



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**INTEGRACIÓN DE SILO 5 A CONTROL DE PROCESO,
ALMACENAMIENTO DE LECHE PASTEURIZADA**

**TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA
PROFESIONAL**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECATRÓNICO

PRESENTA:

DEMETRIO ANTONIO TINOCO FLORES

NOMBRE DEL ASESOR:

MTRA. MARÍA GUADALUPE LÓPEZ ROBLES



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Apizaco
Electrónica

Apizaco, Tlaxcala, **30/agosto/2023**

Departamento: Ingeniería Eléctrica y Electrónica
No. OFICIO IEE/459/2022

Asunto: Liberación de Proyecto
para la Titulación Integral

MARTIN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E.

Por este medio me permito informar a usted que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

Nombre del egresado:	DEMETRIO ANTONIO TINOCO FLORES
Carrera:	INGENIERÍA MECATRÓNICA
No. de Control:	13370731
Nombre del proyecto:	"INTEGRACIÓN DE SILO 5 A CONTROL DE PROCESO, ALMACENAMIENTO DE LECHE PASTEURIZADA".
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradeciendo de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados, le envió un cordial saludo.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®*



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA ELÉCTRICA
Y ELECTRÓNICA

HÉCTOR ESCOBAR JARDINES
JEFE DEL DEPTO. DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

MARÍA GUADALUPE LÓPEZ ROBLES	HAYDEE PATRICIA MARTÍNEZ HERNÁNDEZ	HÉCTOR ESCOBAR JARDINES
Nombre y Firma del Asesor	Nombre y Firma del Revisor	Nombre y Firma del Revisor



Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec,
Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 144,
e-mail: electronica@apizaco.tecnm.mx tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



2023
AÑO DE
Francisco
VILLA
EL REVOLUCIONARIO DEL PUEBLO



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Apizaco, Tlax., **04/septiembre/2023**
No. OFICIO: DEP-CT/611/2023

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

DEMETRIO ANTONIO TINOCO FLORES
EGRESADO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
CON NÚMERO DE CONTROL: 13370731
P R E S E N T E

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** cuyo tema es: **"INTEGRACIÓN DE SILO 5 A CONTROL DE PROCESO, ALMACENAMIENTO DE LECHE PASTEURIZADA"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESION

Sin otro particular por el momento, le envió un cordial saludo.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®*



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO


MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

c.p. archivo



Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec,
Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 304,
e-mail: dep_titulación@apizaco.tecnm.mx



2023
ASOCIACIÓN
**Francisco
VILA**

AGRADECIMIENTOS

- Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres por su amor, apoyo y dedicación incondicional durante toda mi vida. Gracias a su sacrificio, perseverancia y determinación. Los quiero con todo mi corazón y siempre estaré agradecido por tener unos padres tan maravillosos como ustedes.
- Con mucho gusto puedo extender mi agradecimiento al Instituto Tecnológico de Apizaco y a todos sus profesores por la educación, preparación y atención prestada a sus estudiantes.
- Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Benjamín Flores Flores por su inmensa generosidad, sabiduría y amistad durante todo el tiempo que lo he conocido. Él no solo me abrió las puertas de su casa, sino que también me brindó su tiempo, paciencia, consejos y apoyo incondicional. Gracias a su ejemplo y enseñanzas, aprendí la importancia de la perseverancia, la paciencia y la gratitud, y pude enfrentar los desafíos de la vida con más fortaleza y sabiduría.
- A la maestra María Guadalupe López Robles quiero expresar mi más sincero agradecimiento por todo el apoyo y asesoramiento que me brindó durante mis residencias profesionales. Fue un verdadero privilegio tenerla como mi mentora y trabajar bajo su dirección.

Índice general

1. RESÚMEN	
2. INTRODUCCIÓN	
2.0.1. AM control	
3. PROBLEMAS A RESOLVER, PRIORIZÁNDOLOS	1
4. OBJETIVOS	4
4.1. Objetivos generales	4
4.2. Objetivos específicos	4
5. JUSTIFICACIÓN	6
6. MARCO TEÓRICO	9
6.1. Número de Reynolds	9
6.2. Control automático	9
6.3. Control	11
6.4. Control PID	13
6.4.1. Funcionamiento	16
6.4.2. Usos del PID	17
6.5. Conductividad	17
6.5.1. Unidad de medida Siemens	17
6.5.2. Unidad de medida Ohm	18
6.6. Conectores clamp	19
6.7. Protocolo HART	19
6.7.1. Características de protocolo HART	20
6.7.2. Redes HART	20
6.8. DeviceNet	21

6.8.1.	Características protocolo DeviceNet	23
6.8.2.	DeviceNet Y Can	23
6.9.	CIP Clean in place	26
6.9.1.	Condiciones y características del sistema CIP en la industria láctea	27
6.9.2.	Círculo de Sinner	27
7.	Desarrollo	29
7.1.	Tanques	29
7.1.1.	Selección del tipo de material	31
7.1.2.	Características del producto	36
7.1.3.	Densidad de la leche	37
7.1.4.	Viscosidad de la leche	39
7.1.5.	Agitador del tanque	40
7.1.6.	Prevención del vórtice.	42
7.1.7.	Grosor de la pared del silo	43
7.2.	Control de temperatura del silo	46
7.2.1.	Espesor de la cubierta térmica del silo	47
7.2.2.	Sensor de temperatura PT100	49
7.3.	Proceso de llenado del tanque	50
7.3.1.	Metodología para llegar a sintonizar un PID	51
7.3.2.	Método para sintonización de un PID por la ganancia crítica en lazo cerrado de Ziegler-Nichols	52
7.3.3.	Modelo Temperatura y llenado	53
7.3.4.	Como ingresar los valores al PLC SLC500	54
7.4.	Comparadores SCL y SCP para entradas analógicas.	55
7.4.1.	Entrada SCL	55
7.4.2.	Entrada SCP	57
7.5.	Recibo	58
7.6.	Pasteurización	60
7.7.	Registrador del pasteurizador	61
7.8.	Descripción del proceso de pasteurizado	62
7.9.	Proceso de recepción de leche pasteurizada	63
7.10.	Clúster	63
7.11.	C.I.P.	65
7.11.1.	Porque utilizar un CIP	65
7.11.2.	Tipos de sistemas CIP	65
7.11.3.	Enjuague rápido	66

7.11.4. Fase alcalina	66
7.11.5. Fase ácida	66
7.11.6. Proceso de Limpieza CIP	67
7.11.7. Pantallas de los CIP	68
7.11.8. Control de flujo pinchart	68
7.11.9. Plano de las placas diversoras	70
8. CONCLUSIONES	71
9. RESULTADOS	73
9.0.1. Control de la variable de temperatura del silo	73
9.0.2. Control de la variable de volumen del silo	74
9.0.3. Control de la variable de temperatura del CIP	76
9.0.4. Control de la variable de mezcla ácida	77
10.COMPETENCIAS DESARROLLADAS	79
11.FUENTES DE INFORMACIÓN	81

Capítulo 1

RESÚMEN

Al introducir nuevas líneas de envasado se hizo un reemplazo del tanque 3 por el silo 5. Además, se realizaron actualizaciones en el control de las entradas y salidas de las válvulas y sensores correspondientes, así como de las variables de temperatura, tiempo y volumen, para garantizar un adecuado funcionamiento del proceso de producción.

Se realizan los cálculos y pruebas necesarios para superar las normas de calidad implementadas en el proceso de producción, como las pruebas hidrostáticas, de presión, higiene y accesibilidad. Estas pruebas son importantes para garantizar la seguridad y calidad, y se llevan a cabo mediante rigurosos estándares y protocolos. Al realizar los cálculos pertinentes.

Con el objetivo de prevenir la contaminación en los contenedores, tuberías y ductos tras el vaciado, se realiza un proceso de lavado y enjuague de todos los componentes del circuito utilizando el sistema CIP. Este proceso se lleva a cabo antes de proceder con el próximo llenado del silo, asegurando que todo esté listo para la siguiente etapa de envasado.

Se lleva a cabo un reemplazo del sistema de control clásico de la planta por un sistema HMI que permite una visualización en tiempo real del funcionamiento de cada etapa del proceso. Esta actualización permite una mayor eficiencia en el monitoreo y control de la planta, lo que se traduce en una mejora en la calidad del producto final.

Capítulo 2

INTRODUCCIÓN

La producción de leche pasteurizada es una actividad fundamental en la industria alimentaria. Este proceso asegura la eliminación de microorganismos patógenos y de la mayoría de las bacterias presentes en la leche, lo que permite su consumo sin riesgos para la salud. En Lechería Querétaro, se tiene en cuenta la importancia de esta actividad y se realiza una cuidadosa supervisión de este.

Cada vez que se pasteuriza la leche, se somete a un tiempo de calentamiento y enfriamiento súbito en un pasteurizador. Este proceso se realiza con el fin de eliminar los microorganismos presentes en la leche y disminuir el riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos. El pasteurizador es un equipo crucial en esta fase, ya que permite controlar la temperatura y el tiempo de exposición de la leche al calor. Una vez que termina este proceso, se almacena en un Silo de leche pasteurizada a una temperatura baja para evitar la proliferación de bacterias y hongos.

Este Silo es un recipiente diseñado para el almacenamiento de grandes cantidades de leche. El aislamiento térmico es necesario para minimizar la transferencia de calor desde el ambiente exterior al interior del silo y viceversa. Si el silo no está aislado térmicamente, la temperatura de la leche almacenada puede verse afectada por las variaciones de temperatura del ambiente, lo que puede provocar que se degrade o se eche a perder.

Además, la leche es un producto perecedero que puede contaminarse fácilmente si se almacena a temperaturas incorrectas. El enfriamiento es una forma efectiva de mantener la leche fresca y segura para el consumo humano,

ya que ralentiza el crecimiento de bacterias y otros microorganismos que pueden descomponer la leche.

Por otro lado, si el sistema de enfriamiento no está bien controlado, puede ocurrir que la leche se congele. La congelación puede afectar la calidad de la leche y su capacidad para ser procesada o utilizada en la fabricación de productos lácteos.

Por lo tanto, contar con un control de temperatura adecuado en el silo es crucial para garantizar la calidad y la seguridad de la leche almacenada. Esto permite mantener una temperatura constante y óptima durante todo el proceso de almacenamiento y evitar cualquier riesgo de contaminación o degradación de la leche.

En Lechería Querétaro, se toman todas las medidas necesarias para garantizar la calidad de la leche. Para ello, se llevan a cabo pruebas periódicas para detectar la presencia de microorganismos, lo que ayuda a generar números estadísticos que dará paso a una correcta parametrización durante el almacenaje.

Además, se está planificando la ampliación de la producción de leche pasteurizada. Para esto, se contempla la implementación de un silo de mayor capacidad y la integración de un sistema de control de variables por medio de un HMI, así como un cambio de sensores acorde a la capacidad del nuevo silo.

El HMI permitirá monitorear y controlar de manera más precisa las variables críticas del proceso, como la temperatura y el nivel de la leche en el silo. De esta forma, se garantiza un mayor control sobre el proceso de producción y se asegura la calidad del producto final. Se realizan controles de calidad periódicos y se mantiene una comunicación constante con las autoridades sanitarias para asegurar que se cumplan todas las normativas y se mantengan los estándares de calidad.

2.0.1. AM control

La empresa de ingeniería AM control, ubicada en Pról. González Gallo No.1934 -201, Int. Condominio Tulipanes Col. Olivos, Tlaquepaque, Jalisco, se destaca por su diversidad en el campo de trabajo en el que se desarrolla. AM control brinda soluciones de automatización y control industrial a diversos sectores, incluyendo la industria aeronáutica, automotriz, alimentaria y de entretenimiento.

En el sector aeronáutico, AM control colabora en la producción de aviones y otros vehículos aéreos. Esto incluiría el control de sistemas de ensamblaje, pintura, mantenimiento a tren de aterrizaje. La industria aeronáutica es un sector que demanda altos estándares de seguridad y eficiencia, lo cual representa un gran desafío para los ingenieros de AM control. En este sentido, la empresa está comprometida a desarrollar soluciones innovadoras que permitan mejorar los procesos de producción seguridad del transporte ya que conlleva una gran responsabilidad social.

En la rama automotriz, AM control desarrolla soluciones de automatización y mecánica para mejorar la seguridad en la fabricación de vehículos automotores. La empresa colabora en subsecciones como el ensamblaje, pintura y otras áreas de producción. La industria automotriz es una de las más competitivas y exigentes en cuanto a calidad y eficiencia. Sin embargo, gracias a su experiencia y conocimientos en automatización y control industrial, AM control está capacitada para brindar soluciones innovadoras que permitan mejorar la productividad y la calidad de los productos.

En el sector alimentario, AM control desarrolla soluciones para mejorar Tiempos y Calidad en la preparación de alimentos. Esto incluiría el control de sistemas de empaquetado, almacenamiento, fermentación, preparación de materias primas, horneado, mezclado y dosificación. La industria alimentaria es una de las más reguladas y controladas en cuanto a calidad e higiene. Gracias a su experiencia en los procesos de producción alimentaria, AM control puede ofrecer soluciones innovadoras que permitan mejorar la calidad y efectividad en la producción.

Finalmente, en el sector de entretenimiento, AM control colabora en la sincronización de movimientos automáticos y control de luces en espectáculos y conciertos. La empresa desarrolla soluciones de automatización y control para sincronizar los movimientos de las luces con respecto al espectro audi-

ble de una canción. El sector de entretenimiento es uno de los más creativos y demandantes en cuanto a espectacularidad y eficiencia, Sin embargo, AM control está capacitada para brindar soluciones innovadoras que permitan mejorar los espectáculos y eventos.

En el mundo empresarial existen líderes destacados que han logrado posicionarse en la cima gracias a su experiencia y habilidades en su área. Uno de estos líderes es el Ingeniero José Rizo Rubio, dueño y gerente general de la empresa AM control, quien ha demostrado su capacidad para vencer grandes retos y encontrar soluciones innovadoras en el ámbito de la automatización de procesos y control de calidad. Tengo la fortuna de conocerlo durante mis residencias profesionales, donde fungió como mi asesor externo, y desde entonces he admirado su conocimiento y habilidades.

La trayectoria profesional del ingeniero Rizo Rubio es impresionante. Ha trabajado en importantes empresas del sector industrial como Honda, Emerson Electrics PIAMSA, Tapones premium, Leche Querétaro, Lechería Vaquita, SAyton Logistics, Palermo, Sello Rojo, El imperial, Embotelladora Nayar, Lechera la pureza, Santa Mónica Lechería, MAVER, entre otros. Donde ha desempeñado funciones de alta responsabilidad, lo que le ha permitido adquirir una gran experiencia en el área. Asimismo, ha participado en proyectos de gran envergadura, lo que le ha dado la capacidad de enfrentar grandes retos y resolverlos de manera eficiente. Sin embargo, a pesar de ser una persona muy ocupada, siempre se tomó el tiempo para escuchar mis inquietudes y enseñarme lo que sabía.

Capítulo 3

PROBLEMAS A RESOLVER, PRIORIZÁNDOSLOS

1. Selección del Silo

- a) *Tipo de tanque:* existen dos tipos de almacenamiento de leche, refrigerado y a temperatura ambiente. Un silo de almacenamiento refrigerado es necesario si la leche se recoge durante varios días antes de ser procesada. Si la leche se procesa diariamente, se puede usar un silo de almacenamiento a temperatura ambiente.
- b) *Capacidad y dimensiones:* la capacidad del silo debe ser adecuada para satisfacer las necesidades de producción de leche diarias o semanales.
- c) *Material y Grosor:* el costo del silo debe ser considerado en relación con la capacidad y el material. A veces, invertir en un silo de mayor capacidad y mejor calidad puede ahorrar dinero a largo plazo.

2. Control de las variables del Silo

- a) *Medidor de la variable nivel de leche:* verificar el medidor de nivel de leche regularmente para asegurarse de que mida con precisión el nivel de leche dentro del silo.
- b) *Sistema de refrigeración:* si el silo está refrigerado, es importante verificar que el sistema de refrigeración esté funcionando correctamente para mantener la temperatura adecuada de la leche.

- c) *Agitador*: si el silo tiene un agitador, asegurarse de que esté funcionando correctamente para evitar la separación de la grasa y la leche.
- d) *Limpieza*: es esencial limpiar regularmente el silo de leche para evitar la acumulación de bacterias y garantizar la calidad de la leche.

3. Limpieza

- a) *Preparación de los detergentes a utilizar* Para asegurar la efectividad de los activos que proporciona el proveedor es importante manejar una concentración del 0.4 y un máximo 0.5.
- b) *Temperatura de los activos del lavado* Una temperatura de 75°C es capaz de matar una gran cantidad de bacterias y microorganismos que pueden contaminar la leche y otros alimentos procesados. Además, esta temperatura es suficiente para descomponer la grasa y las proteínas que se adhieren a las superficies de los equipos de procesamiento.
- c) **Recetas de lavado** Ya que no siempre se ejecuta un lavado completo deberán de existir distintas rutinas como el lavado completo y lavado rápido.

4. Control gráfico con un HMI Allen-Bradley para todas las etapas de una lechería

- a) *Identificación de los puntos críticos de control*: Identificar los puntos críticos de control a lo largo del proceso de producción de leche, incluyendo el manejo de materia prima, el proceso de pasteurización, el almacenamiento y la distribución.
- b) *Diseño de la interfaz gráfica*: Diseñar la interfaz gráfica de usuario (GUI) para que sea fácil de usar y comprenda para el operador de la lechería, incluyendo pantallas de inicio, pantallas de monitoreo en tiempo real y pantallas de resumen de datos.
- c) *Selección de dispositivos de entrada/salida*: Seleccionar los dispositivos de entrada/salida (E/S) adecuados para monitorear y controlar los procesos de producción de leche, como sensores de temperatura, medidores de flujo, válvulas de control y actuadores.

Nota: La programación actual contiene esta información es muy importante exista concordancia en la actualización.

- d) *Configuración de las alarmas:* Configurar las alarmas y los mensajes de alerta para notificar al operador de la lechería cuando se detecten problemas o desviaciones en el proceso.
- e) *Configuración de los registros de datos:* Configurar los registros de datos para recopilar información en tiempo real y realizar un seguimiento del proceso de producción de leche, como la temperatura, el flujo, el tiempo de pasteurización y la limpieza del equipo.
- f) *Programación de las secuencias de control:* Programar las secuencias de control para automatizar los procesos de producción de leche, incluyendo la pasteurización, el almacenamiento y la distribución.
- g) *Pruebas y validación:* Realizar pruebas y validaciones en la interfaz gráfica, los dispositivos E/S, las alarmas y los registros de datos para garantizar que el sistema esté funcionando correctamente y cumpliendo con las especificaciones de la lechería.
- h) *Mantenimiento y capacitación:* Programar el mantenimiento regular del sistema y las actualizaciones de software para garantizar la confiabilidad y el rendimiento continuo del HMI Allen-Bradley.

Capítulo 4

OBJETIVOS

4.1. Objetivos generales

1. Mejorar la eficiencia en la gestión del almacenamiento de productos.
2. Aumentar la seguridad en el manejo de los productos almacenados.
3. Reducir los costos operativos y de mantenimiento asociados al almacenamiento y limpieza.
4. Optimizar el control y la supervisión de los procesos de almacenamiento.
5. Asegurar la calidad de los productos almacenados.

4.2. Objetivos específicos

1. Controlar de forma automática el nivel de llenado del silo, evitando sobrellenados o subllenados que puedan comprometer la seguridad o la calidad del producto.
2. Automatizar el proceso de control de temperatura, asegurando que los productos almacenados se mantengan a la temperatura óptima para su conservación.
3. Minimizar el riesgo de contaminación de los productos almacenados, mediante la implementación de sistemas de control de acceso y seguridad.

4. Mejorar la eficiencia en la gestión de los procesos de carga y descarga del silo, mediante la implementación de sistemas automatizados.
5. Facilitar la supervisión y el monitoreo del estado del silo y de los productos almacenados, mediante la implementación de una interfaz de control humano-máquina (HMI) intuitiva y fácil de usar.
6. Reducir los costos de mantenimiento y reparación del silo, al utilizar sistemas de control y monitoreo que permitan detectar a tiempo posibles fallas o problemas en el equipo.
7. Aumentar la capacidad de almacenamiento y la flexibilidad del sistema, al utilizar un silo de mayor capacidad y un sistema de control automatizado que permita un mayor grado de adaptabilidad a las necesidades de la empresa.

Capítulo 5

JUSTIFICACIÓN

La expansión de líneas de envasado conlleva un aumento en la demanda de leche, lo que puede poner en riesgo la eficiencia operativa y la capacidad de la planta para satisfacer la demanda del mercado. Si la capacidad de almacenamiento actual no es suficiente para mantener el suministro constante de leche a las líneas de envasado, se pueden producir retrasos en la producción y la entrega, lo que puede afectar negativamente la calidad del producto y la satisfacción del cliente.

Un silo de mayor capacidad puede proporcionar una solución efectiva para garantizar el suministro constante y estable de leche a las líneas de envasado. Con esta actualización se pueden almacenar grandes cantidades de leche durante los períodos de alta demanda o para conservar el producto en momentos en que la producción es baja. Esto permite una mayor flexibilidad en la planificación de la producción y puede reducir el riesgo de pérdida de ventas debido a la falta de producto.

El uso de un silo de mayor capacidad puede mejorar la eficiencia operativa y reducir los tiempos y costos de carga y descarga de leche, al tiempo que se reduce el riesgo de contaminación y deterioro del producto. Los silos verticales de gran capacidad están diseñados con sistemas de control de nivel y temperatura que permiten mantener la leche en óptimas condiciones durante períodos prolongados de almacenamiento, asegurando así la calidad y frescura del producto.

El cambio de un tanque por un silo de mayor capacidad también puede ser beneficioso desde una perspectiva económica. Los silos verticales tienen una

vida útil más larga que los tanques de almacenamiento tradicionales y requieren menos mantenimiento y reparación. Además, la inversión en un silo de mayor capacidad puede generar un retorno de inversión a largo plazo al aumentar la capacidad de producción y la satisfacción del cliente.

Los lavados tienen un tiempo estimado de dos horas suponiendo que se lavan 6 tanques en todo el día se entiende que son doce horas de lavado que se tienen en cuenta que si existieran distintos CIP este trabajo podría distribuirse el trabajo y así sin tener que esperar tanto tiempo.

Al reubicar el tanque de menor capacidad en líneas de proceso con menor demanda, se puede aprovechar mejor la capacidad del tanque en lugar de tenerlo en una línea donde no se utiliza completamente. Esto significa que se está utilizando de manera más eficiente los recursos disponibles en la planta.

En la industria moderna, la automatización es una de las claves para mantener una alta eficiencia y productividad en las plantas de producción. Los sistemas de control basados en interruptores han sido una de las herramientas más utilizadas para controlar los procesos de producción. Sin embargo, a medida que la tecnología ha avanzado, los sistemas de control basados en interruptores han quedado obsoletos y se han vuelto ineficientes. Por lo tanto, es importante cambiar estos sistemas por una interfaz HMI Allen Bradley con diagramas gráficos de cada proceso de la planta.

La interfaz HMI proporciona una visualización clara y precisa de los procesos de producción en tiempo real. Esto significa que los operadores pueden monitorear y controlar los procesos de la planta de manera más efectiva. El HMI permite una mayor interacción con los sistemas de control, lo que a su vez permite a los operadores hacer ajustes más rápidos y precisos. Esto se traduce en una mayor eficiencia en la producción y una reducción en los Tiempos.

La interfaz HMI también facilita la toma de decisiones por parte de los operadores. La visualización de datos en tiempo real les permite evaluar el rendimiento de la planta y detectar cualquier problema que pueda estar afectando la producción. Al tomar decisiones más informadas y rápidas, los operadores pueden minimizar el tiempo de inactividad y reducir el desperdicio.

Una interfaz HMI proporciona una mayor flexibilidad en el control de la producción. Los operadores pueden personalizar la visualización de los procesos

y los datos, lo que mejora la capacidad de adaptación a los cambios en los procesos de la planta. La interfaz HMI también ayuda a reducir los errores humanos.

En la industria láctea, el tanque de leche es un componente esencial para la producción de productos lácteos de alta calidad e inocuos para el consumo humano. Para garantizar la calidad y seguridad de los productos, es fundamental mantener el tanque de leche limpio y libre de bacterias y otros contaminantes. Para lograr esto, es necesario contar con un sistema de lavado CIP (Cleaning in Place) o Lavado en Sitio, por sus siglas en inglés) diseñado específicamente para este fin.

El sistema de lavado CIP permite limpiar y desinfectar el tanque de leche de manera eficiente y sin tener que desmontar el equipo. De esta manera, se evita la posibilidad de contaminación cruzada, lo que es especialmente importante cuando se producen diferentes tipos de productos lácteos en el mismo tanque.

Además, al tener un sistema de lavado CIP específico para el tanque de leche, se asegura que se limpie de manera uniforme y completa, lo que es esencial para garantizar la calidad e inocuidad del producto final. Un sistema de lavado CIP eficaz puede eliminar cualquier residuo de leche y otros contaminantes, así como desinfectar la superficie del tanque, lo que reduce el riesgo de proliferación bacteriana.

Otro beneficio de tener un sistema de lavado CIP específico para el tanque de leche es que permite ahorrar tiempo y recursos. Al no tener que desmontar el equipo para limpiarlo, se reduce el tiempo de inactividad y se ahorra en costos de mano de obra y de productos químicos de limpieza. Un sistema de lavado CIP adecuado es esencial para garantizar la calidad y seguridad de los productos lácteos y mantener la confianza del consumidor.

Capítulo 6

MARCO TEÓRICO

6.1. Número de Reynolds

El número de Reynolds es un número adimensional utilizado en mecánica de fluidos, diseño de reactores y fenómenos de transporte para caracterizar el movimiento de un fluido.

Además, el número de Reynolds permite predecir el carácter turbulento o laminar en ciertos casos. Así por ejemplo en conductos si el número de Reynolds es menor de 2000 el flujo será laminar y si es mayor de 4000 el flujo será turbulento, si se encuentra en medio se conoce como flujo transicional y su comportamiento no puede ser modelado. El mecanismo y muchas de las razones por las cuales un flujo es laminar o turbulento es todavía hoy objeto de especulación.

6.2. Control automático

El control automático ha tenido un rápido desarrollo en los últimos años. Sin embargo, a lo largo del tiempo ha sufrido un proceso de evolución que se inició, aproximadamente, en el año 300 a.C., cuando los griegos empezaron a tener la necesidad de medir empíricamente el tiempo, y que ha continuado con etapas tan importantes como lo fueron la revolución industrial y las guerras mundiales.

Cuando la máquina de vapor fue inventada y se dio inicio a la revolución

industrial, se inició paralelamente la necesidad de realizar un sistema de control para poder manipular los diferentes parámetros de esta máquina. Un ejemplo de esto fue el desarrollo del regulador de presión con el fin de controlar este parámetro en el sistema.

Tanto en la primera como en la segunda guerra mundial, la necesidad de implementar diferentes controles para barcos, aviones y demás, motivó y, a su vez, provocó que diferentes personas se vieran involucradas en el desarrollo de los mismos, dándose en estas etapas un gran aporte al desarrollo del control automático.

Desde el año de 1957, cuando empieza la era espacial y de la informática, y hasta nuestros días, con el desarrollo tecnológico en las diferentes áreas, el control automático es algo con lo que se convive día a día.

En resumen, a lo largo de la historia, el desarrollo de esta gran área ha estado estrechamente relacionado con la necesidad de los diferentes grupos humanos de manipular los diferentes sistemas con el objeto de conseguir que la vida de cada persona sea más fácil.

6.3. Control

El control es un área de la ingeniería. Se centra en el control de los sistemas dinámicos mediante el principio de la realimentación, para conseguir que las salidas de los mismos se acerquen lo más posible a un comportamiento predefinido. Esta rama de la ingeniería tiene como herramientas los métodos de la teoría de sistemas matemáticos.[?]

Las bases de esta ingeniería se sentaron a mediados del Siglo XX a partir de la cibernética. Sus principales aportaciones corresponden a Norbert Wiener, Rudolf Kalman y David G. Luenberger.

La ingeniería de control es una ciencia interdisciplinar relacionada con muchos otros campos, principalmente las matemáticas y la informática. Las aplicaciones son de lo más variado: desde tecnología de fabricación, instrumentación médica, subestación eléctrica, ingeniería de procesos, robótica hasta economía y sociología. Aplicaciones típicas son, por ejemplo, el piloto automático de aviones y barcos y el ABS de los automóviles. En la biología se pueden encontrar también sistemas de control realimentados, como por ejemplo el habla humana, donde el oído recoge la propia voz para regularla.

El control de variables como la temperatura en una habitación es un ejemplo claro y típico de una aplicación de ingeniería de control. El objetivo es mantener la variable de temperatura de una habitación en un valor deseado o offset, aunque la apertura de puertas y ventanas y la temperatura en el exterior hagan que la cantidad de calor que pierde la habitación sean variables (perturbaciones externas). Para alcanzar el offset, el sistema de calefacción debe modificarse para compensar esas perturbaciones. Esto se hace a través del termostato, que mide la variable de temperatura actual y la variable de

temperatura deseada, y modifica la temperatura del agua del sistemas de calefacción para reducir la diferencia entre las dos temperaturas.

La ingeniería de control moderna se relaciona de cerca con la ingeniería eléctrica y la electrónica, pues los circuitos electrónicos pueden ser modelados usando técnicas de la teoría de control. Anterior a la electrónica moderna, los dispositivos para el control de procesos eran diseñados por la ingeniería mecánica, los que incluían dispositivos tales como levas junto con dispositivos neumáticos e hidráulicos. Algunos de estos dispositivos mecánicos siguen siendo usados en la actualidad en combinación con modernos dispositivos electrónicos.

El control aplicado en la industria se conoce como control de procesos. Se ocupa sobre todo del control de variables de temperatura, variables de presión, variables de caudal, en un proceso químico de una planta. Se incluye como parte del plan de estudios de cualquier programa de ingeniería química. Emplea muchos de los principios de la ingeniería de control. La ingeniería de control es un área muy amplia y cualquier ingeniería puede utilizar los mismos principios y técnicas que esta utiliza.

El estudiante de ingeniería de control comienza el curso con los llamados sistemas de control lineal que requieren del uso de matemática elemental y la transformada de Laplace (llamada teoría de control clásica). En el control lineal, el estudiante hace análisis de los sistemas en el dominio de la frecuencia y del tiempo mientras que en los sistemas no lineales y en el control digital se requiere el uso del álgebra lineal y de la transformada Z respectivamente. A partir de aquí hay varias ramas secundarias.

La ingeniería de control es una disciplina que se focaliza en modelizar matemáticamente una gama diversa de sistemas dinámicos y el diseño de controladores que harán que estos sistemas se comporten de la manera deseada. Aunque tales controladores no necesariamente son electrónicos y por lo tanto la ingeniería de control es a menudo un subcampo de otras ingenierías como la mecánica.

Dispositivos tales como circuitos eléctricos, procesadores digitales y los PLC son muy utilizados en todo sistema de control moderno. La ingeniería de control tiene un amplio rango de aplicación en áreas como los sistemas de vuelo y de propulsión de los aviones de aerolíneas, militares y últimamente en la industria automotriz.

El objetivo del control automático es poder manejar con una o más entradas (o referencia), una o más salidas de una planta o sistema, para hacerlo, la idea más primitiva es colocar entre la referencia y la planta, un controlador que sea el inverso de la función de transferencia de la planta, de tal manera que la función de transferencia de todo el sistema (la planta más el controlador), sea igual a uno; logrando de esta manera que la salida sea igual a la entrada; esta primera idea se denomina control en el lazo abierto. Un ejemplo clásico de control en lazo abierto es una lavadora de ropa ya que ésta funciona durante un ciclo predeterminado sin hacer uso de sensores.

6.4. Control PID

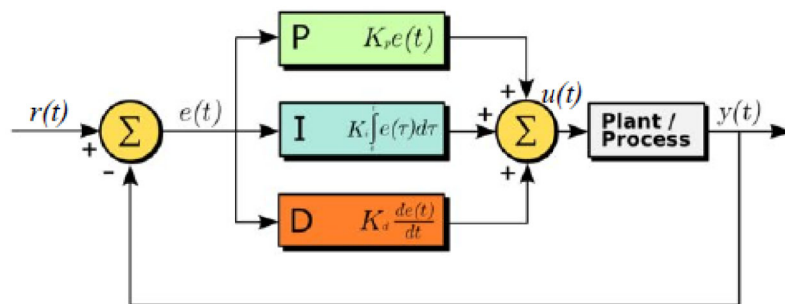
PID: acción de control proporcional-integral-derivativa, esta acción combinada reúne las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales. La ecuación de un controlador con esta acción combinada se obtiene mediante:

$$v(\tau) = K_p \epsilon(\tau) + \frac{K_p}{T_i} \int_1^0 \epsilon(\tau) d\tau + K_p T_d \frac{d\epsilon(\tau)}{d(\tau)}$$

- Donde $v(\tau)$ representa el sistema con respecto del tiempo
- Donde K_p constante proporcional que tanta ganancia se aplica al sistema
- T_d tiempo derivativo
- Donde $\epsilon(\tau)$ es el error con respecto del Tiempo

Un PID es un mecanismo de control por realimentación que calcula la desviación o error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener, para aplicar una acción correctora que ajuste el proceso. El algoritmo de cálculo del control PID se da en tres parámetros distintos:

- *El proporcional*, el integral, y el derivativo. El valor proporcional determina la reacción del error actual.
- El Integral genera una corrección proporcional a la integral del error, esto nos asegura que, aplicando un esfuerzo de control suficiente, el error de seguimiento se reduce a cero.
- *El derivativo* determina la reacción del tiempo en el que el error se produce.



Proporcional-Integral-Derivativa (PID)

$$u(t) = \underbrace{K_p}_{\text{Proportional}} e(t) + \underbrace{K_i \int_0^t}_{\text{Integral}} e(\tau) d\tau + \underbrace{K_d \frac{d}{dt}}_{\text{Derivative}} e(t)$$

Figura 6.1: PID= proporcional, integral, derivativo

La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso vía un elemento de control como la posición de una válvula de control o la energía suministrada a un calentador, por ejemplo.

Ajustando estas tres variables en el algoritmo de control del PID, el controlador puede proveer un control diseñado para lo que requiera el proceso a realizar. La respuesta del controlador puede ser descrita en términos de respuesta del control ante un error, el grado el cual el controlador llega al "setpoint", y el grado de oscilación del sistema. Nótese que el uso del PID para control no garantiza control óptimo del sistema o la estabilidad del mismo. Algunas aplicaciones pueden solo requerir de uno o dos modos de los que provee este sistema de control.

Un controlador PID puede ser llamado también PI, PD, P o I en la ausencia de las acciones de control respectivas. Los controladores PI son particularmente comunes, ya que la acción derivativa es muy sensible al ruido, y la ausencia del proceso integral puede evitar que se alcance al valor deseado debido a la acción de control

6.4.1. Funcionamiento

Para el correcto funcionamiento de un controlador PID que regule un proceso o sistema se necesita, al menos:

- Un sensor, que determine el estado del sistema (termómetro, caudalímetro, manómetro, etc).
- Un controlador, que genere la señal que gobierna al actuador.
- Un actuador, que modifique al sistema de manera controlada (resistencia eléctrica, motor, válvula, bomba, etc).

El sensor proporciona una señal analógica o digital al controlador, la cual representa el punto actual en el que se encuentra el proceso o sistema. La señal puede representar ese valor en tensión eléctrica, intensidad de corriente eléctrica o frecuencia. En este último caso la señal es de corriente alterna, a diferencia de los dos anteriores, que también pueden ser con corriente continua.

El controlador lee una señal externa que representa el valor que se desea alcanzar. Esta señal recibe el nombre de punto de consigna (o punto de referencia), la cual es de la misma naturaleza y tiene el mismo rango de valores que la señal que proporciona el sensor. Para hacer posible esta compatibilidad y que, a su vez, la señal pueda ser entendida por un humano, habrá que establecer algún tipo de interfaz (HMI-Human Machine Interface), son pantallas de gran valor visual y fácil manejo que se usan para hacer más intuitivo el control de un proceso.

El controlador resta la señal de punto actual a la señal de punto de consigna, obteniendo así

la señal de error, que determina en cada instante la diferencia que hay entre el valor deseado (consigna) y el valor medido. La señal de error es utilizada por cada uno de los 3 componentes del controlador PID. Las 3 señales sumadas, componen la señal de salida que el controlador va a utilizar para gobernar al actuador. La señal resultante de la suma de estas tres se llama variable manipulada y no se aplica directamente sobre el actuador, sino que debe ser transformada para ser compatible con el actuador utilizado.

Las tres componentes de un controlador PID son: parte Proporcional, acción Integral y acción Derivativa. El peso de la influencia que cada una de estas partes tiene en la suma final, viene dado por la constante proporcional, el tiempo integral y el tiempo derivativo, respectivamente. Se pretenderá lograr que el bucle de control corrija eficazmente y en el mínimo tiempo posible los efectos de las perturbaciones.

6.4.2. Usos del PID

Por tener una exactitud mayor a los controladores proporcional, proporcional derivativo y proporcional integral se utiliza en aplicaciones más cruciales tales como control de variables de presión, variables de flujo, variables de fuerza, variables de velocidad, en muchas aplicaciones química, y otras variables. Además, es utilizado en reguladores de velocidad de automóviles (control de cruce o cruise control), control de ozono residual en tanques de contacto.

6.5. Conductividad

La conductividad eléctrica, por lo tanto, es la capacidad de los cuerpos que permiten el paso de la corriente a través de sí mismos. Esta propiedad natural está vinculada a la facilidad con la que los electrones pueden atravesarlos y resulta inversa a la resistividad.

Es importante diferenciar entre la conductividad y la conductancia (la aptitud de un cuerpo para conducir la corriente entre distintos puntos). La conductancia es la propiedad de la resistencia.

6.5.1. Unidad de medida Siemens

El término siemens se encuentra definido como una unidad de medida de la conductancia eléctrica, producida por el sistema internacional de unidades, su simbología es S, su nombre se debe al ingeniero alemán Ernst Werner M. von Siemens. La conductancia eléctrica viene representada por la letra (G) y su unidad es siemens, su opuesto, la resistencia eléctrica, viene representada por la letra (R) y su unidad es el ohm.

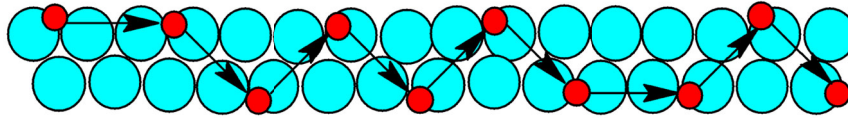


Figura 6.2: Siemens, unidad de conductividad del sistema SI

6.5.2. Unidad de medida Ohm

El ohm recibe este nombre en honor al físico y matemático alemán George Simon Ohm (1789-1854). Descubrió una de las leyes fundamentales de los circuitos de corriente eléctrica, conocida como ley de Ohm, que plantea que “la corriente que circula por un circuito eléctrico cerrado, es directamente proporcional a la tensión que tiene aplicada, e inversamente proporcional a la resistencia que ofrece a su paso la carga que tiene conectada. En 1840 estudio las perturbaciones sonoras en el campo de la acústica fisiológica (ley de Ohm-Helmholtz). A partir de 1852 centro su actividad en los estudios de carácter óptico en especial en los fenómenos de interferencia.

Un ohm es la resistencia eléctrica que existe entre dos puntos de un conductor, cuando una diferencia de potencial constante de 1 volt aplicada entre estos dos puntos, produce, en dicho conductor, una corriente de intensidad de 1 amperio (cuando no haya fuerza electromotriz en el conductor).

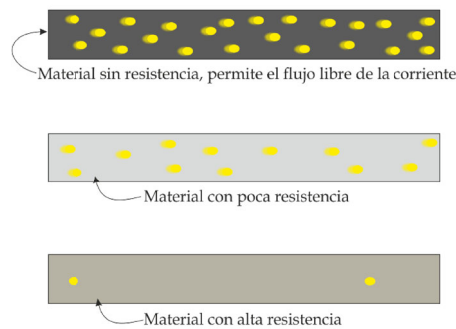


Figura 6.3: *Resistencia de distintos materiales a exposición de corriente eléctrica*

6.6. Conectores clamp

Las Conexiones Clamp también conocidas como conectores Tri-clamp se refieren a los conectores, adaptadores, ferrulas, abrazaderas y válvulas que tienen una ceja en los extremos para poderse ensamblar con otra pieza que también tenga el tipo de conexión tipo clamp. Las Conexiones Sanitarias son el tipo de conectores de acero inoxidable que cumplen con los más altos estándares de calidad alimenticia y grado farmacéutico.



(a) Abrazadera



(b) Codo con conexión;

Figura 6.4: Conexión rápida para tuberías alimentaria

6.7. Protocolo HART

Es un protocolo abierto de uso común en los sistemas de control, que se emplea para la configuración remota y supervisión de datos con instrumentos de campo que miden diferentes magnitudes, entre ellas variables de temperatura, variables de humedad, variables de presión, variables de nivel, etc. Por mucho tiempo el estándar de comunicación utilizado por los equipos de automatización de proceso ha sido la transmisión analógica convencional en corriente 4-20mA (la que se mantiene hasta ahora mayoritariamente). Junto con este sistema, existen otros de menor masificación, entre ellos 0-10V o

0-5V y transmisión en corriente 0-20 mA.

En 1986 aparece el protocolo de comunicación HART (Highway Addressable Remote Transducer), el cual entrega una solución para la comunicación de instrumentos inteligentes y que además tiene la virtud de ser compatible con la transmisión analógica convencional en corriente 4-20mA, permitiendo que la señal analógica y las señales de comunicación digital sean transmitidas simultáneamente sobre el mismo cableado.

Mediante este protocolo, la información de la magnitud que se mide es transmitida mediante la señal analógica de 4-20mA, mientras que la señal digital es utilizada para transmitir otro tipo de información, como por ejemplo instrucciones para el proceso, configuración de los equipos, calibración e información de diagnóstico del instrumento.

6.7.1. Características de protocolo HART

Es un protocolo del tipo maestro/esclavo lo que significa que el dispositivo de campo (esclavo), supongamos un medidor de la variable de presión, habla solo cuando es preguntado por un maestro (un computador, un PLC, etc.). Destaca también por su versatilidad, ya que en una red HART pueden existir dos maestros (uno primario y el otro secundario), y ambos pueden comunicarse con un mismo dispositivo-esclavo. Los maestros secundarios pueden comunicarse a la vez con los dispositivos de campo sin que ello signifique distorsionar la comunicación que ese esclavo mantiene con el maestro primario. Un maestro primario puede ser típicamente un DCS (Sistema de Control Distribuido), un PLC, o un sistema central de monitorización o control basado en PC, mientras un maestro secundario puede ser un comunicador portátil.

6.7.2. Redes HART

La comunicación puede operar sobre dos tipos de arquitectura de redes:

Punto a punto:

La señal convencional de 4-20 mA es usada para comunicar una variable de proceso mientras otras variables adicionales, parámetros de configuración y otras informaciones del dispositivo son transmitidas digitalmente usando el protocolo HART, por lo tanto, la señal análoga de 4-20 mA no es afectada por la señal HART y puede ser usada para el monitoreo o control de forma normal. La señal de comunicación digital HART le da acceso a variables secundarias y otras informaciones pueden ser utilizadas para propósitos de operación, mantención y diagnóstico.

Comunicación multipunto

El modo multipunto requiere solamente un par de alambres y el lazo de control puede tener barreras de seguridad y fuentes de poder auxiliares para hasta 15 aparatos de terreno, donde todos los valores de proceso son transmitidos digitalmente.

6.8. DeviceNet

Un protocolo de bajo nivel de aplicación industrial para aplicaciones de automatización industrial. DeviceNet conecta dispositivos industriales simples (sensores y actuadores) con dispositivos de nivel superior, como los controladores programables. Basado en el estándar de comunicaciones físicas CAN (Controller Area Network), DeviceNet utiliza el hardware CAN para definir un protocolo de capa de aplicación que estructura la tarea de configuración, acceso y control de dispositivos de automatización industrial.

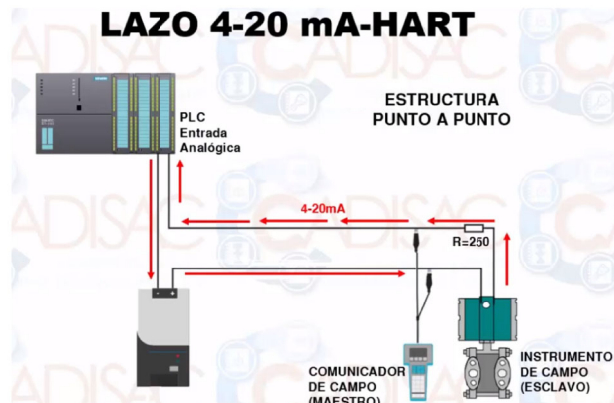


Figura 6.5: Conexión punto a punto del protocolo HART

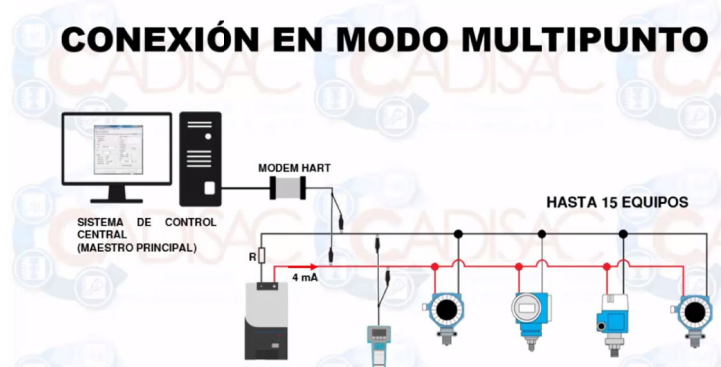


Figura 6.6: Conexión multipunto del protocolo HART

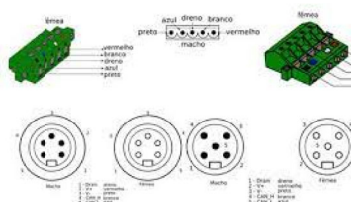


Figura 6.7: Conector multipunto del protocolo DeviceNet

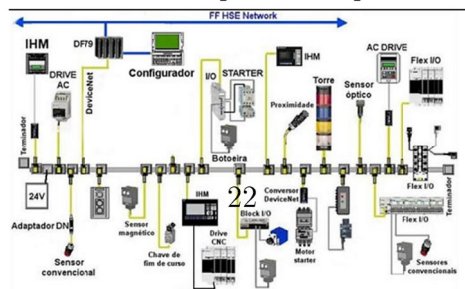


Figura 6.8: Características de Protocolo DeviceNet
Es posible Utilizar más de un protocolo en una sola red

6.8.1. Características protocolo DeviceNet

Una forma de verlo es que el término “capa de aplicación” implica que DeviceNet trata más con los datos de la aplicación que con un protocolo de nivel inferior o de capa sin aplicación. Por ejemplo, un protocolo de capa de enlace está diseñado simplemente para mover algunos bytes del punto A al punto B. No tiene ningún interés y no transmite información inherente con respecto al contenido del mensaje. Debido a que DeviceNet es un protocolo de capa de aplicación, sus mensajes transmiten información. Un mensaje explícito de DeviceNet tiene información específica en bytes específicos de un mensaje. Hay un byte para un número de clase, un byte para un código de servicio y así sucesivamente.

6.8.2. DeviceNet Y Can

Allen-Bradley (Rockwell Automation) creó DeviceNet como un protocolo de capa de aplicación encima de CAN en la década de 1990. AB seleccionó CAN como la Capa Física de DeviceNet por varias razones, entre ellas:

- Una capa física extremadamente robusta.
- Tecnología abierta.
- Pequeña huella de procesador (RAM, requisitos de ROM).
- Componentes físicos económicos con múltiples fuentes.

Una de las características más extraordinarias de CAN (y DeviceNet) es el arbitraje a nivel de bits. El Arbitraje de Bitwise es el proceso que CAN utiliza para priorizar los mensajes sin perder el ancho de banda de la red. En una red CAN, los bits “cero” dominan los bits “uno”. Cuando un dispositivo transmite un mensaje, escucha los bits en la red. Si un dispositivo transmite uno y escucha un cero, sabe que se está transmitiendo un mensaje de mayor prioridad y deja de transmitir. El nodo con el mensaje de prioridad más alta oye los bits que está transmitiendo y nunca sabe que entró en conflicto con un mensaje de prioridad más baja. La secuencia de mensajes en la red se conserva.

Controller Area Networking o CAN es un estándar de comunicaciones con un conjunto bastante prolífico de descendientes que incluye DeviceNet, Can Open, Can Kingdom y varios cientos de otros descendientes en todo el mundo.

Controller Area Networking es un estándar de comunicaciones en serie para que los dispositivos inteligentes se comuniquen entre sí. A diferencia de muchos otros estándares de comunicación que proporcionan velocidades de datos rápidas con miles o millones de bytes de datos en una sola trama, CAN tiene una velocidad de bits máxima de 1 mega baudios. La mayoría de las aplicaciones industriales ni siquiera necesitan esa velocidad. La mayoría utiliza el humilde 125Kbaud. Y donde otros estándares mueven miles de bytes en un solo cuadro, CAN solo mueve 8 bytes de datos.

Pero donde la velocidad y la capacidad son fortalezas para muchos de los otros estándares, la fortaleza de CAN es su baja sobrecarga y su sencilla interfaz física. Con su tamaño de paquete pequeño, incluso a 500 Kbaudios, una trama con ocho bytes de datos solo está en el cable de red durante un cuarto de milisegundo. Para muchas aplicaciones de control esto es bastante rápido.

Además, el microcontrolador, sí, un micro de 8 bits con poca potencia puede hacer el trabajo, necesita tan solo 4K de memoria de programa y 256 bytes de RAM para admitir una aplicación CAN.

CAN fue creada por Bosch en Alemania en marzo de 1985. La compañía Bosch la diseñó para reemplazar el cableado automotriz. En los primeros días de la especificación versión 1.2, los mensajes CAN contenían un identificador de once bits que proporciona la capacidad de direccionar los identificadores 2047. En 1992, CAN Specification 2.0 amplió el tamaño del identificador a 29 bits, proporcionando hasta 56 millones de identificadores únicos. Como ambas especificaciones aún están en uso (a veces en el mismo cable).

La especificación 1.2 original se llama Parte A y la nueva especificación 2.0 se denomina parte B. Un atributo único de CAN es que solo dos de las capas del Modelo de Referencia OSI están definidas (Figura 1), la capa de enlace de datos y la capa física. El enlazador de datos CAN normalmente se divide en dos subcapas, la subcapa de señalización física y la subcapa de control de acceso a los medios (MAC).

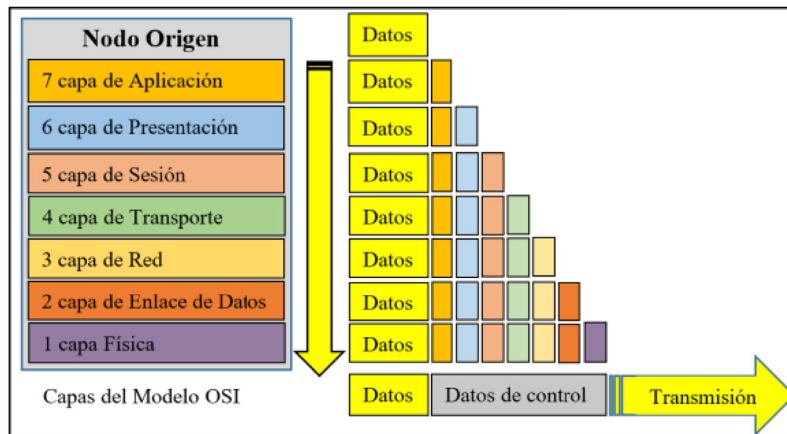


Figura 6.9: *Modelo OSI Y CAN*

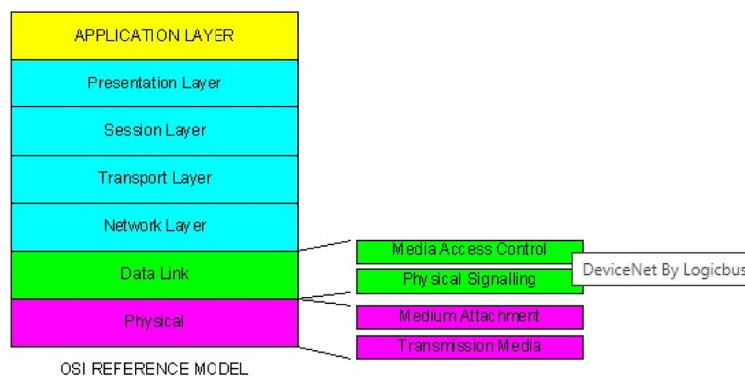


Figura 6.10: *Modelo OSI*

6.9. CIP Clean in place

El sistema CIP del acrónimo Cleaning in Place (Limpieza in situ), se podría definir como la limpieza realizada en el interior de los circuitos de las plantas de producción, sin desmontar o cambiar el estado de funcionamiento para asegurar la consistencia y sostenibilidad.

Los elementos necesarios para una buena limpieza y desinfección vienen determinados por el círculo de Sinner: producto de limpieza, energía mecánica, temperatura y tiempo. Estos cuatro elementos deben estar presentes en todo momento durante la actividad de limpieza en distintas contribuciones. De este modo, si queremos disminuir alguno de estos elementos se debe incrementar otro/s para completar el círculo.

A estos cuatro elementos por otra parte, hay que incluir además otro elemento adicional: la cobertura. Es decir, que las disoluciones de limpieza accedan de manera adecuada a todas las superficies a limpiar.

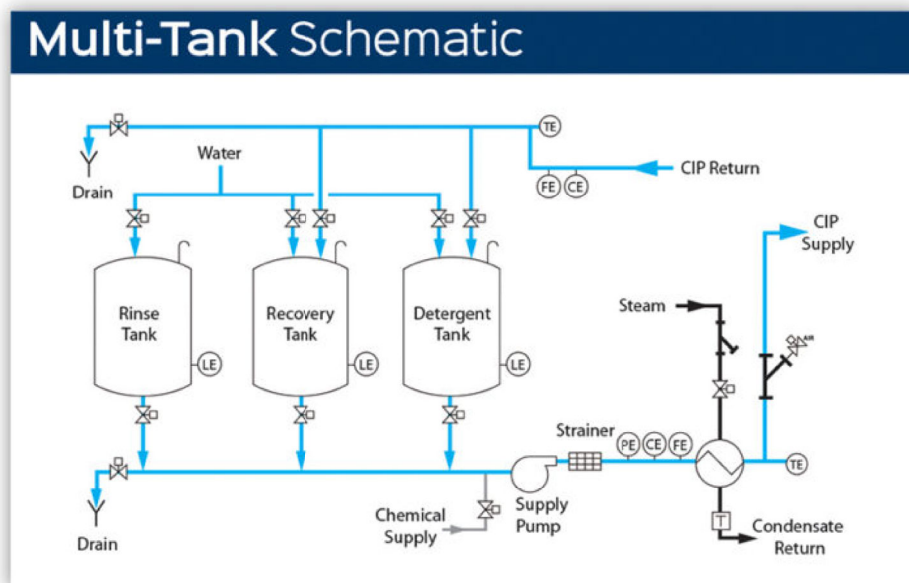


Figura 6.11: *Diagrama CIP*

6.9.1. Condiciones y características del sistema CIP en la industria láctea

Para que la limpieza CIP sea efectiva en la industria láctea, los equipos deben de estar conectados a dicho sistema y deben de ser de fácil limpieza, de forma que todas las superficies a limpiar sean accesibles a los productos químicos. Los equipos y las tuberías no deben de tener puntos ciegos a los cuales no puedan acceder los productos de limpieza y desinfección, pudiendo drenar éstos con facilidad tras finalizar el proceso de higiene.

Todos esos puntos en los que quede algo de agua residual en el circuito al final del proceso, supondrán un grave riesgo para la contaminación posterior del producto. En caso de haber conductos ciegos o espacios muertos, se aplicarán procedimientos especiales para garantizar una limpieza eficaz

6.9.2. Círculo de Sinner

El círculo de limpieza según Sinner, también denominado el círculo de Sinner, describe el mecanismo de acción de la limpieza. Incluye los 4 factores básicos que desempeñan un rol importante durante la limpieza: tiempo, mecánica, química y temperatura. El círculo siempre está cerrado: cuando 1 o 2 de los 4 factores se amplían, los demás factores se reducen automáticamente. Si se reduce un factor, los otros factores se deben ampliar. El principio puede ilustrarse claramente con el ejemplo del lavado de la vajilla.



Figura 6.12: *Círculo de sinner, para garantizar la efectividad del CIP*

Acción mecánica Se trata del hecho físico de eliminar la suciedad. En el caso de las máquinas de lavado puede ser el movimiento de los cepillos de un túnel de lavado, en el caso de un lavado manual el movimiento de la mano cuando se friega un cepillo sobre una superficie a limpiar.

Es el conjunto de productos químicos que deben emplearse en cada acción de limpieza. Esta técnica es uno de los factores fundamentales, ya que siempre hay que elegir el producto que se adapte perfectamente a cada tipo de limpieza y emplearlo en las dosis recomendadas por los fabricantes. Es la única forma de obtener los mejores resultados sin dañar ni las superficies, ni el entorno, ni la salud de las personas.

Temperatura Influye en la efectividad del producto químico que se utiliza, aunque no es un factor excesivamente determinante porque, si bien facilita la limpieza cuando hay un origen graso en la suciedad, hay materiales que no resisten las altas temperaturas a las que puede estar el agua.

Tiempo Viene influenciado por el tipo de superficie que se vaya a limpiar, la suciedad que haya acumulada, el producto que se emplee y si se va a realizar una limpieza manual o con algún tipo de máquina. Cada elemento de la técnica profesional requiere una formulación concreta de los mismos, por lo que es fundamental conocerlos para realizar siempre una limpieza de calidad sin dañar ninguna superficie.

Capítulo 7

Desarrollo

7.1. Tanques

Los tanques de almacenamiento ayudan a la conservación de los productos que podrían estar en estado líquido, sólido o gaseoso. Estos son fabricados en diversos materiales como plástico, resinas reforzadas con fibra de vidrio, acero al carbono o acero inoxidable.

Al almacenar temporalmente el producto en condiciones seguras durante el ciclo de producción, el depósito de almacenamiento equilibra los primeros y últimos procesos de manera tal que reduce las pérdidas de productos y aumenta la eficiencia.

Este deberá contener las materias primas que se utilizan en la elaboración de distintos productos alimenticios como: bebidas alcohólicas, lácteos, jugos, néctares, medicamentos y algunos otros artículos. Los Silos de leche son fabricados de acero Inoxidable ya que son resistentes a la corrosión y pueden garantizar la inocuidad en el procesado alimenticio característico de la leche. Los diferentes tipos de tanques de acero inoxidable se distinguen por la función para la cual se fabrican, por el tipo de acero inoxidable del que están hechos, por sus acabados y por la forma en que se diseñan.

Por lo tanto, hay tanques de almacenamiento, de extracción, de fermentación, de separación, por mencionar las funciones más comunes. Existen tanques horizontales o verticales; de cuerpo cilíndrico o esférico; de fondo plano, cónico, Koppler o Korboggen; y con techo esférico, cónico o sin techo dependiendo su uso.



(a) Tanque de geometria cilíndrica.



(b) Tanque de geometría esférica

Figura 7.1: Tanques según su forma



(a) Tanque horizontal con tapas Koppler



(b) tanque Vertical con soporte fondo cónico

Figura 7.2: Tanques según su posición

El acero inoxidable garantiza máxima higiene, ya que evita la formación de bacterias porque bloquea los rayos UV, al tener una gran resistencia a la exposición solar. Los tanques con este material son de fácil instalación y mantenimiento, y cuentan con una vida útil extensa. Existen distintos tipos de acero inoxidable y aleaciones, pero los más comunes en la industria lechera son el 316 y 304 que son aceros inoxidables para usos sanitarios y procesos de la industria farmacéutica o alimenticia, debido a su composición con Níquel y/o Cromo poseen óptimas propiedades para resistencia química y limpieza.

7.1.1. Selección del tipo de material

Los aceros inoxidables se caracterizan por su aleación Fe-Cr-Ni, El níquel mejora sus propiedades mecánicas y el Cromo le aporta la propiedad de resistencia a la oxidación que se logra adhiriendo una película de óxido de cromo en su superficie que protege de la atmósfera.

La clasificación de los aceros inoxidables se hace en base a su estructura molecular, que les da unas características totalmente diferentes entre sí. La modificación de esta estructura depende del tratamiento térmico que se le dé. Este método se basa en la incorporación del carbono al hierro para crear acero. esto se hace calentando el material para que modifique su estructura molecular para que el hierro pueda incorporar átomos de carbono (el proceso empieza en los 723° y termina dependiendo del porcentaje del carbono). A partir de ahí se forman unas estructuras cristalinas que se llaman austenitas, que son la base para poder seguir modificando las estructuras cristalinas y propiedades de los aceros jugando con las temperaturas de enfriamiento. Algunos tipos y características son:

- **Aceros inoxidables austeníticos:** Contienen mayores cantidades de Níquel lo que permite estabilidad de la austenita, evitando que el cromo forme una estructura férrica, estos materiales son fácilmente soldable y, sin embargo, sus propiedades los hace más caros.

Características más notables:

1. Endurecimiento por trabajo en frío y no por tratamiento térmico.
2. Excelente factor de limpieza e higiene.

3. No son magnéticos.
4. Su contenido de Cromo va de %16 a %26.
5. Su rango de carbono va de %0.03 a %0.08.
6. Excelente resistencia a la corrosión incluso en ambientes salinos.

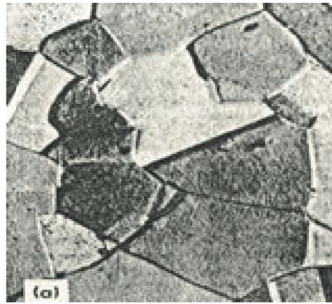


Figura 7.3: *Estructura microscópica de acero inoxidable austenítico*

- **Aceros inoxidables Férricos:** Contienen un %10 a %13 en Cr lo se puede considerar poco contenido de cromo y en Níquel menos del %2, por lo que son considerados inertes a la corrosión, son baratos en comparación. Se utilizan cuando la vida útil, la seguridad y las necesidades de mantenimiento reducidas son prioritarias y no se plantean exigencias especiales hacia la apariencia. Aplicaciones típicas, construcción de contenedores, vagones y vehículos.

Características más notables:

1. Son magnéticos
 2. Son difíciles de soldar
 3. Pobre en su dureza, el uso se limita generalmente a procesos de formado en frío. La ferrita es el componente más blando del acero.
- **Aceros inoxidables Martensíticos :** Son básicamente aleaciones de cromo y carbono. El contenido de cromo es generalmente de %10.5 a %18 y el de carbono es alto hasta %1.2. La estructura martensítica se obtiene mediante un enfriamiento rápido desde alta temperatura. Muchas de sus aplicaciones usuales son la fabricación de cuchillas, tijeras, o cuchillos.

Características más notables:

1. Moderada resistencia a la corrosión
2. Endurecibles por tratamiento térmico y por lo tanto se pueden desarrollar altos niveles de resistencia mecánica y dureza
3. Son magnéticos
4. Pobre soldabilidad por su alto contenido en carbono.



Figura 7.4: *Estructura microscópica de acero inoxidable martensíticos*

Aceros inoxidables					
Tipo	Resistencia a corrosión	Dureza	Magnético	Templado	soldabilidad
Austeníticos	Excelente	Alta	No	No	Excelente
Férricos	Buena	Baja	Si	No	Limitada
Martensíticos	Baja	Alta	Si	Si	Baja
Dúplex	Buena	Alta	Si	No	Buena

Tabla 7.1: Tabla comparativa de propiedades de los aceros inoxidables

Se considera que los aceros inoxidables austeníticos son la mejor opción para la aplicación del proyecto así que se procede sobre la lista de estos para poder seleccionarlo de acuerdo a la clasificación de la normas AISI:

- AISI 304: Es el más significativo de los aceros inoxidables austeníticos. Posee buena resistencia a la corrosión y contiene principalmente 18 %Cr, 8 %Ni y $\leq 0.02\%$ C. Puede llegar a darse la corrosión por picado en este tipo de aceros.
- AISI 321: acero con propiedades similares al anterior, pero con una adición de Ti que reduce la precipitación de carburos durante la soldadura. Se usa para aplicaciones a temperaturas entre 427°C y 816°C intermitentemente o de forma continua.
- AISI 347H: acero con alto contenido en Cr y que además contiene Niobio lo cual confiere una alta ductilidad. Al igual que el acero 321, éste puede trabajar a temperaturas continuas o intermitentes entre 427°C y 816°C.
- AISI 316: como mejora al acero 304, éstos poseen cierta cantidad de Mo(Molibdeno)(2 %) que forma una capa más resistente evitando la corrosión por picado.
- AISI 317: acero inoxidable más resistente debido a la adición de S (0.001 %), que provoca la reducción de la fragilidad en caliente.

AISI 304L, 316L y 317L: tipos de aceros inoxidables con elementos que eliminan la corrosión intergranular, ya que produce una estabilización que elimina la precipitación de carburos durante la soldadura (evita la sensibilización). Son aconsejables para aceros que trabajan a temperaturas entre 450°C y 850°C.

- AISI 321 y el 347: son aceros inoxidable estabilizadores ya que también evitan el problema de sensibilización. Esto es debido a la adición de Ti o Ni, que poseen una mayor afinidad por el C que por el Cr, evitando la precipitación de carburos de Cr, permaneciendo éste como solución sólida.
- AISI 316 Ti: tipo de aceros que mejoran el problema de sensibilización que posee el 316 debido a la adición de Ti. Son aconsejables para temperaturas de trabajo entre 400°C y 900°C.
- AISI 904 L: estos aceros poseen una mayor cantidad de elementos de aleación que mejoran la resistencia al picado, así como la resistencia a la corrosión en medios ácidos.
- AISI 304H y 316H: aceros que poseen mejores propiedades de resistencia mecánica prescindiendo de la importancia de la corrosión intergranular. Esto es debido a que poseen mayores cantidades de Carbono (0.04-0.1 %)

Dentro de sus características, los tanques de acero inoxidable pueden tener los siguientes acabados:

1. Industrial, liso y sin brillo, para tanques con propósitos mecánicos o químicos, sin necesidad de limpiar frecuentemente.
2. Sanitario, para procesos de inocuidad y limpieza constante que prevengan incrustaciones de residuos.
3. Tipo espejo, en operaciones de electropulido y cromo duro para procesos farmacéuticos.

El material más adecuado para la aplicación es un AISI 304H con electropulido para el interior y 316H con acabado sanitario como cubierta exterior, Este contiene un recubrimiento térmico de Poliuretano extruido, así como espiras para la refrigeración asistida. A continuación, se hará el análisis del producto para poder determinar las capacidades con las que debe contar el tanque para poder cumplir con las necesidades del cliente, así como las normas de seguridad y calidad.

7.1.2. Características del producto

La leche cruda, es decir, no ha sido tratada (leche entera), es almacenada en tanques verticales de gran tamaño (tanques silo) que tienen capacidades desde los 25,000 hasta los 150,000 litros. El rango más usado oscila entre los depósitos con capacidades entre 50,000 y 100,000.

Características de la leche. La leche se compone en un %87 de agua y un %13 de semisólidos que mayormente son nutrientes grasos, entre estos Proteínas, vitaminas, así como Sales minerales adquiridas de la alimentación de la vaca. Estos permanecerán homogenizados bajo la temperatura y condiciones de movimiento adecuadas, ya que las proteínas no son solubles totalmente pues estas forman pequeñas moléculas que a simple vista son imperceptibles. A esto se le llama suspensión coloidal y son mezclas heterogéneas formadas por dos o más fases, principalmente: una continua, normalmente fluida, y otra dispersa en forma de partículas por lo general sólidas. La fase dispersa es la que se halla en menor proporción. Normalmente la fase continua es un líquido, pero pueden encontrarse coloides cuyos componentes se encuentran en otros estados de agregación.

El nombre de coloide proviene de la raíz griega kolas que significa «que puede pegarse». Este nombre que hace referencia a una de las principales propiedades de los coloides: su tendencia espontánea a agregar o formar coágulos. Los coloides también afectan el punto de ebullición del agua y son contaminantes.

Los coloides se diferencian de las suspensiones químicas, principalmente en el tamaño de las partículas de la fase dispersa. Las partículas en los coloides no son visibles directamente, son visibles a nivel microscópico (entre 1 nm y 1 μm), y en las suspensiones sí son visibles a nivel macroscópico (mayores a 1 μm). Además, al reposar, las fases de una suspensión se separan, mientras que las de un coloide no lo hacen. La suspensión es filtrable, mientras que el coloide no es filtrable.[10] Estas están compuestas de tres partes que son:

Solución: La fase de la dispersión o medio dispersante: es la sustancia en la cual las partículas coloidales están distribuidas. Esta fase corresponde al solvente en las soluciones. La leche es un coloide:

la grasa constituye las partículas dispersas y el agua es el medio dispersante.

- Suspensión: La fase dispersa o partículas dispersas: esta fase corresponde al soluto en las soluciones, y está constituida por moléculas sencillas o moléculas gigantes como el almidón. Pueden actuar como partículas independientes o agruparse para formar estructuras mayores y bien organizadas.
- Emulsión: en la leche y la crema el agua rodea las gotitas de grasa

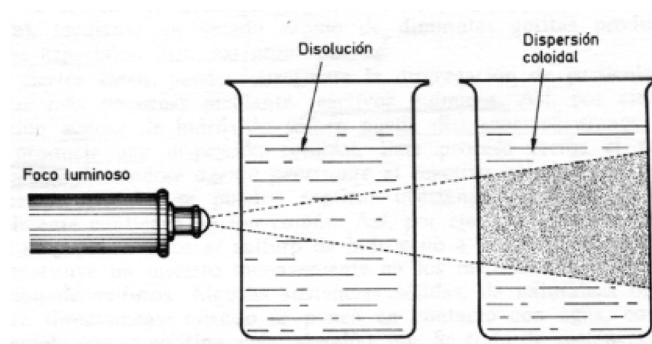


Figura 7.5: *Solvente y coloide siendo atravesados por una luz*

Es por ello que necesitaremos tanques con un sistema de agitación que evitara la separación de la crema por gravedad o la sedimentación. Esta agitación es muy suave, pero continua. Una agitación excesiva causa la aireación de la leche y la desintegración de los glóbulos de grasa. Así que una agitación suave y apacible es una regla básica en el tratamiento de la leche.

Para poder calcular la potencia del motor y tipo de aspas del agitador necesitamos saber algunas características de la leche como la viscosidad, densidad, velocidad, longitud de las aspas.

7.1.3. Densidad de la leche

La densidad en la leche no es un valor que sea constante pues depende de los elementos disueltos, así como los que se encuentran en suspensión. Para la determinación de la densidad de la leche vamos a utilizar la técnica de lactodensimetría.

Los lactodensímetros son aerómetros, cuerpos flotadores de vidrio lastrados

en su parte inferior con varilla graduada, y que en ocasiones pueden llevar incorporado un termómetro, permitiendo la lectura paralela de la densidad. Y la temperatura. Cuando el aerómetro se introduce en la leche sufre un impulso hacia arriba igual al peso del líquido desaloja (principio de Arquímedes), quedando el valor de densidad reflejado en la varilla graduada. La determinación puede realizarse en leche completa o en suero lácteo

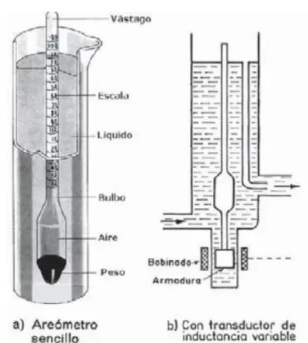


Figura 7.6: *Aerómetro analógico y transductor inductivo de densidad*



Figura 7.7: Densímetro digital

Para realizar las mediciones presentadas en la tabla anterior se calentó la muestra de 15°C a 40°C mientras se homogenizaba con un agitador, posteriormente fue vertido en la probeta mientras se continuaba agitando con un movimiento de rotación. Es necesario esperar unos minutos para alcanzar una estabilización.

Temperatura	Densidad $\frac{kg}{m^3}$
35.6°F - 2°C	1.02997
68°F - 20 °C	1.03136
59°F -15 °C	1.03336

Tabla 7.2: Resultados de la práctica de medición de la densidad del producto

Posteriormente a este procedimiento se aprovecha para llevar a su punto de ebullición, punto de congelación, así como conductividad y PH. Estas mediciones darán un panorama mucho más amplio respecto a las características que se deberán tener en cuenta para el diseño y control del proceso.

7.1.4. Viscosidad de la leche

Se utiliza un viscosímetro de salida para la verificación rápida de los productos a base leche. El embudo se llena hasta el borde con el producto a ser medido, se hace pasar la muestra por el tubo de salida y se mide el tiempo necesario para ello.

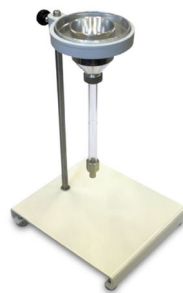


Figura 7.8: *Viscosímetro de salida*

De acuerdo a las practicas del laboratorio, La viscosidad de las muestras de leche son mucho más viscosas que el agua, esta mayor viscosidad se debe sobre todo a la materia grasa en estado globular y a las macromoléculas proteicas, las sustancias de solución intervienen en una pequeña parte el lactosuero es por lo tanto menos viscoso que la leche descremada y esta menos que la leche entera. La viscosidad es: 4.2 Centipoise (cP) - 20°C

Propiedades del producto a 20°C	Valor
Punto crioscópico	− 0.54°C o 31.028°F
Punto de ebullición	100.5°C
Conductividad eléctrica	0.005 μS o Ω^{-1}
Viscosidad (μ)	4.2Cp
Densidad(ρ)	1031.36 $\frac{kg}{m^3}$
viscosidad absoluta (ν)	.0024 $\frac{kg}{m*s}$
Velocidad	102rpm
Longitud de las palas (D)	0.8m

Tabla 7.3: Tabla de propiedades por método experimental

7.1.5. Agitador del tanque

Ya que tenemos el valor de las variables del proceso se procede a calcular el régimen de flujo en el tanque por medio de la agitación, y por medio de el numero Kt en tablas poder determinar la potencia del motor acoplado al agitador.[16]

$$Re = \frac{\rho * \nu * D}{\mu} \quad (7.1)$$

$$Re = \frac{1031 \frac{kg}{m^3} * (\frac{102rpm}{60s}) * 0,8m}{,0024 \frac{kg}{m*s}} \quad (7.2)$$

$$Re = 266819.048$$

Determinar la potencia del cálculo en primer lugar debemos tener en cuenta el comportamiento del fluido, la presencia o ausencia de turbulencia puede relacionarse con el número de Reynolds.

El valor corresponderá valores <300 estamos en presencia de un periodo transitorio y luego laminar, en este caso se determina con siguiente expresión.

$$P = KL * N^2 * D^3 * \mu \quad (7.3)$$

Si prestamos atención en este periodo no influye la densidad (KL) es una constante para régimen laminar y depende de las características geométricas del impulsor que determinan mediante tablas. Para valores mayores a

Tipo de impulsor	KL	KT
Hélice paso cuadrado, tres palas	41.0	0.32
Hélice paso de 2, tres palas	43.5	1.0
Turbina, seis palas planas	71	6.3
Turbina, seis palas curvas	70	4.8
Turbina de ventilador, seis palas	70	1.65
Turbina dos palas planas	36.5	1.70
Turbina cerrada, seis palas curvas	97.2	1.08

Tabla 7.4: La siguiente tabla muestra las constantes KL,Kt para tanques con cuatro deflectores de 1/10 del diámetro interno del tanque

nRE>10,000 estamos en presencia de régimen turbulento no influye la viscosidad en este intervalo se determina el cálculo con la siguiente expresión

$$P = KT * N^3 * D^5 * \rho \quad (7.4)$$

Ya que en el cálculo se obtuvo que el comportamiento del flujo será de régimen turbulento usaremos la ecuación 6.4, ya que el agitador que usaremos corresponde a una Hélice paso de 2, tres palas

$$P = KT * N^3 * D^5 * \rho \quad (7.5)$$

$$P = 4,8 * 1,7^3 * 0,8^5 * 1030 \quad (7.6)$$

$$P = 1658,1886Watt \quad (7.7)$$

$$Hp = 1658,1886Watt = \frac{1Hp}{745,7Watt} \quad (7.8)$$

$$Hp_{necesarios} = 2,223Hp \quad (7.9)$$

El flujo tangencial sigue una trayectoria circular alrededor del eje y crea un vórtice en el líquido, para una turbina de palas planas. Exactamente el mismo patrón de flujo se observa con un agitador o turbina de pala inclinada. La turbulencia perpetúa la estratificación en varios niveles sin que exista flujo longitudinal entre ellos. Si están presentes partículas sólidas, las corrientes

circulatorias tienden a lanzar las partículas contra la pared del tanque, debido a la fuerza centrífuga; desde ahí caen acumulándose en la parte central del fondo del tanque.

Por consiguiente, en vez de mezcla se produce la acción contraria, o sea, concentración. Debido a que en el flujo circulatorio el líquido fluye en dirección del movimiento de las palas del impulsor y, por consiguiente, disminuye la velocidad relativa que existe entre las palas y el líquido, se limita la potencia que puede ser absorbida por el líquido.

En un tanque sin deflectores, el flujo circulatorio es inducido por todos los tipos de impulsores, tanto si el flujo es axial como radial. Si la turbulencia es intensa, el patrón de flujo en el tanque es en esencia el mismo, independientemente del diseño del impulsor. Para velocidades de giro del impulsor elevadas, la profundidad del vórtice puede ser tan grande que alcance al impulsor, dando lugar a que en el líquido se introduzca el gas que está encima de él. Generalmente esto es indeseable.

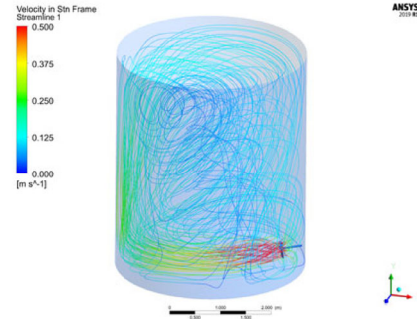
7.1.6. Prevención del vórtice.

El flujo circulatorio y el vórtice pueden prevenirse por cualesquiera de estos tres métodos. En tanques de pequeño tamaño, se dispone el impulsor separado del centro del tanque, El eje se mueve así alejado de la línea central del tanque, inclinándose después en un plano perpendicular a la dirección del movimiento. En tanques de mayor tamaño, el agitador se instala en un lado del tanque, con el eje en un plano horizontal, pero formando un cierto ángulo con el radio. En tanques de gran tamaño, con agitadores verticales, el método más conveniente para reducir el vórtice es instalar deflectores, que impiden el flujo rotacional sin interferir con el flujo radial o longitudinal. Un método sencillo y eficaz de reducir la turbulencia, se consigue instalando placas deflectoras verticales perpendiculares a la pared del tanque. Excepto en tanques muy grandes, son suficientes cuatro deflectores, para evitar el vórtice y la formación del vórtice. Incluso uno o dos deflectores, si no es posible usar más, tienen un fuerte efecto en los patrones de circulación.

Para agitadores de turbina, no es necesario que la anchura del deflector sea mayor de la doceava parte del diámetro del tanque; para agitadores de hélice,



(a) Agitador lateral.



(b) Flujo causado por agitador lateral

Figura 7.9: Agitador lateral

basta con un dieciochoavo. Para líquidos viscosos, por lo general se utilizan deflectores más estrechos, y los deflectores no son necesarios cuando $\mu > 10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$. Los deflectores tampoco son necesarios con agitadores de entrada lateral, inclinados o no centrados.

Una vez que el flujo turbulento ha cesado, el patrón específico de flujo en el tanque depende del tipo de impulsor desde el flujo axial a viscosidades bajas del líquido hasta flujo radial cuando la viscosidad es muy alta. Las turbinas de palas planas producen un buen flujo radial en el plano del impulsor.

En conclusión, podemos determinar que para evitar el vórtice es necesario instalar el agitador de manera horizontal ya que aparte de evitar la separación y aireamiento en la leche se previenen turbulencias que podrían desestabilizar el tanque.

7.1.7. Grosor de la pared del silo

Los tanques cilíndricos son diseñados para soportar tensiones membranales provenientes de las cargas hidrostática, sin embargo, estas pueden ser susceptibles a inestabilidad ya que son propensos a un pandeo. El estudio de inestabilidad de cáscaras cilíndricas de pared delgada es un tema crucial

dentro del análisis y diseño de estas estructuras, debido a que este fenómeno conduce a una falla repentina y violenta, sin previo aviso. Las causas frecuentes de falla por inestabilidad son por vacío interior ocasionado durante la operación del tanque, por presión exterior debida a cambios de temperatura, vientos o error. En el cálculo del calibre de las paredes, entre otras.

Los recipientes cilíndricos que sirven como calderas o tanques son de uso común en la industria. Cuando se someten a presión, el material del que están hechos soporta una carga desde todas las direcciones. Si bien éste es el caso que se trata aquí, el recipiente puede ser analizado de manera simple siempre que tenga una pared delgada. En general, “pared delgada” se refiere a un recipiente con una relación de radio interior a espesor de pared de 10 o más ($r/t \geq 10$).

Específicamente, cuando $r/t = 10$, los resultados de un análisis de pared delgada predicen un esfuerzo que es casi 4 % menor que el esfuerzo máximo real en el recipiente. Para razones r/t mayores, este error será aún menor. Cuando la pared del recipiente es “delgada”, la distribución del esfuerzo a través de su espesor t no variará de manera significativa, y por tanto se supondrá que es uniforme o constante. Con esta suposición, se analizará ahora el estado de esfuerzo en recipientes de presión cilíndricos de pared delgada. Se entiende que la presión dentro del recipiente es la presión manométrica, ya que mide la presión por encima de la presión atmosférica, la que se supone existe tanto en el interior como en el exterior de la pared del recipiente.

Considere que el recipiente cilíndrico tiene un espesor de pared t y un radio interior r . [15]

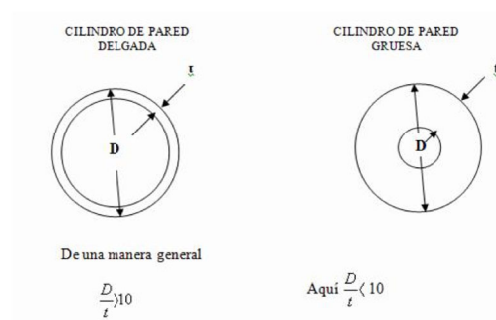


Figura 7.10: Comparativa de recipientes de pared delgada

Para poder calcular el espesor será necesario conocer la presión Hidrostática. v= volumen del tanque r= radio interno del tanque h= altura interna del tanque

$$50000litros = \frac{1litro}{0,001m^3} = 50m^3 \quad (7.10)$$

$$v = \pi * r^2 * h \quad (7.11)$$

$$h = \frac{v}{\pi * r^2} = h = \frac{50m^3}{\pi * 1,6^2} \quad (7.12)$$

$$\mathbf{h=6.2169m}$$

$$P = \rho * g * h \quad (7.13)$$

$$P = 1030 \frac{N * \frac{m}{s^2}}{m^3} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 6,2169m \quad (7.14)$$

$$\mathbf{Presión=62817Pa}$$

Ecuación para calcular el esfuerzo en un recipiente de pared delgada.

$$\sigma_{maz} = \frac{P * r}{\iota} \quad (7.15)$$

$$30Mpa = \frac{62817 \frac{N}{m^2} * 1,6m}{\iota} \quad (7.16)$$

$$\iota = \frac{6,2646 \frac{N}{m^2} * 1,6m}{30000000 \frac{N}{m^2}} \quad (7.17)$$

$$0,003346544m = \frac{1m}{1000mm} = 3,34mm \quad (7.18)$$

$$\mathbf{Calibre-10}$$

Para facilitar la tarea del drenaje, las pendientes de los fondos de los tanques tienen una inclinación mínima del 6 % hacia el orificio de salida.

7.2. Control de temperatura del silo

Realizaremos el control a través del control PID este tipo de control es de los más empleados en la industria ya que es un control realimentado y caracterizan por la sencillez de aplicación, su finalidad es alcanzar y mantener un valor deseado. Cuenta con tres partes, El integral, proporcional y derivativo, la salida del PID es la suma que cada una de estas partes, sin embargo, cada uno cumple una cierta función para poder mejorar la respuesta.[2]

- El componente proporcional reacciona al presente.
- El componente integral reacciona al pasado, y aporta memoria.
- El componente derivativo reacciona al futuro, aportando. Predicción.

Kp

A mayor ganancia proporcional este intentara alcanzar más agresivamente el setpoint actúa proporcional al error, caso contrario en ausencia de ganancia proporcional el sistema tardara mucho en llegar y corregir el comportamiento.

Kd

Esta acción de control es proporcional a la derivada de la señal de error o, dicho de otra forma, a la velocidad del error. Cuando el sistema o proceso que estamos controlando se mueve a una velocidad alta hacia el punto deseado (valor de referencia), el sistema se pasará de largo debido a su inercia, produciendo sobre impulsos y oscilaciones. Por ejemplo, si la temperatura de un horno está a 120°C en circunstancias que la deseada es de 125°C, el controlador tomará acciones para subir rápidamente la temperatura de ese horno, generando que muy probablemente no solo la alcance, sino que la sobrepase. Para evitar este problema, el controlador debe reconocer la velocidad a la que el sistema se acerca al valor de referencia deseado para poder frenarle con antelación, a medida que se acerque a la referencia deseada y evitar que la sobrepase.

Al aumentar la constante de control derivativa se obtiene un aumento en la estabilidad del sistema controlado, disminuye un poco la velocidad del

sistema, pero el error en el proceso permanecerá igual. Por lo tanto, esta acción de control sirve para estabilizar una respuesta que oscile demasiado.

Ki

Como su nombre lo indica, esta acción de control calcula la integral de la señal de error, es decir, corresponde a la suma o acumulación de la señal de error. A medida que pasa el tiempo, pequeños errores se van sumando para hacer que la acción integral sea cada vez mayor, consiguiéndose reducir el error del proceso que está en producción. La desventaja de utilizar la acción integral es que esta añade una cierta inercia al sistema y, por lo tanto, lo hace más inestable.

7.2.1. Espesor de la cubierta térmica del silo

El aislamiento térmico en tanques es de suma importancia para mantener la temperatura de los líquidos almacenados en su interior. El recubrimiento aislante de poliuretano extruido es una excelente opción debido a su alta eficiencia y durabilidad.

El cálculo del espesor del recubrimiento aislante de poliuretano extruido en un tanque se basa en factores como la temperatura interna y externa del tanque, el coeficiente de flujo térmico y el gradiente de conductividad del material aislante. En este caso, se tiene una temperatura interior del tanque de 7°C y una temperatura exterior de 32°C. Además, el coeficiente de flujo térmico varía según la temperatura interna, con valores distintos para temperaturas por debajo y por encima de 0°C. El gradiente de conductividad del poliuretano extruido es de 0.029 W/mK. Usaremos el de conducción de calor en cilindros reducido de la ecuación de Fourier para la dirección radial.

$$\frac{dQ}{dt} = \lambda * 2\pi * L * \frac{T_2 - T_1}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \quad (7.19)$$

Donde:

$$e = \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (7.20)$$

Donde:

$$S = 2\pi * L \quad (7.21)$$

$$Q = S \frac{\lambda}{e} * (T_e - T_i) \quad (7.22)$$

Despejando la variable (e)

$$e = S \frac{\lambda}{Q} * (T_e - T_i) \quad (7.23)$$

Donde Q = es el flujo térmico permitido

■ Si

$$T_i < 0 \circ C - Q = 6W/m^2 \quad (7.24)$$

■ Si

$$T_i > 0 \circ C - Q = (7,5W/m^2) \quad (7.25)$$

- e = Espesor de la pared aislante
- Te-Ti= diferencia de Temperaturas
- Gradiente de conductividad del poliuretano extruido

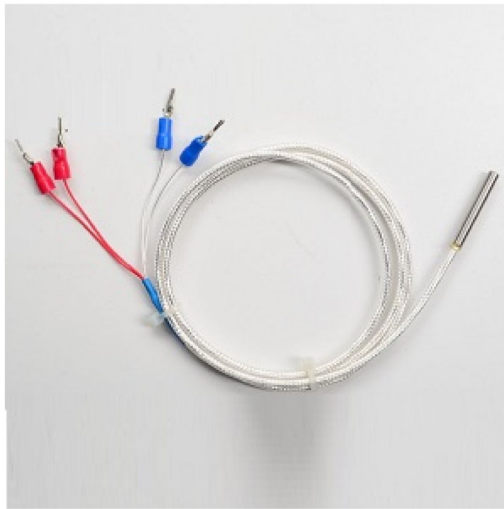
$$e = \frac{0,029 \frac{W}{m \cdot K}}{8 \frac{W}{m \cdot K}} * (32 \circ C - 7,5 \circ C) \quad (7.26)$$

$$e=0.092$$

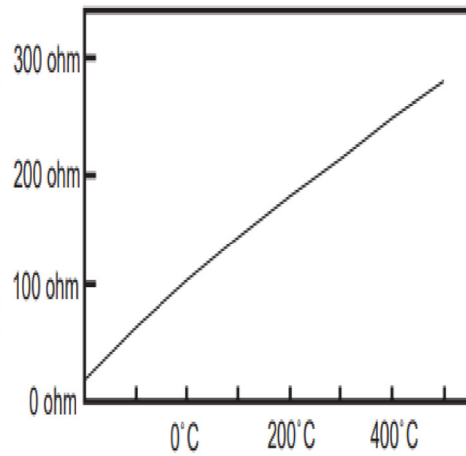
Luego de realizar un análisis, se ha determinado que el espesor del recubrimiento de poliuretano que se utilizará en el silo será de 9.2 cm. Para obtener este valor, se llevó a cabo un análisis unidimensional, en el cual se evaluaron múltiples factores que pudieran influir en la elección del espesor adecuado para el recubrimiento.

Es importante destacar que el recubrimiento de poliuretano también es esencial para proteger el silo de los elementos externos, como la humedad y la corrosión, y garantizar su durabilidad y resistencia. Al elegir un espesor de 9.2 cm, se asegura que el recubrimiento cumpla con su función y brinde la protección necesaria al silo.

El análisis unidimensional utilizado para determinar el espesor del recubrimiento de poliuretano se realizó teniendo en cuenta factores como la ubicación del silo, el clima y las condiciones ambientales a las que estará expuesto. Se evaluaron diferentes opciones experimentales de espesor antes de llegar a la conclusión de que 10 cm es la mejor opción para este caso en particular.



(a) Agitador lateral



(b) Flujo causado por agitador lateral

Figura 7.11: Agitador lateral

7.2.2. Sensor de temperatura PT100

Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohm y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal, pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde. Por otra parte, los Pt100 siendo levemente más costosos y mecánicamente no tan rígidos como las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100 a 200 °). Los Pt100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que la Pt100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre, con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso. Este comportamiento es una gran ventaja en usos como cámaras frigoríficas donde una desviación no detectada de la temperatura podría producir algún daño grave. Además, la Pt100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema (hasta unos 30 metros) utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión.

El método de 4 hilos es el más preciso de todos, los 4 cables pueden ser distintos (distinta resistencia).

Por los cables 1 y 4 se hace circular una corriente I conocida a través de $R(t)$ provocando una diferencia de potencial V en los extremos de $R(t)$. Los cables 2 y 4 están conectados a la entrada de un voltímetro de alta impedancia luego por estos cables no circula corriente y por lo tanto la caída de potencial en los cables R_{c2} y R_{c3} será cero ($dV = I_c * R_c = 0 * R_c = 0$) y el voltímetro medirá exactamente el voltaje V en los extremos del elemento $R(t)$. Finalmente, el instrumento obtiene $R(t)$ al dividir V medido entre la corriente I conocida.

El RTD Pt100 4-20mA es el ensamble de resistencia de Platino acoplado con un transductor de montaje en cabeza marina que permite la lectura en el protocolo HART.

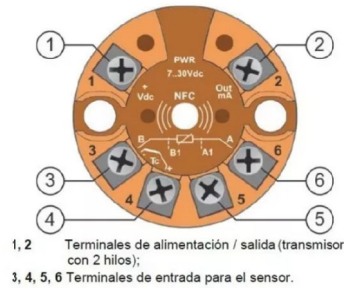


Figura 7.12: Transductor para PT100 a 4 hilos

características Temperatura de funcionamiento: 0° a $+ 100^{\circ}\text{C}$ Precisión: $<0,1$

7.3. Proceso de llenado del tanque

En este caso, la salida de líquido es constante al depender de la bomba, mientras que el caudal de entrada se puede manipular. La velocidad de cambio de volumen (v), contenido del Silo, es Igual a la diferencia entre caudales de entrada (F_e) y salida (F_s).[1]

$$\frac{dv}{dt} = F_e - F_s \quad (7.27)$$

7.3.1. Metodología para llegar a sintonizar un PID

Acción Proporcional

- Se aumenta poco a poco la acción proporcional para disminuir el error (diferencia entre el estado deseado y el estado conseguido) y para aumentar la velocidad de respuesta.
- Si se alcanza la respuesta deseada en velocidad y error, el PID ya está sintonizado.
- Si el sistema se vuelve inestable antes de conseguir la respuesta deseada, se debe aumentar la acción derivativa.

Acción Derivativa

- Si el sistema es demasiado inestable, se aumentará poco a poco la constante derivativa para conseguir de nuevo estabilidad en la respuesta.

Acción Integral

- En el caso de que el error del sistema sea mayor que el deseado, se aumentará la constante integral hasta que el error se minimice con la rapidez deseada.
- Si el sistema se vuelve inestable antes de conseguir la respuesta deseada, se debe aumentar la acción derivativa.

Saturación y límites del controlador PID Se debe considerar que en los procesos industriales existen limitaciones que reducen la capacidad del controlador para conseguir la respuesta deseada, donde por mucho que se aumente la acción proporcional llegará un momento en el que el accionador se saturará. Por ejemplo, en un proceso de control de temperatura, la resistencia calefactora podrá suministrar potencia hasta los 2.000 W.

Si el controlador intenta entregar más potencia para conseguir más velocidad de calentamiento, no se podrá y el sistema no conseguirá mayor rapidez.

Por lo tanto, hay que tener en cuenta que la velocidad de respuesta de los sistemas reales tiene ciertos límites que el control no podrá superar.

7.3.2. Método para sintonización de un PID por la ganancia crítica en lazo cerrado de Ziegler-Nichols

Este método no requiere retirar el controlador PID del lazo cerrado. En este caso solo hay que reducir al mínimo la acción derivativa y la acción integral del regulador PID. El ensayo en lazo cerrado consiste en aumentar poco a poco la ganancia proporcional hasta que el sistema oscile de forma mantenida ante cualquier perturbación. Esta oscilación debe ser lineal, sin saturaciones. En este momento hay que medir la ganancia proporcional, llamada ganancia crítica o K_c , y el periodo de oscilación T_c en segundos.

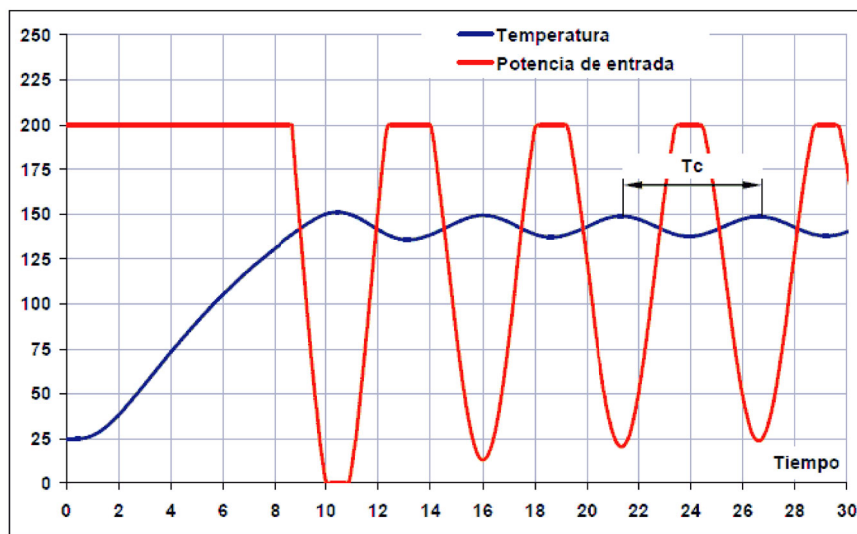


Figura 7.13: Oscilación de forma mantenida del sistema

Una vez medidos estos dos valores, se pueden calcular los parámetros del controlador PID con acción solo proporcional (P), proporcional e integral (PI), proporcional y derivativa (PD) o proporcional integral y derivativa (PID):

Para poder realizar el análisis de las maniobras necesarias y las limitantes es necesario realizar un diagrama o lista de proceso y posteriormente plasmarlo en el gráfico del Panelview del panel de operación.

PID	Kp	Ki	Kd
P	$0.5 * K_c$		
PI	$0.45 * K_c$	$0.54 * \frac{K_c}{T_c}$	
PD	$0.80 * K_c$		$0.075 * K_c * T_c$
PID	$0.59 * K_c$	$1.188 \frac{K_c}{T_c}$	$0.075 * K_c * T_c$

Tabla 7.5: La constante Kp corresponde a la ganancia proporcional, Ki es la ganancia integral y Kd es la ganancia derivativa

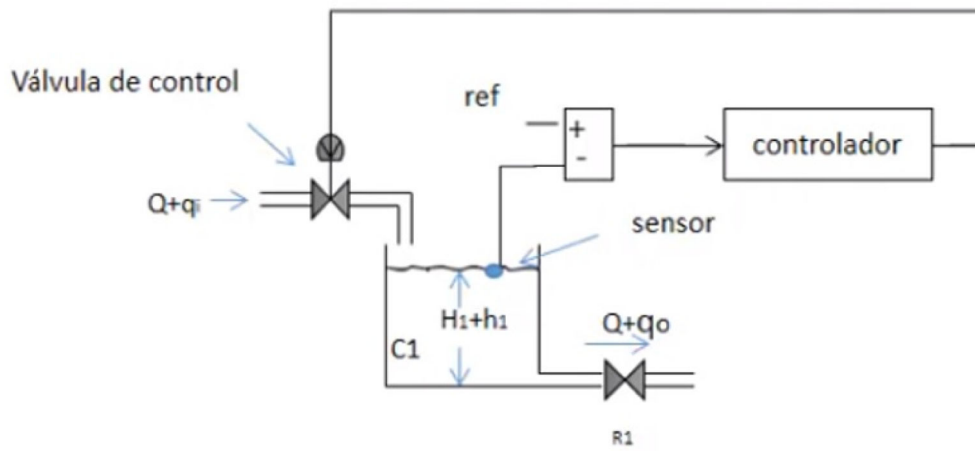


Figura 7.14: Diagrama de cuerpo libre del silo

7.3.3. Modelo Temperatura y llenado

Análisis desde el punto de vista del caudal:

$$cdh(t) = (q_i - q_0)dt \quad (7.28)$$

$$\mathcal{L}Cdh(t) = (q_i - q_0)dt$$

$$CsH(s) = Q_i(s) - Q_0(s) \quad (7.29)$$

Análisis desde el punto de vista del Presión hidrostática:

$$\frac{h(t)}{r} = q_0(t) \quad (7.30)$$

$$\mathcal{L} \frac{h(t)}{r} = q_0(t)$$

$$\frac{H(s)}{R} = Q_0(s) \quad (7.31)$$

Reemplazando:

$$CsH(s) = Q_i(s) - \frac{H(s)}{R} \quad (7.32)$$

$$CsH(s) + \frac{H(s)}{R} = Q_i(s) \quad (7.33)$$

$$H(s)(Cs + \frac{1}{R}) = Q_i(s) \quad (7.34)$$

$$H(s)(\frac{RCs + 1}{R}) = Q_i(s) \quad (7.35)$$

$$H(s)(\frac{RCs + 1}{R}) = Q_i(s) \quad (7.36)$$

$$\frac{H(s)}{Q_i(s)} = \frac{R}{RCs + 1} \quad (7.37)$$

Dando valora R=1 y C=1

$$\frac{H(s)}{Q_i(s)} = \frac{R}{R} + \frac{1}{Cs} + 1 \quad (7.38)$$

$$\frac{H(s)}{Q_i(s)} = \frac{1}{1s + 1} \quad (7.39)$$

7.3.4. Como ingresar los valores al PLC SLC500

Los módulos de E/S son interfaces entre el controlador y los dispositivos de campo que forman el sistema Control Logix. Las señales analógicas, que son continuas, son convertidas por el módulo y usadas por el controlador para ordenar los resultados de los dispositivos de campo. Cada módulo de E/S en el sistema Control Logix debe tener un controlador propietario Control Logix. Este controlador propietario:

- Almacena los datos de configuración de todos los módulos de los que es propietario.
- Puede ser local o remoto con respecto a la posición del módulo de E/S.
- En vía los datos de configuración del módulo de E/S para definir el funcionamiento del módulo e iniciar la operación.
- Cada módulo de E/S Control Logix debe mantener continuamente la comunicación con el propietario a fin de funcionar normalmente.

7.4. Comparadores SCL y SCP para entradas analógicas.

Teniendo en cuenta que el protocolo de muestreo es de 4-20mA la representación decimal es de 3277 a 16384 con una resolución de 13.67 bits esto lo tendríamos que representar por una unidad legible para el operador, para que sea coherente para proceso. Podrían ser variables de temperatura, presión, distancia, Flujo. Sobre mencionar que los instrumentos tienen que estar calibrados y correctamente posicionados para evitar problemas de variación o ruido. Igualmente debemos de tener en cuenta que para salidas en un protocolo de 4- 20mA la representación decimal es de 6242 a 31208 con una resolución de 12.6 bits. Esto quiere decir que al mandar 6242 estaríamos mandando 4mA y en caso contrario al mandar 31208 estaríamos mandando 20mA

7.4.1. Entrada SCL

Entendiendo esto Calcularemos los valores para cada campo.

1. Source: esta enlazado a la dirección de la fuente de la placa I: es necesario poner la representación decimal
2. Rate: es el valor positivo o negativo de 16 bits o palabra que se divide por 10,000 y puede ser una constante o palabra. Teniendo en cuenta:

$$Scalevalue = (inputvalue * rate) + offset. \quad (7.40)$$

$$Rate = \frac{(scalemax - scalemin)}{(inputmax - inputmin)} \quad (7.41)$$

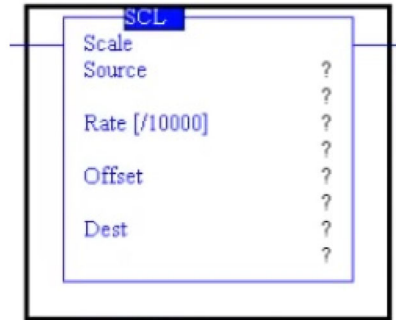


Figura 7.15: Comparador de datos para integrar señales analógicas

$$Offset = scale_{minimum} \cdot (input_{minimum} \cdot rate) \quad (7.42)$$

3. Destination: es el destino del resultado de la operación, debe ser un entero esto es una desventaja ya que no te permite trabajar con flotantes.

Calculo:

Datos

Temperatura: 0 - 100°C 4 - 20mA 3277- 16384

$$\frac{Rate}{10,000} = \frac{100 - 0}{16384 - 3277} = 0,007629 \quad (7.43)$$

Sin embargo, como no permite flotantes habría que redondear

$$Rate = 76 \quad (7.44)$$

$$Offset = scale_{minimum} - (input_{minimum} * Rate) \quad (7.45)$$

$$Offset = 0 - 3277 * 0,007629 \quad (7.46)$$

$$Offset = -25 \quad (7.47)$$

Que se guardaría en una variable entera N7- Integer esto sería en caso de usar un SCL

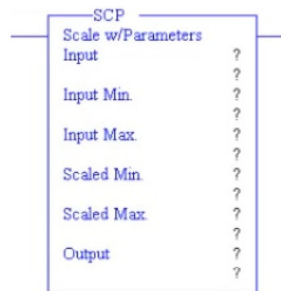


Figura 7.16: Comparador de datos con parámetros

7.4.2. Entrada SCP

En este caso la introducción de datos es directa

Parámetro	Valor
Input:	Esta enlazado a la dirección de la fuente de la placa I:
Input min:	3277
Input max:	16384
Scaled min	0
Scaled max	100
Output:	Se puede ingresar una variable flotante, F8 - Float

Tabla 7.6: Ejemplo: en caso de usar un SCP.

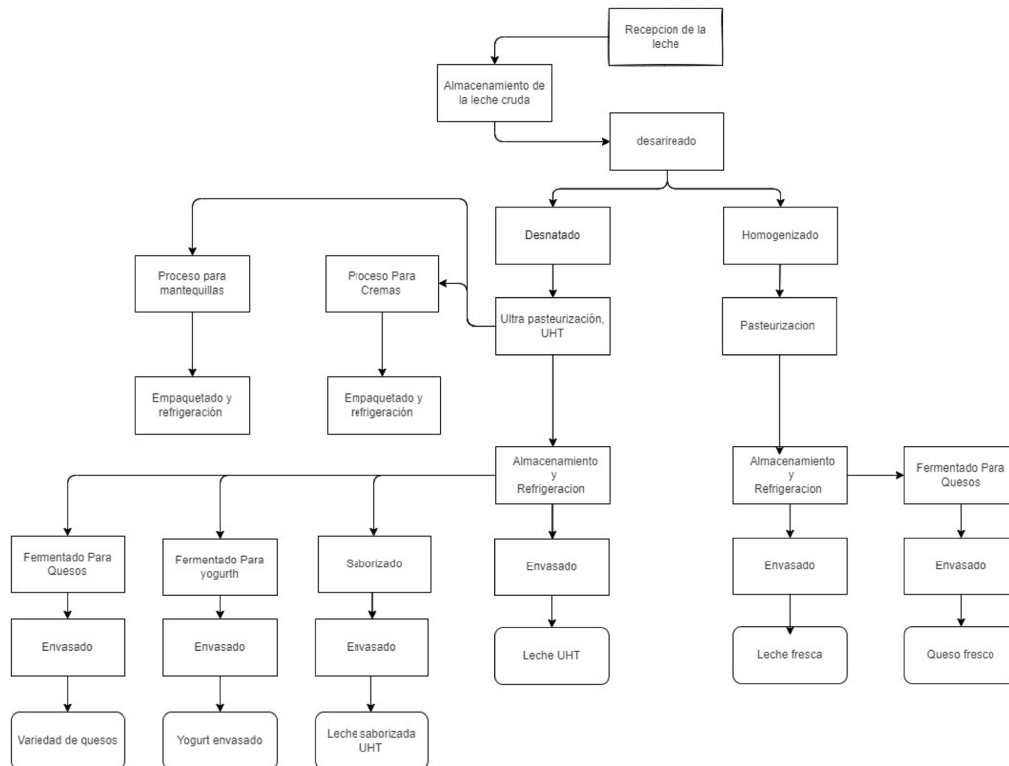


Figura 7.17: *Diagrama de flujo del procesamiento de la leche.*

7.5. Recibo

1. Llegada de la pipa con leche cruda
2. Selección del silo a descargar. Regularmente tanque pulmón
3. Se abre la válvula de descarga
4. Censado de la presión del tanque o silo para conocer el nivel
5. Censado de posición de las válvulas del silo.
6. Bombeo de leche cruda hacia los silos.
7. Sondeo de la presión del tanque.
8. Si el nivel esta al máximo y la válvula se encuentra en posición abierta.

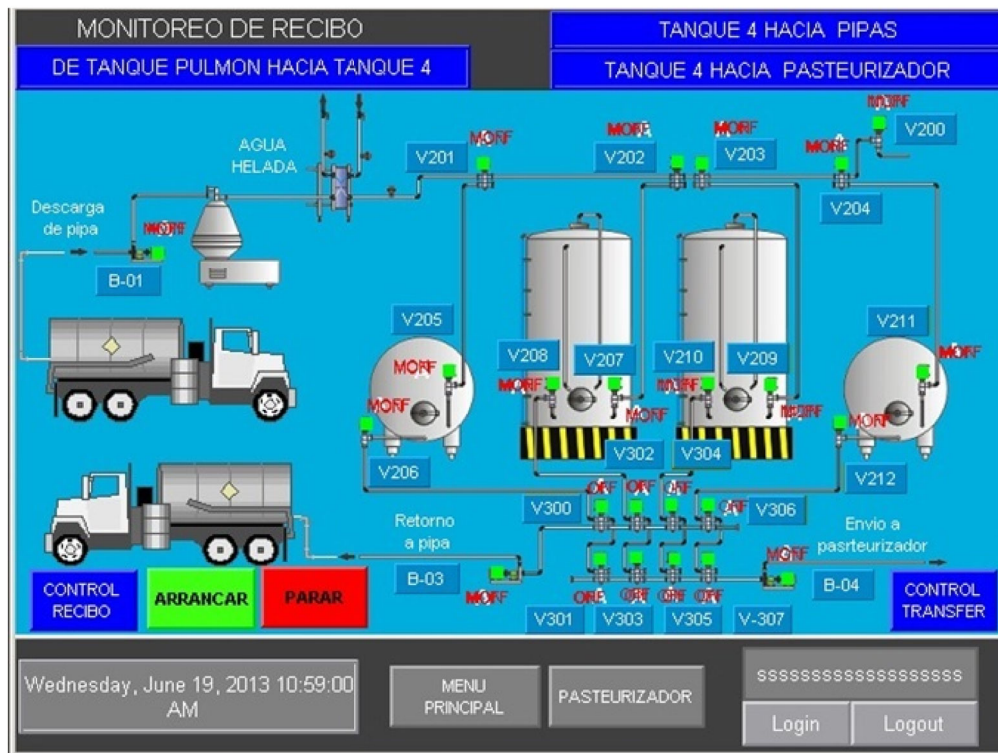


Figura 7.18: Diagrama gráfico de la pantalla de recibo

9. Se cambia la posición la siguiente válvula.
10. Se cierra la válvula del silo actual.

Al llegar las pipas de leche cruda se forman para realizar la descarga a silos, el operador puede ver el en panelview local que silos de leche cruda se encuentran vacíos y disponibles para el almacenamiento de la materia prima.

7.6. Pasteurización

1. Se ajustan los set-point de temperatura del agua caliente
2. Se ajusta el set-point para el proceso de pasteurización
3. Se ajustar el tiempo para el intercambiador de calor y asegurar se realice correctamente.
4. Se selecciona el silo o tanque donde se descargará el producto.
5. Existe una variante donde el pasteurizador puede realizar la mezcla de las fórmulas lácteas.

Normalmente el pasteurizador trabaja en automático con un registrador solo se usa manualmente en caso de dañarse alguna válvula o salida.

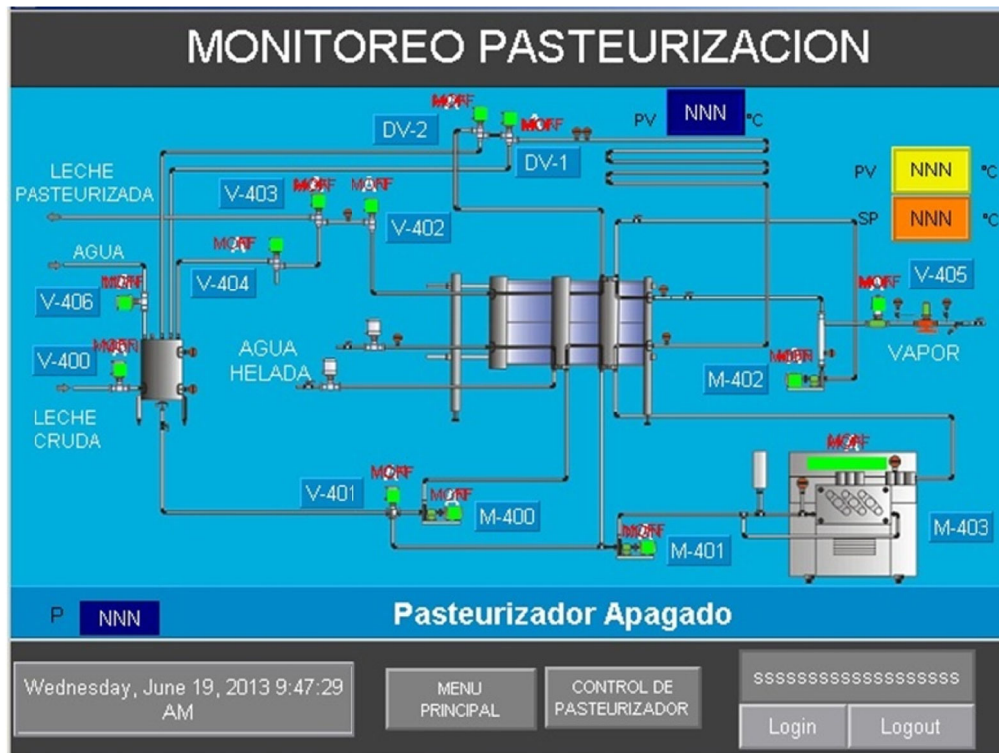


Figura 7.19: *Diagrama gráfico de la pantalla de pasteurizado*

7.7. Registrador del pasteurizador

El registrador de proceso gráfica y envía señales de salida para el control del PLC's que controlan válvulas de direccionamientos posterior a la pasteurización.

El monitor sirve para asegurarse que la secuencia está corriendo conforme a su programación y muestra la posición de las válvulas, existe una sección de mensajes en caso de presentarse algún error, todos los fluidos se re circulan hasta alcanzar una estabilidad térmica ideal para la pasteurización



Figura 7.20: *Registrador del Pasteurizador*

7.8. Descripción del proceso de pasteurizado

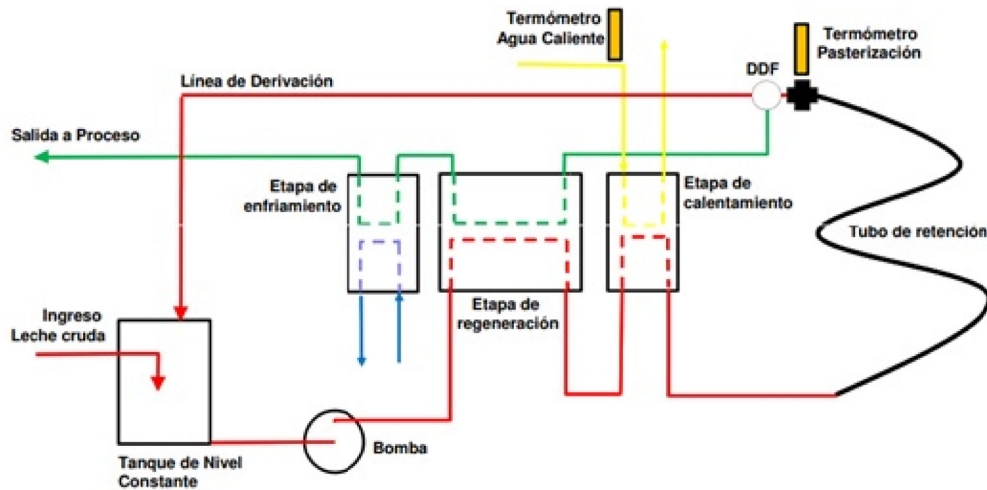


Figura 7.21: *Diagrama de proceso de pasteurizador*

El ingreso de la leche cruda es hacia un tanque pulmón el cual se utiliza para re-circular en caso de que las temperaturas de pasteurización salgan del rango y no se concluya el proceso o en caso de únicamente tener que retener el producto.

Posteriormente se bombea hacia la primera etapa. se realiza en intercambiadores de calor de placas, y el recorrido que hace la leche en el mismo es el siguiente:

La leche llega al equipo intercambiador a 4°C aproximadamente, proveniente de un tanque regulador; en el primer tramo se calienta por regeneración

En esta sección de regeneración o precalentamiento, la leche cruda se calienta a 58°C aproximadamente por medio de la leche ya pasteurizada cuya temperatura se aprovecha en esta zona de regeneración.

Al salir de la sección de regeneración, la leche pasa a través de un filtro que elimina impurezas que pueda contener, luego la leche pasa a los cambiadores de calor de la zona o área de calentamiento donde se la calienta hasta la temperatura de pasteurización, esta es $72 - 73^{\circ}\text{C}$ por medio de agua caliente.

El dispositivo desviador de flujo está diseñado para controlar la dirección del flujo de producto en función de la temperatura con que el producto sale del tubo de retención.

7.9. Proceso de recepción de leche pasteurizada

- Cuando se cumplen las temperaturas apropiadas el registrador envía una señal.
- El PLC abre la válvula de salida del pasteurizador.
- Se selecciona destino.
- Se abren las válvulas correspondientes del clúster para almacenar la leche.
- Cuando alcanza la temperatura puede ser enviada a embotellado.
- Una vez en el tanque empieza la etapa de enfriamiento por medio de serpentines comunicados al chiller.
- El silo o tanque cuenta con sensores de presión en caso de llegar al set-point de llenado.
- Manda un mensaje de tanque lleno.
- Abre la siguiente válvula.

Notas: En caso de ser necesario podrían trabajar distintos almacenes al mismo tiempo

7.10. Clúster

Los diseños de matrices de válvulas están pensados para reducir espacios, mejorar los procesos relacionados a la reducción de mermas y acortar los tiempos de operación. Por otra parte, cuentan con la facilidad de implementar líneas múltiples para procesos en paralelo.

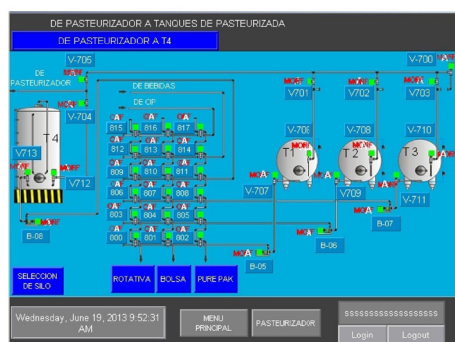
El accionamiento de los clúster de válvulas puede ser manual y neumático con control a distancia. Los modelos de cabezales de control cuentan con la

opción de tener feedback de estado de válvula como: abierta, cerrada o falla.

Una matriz de válvulas, también conocida como clúster de válvulas, maximiza la eficacia de los procesos mediante la optimización de la gestión de fluidos. Cada una de las etapas del proceso de diseño e instalación es esencial para aprovechar al máximo el potencial del proceso, además de ahorrar tiempo y evitar la pérdida de ingresos asociados a los tiempos de inactividad de la producción.

En comparación con las placas de flujo tradicionales o placas diversoras, la matriz de válvulas está diseñada para permitir la circulación simultánea de varios líquidos, incluida la limpieza in situ (CIP, por sus siglas en inglés), en varios niveles con la cantidad exacta de líneas y filas para cumplir con los requisitos específicos del proceso. La matriz garantiza la flexibilidad necesaria para poder enviar varios productos a diferentes destinos, al mismo tiempo que se están limpiando otras líneas.

Una matriz con válvulas anti-mezcla proporciona una seguridad en lo referente a los productos, además de unas buenas condiciones de limpieza y la eliminación del riesgo de contaminación cruzada. Descarta la probabilidad de que se produzcan los errores humanos que pueden suceder al usar conexiones manuales de líneas y al manejar curvas giratorias.



(a) Clúster en pasteurizada



(b) Clúster

Figura 7.22: Matriz direccional de válvulas

7.11. C.I.P.

7.11.1. Porque utilizar un CIP

La leche cruda supone un medio ideal para la formación de biofilms debido a su alto contenido en nutrientes y bacterias. Éstas últimas tienen la capacidad de adherirse y agregarse en las superficies de acero inoxidable dando lugar a la formación de biofilms.

La presencia de biofilms en el sistema de limpieza CIP de la industria láctea, protege a los microorganismos de la acción del desinfectante. Esto da lugar a la contaminación microbiana de la leche y productos lácteos debido al desprendimiento de microorganismos de dicha matriz. Incluso en leche esterilizada por presencia de esporas bacterianas termorresistentes como las de las especies bacillus.

Otras consecuencias de la presencia de biofilms en dichos circuitos, son que pueden causar corrosión de tuberías y tanques e incluso reducir la transferencia de calor en los intercambiadores de placas y tuberías (si el biofilm es lo suficientemente grueso).

7.11.2. Tipos de sistemas CIP

Existen principalmente dos tipos de sistemas CIP en la industria láctea: el primero es aquel en el que la solución no se recircula (“a perder”), muy común en máquinas o elementos cuyo volumen es limitado como: intercambiador de placas, filtros o sistemas CIP pequeños (se para y se prepara la solución en cada proceso de limpieza). El segundo es un sistema CIP automático en el que se recircula la solución de limpieza

En todos los casos debe de establecerse un programa regular para verificar si la limpieza realizada es la adecuada.

Tradicionalmente el proceso de limpieza consiste en 2 fases. Utilizando hidróxido sódico para la fase alcalina y ácido nítrico para la fase ácida.

7.11.3. Enjuague rápido

Con el fin de ahorrar tiempos, agua y producto, la tendencia es la limpieza en una sola fase. En este sentido hay dos posibilidades de

Productos:

- Alcalinos con alto poder secuestrante.
- Ácidos con capacidad desengrasante.

Este tipo de limpieza se utiliza sobre todo para elementos en contacto con leche fría cruda: camiones cisterna, tuberías de descarga, tanques de recepción de leche. En algunos casos, para otros elementos con intercambio calórico como los pasteurizadores o donde se almacene leche pasteurizada, se puede hacer en una sola fase, pero alternándolo siempre con limpieza en dos fases.

Para un correcto control y monitorización del ciclo de limpieza, es aconsejable la utilización del boroscopio para asegurarnos que no quedan restos.

7.11.4. Fase alcalina

Actualmente en la industria láctea, la tendencia es utilizar para la fase alcalina productos formulados basados en hidróxido sódico aditivados con tensioactivos, humectantes, secuestrantes, etc., que proporcionan un mejor efecto de limpieza a la disolución pudiendo disminuir la concentración de uso, además de una mayor facilidad para el enjuague posterior.

La concentración normalmente utilizada es del 0,15-1,0 % a temperaturas de 70-80°C durante 10-30 minutos.

7.11.5. Fase ácida

Para esta fase, la tendencia actual en la industria láctea es utilizar productos ácidos aditivados con tensioactivos y humectantes, que proporcionan una mejora en la limpieza y facilitan el aclarado posterior. Los detergentes ácidos pueden llevar incorporados otros aditivos además de los mencionados.

La concentración normalmente utilizada de los detergentes ácidos es del 0,5-1,0 %, tanto a temperatura ambiente como a temperaturas de 55-80°C. El tiempo de contacto es de 5-20 minutos.

Además de la eliminación de proteínas y sales incrustadas, otras funciones que tienen los detergentes ácidos en los sistemas CIP de la industria láctea, son que eliminan cualquier traza de producto alcalino que haya podido quedar anteriormente, mejoran el drenaje y secado de las tuberías y tienen carácter bacteriostático. Tienen también la ventaja de favorecer la eliminación de la piedra de la leche.

7.11.6. Proceso de Limpieza CIP



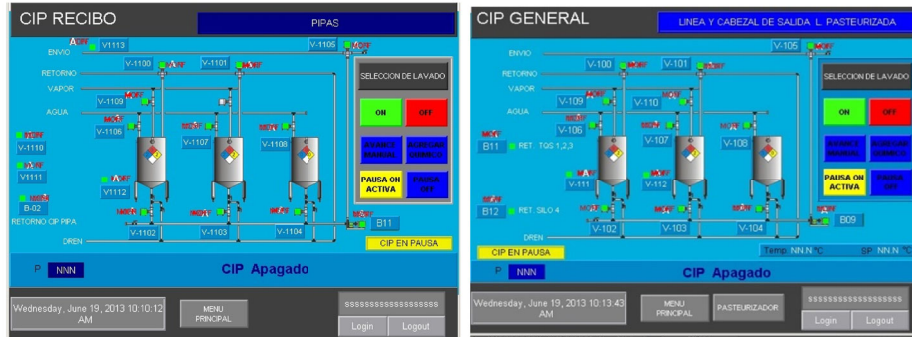
(a) Pruebas de concentración y conductividad en laboratorio



(b) Dosificación, pruebas en campo

Figura 7.23: En esta figura se puede observar pruebas en laboratorio y en campo antes de proceder con el primer lavado

7.11.7. Pantallas de los CIP



(a) CIP del área de recibo.

(b) CIP general

Sistema de control visual en el panelview.

7.11.8. Control de flujo pinchart

Se utiliza un sistema de tablas en Microsoft excel como analogía de file tipo (byte) o palabra.

Este contiene el direccionamiento en bits que indican las entradas y salidas físicas que tienen que cambiar de estado cada cierto tiempo para realizar la sucesión en la pila de procesamiento, si este es “0” se ve representado como un cuadro vacío, y un 1 se ve representado por una (x), Una vez teniendo los datos del byte completados, En el panelview selección de algún tanque este archivo será movido, es decir, La secuencia de lavado de cada tanque es distinto ya sea en volumen, tiempo, o entradas o salidas activas, ya que no es lo mismo lavar un tanque que un silo.

B		C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y										Z	AA AB AC AD AE AF AG AH AI AJ AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY AZ BA BB BC BD BE BF BG BH BI BJ BK BL BM BN BO BP BQ BR BS BT BU BV BW BX BY BZ CA CB CC CD CE CF CG CH CI CJ CK CL CM CN CO CP CQ CR CS CT CU CV CW CX CY CZ DA DB DC DD DE DF DG DH DI DJ DK DL DM DN DO DP DQ DR DS DT DU DV DW DX DY DZ EA EB EC ED EE EF EG EH EI EJ EK EL EM EN EO EP EQ ER ES ET EU EV EW EX EY EZ FA FB FC FD FE FF FG FH FI FJ FK FL FM FN FO FP FQ FR FS FT FU FV FW FX FY FZ GA GB GC GD GE GF GG GH GI GJ GK GL GM GN GO GP GQ GR GS GT GU GV GW GX GY GZ HA HB HC HD HE HF HG HH HI HJ HK HL HM HN HO HP HQ HR HS HT HU HV HW HX HY HZ IA IB IC ID IE IF IG IH II IJ IK IL IM IN IO IP IQ IR IS IT IU IV IW IX IY IZ JA JB JC JD JE JF JG JH JI IJ JK KL JM JN JO JP JQ JR JS JT JU JV JW JX JY JZ KA KB KC KD KE KF KG KH KI KJ KK KL KM KN KO KP KQ KR KS KT KU KV KW KX KY KZ LA LB LC LD LE LF LG LH LI LJ LK LL LM LN LO LP LQ LR LS LT LU LV LW LX LY LZ MA MB MC MD ME MF MG MH MI MJ MK ML MM MN MO MP MQ MR MS MT MU MV MW MX MY MZ NA NB NC ND NE NF NG NH NI NJ NK NL NM NN NO NP NQ NR NS NT NU NV NW NX NY NZ OA OB OC OD OE OF OG OH OI OJ OK OL OM ON OO OP OQ OR OS OT OU OV OW OX OY OZ PA PB PC PD PE PF PG PH PI PJ PK PL PM PN PO PP PQ PR PS PT PU PV PW PX PY PZ QA QB QC QD QE QF QG QH QI QJ QK QL QM QN QO QP QQ QR QS QT QU QV QW QX QY QZ RA RB RC RD RE RF RG RH RI RJ RK RL RM RN RO RP RQ RR RS RT RU RV RW RX RY RZ SA SB SC SD SE SF SG SH SI SJ SK SL SM SN SO SP SQ SR SS ST SU SV SW SX SY SZ TA TB TC TD TE TF TG TH TI TJ TK TL TM TN TO TP TQ TR TS TU TV TW TX TY TZ UA UB UC UD UE UF UG UH UI UJ UK UL UM UN UO UP UQ UR US UT UU UV UW UX UY UZ VA VB VC VD VE VF VG VH VI VJ VK VL VM VN VO VP VQ VR VS VT VU VV VW VX VY VZ WA WB WC WD WE WF WG WH WI WJ WK WL WM WN WO WP WQ WR WS WT WU WV WW WX WY WZ XA XB XC XD XE XF XG XH XI XJ XK XL XM XN XO XP XQ XR XS XT XU XV XW XX XY XZ YA YB YC YD YE YF YG YH YI YJ YK YL YM YN YO YP YQ YR YS YT YU YV YW YX YY YZ ZA ZB ZC ZD ZE ZF ZG ZH ZI ZJ ZK ZL ZM ZN ZO ZP ZQ ZR ZS ZT ZU ZV ZW ZX ZY ZZ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
DESCRIPTION		BACT		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS		GUS	

Figura 7.25: Archivo de direccionamiento de entradas y salidas

Cada palabra del archivo es movida con un bloque (MOV) a la palabra que activa las entradas o salidas físicas la longitud de la palabra es del tamaño de las IO ocupada (esta se muestra en este caso en la columna (d) de la tabla).

La duración de cada paso se controla con un bloque tipo (Timer), adquiere su valor al mover los números contenidos en este caso mostrado en la columna (c) con un bloque (MOV).

En la parte superior de la tabla se indica la localidad del bit de control y la simbología con la que se muestra en la pantalla.

Offset	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	Description
B410	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ARCHIVO DE DEC: CIP
B411	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B412	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B413	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B414	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B415	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B416	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B417	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B418	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B419	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B4110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B4111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B4112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B4113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B4114	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B4115	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B4116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B4117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B4118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B4119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B4120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B4121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B4122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B4123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B4124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 7.26: Archivo de direccionamiento de entradas y salidas

Offset	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N115:0	0	1	5	2	5	20	120	3	3	3
N115:10	3	3	3	3	3	1200	3	3	3	3
N115:20	3	3	3	2	60	20	10	N115:7	5	5
N115:30	5	5	5	1200	40	3	3	3	3	3
N115:40	300	3	3	3	10	3	3	3	200	10
N115:50	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
N115:60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N115:70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N115:80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 7.27: Archivo de tiempos

7.11.9. Plano de las placas divisoras

La placa divisora sirve para direccional los fluidos de manera manual por medio de una conexión tipo (c), ya que en la sección de embazado aún no se cuenta con un clúster propio para el direccionamiento.

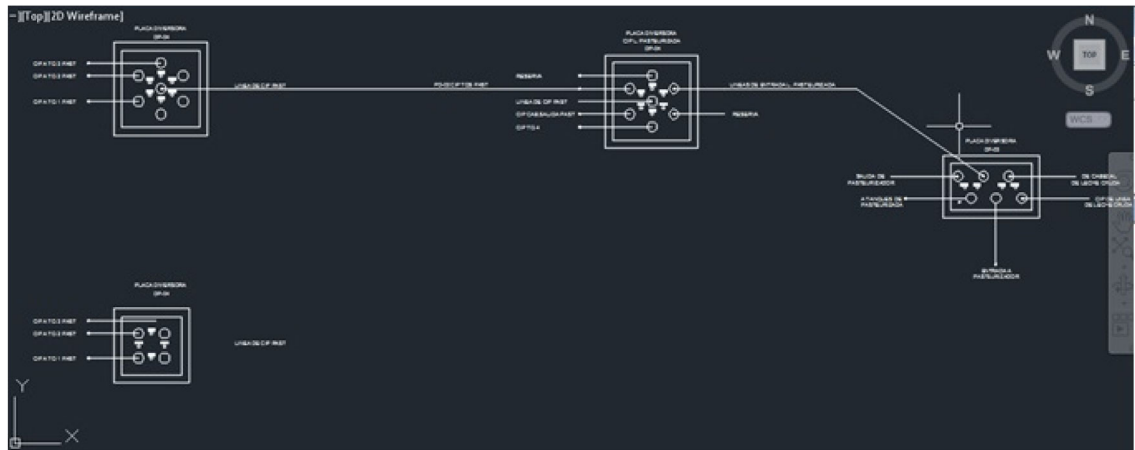


Figura 7.28: Diagrama de conexión de la placa divisora

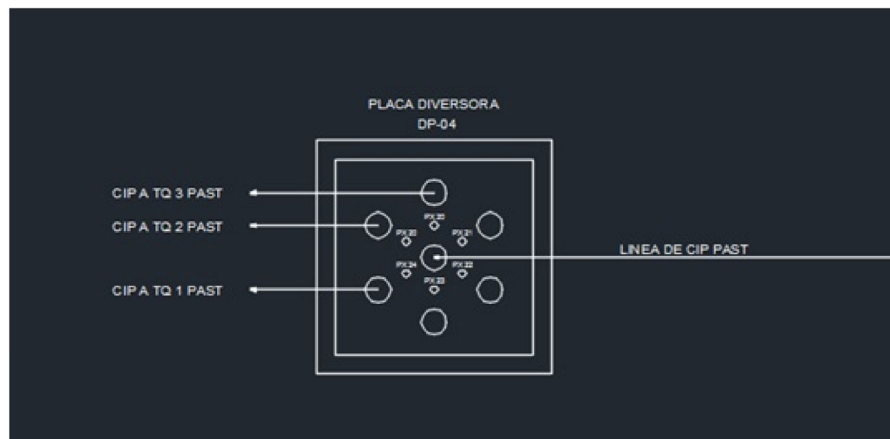


Figura 7.29: Placa divisora

Capítulo 8

CONCLUSIONES

El silo supero las pruebas hidrostáticas con agua y leche, de igual manera la prueba de presión. la temperatura se estabilizó cerca de los 30 minutos, no llegó al punto de congelamiento. No hubo necesidad de cambiar el sistema de bombeo de leche. Se tuvo que condicionar con comparadores en el control de dosificación del CIP ya que después de cierta concentración la conductividad decae, de esa manera al llegar al valor se cumple la condición y empieza el tiempo de lavado. El control de temperatura del CIP funciona sin embargo se toma más tiempo en llegar al setpoint ya que tiene que recircular el agua que se encuentra en una temperatura menor.

Se tenía la duda acerca si el tanque fallaría por los cambios de temperatura, sin embargo, al implementar una válvula de asiento pilotada en el control del intercambiador del CIP, el control se sintonizó de manera que no se provocara un cambio tan brusco. En cuanto a la placa diversora se diseñó y colocó sin embargo el sensor no llegó a tiempo así que fueron instalados pulsadores en su lugar, la idea es con el tiempo sustituirlo por un clúster matricial, como solución temporal para el direccionamiento la placa es muy funcional.

Se logró minimizar gastos en químicos, Se emplea mucho menos tiempo en el lavado de los silos con la automatización de este, el adaptador clamp para el sensor de conductividad no presenta fugas ni errores de lectura. El cabezal de válvulas original del CIP de recibo se tuvo que reemplazar, el anterior estaba muy dañado.

Este proyecto es una parte de la ampliación de la empresa ya que tiene varios tanques similares, seguidamente Los taques cilíndricos verticales funcionarían

para los lácteos y los tanques esféricos para néctares y jugos. La red y los panelview fueron implementados en la mayoría de las áreas, ya que únicamente se contaba con un prototipo no terminado. Aprovechando se concluyó el control de silo cinco y algunas mejoras en tiempos y reacción de los tanques de proceso externas al control de silos.

Aunque los PLC para los procesos de saborizada y fermentadores son independientes incluso podría decirse externos, estos se comunican por señales digitales, en mi opinión convendría migrarlos e integrarlos a la red para obtener datos estadísticos y poder mejorar la calidad.

Capítulo 9

RESULTADOS

9.0.1. Control de la variable de temperatura del silo

En la industria láctea, el sistema de enfriamiento es esencial para garantizar la calidad y seguridad de la leche almacenada. Este sistema se compone de diferentes elementos, entre los que se encuentra un espiral conectado a un chiller, un recubrimiento de poliuretano extruido en el silo de leche y un sensor PT100 para retroalimentar el sistema de control.

El espiral conectado al chiller es un componente crucial en el sistema de enfriamiento de la leche. Este espiral, generalmente de acero inoxidable, está diseñado para circular el líquido refrigerante por el interior del silo, absorbiendo el calor de la leche y transfiriéndolo al chiller. El chiller, por su parte, se encarga de enfriar el refrigerante a través de un proceso de compresión y expansión, manteniendo la temperatura del refrigerante en un rango de operación seguro y eficiente.

El silo de leche, por otro lado, cuenta con un recubrimiento de poliuretano extruido que ayuda a minimizar la pérdida de calor. Este material es altamente aislante y resistente a la humedad, lo que lo hace ideal para mantener una temperatura constante en el interior del silo.

Es importante tener en cuenta que la estabilidad del sistema de enfriamiento puede verse afectada por diferentes factores, como las condiciones climáticas de la zona en la que se encuentra el silo. Si el clima es muy caluroso, por ejemplo, el sistema de enfriamiento tendrá que trabajar más duro para mantener la temperatura adecuada. El tamaño del silo también pue-

de influir en la estabilidad del sistema. Como regla general, cuanto mayor sea el volumen del silo, más tiempo tardará el sistema de enfriamiento en estabilizarse.

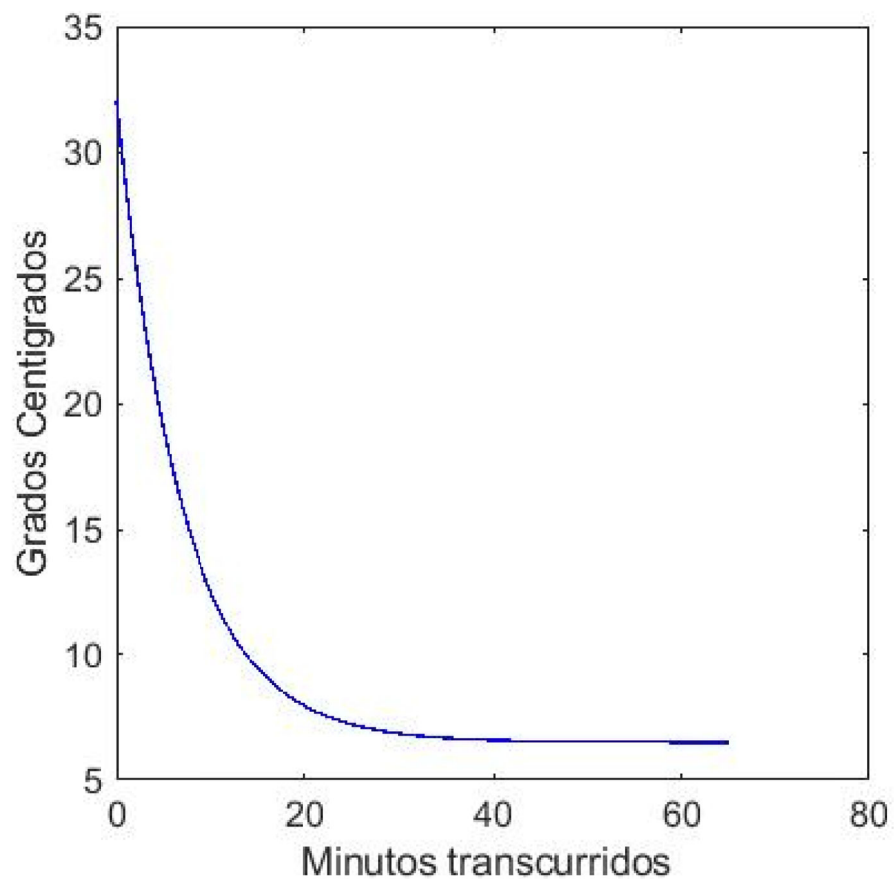


Figura 9.1: Gráfica de enfriamiento del silo

9.0.2. Control de la variable de volumen del silo

En la gráfica de volumen con respecto al tiempo, se puede observar cómo el volumen de leche aumenta a medida que pasa el tiempo. Si el llenado se realiza de manera adecuada, el volumen debe aumentar de manera constante y uniforme. Si el llenado es incorrecto y el nivel supera los 6. Comportamiento

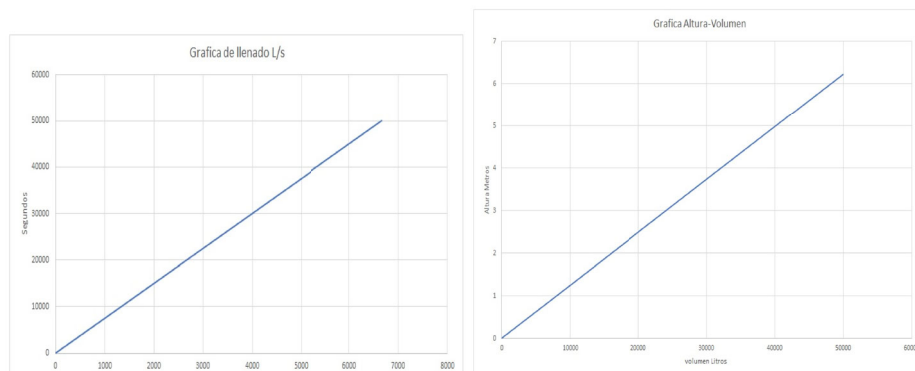
del llenado del Silo Las gráficas muestran el comportamiento del llenado del silo en función del tiempo y del nivel de llenado. En la primera gráfica, se representa el volumen de leche en función del tiempo. La segunda gráfica muestra el volumen de leche en función del nivel del silo.

Es importante tener en cuenta que el nivel de llenado del silo no debe superar los 6.2 metros, ya que esto puede provocar derrames de leche y daños en el sistema de espreas utilizado para el lavado.

El sistema de control de nivel está implementado en el HMI, pero no hay una configuración específica de nivel. El llenado del silo se controla a través de las válvulas que permiten la entrada de la leche en el silo. Hay dos modos de llenado: manual y automático.

2 metros, se producirán derrames de leche, lo que se puede observar en la gráfica como una disminución repentina en el volumen.

En la gráfica de volumen con respecto al nivel del silo, se puede observar cómo el volumen de leche aumenta a medida que aumenta el nivel del silo. Si el llenado se realiza de manera adecuada, el volumen debe aumentar de manera constante y uniforme hasta que se alcance la capacidad máxima del silo. Si el nivel supera los 6.2 metros, el volumen disminuirá repentinamente debido a los derrames de leche.



(a) La siguiente gráfica compara variables de tiempo contra volumen segundos litros

(b) La siguiente gráfica muestra la comparación entre variables de altura en metros y volumen en litros

Gráfica de comportamiento de llenado

9.0.3. Control de la variable de temperatura del CIP

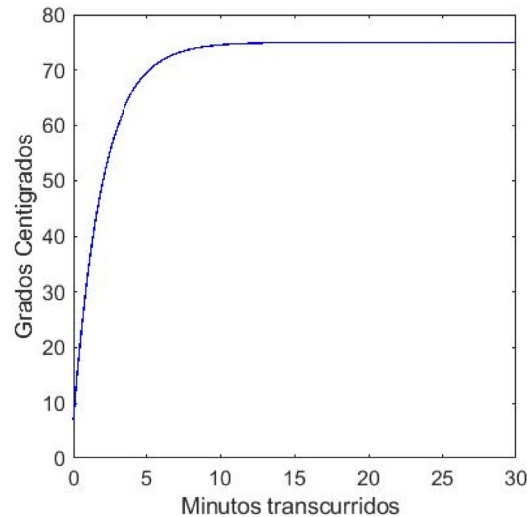


Figura 9.3: Gráfica de calentamiento del CIP

El sistema de calentamiento es una parte crítica en el proceso de limpieza y mantenimiento de las instalaciones en la industria alimentaria. En particular, el sistema de calentamiento del CIP (Cleaning In Place) es especialmente importante, ya que su efectividad depende en gran medida de la temperatura de los químicos que se utilizan para limpiar los equipos y tuberías.

El sistema de calentamiento en cuestión consta de un intercambiador de calor conectado a una línea de vapor que proviene de calderas de gran capacidad. La función principal de este intercambiador es calentar el agua que se utiliza en el proceso de limpieza del CIP, para que los químicos que se agregan al agua puedan actuar de manera efectiva.

Es importante destacar que, al vaciar el silo, éste se encuentra a temperaturas bajas.

El agua se recircula a través del sistema de calentamiento hasta que alcanza la temperatura deseada. La termocupla y el controlador de temperatura monitorean la temperatura del agua y ajustan el flujo de vapor para mantener la temperatura constante.

Es importante tener en cuenta que el cambio rápido de temperatura puede causar deformaciones en el silo, por lo que el sistema de calentamiento se

encarga de elevar la temperatura gradualmente. De esta manera, se asegura que el Silo no sufra daños y que el proceso de limpieza CIP sea efectivo.

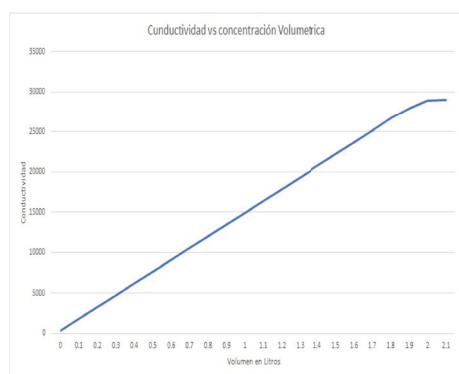
el sistema de calentamiento del CIP se estabiliza cerca de los 20 min.

9.0.4. Control de la variable de mezcla ácida

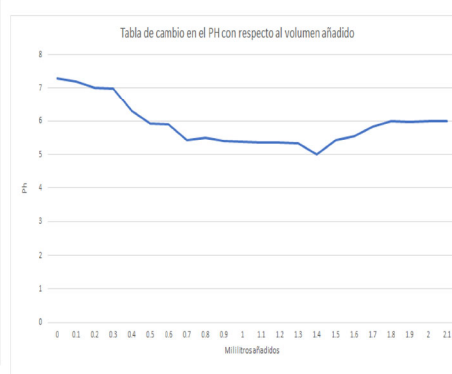
Los siguientes datos son el resultado de un muestreo llevado a cabo durante la dosificación en campo del CIP implementado para el lavado del Silo cinco de leche pasteurizada. En este proceso, se utiliza agua de la mezcla que ha sido previamente recirculada y calentada después de un enjuague previo.

Una vez que se alcanza el setpoint de la variable de temperatura, se inicia la dosificación del componente ácido hasta lograr una concentración de 0.05. Este componente se utiliza para eliminar los residuos y las impurezas que puedan haber quedado en el Silo tras el proceso de pasteurización.

Es importante destacar que los resultados obtenidos durante la dosificación deben coincidir con los resultados de las pruebas de conductividad realizadas en el laboratorio. De esta manera, se garantiza que el proceso se está llevando a cabo de forma adecuada y que se están eliminando todas las impurezas y residuos presentes en el silo.



(a) La siguiente gráfica compara variables de conductividad en μS contra variable de volumen en litros



(b) La siguiente gráfica compara variables de ph contra volumen en litros

Sistema de dosificación



(a) Panel del transductor de conductividad



(b) Bombas de dosificación de los químicos

Capítulo 10

COMPETENCIAS DESARROLLADAS

En la actualidad, el campo de los tableros de control y sus aplicaciones se encuentra en constante evolución y actualización. Con la gran cantidad de marcas y modelos de dispositivos de control disponibles en el mercado, aprendí que es fundamental estar en constante capacitación para poder brindar soluciones adecuadas a los clientes. Lo que a su vez generará mayores oportunidades de negocio y de crecimiento profesional.

Eh adquirido un mayor dominio y comprensión de la programación de PLC y la colocación de sensores. Esto me permitirá resolver de manera más efectiva y rápida los problemas que se presenten en el campo y diseñar sistemas de control automáticos más precisos y eficientes.

Después de mi experiencia en el diseño y desarrollo del sistema en HMI, puedo concluir que he adquirido un conocimiento más profundo sobre cómo diseñar un sistema en el software factory talk view y rslogix5000. Al trabajar en el proyecto, he aprendido la importancia de las herramientas de automatización y control industrial y cómo estas tecnologías son fundamentales en la mejora de la eficiencia y productividad de las plantas.

El proceso de diseño del sistema HMI fue un desafío interesante, que me permitió comprender la importancia de la interfaz gráfica de usuario para una mejor visualización de los procesos y la operación del sistema en tiempo real. Además, el uso del software factory talk view me permitió entender la importancia de la integración de los diferentes componentes del sistema y cómo

la cantidad de código necesaria en un programa de PLC debe ser determinada en función de las necesidades específicas del sistema y de los requisitos de seguridad, eficiencia y flexibilidad. Es importante encontrar un equilibrio entre la simplicidad y la complejidad para lograr el mejor rendimiento y la eficiencia del sistema.

En cuanto al diseño del sistema en rslogix5000, comprendí la importancia de conocer los diferentes tipos de sensores y actuadores, su funcionamiento y cómo se conectan al sistema de control. También aprendí a diseñar programas lógicos y a solucionar problemas relacionados con el sector alimentario.

Puedo afirmar que tengo la capacidad de realizar cotizaciones de manera efectiva y precisa. Esta habilidad me permite estimar el costo de productos o servicios con un alto nivel de detalle y precisión, lo que es esencial en cualquier entorno empresarial o financiero. Gracias a los conocimientos de los servicios que se están cotizando, puedo tener en cuenta todos los factores necesarios para dar una cotización justa y equilibrada.

Capítulo 11

FUENTES DE INFORMACIÓN

Bibliografía

- [1] Ogata, K., & Sanchez, G. L. P. (1987). *Dinámica de sistemas* (pp. 494-523). Prentice-Hall Hispanoamericana.
- [2] Ogata, K. (2003). *Ingeniería de control moderna*. Pearson Educación.
- [3] Solé, A. C. (2005). *Instrumentación industrial*. Marcombo.
- [4] Calderón, J., & Montero, Y. S. (1993). *Mediciones e instrumentacion industrial*.
- [5] Tornero, M. J. E., & Fernández, A. J. R. (2016). *Actuadores neumáticos*. *Ingeniería Industrial*, Universidad de Huelva.
- [6] Mott, R. L. (1996). *Mecánica de fluidos aplicada*.
- [7] Pearson Educación. Zacarías Santiago, A., González López, J., & Granados Manzo, A. (2017). *Mecánica de fluidos: teoría con aplicaciones y modelado*. Grupo Editorial Patria.
- [8] Moerman, F., Rizoulières, P., & Majoor, F. A. (2014). Cleaning in place (CIP) in food processing. In *Hygiene in food processing* (pp. 305-383). Woodhead Publishing.
- [9] Hayward, R., Shulim, M., & Watts, B. (2000). Expanding CIP System Functionality to Meet FDA Requirements. *Control Engineering*, 47(6), 60-63.
- [10] Pearson, D. (1986). Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos.
- [11] <https://www.3-a.org/knowledge-center/document-library>

- [12] Cortés, F. R. (2012). Matlab: aplicado a robótica y mecatrónica. Alpha Editorial.
- [13] Cortés, F. R. (2012). Matlab: aplicado a robótica y mecatrónica. Alpha Editorial.
- [14] Rolle, K. C. (2006). Termodinámica. Pearson Educación.
- [15] Beer, F. P., Johnston, E. R., DeWolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2010). Mecánica de materiales (No. TA405. B43 1994.). Mc Graw Hill.
- [16] McCabe, W. L., Smith, J. C., Harriott, P., & Lanto Arriola, M. A. (2002). Operaciones unitarias en ingeniería química.