



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
CONTROL Y MONITOREO PARA EL ENFRIAMIENTO DE
TRASIEGO EN CERVEZA.

Examen Complexivo, Componente Práctico

Informe Profesional

Previa la obtención del título de:

MAGISTER EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL
INDUSTRIAL

Autor: Ing. Mario Ortiz Campos

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO: 2015

AGRADECIMIENTO

A todas aquellas personas que directa o indirectamente colaboraron a la implementación de este trabajo, en especial a los operadores que día a día hacen que sea posible que los procesos fluyan.

DEDICATORIA

A mis hijos: Mario
Andres, Anaía, Nicolle,
mi esposa Cinthya, mi
madre: Carmen, mis
hermanos: Nidia, Italia,
Leoncio, Juan, Manuel,
Fernando, Teresa,
Maria y mi padre
Amador (+).

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

M.Sc. Carlos Villafuerte P.
PRESIDENTE

M.Sc. Dennys Cortéz A.
VOCAL

Ph.D. Douglas Plaza G.
VOCAL

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Informe Profesional, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

Art. 12 del Reglamento de graduación

Ing. Mario Augusto Ortiz Campos

RESUMEN

El sistema de enfriamiento de trasiego para cerveza constituye una fase intermedia durante el proceso de elaboración de cerveza y desempeña un papel muy importante en la disminución de tiempos y calidad en el producto final.

Para nuestro caso se diseñara un sistema capaz de manejar las velocidades de fluido y la temperatura de proceso requerida de acuerdo a la curva tradicional de un proceso de fermentación - enfriamiento - maduración.

El proceso de trasiego se encarga del envío de cerveza desde un tanque Fermentador donde la temperatura del producto se encuentra en $+5^{\circ}\text{C}$ hacia el siguiente proceso denominado Maduración donde el producto debe iniciar a una temperatura de -2°C .

El sistema de Trasiego de cerveza está conformado por los siguientes equipos: una bomba de envío de producto, un enfriador de placas (cerveza-amoniaco líquido " NH_3 "), un tanque acumulador de amoniaco líquido y válvulas de control.

Para el diseño de los nuevos equipos de control y medición se consideraran las necesidades de producción, su operación actual y la compatibilidad con nuevas tendencias tecnológicas. En la adquisición, manejo y procesamiento de señales se considerara el uso de un Controlador Lógico Programable (PLC) principal con un nuevo terminal remoto comunicado a través de un bus industrial de campo (Profibus DP).

Para el monitoreo y control del proceso se considerara la utilización de computadores que obtendrán y almacenaran la información en tiempo real del PLC principal y los servidores a través de una red Industrial Ethernet entre ellos.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	6
INDICE GENERAL.....	8
INDICE DE TABLAS.....	9
INDICE DE GRAFICOS.....	9
INTRODUCCION.....	10
CAPÍTULO 1	
I. SOLUCION TECNOLOGICA IMPLEMENTADA	14
1.1 Consideraciones preliminares de diseño.....	14
1.2 Requerimientos de producción.....	15
1.2.1 Implementación de seguridades de manejo y operación del enfriador.....	15
1.2.2 Garantizar la temperatura de salida del producto.....	16
1.2.3 Asegurar el caudal de operación estable.....	16
1.2.4 Interface Operación.....	16
1.3 Inventario de señales de campo.....	16
1.4 Compatibilidad con nuevos equipos de control.....	17
1.5 Dimensionamiento de variables de visualización.....	18
1.6 Arquitectura de Control.....	21
CAPÍTULO 2	
II. RESULTADOS OBTENIDOS.....	22
2.1 Disminución del tiempo de trasiego.....	22
2.2 Estabilidad de temperatura de producto.....	23
2.3 Estabilidad de Caudal.....	24
2.4 Disminución del consumo de energía eléctrica.....	26
2.5 Mayor seguridad en el manejo de amoniaco (NH ₃).....	27
CONCLUSIONES.....	28
RECOMENDACIONES.....	30
BIBLIOGRAFÍA.....	32
REFERENCIAS INTERNET.....	33
GLOSARIO DE TERMINOS.....	34
ANEXOS.....	35

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tipo de Señales de Control.....	18
Tabla 2	VARIABLES I/O discretas.....	19
Tabla 3	VARIABLES I/O Enteras.....	20
Tabla 4	Disminución de consumos de Energía.....	26
Tabla 5	Ahorro consumo energía	26
Tabla 6	Disminución índice (Energía/Volumen)	27

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Proceso Cerveceros.....	10
Figura 2	Curva Fermentación - Enfriamiento - Maduración....	11
Figura 3	Ubicación Sistema de Trasiego.....	11
Figura 4	Esquema de Proceso Cerveceros.....	11
Figura 5	Diagrama P&ID Implementado.....	13
Figura 6	Curva de Temperatura de producto original.....	15
Figura 7	Diagrama en Bloques de Control.....	16
Figura 8	Arquitectura de Control.....	21
Figura 9	Pantalla de visualización.....	22
Figura 10	Duración Trasiego pre – implementación (6 hr).....	23
Figura 11	Duración Trasiego post implementación (8 hr).....	23
Figura 12	Comportamiento Temp. Pre-implementación.....	24
Figura 13	Comportamiento Temp. Post-implementación.....	24
Figura 14	Comportamiento Caudal pre-implementación.....	25
Figura 15	Comportamiento Caudal post-implementación.....	25

INTRODUCCION

El proyecto materia de análisis de este documento fue desarrollado e implementado dentro del plan de ejecución de proyectos para la principal compañía de elaboración de cervezas de nuestro país, líder por más de 100 años en el proceso cervecero en su planta ubicada en Cumbaya. En la siguiente figura se muestra un resumen del proceso cervecero.

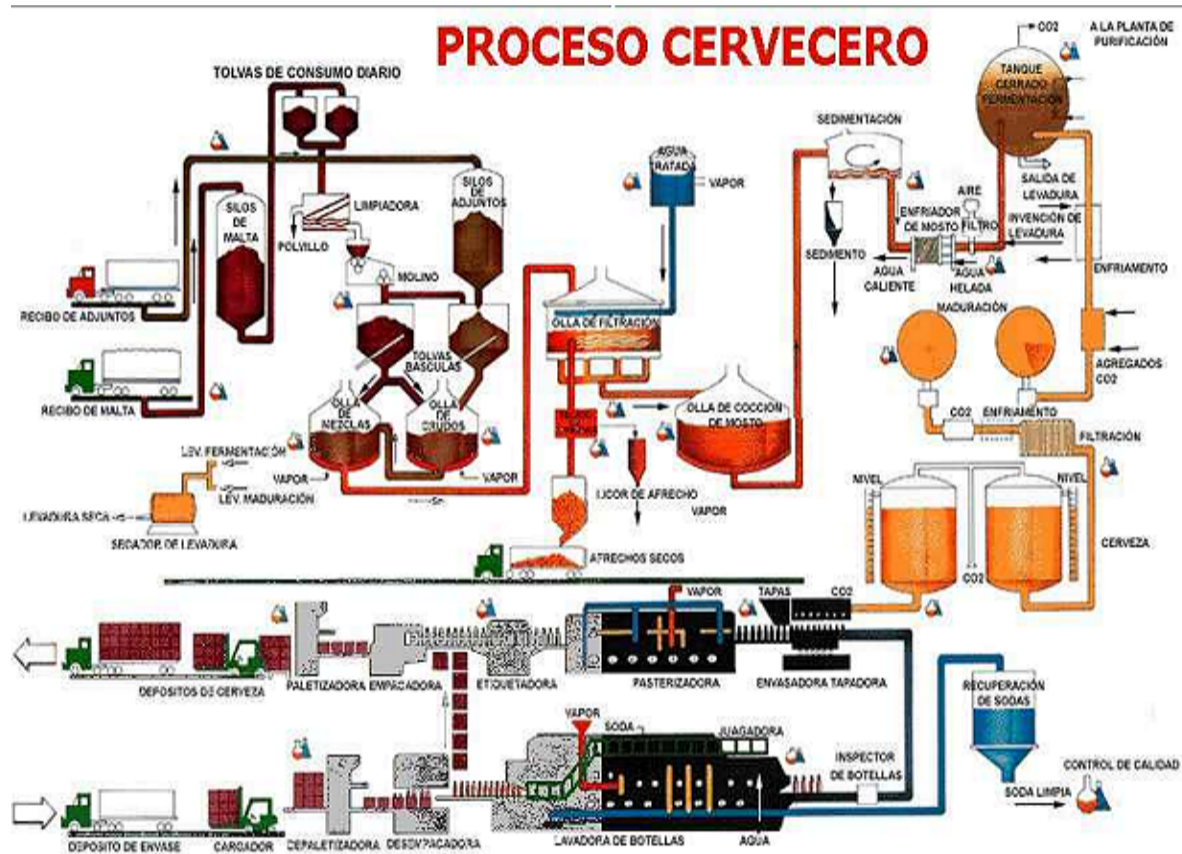
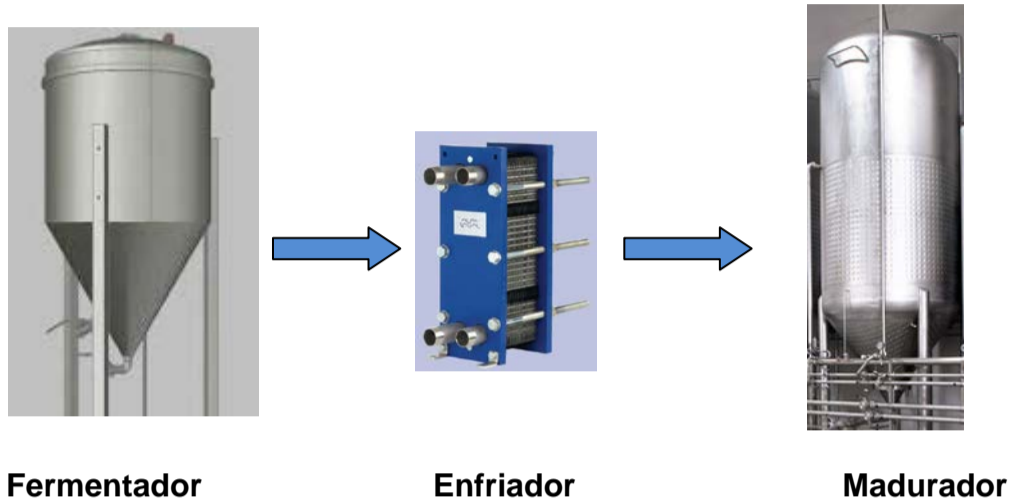


Figura 1. Proceso Cervecero

Este proyecto se origina por la necesidad de cumplir estándares globales en las temperaturas de enfriamiento del producto (-2 °C), su ejecución tomo seis meses cumpliendo todos los procesos para la ejecución de proyectos: inicio, planeación, ejecución y cierre. En las siguientes figuras se muestra la ubicación del proceso de trasiego:



Figura 2. Ubicación Sistema de Traslago.



Fermentador

Enfriador

Madurador

Figura 3. Esquema de Proceso Cervecer

El sistema de control original utilizaba para su funcionamiento una válvula reguladora de presión (mecánica) la cual mantenía la presión constante en el lado de amoniaco e indirectamente controlaba la temperatura del producto. Este sistema de control era ineficiente, producto de ello se muestra en la siguiente gráfica su comportamiento original:

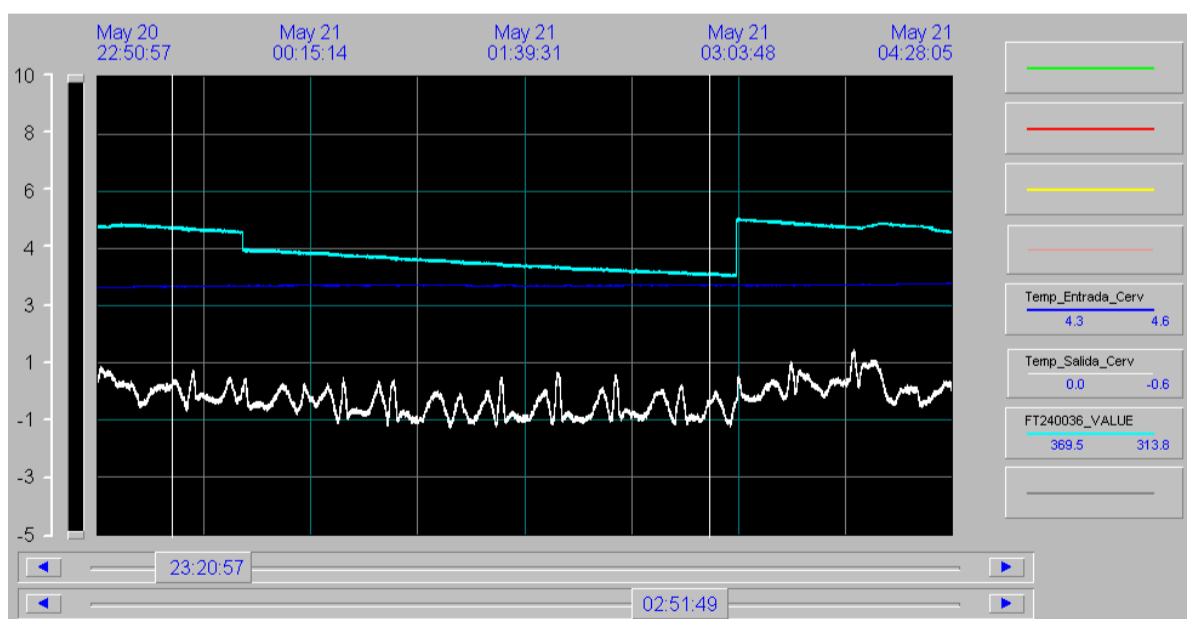


Figura 4. Curva de Temperatura de producto original

La realización de nuestro trabajo responde a los siguientes objetivos:

- Garantizar un proceso seguro y eficaz mediante un sistema de control óptimo.
- Garantizar la temperatura del producto luego del sistema de enfriamiento a -2°C y cumplir los estándares Globales de calidad para elaboración de cerveza, mediante la implementación de nuevos equipos de monitoreo y control.
- Ajustarse a las nuevas necesidades de crecimiento a través del uso de una plataforma de control moderna.

La seguridad del sistema está basada en la implantación de mediciones de presión-nivel en el lado de amoníaco (NH_3) y el bloqueo de válvulas cuando las condiciones así lo requieran.

Para garantizar la temperatura del producto se ha considerado la implantación de dos nuevos PID's de control: El primero entre la temperatura del producto y regulación de la nueva válvula de presión automática instalada y el segundo entre el nuevo nivel del tanque de acumulación de amoníaco y la válvula de ingreso de amoníaco líquido, a continuación se muestra la curva del comportamiento de la temperatura en los procesos: fermentación – trasiego - maduración:

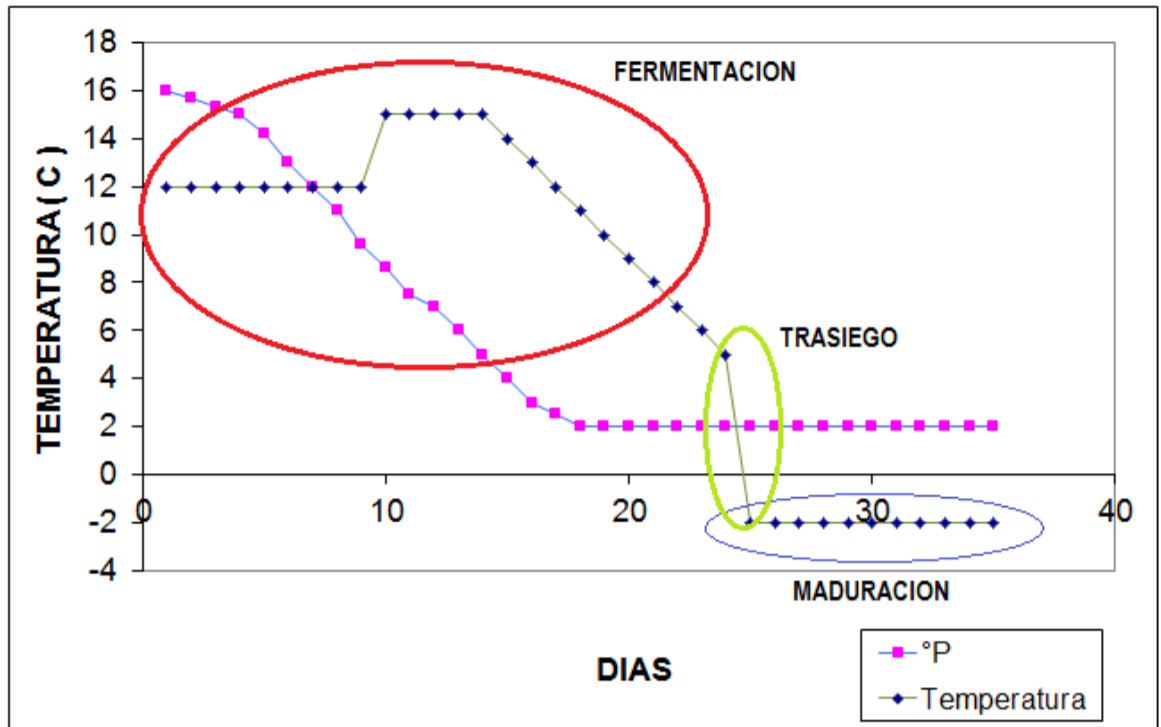


Figura 5. Curva Fermentación - Enfriamiento - Maduración

Para la adquisición de estas nuevas señales hemos considerado un nuevo concentrador de señales remoto y conectarlo vía Profibus DP al PLC de control del sistema de amoniaco existente, además de la visualización en el sistema SCADA instalado.

En el primer capítulo revisaremos al detalle la metodología implementada para la solución al problema propuesto (requerimientos de proceso, inventario de E/S, compatibilidad con los equipos de control existentes) y finalmente realizaremos la propuesta para la estrategia de control establecida.

En el segundo capítulo expondremos los principales beneficios obtenidos, tanto del punto de vista de proceso como desde el punto de vista de control y automatización industrial.

CAPITULO I:

1. SOLUCION TECNOLOGICA IMPLEMENTADA.

El estudio de este capítulo se enfoca en el diseño, dimensionamiento y selección de los equipos de control necesarios para un sistema completamente automático.

1.1 Consideraciones preliminares de diseño

En la primera parte de este capítulo se estudiarán las principales condiciones a tomar en cuenta en la selección de equipos (compatibilidad, funcionamiento, cantidad de variables de proceso, etc).

Una vez definidas las condiciones de trabajo, el estudio se enfocará en la selección de todos los equipos de control requeridos para la implementación (instrumentos, controlador, software, otros).

En la siguiente figura se muestra un diagrama en bloques del proceso en la que se resaltan los equipos materia de estudio de este capítulo.

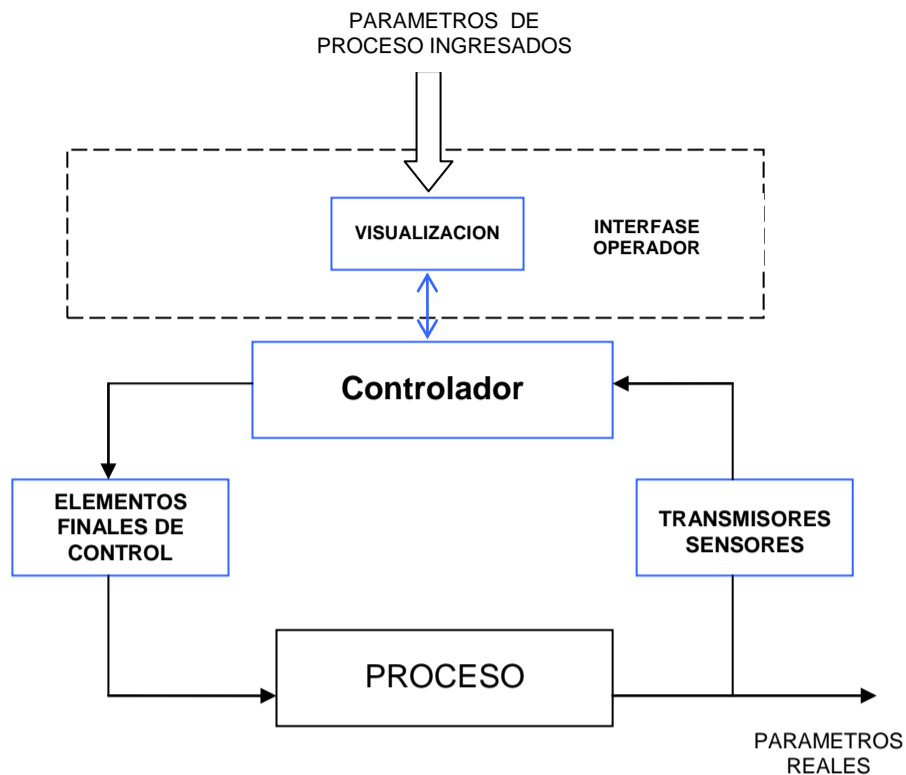


Figura 6. Diagrama en Bloques de Control

1.2 Requerimientos de producción

A continuación detallamos los principales requerimientos de producción:

1.2.1 Implementación de seguridades de manejo y operación del

enfriador.- Se consideran en el diseño dos tipos de seguridades para garantizar las presiones correctas de operación en el lado del amoniaco (NH₃):

- Seguridades físicas con el uso de válvulas de alivio de presión.
- Programación de bloqueos en la operación de equipos asegurando las correctas presiones de funcionamiento y control de nivel en el tanque de almacenamiento de Amoniaco líquido.

1.2.2 **Garantizar la temperatura de salida del producto.-** Es necesario mantener una temperatura de cerveza a la salida del enfriador a -2°C (variación max.: $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$). Para esto se ha diseñado un lazo de control entre un sensor de temperatura instalado a la salida del enfriador y una válvula reguladora para la salida amoniaco gas.

1.2.3 **Asegurar el caudal de operación estable.-** La capacidad nominal del enfriador es de 500 HI/hr por lo cual es necesario implementar un control de caudal para mantener esta variable fija, para esto se utiliza un variador de velocidad para el control de una bomba centrífuga y un medidor de flujo como se muestra en el siguiente diagrama de proceso:

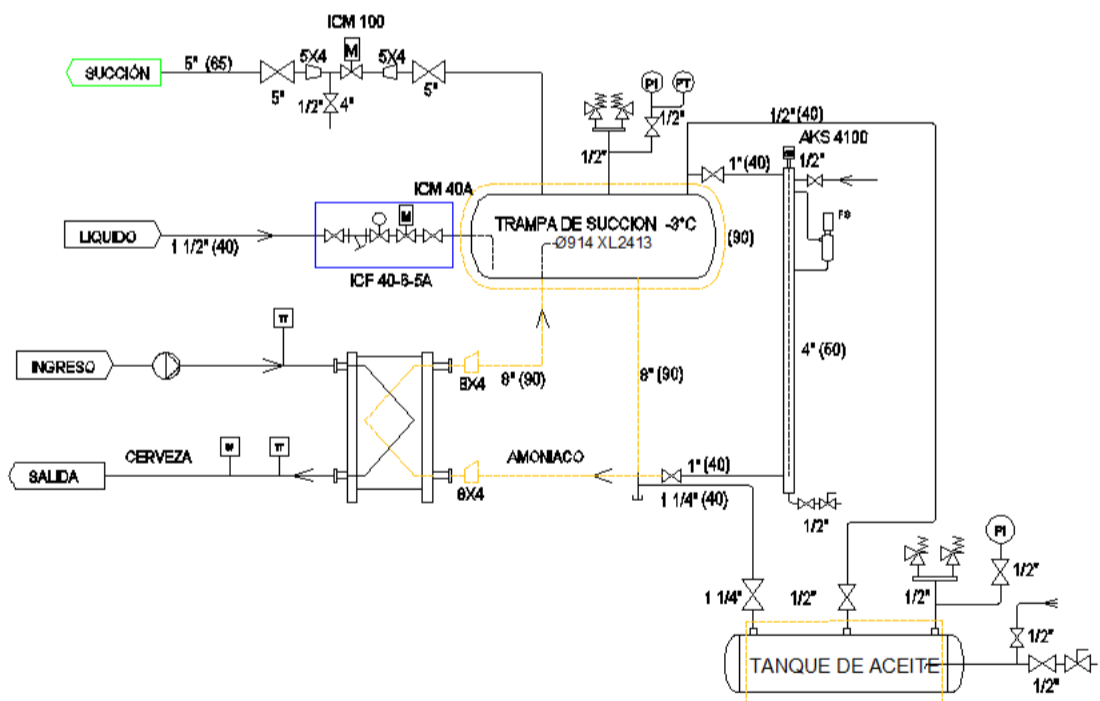


Figura 7. Diagrama P&ID Implementado.

1.2.4 **Interface Operación.-** El software deberá tener las siguientes características:

- ✓ Flexibilidad en la modificación de parámetros y estructura de proceso.
- ✓ Compatibilidad con sistema de supervisión y PLC de control.
- ✓ Almacenamiento de actividades y parámetros, a fin de obtener un registro de decisiones operativas.
- ✓ Fácil manejo y operación.

1.3 Inventario de señales de campo.

Una de las principales herramientas para la selección y el dimensionamiento de equipos lo constituye una correcta identificación y distribución de señales de campo. En el ANEXO 1.2 se muestra la distribución de señales de campo realizada:

- ✓ Entradas Discretas.
- ✓ Salidas Discretas.
- ✓ Entradas Análogas.
- ✓ Salidas Análogas

1.4 Compatibilidad con nuevos equipos de control.

De acuerdo a las nuevas tendencias de la planta de producción han de considerarse en el diseño la compatibilidad de los equipos existentes con los nuevos equipos de control, a continuación se detallan los más importantes:

✓ **Buses de comunicación.**- De acuerdo a las especificaciones revisadas en el área se mantienen los siguientes estándares de comunicación :

- Bus de campo: se incluirá un bus industrial RS-485 de acceso a terminales remotos para la adquisición de señales, los buses estándares utilizados para nuestro caso: Profibus DP.
- Bus de datos Industrial: A nivel de manejo de información de datos de visualización y control de lotes se considerara un protocolo basado en Industrial Ethernet 10/100, son utilizados actualmente en la planta: Profinet.
- Bus de datos administrativo: Ethernet TCP/IP.

✓ **Señales de control.**- Para la operación de equipos y manejo de señales de control se han estandarizado los siguientes tipos de señales:

Tipo de señal	Tipo
Entradas Discretas	24 Vdc.
Salidas Discretas	A relé contactos libres de potencial.
Entradas Análogas	4 a 20 mA. dos hilos
Salidas Análogas	4 a 20 mA dos hilos

Tabla 1. Tipo de Señales de Control

1.5 Dimensionamiento de variables de visualización

El nuevo sistema será capaz de aceptar la visualización de variables acorde a la cantidad de equipos instalados, a continuación se detalla una clasificación de variables de monitoreo de acuerdo a su tipo y función:

- ✓ **Dispositivos de Mando.-** se ha considerado la utilización de como máximo 25 accionamientos (motores, ventiladores, válvulas, etc). Cada dispositivo requiere la utilización de 23 variables para su visualización y configuración:

- Variables I/O Discretas.- Nueve bits visualizan el estado de cada dispositivo, cada uno de ellos se detalla a continuación:

No.	DESIGNACIÓN	TIPO	COMENTARIO
1	DM_boQL	BOOL	Visualización estado de salida PLC
2	DM_boBSP	BOOL	Señal de arranque / paro dispositivo
3	DM_boQSP	BOOL	Visualización de Falla de dispositivo.
4	DM_boBV	BOOL	Visualización dispositivo bloqueado
5	DM_boBA	BOOL	Visualización dispositivo encendido en automático.
6	DM_boRE	BOOL	Visualización confirmación encendido.
7	DM_boRA	BOOL	Visualización confirmación apagado.
8	DM_boHD	BOOL	Visualización dispositivo en manual / automático.
9	DM_boInvQL	BOOL	Activación salida con negación.

Tabla 2. Variables I/O discretas

- Variables I/O Enteras.- Catorce palabras dobles se encargan para la configuración del tipo y modo de cada dispositivo:

No.	DESIGNACIÓN	TIPO	COMENTARIO
1	DM_bySetpOffDelay	INT	Tiempo nominal de encendido de dispositivo
2	DM_bySetpOnDelay	INT	Tiempo nominal de apagado de dispositivo
3	DM_byStatus	INT	Estatus de dispositivo.
4	DM_byType	INT	Configuración de tipo de dispositivo
5	DM_iByte_QL	INT	Dirección de salida de periferia, primer dígito.
6	DM_iBit_QL	INT	Dirección de salida de periferia, segundo dígito.
7	DM_iByte_RE	INT	Dirección de confirmación de activación, p. dígito
8	DM_iBit_RE	INT	Dirección de confirmación de activación, s. dígito
9	DM_iByte_RA	INT	Dirección de confirmación de desactivación, p. dígito
10	DM_iBit_RA	INT	Dirección de confirmación de desactivación, s. dígito
11	DM_iHZUO	INT	Asignación de grupo manual.
12	DM_iSpMonTime	INT	Valor nominal tiempo de control
13	DM_iMonTime	INT	Valor real tiempo de control
14	DM_iUnitNo	INT	Asignación de unidad (Unit)

Tabla 3. Variables I/O Enteras

- ✓ **Dispositivos de Seguridad.-** Se ha contemplado la implementación de 3 dispositivos de seguridad (sensor de presencia de flujo, switch de nivel alto y sensor de presión).

En resumen la cantidad total de variables de visualización se expresa de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Total variables visualización} &= \Sigma \text{ Dispositivos de Mando discretos} \\ &+ \Sigma \text{ Dispositivos de mando enteros} \\ &+ \Sigma \text{ Dispositivos de seguridad.} \end{aligned}$$

$$\text{Total variables visualización} = (9 \times 25) + (14 \times 25) + 3 + \text{Reserva (4\%)}$$

$$= 598 \text{ variables requeridas.}$$

1.6 Arquitectura de Control.- A continuación se muestra la arquitectura de control propuesta:

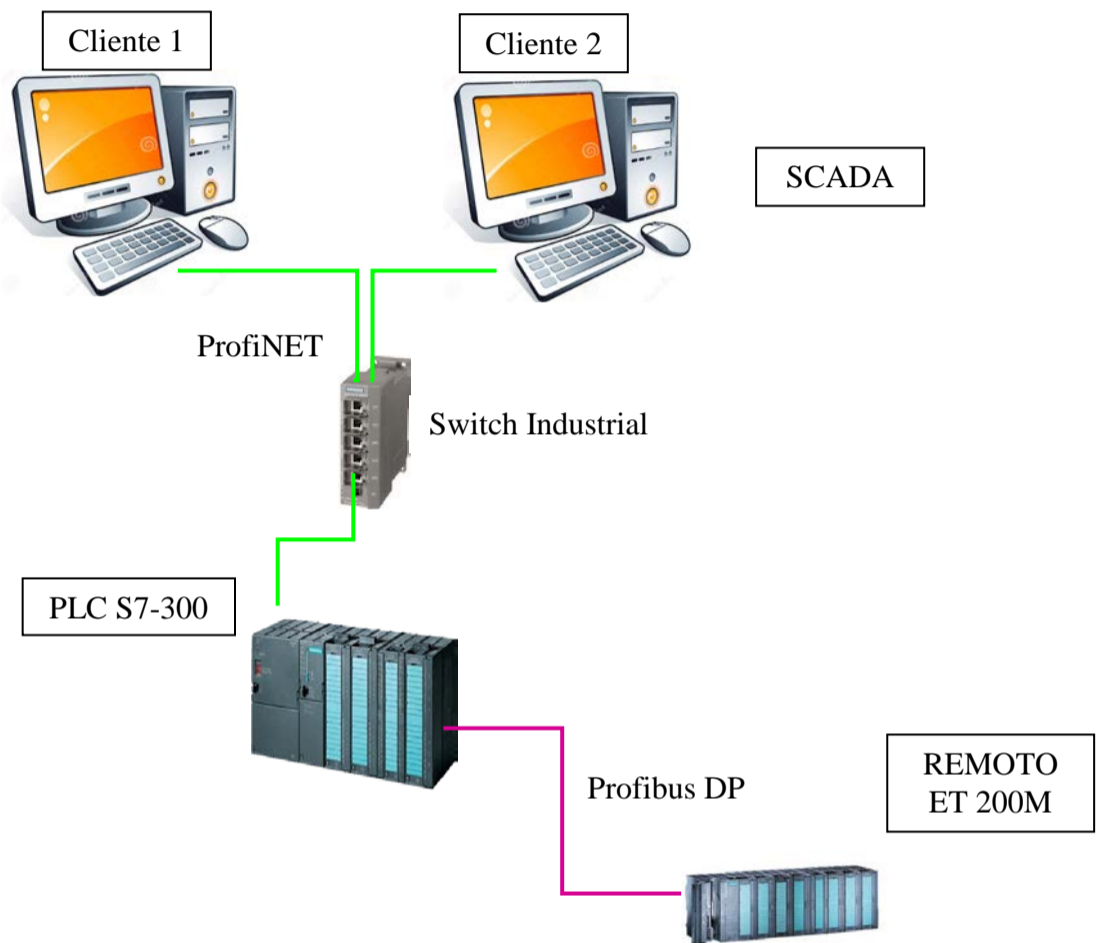


Figura 8. Arquitectura de Control

CAPITULO II:

2. RESULTADOS OBTENIDOS.

En la gráfica siguiente se muestra el sistema de visualización diseñado, se detallan claramente todos los elementos de control seleccionados:

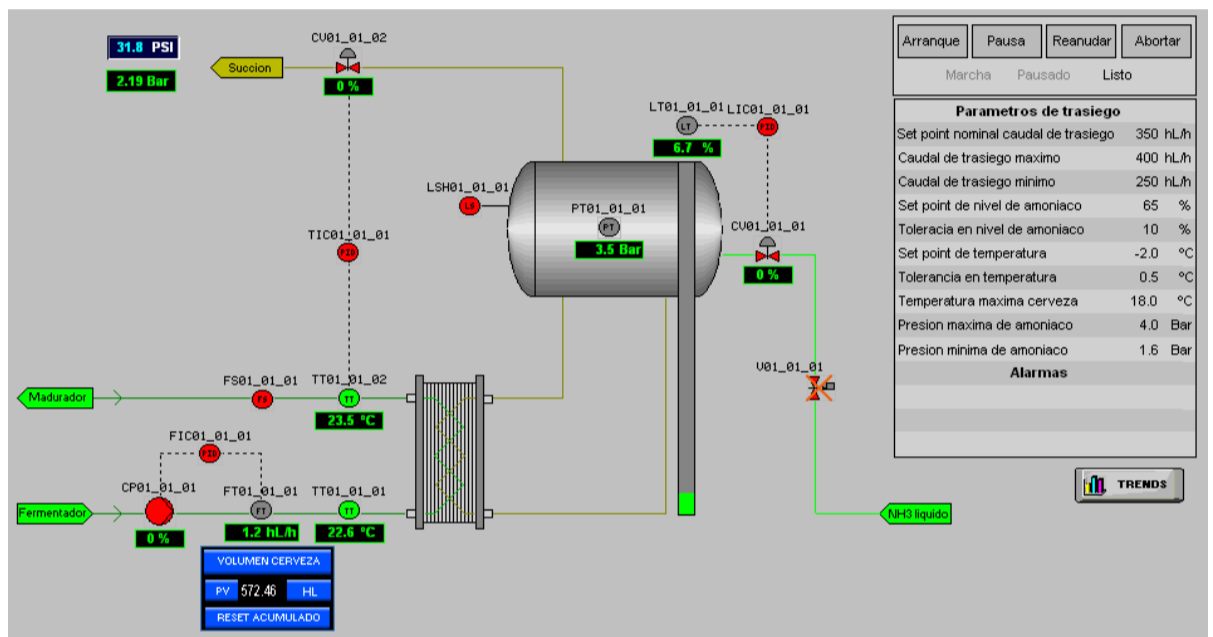


Figura 9. Pantalla de visualización.

A continuación se detallan los principales resultados obtenidos luego de la implementación:

2.1 Disminución del tiempo de trasiego.- Una vez implementada la solución de control de caudal de cerveza se obtuvo una disminución en el tiempo de trasiego de 8 horas iniciales a 6 horas efectivas. Esto genera un incremento de capacidad para el sistema de trasiego en un 25%.

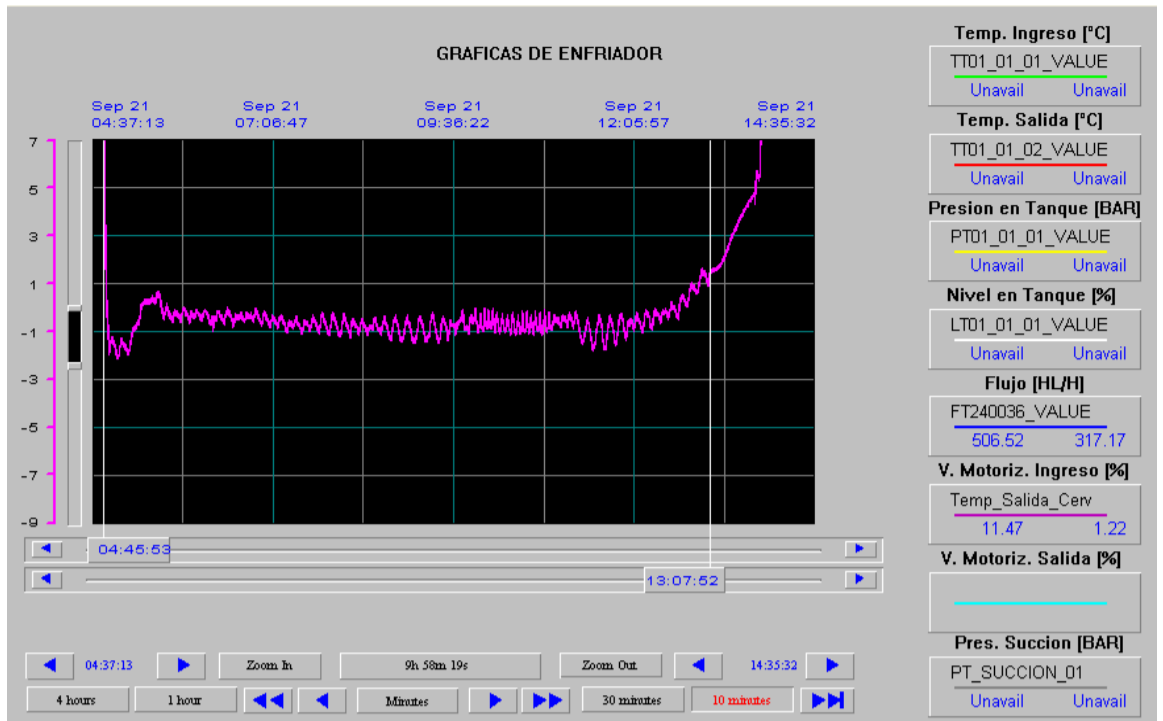


Figura 10. Duración Trasiego pre – implementación (8 hr).

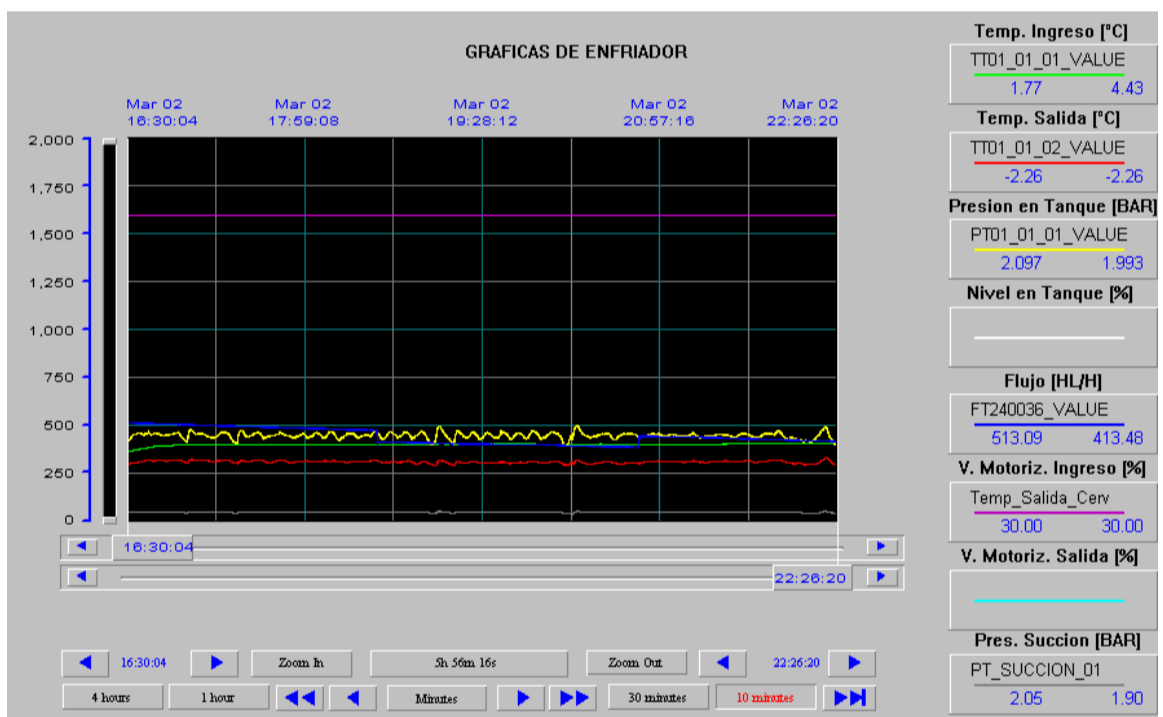


Figura 11. Duración Trasiego post implementación (6 hr).

2.2 Estabilidad de temperatura de producto.- Inicialmente la temperatura del producto no era estable adicional a esto no se alcanzaba más allá de -1°C:

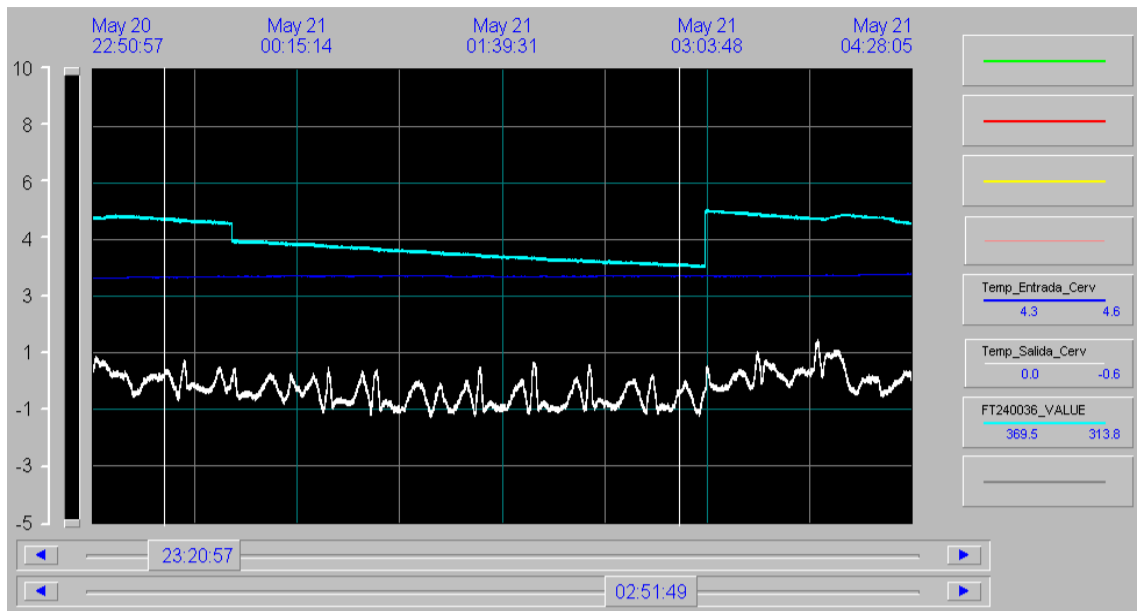


Figura 12. Comportamiento Temp. Pre-implementación

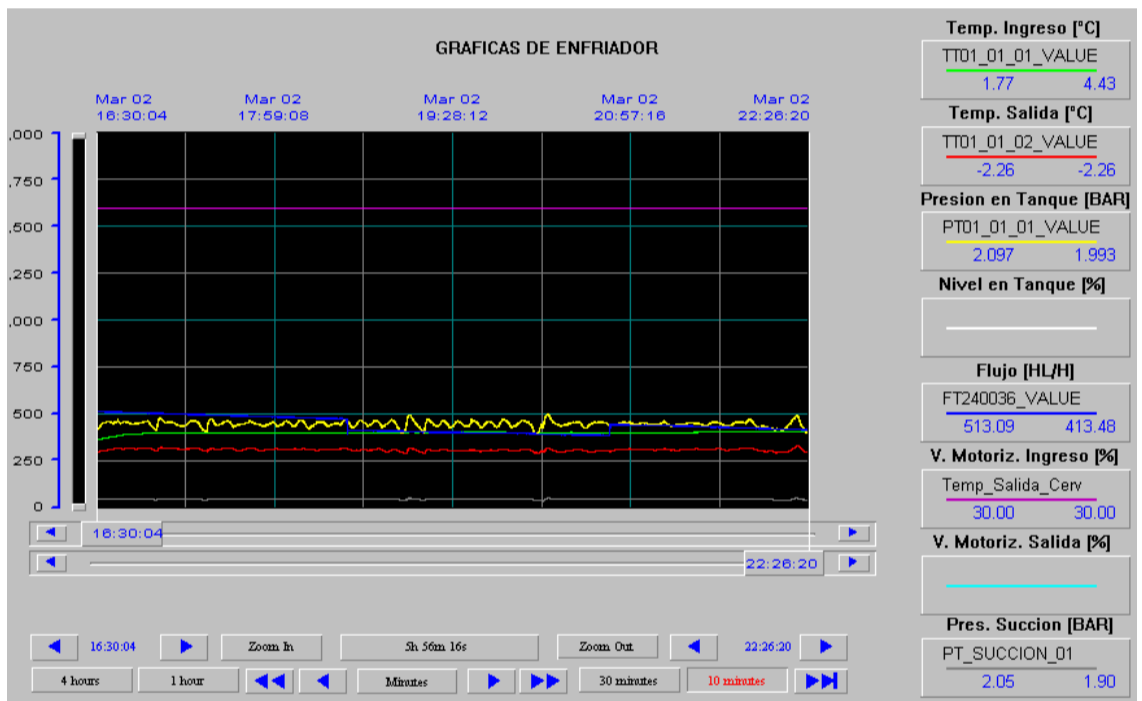


Figura 13. Comportamiento Temp. Post-implementación

Luego de la implementación se obtuvo una temperatura estable de -2°C , con una variación máxima de $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$.

2.3 Estabilidad de Caudal.- Originalmente conforme transcurría el tiempo de enfriamiento el caudal decaía desde 500 HI/hr a 300 HI/hr como se muestra en la siguiente gráfica:

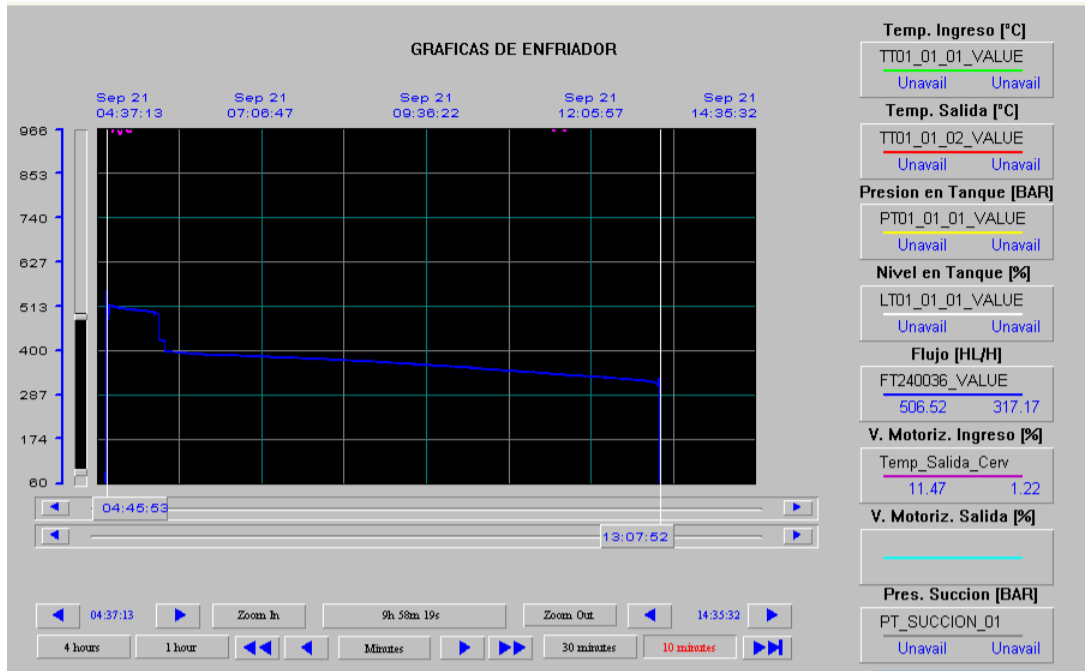


Figura 14. Comportamiento Caudal pre-implementación.

Luego de la implementación se obtuvo el siguiente resultado utilizando la misma bomba originalmente instalada:

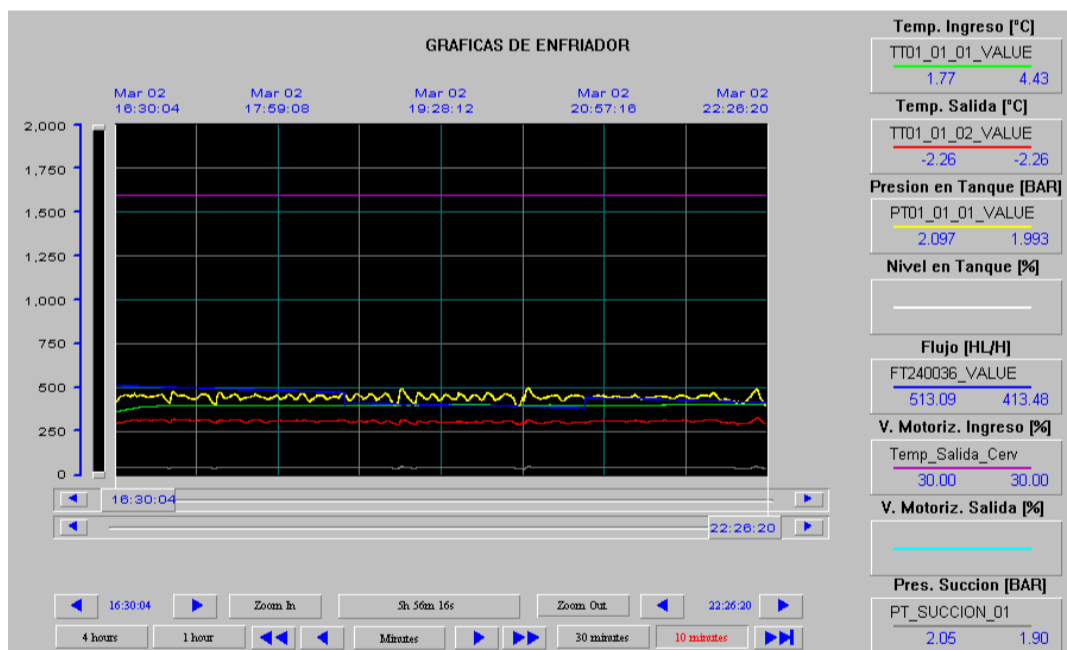


Figura 15. Comportamiento Caudal post-implementación

2.4 Disminución del consumo de energía eléctrica.-

Originalmente el sistema de trasiego antiguo operaba utilizando tres compresores de amoniaco, cada uno con una capacidad de 200 HP, luego de la implementación se utilizaron únicamente dos compresores de amónico, disminuyendo la potencia en un 33%, mientras que la disminución de energía consumida por cada período de enfriamiento alcanzó el 50% de ahorro.

Potencia (HP)	Potencia (Kw)	In (Amps)	# Comp.	Potencia Total (Kw)	Tiempo (hr)	Energía (kw/hr)
200,00	149,14	236,79	3	447,42	8,00	3.579,36
200,00	149,14	236,79	2	298,28	6,00	1.789,68
			Ahorro Potencia:	33%	Ahorro Energía	50%

Tabla 4. Disminución de consumos de Energía

Desde el punto de vista de facturación de energía (costos) el ahorro obtenido se muestra en la siguiente tabla:

Energía (kw/hr)	Costo Energía (c\$)	Ahorro Semanal (\$)	Ahorro Anual (\$)
3579,36	\$ 0,081	\$ 1.159,71	\$ 60.305,06
1789,68	\$ 0,081	\$ 579,86	\$ 30.152,53
			50%

Tabla 5. Ahorro consumo energía

Para efectos de benchmarking el aporte del índice de consumo de energía eléctrica versus el volumen producido de detalla en el siguiente cuadro:

Energía (kw/hr)	Volumen (HI)	Indice Kw-hr/HI
3.579,36	4000	0,89
1.789,68	4000	0,45
	Disminución	50%

Tabla 6. Disminución índice (Energía/Volumen)

2.5 Mayor seguridad en el manejo de amoniaco (NH3).- Con la implementación de nuevos instrumentos de medición y la programación de bloqueos de seguridad se garantiza el correcto manejo de amoniaco líquido en el sistema.

CONCLUSIONES

En la industria ecuatoriana y particularmente en la alimenticia la implementación de nuevos sistemas de automatización han generado considerables ahorros en producción, mejora en calidad y demás beneficios ya conocidos por nosotros, esto ha originado una creciente demanda de personal especializado y la creación de herramientas cada vez más eficientes y rápidas de implementar. Al mencionar nuevos sistemas no se descarta la imposición de soluciones cerradas y raramente conocidas por personal técnico local, por este motivo la presentación de este trabajo propone una nueva herramienta de rápida implementación, fácil uso y aplicable en el manejo de cualquier sistema de control continuo en la industria cervecera.

Hemos utilizado como herramienta de control de proceso “como hacerlo” un Controlador Lógico Programable (PLC sin importar la marca) y como sistema de visualización “que hacer” al software Intouch, que se diseñó de manera local. El desarrollo de bloques en la programación, las unidades de procesamiento y gráficas para el monitoreo se ha realizado pensando siempre en la estandarización, recordemos que en la industria siempre existirán elementos discretos (motores, válvulas) y análogos (variadores, posicionadores) a controlar. En el siguiente resumen detallamos las principales ventajas obtenidas y recomendaciones de nuestra nueva implementación:

1. Para lograr los objetivos planteados en una nueva solución es necesaria la fijación de metas y una correcta planificación de actividades en la que se incluya el conocimiento del proceso, un levantamiento real de señales de campo y la correcta operación de equipos.

2. Como resultado de nuestra implementación hemos logrado reducir los tiempos trasiego en un 25%, variación en temperatura de proceso máxima de +/- 2°C, disminución del consumo de energía en un 50% y ahorros netos anuales de \$USD 30.000,00.
3. La rápida difusión de Ethernet en las redes domésticas (LAN, WAN, etc) y en la industria a través de Industrial Ethernet nos obligan a tomar precauciones al momento de su implementación en el proceso, aunque toda la información de planta puede viajar por el mismo medio se recomienda su separación a través de la utilización de gateways y/o restricciones de acceso a direcciones IP desconocidas en los servidores industriales.
4. La inversión en tecnologías de automatización en nuestro país debe considerarse como una estrategia clave de competitividad, no invertir en esta tecnología o sin un plan estratégico claramente definido (meta) puede provocar ser desplazado por la competencia.
5. En caso de avería de cualquiera de las estaciones de monitoreo es posible operar con el otro equipo instalado en redundancia.
6. En caso de una falla intempestiva de energía se habilita un bit en el PLC el cual deshabilita todos los dispositivos. Para realizar un re-arranque completo es necesario re-armar manualmente el panel principal y reconocer las fallas de proceso activadas.

RECOMENDACIONES

A continuación detallamos las principales recomendaciones:

1. Los instrumentos de campo y principalmente los sensores de temperatura deben calibrarse en sitio, utilizando los materiales de contacto a operar, en nuestro caso cerveza.
2. Para una correcta funcionalidad del sistema es necesaria una paulatina revisión de purgas de amoníaco para la eliminación de humedad y aceite del sistema, recomendamos una ruta de inspección semanal.
3. Finalmente las nuevas tendencias del momento obligan a la constante actualización de las industrias, al conocimiento de nuevas herramientas de diseño en automatización industrial y a la constante actualización de conocimientos. En nuestro trabajo hemos dado dos pasos importantes la implementación de un sistema robusto de control estandarizado, para obtener mejores resultados se recomienda la implementación a futuro de herramientas de transferencia de información de proceso hacia un Sistema de Planificación de recursos (ERP *enterprise resource planning*) SAP.

Esperamos que este pequeño aporte a la automatización ecuatoriana, implementado con la ayuda de personal netamente local sea un estímulo para se incentive el diseño de nuevas herramientas de control aplicables a nuestra industria.

BIBLIOGRAFIA

1. ING. SERGIO SZKLANNY / ING. CARLOS BEHREND, Sistemas Digitales de Control de Procesos 2^{da} Edición. Editorial Control S.R.L.
2. ANTONIO CREUS. Instrumentación Industrial. 6ta edición. Alfa Omega.- Marcombo.
3. PERRY S.MARSHALL Y JOHN S. RINALDI, Industrial Ethernet 2^{da} Edition.
4. JOSEF WEIGMANN / GERHARD KILIAN, Decentralization with PROFIBUS DP/DPV1, Structure, configuration and use of PROFIBUS DP with SIMATIC S7, Siemens.
5. MANUAL DE BAJA TENSION, criterios de selección de aparatos de maniobra e indicaciones para el proyecto de instalaciones y distribución. Siemens.
6. SIRIUS, System Manual 2^{da} Edición, Siemens.
7. NEC 1999, Código Eléctrico Nacional.
8. INDUSTRIAL COMMUNICATION, Comunicación industrial para Automation and Drivers, Siemens.
9. SIMATIC NET Industrial Ethernet, Siemens White Paper, rev.: Oct. 1999.
10. SIMATIC NET Industrial Communication with PG/PC, Siemens, rev.: Nov. 2003.
11. SIMATIC NET Twisted-Pair and Fiber-Optic Networks, Siemens, rev.: mayo 2005.

REFERENCIAS INTERNET

- <http://www.profibus.com/pb/>
- <http://www.automatas.org/>
- <http://www.modbus.org/>
- <http://www.automation.siemens.com>
- <http://www.schneider-electric.com>
- <http://www.telemecanique.com/en>
- <http://www.plcopen.org>
- <http://olmo.pntic.mec.es/~jmarti50/neumatica/neumatica.html#inicio>
- <http://www.redesafull.com.ar/>
- <http://www.internet.ve/asic/iec1131-3.html>

GLOSARIO DE TERMINOS

AWL	Lista de Instrucciones
CPU	Unidad Central de Procesamiento
CSMA/CD	Acceso Múltiple con Detección de Portadora y de Colisión.
DM	Modulo de Dispositivo
DB	Base de Datos
DP	Periferia descentralizada
ERP	Sistema general de administración de recursos
FC	Función de Control
HMI	Interfase Hombre Maquina
ISO	Organización Internacional de Normalización
I/O	Entrada Y/O Salida
KW	Kilovatio
LAN	Área de red local
NEMA	Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de los Estados Unidos (National Electrical Manufacturers Association).
NH3	Amoniaco
OB	Bloque de Organización
OSI	Interconexión de Sistemas Abiertos
PT	Transmisor de Presión
PID	Proporcional, Integral, derivativo
PLC	Controlador Lógico Programable
RTD	Resistencia dependiente de temperatura
RAM	Memoria de acceso aleatorio
ROM	Memorias de lectura solamente
TT	Transmisor de Temperatura.
TCP	Protocolo de Control de Transmisión
VAC	Voltaje Alterno
VDC	Voltaje Directo

ANEXOS

ANEXO 1.1 Diagrama P&ID

ANEXO 1.2 Detalle de entradas y salidas del sistema

ANEXO 1.3 Detalle de instrumentos de campo.

ANEXO 2.1 Arquitectura de control

ANEXO 2.2 Planos eléctricos.

ANEXO 2.3 Programa

ANEXO 2.4 Costos

ANEXO 2.5 Cronograma de implantación.

ANEXO 1.1
DIAGRAMA P&ID

ANEXO 1.2

DETALLE DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL SISTEMA

ANEXO 1.3
DETALLE DE INSTRUMENTOS DE CAMPO

ANEXO 2.1
ARQUITECTURA DE CONTROL

ANEXO 2.2
PLANOS ELECTRICOS

ANEXO 2.3
PROGRAMA (CD ADJUNTO)

ANEXO 2.4

COSTOS

ANEXO 2.5
CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACION