



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

PRACTICA PROFESIONAL

**AUTOMATIZACION DE SISTEMA DE LIMPIEZA ALCIP EN PLANTA DE
YOGURT LACTHOSA**

PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO

INGENIERO EN MECATRONICA

PRESENTADO POR:

21341035 MIGUEL ANGEL VARGAS INTERIANO

ASESOR: ING. JAVIER VILLANUEVA

CAMPUS SAN PEDRO SULA,

AGOSTO 2018

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO	VII
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS.....	2
Objetivo General.....	2
Objetivos Especificos.....	2
MARCO TEORICO	4
Yogurt.....	4
Microorganismos.....	4
Factores que Influyen.....	5
Linea de Elaboracion de Yogurt.....	6
Recepción de la Leche.....	7
Estandarización de la Leche	8
Mezcla de Ingredientes.....	8
Homogenización.....	9
Pasteurización	9
Agregado de Cultivos	10
Proceso de Envasado	11
Limpieza CIP	13
Partes Principales de Sistema CIP.....	14
Parámetros de Limpieza	17
Automatización.....	18
Controlador Lógico Programable.....	19
Lenguaje de Escalera.....	20
Human Machine Interface	21
Sensores.....	22
METODOLOGIA.....	23

Técnicas e Instrumentos Aplicados	23
Materiales	24
Fuentes de Información	24
RESULTADOS.....	25
CONCLUSIONES.....	29
RECOMENDACIONES	30
BIBLIOGRAFIA.....	31
ANEXOS	33

RESUMEN EJECUTIVO

Lácteos de Honduras S.A es una empresa nacional que se dedica al procesamiento y elaboración de productos lácteos y sus derivados. Debido a los altos estándares de inocuidad requeridos para empresas de este rubro, la limpieza es uno de los puntos más importantes a controlar, optando en la actualidad por sistemas cada vez más automatizados.

La limpieza CIP (Cleaning In Place) consiste en recircular químicos de limpieza a través de tuberías y demás equipos que tengan contacto con el producto, eliminando la necesidad de realizar desmontaje del equipo. Con la creciente incorporación de sistemas de automatización en la industria, los sistemas de limpieza de forma manual se ven eliminados casi en su totalidad.

Se realizó un levantamiento de los componentes necesarios para la habilitación del sistema automático. El sistema actual consiste en válvulas manuales para cada tanque, una bomba de circulación y una válvula reguladora para la entrada de vapor.

Al considerar las variables a controlar durante el proceso, se propuso un sistema que controla los puntos más importantes en un sistema CIP: concentración del químico, tiempo de circulación y temperatura del químico.

Se realizó un esquema del diseño propuesto en espera de aprobación, para luego colocar el pedido de los componentes de control y sensores necesarios.

Se realizó la instalación de los componentes mecánicos necesarios, utilizando válvulas neumáticas, medidor de flujo y equipos de control.

Se utilizó un PLC MicroLogix 1100 de la marca Allen Bradley, con dos entradas analógicas y diez entradas digitales. Se realizó un programa de acuerdo con cada ciclo de lavado, considerando diferentes circuitos de tuberías de acuerdo con la máquina que debe ser lavada. Se entregó un

sistema automatizado que elimina en su totalidad la interacción humana y disminuye el margen de error casi en su totalidad.

INTRODUCCION

La empresa Lácteos de Honduras S.A es una empresa alimenticia con el objetivo de distribuir y comercializar todo lo relacionado con la leche y sus derivados. Actualmente procesan y distribuyen muchas de las grandes marcas a nivel nacional como Sula, La Pradera, Delta, Gaymonts, Fristy, Ceteco, entre otros. La planta de producción Sula Norte, ubicada en San Pedro Sula, cuenta con cuatro grandes plantas de proceso: Pasteurizados, Solidos, Asépticos y Yogurt.

En la industria láctea, las técnicas y los equipos de limpieza han sufrido un desarrollo rápido en los últimos años debido al aumento en los costes de mano de obra y otras presiones de carácter económico.

En la mayoría de las industrias lácteas, la limpieza manual ha sido reemplazada por la mecánica y en muchos casos por sistemas automatizados.

La Limpieza CIP (Cleaning in Place) se basa en la circulación del agua de enjuague y las soluciones detergentes por los depósitos, tuberías y líneas de procesos sin necesidad de realizar ningún desmontaje de los equipos.

Debido a las altas exigencias en inocuidad con las que deben cumplir, Lácteos de Honduras S.A cuenta con lo mejor en sistemas automáticos avanzados para la limpieza de equipos de proceso de leche, como las máquinas de envasado, pasteurizadores, tuberías sanitarias, depósitos, etc.

El proyecto a realizar en el sistema de limpieza CIP comprende el levantamiento de los materiales necesarios para la completa automatización en la planta de elaboración de yogurt en Sula Norte, implementando la instalación de sistemas de control, tales como un PLC y una interfaz HMI, además de las válvulas y accesorios necesarios para asegurar la inocuidad en el proceso y disminuir el posible error humano que conlleva un proceso elaborado de forma manual.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Desarrollar un sistema de automatización para el equipo de limpieza en sitio (CIP) de área de Yogurt en planta Sula Norte para cumplir con los estándares de inocuidad.

Objetivos Especificos

- Instalar un dispositivo PLC y sus componentes para control de sistema de limpieza CIP.
- Implementar un sistema de HMI para la interacción y control del proceso.
- Diseñar un sistema nuevo para la automatizacion del sistema de limpieza CIP.

DESCRIPCION DE LA EMPRESA

Lácteos de Honduras S.A fue fundada en Honduras en marzo de 1992, cuando iniciaron operaciones en la planta de producción de San Pedro Sula con el firme propósito de potenciar el desarrollo de la industria de leche, derivados lácteos y de jugos a base de frutas.

Ahora, cuentan con 4 plantas de procesamiento en Honduras; manteniendo una compra anual estable de más de 140 millones de litros de leche en 50 municipios de 14 departamentos, lo que los convierte en la planta productora de leche más grande del país.

Ofrecen a sus clientes más de 250 productos diferentes, entre las variedades de leche, malteadas, crema, quesos, jugos de fruta, néctares, helados, yogurt y agua purificada, que son distribuidos en más de 40,000 negocios y pulperías recorriendo más de 600 rutas de venta en todo Centroamérica.

Se han abierto nuevos mercados internacionales y exportaciones a Guatemala, El Salvador, Estados Unidos, República Dominicana y Gran Caimán, Su expansión ha sido reconocida en dos ocasiones con el Premio Presidencial al Exportador. En el 2017 reciben el Premio Presidencial Orquídea Empresarial en la categoría de Mayor Exportador a Centroamérica.

Tienen el orgullo de ser la única empresa en su rubro reconocida por siete años consecutivos con el sello de Empresa Socialmente Responsable (ESR) otorgado por la Fundación Hondureña de Responsabilidad (Fundahrse), como una empresa socialmente responsable.

La lealtad de su consumidor coloca los productos en una posición de liderazgo, con una gran confianza depositada en las marcas que distribuyen: Sula, Delta, Ceteco, La Pradera, Gaymont's, Chilly Willy y Fristy.



MARCO TEORICO

Yogurt

El yogurt es un producto que se obtiene mediante la coagulación de la leche entera, total o parcialmente descremada por medio de la fermentación. Esto se da debido a las bacterias de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*. Las cualidades nutritivas del yogurt no se deben únicamente a los compuestos provenientes de la leche, sino también de la transformación de dichos compuestos como resultado de la fermentación ácido láctica que causan estos microorganismos.

Este producto contiene bacterias activas que forman parte de nuestra flora intestinal, las cuales forman parte de la descomposición de los alimentos en el proceso digestivo. El yogurt es catalogado como un producto de alta digestibilidad, que aumenta el coeficiente de absorción de numerosas sustancias, como la proteína y la grasa.

Microorganismos

Los seres vivos de muy pequeñas dimensiones, entre los que se encuentran las bacterias, hongos y levaduras. Algunos de estos pueden causar enfermedades, mientras que otros son útiles en la elaboración de diversos alimentos, tales como el queso y el yogurt.

La leche contiene muchos nutrientes y constituye un excelente medio para desarrollar microorganismos. Su uso para el consumo y transformación de productos exige medidas de prevención contra la invasión de patógenos del medio externo.

Con respecto al yogurt, en su elaboración se emplean dos bacterias: *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*, que se caracterizan porque cada una estimula el desarrollo de la otra.

Lactobacillus bulgaricus fermenta la leche para producir acetaldehído provocando una bajada del pH que coagula la leche mediante la desnaturalización de sus proteínas y creando así el aroma característico de yogurt. Estas bacterias crecen mejor en ambientes ácidos. Son utilizadas para producir diferentes tipos de yogurt.

Streptococcus thermophilus se encuentran en el aparato gastrointestinal humano y puede soportar altas temperaturas, ésta característica es una ventaja para la producción de yogurt puesto que los procesos requieren llevar la leche a altas temperaturas.

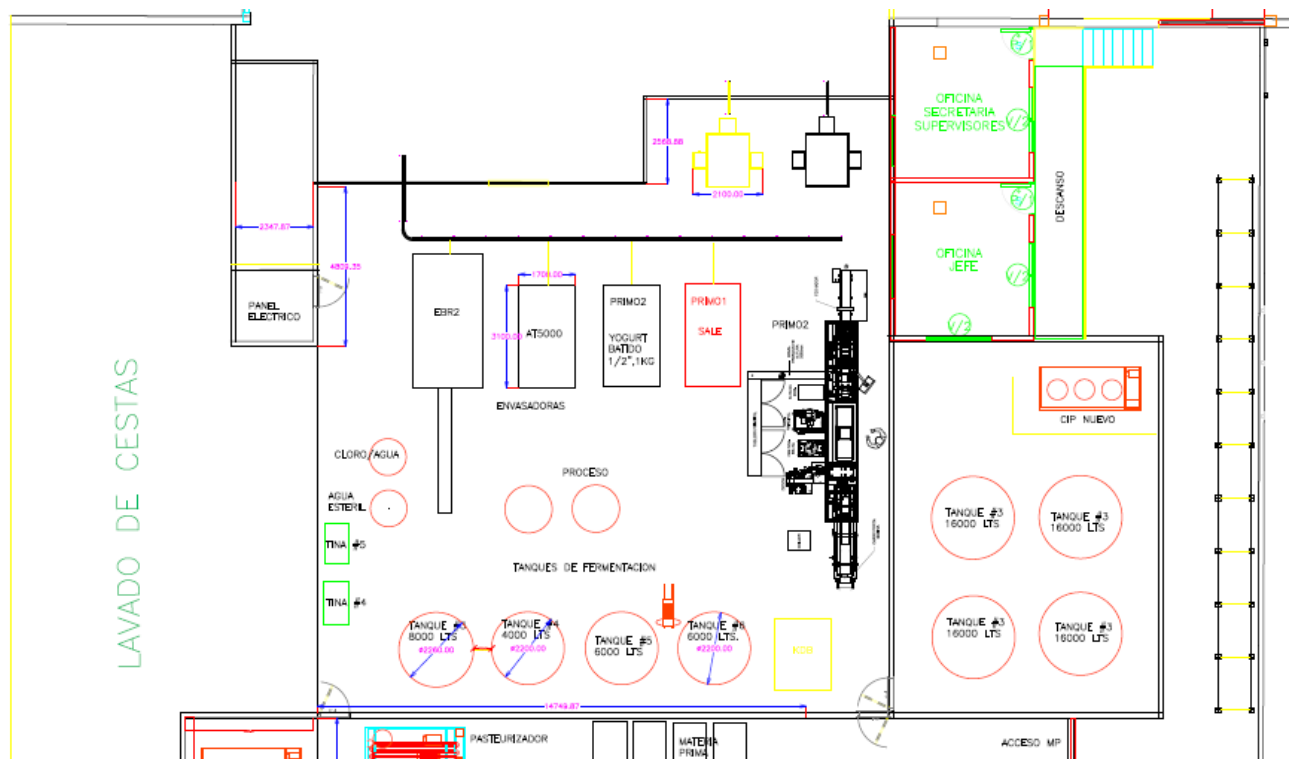
Factores que Influyen

La temperatura de la leche, los utensilios a utilizar para la elaboración de productos y el espacio de trabajo deben encontrarse perfectamente limpios y desinfectados. Es de vital importancia el correcto aseo personal, cumpliendo las buenas prácticas de higiene en la elaboración de productos.

Un mal manejo tanto de las condiciones de elaboración como las de almacenamiento puede tener como consecuencia el desarrollo de microorganismos patógenos y alteradores, que provocan que la leche o producto se contamine o eche a perder.

Linea de Elaboracion de Yogurt

Para el desarrollo del proceso de producción de yogurt a nivel industrial se tienen en cuenta varias etapas para la obtención del producto final listo para su distribución. A continuación, se detalla el proceso de elaboración y sus componentes.



Recepción de la Leche

La leche cruda se recibe y controla para conocer su calidad, luego se conserva en refrigeración a temperaturas de 2 a 8°C hasta el momento de su procesamiento.

Esta etapa del proceso está a cargo del departamento de Recibo de Leche, para luego ser distribuida a los diferentes sectores de la planta mediante tuberías de acero inoxidable para alimentos.

Algunos de los controles que pueden realizar en esta etapa son:

- Control visual de impurezas o color anormal
- Control de aroma de olores extraños
- Control de temperatura de entrega (menor a 8°C)
- Evaluación de acidez

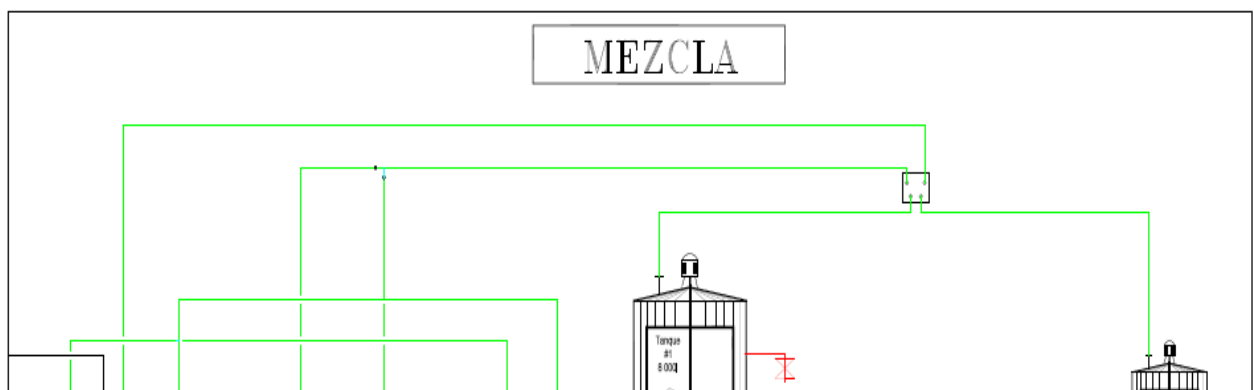
- Realizar prueba de alcohol

Estandarización de la Leche

De acuerdo al tipo de yogurt que se desea elaborar, se debe proceder a estandarizar el contenido graso de la leche utilizada ya sea removiendo parte o la totalidad de la grasa o mediante la adición de crema. Este proceso se lleva a cabo en un tanque denominado tanque de grasa. El tipo de yogurt finalmente queda definido cuando se conoce exactamente el porcentaje de materia grasa en el producto final. Es necesario precalentar la leche a aproximadamente 35°C para garantizar una distribución homogénea de la grasa.

Mezcla de Ingredientes

Para la mezcla de ingredientes se recomienda el uso de tanques provistos con agitadores, con el fin de asegurar una distribución adecuada de todos los ingredientes. En la planta Sula Norte, el tanque de mezcla denominado ALMIX mezcla completamente los ingredientes para su distribución a un tanque antes de seguir con la próxima etapa.



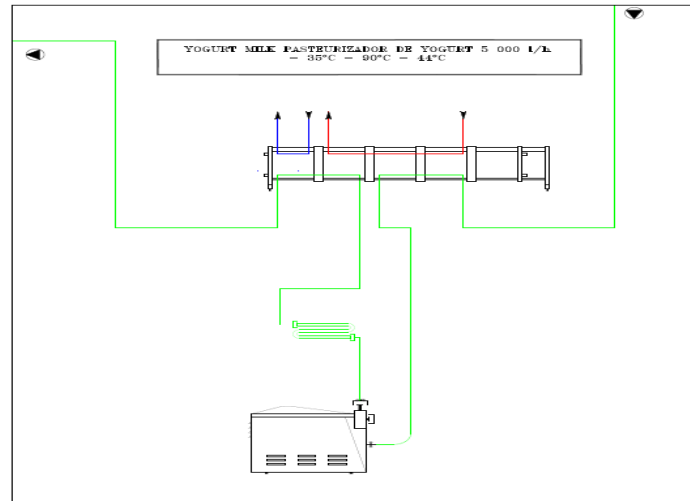
Homogenización

La estabilidad y consistencia del yogurt se ven mejorados por el proceso de homogenización. Los parámetros recomendados son de 66°C a una presión de 100 kg/cm². Además de estabilidad y consistencia, la homogenización da al yogurt más cuerpo evitando que la grasa presente en el producto se separe. La planta de yogurt Sula Norte cuenta con un Homogenizador Cherry Burrel para el proceso.

Pasteurización

La pasteurización permite una mezcla libre de microorganismos patógenos, los cuales se mencionaron previamente como agentes dañinos para el organismo, ayuda a disolver y combinar ingredientes, mejora el sabor y calidad de almacenamiento, a la vez permitiendo a producto ser más uniforme. Utilizando un pasteurizador Alfa Laval, se eleva el producto a una temperatura de 90°C durante 7 minutos. Con este proceso, se busca la coagulación de las proteínas del suero para dar estabilidad al cuerpo del producto. Este tratamiento térmico es algo más intenso que el

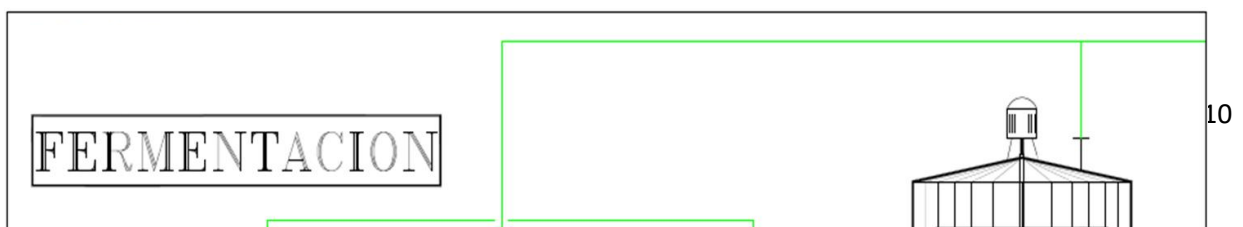
aplicado a la leche para consumo, se consigue mayor viscosidad y menor tendencia a liberación del suero.



Agregado de Cultivos

Con el fin de que el producto tenga una temperatura adecuada al añadirle el cultivo, se debe enfriar hasta los 40-45°C.

Se utiliza para la inoculación de la mezcla, un 2% de cultivo conformado por partes iguales de streptococcus thermophilus. La inoculación se realiza después del tratamiento térmico, bajando la temperatura de la mezcla, y en ese momento se adiciona el fermento lácteo que está conformado por bacterias lácticas. La incubación se realiza durante un par de horas, manteniendo la temperatura entre los 44°C. A partir de este tiempo, se puede iniciar el proceso de enfriamiento del yogurt. Finalmente, se transportan por placas de enfriamiento, que lleva la mezcla a una temperatura de 15°C, para luego ser enviada a los tanques correspondientes de almacenamiento, esperando ser enviados a las envasadoras.

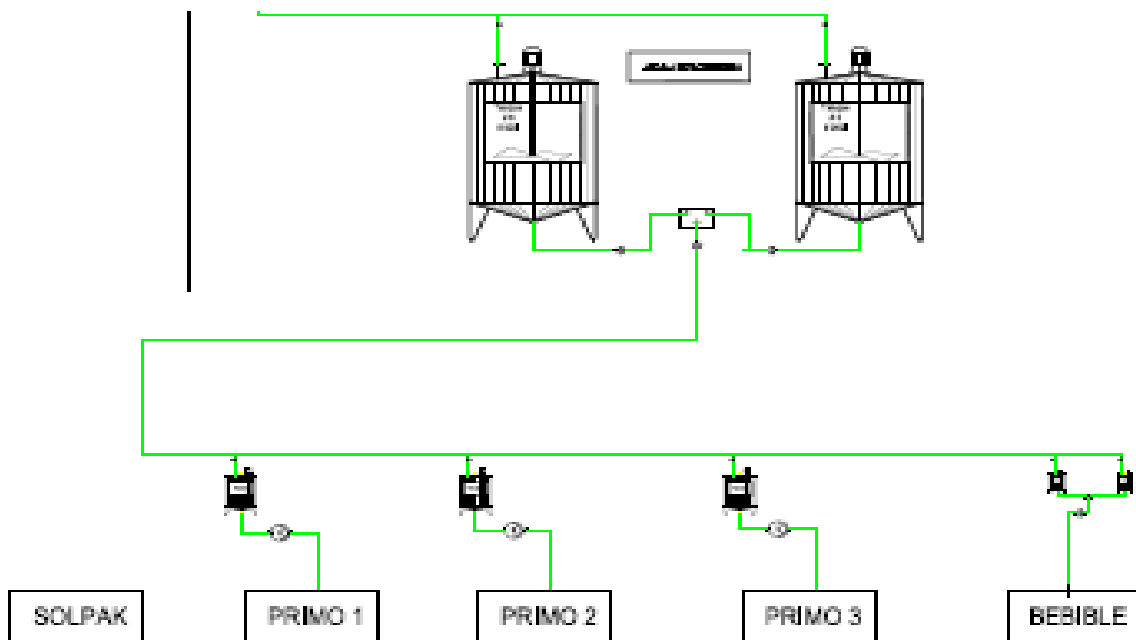


Proceso de Envasado

La planta de producción de Yogurt cuenta con cuatro máquinas envasadoras de producto, además de una maquina envasadora de cereal para llenado de las sobrecopas.

La máquina Primo 1 tiene una capacidad de producción de 42 unidad/min. La Primo 2 envasa 32 unidad/min. La AT500 y la EBR2 tienen capacidad de 68 unidad/min. Por último, el llenador de sobrecopa Primo 3 tiene capacidad de producción de 42 unidad/min. La mezcla es transportada desde los tanques de almacenamiento hacia unos tanques de las envasadoras mediante bombas positivas. (Blüml, 2006)

Cada envasadora tiene un tanque con su respectiva bomba para alimentación.



BOMBAS POSITIVAS EN PLANTA DE YOGURT				
Bomba	Descripción	Vueltas/min	Tipo	HP
Bomba 3	Enfriamiento	187	Motoreductor	8
Bomba 4	Enfriamiento	159	Motoreductor	3
Bomba 5	Alimentación tanques de mezcla	165	Motoreductor	3
Bomba 1	Envasadora batido Primo 1	388	Motoreductor	1
Bomba 2	Envasadora batido Primo 2	1166	Poleas	1
Bomba 3	Envasadora batido Primo 3	583	Poleas	1
Bomba EBR2	Envasadora bebible EBR2	291	Motoreductor	3

Limpieza CIP

El sistema de lavado CIP (Cleaning In Place) consiste básicamente en un conjunto de tanques, bombas y equipos adicionales que hacen circular un fluido a través de los tanques y tuberías utilizados en procesos de producción para su limpieza.

Una vez vaciados los equipos utilizados en el proceso, comienza el lavado utilizando el equipo CIP. Este proceso implica hacer circular una mezcla de fluidos para remover los depósitos de componentes orgánicos propios del proceso, que son la base para crecimiento bacteriológico no deseado y precursores de la biocorrosión.

El sistema de lavado CIP está diseñado para reemplazar el lavado manual, ya que por tratarse de un sistema automático es homogéneo y controla todas las variables del proceso mecánico de lavado, tales como el tiempo, temperatura, velocidad de la bomba y cantidad de químicos. (Imholte, 2000)

Este sistema de lavado CIP, está diseñada para el lavado de todos los tanques de preparación, fermentación y almacenamiento de yogurt en la planta Sula Norte, además de todas las tuberías de transporte de producto.

Partes Principales de Sistema CIP

Un sistema de limpieza CIP cuenta con los siguientes componentes básicos:

a) Tanques:

Para este proyecto se utilizarán 4 tanques independientes, para solución básica de soda, solución acida, tanque de agua y tanque de recuperación de agua.



b) Bombas:

El corazón de todo el sistema, para la conducción de los diferentes fluidos hacia los equipos de lavado se utilizan bombas centrifugas de alta presión.

“Un fluido es un material que fluye libremente y toma la forma de su contenedor.” (Solé, 2011)

El fluido a circular es agua, y soluciones de ácido y soda. Al regular la velocidad de las bombas por medio de variadores, podemos controlar el flujo a través de las tuberías, y así regular el tiempo de contacto de los agentes de limpieza con la tubería.



c) Intercambiador de Calor

Son los dispositivos donde dos corrientes de fluido en movimiento intercambian calor sin mezclarse. Los intercambiadores de calor tienen como principio la conservación de la masa, es decir que la relación de flujo de masa entrante debe ser igual a la del flujo saliente. (Altendorf, 2004)

En este caso, los intercambiadores de calor tienen como finalidad calentar las soluciones de soda y ácido para el lavado CIP.



Parámetros de Limpieza

a) Químicos

Los químicos que se utilizan en la industria alimenticia por lo general, y en este caso en la industria láctea, suelen ser agentes de limpieza simples o formulados. Cuando se utilizan agentes formulados, se hace según la recomendación de los proveedores. En Lácteos de Honduras S.A, como en la mayoría de las industrias lácteas, se utiliza habitualmente soluciones de soda y ácido (nitrógeno o fosfórico). En el caso de algunos productos con base de leche, se requiere agentes de limpieza formulados para asegurar un resultado aceptable en el proceso de limpieza.

b) Concentración de Químicos

La concentración de sustancias como la soda, depende del tipo de suciedad a remover, o bien de la intensidad del lavado a realizar. Las superficies con mayor temperatura, en el caso de tuberías que transportan producto caliente, requieren concentraciones mayores que las que transportan producto a bajas temperaturas.

En el caso del lavado manual, se suele agregar el agente de limpieza por medio de cubetas a criterio del operador. En equipos como el intercambiador de calor, al darle el tiempo de retención

a la solución, el agente de limpieza no se mezcla bien y puede causar corrosión, sobre todo en el lavado con ácido.

c) Tiempo de Contacto

Hay una diferencia entre el tiempo de contacto y el tiempo de circulación. El tiempo de circulación se da por un efectivo tiempo de contacto más el tiempo requerido para que un segmento del circuito sea limpiado. (Munson, 2002)

El tiempo de contacto para la soda es usualmente de 30min, y un tiempo mucho menor para el ácido. Para el tiempo de prelavado y lavado final con agua, 10-20 minutos son usualmente suficientes.

d) Temperatura de Contacto

El proceso de limpieza es principalmente un proceso químico. Todos los procesos químicos son extremadamente dependientes a la temperatura. (Papasseit, 2005)

En el caso de la soda, se debe realizar a muy altas temperaturas, ya que las temperaturas altas hacen que el ciclo de limpieza con soda sea más efectivo.

Al hacer el lavado con ácido, la temperatura no es tan importante. Sin embargo, el ácido a altas temperaturas puede causar corrosión al acero inoxidable. Este proceso debe realizarse a temperaturas de 60-70°C.

Automatización

Dependiendo el grado de automatización, los sistemas de limpieza son capaces de controlar el proceso de limpieza de manera más eficiente. Es importante considerar y asegurar a que nivel son controladas las diferentes funciones de la operación de limpieza.

Controlador Lógico Programable

Los PLC (Controlador lógico programable) o autómatas programables son dispositivos electrónicos que permiten programar una lógica para controlar todo tipo de máquinas y procesos industriales. (Maloney, 2006)

Los Controladores Lógicos Programables son maquinas secuenciales que ejecutan instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando unas ordenes o señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la planta (sensores) al detectarse cambios en las señales, el controlador reacciona según el programa hasta obtener las ordenes de salida necesarias. Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso.

Ventajas en la industria:

- Menor tiempo de elaboración de proyectos debido a que no es necesario dibujar el esquema de contactos.
- Posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra de la instalación.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de controlar varias máquinas con el mismo PLC.
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento.

Se utilizo un PLC MicroLogix 1100 de la marca Allen Bradley, con dos entradas analógicas y diez entradas digitales. Este modelo ofrece la ventaja de expansión con hasta cuatro módulos E/S MicroLogix 1762.

La opción de Allen Bradley es debido a recomendaciones de la empresa, ya que se planea estandarizar los equipos de control y que todos sean del mismo proveedor por cuestiones de licencia de software y que la mayoría de los equipos de control son de esta marca



Lenguaje de Escalera

Existen distintos tipos de lenguaje de programación de un PLC, aunque quizás el más común sea la programación tipo escalera o ladder. Los diagramas de escalera son esquemas de uso común para representar la lógica de control de sistemas industriales. (Tocci, 2003) Se le llama diagrama "escalera" porque se asemejan a una escalera, con dos rieles verticales de alimentación y "escalones" (líneas horizontales), en las que hay circuitos de control que definen la lógica a través de funciones. (Rodríguez, 2011)

Las instrucciones de entrada son las condiciones que tiene el circuito para dejar o no dejar pasar la corriente de una línea a la otra. Estas condiciones se manejan comúnmente con contactos normalmente abierto o normalmente cerrados los cuales interpretan las señales de sensores o interruptores. Si las condiciones son verdaderas la corriente llega a las instrucciones de salida las cuales generan acciones. De esta forma el paso de la corriente a las bobinas de salida está condicionadas por la lógica que manejan las instrucciones de entradas.

Se utiliza el software RsLogix5000, ya que es el software de control para los equipos de la marca Allen Bradley.

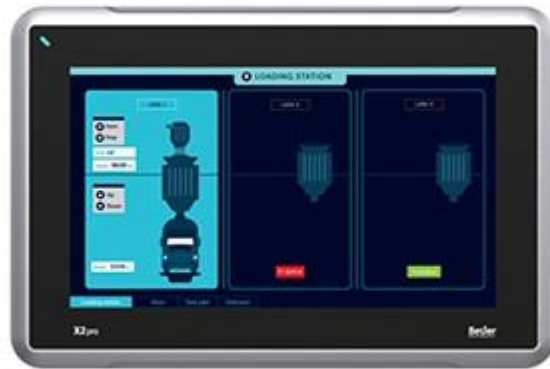


Human Machine Interface

El Interfaz Hombre-Máquina (HMI) es el interfaz entre el proceso y los operarios; se trata básicamente de un panel de instrumentos del operario. Es la principal herramienta utilizada por operarios y supervisores de línea para coordinar y controlar procesos industriales. "El HMI traduce variables de procesos complejos en información útil y procesable". (Dorf, 2005)

Se plantea manejar una interfaz HMI para el operador, para así poder controlar o monitorear parámetros como la temperatura, la concentración del químico y los tiempos de circulación.

Por decisión de la empresa, se realizó el pedido de una pantalla Beijer X2 Pro 10 para la automatización del sistema CIP. Además, se realizó el pedido por el software iX Developer para el diseño de la pantalla.



Sensores

“Un sensor o captador, como prefiera llamársele, no es más que un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular”. (Kirk, 2005)

Se requieren diferentes dispositivos de medición o sensores para adecuar las condiciones en un sistema de lavado CIP eficiente.

Se utiliza un flujometro para el monitoreo del caudal que pasa a través de las tuberías, de esta forma se puede usar el valor como retroalimentación para controlar la potencia de la bomba con un variador de frecuencia. Esto permite regular el tiempo de contacto del fluido con la tubería, y asegura que la limpieza sea más eficaz.

Un RTD se utiliza para determinar la temperatura del fluido, ya que, al manipular químicos, se requiere un manejo del valor de temperatura en caso del ácido y la soda.

METODOLOGIA

Variables de Investigación

“Las variables pueden definirse como aspectos de los problemas de investigación que expresan un conjunto de propiedades, cualidades y características observables de las unidades de análisis, tales como individuos, grupos sociales, hechos, procesos y fenómenos sociales y naturales” (Carrasco, 2006).

Variable Dependiente

La variable dependiente es el tiempo de elaboración del ciclo de limpieza.

Todos los demás factores afectan directamente el tiempo que lleva realizar la limpieza por parte del operador. La eficiencia del lavado depende de otros factores como la temperatura, concentración de químico y tiempo de circulación.

Variable Independiente

Las variables independientes son los ciclos de circulación de químicos en las tuberías y la concentración de los químicos a circular durante el lavado. Son tiempos definidos que no pueden ser modificados por el operador.

Técnicas e Instrumentos Aplicados

Las técnicas constituyen el conjunto de mecanismos, medios o recursos dirigidos a recolectar y analizar los datos de los fenómenos sobre los cuales se investiga.

La observación científica significa observar con un objetivo claro y definido. Fue de manera directa y participante, ya que se estuvo en contacto con el proceso de limpieza en todo momento.

Se utilizaron instrumentos como registros y fichas para documentar el proceso de limpieza, además de entrevistas al personal y supervisores para recolectar información y conocer mejor el proceso por automatizar.

Materiales

Para llevar a cabo la automatización del sistema CIP, se designó un tiempo de cotización para los materiales a implementar.

Se utilizaron los siguientes materiales:

- Sistemas de control: PLC de la marca Allen Bradley y una interfaz HMI
- Sistemas de medición: Termocupla PT100, medidor de flujo y conductivímetro.
- Otros: válvulas y tuberías

Fuentes de Información

Las fuentes de información que se utilizaron en este proyecto facultaron el sustento teórico y metodológico del trabajo. Asimismo, permitieron acceso y ampliación del conocimiento sobre el tema que se iba a tratar.

Para la elaboración exitosa del proyecto, se emplearon las siguientes fuentes:

- Fuentes documentales: Informes de labores de la empresa, manuales de procedimiento e instrumentos de control.
- Fuentes bibliográficas: libros, manuales, monografías

- Fuentes Electrónicas: sitios web, libros electrónicos, bases de datos de la empresa.
- Fuentes propias: información o conocimiento propio, entrevistas realizadas al personal de planta.

Mucha de la información fue recopilada de manera empírica, además de involucrar al personal capacitado de la planta.

RESULTADOS

Una vez definida la secuencia que conlleva el lavado de los equipos, se realizó un levantamiento de los componentes necesarios para la habilitación del sistema automático. El sistema actual consiste en válvulas manuales para cada tanque, una bomba de circulación y una válvula reguladora para la entrada de vapor.

Al considerar las variables a controlar durante el proceso, se propuso un sistema con los siguientes componentes:

- Sensor de temperatura
- Medidor de concentración
- Medidor de flujo
- PLC
- HMI

Se realizó un esquema del diseño propuesto en espera de aprobación, para luego colocar el pedido de los componentes de control y sensores necesarios.

Presupuesto

Una vez aprobado el diseño, se procedió a cotizar los componentes con diferentes proveedores. En la planta de Lactosa, se mantiene un estándar en equipos de control, siendo Allen Bradley la marca por defecto para todos los proyectos de automatización. Al ser este el caso, no existe problema con el software al contar con la licencia de RsLogix 5000 para la programación.

Se cotizó una pantalla TFT de 10" con la empresa Beijer Electronics, al ser esta la mejor opción en términos financieros, además de adaptarse a las necesidades de la planta.

Presupuesto		
Ítem	Descripción	Precio Total
1.00	PLC MicroLogix 1100	Lps. 17,600
2.00	Pantalla Beijer X2 Pro 10	Lps. 29,000
3.00	Software iX Developer	Lps 11,900
4.00	Modulo E/S Analógicas	Lps. 10,000
5.00	Modulo E/S Digitales	Lps 11,000
6.00	Modulo Entrada Termocupla	Lps. 14,000

Desarrollo del Proyecto

Se procedió a coordinar la instalación del medidor de flujo, con el apoyo del departamento de mantenimiento y un técnico para soldar la tubería. La posición definida para la instalación fue la salida del intercambiador de calor, antes de la entrada al manifold. El medidor de flujo da la lectura del caudal del fluido que se está bombeando, para poder ajustar la potencia de la bomba a los parámetros que se necesitan para una correcta limpieza. El tiempo de circulación se ve afectado por el flujo, al ser necesario un mayor tiempo de recirculación si el flujo es menor. Se instaló un variador de frecuencia para controlar la velocidad de la bomba. El flujo de líquido con el agente de limpieza, ya sea ácido o soda cáustica, desprende la suciedad o contaminante y la arrastra fuera de la tubería.

Al realizar el lavado con soda y ácido, la temperatura debe variar dependiendo del ciclo. En el caso de la soda, se realiza a una temperatura de 90°C, al ser más efectiva en temperaturas altas.

Se instaló un sensor de temperatura (PT100) para controlar la activación de la válvula que da paso al vapor en el intercambiador de calor.

Cuando se realiza el lavado con ácido, se da paso a menos vapor, al ser necesario una temperatura menor, ya que el ácido a altas temperaturas puede dañar las tuberías.

El controlador lógico programable interpreta todas las señales de los sensores y actúa de acuerdo con los parámetros que se establecieron previamente. Se utiliza para regular los tiempos de circulación, así como la temperatura y flujo como se mencionó anteriormente.

La pantalla funciona como interfaz HMI para el operador, donde puede seleccionar el ciclo de lavado a ejecutar de acuerdo con el equipo que se desea limpiar.

Este proceso elimina el error humano, al contar con valores controlados y monitoreados en todo momento. Por ser un sistema de lazo cerrado, la retroalimentación funciona para que el sistema se mantenga siempre en condiciones óptimas de trabajo.

En la programación de los ciclos de limpieza, se desarrolló un esquema de lógica de acuerdo con el ciclo a ejecutar.

El proceso consiste en tres pasos sencillos:

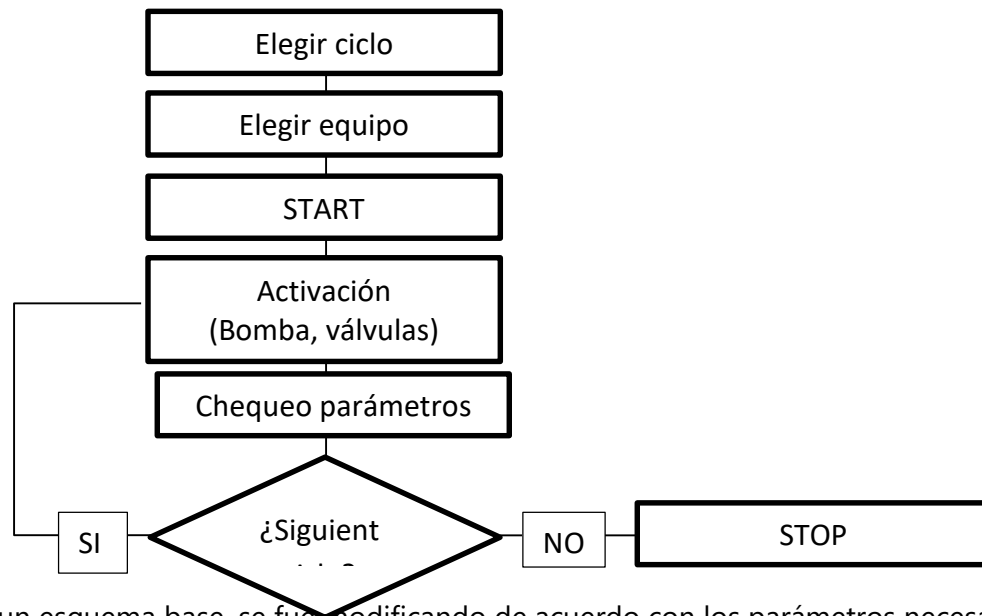
- 1) Enjuague agua inicial
- 2) Circulación de químico
- 3) Enjuague con agua

Las válvulas manuales fueron sustituidas por válvulas de accionamiento automático. En el primer enjuague, la válvula de salida del tanque de recuperación de agua debe estar abierta, así como la del retorno al tanque de recuperación.

En el segundo paso, solo se acciona la válvula de salida de soda, la válvula de retorno de agua y la de retorno de soda. Por último, se abre la de salida del tanque de agua y la del retorno de agua de recuperación o el desagüe.

Este ciclo se repite en el caso de la circulación de ácido. Usando esta lógica, se realizó un esquema con las variables que controlamos para realizar la programación.

Siguiendo este proceso, se procedió a elaborar un esquema base para realizar la programación.



Al tener un esquema base, se fue modificando de acuerdo con los parámetros necesarios. Interpretando las señales de los diferentes sensores al PLC, se ajustan los parámetros de temperatura y velocidad de la bomba de acuerdo con el ciclo que se esté realizando.

El pedido por los componentes de control tuvo inconvenientes al tratarse de un nuevo proveedor internacional, en el caso de las pantallas Beijer. Por este motivo, el sistema aún está pendiente de instalación final y puesta en marcha definitiva. Se realizaron pruebas al sistema con el acompañamiento de un técnico del área de mantenimiento posteriormente en un PLC de la empresa para asegurar el correcto funcionamiento. La culminación total del proyecto se dará al recibir los componentes propios del sistema.

Este es el primer caso de automatización de un sistema de limpieza CIP de forma interna para la empresa, lo cual significa un gran ahorro en términos financieros por mano de obra y diseño del

sistema. Al tratarse de un sistema en esencia igual para todas las plantas, se planea continuar con este diseño y aplicar en la planta de Lacthosa Sula Centro, en Tegucigalpa.

CONCLUSIONES

“La etapa final de un texto en la que se presenta la información más relevante o aquello que se propone como ‘nuevo’ en el texto. En otras palabras, la conclusión es a la que se llega después de considerar una serie de datos o circunstancias” (Santos, 2000)

- Se implementó un PLC y sus componentes para control automático del sistema de limpieza CIP en la planta de yogurt Sula Norte.

- Debido a un atraso con el proveedor, no se instaló la interfaz HMI para interacción del operador. El proyecto se dará por finalizado al hacer entrega de la pantalla para su instalación.
- Se realizó un diseño de sistema de automatización para el sistema CIP de la planta Sula Norte. Este diseño planea utilizarse en las demás plantas de Lacthosa.

RECOMENDACIONES

A la empresa

- Realizar capacitaciones al personal de planta de manera frecuente, asegurando un completo de entendimiento de parte de ellos, para poder utilizar los equipos de manera correcta y evitar fallos a futuro.

- Realizar proyectos de automatización de manera interna, para ahorrar en costos que involucran contar con servicios del exterior, utilizando personal capacitado con el que cuentan.
- Brindar mayor oportunidad a ingenieros en el área de electromecánica, para realizar más proyectos de automatización y asegurar la calidad del personal que labora en la empresa.

A UNITEC

- Realizar un mayor número de proyectos de vinculación con grandes empresas, para brindar al alumno una experiencia del proceso industrial más a fondo y de esta manera capacitarlos de la mejor manera.
- Contar con laboratorios más completos, y traer personal capacitado para brindar talleres de temas de la carrera en las diferentes ramas, como la automatización y electrónica avanzada.
- Crear alianzas con empresas para que brinden charlas o talleres sobre los conceptos más importantes en la industria y brindar un mayor enfoque a los alumnos.

BIBLIOGRAFIA

Altendorf, M. (2004). *Flow Handbook* (Vol. 2). Reinach, Switzerland: Endress+Hauser Flowtec AG.

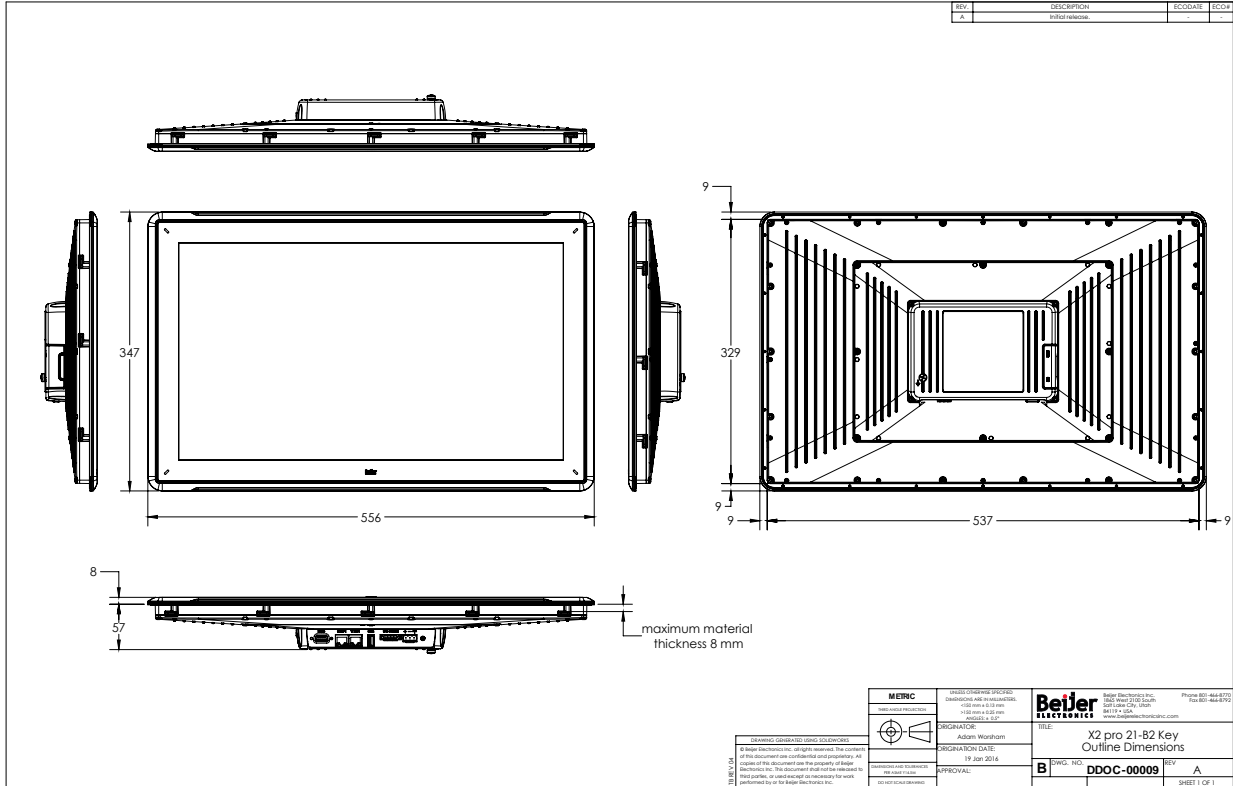
Blüml, S. (2006). *El mundo de los envases*. Hamburg: Behr's Verlag.

- Bockelmann, D. B., & Bockelmann, D. I. (2001). *Long Life Products: Heat Treated, Aseptically Packed: A Guide to Quality*.
- Carrasco, S. (2006). *Metodologia de la investigacion Cientifica*. Lima: San Marcos.
- Deppert, W. (2001). *Aplicaciones de la Neumatica*. Barcelona: Alfaomega.
- Dorf, R. C. (2005). *Sistemas de Control Moderno* . Madrid : Pearson Education.
- Fischer, D. S. (2005). *Guia tecnica y practica sobre el llenado de productos liquidos*. Germany: Volker Kronseder.
- Imholte, T. J. (2000). *Engineering for Food Safety and Sanitation (Vol. 2)*. Massachusetts, United States: Technical Institute of Food Safety.
- Kirk, F. W. (2005). *Instrumentation*. United States: American Technical Publishers.
- Maloney, T. J. (2006). *Electronica Industrial Moderna*. Mexico: Pearson.
- Munson, B. R. (2002). *Fundamentals of Fluid Mechanics* . United States: John Wiley & Sons Inc.
- Papasseit, R. G. (2005). *Calidad*. Barcelona: Altamar.
- Penin, A. R. (2007). *Sistemas SCADA*. Barcelona: Marcombo.
- Rodriguez, A. (2011). *Instalaciones Domoticas* . España : Altamar.
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodologia de la Investigacion (Vol. Sexta Edicion)*. Mexico: Edamsa Impresiones.
- Sanchez, G. T. (2006). *Fundamentos del Analisis de Falla*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingenieria .
- Santos, F. (2000). *Ingenieria de Proyectos* . España : Line Grafic.
- Solé, A. C. (2011). *Hidraulica & Neumatica*. Mexico D.F: Alfaomega.

Tauscher, T. (2000). *A Guide to the Sanitary Design of Food Plants and Food Plant Equipment* (Vol. 2). Massachusetts, United States.

Tocci, R. J. (2003). *Sistemas Digitales* . Mexico: Pearson Education .

ANEXOS



Cantidad	Código	Descripción	Peso	Lps.	Precio U. sin IVA	Lps. Total sin IVA
1.00	17820B0W6	SINKSOURCE DC IN/10CH RELAY OUT	0.00	8,525.00000	8,525.00	
		APROXIMADAMENTE 3 - 4 SEMANAS				
1.00	1782F20F2	MOD ENTRESAL ANALOG ML1200 2AI 2AO	0.00	10,125.00000	10,125.00	
		APROXIMADAMENTE 3 - 4 SEMANAS				
1.00	1783MH1	ML1100 MEMORY MODULE	0.00	5,125.00000	5,125.00	
		APROXIMADAMENTE 3 - 4 SEMANAS				
2.00	1782R4	MODULO DE EXPANSION 4E RTD MICROLOGIX 1200	0.00	14,100.00000	28,200.00	
		INMEDIATA SALVO PREVIA VENTA				
3.00	1783BA	BATERIA PARA MICROLOGIX 1100	0.00	1,335.00000	4,005.00	
		APROXIMADAMENTE 3 - 4 SEMANAS				
2.00	1782F4	MOD ENTR ANALOG ML1200 4 AI CORRIENTE/VOLTAJE	0.00	10,125.00000	20,250.00	
		INMEDIATA SALVO PREVIA VENTA				
3.00	17820F4	MODULO DE SALIDA ANALOGICO 4 CANALES	0.00	9,950.00000	29,850.00	
		APROXIMADAMENTE 3 - 4 SEMANAS				
3.00	17820B16	MODULO SALIDA DIGITAL ML1200, 16 DO 24VDC	0.00	7,325.00000	21,975.00	
		APROXIMADAMENTE 3 - 4 SEMANAS				
2.00	1782Q16	MODULO ENTRADA DIGITAL ML1200, 16 DI 24VDC, SINKSOURCE	0.00	6,025.00000	12,050.00	
		APROXIMADAMENTE 3 - 4 SEMANAS				
2.00	1782T4	MODULO ENTRADA TERMOCUPLA ML1200, 4 AI	0.00	14,100.00000	28,200.00	
		APROXIMADAMENTE 3 - 4 SEMANAS				
2.00	1783L18BWA	CONTROLADOR ML1100, 125G45WAC, 10 DI 24VDC / 6 DO RELE	0.00	17,900.00000	35,800.00	
		APROXIMADAMENTE 3 - 4 SEMANAS				