*LECTURA NUMERO DE PROGRAMA ELEGIDO *)
IF NUM_PROGRAMA= 1 THEN
  SP_TEMP1:=115;
  NUMERO_CICLOS:=6;
  END_IF;

IF NUM_PROGRAMA= 2 THEN
  SP_TEMP1:=120;
  NUMERO_CICLOS:=2;
  END_IF;

IF NUM_PROGRAMA= 3 THEN
  SP_TEMP1:=130;
  NUMERO_CICLOS:=2;
  END_IF;

IF NUM_PROGRAMA= 4 THEN
  SP_TEMP1:=80;
  NUMERO_CICLOS:=1;
  END_IF;

IF NUM_PROGRAMA= 5 THEN
  SP_TEMP1:=90;
  NUMERO_CICLOS:=3;
  END_IF;

IF NUM_PROGRAMA= 6 THEN
  SP_TEMP1:=SP_PROGRAMACION;
  NUMERO_CICLOS:=N_CICLOS_PROGRAMACION;
  END_IF;

```

Figura 3.27 Sección de Programa Número de Programa

3.1.4.4 Simulación del proyecto

3.1.4.4.1 *Compilación del proyecto*

Al finalizar la creación del programa se debe generar el código que permita la transferencia del código al autómata. En la generación de código se tienen las siguientes opciones:

- **Analizar proyecto:** Analiza y muestra los errores y advertencias en la aplicación.
- **Generar cambios:** Analiza, genera y carga los cambios realizados en el código. Se lo puede realizar on-line.

- **Regenerar todo el proyecto:** Analiza y genera el código en busca de errores. Ésta opción no es posible realizarla on-line.

En el caso de existir errores o advertencias, aparecerá la ventana de resultados y haciendo doble clic sobre la línea se podrá saber la parte del programa que contiene el error. Todo lo descrito anteriormente se muestra en la figura 3.28.

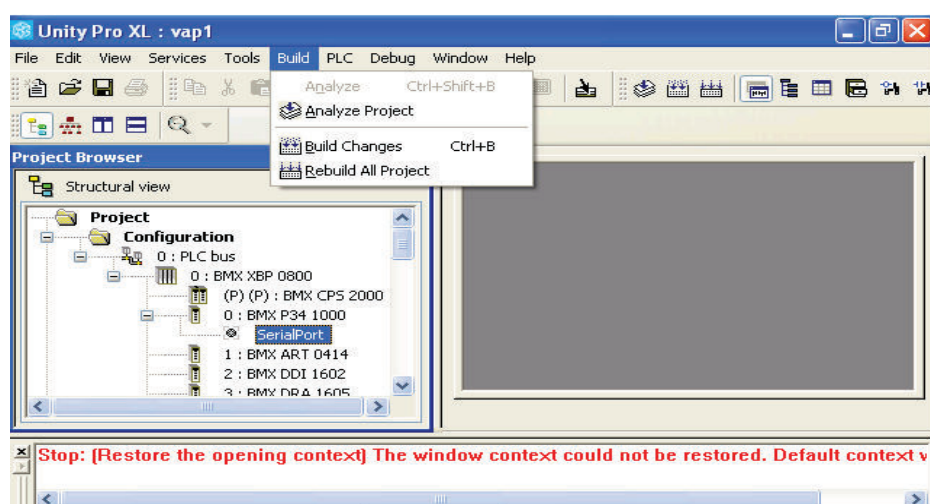


Figura 3.28 Compilación de código de programa

3.1.4.4.2 Transferencia de proyecto al autómata

Para la transferencia del proyecto al autómata, primero se ha de seleccionar el modo de funcionamiento estándar, tener compilado el proyecto y conectarse físicamente al PLC. En este caso se utiliza un conector USB-mini USB, para luego en el explorador de proyectos de UNITY, en el menú PLC escoger la opción conectar y dar clic en la opción transferir proyecto al PLC como se indica en la figura 3.29.

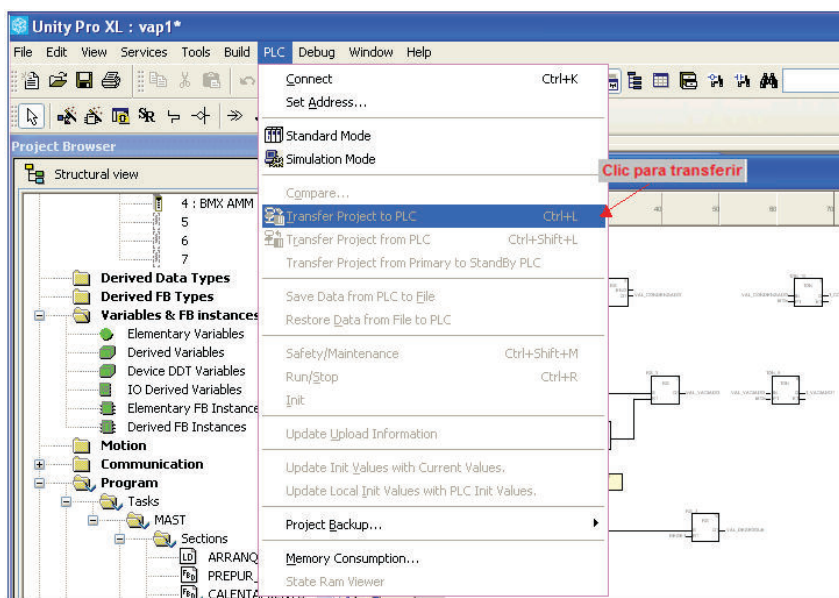


Figura 3.29 Transferencia de proyecto al autómata

Una vez realizada la transferencia del programa al autómata se puede ejecutar el programa y observar los valores de las variables en la aplicación, como se observa en la figura 3.30.

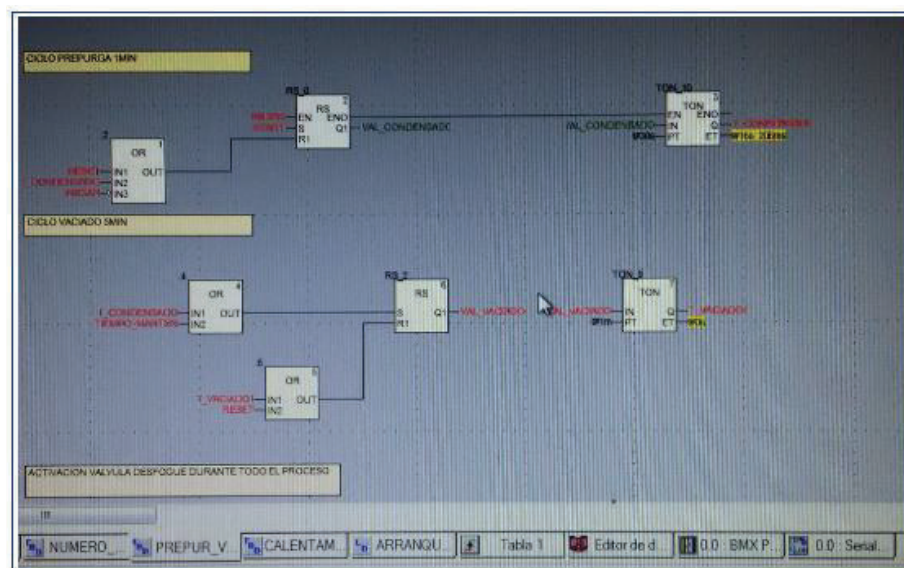


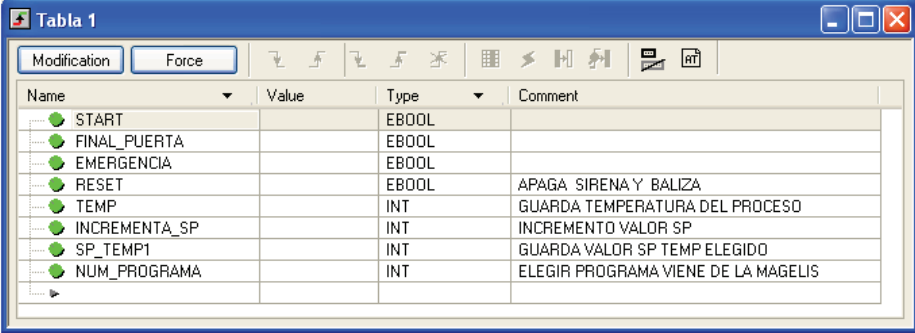
Figura 3.30 Ejecución de la aplicación

3.1.4.4.3 Tabla de Animación

La tabla de animación, figura 3.31, es una ventana que se la puede utilizar siempre y cuando el PC esté conectado con el PLC, el proyecto este generado y el PLC está en modo RUN.

Esta ventana permite lo siguiente:

- Visualizar el valor de las variables independientemente de su tipo.
- Modificar el valor de una variable.
- Forzar las señales de entrada (%I) y salida (%Q) y mantenerlos mientras no se cancele el forzado.



Name	Value	Type	Comment
START		EBOOL	
FINAL_PUERTA		EBOOL	
EMERGENCIA		EBOOL	
RESET		EBOOL	APAGA SIRENA Y BALIZA
TEMP		INT	GUARDA TEMPERATURA DEL PROCESO
INCREMENTA_SP		INT	INCREMENTO VALOR SP
SP_TEMP1		INT	GUARDA VALOR SP TEMP ELEGIDO
NUM_PROGRAMA		INT	ELEGIR PROGRAMA VIENE DE LA MAGELIS

Figura 3.31 Tabla de animación

3.2 INTERFAZ GRÁFICA INTOUCH

3.2.1 INTRODUCCIÓN

El INTOUCH es un software utilizado para crear aplicaciones de interface hombre-máquina, las cuales permiten al operador interactuar con los procesos de producción mediante representaciones gráficas bajo un entorno PC.

Este software utiliza tres ambientes gráficos, siendo el primero WINDOWMAKER, que es el sistema de desarrollo para INTOUCH, contiene todos los comandos necesarios para crear las ventanas de visualización. El segundo es

WINDOWVIEWER el sistema de ejecución utilizado para mostrar las ventanas diseñadas en WINDOWMAKER; y, el tercero, los I/O Servers que permiten realizar un protocolo de comunicación entre PC y PLC. En este caso se utiliza I/O Servers MBNET.


Para la instalación de estos elementos previamente se debe adquirir su licencia respectiva.

3.2.2 DISEÑO DEL HMI

La empresa ENKADOR posee un HMI desarrollado en Intouch para realizar el monitoreo de los siguientes procesos: Tintorería ollas 1-2-3-4-6 y Retorcido máquinas RT3-RT4 y RT5.

En esta interfaz se incluyó una pestaña para crear la pantalla de monitoreo del vaporizado.

En el diseño de esta pestaña se tomó en cuenta las variables más importantes del proceso y que la interfaz creada sea de fácil interpretación para los operadores encargados de controlar el normal desenvolvimiento de este proceso y esté de acuerdo con las otras pestañas creadas anteriormente.

En la ventana principal del supervisor figura 3.32, se creó la opción  al dar clic en este botón nos permite ingresar a la ventana del proceso de vaporizado.

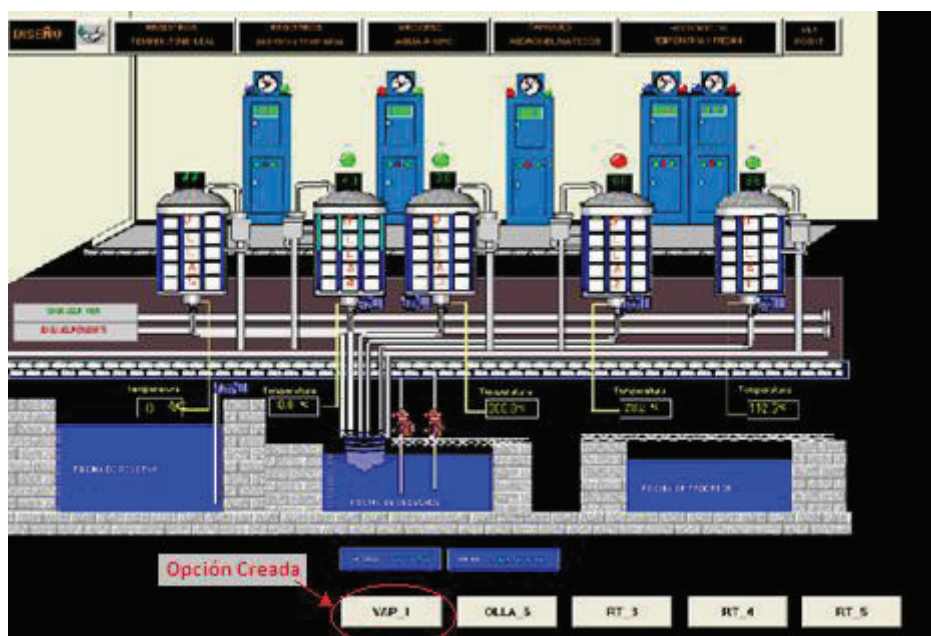


Figura 3.32 Ventana principal del supervisor

Al pulsar **VAP_1** aparecerá la pantalla mostrada en la figura 3.33 donde se encuentran los principales parámetros del proceso, los cuales se describen a continuación:

- TEMPERATURA VAPORIZADORA 1 indica la temperatura del proceso.
- SET POINT indica la temperatura seteada de acuerdo al programa elegido.
- NÚMERO DE PROGRAMA depende de la opción elegida en la pantalla táctil.
- NÚMERO DE CICLOS depende del número de proceso elegido.

- Impresión **IMPRIMIR** figura 3.34.

- Exportar los datos a una hoja de Excel

Save To File: Filename: D:\VAPORIZADORA.CSV

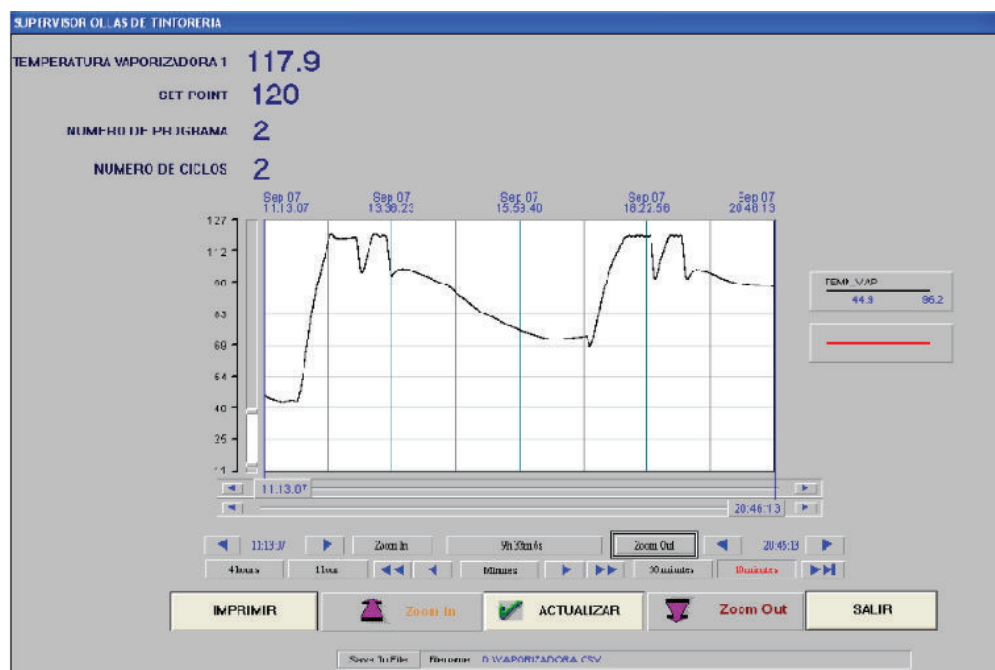


Figura 3.33 Ventana del Proceso de Vaporizado.

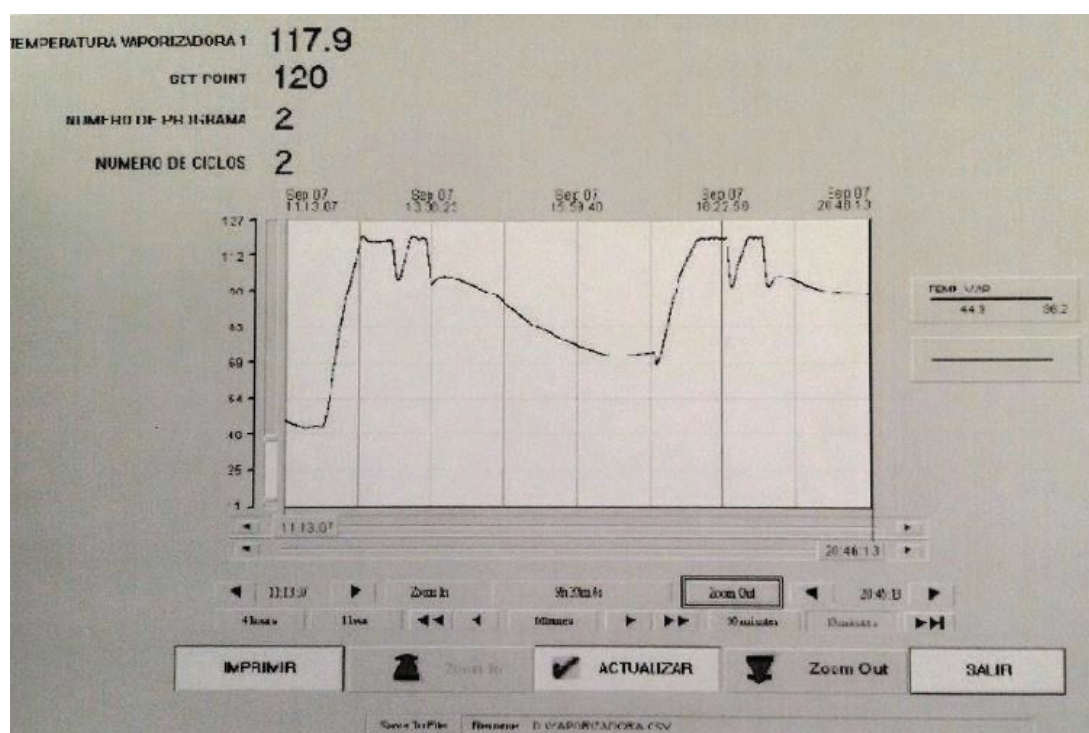


Figura 3.34 Impresión de los datos del proceso.

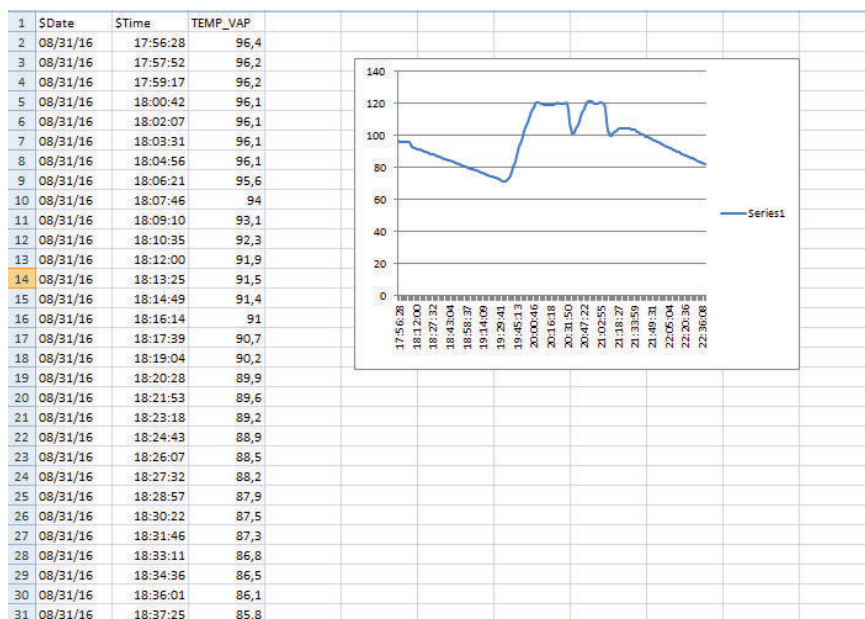


Figura 3.35 Datos del gráfico convertidos a formato Excel.

3.2.3 COMUNICACIÓN INTOUCH – PLC

INTOUCH utiliza drivers de comunicación denominados I/O Servers para crear enlaces de comunicación con dispositivos u otras aplicaciones.

Para la comunicación entre el HMI de INTOUCH y el PLC M340 se utilizó los I/O Servers MBNET que permiten el acceso a los datos del PLC. Para establecer el protocolo de comunicación se deben configurar ciertos parámetros que se detallan a continuación.

3.2.3.1 Topic name

En esta ventana, figura 3.36, se configuran los siguientes parámetros:

- **Topic name:** es el nombre del tema, se utiliza para identificar a un dispositivo específico, en este caso VAP_1.

- **IP Address:** Es la dirección IP del dispositivo de comunicación en este caso el Gateway TSXETG100 (convertor Ethernet-485).
- **Dest_INDEX or Unit_ID:** Es la dirección del PLC, en este caso 1.
- **Slave Device type:** Se elije de acuerdo al dispositivo que se va a leer: 584/984 PLC.

Figura 3.36 Ventana de configuración MBNET

3.2.3.2 Access name

En la figura 3.37 se muestra la ventana para la configuración del Access name, la cual contiene los siguientes ítems:

- **Access:** Nombre del enlace: VAP_1
- **Application Name:** Tipo de I/O Server a utilizarse: MBNET
- **Topic Name:** Nombre que se utilizó en la aplicación MBNET: VAP_1
- **Which protocol to use:** Protocolo de comunicación que se utiliza para conexión entre aplicaciones de Windows: DDE

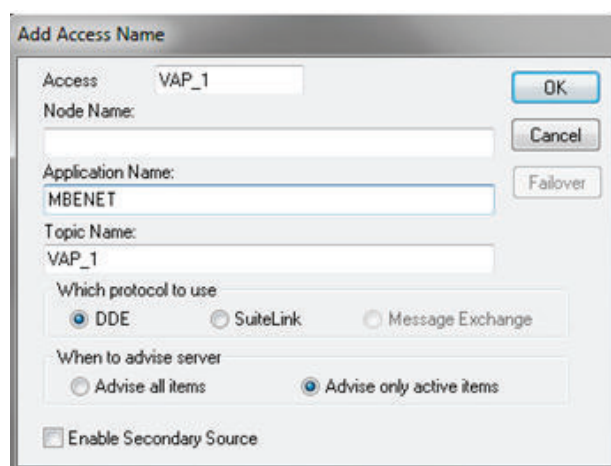


Figura 3.37 Ventana de configuración MBNET

3.2.4 CONFIGURACIÓN DE TAGS

Al crear los tags se está creando los parámetros de los objetos creados a través de la asignación de un nombre a una variable definido como tagname, asignación de un nombre de variable que el sistema pueda entender definido como ítem, esto permite asociar las variables utilizadas en el PLC con la aplicación del Intouch, para lo cual se tiene la ventana que se muestra en la figura 3.38.

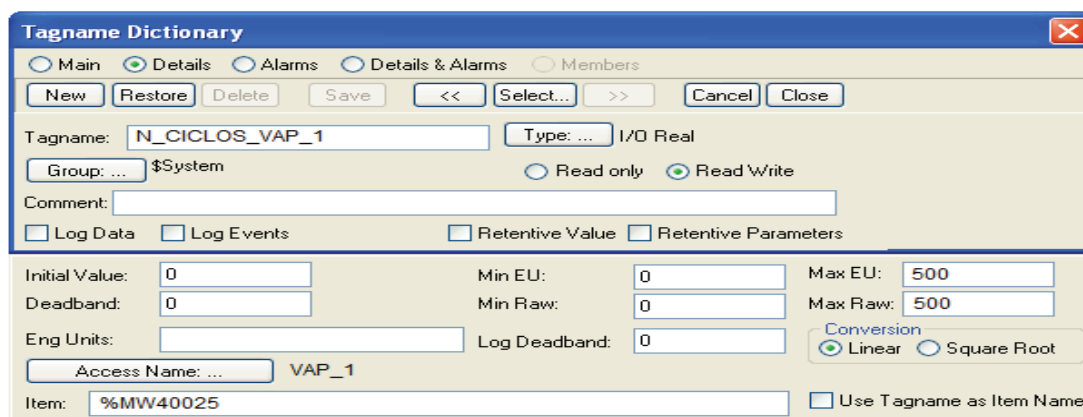


Figura 3.38 Ventana de creación de tags

3.3 VIJEIO DESIGNER

Es el software de Schneider utilizado para la programación de las pantallas de visualización, en este caso se lo utilizará para la programación de la Magelis HMI STU 655.

Para la creación de las diferentes pantallas de visualización se tiene la ventana de trabajo que se muestra en la figura 3.39, en la cual se pueden agregar textos, pulsadores, condiciones y gráficos para la animación de cada pantalla.

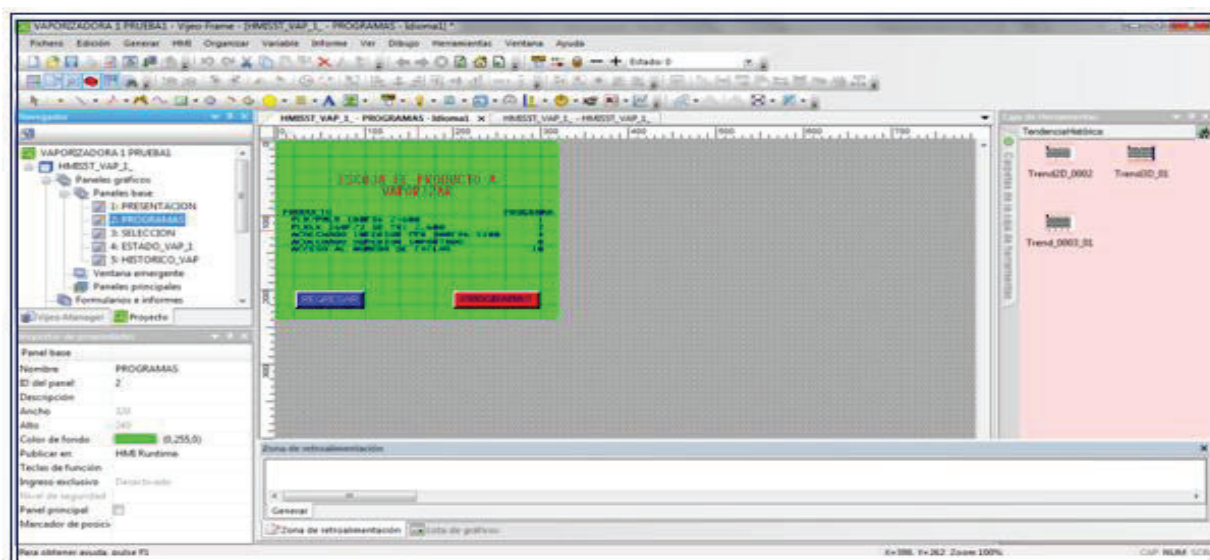


Figura 3.39 Vijeo Designer creación de HMI

3.3.1 VENTANAS CREADAS

Con la ayuda del programa Vijeo Designer se crearon diferentes ventanas de visualización para el sistema implementado, las cuales se muestran en las figura 3.40, 3.41, 3.42, 3.43 y 3.44.

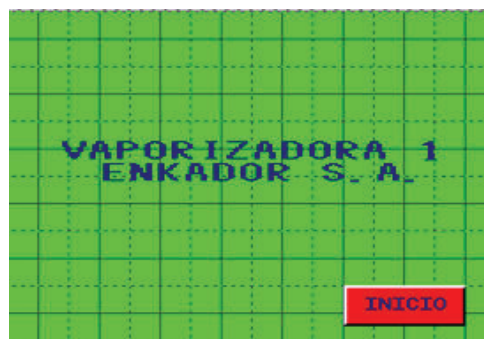


Figura 3.40 Ventana de inicio

La segunda ventana creada es de información, muestra los programas creados con su respectivo número y el nombre del producto.



Figura 3.41 Ventana de información de programas creados

En la siguiente ventana, se puede ingresar el número de programa y muestra los números de ciclos y el set point de temperatura del programa elegido.

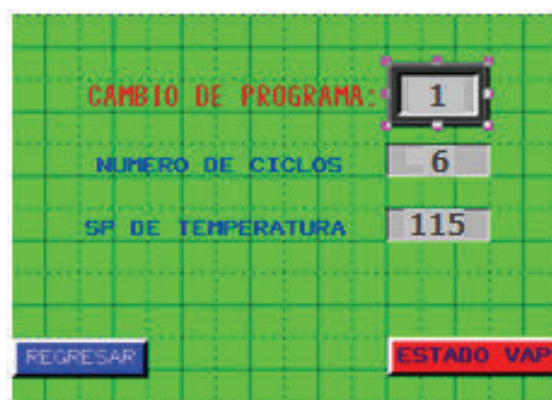


Figura 3.42 Ventana de selección de programa

La cuarta ventana muestra el estado actual del proceso e indica información del número de programa, el ciclo actual, la temperatura del proceso, tiempo de cada etapa y en qué etapa del proceso se encuentra.

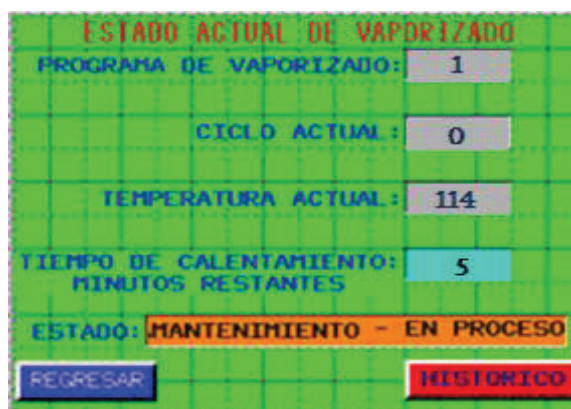


Figura 3.43 Ventana de visualización de parámetros del proceso

Por último se tiene la ventana de la gráfica temperatura vs tiempo del proceso en tiempo real.

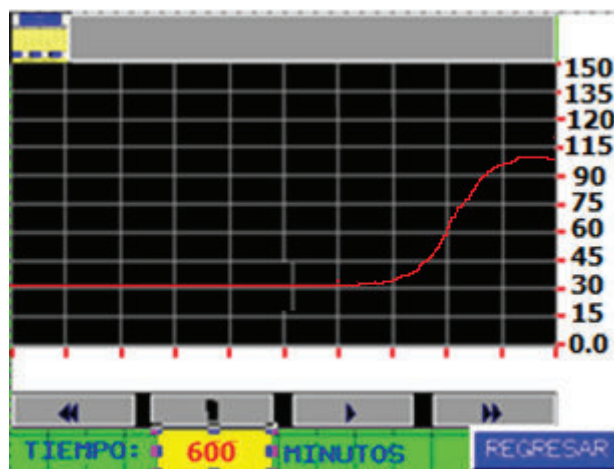


Figura 3.44 Ventana de gráfica de temperatura del proceso

3.3.2 CONFIGURACIÓN DE LA COMUNICACIÓN

La figura 3.45, muestra la ventana de configuración para la comunicación entre el PLC y la pantalla donde se debe indicar la dirección IP de la pantalla.

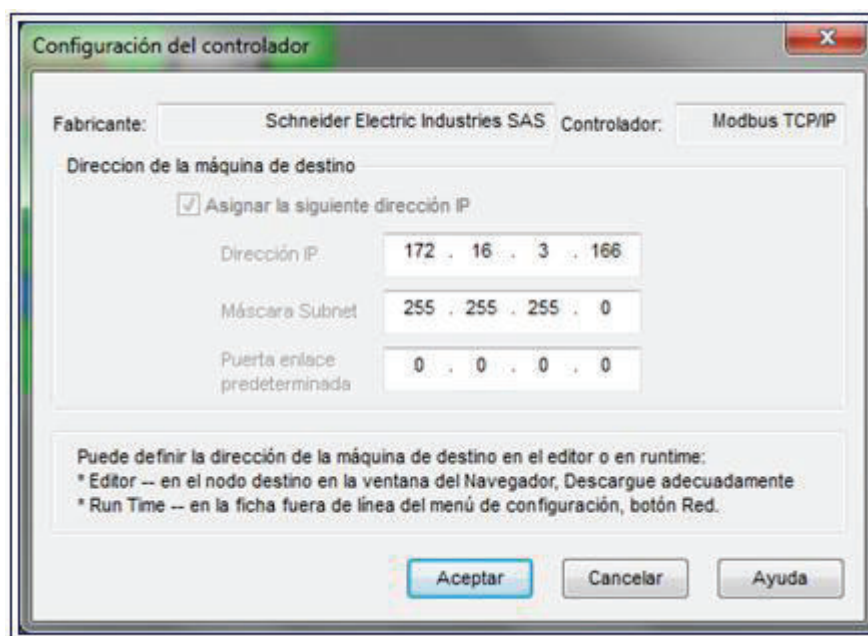


Figura 3.45 Configuración de dirección IP de la pantalla

Físicamente esta comunicación se la realizará a través del puerto USB y mini-USB de la pantalla y el PLC respectivamente, para lo cual se tiene la siguiente configuración mostrada en la figura 3.46.

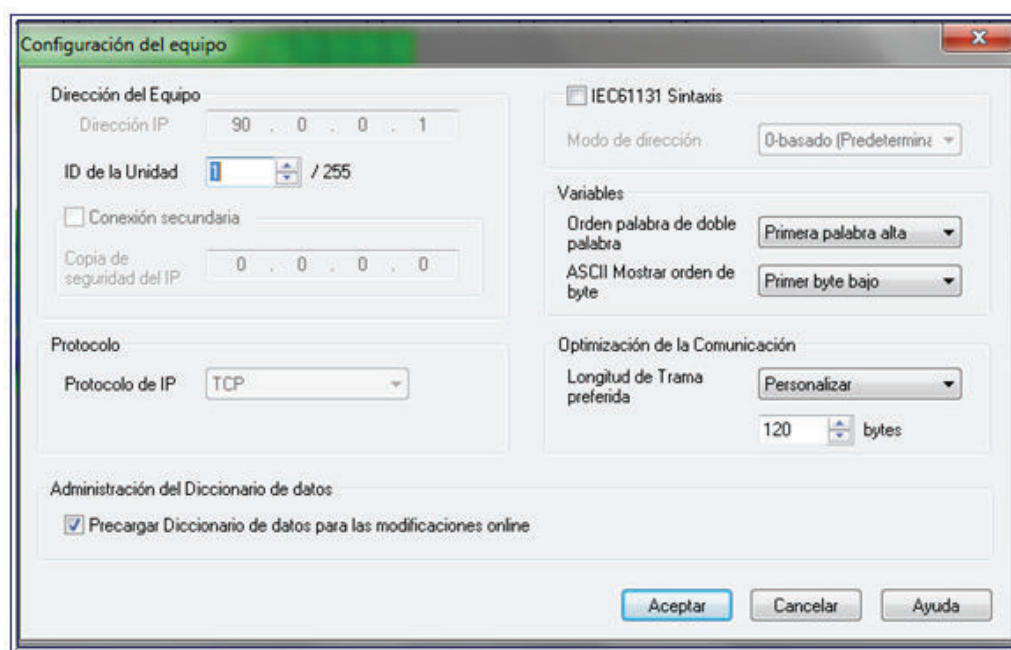


Figura 3.46 Habilitación puerto USB y mini-USB

3.4 RED DE COMUNICACIÓN DEL SISTEMA IMPLEMENTADO

Para implementar la red de comunicación entre los equipos, se utiliza los dos puertos de comunicación del PLC M340. El primero es el puerto tipo USB para la comunicación con la pantalla HMI STU 655 mediante protocolo MODBUS TCP y el segundo puerto que utiliza el protocolo MODBUS RTU sobre conexión RS485 para enlazarse con el Gateway, el propósito de este dispositivo es enlazar dos tipos de comunicación, en este caso la utilizada por el PLC RS 485 y la comunicación a través de una interfaz Ethernet para de esta manera conectarse con la estación de supervisión y la aplicación HMI de Intouch. La red de comunicación del sistema implementado se muestra en la figura 3.47.



Figura 3.47 Red de Comunicación

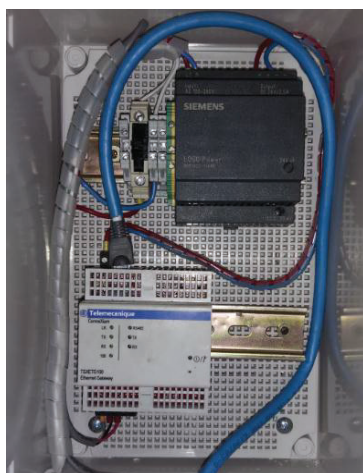


Figura 3.48 Gateway TSXETG100



Figura 3.49 Supervisor

CAPÍTULO 4

4 PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo se detallarán todas las pruebas realizadas del sistema implementado y el respectivo análisis de los resultados obtenidos.

4.1 PRUEBAS DE CONEXIONES ELÉCTRICAS

En esta prueba se realizó la verificación de las instalaciones eléctricas de los tableros de control y potencia instalados. Con los tableros des-energizados se probó continuidad en todas las conexiones eléctricas tomando como referencia los diagramas eléctricos.

Al energizar los tableros se verificó los niveles de voltaje requeridos para cada circuito. Se verificó que la alimentación principal sea de 440VCA, para el tablero de control el voltaje sea de 110VAC, se probó que la fuente entregue 24VDC y los 110VCA requeridos por el PLC, lo mencionado se muestra en la figura 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 y 4.6.

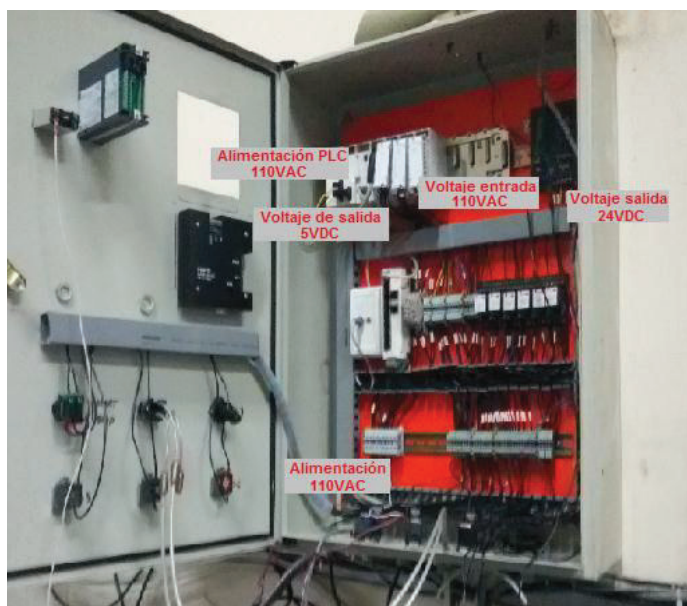


Figura 4.1 Tablero de control



Figura 4.2 Tablero alimentación principal

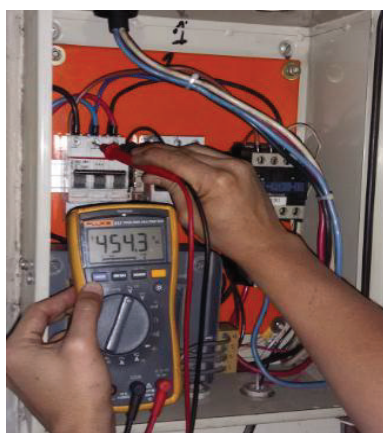


Figura 4.3 Medición alimentación principal



Figura 4.4 Medición salida del transformador

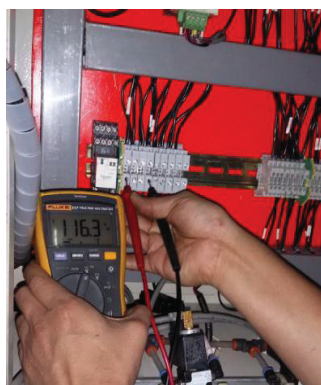


Figura 4.5 Medición 110VAC tablero de control



Figura 4.6 Medición 24VDC en fuente

4.2 PRUEBAS NEUMÁTICAS

Al realizar las pruebas en las válvulas neumáticas, se encontraron que la válvula de vaciado y vapor no tenían una apertura adecuada, en la válvula de vaciado se hizo el mantenimiento correctivo, mientras que en la válvula de vapor se procedió con una calibración del transmisor IP debido a que su señal es la encargada de controlar la apertura de la válvula.

Para esta calibración se utilizó una fuente de corriente de 4-20mA como alimentación del transmisor, como se muestra en la figura 4.7, y los resultados obtenidos de esta calibración se detallan en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Valores obtenido en la calibración del trasmisor IP

Corriente(mA)	Presión salida en IP (PSI)
4	3.1
8	5.9
12	8.8
16	12.2
20	14.9



Figura 4.7 Calibración transmisor IP

4.3 PRUEBAS MECÁNICAS

En esta prueba se verificó el funcionamiento del motor de la bomba de vacío, al estar deshabilitada por mucho tiempo presentaba un eje trabado siendo necesario realizar un mantenimiento completo del motor. Al final del mismo el motor de la bomba quedó funcionando completamente.

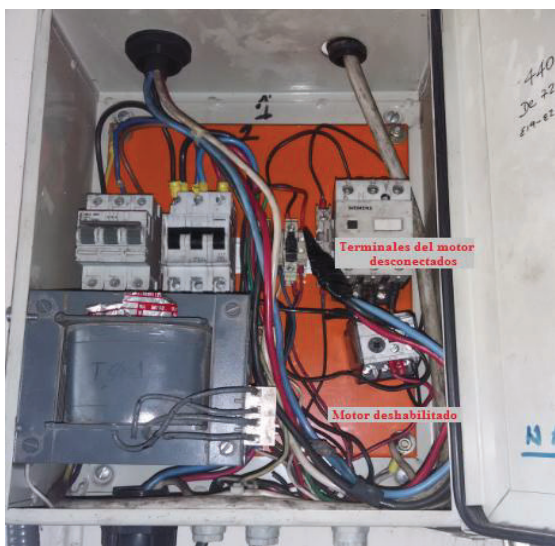


Figura 4.8 Motor bomba de vacío



Figura 4.9 Motor bomba mantenimiento



Figura 4.10 Verificación corriente de trabajo del motor.

4.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE

4.4.1 PRUEBA EN VACÍO

Para la verificación del adecuado funcionamiento del programa diseñado en el PLC, se realizó una prueba en vacío. Luego de transferir el programa al PLC y con la ayuda de las tablas de animación del UNITY se activaron las entradas y se verificó la activación de sus respectivas salidas, lo cual se muestra en la figura 4.11.

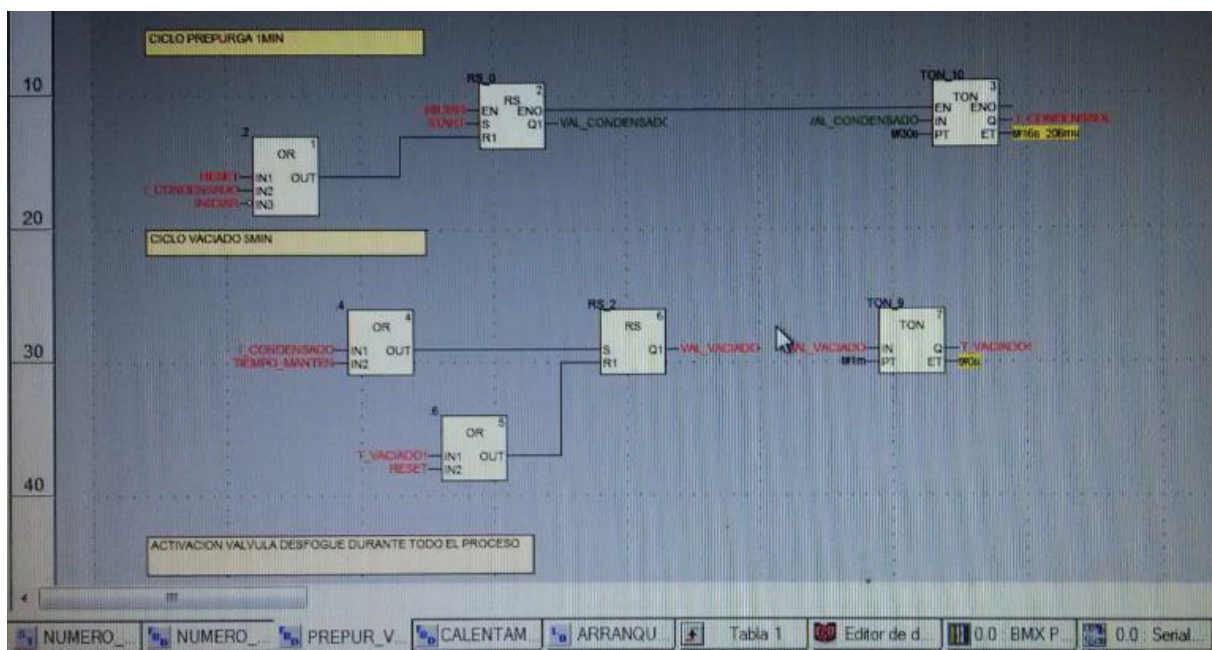


Figura 4.11 Activación de variables

4.4.2 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO

Para verificar el correcto funcionamiento del sistema se realizaron pruebas de campo para comprobar que los actuadores y todos los ciclos programados en el PLC realicen las funciones programadas, figura 4.12.

Para el control de temperatura se realizaron pruebas de ensayo y error para poder determinar los parámetros del bloque PI en el PLC y garantizar un control adecuado de la temperatura. Los valores utilizados en el controlador PI son: k_p 2.8 y T_i 1 seg, estas variables hacen referencia a la ganancia proporcional de bloque y al tiempo integral para el ajuste de la acción integral. Para llegar a esta conclusión se tomaron como referencia los parámetros de otros procesos similares, ya que en su mayoría los procesos del área incluyen un control de temperatura con valores similares a los utilizados. En este caso se tomó de referencia los valores $k_p = 2.1$ y $T_i = 1.2$ seg de la otra máquina vaporizadora que se encuentra en el área.

Además se verificó la comunicación entre los dispositivos PLC-pantalla táctil y PLC-supervisor, figura 4.13 y 4.14.



Figura 4.12 Pruebas de campo

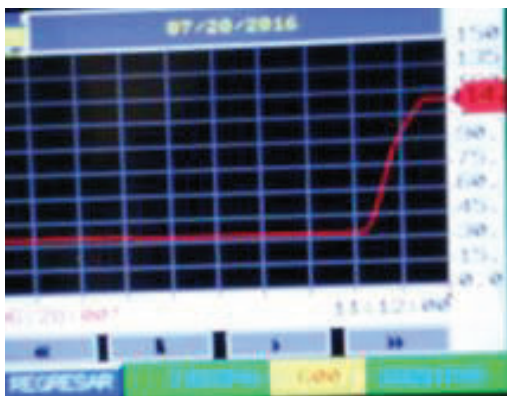


Figura 4.13 Comunicación con pantalla

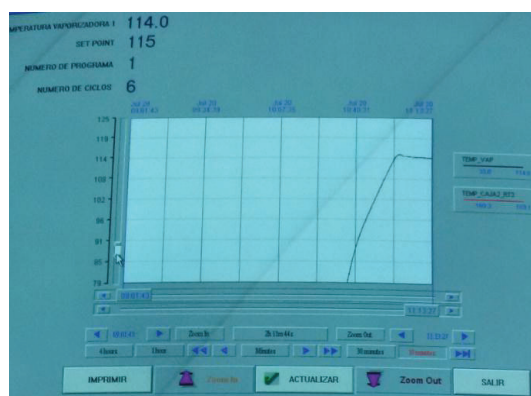


Figura 4.14 Comunicación con supervisor

4.4.3 PRUEBA DE PANTALLA Y SUPERVISOR

Durante el proceso se comprobó que las ventanas diseñadas en la pantalla táctil funcionen adecuadamente para que el operador pueda manejar sin ninguna dificultad la máquina.

La figura 4.15 muestra la pantalla inicial ,al pulsar el boton INICIO aparecerá la pantalla de información que detalla todos los programas creados ,figura 4.16.



Figura 4.15 Pantalla inicial

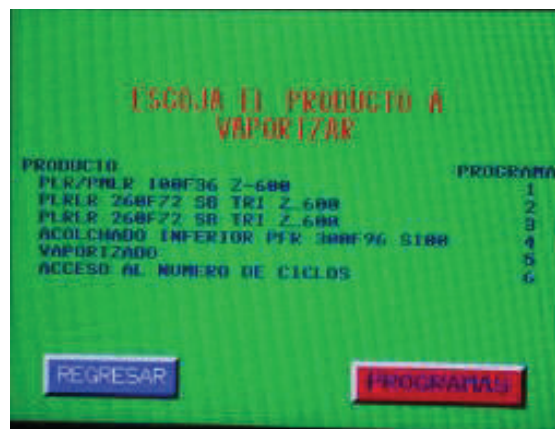


Figura 4.16 Pantalla de información

Al pulsar el botón PROGRAMAS aparece la pantalla cambio de programa figura 4.17, donde se puede ingresar el número de programa deseado a través del teclado numérico, figura 4.18.



Figura 4.17 Pantalla para cambio de programa

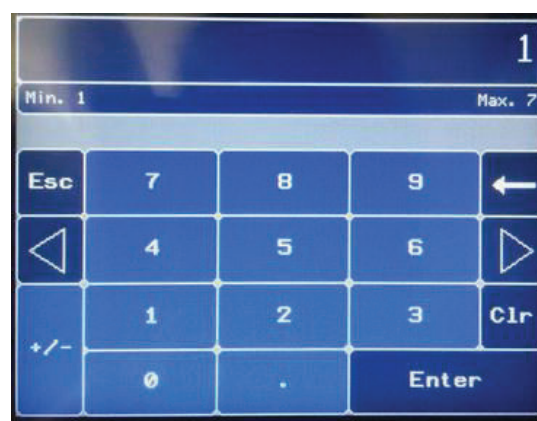


Figura 4.18 Teclado numérico

Al pulsar el botón ESTADO VAP, se visualizará la pantalla de estado de vaporizado , en la cual se tiene información del número de programa elegido, número de ciclos, temperatura actual y la etapa en la que se encuentra el proceso como muestran las figuras 4.19, 4.20 y 4.21.

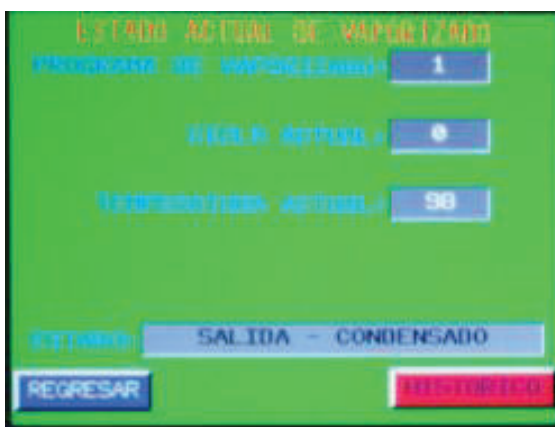


Figura 4.19 Ciclo de condensado

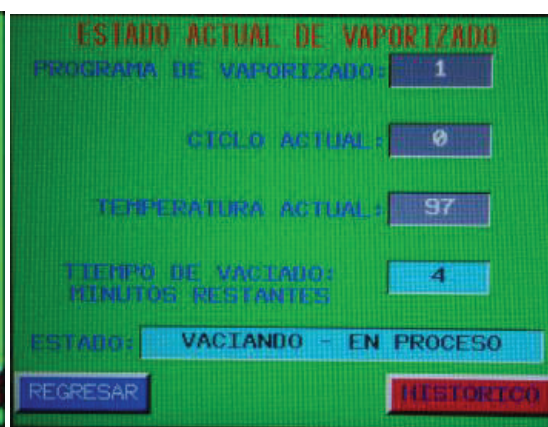


Figura 4.20 Ciclo de Vaciado

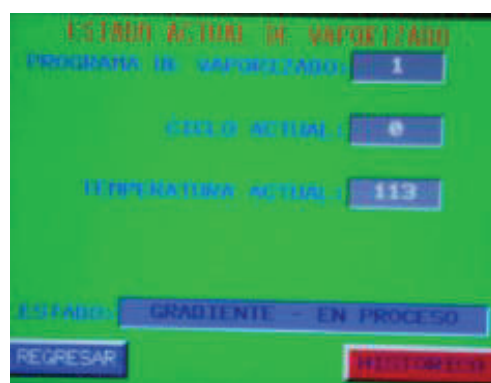


Figura 4.21 Ciclo de calentamiento

Para observar la gráfica de la temperatura vs tiempo del proceso se pulsará el botón HISTÓRICOS y aparecerá la pantalla mostrada en la figura 4.22.

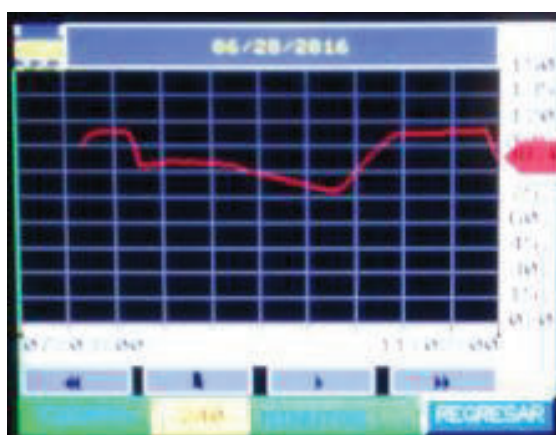


Figura 4.22 Pantalla grafica temperatura vs tiempo

También se realizaron pruebas con el supervisor para verificar que el histórico de la temperatura vs tiempo sea la adecuada, para lo cual se eligió el programa N°1 que tiene un set point de temperatura de 115°C y 6 ciclos de vaporizado, la curva teórica de este programa se muestra en la figura 4.23.

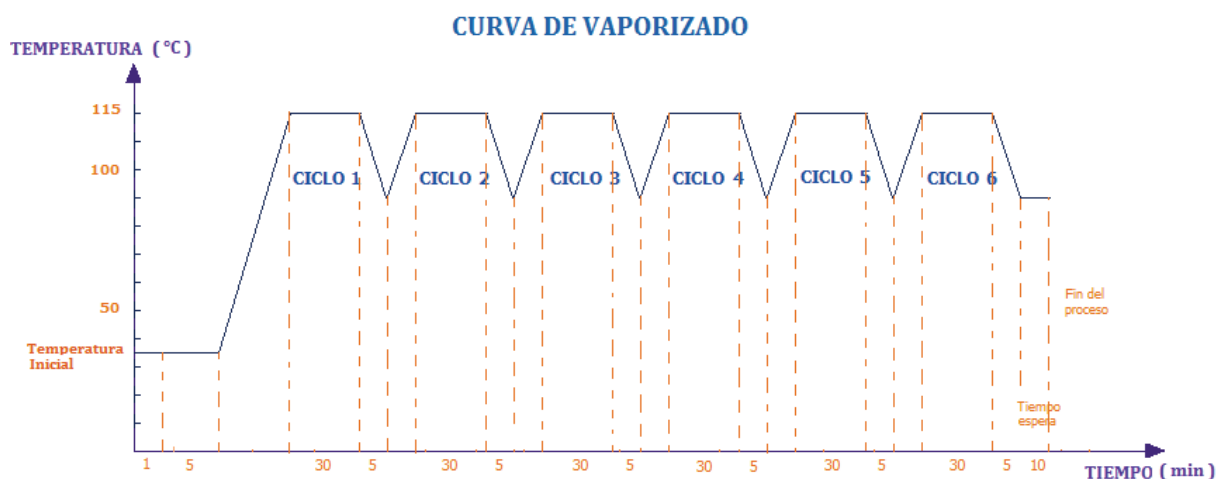


Figura 4.23 Curva teórica programa N° 1

Se debe mencionar que este gráfico es de suma importancia en el proceso. Luego de realizar el vaporizado los operadores retiran el producto de la vaporizadora, y para entregarlo en la siguiente etapa del proceso deben adjuntar este gráfico. Los operadores del siguiente proceso verifican que el vaporizado se ha realizado correctamente y aceptan el producto.

Anteriormente este gráfico se generaba con un registrador que utilizaba una pluma con tinta la cual iba graficando la curva en el papel registrador. Al ser una graficación mecánica se tenían todos los problemas asociados: la pluma se trababa, el papel o la tinta se terminaban y el gráfico no se realizaba completamente, lo que producía problemas ya que no existían evidencias físicas del proceso de vaporizado.

En la figura 4.24 se muestra la curva obtenida para el programa N°1 con el sistema anterior y en la figura 4.25 la gráfica generada con el sistema implementado.



Figura 4.24 Gráfica programa N°1 con el sistema anterior

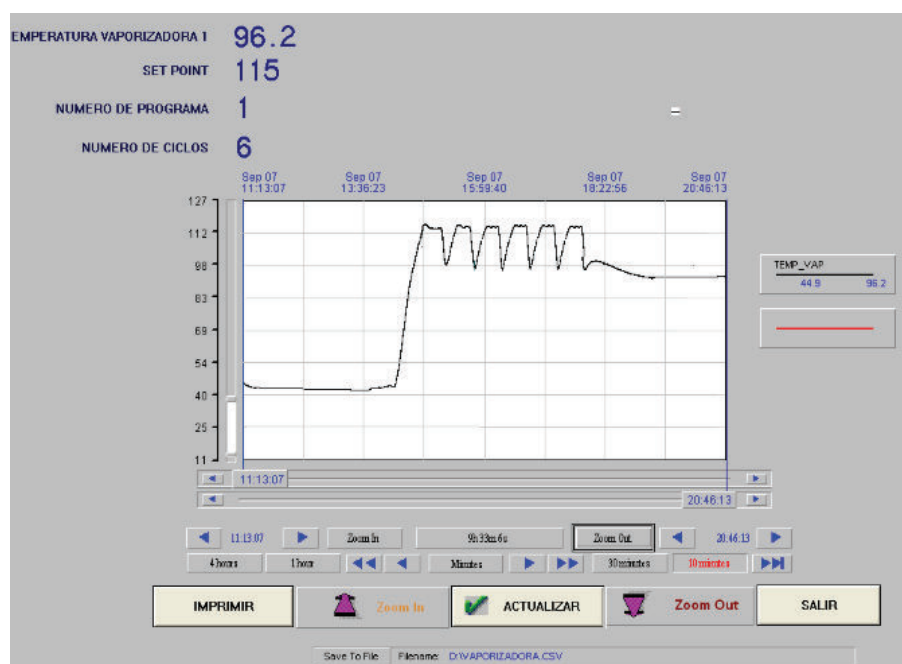


Figura 4.25 Gráfica programa N°1 con el sistema implementado

Con la implementación del nuevo sistema de control se evidencia que la gráfica temperatura vs tiempo del proceso de vaporizado mostrada en la figura 4.25 cumple con todos las etapas y tiempos establecidos con la curva de trabajo programada, con lo cual se concluye que el nuevo sistema funciona adecuadamente.

CAPÍTULO 5

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se realizó el diseño e implementación de un sistema de control de temperatura para la Vaporizadora logrando cumplir con los objetivos planteado.
- Se evaluó el sistema anterior con el fin de verificar cuales de sus elementos se encontraban en óptimas condiciones para su reutilización y en el caso de los elementos de la etapa de vaciado que se encontraban deshabilitados se instalaron nuevos elementos que cumplen con las especificaciones requeridas para el arranque de la bomba de vacío con lo cual esta etapa del proceso funciona adecuadamente.
- En el diseño del nuevo sistema se determinaron los parámetros que intervienen dentro del proceso, para lo cual se tomó como referencia las curvas de trabajo descritas en el capítulo 1, las cuales dependen del tipo de hilo que se va a someter al proceso de vaporizado.
- Como elemento principal de control se utilizó el PLC M340, para su elección se consideraron los requerimientos en el diseño del sistema de control tomando en cuenta el tipo y número de entradas y salidas, el tipo de comunicación que maneja el PLC sea compatible con la pantalla táctil y el supervisor.
- En el diseño de la lógica de control en el PLC, se logró que todas las etapas dentro del ciclo de vaporizado cumplan con los requerimientos establecidos por las curvas de trabajo, especialmente en la etapa de calentamiento, que inicialmente no se tenía un control exacto, se logró con la aplicación de un control más fino.

- Actualmente existen diversos elementos que permiten realizar una interfaz hombre-máquina sencilla y amigable, permitiendo que el operador tenga un acceso más rápido y mayor control de supervisión del proceso, en este caso se implementaron una pantalla táctil modelo HMI STU 655, a través de la cual el operador puede visualizar los parámetros más importantes del proceso y un supervisor que sirve para registrar los históricos de la gráfica temperatura vs tiempo del proceso.
- Con la implementación del nuevo sistema de control, el proceso de Vaporizado ha sido mejorado y esto se ve reflejado en las propiedades que adquiere el hilo después de salir de este proceso disminuyendo su vividez (entorchamiento del hilo al salir del proceso de retorcido), lo cual lo hace óptimo para los procesos posteriores.

5.2 RECOMENDACIONES

- En el diseño del nuevo sistema de control se debe conocer todos los parámetros inmersos en el proceso, para tener una idea clara de la elección de los elementos que se necesitarán, reducción de costos, se debe adquirir la información necesaria con las personas encargadas de la operación de la máquina, parte técnica y una inspección en campo.
- Para obtener resultados satisfactorios con el control de temperatura durante el proceso de vaporizado (siendo este es el parámetro más importante), se debe tener un control fino asociado a elementos en condiciones operativas, lo que requiere mantenimiento periódico de los equipos.
- Se debe realizar mantenimiento preventivo a los diferentes elementos como: válvulas y el motor de la bomba de vacío para evitar el funcionamiento defectuoso, causado por las condiciones ambientales de trabajo.

- Antes de empezar el trabajo en la máquina se debe resetear la máquina y así garantizar que en el programa de control las variables utilizadas vuelvan a sus condiciones iniciales.
- Durante el proceso se debe asegurar que no exista fuga de vapor en el autoclave para garantizar que el proceso de vaporizado se desarrolle con normalidad.
- En el diseño de las ventanas en la pantalla táctil y supervisor se debe procurar que estas sean de fácil manejo y sean lo más fáciles de entender para el operador que maneje este proceso.
- El personal de mantenimiento debe referirse a los planos eléctricos y manual de operación para solucionar cualquier inconveniente de funcionamiento o para realizar alguna modificación dentro de los tableros.
- La red de comunicación del sistema de la Vaporizadora no está conectada a la red de ENKADOR por lo cual sería necesario conectarse al servidor principal de manera que se pueda tener acceso a los datos de este proceso desde cualquier computador de la empresa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **Fibras Sintéticas**, (2013 Abril 8), [En línea]. Available: <http://www.http://fibrologia.blogspot.com/>

- [2] **K. cabezas y L. Caiza**, “Conservación de la Energía Eléctrica en los Procesos de Fabricación de la Planta Industrial ENKADOR”, de Proyecto de Titulación, Depto. Tecnología Electromecánica, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Marzo, 2007.

- [3] **O. Guzmán**, Instructivo Básico de Procesos, Sangolqui, Sept. 2013.

- [4] **E. Naranjo**, “Diseño e Implementación de un Sistema de Automatización mediante PLC, para el encendido del Aire Acondicionado, de las Áreas Estirado y Texturizado en la empresa ENKADOR”, de Proyecto de Titulación, Depto. Tecnología Electromecánica, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Nov., 2007.

- [5] **F. Lockuán**, (2013, Marzo). La Industria Textil y su Control de Calidad. (Versión 0.1) [En línea]. Available: <http://fidel-lockuan.webs.com/>

- [6] **Logitek, S.A.**, Curso Intouch Básico V7.1, [En línea]. Available: http://instrumentacionycontrol.net/Descargas/Descargas/WONDERWARE/IyCnet_CURSILLO_BASICO_INTOUCH_7_1.pdf

- [7] **F. Mejía**, (2006, Febrero). Programa de Textilización-Ciencias Textiles. (Sexta Ed.) [On line].

Available:

<http://programadetextilizacion.blogspot.com/search/label/Cap%C3%ADtulo%206%20-%20Los%20hilos%20y%20la%20hilatura>

[8] Red Textil Argentina, Diseño de Fibras, [En línea]. Available: <http://www.redtextilargentina.com.ar/index.php/fibras/f-diseno>

[9] Schneider Electric, Catálogo 2009, Modicon M340 Plataforma de Automatización, [En línea]. Available: <http://www.schneiderelectric.com/es/ES/download/document/Catalogo+M340+2009>

[10] Schneider Electric, User Manual 2012, Magelis HMI STU 655/855,[En línea]. Available: <http://www.farnell.com/datasheets/1975768.pdf>

[11] Schneider Electric, Tutorial Práctico Unity Pro 3.0- Modicon M340, [En línea]. Available: http://lra.unileon.es/sites/lra.unileon.es/files/Documents/plc/Unity_Pro/Manuales_Unity/Tutorial_Unity.pdf#page=1&zoom=auto,-12,-23

ANEXOS

ANEXO A. PLANO ELÉCTRICO ALIMENTACIÓN PRINCIPAL.

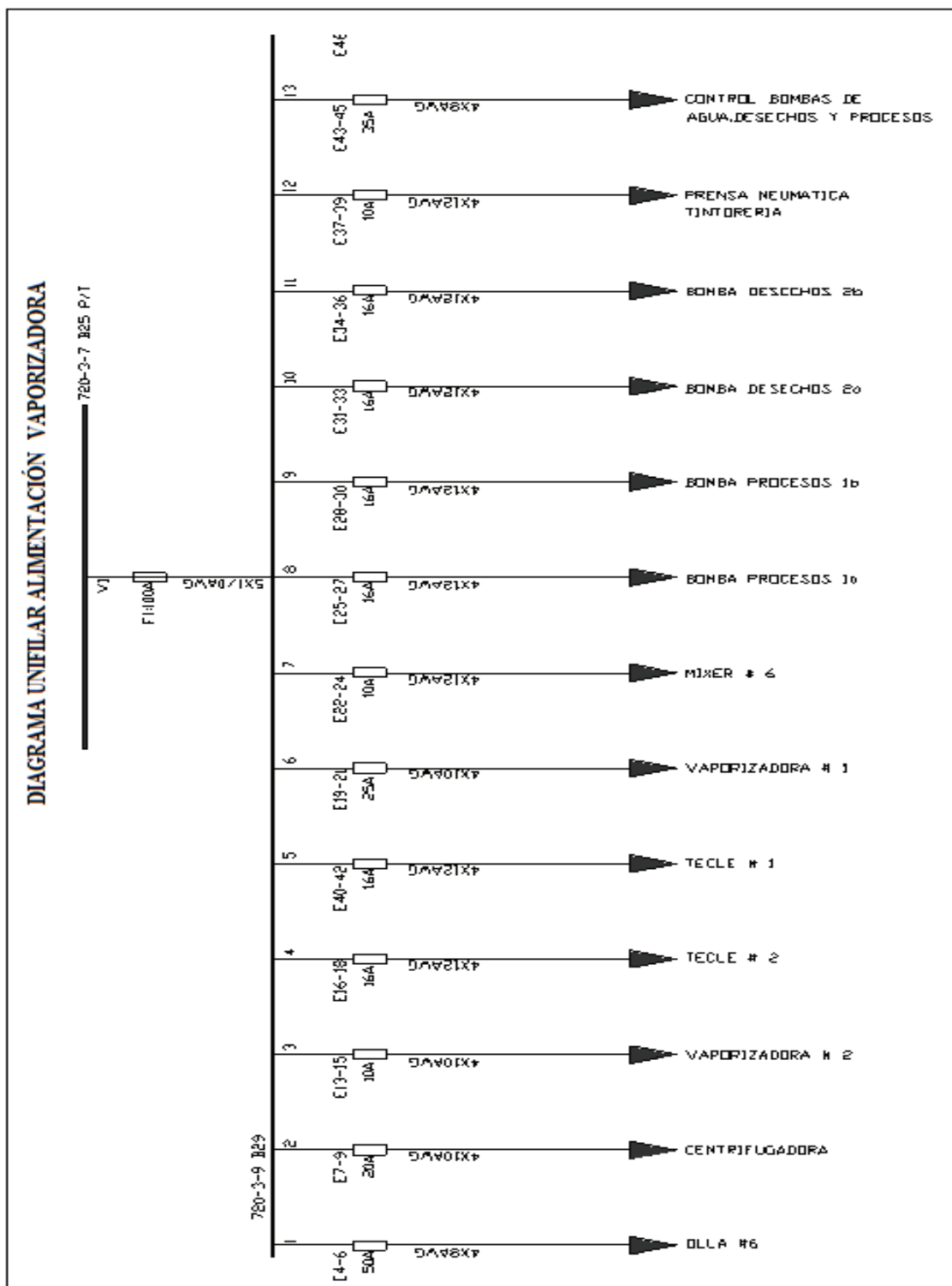
ANEXO B. MANUAL DE OPERACIÓN

ANEXO C. DATASHEETS MÖDULOS DEL PLC M340

ANEXO D. DATASSHEET PANTALLA HMI STU 655

ANEXO A.

PLAN O ELÉCTRICO ALIMENTACIÓN PRINCIPAL



ANEXO B.

MANUAL DE OPERACIÓN VAPORIZADORA

El presente manual es una guía para la operación del nuevo sistema implementado en la máquina Vaporizadora, aquí se describirán las pantallas que han sido diseñadas en la pantalla táctil y el sistema supervisor, así como también los pasos a seguir para la puesta en marcha del proceso .

1. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

1.1 MÁQUINA COMPLETA



1.2 PANEL DE CONTROL Y SISTEMA SUPERVISOR



2. PUESTA EN MARCHA DE LA MÁQUINA

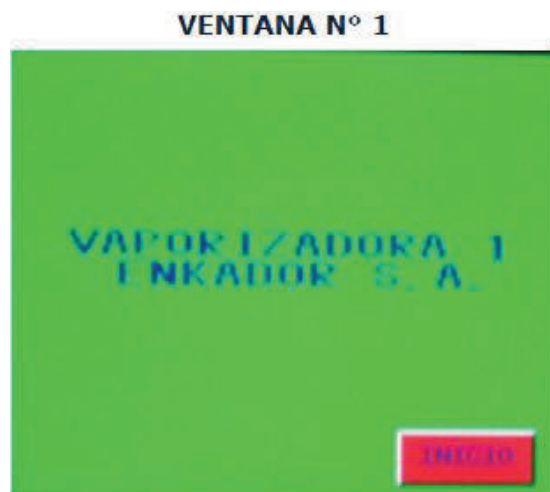
2.1. Cuando se necesite iniciar un proceso de vaporizado se deberá cerrar la puerta de la vaporizadora con la ayuda del selector que se encuentra en la parte frontal del panel de control, al permanecer la puerta cerrada se activarán los switch de seguridad.

2.2. Por motivos de seguridad hacia las personas y los elementos utilizados en este proceso existen condiciones en el arranque de la máquina, las cuales deben ser verificadas antes de iniciar el proceso:

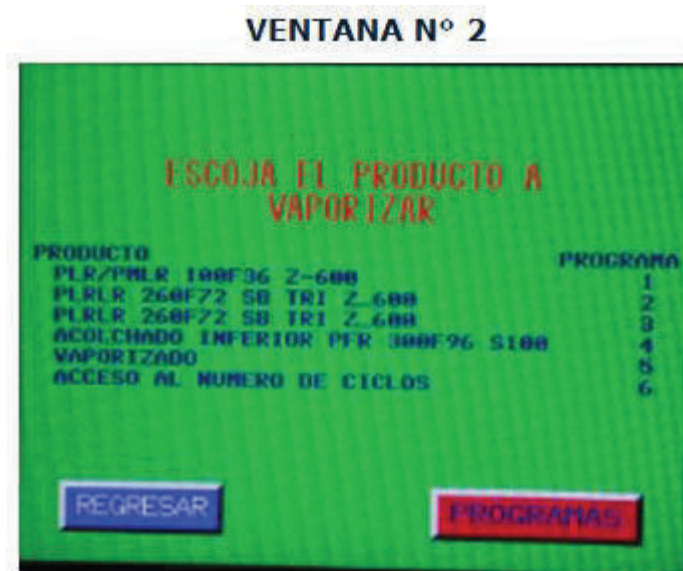
- Paro de emergencia desenclavado
- Switch de puertas activadas cuando la puerta está cerrada
- Pulsador de stop cerrado
- Relé térmico de la bomba desactivado.

2.3 Para iniciar con el proceso el operador debe seleccionar el programa de vaporizado que necesite ingresando al menú de la pantalla táctil. A continuación se describen los pasos para la elección del programa.

En la ventana N° 1 al pulsar este botón INICIO aparecerá la ventana N° 2 con el menú de los programas creados.



Esta ventana N° 2 contiene información del producto y su respectivo número de programa.



Para elegir el programa que se desea se pulsa la opción PROGRAMAS y se visualizará la ventana N° 3 que contiene la siguiente información:

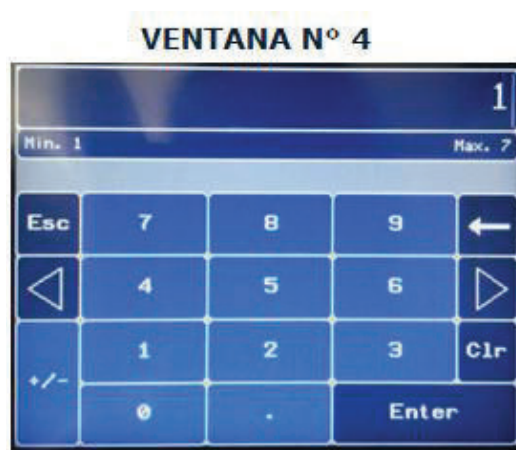
- **CAMBIO DE PROGRAMA:** pulsando en el recuadro de esta opción se ingresa el número de programa. Ejemplo: programa N° 1.

- **NÚMERO DE CICLOS:** muestra el número ciclos correspondientes al número de programa elegido. Ejemplo: para el programa N° 1 se tiene 6 ciclos de vaporizado. Solo al escoger la opción 6 como número de programa, esta opción se activará para ingresar el número de ciclos que se requiera.
- **SP DE TEMPERATURA:** muestra el set point de temperatura de acuerdo al número de programa elegido. Ejemplo: para el programa N° 1 se tiene un set point de temperatura de 115 °C. Solo al escoger la opción 6 como número de programa, esta opción se activará para ingresar el set point de temperatura que se requiera.

Además se tiene información del tipo de producto en este caso es para un hilo tipo PLR_PMLR 100F36 Z-600 se utiliza el programa N° 1.



Si pulsamos en el recuadro de CAMBIO DE PROGRAMA en la ventana N°3 aparecerá un teclado (ventana N° 4) para poder digitar el número de programa que se desea.

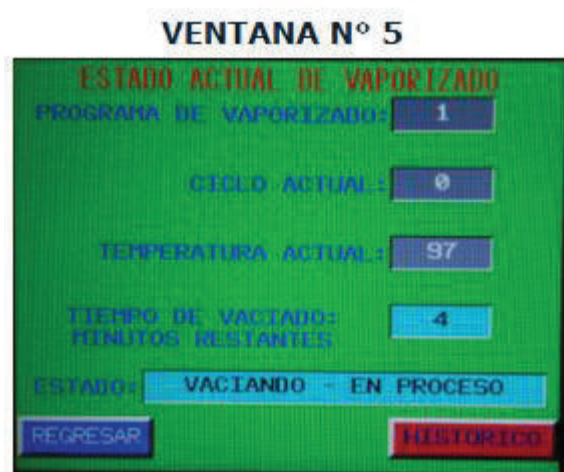


Se digita el número de programa que se desea y se acepta con la opción Enter. Al finalizar este paso se procede a activar el pulsador de start y empezará el proceso de vaporizado con el programa elegido.

3. CONDICIONES DEL PROCESO

En la pantalla táctil existen ventanas para el monitoreo del proceso de vaporizado que detallaremos a continuación:

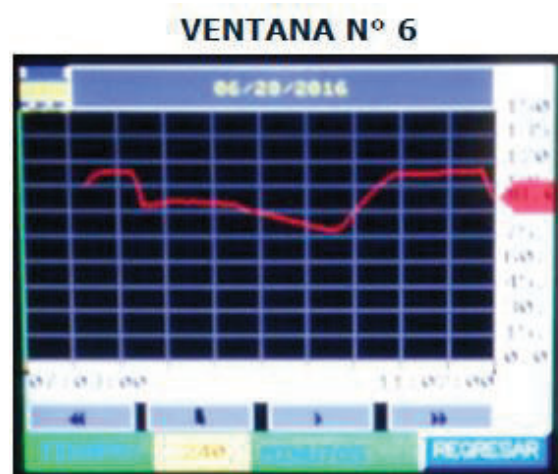
En la ventana N° 3 se tiene la opción ESTADO VAP, al pulsar este botón aparecerá la ventana N°5, que indica el estado actual del proceso de vaporizado.



En esta ventana se muestra:

- PROGRAMA DE VAPORIZADO: número de programa elegido. Ejemplo: programa N° 1.
- CICLO ACTUAL: muestra el número de ciclos que se han realizado. Ejemplo: no se realiza ningún ciclo porque se encuentra en el vaciado inicial.
- TEMPERATURA ACTUAL: muestra la temperatura dentro de la vaporizadora. Ejemplo: dentro de la vaporizadora la temperatura es de 97°C.
- TIEMPO xxxxxxxxxx MINUTOS RESTANTES: es el tiempo de falta para terminar la etapa en la que se encuentra. Ejemplo: faltan 4 minutos para terminar la etapa de vaciado.
- ESTADO: muestra en que etapa del proceso se encuentra. Ejemplo: se encuentra en la etapa de vaciado.

En las ventana N° 5 se tiene la opción HISTÓRICOS, al ingresar a esta opción aparecerá la ventana N° 6, donde se observa la curva de la temperatura vs tiempo del proceso de vaporizado la cual depende del programa elegido.



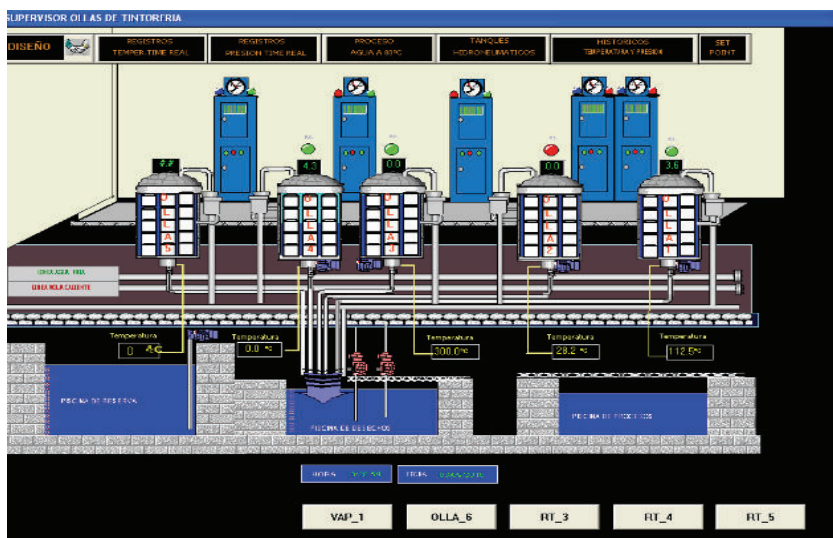
En las ventanas antes mencionadas se tiene la opción REGRESAR, al pulsar esta opción se regresará a la ventana anterior.

4. FIN DEL PROCESO DE VAPORIZADO

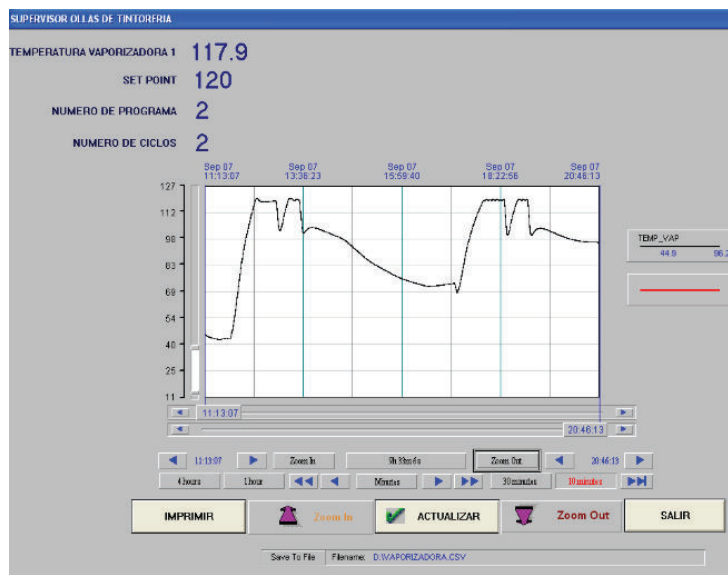
Cuando el programa elegido ha finalizado se tiene un tiempo de seguridad para la apertura de la vaporizada de 10 minutos, cuando este tiempo se cumpla se activarán la sirena y baliza; y solo en ese momento se podrá abrir la puerta del autoclave. Estos elementos permanecerán activados hasta que el operador pulse el botón de reset que se encuentra en la parte frontal de tablero de control.

5. SISTEMA SUPERVISOR


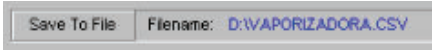
El sistema supervisor nos permite obtener datos históricos del proceso de vaporizado, a través de la impresión de la curva o exportando los datos a un formato de Excel.



Al pulsar la opción VAP1 se muestra la siguiente ventana:



En la cual se visualizan lo siguientes parámetros:

- TEMPERATURA VAPORIZADORA 1 indica la temperatura del proceso.
- SET POINT indica la temperatura seteada de acuerdo al programa elegido.
- NÚMERO DE PROGRAMA depende de la opción elegida en la pantalla táctil.
- NÚMERO DE CICLOS depende del número de proceso elegido.
- Impresión  al pulsar esta opción se imprime la curva que se ha elegido en la pantalla.
- Exportar los datos a una hoja de Excel  Filename: D:\VAPORIZADORA.CSV

6. RECOMENDACIONES GENERALES

- Antes de iniciar el proceso verificar que todas las condiciones mencionadas en el literal 2.2 se cumplan.
- Verificar que al iniciar el proceso la válvula de desfogue se encuentra cerrada y la válvula manual de agua abierta.

- La baliza y sirena se activarán al finalizar el programa o cuando el proceso de detecte alguna falla en las condiciones de seguridad (literal 2.2).
- Al pulsar el botón reset todos los elementos regresan a su posición inicial.

ANEXO C.

DATASHEET MÓDULOS PLC M340

- DATASHHET PROCESADOR BMXP34 100

		BMX P34 1000	
			
		Modbus	Modbus
Racks	Número de racks	2 (4, 6, 8 o 12 emplazamientos)	4 (4, 6, 8 o 12 emplazamientos)
	Número máx. de emplazamientos (fuera del módulo de alimentación)	24	48
Entradas/salidas	Entradas / salidas digitales "in rack" (1)	512 vías (vías de 8, 16, 32 o 64 vías)	1.024 vías (módulos de 8, 16, 32, 64)
	Entradas / salidas analógicas "in rack" (1)	128 / 66 vías (2) (módulos de 2, 4, 6 o 8 vías)	256 vías (módulos de 2, 4, 6 o 8 vías)
	Entradas/salidas distribuidas	Limitado según el tipo de módulo: en red Ethernet TCP / IP mediante módulo de red (63 equipos con función I / O Scanning), en enlace Modbus (32 equipos) a del módulo de alimentación	
Vías de funciones específicas "in rack"	Número máximo de vías (contaje y enlaces serie)	20	36
	Contaje (1)	Módulos de 2 vías (60 KHz) u 8 vías (10 KHz)	
	Control de movimiento	BMX M5P0200, 2 canales 200 KHz, tren de pulsos	
	Regulación, bucles programables	Biblioteca de bloques de función EFB de regulación	
Puertos de comunicación integrados	Red Ethernet TCP / IP	-	
	Bus de máquina o instalación CANopen maestro	-	
	Enlace serie	1 en Modbus maestro/esclavo modo RTU / ASCII o en modo de caracteres (RS232/RS485 no aislada, 0,5...19,2 Kbits)	
	Puerto USB	1 puerto de programación (terminal PC)	
Módulos de comunicación	Número máximo de redes (1)	1 (módulo de red BMX NCE 0100/0110)	2 (módulos de red BMX NCE 0100/0110)
	Red Ethernet TCP / IP	1 x 10BASE-T/100BASE-TX (Modbus TCP/IP, BOOTP/DHCP, FDR, Global Data, I / O Scanning, servidor Web (clase B30 o configurable, clase C30))	
Capacidades de memoria interna	RAM de usuario interna	2.048 Kb	4.096 Kb
	Programa, constantes y símbolos	1.664 Kb	3.584 Kb
	Datos (localizados / no localizados)	128 Kb	256 Kb
Capacidades de tarjeta de memoria (en procesador)	Grabación del programa, constantes y símbolos	8 Mb de base	
	Función de acceso y visualización de páginas Web de usuario	- (3)	
	Almacenamiento de archivos	-	8, 16, o 128 Mb (50 opcional BMX RMS...BMFF)
Estructura de la aplicación	Tarea maestra	1	
	Tarea rápida	1	
	Tareas por suceso	32	
Número de K instrucciones ejecutadas por ms	100% booleana	5,4 K instrucciones/ms	8,1 K instrucciones/ms
	65% booleana + 35% aritmética fija	4,2 K instrucciones/ms	6,4 K instrucciones/ms
Alimentación rack		Módulo de alimentación --- 24 V aislada, --- 24...48 V aislada o ~, 100...240 V	


• **DATASHEET FUENTE DE ALIMENTACION BMX CPS 2000**

Tipo de módulos de alimentación ~				BMX CPS 2000	BMX CPS 3500
Primario	Tensiones	Nominal	V	~ 100...0,240	
		Límite (ondulación incluida)	V	~ 85...264	
	Frecuencias	Nominal / límite	Hz	50-60/47-63	
	Potencia	Aparente	VA	70	120
	Corriente	Nominal de entrada I ef.	A ef.	0,61 a ~115 V; 0,31 a ~240 V	1,04 a ~115 V; 0,52 a ~240 V
	Conexión inicial a 25°C (1)	I llamad.	V	~120	~240
			A	≤ 30	≤ 60
		Pt en la activación	A2s	≤ 0,5	≤ 2
		I t de accionamiento	As	0,03	0,06
	Duración de microcortes Sector (aceptada)		ms	≤ 10	
	Protección integrada			Por fusible interno no accesible	
Secundario	Potencia útil	Max. global	W	20	36
		Max. en tensiones de salida de rack --- 3,3 V et --- 24 V	W	16,5	31,2
	Tensión --- 3,3 V (2)	Tensión nominal	V	3,3	
		Corriente nominal	A	2,5	4,5
		Potencia típica	W	8,3	15
	Tensión --- 24 V (3)	Tensión nominal	V	--- 24	
		Corriente nominal	A	0,7	1,3
		Potencia típica	W	16,8	31,2
	Salida de captadores --- 24 V (4)	Tensión nominal	V	--- 24	
		Corriente nominal	A	0,45	0,9
		Potencia típica	W	10,8	21,6
	Protecciones integradas para tensiones (5)			Sí, contra sobrecargas, cortocircuitos y sobretensiones	
	Potencia máx. disipada		W	8,5	
Aislamiento	Resistencia dieléctrica	Primaria / secundaria (24 V/3,3 V)	V ef.	1500	
		Primaria / secundaria (24 V captadores)	V ef.	2300	
		Primario / tierra	V ef.	1500	
		Salida de captadores 24 V / tierra	V ef.	500	
	Resistencia de aislamiento	Primaria / secundaria y primaria/tierra	MΩ	≥ 100	

• DATASHEET MODULO BMX ART0414

Características de los módulos de entradas analógicas BMX ART 0414 / 0814							
Tipo de módulos de entradas				BMX ART 0414		BMX ART 0814	
Tipo de entradas				Entradas aisladas, tensión de bajo nivel, resistencias, termosondas, termopares			
Número de vías				4		8	
Tipo de entradas				± 40 mV; ± 80 mV; ± 160 mV ; ± 320 mV; ± 640 mV; ± 1,28 V			
Conversión analógica / digital				Σ Δ 16 bits			
Resolución				mV	15 + signo		
Filtrado				Filtrado numérico de 1er orden			
Tiempo de ciclo de adquisición				ms	400 con termosondas (1...4) 200 con termopares (1...4)		400 con termosondas (1..0,8) 200 con termopares (1..0,8)
Sobrecarga autorizada en las entradas				V	± 7,5		
Rechazo 50/60 Hz	Modo diferencial	Típico	dB	60			
	Modo común	Típico	dB	120			
Compensación de soldadura fría		Compensación externa mediante sonda Pt100		<ul style="list-style-type: none">• utilizando la base de cableado Advantys Telefast ABE 7CPA412 dedicada que incluye la sonda• utilizando un termopar de 2 hilos cableado sobre vía 0 y/o 4• utilizando una termosonda de 3 hilos cableada sobre vía 3 y/o 7)			
Recalibración				Interno			
Aislamientos	Entre vías		V	≥ 750			
	Entre vías y bus		V	≥ 2000			
	Entre vías y tierra		V	≥ 750			
Consumos	~ 3,3 V	Típico	W	0,32		0,32	
		Máximo	W	0,48			
	~ 24 V	Típico	W	0,45		0,90	
		Máximo	W	0,65		1,30	

• DATASHEET MODULO BMX DDI 1602

Aplicaciones		Módulos de entradas de 16 vías				
						
		16 ED				
Tipo		==	-	== 0 ~	~	
Tensión		24V	48V	24V	48V	100...120V
Modularidad (Número de vías)		16 vías aisladas				
Conexión		Mediante bornero desenchufable de 20 contactos con tornillo, con tornillo de estribo o con resorte BMX FTB 2000 / 2010 / 2020				
Entradas aisladas	Conformidad con IEC 61131-2	Tipo 3	Tipo 1	Tipo 1 (~)	Tipo 3	-
	Lógica	Positiva		Posit. o negat.	-	-
	Compatibilidad de detector según la norma IEC 947-5-2	... 2 hilos, ... 3 hilos PNP de todos los tipos		... / ~ 2 hilos, ... 3 hilos PNP o NPN de todos los tipos	~ 2 hilos	-
Salidas aisladas	Secuencia	-				
	Conformidad IEC 61131-2	-				
	Protección	-				
	Lógica	-				
Tipo de módulos		BMX DDI 1602K	BMX DDI 1603K	BMX DAI 1602K	BMX DAI 1603K	BMX DAI 1604K

• DATASHEET MODULO BMX DRA 1605

Módulos de entradas de salidas de 16 vías



16 SD



16 S TRIAC



8 SR



16 SR

--- estáticas		~ triacs		--- / ~ relés	
--- 24 V		100...240 V		--- 24 V, ~ 24...240 V	
0,5 A por vía		0,6 A por vía		3 A (lth) por vía	2 A (lth) por vía
16 vías protegidas		16 vías sin proteger		8 vías sin proteger	16 vías sin proteger

Mediante bornero desenchufable de 20 contactos con tornillo, con tornillo de estribo o con resorte BMX FTB 2000 / 2010 / 2020

Secuencia configurable de las salidas, vigilancia permanente del control de las salidas y puesta a cero de las salidas en caso de fallo interno		Secuencia configurable de las salidas	
Si		Si	
Si			
Positiva	Negativa		

BMX DDO 1602	BMX DDO 1612	BMX DAO 1605	BMX DRA 0805	BMX DRA 1605
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

• DATASHEET MODULO BMX AMM 0600

Entradas analógicas		Salidas analógicas		Entradas /salidas mixtas analógicas	
					
4 EA		2 SA		4 EA/2 SA	
Entradas de alto nivel aisladas		Salidas de alto nivel aisladas		Entradas de alto nivel no aisladas	
Tensión / corriente		Tensión / corriente		Tensión / corriente	
± 10 V, 0...10 V, 0...5 V, 1...5 V, ± 5 V		± 10 V		± 10 V, 0...10 V, 0...5 V, 1...5 V	
0...20 mA, 4...20 mA, ± 20 mA		0...20 mA, 4...20 mA		0...20 mA, 4...20 mA	
-		-		-	
4 vías		2 vías		4 vías	
Rápida: 1 + (1 × n.º de vías declaradas) ms Por defecto: 5 ms para las 4 vías		-		Rápida: 1 + (1 × n.º de vías declaradas) ms Por defecto: 5 ms para las 4 vías	
-		≤ 1 ms		≤ 2 ms	
16 bits		16 bits		12 bits en gama 10 V 14 bits en gama 20 mA	
Entre vías: --- 300 V Entre bus y vías: --- 2.000 V Entre vías y tierra: --- 2.000 V		Entre vías: --- 1.400 V Entre bus y vías: --- 2.000 V Entre vías y tierra: --- 2.000 V		Entre grupo de vías de entradas y grupo de vías de salidas: --- 1.400 V Entre bus y vías: --- 2.000 V Entre vías y tierra: --- 2.000 V	
Mediante bornero desenchufable de 20 contactos (con tornillo o con resorte)					
Cables con 1 extremo de hilos libres marcados BMX FTW ●01S (longitud 3 o 5 m)					
BMX AMI 0410		BMX AMO 0210		BMX AMM 0600	

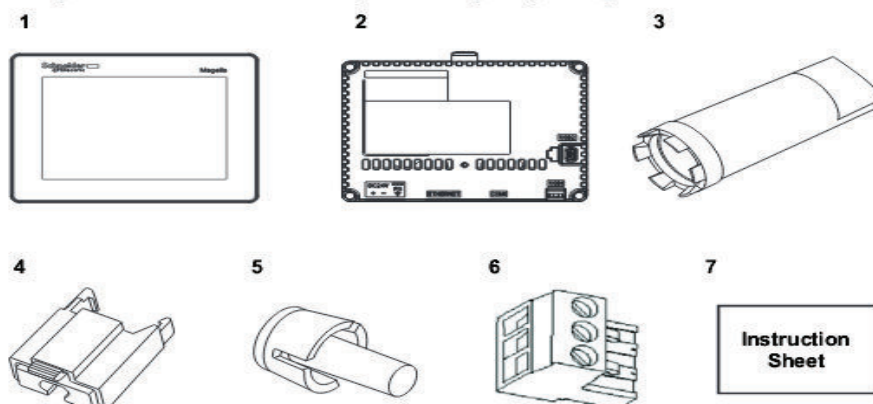
ANEXO D

DATA SHEET DE LA PANTALLA HMI STU 655

HMI STU 655/855 Package Contents

Package Contents

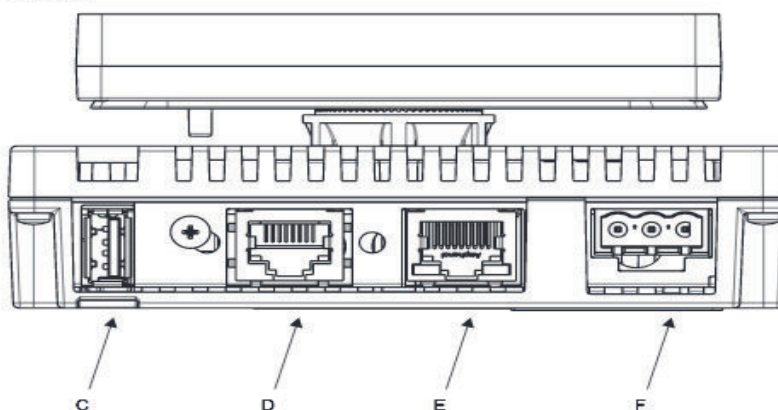
Verify all items listed here are present in your package:



- 1 Display Module
- 2 Rear Module
- 3 Tightening Wrench
- 4 USB Standard Type A Cable Holder
- 5 Anti-rotation Tee
- 6 Terminal Block
- 7 Quick Reference Guide

Connectors:

Bottom:



- C Standard A USB port connector: connects the data transfer cable or memory stick to the unit.
- D Serial I/F (host I/F 8 pin RJ45): connects a RS-232C or RS-485 (serial) cable (from the host/PLC) to the unit (Y port).
- E Ethernet Interface (LAN): connects an Ethernet cable (from the host/PLC) to the unit (X port).
- F Power input Terminal block: connects the power input and ground wires to the unit.

General Specifications

General Specifications

Electrical Specifications

The following table shows the electrical specifications of HMI STU 655/855:

Part Number	Rated Input Voltage	Input Voltage Limits	Acceptable Voltage Drop	Power Consumption	In-Rush Current	Voltage endurance between power terminal and frame ground (FG)	Insulation Resistance between power terminal and FG
HMI STU 655	24 Vdc	20.4 Vdc to 28.8 Vdc	≤10 mV	≤6.5 W	≤30 A	1000 Vac 20 mA for 1 minute	10 MΩ or higher at 500 Vdc
HMI STU 855	24 Vdc	20.4 Vdc to 28.8 Vdc	≤7 mV	≤6.8 W	≤30 A	1000 Vac 20 mA for 1 minute	10 MΩ or higher at 500 Vdc

Environmental Specifications

The following table shows the environmental specifications of HMI STU 655/855:

	Specification	HMI STU 655	HMI STU 855
Physical Environment	Ambient operating temperature (cabinet interior and panel face)	0 °C to +50 °C (32 °F to 122 °F)	0 °C to +50 °C (32 °F to 122 °F)
	Storage temperature	-20 °C to +60 °C (-4 °F to 140 °F)	-20 °C to +60 °C (-4 °F to 140 °F)
	Relative Humidity	85 % w/o condensation (Non-condensing, wet bulb temperature 39 °C (102.2 °F) or less)	85 % w/o condensation (Non-condensing, wet bulb temperature 39 °C (102.2 °F) or less)
	Air purity (dust)	≤0.1 mg/m ³ (10 ⁻⁷ oz/ft ³) (non-conductive levels)	≤0.1 mg/m ³ (10 ⁻⁷ oz/ft ³) (non-conductive levels)
	Corrosive gases	Free of corrosive gases	Free of corrosive gases
	Atmospheric pressure	800 hPa to 1,114 hPa (2000 m (6,561 ft) or lower)	800 hPa to 1,114 hPa (2000 m (6,561 ft) or lower)