 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

OPTIMIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL, ADQUISICIÓN DE DATOS E HISTÓRICOS DEL CARBOENFRIADOR DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE LA LINEA R84 EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE GASEOSAS

Alex Esteban Álvarez

Santiago Sierra Rodríguez

Ingeniería Electromecánica

Carlos Alberto Acevedo Alvarez, IM.

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

10/10/2017

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

Con este proyecto se buscó mejorar el proceso del carboenfriador del sistema de refrigeración de la línea R84 en una empresa de bebidas gaseosas por medio de una nueva interfaz (HMI – *Human Machine Interface*) que facilita al operario la visualización del estado de las variables, los equipos y el flujo de proceso que interviene en el sistema. Brinda ayudas con el constante monitoreo del estado del equipo informando oportunamente las advertencias o fallas que se puedan presentar, facilitando la solución de estas y disminuyendo considerablemente el tiempo medio entre fallas y reparaciones, permite almacenar históricos de cada una de las variables críticas del proceso (presión, temperatura y succión de amoniaco), los cuales pueden ser utilizados en cualquier momento al ser registrados en la base de datos.

Se realizó un *backup* del programa anterior en donde se listaron todas las variables como entradas y salidas, luego se creó el nuevo programa *ladder* y se simuló dentro del programa *unity pro*, una vez que el programa *ladder* se encontraba listo para su funcionamiento se realizaron los cambios de equipos necesarios como el nuevo PLC, nuevos sensores de presión, temperatura, nuevos controladores de nivel, entre otros.

Estos cambios físicos y de programación permitieron minimizar el tiempo de paros operativos debido a la rápida visualización de la falla, se mejoró la identificación y solución de problemas electromecánicos reduciendo el tiempo de intervención y así evitando el deterioro prematuro de los equipos, se contribuyó al aumento de la eficiencia de línea y a la disminución de pérdida de producto y materia prima.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Al profesor Carlos Acevedo por la paciencia y el apoyo presentado por su parte con nuestro proyecto, no es fácil ser asesor de trabajos de grado y mucho menos cuando no es el campo en el que uno se desempeña, eso demuestra dedicación y entrega con el estudiante y eso demuestra lo valioso que es como profesor y como persona, muchas gracias.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

PLC – Programmable Logic Controller

HMI – Human Machine Interfaz

SCADA – Control Supervisorio de Adquisición de Datos

LADDER - Programa en forma escalonada

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN	10
OBJETIVO GENERAL	11
OBJETIVOS ESPECIFICOS	11
2. MARCO TEÓRICO	12
3. METODOLOGÍA.....	15
IDENTIFICACION DE LOS DISPOSITIVOS.....	15
CREACION DEL NUEVO PROGRAMA.....	18
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
CAMBIOS FISICOS REALIZADOS AI CARBOENFRIADOR DEL SISTEMA DE REFRIGERACION DE LA LINEA R84.	29
MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE REFRIGERACION DE LA LINEA R84.	33
Presión de CO ₂ :	34
Temperatura:	34
Succión de los compresores de amoniaco:	35
Botón de reset en la pantalla:	35
Menú de aplicaciones:	36
Barra de mensajes:	36
Sistema de refrigeración:	36
Pantalla de alarmas:	42
Falla del presostato:	42

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Falla de temperatura:	42
Falla por alta presión de CO ₂ :	42
Falla por baja presión de CO ₂	43
Falla por alta succión de amoniaco:	44
Falla por baja succión de amoniaco:	44
Selector de soda:	45
Falla en el nivel de los vasos:	45
Fallas en el nivel de los carbonatadores: 46	
Bombas trabajando:	47
Manejo manual de válvulas:	47
Presión de CO ₂ :	48
Pantalla de alarmas:	49
Menú de aplicaciones:	50
Grafica circular:	50
Grafica lineal:	51
Histórico de Eventos:	51
Visualizar entradas al PLC:	51
Menú de aplicaciones con contraseña para ajustes de offset:	52
Menú de aplicaciones con contraseña para el control PID de CO ₂ :	52
Menú de aplicaciones con contraseña de entradas al PLC	53
Menú de aplicaciones con contraseña salidas al PLC:	54
Falta de memoria USB:	54
Almacenamiento de información en la memoria USB:	55
Ejemplo de conversión de eventos o históricos	56

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	59
REFERENCIAS	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Proceso del carboenfriador	12
Figura 2 Nuevo programa ladder, segmentos 1-3	21
Figura 3 Nuevo programa ladder segmentos 4-9	22
Figura 4 Nuevo programa ladder segmentos 10-18	23
Figura 5 Nuevo programa ladder segmentos 20-24	24
Figura 6 Nuevo programa ladder segmentos 25-28	25
Figura 7 Antes y después del panel de control del carboenfriador	29
Figura 8 Antiguo y nuevo PLC	30
Figura 9 Viejo registrador de cartas VS Nuevo registrador	30
Figura 10 Antiguos contactores VS controladores de nivel TURK	31
Figura 11 Antiguo juego de válvulas neumáticas VS Nuevo juego de válvulas	31
Figura 12 Viejo tablero eléctrico VS Nuevo tablero eléctrico	32
Figura 13 Sección de salidas cableadas	32
Figura 14 Parte trasera de la HMI donde se encuentra la memoria USB	33
Figura 15 Pantalla inicial de la nueva interfaz	33
Figura 16 Presión de CO ₂	34
Figura 17 Temperatura del sistema	35
Figura 18 Presión de succión en los compresores	35
Figura 19 Botón de reset de alarma	35
Figura 20 Menú de aplicaciones	36
Figura 21 Barra de mensajes	36
Figura 22 Menú del sistema de refrigeración	37
Figura 23 Encendido del sistema de Frio	37

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Figura 24 Encendido de la refrigeración desde el menú principal	38
Figura 25 Activación de contraseña	38
Figura 26 Confirmación de contraseña	39
Figura 27 Acceso denegado por contraseña errónea	39
Figura 28 Contraseña valida, acceso a las variables del sistema	40
Figura 29 Fases de operación del tanque de amoniaco	40
Figura 30 Tanque de amoniaco llenando	41
Figura 31 Sistema de refrigeración encendido	41
Figura 32 Sistema de refrigeración con falla	41
Figura 33 Falla del presostato	42
Figura 34 Falla por alta temperatura y alta presión de CO ₂	43
Figura 35 Falla por baja presión de CO ₂	43
Figura 36 Tolerancia de la alarma de presión	44
Figura 37 Falla por alta succión de amoniaco	44
Figura 38 Falla por baja succión de amoniaco	45
Figura 39 Selector de soda	45
Figura 40 Falla de nivel en los vasos	46
Figura 41 Falla en el nivel de los carbonatadores	46
Figura 42 Bombas trabajando	47
Figura 43 Manejo manual de válvulas	47
Figura 44 Manejo manual de la válvula de émbolos	48
Figura 45 Set point de presión	48
Figura 46 Ingresando contraseña	49
Figura 47 Pantalla de alarmas	49
Figura 48 Menú principal de aplicaciones	50
Figura 49 Grafica Circular	50
Figura 50 Grafica lineal de variables e históricos	51
Figura 51 Visualizar entradas al PLC	52
Figura 52 Menú de aplicaciones con contraseña para ajustes offset	52
Figura 53 Menú de aplicaciones con contraseña para control PID y CO ₂	53
Figura 54 Menú de entradas al PLC	53

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Figura 55 Menú de salidas del PLC	54
Figura 56 Alerta por falta de memoria USB	55
Figura 57 Carpeta contenedora de historicos	56
Figura 58 Conversión de eventos a Excel	56
Figura 59 Históricos diarios	57
Figura 60 Grafica del comportamiento de las variables	57

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Características del PLC anterior	15
Tabla 2 Características del nuevo PLC	16
Tabla 3 Características de la pantalla	17
Tabla 4 Características de los controladores de nivel	17
Tabla 5 Variables de entrada del antiguo programa	18
Tabla 6 Variables de salida del antiguo programa	19
Tabla 7 Nuevas variables del programa	26
Tabla 8 Nuevas variables de salida del sistema	27
Tabla 9 Variables que se visualizan en pantalla	28

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

Debido a los constantes fallos operativos del carboenfriador de la línea de refrigeración r84 y a la falta de información para determinar la raíz de estos problemas se decidió que es necesario el diseño y la implementación de un sistema supervisor que permita almacenar las variables críticas del proceso y los sucesos relevantes que se presenten durante la operación del equipo, aumentando la eficiencia del sistema, permitiendo mejorar la respuesta por parte del personal de mantenimiento, reemplazando control cableado y registradores mecánicos por equipo de mayor tecnología.

El diseño busca facilitar la operación del equipo por parte del personal de producción y mejorar el diagnóstico de fallas para la disminución considerable del tiempo de reparación del equipo, además de ser una herramienta que ayudara a determinar partes del proceso que no cumplan con los estándares de inocuidad y de calidad.

El sistema integra una interfaz HMI que permite incluir eventos a un proceso que permitan realizar acciones de control y protección de los equipos del sistema, la integración de un HMI con un PLC conforma un sistema denominado (SCADA), control supervisorio y adquisición de datos que incluye: interfaces de operación, sistemas de comunicación y todo lo referente a equipo de instrumentación y control. Dejando como sistema de control de proceso al PLC, a la HMI como el monitor del proceso y al SCADA como sistema de control y monitoreo del proceso (Carlos et al., 2014).

Inicialmente se explica la problemática de la empresa y la necesidad de una intervención en el sistema debido a los constantes fallos y a la pérdida de tiempo al momento de encontrar el problema.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Se explica brevemente el proceso de carbonatación y se muestra la teoría en la que nos apoyamos para decidir que los cambios realizados eran viables para la empresa.

Se muestra la metodología de trabajo con la que se realizaron los cambios al sistema, que consistió en identificar y listar las variables antiguas, crear un nuevo programa ladder para el control del proceso, nombrar y listar las nuevas variables, una vez que este proceso fue completado se pasó a los cambios físicos, retirar contactores, cables, PLC, sensores y registradores que ya no eran necesarios.

Como resultados se muestran figuras de los cambios físicos y los nuevos equipos instalados en el proceso, se muestra gran parte del manual que se creó para el manejo de la nueva interfaz y se comentan algunos de los resultados más notables desde el cambio.

OBJETIVO GENERAL

- Optimizar e Implementar un sistema de control y adquisición de datos e históricos para el carboenfriador del sistema de refrigeración de la línea r84.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar los dispositivos que monitorean el proceso y que serán reemplazados.
- Crear un nuevo programa para el PLC basado en el existente y que integre las nuevas variables.
- Programar y acoplar la pantalla HMI al proceso.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

El sistema del carboenfriador se encarga de recibir la bebida como un jarabe y luego inyectarla dentro de un recipiente con CO₂ a baja temperatura y así convertir el jarabe en una bebida gaseosa tal y como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Proceso del carboenfriador. Fuente: Elaboración propia

El proceso de selección de una interfaz humano-máquina (HMI) es una experiencia para los ingenieros de planta. El procedimiento de selección consta de la evaluación de cuestiones técnicas como: Características de rendimiento, especificaciones, costo, diseño modular, técnicas de manejo de datos, conceptos de redes de comunicación, arquitectura abierta y el software que nos permita llevar el sistema a un estado de prueba (Koshti & Joshi, 2007). Actualmente, en la empresa de gaseosas no se cuenta con una interfaz HMI si no con un PLC y medidores de presión y temperatura. Si bien el PLC puede registrar y controlar estas variables, es complicado para el operario estar al tanto de todas las variables al tiempo ya que no se pueden ver en un mismo lugar, debido a esto, la empresa se ha visto en la

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

necesidad de optimizar la línea del carboenfriador con un nuevo modelo de PLC y una interfaz HMI ya que Las interfaces HMI que son ejecutadas en un computador personal (PC) se utilizan para representar de forma idéntica la realidad de los procesos, permitiendo a los operadores una interrelación de los equipos de la planta con los programadores lógicos en forma de interfaces gráficas (Thapa et al., 2005).

En la industria, gran cantidad de sistemas de procesos continuos requieren plantas productivas que generalmente son controladas mediante algoritmos generados por controladores lógicos programables (PLC). Un PLC es, un sistema digital que posee una memoria programable, permite el almacenamiento de instrucciones y programas que realicen funciones específicas como conteo, secuencias lógicas, temporización y control de otros autómatas. Se clasifican por su construcción, su capacidad de control de variables o por la cantidad de entradas y salidas que posee (Digitales, analógicas o especiales) (Daneri, 2008).

El sistema mantiene las variables de presión y temperatura dentro del proceso del carboenfriador, sin embargo, en caso de fallo se debe mirar en las cartas circulares donde se ingresan los datos analógicamente y suponer que pudo haber afectado la producción haciendo perder tiempo al personal en localización y corrección de fallos. En vista de la necesidad de una metodología más amigable con el usuario dentro de la planta, la empresa se ve en la necesidad de optimizar el proceso reemplazando el PLC actual por un nuevo modelo que posea mejores características.

La gama del PLC indica que cantidad de módulos de entradas y salidas puede traer, aunque esto también puede depender del fabricante, el PLC más reciente de la Siemens es el S7-1500 que puede llegar a tener hasta 32I/32O digitales y un módulo de 5I/2O analógicas, no menos importantes le siguen el S7-400 y el S7-300 que llevan buen tiempo en el mercado pero que siguen siendo equipos confiables dentro del campo industrial.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Otro fabricante de equipos de automatización es Schneider electric que tiene dentro de sus modelos el modicom M340, modicom Premium y el modicom M580 de los cuales la empresa ha proporcionado el modelo M340 para el proyecto, cualquiera de los PLC mencionados en ambos fabricantes cumple con las especificaciones requeridas para el proyecto. La elección del modelo ha sido realizada por razones de presupuesto y decisión de la gerencia.

El modicom M340 está conformado por módulos o tarjetas con diversas funciones: entradas, salidas, comunicación, CPU, entre otros. Estos módulos se distribuyen a lo largo del bastidor, que cuenta con su fuente de alimentación. Es posible (aunque no es necesario para este proyecto) utilizar más de un bastidor, conectándolos través de sus módulos de ampliación. Cada bastidor incluye su propia fuente de alimentación, pero sólo el principal necesitará el módulo de la CPU. Esta estructura de bastidor y tarjetas (tipo armario) hace del autómatas un elemento compacto y fácil de alojar en el cuadro de mandos.

En el proceso se agregará una pantalla HMI que permita visualizar en tiempo real todos los movimientos y las variables y en caso de fallo poder determinar inmediatamente que produjo el error y así mejorar la producción. Los dispositivos de monitoreo (Display) usados en maquinaria inteligente son importantes para intercambiar información entre los operarios y las máquinas en línea. Gran número de dispositivos de monitoreo han sido usados para supervisar y controlar plantas de energía, radio y televisión, transmisores, tráfico en vías de tren, tráfico vehicular y muchas otras en las que se incluyen computadoras y dispositivos mecatrónicos, creciendo notablemente en los últimos diez años (Muraoka & Ikeda, 2004).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. METODOLOGÍA

3.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS

De acuerdo a los requerimientos y los equipos brindados por la empresa de bebidas gaseosas, los dispositivos reemplazados fueron el PLC que controlaba el proceso de la línea, los contactores que realizaban el control, un juego de válvulas neumáticas, cableado y botoneras, además, se agregaron dispositivos al sistema como la pantalla HMI y un juego de controladores de nivel.

En la Tabla 1 se pueden observar las características del PLC que se reemplazó.

Tabla 1. Características del PLC anterior. Fuente: Elaboración propia

Módulo de 28 Entradas y salidas	16I + 12O
Dos espacios para módulos de expansión	Capacidad máxima desde 92 I/O hasta 256 I/O
Módulos discretos	Hasta 2 módulos de entradas y salidas discretas
Rack de extensión	Aumenta la capacidad de espacios y por ende la cantidad de módulos que pueden ser usados

Las características de este PLC no permitían agregar más variables al proceso, dificultando la obtención de datos en tiempo real y entorpeciendo los procesos de mantenimiento y corrección de errores en la producción.

Las características del nuevo PLC se muestran en la Tabla 2.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 2. Características del nuevo PLC. Fuente: Elaboración propia

Modulo con 9 entradas digitales
Modulo con 4 salidas digitales a relés
Modulo con 5 entradas analógicas de termopares tipo J
Modulo con 6 entradas analógicas de propósito general
Modulo para 3 salidas analógicas de propósito general

No obstante, el autómata cuenta con un bastidor BMX XBP de 12 ranuras con las siguientes tarjetas (por orden numérico):

- BMX P34 2020 que alberga la CPU, y permite comunicaciones vía Modbus, o por conexión Ethernet TCP/IP.
- BMX DDI 3202 K para 32 entradas digitales a 24V de tensión continua con positivo común.
- BMX DDO 3202 K para 32 salidas digitales a transistor con negativo común.
- BMX ART 0414 para 4 entradas TC/RTD con separación de potencial compatible con termopares tipo J.
- BMX ART 0414 igual al módulo número 3.
- BMX AMI 0410 para 4 entradas analógicas U/I con separación de potencial de alta velocidad.
- BMX AMI 0410 igual al módulo número 5.
- BMX AMO 0210 para 2 salidas analógicas U/I con separación de potencial.
- BMX AMO 0210 igual al módulo número 7.
- Libre
- Libre
- Libre

Estas características permiten tener un proceso más robusto y que abarca mayor cantidad de información, se logró agregar sensores de temperatura y presión cuyas variables se

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

pueden ver en la pantalla HMI y que posteriormente los datos quedan almacenados en una memoria que puede ser expandible.

La pantalla HMI Weintek MT8100iE posee las características listadas en la Tabla 3.

Tabla 3. Características de la pantalla. Fuente: Elaboración propia

Entradas/Salidas/Puertos	Memoria SD
	Puerto USB
	Conexión Ethernet
	Puerto COM
	Bus CAN
	HDMI
	Entrada de audio y video

Anteriormente el proceso del control de nivel se realizaba por medio de contactores, algunos accidentes de producción fueron provocados por contactores mojados que hicieron corto circuito o que estaban gastados y no realizaron bien su trabajo, por este motivo se reemplazó el control de nivel por medio de contactores por el siguiente juego de controladores.

En la Tabla 4 se muestran las características de los controladores de nivel TURK:

Tabla 4. Características de los controladores de nivel. Fuente: Elaboración propia

Salida de 2 relés con conmutador
Sensibilidad: 0,2...100 kΩ
Bloques de terminales extraíbles
Cambio de electrodos a través de un relé auxiliar integrado
Retardo a la activación y desactivación Entre 0,1...15 s, regulable por separado.
Diferenciación segura entre fluido y espuma

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Aislamiento galvánico entre los circuitos de entrada y salida y la tensión de alimentación

3.2 CREACIÓN DEL NUEVO PROGRAMA

Para crear el nuevo programa se listaron las variables que se estaban usando en el programa existente con símbolo, bit y palabra dentro del PLC; las variables se encuentran en la Tabla 5.

Tabla 5. Variables de entrada del antiguo programa. Fuente: Elaboración propia

SIMBOLO	BIT	BIT PALABRA
ENTRADAS		
Selector_bomba_jarabe_auto	%I1.0	%MW40.0
Selector_bomba_mezcla_auto	%I1.1	%MW40.1
Selector_bomba_transferencia_aut	%I1.2	%MW40.2
Selector_bomba_agua_auto	%I1.3	%MW40.3
Control_nivel_min_vaso_jarabe	%I1.4	%MW40.4
Control_nivel_min_vaso_agua	%I1.5	%MW40.5
Control_nivel_maximo	%I1.6	%MW40.6
Control_nivel_tanque_1	%I1.7	%MW40.7
Control_nivel_tanque_2	%I1.8	%MW40.8
Control_bajo_nivel_tanque_2	%I1.9	%MW40.9
Selector_soda_mezcla	%I1.10	%MW40.10
Cip	%I1.11	%MW40.11
Selector_cierre_manual_embolos	%I1.14	%MW40.12
Selector_cierre_auto_embolos	%I1.15	%MW40.13
Desairador_manual	%I2.0	%MW40.14
Desairador_automatiko	%I2.1	%MW40.15
Disparos_termicos	%I2.4	%MW41.1
Control_nivel_tanque_desairador	%I2.5	%MW41.2
Selector_bomba_mezcla_manual	%I2.6	%MW41.3
Selector_bomba_transferencia_man	%I2.7	%MW41.4
Selector_bomba_agua_manual	%I2.8	%MW41.5
Selector_bomba_jarabe_manual	%I2.9	%MW41.6
Control_nivel_amoniacio	%I2.11	%MW41.7
Control_nivel_seguridad_amoniacio	%I2.12	%MW41.8
Selector_alarma_general	%I2.13	%MW41.9

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Falta_de_aire	%I2.14	%MW41.10
Falla_succion_amoniac	%I2.15	%MW41.11
Alarma_bajo_nivel_tk1	%I3.1	%MW41.12

En la tabla 5 se muestran las variables utilizadas en el programa como entradas, en la Tabla 6 se listan las variables de salida del programa reemplazado.

Tabla 6. Variables de salida del antiguo programa. Fuente: Elaboración propia

SIMBOLO	BIT	BIT PALABRA
ENTRADAS		
Bomba_jarabe	%Q4.0	%MW25.0
Bomba_transferencia	%Q4.2	%MW25.1
Valvula_cierre	%Q4.4	%MW25.2
Valvula_agua_desairador	%Q4.7	%MW25.3
Alarma_bajo_nivel_carbo_2	%Q4.9	%MW25.4
Val_entrada_amoniac	%Q6.0	%MW25.5
Piloto_bajo_nivel_jarab	%Q6.2	%MW25.6
Piloto_bajo_nivel_agua	%Q6.3	%MW25.7
Piloto_nivel_alto_tanques	%Q6.4	%MW25.8
Desaireador_carbo_1	%Q6.5	%MW25.9
Desaireador_carbo_2	%Q6.6	%MW25.10
Bomba_demezcla	%Q6.8	%MW25.11
BOBINA_SUCCION_AMONICO	%Q6.9	%MW25.12
Piloto_bomba_jarabe	%Q6.10	%MW25.13
Bomba_agua	%Q6.11	%MW25.14

Para la creación del nuevo programa debemos configurar el PLC como nos indica el manual del autómeta.

Abrimos el software proporcionado por Schneider electronics llamado "Unity pro", creamos un nuevo proyecto y seleccionamos el tipo de hardware con el que vamos a trabajar, paso

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

seguido seleccionamos los bastidores y repetimos el procedimiento hasta tener todos los módulos que necesitamos y procedemos a configurar la aplicación, creamos una sección LADDER y nos disponemos a programar en lenguaje LD.

Las figuras 2 a 6 muestran el nuevo programa *ladder* para la línea R84.

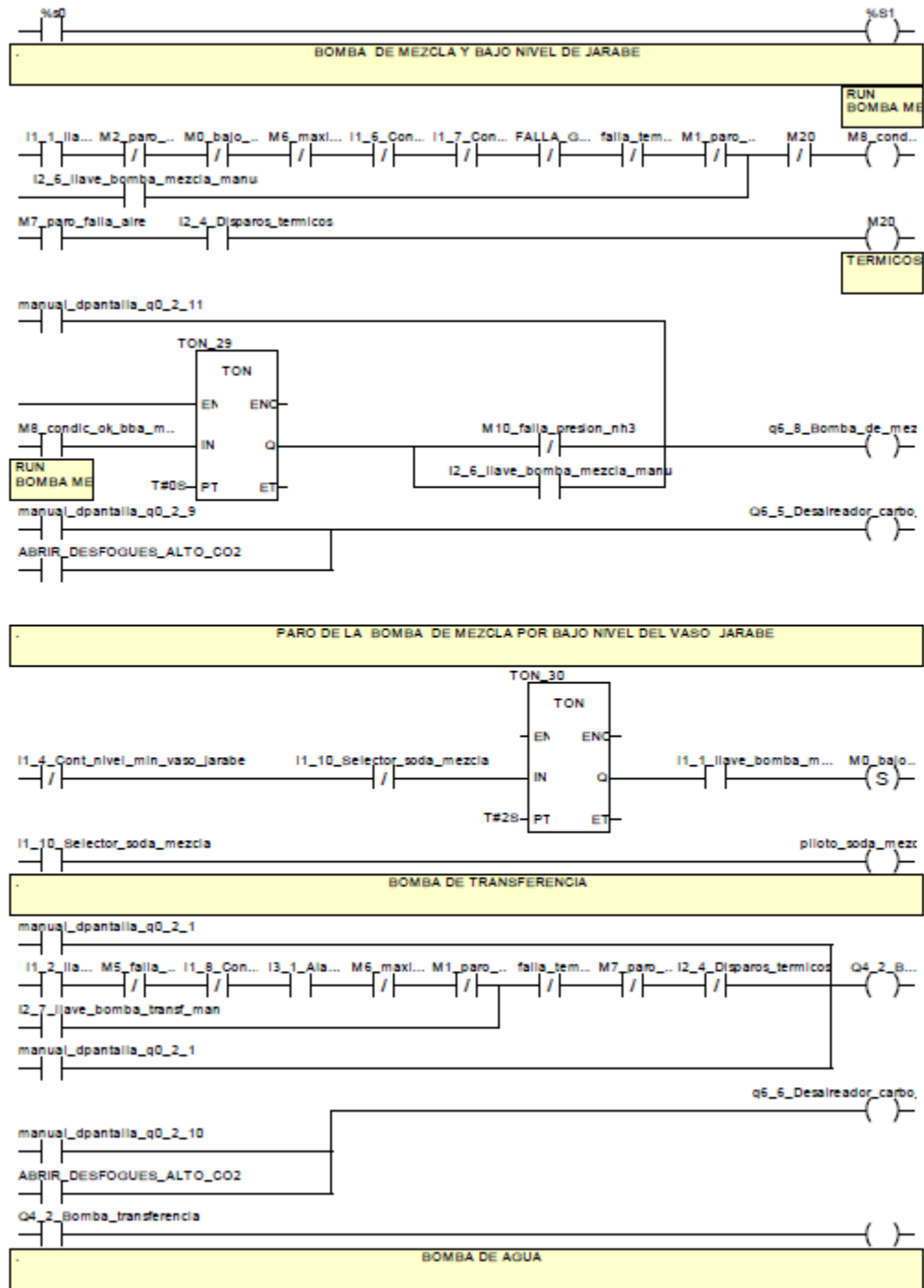


Figura 2. Nuevo programa ladder, segmentos 1-3. Fuente: Elaboración propia

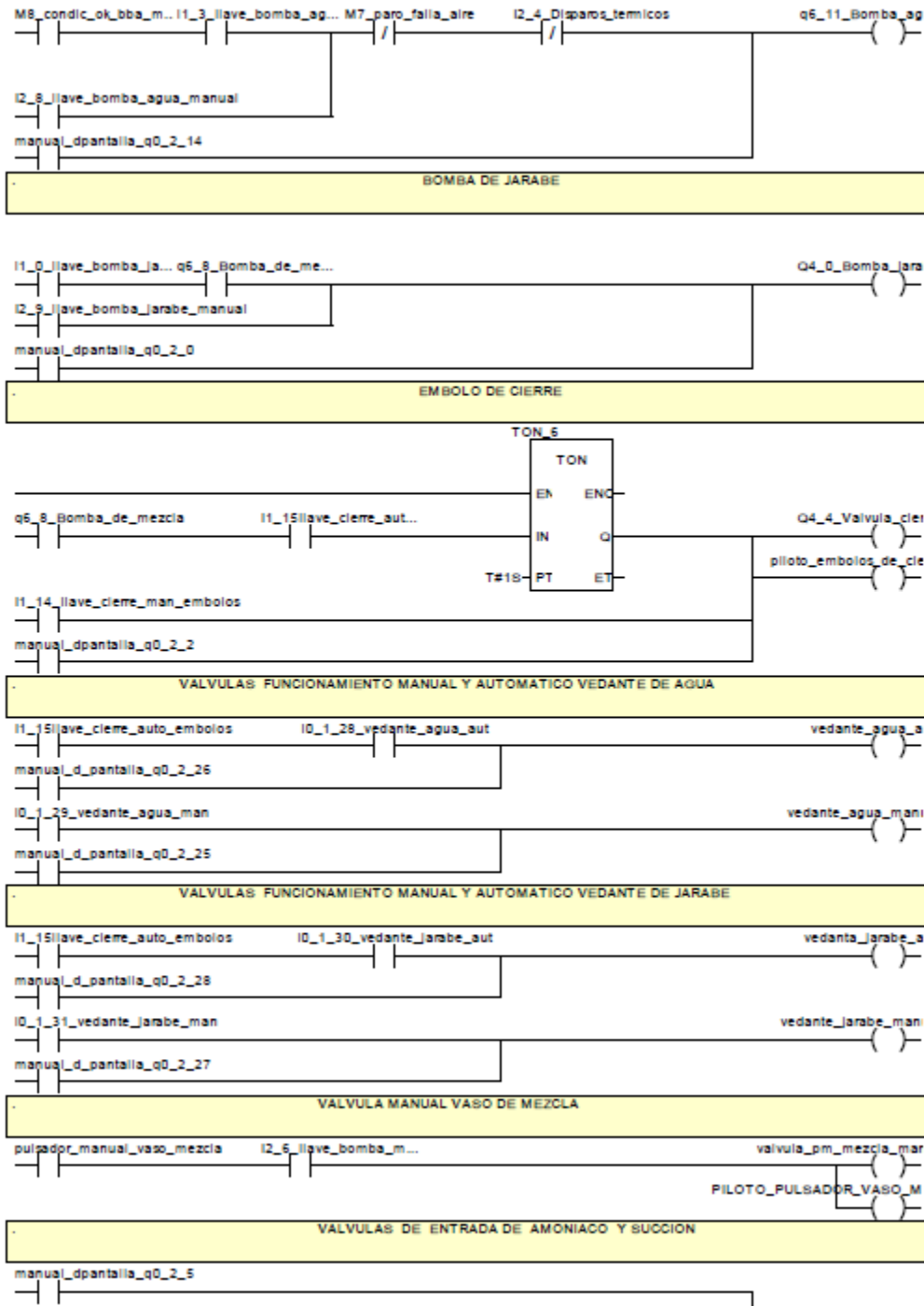


Figura 3. Nuevo programa ladder segmentos 4-9. Fuente: Elaboración propia

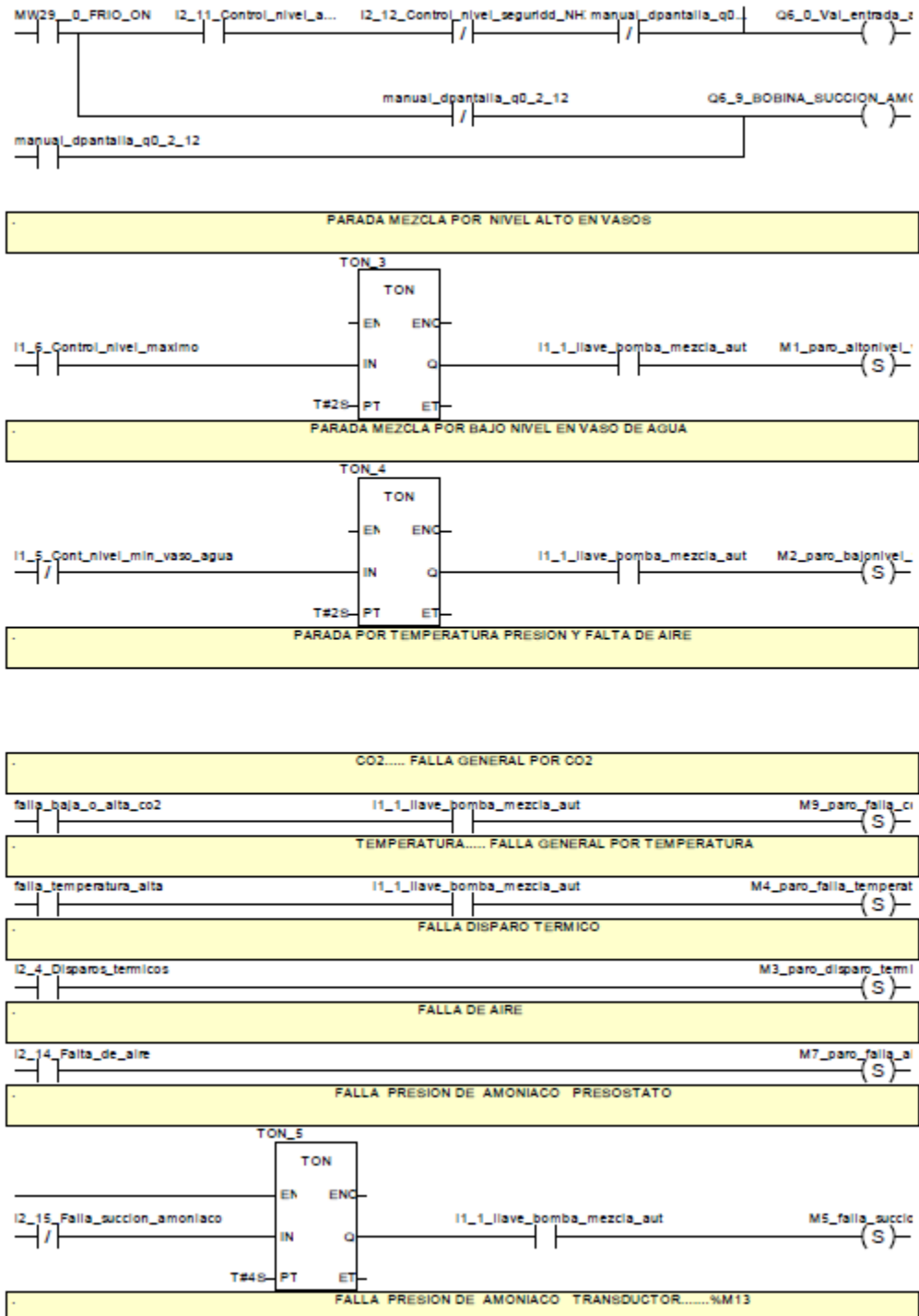


Figura 4. Nuevo programa ladder segmentos 10-18. Fuente: Elaboración propia

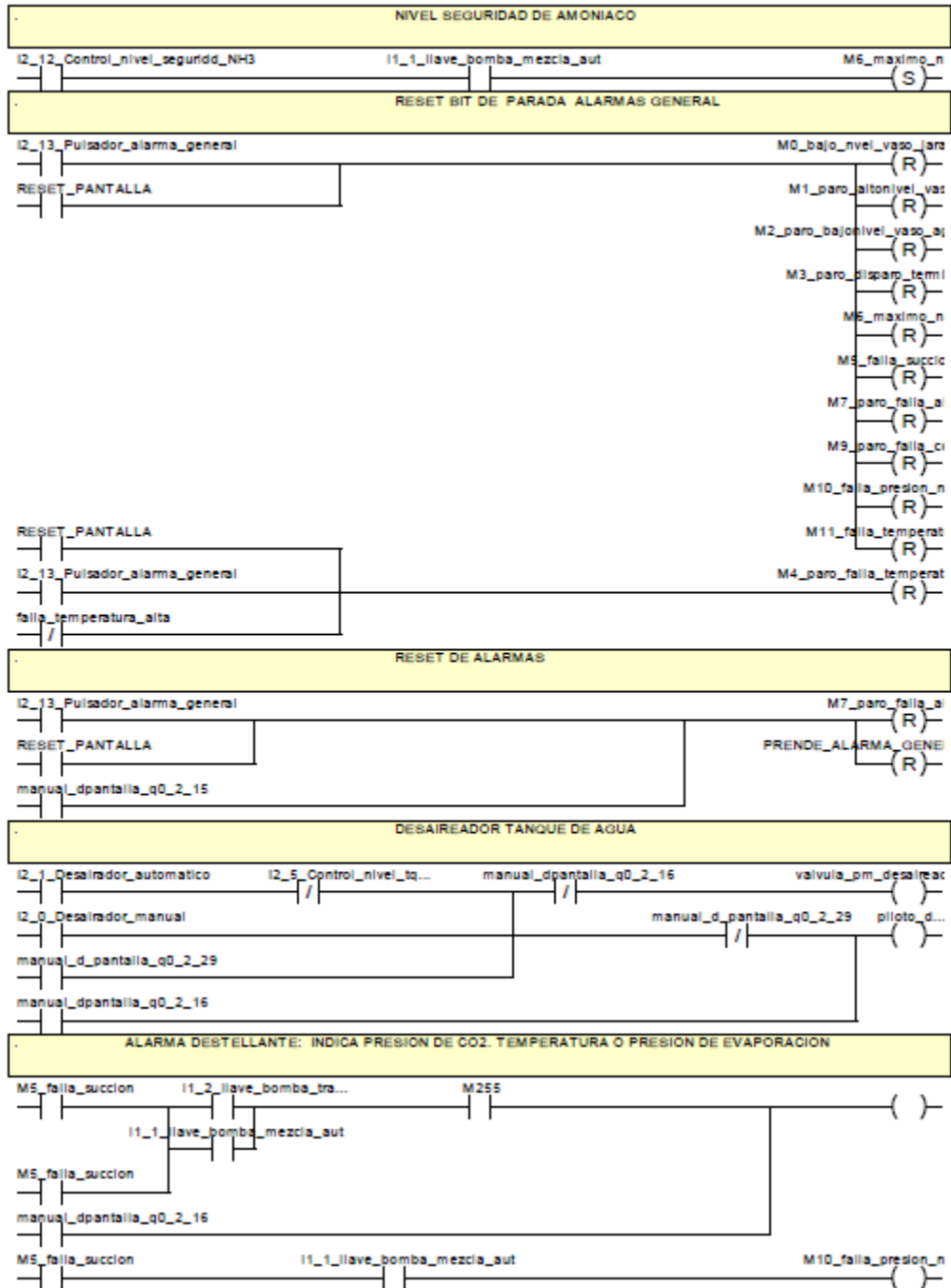


Figura 5. Nuevo programa ladder segmentos 20-24. Fuente: Elaboración propia

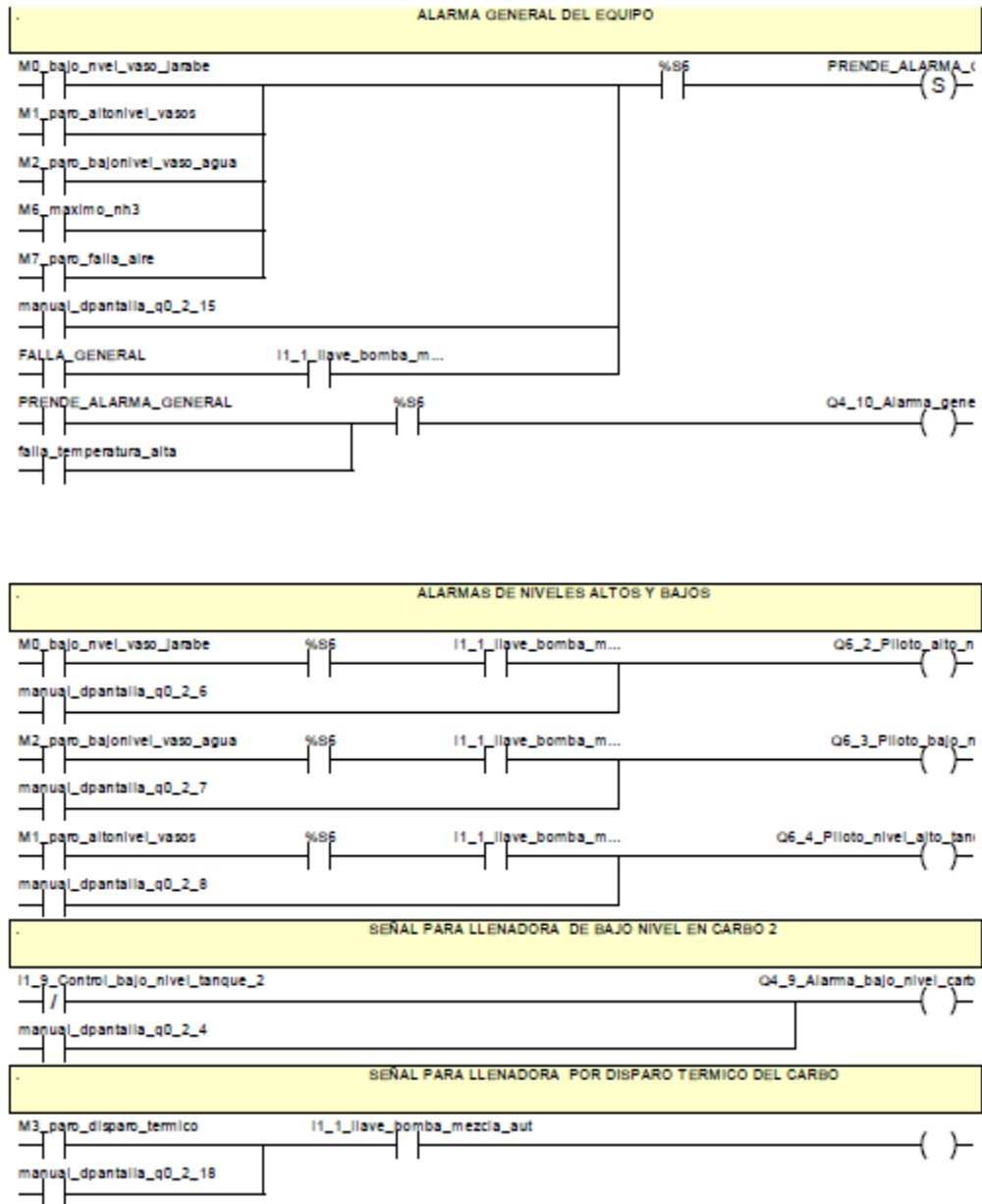


Figura 6. Nuevo programa ladder segmentos 25-28. Fuente: Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Una vez terminada la nueva lógica programada para la línea r84 procedemos a clasificar las nuevas variables, en la Tabla 7 se encuentran las nuevas entradas del sistema.

Tabla 7. Nuevas variables del programa. Fuente: Elaboración propia

SIMBOLO	BIT PALABRA	M340
ENTRADAS		
Selector_bomba_jarabe_auto	%MW40.0	%I1.0.0
Selector_bombamezcla_auto	%MW40.1	%I1.0.1
Selector_bomba_transferencia_aut	%MW40.2	%I1.0.2
Selector_bomba_agua_auto	%MW40.3	%I1.0.3
Control_nivel_min_vaso_jarabe	%MW40.4	%I1.0.4
Control_nivel_min_vaso_agua	%MW40.5	%I1.0.5
Control_nivel_maximo	%MW40.6	%I1.0.6
Control_nivel_tanque_1	%MW40.7	%I1.0.7
Control_nivel_tanque_2	%MW40.8	%I1.0.8
Control_bajo_nivel_tanque_2	%MW40.9	%I1.0.9
Selector_sodamezcla	%MW40.10	%I1.0.10
Cip	%MW40.11	%I1.0.11
Selector_cierre_manual_embolos	%MW40.12	%I1.0.12
Selector_cierre_auto_embolos	%MW40.13	%I1.0.13
Desairador_manual	%MW40.14	%I1.0.14
Desairador_automatiko	%MW40.15	%I1.0.15
Disparos_termicos	%MW41.1	%I1.0.16
Control_nivel_tanque_desairador	%MW41.2	%I1.0.17
Selector_bombamezcla_manual	%MW41.3	%I1.0.18
Selector_bomba_transferencia_man	%MW41.4	%I1.0.19
Selector_bomba_agua_manual	%MW41.5	%I1.0.20
Selector_bomba_jarabe_manual	%MW41.6	%I1.0.21
Control_nivel_amoniacio	%MW41.7	%I1.0.22
Control_nivel_seguridad_amoniacio	%MW41.8	%I1.0.23
Selector_alarma_general	%MW41.9	%I1.0.24
Falta_de_aire	%MW41.10	%I1.0.25
Falla_succion_amoniacio	%MW41.11	%I1.0.26
Alarma_bajo_nivel_tk1	%MW41.12	%I1.0.27

En la Tabla 8 de variables se muestran las nuevas salidas del sistema.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 8. Nuevas variables de salida del sistema. Fuente: Elaboración propia

SIMBOLO	BIT PALABRA	M340
ENTRADAS		
Bomba_jarabe	%MW25.0	%Q0.2.0
Bomba_transferencia	%MW25.1	%Q0.2.1
Valvula_cierre	%MW25.2	%Q0.2.2
Valvula_agua_desairador	%MW25.3	%Q0.2.3
Alarma_bajo_nivel_carbo_2	%MW25.4	%Q0.2.4
Val_entrada_amoniac	%MW25.5	%Q0.2.5
Piloto_bajo_nivel_jarab	%MW25.6	%Q0.2.6
Piloto_bajo_nivel_agua	%MW25.7	%Q0.2.7
Piloto_nivel_alto_tanques	%MW25.8	%Q0.2.8
Desaireador_carbo_1	%MW25.9	%Q0.2.9
Desaireador_carbo_2	%MW25.10	%Q0.2.10
Bomba_demezcla	%MW25.11	%Q0.2.11
BOBINA_SUCCION_AMONICO	%MW25.12	%Q0.2.12
Piloto_bomba_jarabe	%MW25.13	%Q0.2.13
Bomba_agua	%MW25.14	%Q0.2.14

Adicionalmente dentro del programa se agregaron variables para ser mostradas en la pantalla HMI, la Tabla 9 muestra las variables que se visualizarán en pantalla.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 9. Variables que se visualizan en pantalla. Fuente: Elaboración propia

HMI	
temperatura carbo a pantalla	%MW294
presión CO ₂ a pantalla	% MW295
presión succión amoniaco a pantalla	% MW296
seteo presión CO ₂	% MW297
seteo alarma por alta temperatura	% MW300
seteo alarma por alta presión succión amoniaco	% MW302
seteo alarma por baja presión succión amoniaco	% MW304
tiempo llenado de tk de amoniaco liquido	% MW306
alarma por tiempo de llenado	% MW308
seteo alarma por alta presión CO ₂	% MW310
seteo alarma por baja presión CO ₂	% MW312
alta presión abrir desfuegos carbos	% MW314
ajuste offset temperatura	% MW316
ajuste offset presión CO ₂	% MW318
ajuste offset presión amoniaco	% MW320

Con las tablas de variables y el nuevo programa ladder finaliza la creación del programa de control para el sistema del carboenfriador de la línea R84.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CAMBIOS FISICOS REALIZADOS AL CARBOENFRIADOR DEL SISTEMA DE REFRIGERACION DE LA LINEA R84

En la Figura 7 se muestran los resultados obtenidos por el presente trabajo, donde se puede observar los cambios físicos realizados al proceso y el manual de manejo del sistema mediante interfaz HMI.



Figura 7. Antes y después del panel de control del carboenfriador. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 8 se puede ver el cambio de hardware realizado al sistema, también se puede observar la reducción de cable y conexiones requeridas por el nuevo PLC.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 8. Antiguo y nuevo PLC. Fuente: Elaboración propia

Uno de los motivos que llevaron al cambio de infraestructura y de software dentro del proceso fue la forma en que se obtenían y registraban las variables, se tenía un registrador de cartas circulares con un complicado sistema electrónico en su interior, lo que significaba que un posible fallo de cualquiera de sus elementos pondría en peligro el proceso, en la Figura 9 se puede observar la nueva metodología de obtención de datos.

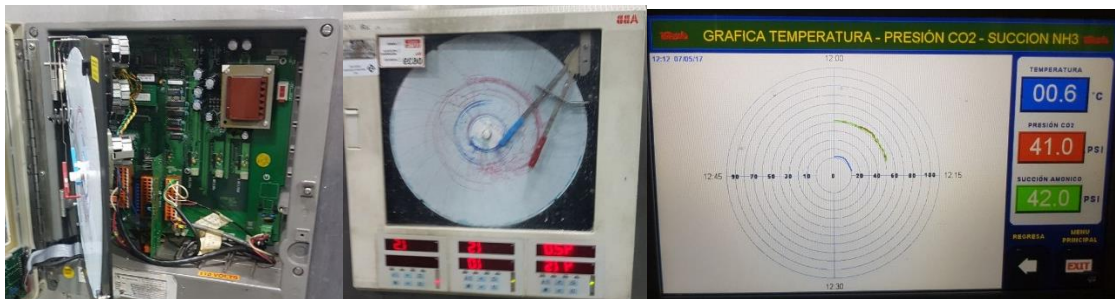


Figura 9. Viejo registrador de cartas VS Nuevo registrador. Fuente: Elaboración propia

Otro problema del proceso eran los contactores desgastados o los cortocircuitos que se generaban, debido a esto se reemplazó el control de nivel de los tanques, el control de nivel era realizado por medio de contactores como nueva medida se instaló un juego de controladores de nivel TURK como se muestra en la Figura 10.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

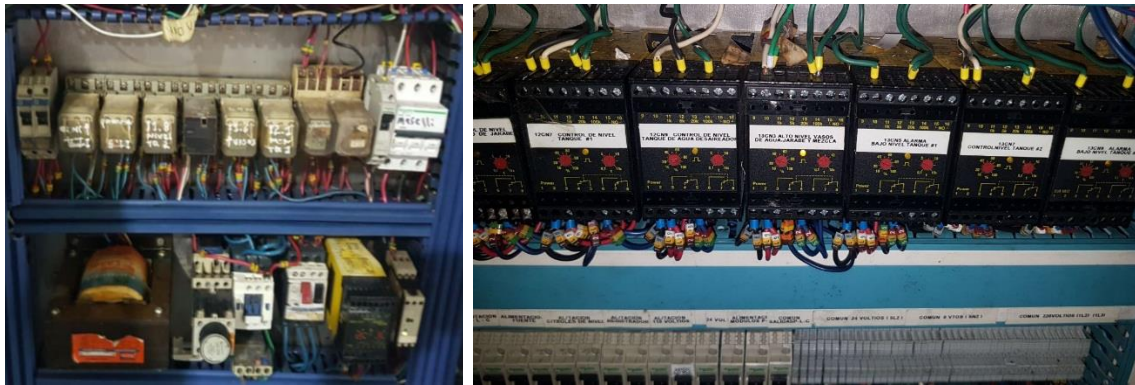


Figura 10. Antiguos contactores VS controladores de nivel TURK. Fuente: Elaboración propia

Debido al desgaste y al mal aspecto del juego de válvulas neumáticas, en la Figura 11 se puede ver que se realizó el cambio por un juego nuevo.



Figura 11. Antiguo juego de válvulas neumáticas VS Nuevo juego de válvulas. Fuente: Elaboración propia

Un tablero eléctrico y de control en mal estado puede generar accidentes y problemas de producción, por lo cual, en la Figura 12 se puede observar el nuevo tablero con la nueva asignación de salidas que han sido cableadas.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

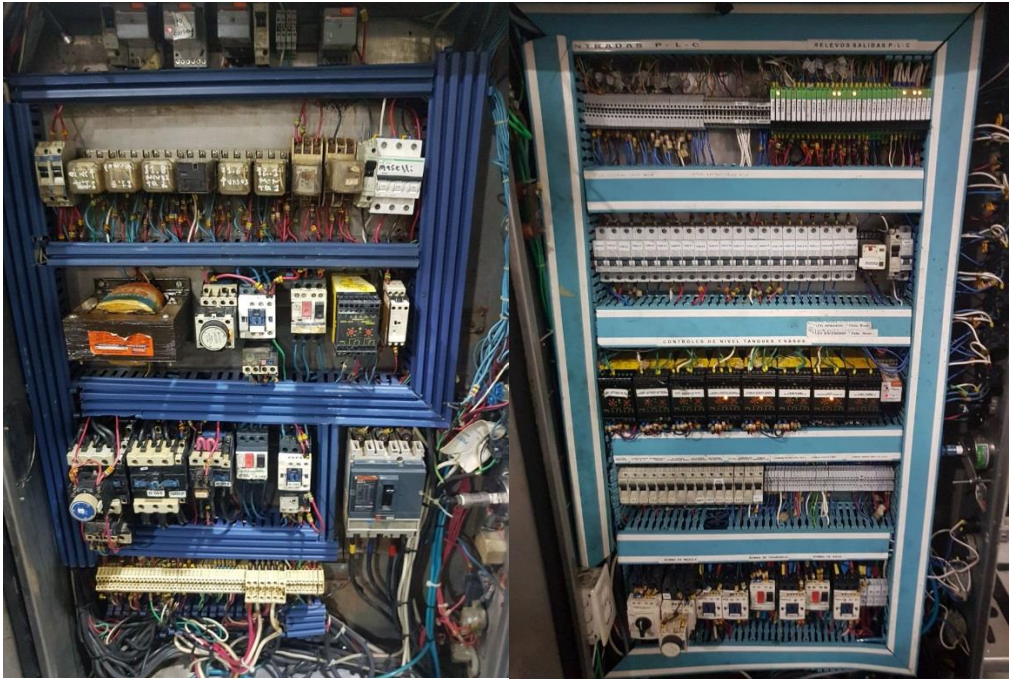


Figura 12. Viejo tablero eléctrico VS Nuevo tablero eléctrico. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 13 se puede observar más detalladamente la sección de salidas.

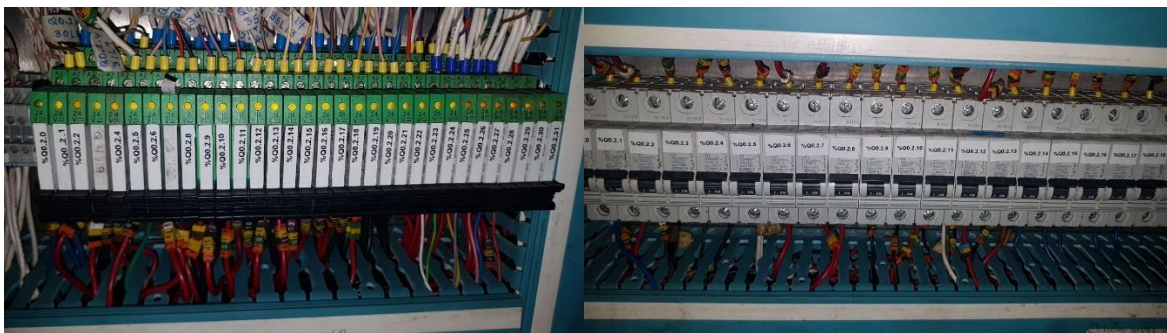


Figura 13. Sección de salidas cableadas. Fuente: Elaboración propia

Al inicio del trabajo se especifica que el nuevo sistema poseerá una memoria de adquisición de datos que solo se verá limitada por la capacidad de la memoria actual, esto se refiere a una memoria USB que va conectada en la pantalla HMI como se muestra en la Figura 14.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 14. Parte trasera de la HMI donde se encuentra la memoria USB. Fuente: Elaboración propia

4.2 MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE REFRIGERACION DE LA LINEA R84

Como resultado final queda el manual para el manejo de la nueva interfaz por medio de la pantalla HMI, la Figura 15 muestra la pantalla inicial del sistema.

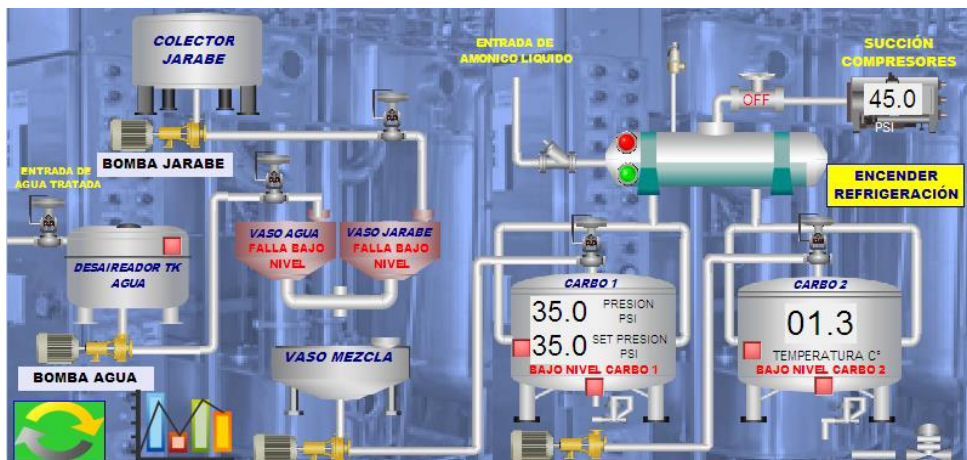


Figura 15. Pantalla inicial de la nueva interfaz. Fuente: Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- En la pantalla inicial se pueden visualizar las variables de temperatura, succión de amoníaco y presión de CO₂, se pueden observar los niveles de los carbonatadores, de los vasos, el control de amoníaco, el encendido de las bombas sus ruteos y las alarmas principales.

Las imágenes tienen la función de dirigir al operario a la ventana donde se realiza la aplicación principal, si se presiona el icono de compresores, llevara al usuario a las opciones de los compresores, sus ajustes y toda la información relacionada con ellos, así mismo si se presiona la presión de CO₂, la temperatura y la barra de alarmas.

- **Presión de CO₂:** Se visualiza en la pantalla la presión del CO₂ tal y como se muestra en la Figura 16.



Figura 16. Presión de CO₂. Fuente: Elaboración propia

- **Temperatura:** Se visualiza en la pantalla inicial tal y como se muestra en la Figura 17 y dirige al usuario al menú temperatura.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 17. Temperatura del sistema. Fuente: Elaboración propia

- **Succión de los compresores de amoníaco:** se visualiza en la pantalla inicial como se muestra en la **Figura 18** y dirige al usuario al menú de refrigeración.



Figura 18. Presión de succión en los compresores. Fuente: Elaboración propia

- **Botón de reset en la pantalla:** Con el botón que se ve en la Figura 19 el usuario puede resetear las fallas existentes en pantalla, al igual que con el pulsador físico ubicado en el tablero principal.



Figura 19. Botón de reset de alarma. Fuente: Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Menú de aplicaciones:** El icono del menú de aplicaciones se observa en la Figura 20 aquí se pueden encontrar otras ayudas y aplicaciones para entender mejor el proceso y las variables del sistema.



Figura 20. Menú de aplicaciones. Fuente: Elaboración propia

- Barra de mensajes:** En la barra que se muestra en la Figura 21 pasan los mensajes de falla, información importante, operación manual de bombas y válvulas, también dirige al usuario al menú de fallas.

1:05 SENSOR BAJO NIVEL EN EL CARBO #2 22:11:05 CONTROL DE NIVEL MINIMO VASO DE AGUA 22:11:05 CO

Figura 21. Barra de mensajes. Fuente: Elaboración propia

- Sistema de refrigeración:** En la **Figura 22** se puede ver el menú donde se enciende el sistema de frío del carbonatador, con este menú se habilita la válvula reguladora de presión, se puede visualizar la temperatura real del carbonatador, la presión de succión de amoníaco, el tiempo de llenado de líquido y se puede ajustar la alarma de cada elemento del sistema.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 22. Menú del sistema de refrigeración. Fuente: Elaboración propia

Cuando se enciende el sistema de frio la pantalla cambia a color verde como se ve en la Figura 23, el botón indica el encendido.



Figura 23. Encendido del sistema de Frio. Fuente: Elaboración propia

También podemos ver en la pantalla inicial el cambio cuando se enciende la refrigeración tal y como aparece en la Figura 24.



Figura 24. Encendido de la refrigeración desde el menú principal. Fuente: Elaboración propia

En la pantalla del sistema de refrigeración también podemos ajustar la alarma de alta temperatura, por alta y baja presión de succión de amoniaco y por tiempo de llenado de líquido del tanque de amoniaco.

Para ver y modificar estas variables se requiere una contraseña, la cual se activa desde la parte inferior izquierda de la pantalla tal y como se muestra en la Figura 25, al oprimir el botón saldrá un mensaje de confirmación de la operación.

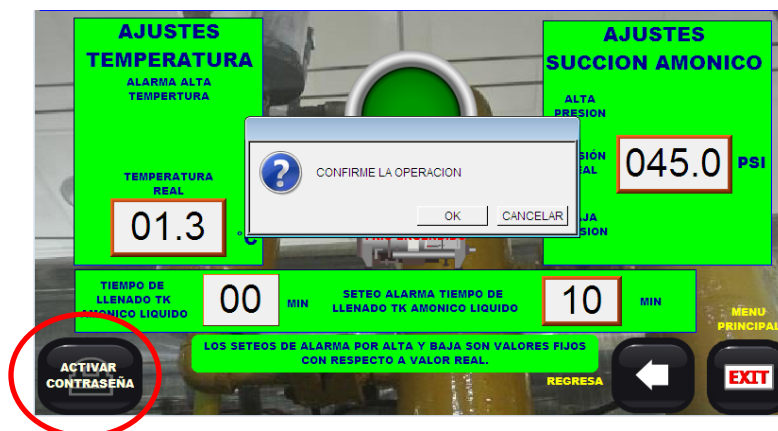


Figura 25. Activación de contraseña. Fuente: Elaboración propia

Después de confirmar la operación saldrá una ventana para ingresar la contraseña como la que se ve en la Figura 26.



Figura 26. Confirmación de contraseña. Fuente: Elaboración propia

Si la contraseña es incorrecta saldrá un mensaje de ingreso denegado y el intento de acceso será guardado en el registro como en la **Figura 27**.

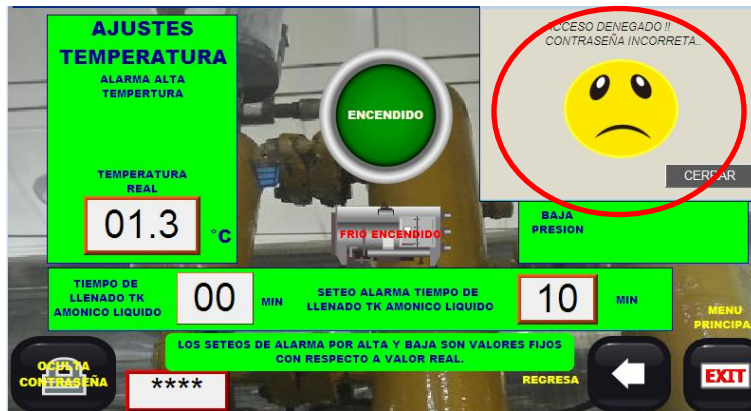


Figura 27. Acceso denegado por contraseña errónea. Fuente: Elaboración propia

Si la contraseña es correcta como en la Figura 28, el color de fondo cambiará y el usuario tendrá acceso a todas las variables, alarma de temperatura, alarma de succión, tiempo de llenado, cada que se salga de una ventana que requiera contraseña esta se desactivara de forma automática.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 28. Contraseña valida, acceso a las variables del sistema. Fuente: Elaboración propia

En la ventana principal se puede ver el tanque de amoniaco y las diferentes fases de la operación, en la Figura 29 se puede ver como aparece si el sistema de refrigeración y la válvula de succión de amoniaco se encuentran apagados (no hay mensaje en el tanque).

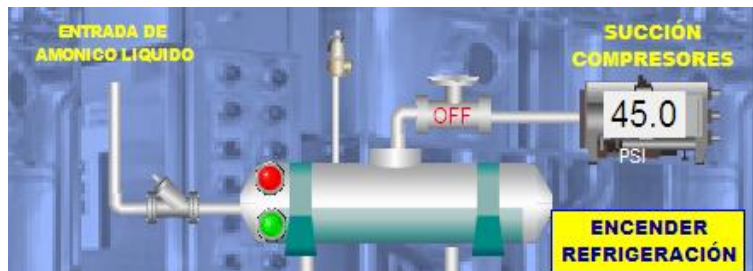


Figura 29. Fases de operación del tanque de amoníaco. Fuente: Elaboración propia

No obstante en la Figura 30 se muestra como aparece en pantalla si el sistema de refrigeracion y la valvula de succión se encuentran encendidos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 30. Tanque de amoniaco llenando. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 31 se muestra el sistema de refrigeración encendido, con tanque lleno de líquido y la valvula de succión encendida.



Figura 31. Sistema de refrigeración encendido. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 32 se muestra el sistema de refrigeración que se encuentra encendido y con falla por alto nivel del tanque (sistema inundado de líquido).



Figura 32. Sistema de refrigeración con falla. Fuente: Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Pantalla de alarmas:** A continuación se presentan las ventanas de falla, las cuales aparecen en la ventana principal.
- **Falla del presostato:** La ventana de alarma que se muestra en la Figura 33 proviene de una redundancia de seguridad mecánica por alta succión de amoníaco, que afecta directamente la temperatura del producto y lo convierte en una alarma muy importante para el proceso.

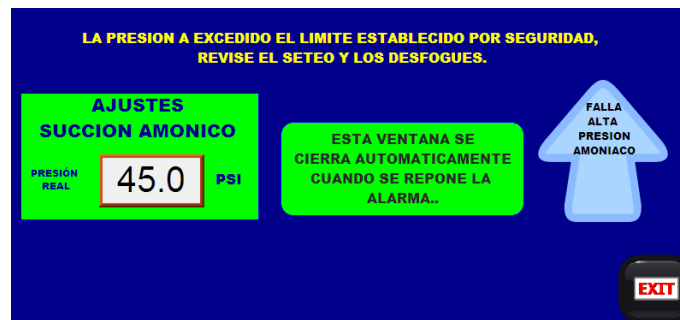


Figura 33. Falla del presostato. Fuente: Elaboración propia

- **Falla de temperatura:** Esta ventana muestra el valor de la temperatura actual contra el seteo de alarma como se ve en la Figura 34, si está por encima, el mensaje saldrá en pantalla, igualmente en la pantalla principal saldrá en rojo el valor que se encuentre por fuera de los valores específicos.

La alarma de temperatura es fija, es decir que siempre se activará cuando la temperatura supere el valor 2.8°C.

- **Falla por alta presión de CO₂:** Esta ventana nos muestra las fallas por alta presión de CO₂ con respecto al set point, **Figura 34**. Igualmente en la pantalla principal saldrá en rojo el valor y una flecha hacia arriba que indica que el valor está fuera del valor específico.



Figura 34 Falla por alta temperatura y alta presión de CO₂. Fuente: Elaboración propia

- Falla por baja presión de CO₂:** Esta ventana nos muestra la falla por baja presión de CO₂ con respecto al seteo de presión, Figura 35. igualmente en la pantalla principal saldrá en rojo el valor y una flecha hacia abajo que nos indica el valor que esté fuera del valor específico.



Figura 35. Falla por baja presión de CO₂. Fuente: Elaboración propia

La alarma de presión se encuentra anclada al seteo que se ingrese por pantalla, Figura 36, en este caso tiene una tolerancia de 3 puntos, por ejemplo, si la presión objetivo es 35 psi, la alarma por alta presión será activada en 38 psi y la alarma por baja presión se dará en 32 psi.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 36. Tolerancia de la alarma de presión. Fuente: Elaboración propia

- Falla por alta succión de amoniaco:** Esta ventana nos muestra una falla por alta succión de amoniaco con respecto al set point de presión como se muestra en la Figura 37, en la pantalla principal saldrá en rojo el valor y una flecha hacia arriba que indica que el valor está fuera del valor específico.



Figura 37. Falla por alta succión de amoniaco. Fuente: Elaboración propia

- Falla por baja succión de amoniaco:** Esta ventana nos muestra falla por baja succión de amoniaco con respecto al set point de presión, igualmente en la pantalla principal saldrá en rojo el valor y una flecha hacia abajo que nos indica que el valor está fuera del específico, **Figura 38**.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 38. Falla por baja succión de amoniaco. Fuente: Elaboración propia

- Selector de soda:** Cuando el selector de soda se encuentra activo, aparece en pantalla un mensaje de anulacion de nivel a los vasos de jarabe como se muestra en la Figura 39.

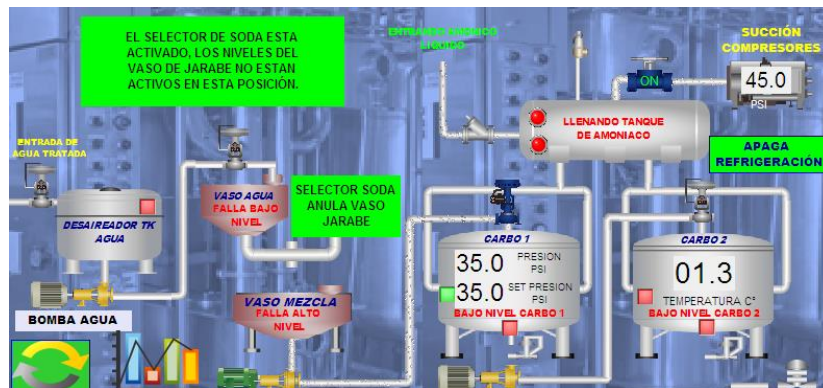


Figura 39. Selector de soda. Fuente: Elaboración propia

- Falla en el nivel de los vasos:** Si se detecta alguna falla en el nivel de los vasos su color en pantalla cambiará a rojo y el vaso con la falla mostrará un mensaje programado independientemente de que sea alto o bajo nivel. Figura 40

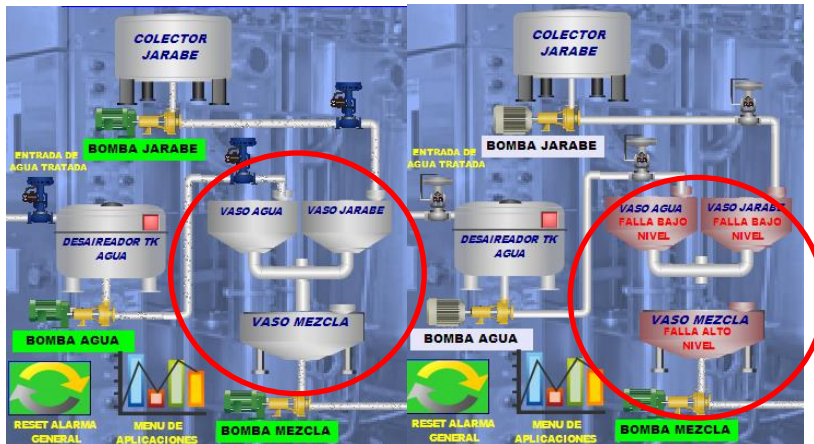


Figura 40. Falla de nivel en los vasos. Fuente: Elaboración propia

- Fallas en el nivel de los carbonatadores:** En la pantalla inicial. Figura 41, se puede visualizar el control de nivel de operación del carbonatador, entre estos se encuentra el encendido y apagado de bombas de mezcla o de transferencia, también se tiene visualización de los niveles bajos de cada carbonatador indicado en el tanque.

Es importante saber que los niveles bajos de los carbonatadores activan alarmas para el paro completo de las bombas y en el caso del nivel bajo del carbonatador número 2 enviará una señal a la llenadora para detenerla y evitar que se desocupe el tazon de la llenadora.

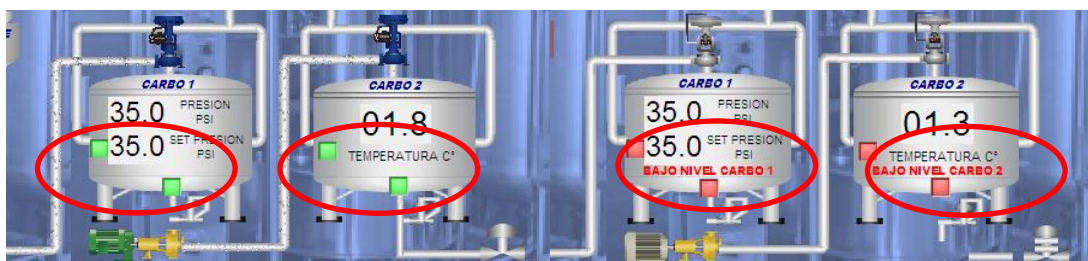


Figura 41. Falla en el nivel de los carbonatadores. Fuente: Elaboración propia

- Bombas trabajando:** Cuando las bombas se encuentran activas la imagen de la bomba y el fondo del texto cambian a color verde como se muestra en la Figura 42.

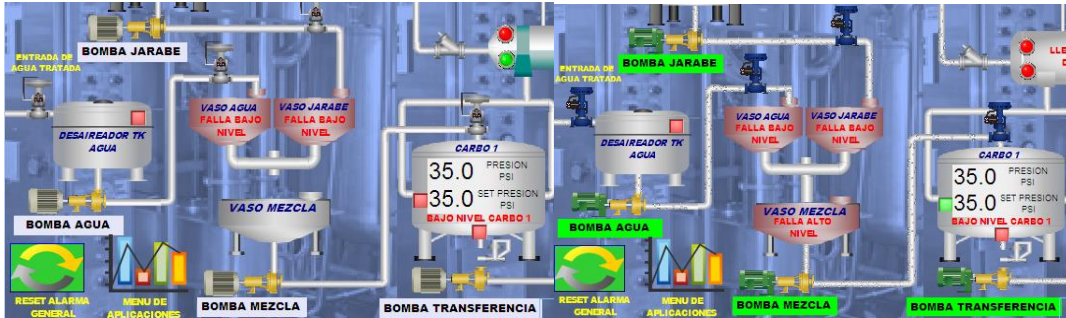


Figura 42. Bombas trabajando. Fuente: Elaboración propia

- Manejo manual de válvulas:** El sistema de valvulas de agua y jarabe trabajaba inicialmente con un sistema de selectores de control neumatico que cambia a un sistema de control electronico y luego a un bloque de valvulas electroneumatico, este sistema permite un mejor control de las valvulas ya que se puede ingresar al control del PLC. Cuando se accionan las valvulas de manera manual aparece un mensaje en la pantalla que nos indica cual de las valvulas se encuentra en modo manual. Tambien se realiza la programacion de un pulsador para activar el vaso de mezcla manual, este sera usado solo para descarga de linea, pero tambien muestra en pantalla un mensaje de la activacion manual como se muestra en la Figura 43.

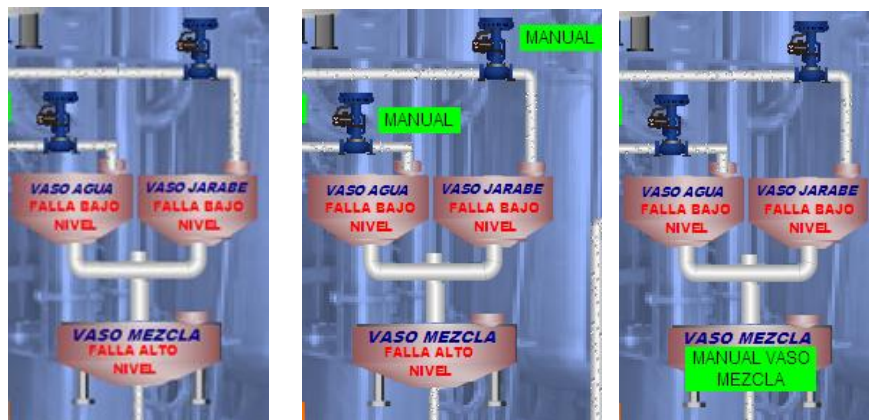


Figura 43. Manejo manual de válvulas. Fuente: Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La valvula de embolos tambien posee un mensaje de activacion manual como se ve en la Figura 44, todo esto ayuda al operario a la identificacion de problemas en las valvulas.



Figura 44. Manejo manual de la válvula de émbolos. Fuente: Elaboración propia

- **Presión de CO₂:** Cuando se ingresa al menú de CO₂ se pueden observar los valores del set point de presión y la presión actual (Figura 45), si el usuario quiere ver las alarmas y ajustarlas deberá activar la contraseña.

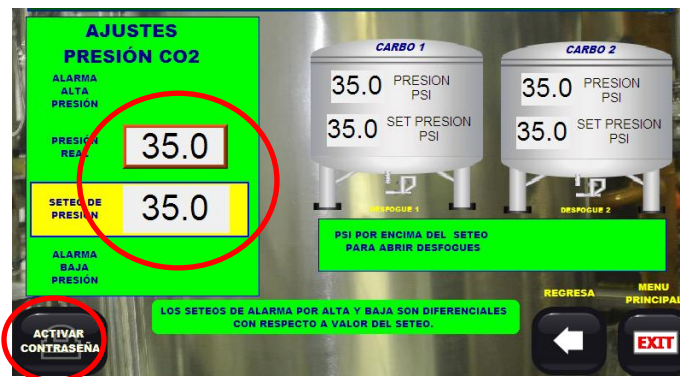


Figura 45. Set point de presión. Fuente: Elaboración propia

Para modificar los valores se requiere confirmar la operación y es necesario ingresar la contraseña siguiendo los mismos pasos que se vieron anteriormente.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Se ingresa la contraseña para tener acceso a la modificación del sistema de CO₂ (Figura 46).



Figura 46. Ingresando contraseña. Fuente: Elaboración propia

- Pantalla de alarmas:** En esta sección (Figura 47) se pueden observar las principales fallas y las operaciones manuales de los selectores, este sistema informa la hora de inicio de la falla y su hora de normalización, además toda la información referente a la falla será almacenada en un registro histórico dentro de una memoria USB.

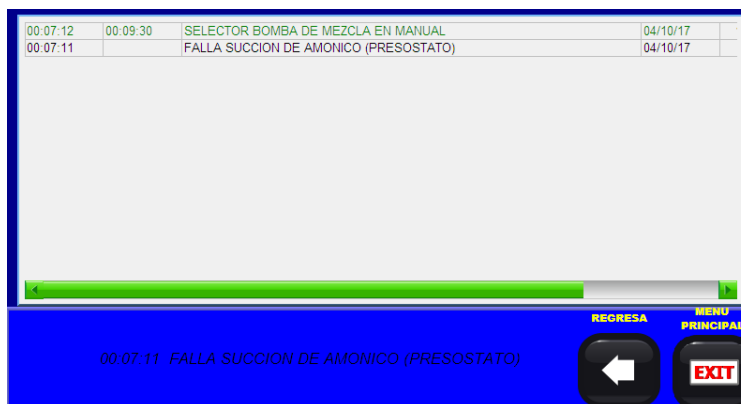


Figura 47. Pantalla de alarmas. Fuente: Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Menú de aplicaciones:** Es el menu principal de todas las aplicaciones, desde aquí el usuario puede acceder a las graficas de trazabilidad, historicos de eventos y las areas que corresponden solo al personal de mantenimiento (Figura 48).



Figura 48. Menú principal de aplicaciones. Fuente: Elaboración propia

- Gráfica circular:** Es una grafica que esta dividida en 60 minutos para una mejor apreciacion de los datos (similar a la carta que genera un registrador) y las 3 variables de las que depende el correcto trabajo del equipo son registradas en diferente color tal y como se muestra en la Figura 49.

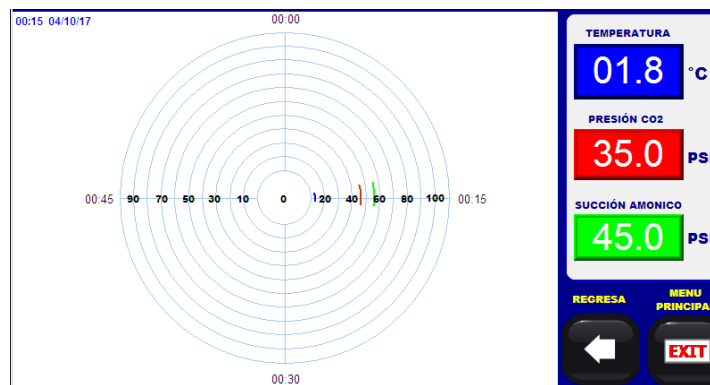


Figura 49. Grafica Circular. Fuente: Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Gráfica lineal:** En la parte superior de la grafica (Figura 50) se puede observar las tres variables con una respuesta de 2 puntos por segundo con respecto a las demas, en la parte inferior de la grafica se encuentran los historicos de las variables, estos historicos se pueden abrir en cualquier momento para determinar las condiciones del proceso.

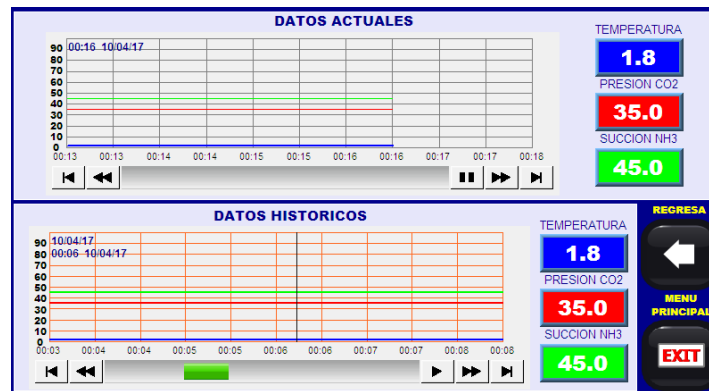


Figura 50. Grafica lineal de variables e históricos. Fuente: Elaboración propia

- Histórico de Eventos:** En esta sección se pueden visualizar todas las operaciones del equipo (Figura 50) desde la apertura de una bobina, ingreso de contraseña y fallas del sistema. El sistema puede mostrar la hora de inicio de una falla y la hora de normalización, así como la variable afectada.
- Visualizar entradas al PLC:** Esta ventana aparece cuando el usuario oprime el botón de entradas al PLC en cualquiera de las ventanas de ayuda para condiciones de operación, la ventana sirve para identificar la entrada o la condición que haga falta en cada circuito (Figura 51).



Figura 51. Visualizar entradas al PLC. Fuente: Elaboración propia

- Menú de aplicaciones con contraseña para ajustes de offset:** En esta ventana se ajustan los offset de las 3 variables análogas de entrada, los ajustes pueden ser negativos o positivos dependiendo de la desviación del elemento, este valor se da en la calibración del equipo.

Para modificar se requiere contraseña, cuando es afirmativa cambia el color del fondo de las variables (Figura 52).



Figura 52. Menú de aplicaciones con contraseña para ajustes offset. Fuente: Elaboración propia

- Menú de aplicaciones con contraseña para el control PID de CO₂:** En esta sección (Figura 53) se ajustan los valores del PID para la válvula controladora de CO₂, se

puede ver la gráfica del comportamiento de la presión, el seteo y el cambio de valor de la salida proporcional.

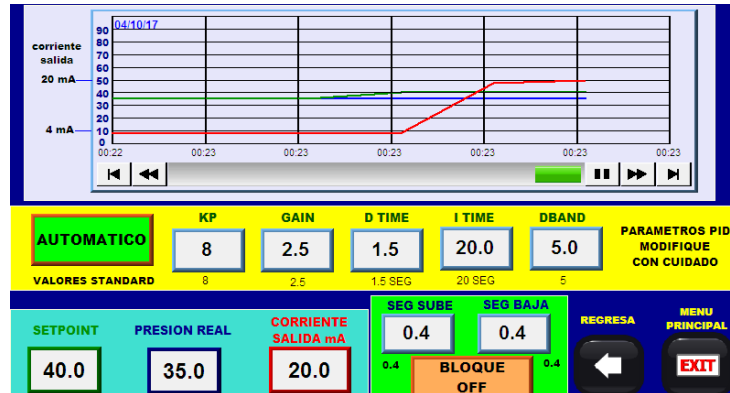


Figura 53. Menú de aplicaciones con contraseña para control PID y CO₂. Fuente: Elaboración propia

- **Menú de aplicaciones con contraseña de entradas al PLC:** Desde esta ventana se pueden agregar salidas a cada entrada (Figura 54).



Figura 54. Menú de entradas al PLC. Fuente: Elaboración propia

- Menú de aplicaciones con contraseña salidas al PLC:** En esta ventana el usuario puede observar la activación de las salidas y también hacer un forzado de las señales (solo para pruebas), cada actividad que se realice en esta pantalla se almacena en los históricos del sistema (Figura 55).



Figura 55. Menú de salidas del PLC. Fuente: Elaboración propia

- Falta de memoria USB:** Esta alarma sale cuando se retira la USB de la pantalla o cuando la memoria se llena completamente de información (Figura 56).

Hay que aclarar que si se retira la memoria USB del equipo saldrá la siguiente pantalla, la cual no se puede cerrar ni modificar hasta que se no se ingrese nuevamente al equipo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 56. Alerta por falta de memoria USB. Fuente: Elaboración propia

- Almacenamiento de información en la memoria USB:** Este dispositivo genera un registro de las variables temperatura, presión de CO₂ y succión de amoníaco, estos datos se almacenan en una memoria USB, (Figura 57), en la memoria también se genera un registro histórico de eventos que sirven para hacer la trazabilidad del producto.

En la Figura 57 se ve la información contenida en la memoria USB, cada día se genera un registro de eventos, la extensión del archivo es .evt (evento) y dentro de la carpeta DATOS VARIABLES se encuentran los datos de las variables analógicas mencionadas anteriormente. Se requiere la instalación de un software para la conversión del archivo a excel, lo que facilita el manejo de los datos.

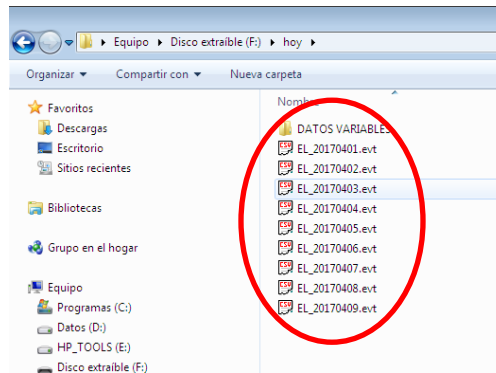


Figura 57. Carpeta contenedora de históricos. Fuente: Elaboración propia

- Ejemplo de conversión de eventos o históricos:** Se da doble clic en el archivo que el usuario quiere convertir para visualizar en Excel. En el ejemplo se le da el formato mes/día/año como se muestra en la Figura 58.

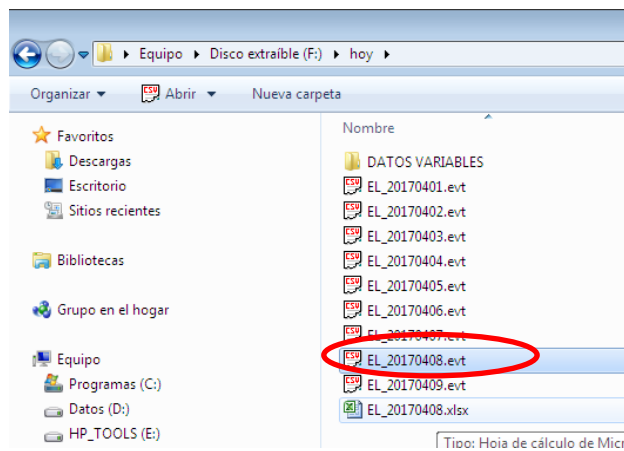
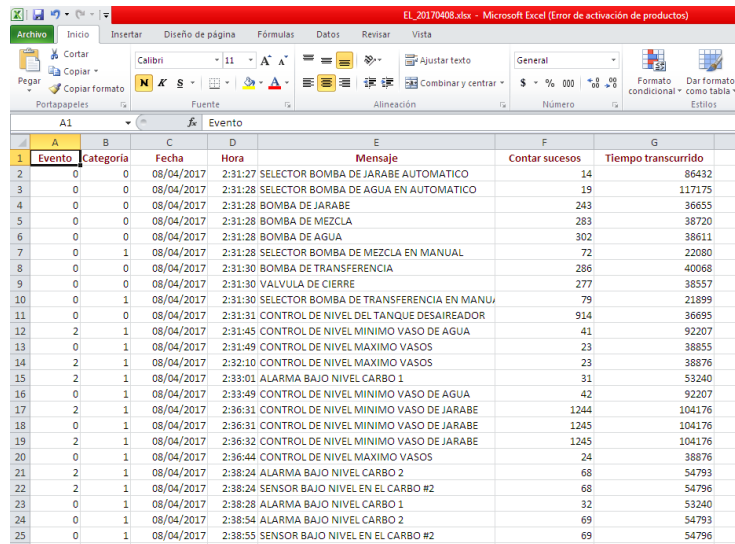


Figura 58. Conversión de eventos a Excel. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 59 se muestra el archivo de Excel generado diariamente, en él se puede ver todas las acciones realizadas en el carbonatador, desde operaciones manuales, alarmas, tiempo y cantidad de veces que ocurre un evento en el día.



Evento	Categoría	Fecha	Hora	Mensaje	Contar sucesos	Tiempo transcurrido	
1	0	08/04/2017	2:31:27	SELECTOR BOMBA DE JARABE AUTOMATICO	14	86432	
2	0	08/04/2017	2:31:28	SELECTOR BOMBA DE AGUA EN AUTOMATICO	19	117175	
3	0	08/04/2017	2:31:28	BOMBA DE JARABE	243	36655	
4	0	08/04/2017	2:31:28	BOMBA DE MEZCLA	283	38720	
5	0	08/04/2017	2:31:28	BOMBA DE AGUA	302	38611	
6	0	08/04/2017	2:31:28	SELECTOR BOMBA DE MEZCLA EN MANUAL	72	22080	
7	0	08/04/2017	2:31:30	BOMBA DE TRANSFERENCIA	286	40068	
8	0	08/04/2017	2:31:30	VALVULA DE CIERRE	277	38557	
9	0	08/04/2017	2:31:30	SELECTOR BOMBA DE TRANSFERENCIA EN MANU	79	21899	
10	0	08/04/2017	2:31:31	CONTROL DE NIVEL DEL TANQUE DESAIREADOR	914	36695	
11	0	08/04/2017	2:31:45	CONTROL DE NIVEL MINIMO VASO DE AGUA	41	92207	
12	2	1	08/04/2017	2:31:49	CONTROL DE NIVEL MAXIMO VASOS	23	38855
13	0	1	08/04/2017	2:32:10	CONTROL DE NIVEL MAXIMO VASOS	23	38876
14	2	1	08/04/2017	2:33:01	ALARMA BAJO NIVEL CARBO 1	31	53240
15	0	1	08/04/2017	2:33:49	CONTROL DE NIVEL MINIMO VASO DE AGUA	42	92207
16	2	1	08/04/2017	2:36:31	CONTROL DE NIVEL MINIMO VASO DE JARABE	1244	104176
17	0	1	08/04/2017	2:36:31	CONTROL DE NIVEL MINIMO VASO DE JARABE	1245	104176
18	0	1	08/04/2017	2:36:32	CONTROL DE NIVEL MINIMO VASO DE JARABE	1245	104176
19	2	1	08/04/2017	2:36:44	CONTROL DE NIVEL MAXIMO VASOS	24	38876
20	0	1	08/04/2017	2:38:24	ALARMA BAJO NIVEL CARBO 2	68	54793
21	2	1	08/04/2017	2:38:24	SENSOR BAJO NIVEL EN EL CARBO #2	68	54796
22	0	1	08/04/2017	2:38:28	ALARMA BAJO NIVEL CARBO 1	32	53240
23	0	1	08/04/2017	2:38:54	ALARMA BAJO NIVEL CARBO 2	69	54793
24	0	1	08/04/2017	2:38:55	SENSOR BAJO NIVEL EN EL CARBO #2	69	54796
25	0	1	08/04/2017				

Figura 59. Históricos diarios. Fuente: Elaboración propia

Con esta información se obtiene un sistema de trazabilidad más efectivo y real, el sistema de registro anterior entregaba 15 grados de registro cada hora debido a que la carta circular duraba 24 horas y si no se retiraba a tiempo la carta se sobre escribía, con este sistema se obtiene un valor cada 30 segundos, con la posibilidad de generar una gráfica para ver el comportamiento de las variables temperatura, presión CO₂ y succión amónico como se muestra en la Figura 60.

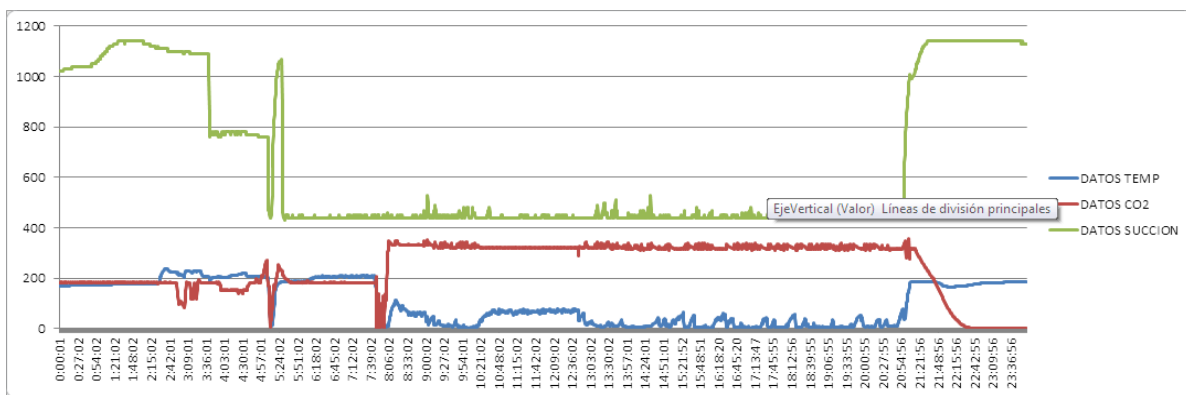


Figura 60. Grafica del comportamiento de las variables. Fuente: Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Estos cambios físicos y de programación permitieron minimizar el tiempo de paros operativos debido a la rápida visualización de la falla, se mejoró la identificación y solución de problemas electromecánicos reduciendo el tiempo de intervención y así evitando el deterioro prematuro de los equipos, se contribuyó al aumento de la eficiencia de línea y a la disminución de pérdida de producto y materia prima, se optimizó la recopilación de datos críticos del proceso con el sistema de generación de archivos automáticos garantizando control y trazabilidad del proceso.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- En la industria colombiana se encuentran muchos procesos que hoy en día su control y registro de datos se maneja por medio de contactores, papel y lápiz, lo que limita los procesos a las capacidades del equipo y a la pericia humana. Optimizar y mejorar los sistemas por nuevas metodologías de control ha demostrado aumentar la eficiencia del proceso y la velocidad de respuesta a fallos por medio del personal, dejando como limitación su capacidad de memoria, la cual puede ser reemplazada por una de mayor capacidad.
- Siempre que un equipo pueda ser mejorado o cambiado por otro que ofrezca versatilidad y eficiencia se debe realizar dicho cambio por el bien de la compañía.
- Una nueva lógica programada debe ser simulada y probada múltiples veces intentando siempre provocar fallos, es mejor fallar en la simulación que fallar con el sistema en funcionamiento.
- Todos los equipos traen un manual de manejo, programación y conexión, es recomendable leer bien cada uno de los manuales antes de realizar cualquier acción, los sistemas de control son sistemas costosos y no hay oportunidad de fallo.
- Para trabajos futuros se recomienda aumentar la velocidad de respuesta de los equipos y disminuir la tolerancia de temperatura en pro del gasto energético que una diferencia de 2 a 3°C puede significar.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

Daneri, P. A. (2008). *PLC automatización y control industrial* (1st ed.). Buenos Aires.

José Carlos, Q.-Q., Ernesto, F.-G., Víctor, Q.-A., & Jorge, B.-L. (2014). Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo basado en HMI-PLC para un pozo de agua potable. *Ingeniería, Investigación Y Tecnología*, 15(1), 41–50. [http://doi.org/10.1016/S1405-7743\(15\)30005-6](http://doi.org/10.1016/S1405-7743(15)30005-6)

Koshti, V. M., & Joshi, S. M. (2007). Design of Human Machine Interface for Plc Based Automation System. *4th IFAC Conference on Management and Control of Production and Logistics*, 40(18), 343–346. <http://doi.org/http://dx.doi.org.ezproxy.javeriana.edu.co:2048/10.3182/20070927-4-RO-3905.00057>

Muraoka, T., & Ikeda, H. (2004). Selection of Display Devices Used at Man – Machine Interfaces Based on Human Factors. *Interfaces*, 51(2), 501–506.

Thapa, D., Dangol, S., & Gi-Nam Wang. (2005). Transformation from Petri Nets Model to Programmable Logic Controller using One-to-One Mapping Technique. *International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce (CIMCA-IAWTIC'06)*, 2(October 2015), 228–233. <http://doi.org/10.1109/CIMCA.2005.1631473>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES _____

FIRMA ASESOR _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO___ ACEPTADO___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES_____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____