

UNIVERSIDAD
DON BOSCO



ESTUDIO Y DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO PARA LA
PRODUCCIÓN DE JUGOS NO CARBONATADOS EN UNA INDUSTRIA
SALVADOREÑA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

PREPARADO PARA LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

PARA OPTAR AL GRADO DE

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

POR

MOISES EDUARDO MEJÍA

EDGARD ROBERTO RIVAS BASIL

ROBERTO ALFREDO ERNESTO SIBRIAN MARTÍNEZ

JULIO - 1997

UNIVERSIDAD DON BOSCO

RECTOR

ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA

SECRETARIO GENERAL

PBRO. PEDRO JOSE GARCIA CASTRO S.B.D.

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

ING. CARLOS ALBERTO GUTIERREZ PEÑA

ASESOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. JUAN FRANCISCO SIFONTES COLOCHO

JURADO EXAMINADOR

ING. MAURICIO FLORES

ING. JULIO HERNANDEZ

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios Todo Poderoso por habernos permitido finalizar nuestro trabajo de graduación, ya que sin la ayuda de Él nada hubiera sido posible. A mi madre Marina de Espinoza a quien le debo todos mis triunfos y todo lo que he hecho en la vida, por su apoyo y su presencia en todas mis actividades. A mi tío Rolando quien con su ejemplo y consejos me ayudaron a salir adelante. A mi novia Patricia por su ayuda y comprensión. Quiero agradecer al Ingeniero Juan Francisco Sifóntes por su ayuda como asesor de nuestra tesis y a los ingenieros Julio Hernández, Mauricio Flores y Rolando Ruiz por su colaboración y ayuda incondicional. A mi gran amigo Jorge Avilés por haberme apoyado a lo largo de la tesis y enseñarme a desenvolverme como un profesional. También quiero agradecer a mi jefe Ingeniero Juan Carlos Villalta por su comprensión y por haberme otorgado todos los permisos para mis reuniones de tesis. Finalmente quiero agradecer a Roberto Sibrian y Edgard Rivas mis grandes amigos y compañeros durante toda la carrera a quienes les tengo un gran cariño y aprecio.

Moises Mejía.

Quiero agradecer a Dios Padre Todopoderoso las fuerzas que nos dio para terminar el trabajo, a mis padres que a lo largo de la carrera me dieron su apoyo incondicional, a mis compañeros de tesis Moises y en especial a Roberto por la perseverancia y ánimos que puso a lo largo de todo el trabajo de graduación.

Edgard Rivas.

Gracias Dios Todopoderoso por habernos concedido finalizar este trabajo, gracias Señor Jesús por habernos acompañado durante todo nuestro camino. Gracias mi Señor por la sangre preciosa que derramaste en la cruz para salvarnos, gracias por esa muestra de amor tan grande. Gracias porque nos regalas tus bendiciones todos los días y por que nos has dado a cada uno una familia que nos ama y nos apoya. Gracias por todas las personas que pusiste en nuestro camino para ayudarnos y orientarnos, para guiar nuestros pasos. Gracias Señor por tu grandeza, por tu misericordia, por tu amor, por tu fidelidad, por tu bondad; gracias porque Tu nos lo das todo. Bendito y alabado sea tu Santo nombre mi Señor.

Roberto Sibrian.

ÍNDICE

OBJETIVOS.....	I
INTRODUCCIÓN.....	II
CAPÍTULO I. PRODUCCIÓN DE JUGOS NO CARBONATADOS EN UNA INDUSTRIA SALVADOREÑA.	
I.1 Conceptos Básicos.....	1
I.2 Alcance del Proyecto.....	3
I.3 Descripción de receta y estándares de calidad.....	5
I.3.1 Preparación de la bebida.....	5
I.3.2 Pasteurización.....	7
I.4 Procedimientos de operación dentro de la planta.....	10
I.4.1 Programación de la Producción.....	10
I.4.2 Manejo de materias primas.....	11
I.4.3 Organización del personal.....	12
I.5 Descripción detallada del proceso de producción sin automatizar.....	13
I.5.1 Servicio de Tratamiento de Agua.....	13
I.5.2 Servicio de Cocimiento de Azúcar.....	14
I.5.3 Sistema de Limpieza y Saneamiento (C.I.P.).....	15
I.5.3.1 C.I.P. de tanques.....	16
I.5.3.2 C.I.P. de tuberías.....	17
I.5.3.3 C.I.P. de pasteurizadora y envasadora.....	17
I.5.4 Etapas de producción.....	17
I.6 Capacidad de Producción de la planta.....	22
I.6.1 Secuencia de preparación.....	22
I.6.2 Velocidades de Preparación (Ritmo de Producción).....	25
I.6.3 Secuencia temporizada del proceso.....	25
CAPÍTULO II. MAQUINARIA DE PRODUCCIÓN.	
II.1 Equipo disponible.....	27
II.2 Distribución funcional de áreas dentro de la planta.....	28
II.3 Interconexiones.....	30

II.4 Controles necesarios dentro de la planta.....	31
II.4.1 Área de premezcla.....	32
II.4.2 Área de mezcla final.....	34
II.4.3 Pasteurización.....	35
II.4.4 Etapa de Envasado.....	36
II.4.5 Sistema de Limpieza y Saneamiento.....	38

CAPÍTULO III. DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN

III.1 Lista de tareas que se pueden automatizar.....	39
III.2 Condiciones y Procedimientos manuales necesarios para la implementación del sistema de control.....	43
III.2.1 Manejo de las ordenes de producción.....	43
III.2.2 Preparación de concentrado y sólidos.....	44
III.2.3 Medición de °Brix del jarabe del día.....	46
III.2.4 Configuración de Pasteurizadora.....	47
III.2.5 Configuración de Envasadora.....	48
III.2.6 Configuración de C.I.P.....	49
III.3 Descripción general de procedimientos automáticos.....	52
III.3.1 Comunicación entre las diferentes etapas del proceso.....	52
III.3.1.1 Comunicación en serie a través de una red local.....	53
III.3.1.2 Configuración de la red a través de un módulo procesador de comunicaciones.....	54
III.3.1.3 Parametrización en el autómatas programable maestro.....	56
III.3.2 Configuración de la línea de producción.....	57
III.3.2.1 Configuración de un aviso.....	59
III.3.2.2 Indicación de los valores actuales de procesos y máquinas.....	60
III.3.2.3 Recetas. Almacenamiento y gestión de registro de datos.....	60
III.3.2.4 Comunicación con el proceso.....	61
III.3.3 Medición de flujo.....	63
III.3.3.1 Módulo electrónico.....	64
III.3.3.2 Sistema de Control.....	66
III.3.3.3 Dosificación de agua y jarabe simple.....	66
III.3.4 Control de válvulas de dos posiciones (abierto/cerrado).....	67
III.3.5 Control de válvulas diversoras.....	68
III.3.6 Control de válvulas para manifold.....	70
III.3.7 Control de motores trifásicos.....	72
III.3.8 Medición de nivel.....	75
III.3.8.1 Módulo electrónico.....	75
III.3.9 Medición de densidad.....	77
III.3.9.1 Error de °Brix en la bebida terminada.....	78
III.3.10 Control de alarmas.....	81

III.4 Descripción de las funciones a automatizar.....	82
III.4.1 Limpieza y sanitización de toda la planta (circuito 1).....	82
III.4.2 Etapa de premezcla.....	84
III.4.3 Etapa de mezcla final.....	89
III.4.4 Etapa de pasteurización y envasado.....	94
III.5 Requerimientos de instrumentación.....	98
III.5.1 Dispositivos de entrada.....	98
III.5.2 Dispositivos de salida.....	99
III.5.3 Selección del equipo de medición.....	99
III.6 Especificaciones técnicas del controlador lógico programable.....	101
III.6.1 Unidad central de procesamiento.....	101
III.6.2 Módulos para entradas digitales.....	101
III.6.3 Módulos para entradas analógicas.....	102
III.6.4 Módulo contador de alta velocidad.....	103
III.6.5 Módulos para salidas digitales.....	104
III.6.6 Módulo procesador de comunicaciones para red.....	105
III.6.7 Consumo de potencia de los módulos de entrada y salida.....	106
III.6.8 Fuente de potencia para la CPU y los módulos E/S.....	106
III.7 Lista de asignación de entradas y salidas.....	106
III.8 Requerimientos de Energía.....	114
III.8.1 Potencia eléctrica.....	114
III.8.1.1 Fuente de potencia auxiliar para los instrumentos.....	114
III.8.1.2 Diagrama interno de la fuente.....	116
III.8.2 Sistema de Servicio de Aire.....	116
III.8.2.1 Especificaciones.....	116
III.8.3 Calderas de Vapor.....	117

CAPÍTULO IV. CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.

IV.1 Introducción.....	119
IV.1.1 Componentes del sistema y el panel de control.....	119
IV.2 Requerimientos de potencia.....	124
IV.2.1 Fuente común de corriente alterna.....	124
IV.2.2 Transformadores de Aislamiento.....	125
IV.3 Circuitería de seguridad.....	125
IV.4 Consideraciones para ruido excesivo.....	126

IV.5 Fuente de potencia del sistema.....	128
IV.5.1 Transformadores de voltaje constante.....	128
GLOSARIO.....	130
BIBLIOGRAFÍA.....	139
ANEXO I (Tablas).....	142
ANEXO II (Figuras).....	149
ANEXO III (Flujograma).....	160
ANEXO IV (Guías para la implementación).....	169

OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

- Realizar la investigación necesaria para obtener el diseño de un sistema de recuperación de datos en un proceso industrial, a través de equipo electrónico (PLC's, transductores, etc.), que nos permita operar/controlar de manera flexible y eficiente los procesos aplicables a la industria de jugos no carbonatados en El Salvador.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer a fondo los requisitos y exigencias que debe cumplir un diseño de ingeniería, para poder automatizar un proceso industrial; así como también todos los dispositivos electrónicos utilizados para tal propósito.
- Justificar la innovación tecnológica dentro de la planta por medio del aumento en la disponibilidad de la maquinaria y la eficiencia de la misma.
- Ofrecer una posible solución a los problemas que ocasiona el atraso tecnológico, por medio de la cual la industria de jugos no carbonatados pueda elaborar un producto con una calidad estándar y sobresalir en un entorno de alta competitividad.

INTRODUCCIÓN

La automatización o control automático de un proceso consiste en regular parámetros designados, para mantenerlos dentro de un rango definido o llevarlos hacia un valor deseado denominado punto de referencia. Este tipo de control se utiliza en los procesos industriales, debido a que muchos factores tales como el color, la composición y la densidad deben ser precisos para obtener un producto bien elaborado. El sistema se encarga de monitorear y corregir los parámetros del proceso, analizando el estado de las variables dinámicas. Las variables dinámicas son las características dentro del proceso que varían con el tiempo, tales como la temperatura, el flujo, la presión, etc. Un sistema de control automático se puede implementar a través de un Controlador Lógico Programable (PLC), ya que por medio de sus interfaces de entrada y salida (E/S) regula las variables dinámicas.

El diseño del sistema de control se basa en la aplicación de un Controlador Lógico Programable (PLC ver glosario), para monitorear las variables de interés y ejecutar la secuencia de operaciones necesarias para producir un lote de bebidas. Es necesario realizar una investigación de los dispositivos que pueden utilizarse para llevar a cabo la medición de las variables físicas, definir la secuencia lógica de operaciones dentro de la planta y el diagrama de flujo para el programa que debe seguir el controlador. La etapa de programación depende del autómeta seleccionado.

Existen varias etapas en el desarrollo de un diseño como este, la investigación se inicia conociendo a fondo el proceso que se desea controlar, para luego determinar los procedimientos que pueden ser automatizados; tales como las operaciones repetitivas, las operaciones accionadas dependiendo del tiempo, las operaciones accionadas por eventos, el control de alta velocidad y los

requisitos de adquisición y manejo de datos. Es importante aprovechar al máximo los recursos que se tienen en la planta para que la implementación del diseño sea factible.

En este documento se presenta un diseño que facilita el control del proceso de producción, la actividad humana no se puede eliminar completamente, ya que existen criterios dentro del proceso que necesitan ser evaluados por el personal de producción. El documento debe completarse con secciones que podrán desarrollarse una vez que el proceso se implemente. Estas incluyen el isométrico de la planta, el manual de procedimientos de operación y mantenimiento, manual de entrenamiento y capacitación para el operario, etc. Además el diseño está sujeto a ajustes que sean necesarios, dependiendo de las condiciones que se presenten durante la puesta en marcha y operación de la planta.

CAPITULO I
PRODUCCIÓN DE JUGOS NO CARBONATADOS EN UNA INDUSTRIA
SALVADOREÑA

I.1.- CONCEPTOS BÁSICOS

En nuestro país los jugos no carbonatados, que son bebidas suaves preparadas a base de concentrados elaborados con ingredientes naturales, compiten dentro del mercado con una serie de bebidas gaseosas y no gaseosas. Es un reto para esta industria ofrecer un producto de alta calidad, que sea preferido por la mayor parte de los consumidores. El reto de alcanzar una mayor competitividad significa orientar la capacidad de producción hacia la participación en mercados abiertos sobre la base de productividad, eficiencia y calidad. Para lograr este objetivo, las industrias deben de identificar las deficiencias existentes en las plantas de producción actuales, con el fin de atacar cada situación que obstaculice la obtención del producto final de una manera rápida y eficiente.

Una empresa de productos alimenticios debe contar con la infraestructura necesaria para subsistir en el mercado. Los diferentes requerimientos del entorno incluyen un piso de cerámica en toda el área de producción, un mantenimiento periódico de las paredes con pintura especial y un techo adecuado para evitar filtraciones de agentes provenientes del medio ambiente. La planta debe contar con todos sus alrededores pavimentados, una entrada regulada y protegida de visitas y

servicio sanitario adecuado para todo el personal. El personal debe usar los uniformes apropiados a su tipo de labores y estar entrenado para desarrollar una cultura de limpieza en su lugar de trabajo.

Deben observarse los estándares de calidad establecidos por el fabricante original, para todos los productos que se fabrican dentro de la planta. Estos requerimientos se detallan más adelante. Para que esto se cumpla debe seguirse la receta detalladamente y no omitir ningún paso del proceso, además deben observarse todas las normas sanitarias, ya que se trata de productos alimenticios. Todos los elementos o equipo que entra en contacto con el producto es de grado sanitario (tuberías, maquinaria, tanques, etc.) y el envasado puede ser aséptico, para reducir aún más la proliferación de hongos o bacterias patógenas.

La planta debe contar con la alimentación eléctrica adecuada para todo el equipo, evitando paros ocasionados por variaciones de corriente en las líneas de alimentación. Es necesaria una estación de transformación de potencia que sea capaz de manejar todas las cargas conectadas y suplir satisfactoriamente la demanda de energía. Deben considerarse para todas las cargas, los datos de placa, la potencia que consumen y la frecuencia de uso. El sistema eléctrico debe contar con un interruptor de transferencia automática, para conmutar a una fuente auxiliar de potencia en caso de condiciones anormales de operación. Para prolongar su vida útil y mantener un funcionamiento adecuado, la maquinaria debe estar debidamente protegida contra sobrevoltajes e interferencias.

Debe fomentarse una cultura de trabajo bajo condiciones seguras y la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en el cual se capacita al operario para reparar o prevenir fallas leves en el proceso, sin tener que recurrir a procedimientos complejos que provoquen un largo período de paro o tiempo muerto de producción. El entorno descrito anteriormente es la base de una

empresa, pero el desarrollo necesario para sobresalir, depende de la planificación de la producción en relación con las ventas, de todos los procedimientos empleados para obtener un producto final y también del nivel de tecnología que se utiliza.

I.2.- ALCANCE DEL PROYECTO

Nuestro proyecto tiene como alcance tomar un entorno industrial donde los procedimientos y la tecnología se puedan optimar, con el fin de aumentar la productividad de la planta. Esto se logra diseñando un proceso confiable que permita llevar a cabo una producción ágil, observando con precisión todas las variables. Debe ser además flexible para poder introducir nuevas líneas de productos sin tener que invertir sumas considerables en modificaciones, tanto del proceso como del sistema de control. Para tal propósito, se ha recreado un entorno basado en la situación real de empresas salvadoreñas con esta necesidad.

El proyecto se inicia conociendo a fondo la situación de una planta, sin control automático alguno, para examinar detalladamente todos los procedimientos de operación realizados en cada etapa del proceso y estudiarlos hasta llegar a un diseño de ingeniería que solucione los problemas causados por el atraso tecnológico. La solución planteada dependerá en cierta medida de la intervención humana, ya que hay criterios que dependen del personal de producción. El diseño debe respetar los procedimientos básicos de la elaboración del producto y considerar el uso del equipo actual, sugiriendo una distribución en planta funcional; superar las condiciones actuales de la homogeneidad en la calidad y tiempo de elaboración; así como también disminuir los costos ocasionados por desperdicio y contaminación.

En base al estudio y conocimiento del proceso de fabricación se establece la capacidad de producción de una planta, con lo que se pretende conocer la cantidad de productos finales obtenidos en un día normal de trabajo bajo las condiciones actuales. Se analizará una planta sin automatización, que de ahora en adelante se conocerá como planta actual. El análisis inicia elaborando una lista de productos cuya receta esta basada en las proporciones de cada ingrediente utilizado en la producción real de jugos no carbonatos. Se toman como parámetro las cantidades de cada ingrediente estipulado en la receta para definir el tiempo que tardará en realizarse cada una de las etapas del proceso.

El diseño de automatización controlará la secuencia de operaciones necesaria para producir hasta dos lotes de bebidas simultáneamente. Para ello se describe la lógica de operación de la planta con el equipo de instrumentación o medición necesario y los elementos finales de control. Se han definido las características del sistema de control (PLC, módulos de E/S, etc. [5]) de acuerdo a todos los requerimientos del proceso y se ha elaborado el flujograma que define el ciclo de instrucciones que deberá ejecutar el PLC [5]. El proyecto no incluye la implementación del diseño, por lo tanto esta sujeto a modificaciones y ajustes que sean necesarios para la puesta en marcha inicial o que se requieran en cualquier momento para cumplir con las necesidades del consumidor final. Sin embargo se ha elaborado un listado de consideraciones básicas.

I.3.- DESCRIPCIÓN DE RECETA Y ESTÁNDARES DE CALIDAD

La fórmula del producto es la misma, ya sea en un proceso con o sin control automático. Si la producción de la planta no se basa en el rendimiento del concentrado, la receta no varía proporcionalmente sino que hay que calcularla cada vez que se inicia una corrida de producción. Esto ocasiona un atraso y riesgo de alteración en la receta. Dentro de la planta actual no se cumple este procedimiento.

Los litros de bebida detallados en las ordenes de producción no se basan en el rendimiento de las materias primas, por lo tanto para cada corrida de producción hay que calcular la cantidad de cada ingrediente de acuerdo a la receta. La receta básica consta de los siguientes ingredientes: agua, azúcar (jarabe simple), concentrado y sólidos o compuestos químicos. La receta debe cumplir con los estándares establecidos para la obtención de un producto final de alta calidad. Para que estas normas se cumplan deben verificarse ciertas condiciones en cada etapa.

I.3.1.- Preparación de la bebida

- El agua que se utiliza debe poseer las concentraciones adecuadas de hierro, sodio, aluminio, dureza, cloro y nivel de pH. Los procedimientos necesarios para obtener el agua con las características adecuadas para un proceso de producción de bebidas se detallarán después.
- La concentración de azúcar en el jarabe simple se mide en grados Brix, que es una de las unidades de medida para la densidad o concentración de sólidos en un fluido. El jarabe que se utiliza en la receta debe tener una concentración de azúcar igual a 60 °Brix.
- Si la densidad del jarabe simple a utilizar en una jornada de producción no cumple con la norma anterior, debe calcularse (tabla 3,2) la cantidad a utilizar dependiendo de la variación.

- Los componentes químicos denominados anteriormente como sólidos deben pesarse con precisión para que la receta sea exacta. Para preparar la base de la bebida se mezclan en un tanque con agua y se agitan junto con el concentrado.
- Todos los ingredientes se suministran según los datos obtenidos de las tablas donde se encuentran las fórmulas de producción (Tabla 1.1), en esta tabla se presentan las cantidades para elaborar un litro de bebida.

	MANGO	COCO	MELON	UVA	MANZANA	FRESA
AGUA*	0.9229 lt.	0.9229 lt.	0.9229 lt.	0.9229 lt.	0.9229 lt.	0.9229 lt.
JARABE*	0.0529 lt.	0.0529 lt.	0.0529 lt.	0.0529 lt.	0.0529 lt.	0.0529 lt.
CONCENT.	40.1959 gr.	40.1959 gr.	40.1959 gr.	40.1959 gr.	40.1959 gr.	40.1959 gr.
SOLIDO 1	1.1623 gr.	0.7540 gr.	0.5839 gr.	0.8958 gr.	0.8107 gr.	1.0489 gr.
SOLIDO 2	0.5839 gr.	0.9922 gr.	0.9241 gr.	0.4876 gr.	1.2757 gr.	0.8391 gr.
SOLIDO 3	0.3175 gr.	0.7257 gr.	1.2757 gr.	0.8674 gr.	0.6974 gr.	0.6010 gr.
SOLIDO 4	0.8958 gr.	1.0942 gr.	0.5443 gr.	0.9922 gr.	0.5443 gr.	0.8107 gr.
SOLIDO 5	1.0375 gr.	0.4309 gr.	0.6690 gr.	0.7541 gr.	0.6690 gr.	0.6974 gr.
°BRIX FINAL	13.7°	14.5°	13.9°	14°	13.6°	14.8°

* Los valores estipulados en la tabla para el agua tratada y el jarabe simple corresponden a una concentración de 60°Brix en el jarabe simple.

Tabla 1.1

- El concentrado debe mantenerse almacenado a baja temperatura, hasta que sea introducido al proceso. Debe ser utilizado en cantidades estándares preestablecidas, es decir, que si se compra por barriles debe utilizarse un barril entero, para que las características físicas y químicas de la bebida sean precisas.
- Se utiliza un segundo tanque para mezclar la base de la bebida con agua y jarabe simple y obtener así la bebida terminada.
- Existe una diferencia entre producto final y bebida terminada. El producto final es el que se distribuye en el mercado y el termino bebida terminada se aplica a la bebida que se encuentra en los tanques de mezcla y que está lista para ser pasteurizada y envasada. Cuando termina la etapa de mezcla se mide la densidad del jugo. La densidad expresada en °Brix para la bebida terminada, es diferente para cada tipo de bebida y sabor (ver tabla 1.1).

I.3.2.- Pasteurización

La pasteurización de la bebida por medio de alta temperatura, da como resultado un producto libre de microbios patógenos. Los microorganismos podrían desarrollarse cuando el producto final se encuentre a las temperaturas de almacenaje y distribución. La destrucción de estos agentes, que pueden causar enfermedades o echar a perder el producto, no altera el sabor ni la apariencia de la bebida sino por el contrario la conservan. Este proceso es continuo, consiste en un intercambio indirecto de calor (fig. A1 en anexos), entre la bebida y agua sometida a una alta temperatura, lo cual permite un calentamiento rápido de la bebida (20 a 30 seg.) a un punto mayor que el de ebullición, además en este método existe una reutilización del calor ya que la bebida terminada que abandona el pasteurizador, entrega calor a la bebida que esta entrando a la máquina; el proceso de pasteurización finaliza después de disminuir la temperatura del líquido por debajo de los 4°C en un tiempo corto. El cambio inhibe las bacterias que sobrevivieron a la alta temperatura y elimina las que no sobreviven a bajas temperaturas.

La receta de cada producto define los valores de temperatura para llevar a cabo esta etapa. Los estándares de tiempo y temperatura dependen de las pruebas efectuadas para detectar la presencia de bacterias que normalmente sobreviven a la pasteurización, sin afectar la integridad del producto. Ninguna porción de la bebida terminada deberá ser envasada si no ha sido sometida a esta etapa del proceso.

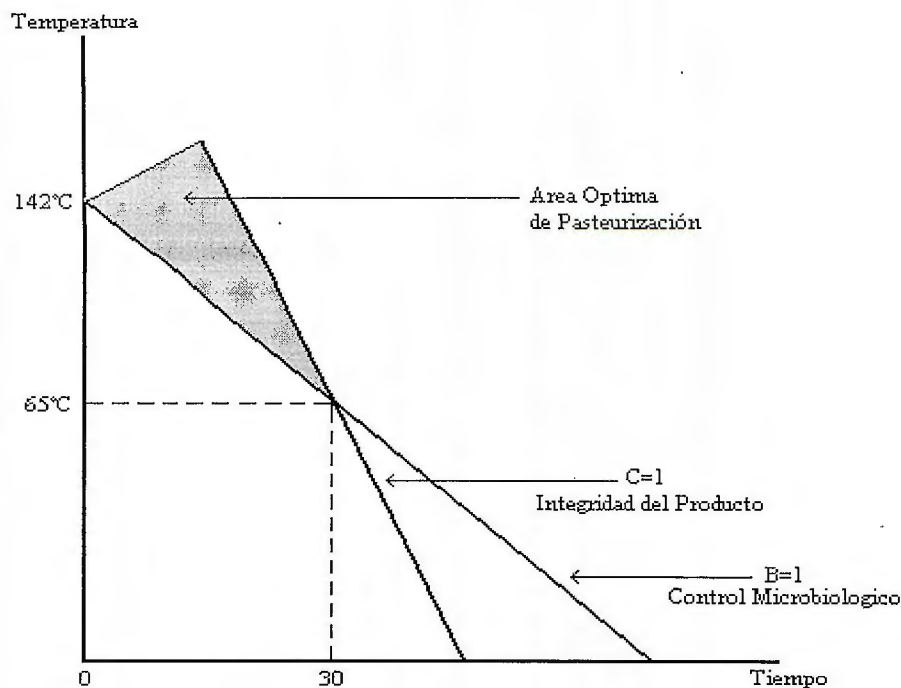


Fig. 1.1

De acuerdo a estudios realizados para establecer la relación de la temperatura con el tiempo, en la pasteurización de jugos (ver figura 1.1), la seguridad del producto y el control microbiológico, delimitan el área donde debe efectuarse la pasteurización. El área más confiable (área sombreada en fig. 1.1) sería arriba del punto en donde se interceptan las dos fronteras, ya que es aquí donde se cumplen ambos factores.

En la planta actual, existen requerimientos que son difíciles de cumplir debido a la falta de precisión en los aparatos de medición y al sistema de dosificación de ingredientes. En un proceso con alto grado de intervención humana no se logra un control preciso de las variables. Para cumplir con todos los estándares de calidad el personal debe realizar esfuerzos para llevar a cabo tareas repetitivas, procedimientos complejos, labores de coordinación y en general todo el control necesario para que el proceso sea confiable. El personal recurre a métodos empíricos, que se basan

en una revisión a conciencia del comportamiento de todas las variables a controlar y del equipo utilizado.

Por ejemplo si la medición de °Brix efectuada en la bebida terminada es mayor que el dato de la receta, se le agrega agua a la bebida para corregir esta variable. La bebida no puede presentar una medición menor, ya que corregir ese error no sería tan fácil, para cumplir con esa condición se deja un margen de agua sin dosificar, a la hora de llevar a cabo la mezcla. De esta manera la medición de densidad podrá ser mayor pero nunca menor. La cantidad de agua tratada que hay que agregar cuando se corrige la concentración de azúcar en la bebida terminada se efectúa de acuerdo a una tabla (tabla 1.2). Hay que considerar que los valores especificados en estas tablas varían dependiendo del sabor y el tipo de bebida, así como también de la cantidad de litros que se estén preparando. Los valores de la tabla 1.2 corresponden a la preparación de 8,000 litros del sabor mango de la tabla 1.1.

CONCENTRACIÓN DE AZÚCAR EN BEBIDA TERMINADA EN °BRIX	CANTIDAD DE AGUA TRATADA A DOSIFICAR EN LITROS
13.7	—
13.8	131.75
13.9	132.71
14.0	133.66
14.1	134.61
14.2	135.57
14.3	136.52
14.4	137.48
14.5	138.44
15.0	143.21
15.5	147.99

Tabla 1.2

I.4.- PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN DENTRO DE LA PLANTA

I.4.1.- Programación de la Producción

La producción dentro de una planta debe estar sujeta a un programa anual, este se desarrolla basándose en un pronóstico de ventas, obtenido a partir de un estudio de mercado realizado en todo el país. Dicho programa pretende tener una visión amplia de lo que será el trabajo dentro de la planta de producción; pero además debe llevarse a cabo una programación mensual y diaria. En base a la programación diaria se planifican las labores a realizar dentro de la planta, para cada jornada de trabajo.

Deben invertirse esfuerzos en realizar una buena planificación de la producción para evitar situaciones adversas, como tener que botar producto o desabastecer el mercado, la falta de planificación puede ocasionar además una inversión en costos de improvisación y horas extras. Los ordenes de producción o programa de producción diario debe contener los siguientes datos:

- Cantidad de unidades requeridas (cantidad teórica en litros).
- Tamaño del envase (presentación del producto).
- Marca de la bebida.
- Sabor de la bebida.

La cantidad teórica de litros a producir debe compararse con la cantidad real de bebida terminada, para calcular el rendimiento de concentrado. Por ejemplo, si se requieren 16,000 litros teóricos y se obtuvieron 15,800 litros, el rendimiento del concentrado será:

$$\text{Rendimiento de Concentrado} = \frac{\text{Cantidad real}}{\text{Cantidad teórica}} \times 100\% = \frac{15,800}{16,000} \times 100\% = 98.75\%$$

El porcentaje de rendimiento del concentrado es de 99.37%. Con la cantidad teórica se calcula además el rendimiento de la envasadora. Por ejemplo, si se requiere una presentación de ¼ de litro para el producto final, la cantidad teórica de unidades será 63,200, pero si al final de la etapa de envasado se obtienen 63,050 unidades, el rendimiento de la envasadora será:

$$\text{Rendimiento de Concentrado} = \frac{\text{Unidades reales}}{\text{Unidades teóricas}} \times 100\% = \frac{63,050}{63,200} \times 100\% = 99.76\%$$

I.4.2.- Manejo de Materias Primas

El manejo de todos los insumos debe cumplir con las normas sanitarias, observadas desde que entran a la planta hasta que se introducen en el proceso. La base de la bebida está compuesta en su mayor parte del concentrado, que es el ingrediente que define el sabor y la consistencia del jugo. Para ciertos tipos de jugo este insumo debe mantenerse a -18°C, en tal caso debe extraerse del cuarto frío donde se conserva y se descongelarse sin pasar de los 4°C. El concentrado que se almacena en estado líquido tampoco deberá almacenarse a temperaturas mayores de 4°C ni estar almacenado por más de 12 meses. El barril debe permanecer sellado hasta que se introduzca en el proceso.

Los otros ingredientes de la base de la bebida son compuestos químicos que a lo largo de toda la tesis se conocerán como sólidos (Acido fumárico, Fosfato tricálcico, Citrato de Sodio, Acido ascorbico, Benzoato de Potasio), estos compuestos también necesitan ser almacenados bajo condiciones controladas. Deben almacenarse en un área completamente seca y moderadamente fría, además estos compuestos no deben estar junto con productos de limpieza, lubricantes o productos no alimenticios. Los sólidos deben pesarse cuidadosamente para introducir cantidades exactas en el tanque donde se prepara la base de la bebida.

Para cumplir con las normas de almacenamiento se necesita una bodega, dentro de la cual exista un cuarto con control de temperatura, así como también un área con básculas para pesar los sólidos. Es necesario pesar previamente cada sólido que se utiliza, para mantener existencias de bolsas con medidas exactas de cada uno, calculadas para ser utilizadas con un barril de concentrado y listas para abrirse y verterse dentro de un tanque. Todos los materiales que se encuentran en la bodega deben hacerse llegar de la manera más sencilla hasta el área donde se utilizarán, para ello debe existir una proximidad entre el área de manejo de materiales y el área donde se prepara la base de la bebida. Esto permite que los insumos se encuentren en óptimas condiciones a la hora de ser dosificados, además ahorra tiempo y esfuerzos del personal.

I.4.3.- Organización del personal

Cada área dentro de la planta cumple una función específica dentro del proceso de producción, los operarios que laboran en este tipo de industria conocen todo el proceso y pueden manejar la maquinaria utilizada en cada área. Al inicio de cada jornada de producción es necesario que el personal se reúna para definir las actividades que cada uno debe realizar dependiendo de los datos de la orden de producción. Se designa el personal que coordina la limpieza del equipo y el que trabajará en el área de premezcla, en el área de conexión entre mezcla final y pasteurización, el operario que maneja la pasteurizadora, el que conecta el tanque de captación con la envasadora y el que maneja la envasadora. Todo el personal se coordina para ejecutar sus labores sin ocasionar atraso en el proceso.

I.5.- DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN SIN AUTOMATIZAR

I.5.1.- Servicio de Tratamiento de Agua

El agua, antes de ser tratada se obtiene con una dureza entre 160 y 200 ppm. (partes por millón ver glosario). El tratamiento de agua (ver fig. 1.2) se lleva a cabo de la siguiente manera: el agua extraída se deposita en un pozo de reserva que cuenta con un agitador, dentro de este se vierten además cuatro componentes químicos, los cuales son: Cal Hidratada, Cloruro de Calcio, Sulfato de Aluminio y Cloro. Estos químicos tienen la finalidad de proporcionar al líquido cierto grado preestablecido de, hierro, sodio, aluminio, sulfato, dureza, cloro y nivel de pH.

Después de disolver las cantidades adecuadas (proporcionales a los litros de agua) de todos los químicos, se hace pasar el líquido por una serie de filtros. Primero por un filtro de arena, luego a base de presión se somete el fluido a un filtro de carbón y por último se dirige hacia unos pulidores. El propósito de esta etapa es el de obtener el agua adecuada para un proceso de producción de bebidas, reduciendo la alcalinidad, controlando la proliferación de microorganismos, el olor, sabor y la apariencia, además del total de sólidos disueltos que debe ser menor o igual a los 500mg/lt.

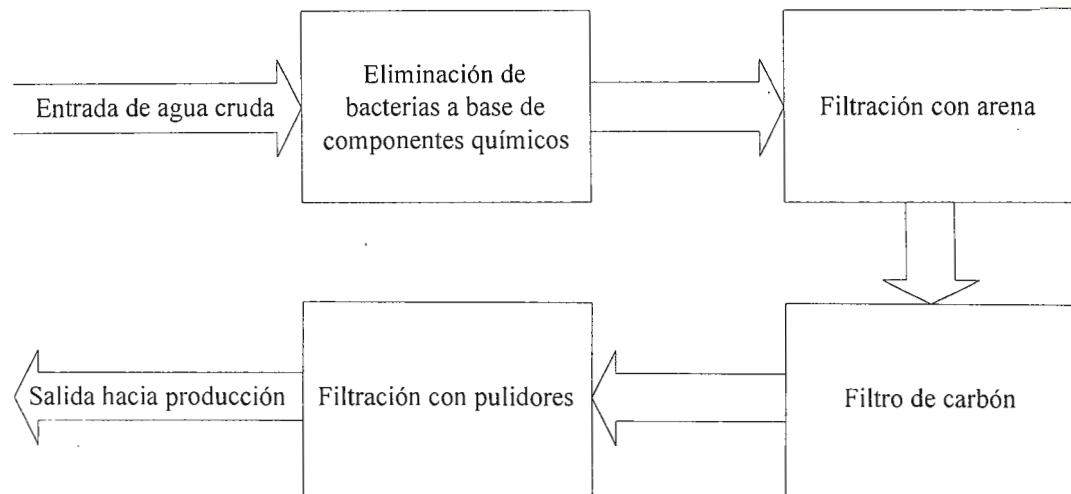


Fig. 1.2

I.5.2.- Servicio de Cocimiento de Azúcar

Por otra parte en el cocimiento de azúcar se realizan los siguientes procedimientos (ver fig. 1.3): en un tanque con agua tratada se disuelven carbón activado y tierra diatomacea (supercel), calentándose a 200 °F durante 15 minutos, luego se agrega el azúcar y toda la mezcla se cuece durante 30 minutos más, para luego circular por unos filtros formados por capas de supercel. El azúcar viene en costales por lo tanto contiene toda clase de suciedad (polvo, extremidades de insectos, ceniza, etc.), el carbón activado funciona como una esponja microscópica que atrae todas las impurezas, las capas de supercel capturan todas las microesponjas para dejar pasar el jarabe simple que se ocupará en la producción. Debido a que todo el proceso se lleva a cabo a grandes temperaturas se requiere luego la acción de un intercambiador de calor para poder enviar el jarabe con una temperatura de 20 °C hacia un tanque de almacenamiento, este se encuentra protegido con rayos ultravioleta para evitar la proliferación de cualquier tipo de microorganismos.

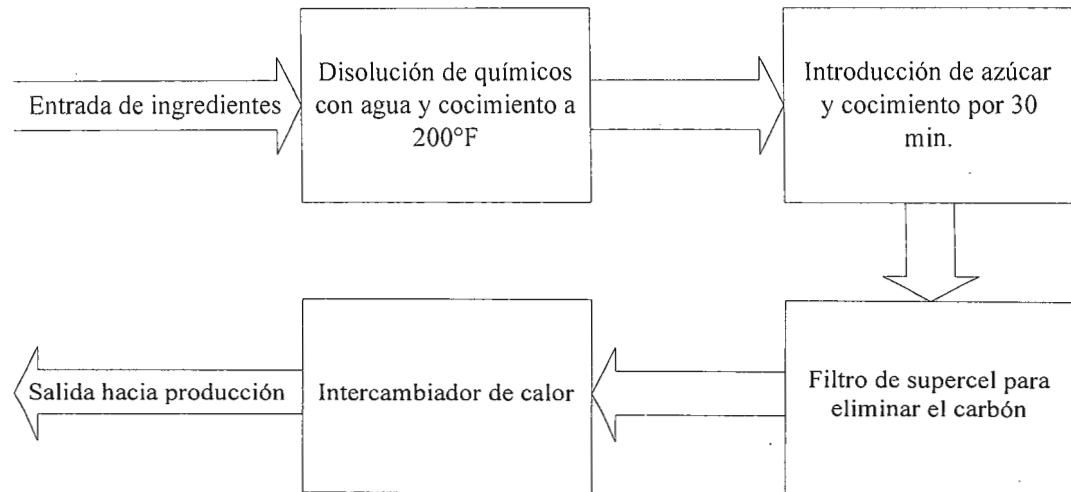


Fig. 1.3

I.5.3.- Sistema de Limpieza y Saneamiento (C.I.P.)

Todo el equipo y las superficies de contacto con la bebida deben limpiarse y sanitizarse debidamente a un horario predeterminado. Los agentes sanitizantes deben ser eficaces e inocuos para evitar la proliferación de bacterias, levaduras y moho. La preocupación por las bacterias microbiológicas es la razón más importante para mantener una buena higiene y sanidad en las plantas procesadoras de alimentos. Limpieza es la remoción de todos los residuos de producto (suciedad) por medio de un detergente, sanitización es la eliminación de microorganismos que no se removieron con la limpieza.

La composición de la superficie a limpiar varía dependiendo de las características de la suciedad, para cada tipo de suciedad se necesita un tipo de sustancia que la disuelva. Los detergentes deben mojar la superficie y la suciedad, ser emulsificantes [25], quitar y desprender la suciedad y prevenir que la suciedad se vuelva a adherir. Deben tomarse en cuenta además factores como el tiempo, la concentración, la temperatura y el procedimiento. El sanitizante es un agente físico o químico eficaz para la destrucción de microorganismos y sus esporas. Para que la sanitización sea

eficaz la superficie debe de estar limpia, el sanitizante debe de entrar en contacto directo con la superficie, se debe de usar la concentración adecuada y el tiempo de contacto debe ser suficiente.

El método que se utiliza para realizar la limpieza y saneamiento es el sistema de limpieza en su lugar (C.I.P., Clean In Place) diseñado para la limpieza automatizada del equipo procesador, tanques y líneas transportadoras de producto. Este método consta de cinco pasos:

- 1.- Enjuague con agua tratada hasta lavar completamente las superficies.
- 2.- Limpieza con una solución detergente a una temperatura entre 60 y 70°C, con una alcalinidad activa mayor o igual al 1.5%, pero no más del 2.5% cuando se requiera de limpieza extra.
- 3.- Enjuague con agua tratada.
- 4.- Enjuague con una solución ácida.
- 5.- Enjuague con agua tratada.

El detergente utilizado y la solución ácida deben retornar a sus depósitos. Todos los equipos debido a sus características requieren que el saneamiento se lleve a cabo en forma diferente. Los pasos explicados anteriormente son los mismos, pero la forma en que cada una de las soluciones químicas se hacen pasar a través del equipo depende de las características propias de este.

I.5.3.1.- C.I.P. de tanques

Cada ingrediente necesario se vierte dentro de los tanques a través de una red de tuberías. La técnica que se utiliza para llevar a cabo los cinco pasos del C.I.P., hace uso de una esfera rociadora (spray ball) ubicada en la parte superior del interior del tanque. Esta se encarga de limpiar y sanitizar la superficie interior del tanque adecuadamente. El C.I.P. se complementa con la acción del agitador inmerso en el tanque.

I.5.3.2.- C.I.P. de tuberías

Las tuberías que transportan la base de la bebida y la bebida terminada deben limpiarse y sanitizarse al inicio de cada jornada de trabajo y siempre que la corrida de producción a iniciar sea de un tipo de jugo o sabor diferente al anterior. Cada tipo de fluido recorre el circuito de tuberías, retornando a los tanques de distribución. Las tuberías que transportan el agua tratada y el jarabe simple se sanean una vez al día.

I.5.3.3.- C.I.P. de pasteurizadora y envasadora

En estas máquinas cada uno de los ingredientes especificados en los cinco pasos, se hace llegar hasta ellas a través de la red de tuberías y se introduce de la misma manera que el producto terminado. El sistema de saneamiento C.I.P. es más eficiente cuando cada solución se hace recircular, aprovechando al máximo la acción de los compuestos químicos. En la planta actual no se cumple con este procedimiento, ya que la red de tuberías y el control de flujo no lo permite.

I.5.4.- Etapas de Producción

Las etapas de producción son: Limpieza y Saneamiento de Equipo, Preparación de la base de la bebida, Mezcla de todos los ingredientes, Verificación de estándares de calidad en la bebida terminada, Pasteurización y Envasado. A continuación se detallan las labores realizadas dentro de la planta actual, para describir la secuencia de operaciones y la manera en que se controlan las variables que intervienen en cada etapa. Las tareas necesarias van desde verter los ingredientes dentro de los respectivos tanques; arrancar y parar motores, hasta la manipulación de mangueras y válvulas para pasar de una etapa de producción a otra. En la planta actual cada jornada de producción se inicia con la ejecución de un C.I.P., para luego desarrollar cada una de las etapas.

Etapa 1.- El primer paso es preparar la base de la bebida, donde se calcula la cantidad necesaria de cada ingrediente requerido por la fórmula o receta del producto. La cantidad de agua utilizada en esta etapa es una parte de la medida estipulada en la receta, se utiliza para mezclar el concentrado y los sólidos. El tanque donde se lleva a cabo esta etapa (ver fig. 1.4) se llena primeramente con agua y se arranca un agitador, cuya acción es continua desde este momento hasta que termina esta etapa. Luego se van agregando los sólidos con que se mezcla el concentrado, por último se dosifica el concentrado al tanque. Ya vertidos, los diferentes compuestos continúan disolviéndose mediante la acción del agitador inmerso en el tanque, durante media hora.

Cuando el contenido del tanque es homogéneo la base de la bebida está lista para pasar al tanque de mezcla, los residuos remanentes en las paredes del tanque donde se llevo a cabo este primer paso deben limpiarse con agua tratada. Se acciona el agitador inmerso dentro del tanque durante 2 minutos y luego se pasa el contenido al tanque de mezcla. Este procedimiento se realiza dos veces más para asegurar que el tanque de mezcla contenga todas las cantidades exactas de cada ingrediente detallado en la receta. Toda el agua tratada que se utiliza en esta primera etapa, forma parte de la cantidad estipulada en la tabla de fórmulas.

Etapa 2.- El siguiente paso es llenar el tanque donde se lleva a cabo la mezcla, al final de la cual la bebida ya esta preparada. En esta etapa se le agrega agua y azúcar (jarabe) a la base de la bebida. Para realizar este paso es necesario llevar a cabo una revisión visual del estado de las válvulas que intervienen en el sistema de dosificación de ingredientes verificando así que el flujo de los insumos que van al tanque de mezcla sea correcto (fig. 1.4).

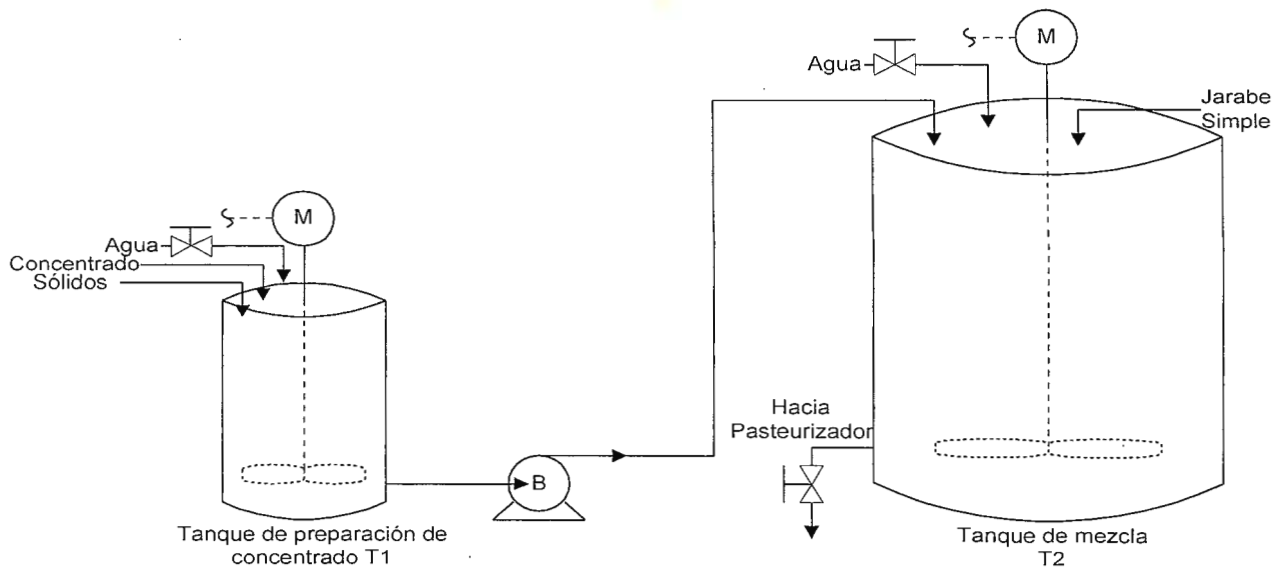


Fig. 1.4

Antes de introducir el jarabe simple al tanque de mezcla se verifica la concentración de sólidos (azúcar) en un litro de jarabe, dependiendo de la lectura obtenida en °Brix y de los litros de bebida a producir, se calcula la cantidad de agua necesaria (tabla 3.2), a esta cantidad se le resta el agua utilizada en la primera etapa. Para homogeneizar la mezcla se requiere de la acción de un agitador, inmerso en el tanque, que funciona continuamente durante una hora, a partir del momento en que se introduce el primer ingrediente al tanque.

Después de este tiempo se lleva a cabo una inspección para verificar la calidad del jugo, esta consiste en una medición de la concentración de azúcar, expresada en °Brix. Luego de obtener la lectura a través de un areómetro se recurre a una tabla (tabla 1.2), para efectuar la corrección de este parámetro en caso de que la lectura obtenida difiera del valor estipulado en la receta. Para asegurar que la corrección de esta medida se logre agregando agua, se deja un margen de 100 a 200 lts. de este ingrediente a la hora de dosificarlo. Después que se ha verificado la calidad del jugo, efectuando

la medición de °Brix final, se abre la válvula de salida del tanque T2 para que una bomba haga pasar la bebida al pasteurizador.

Etapa 3.- La bebida estará lista para ser envasada una vez que este pasteurizada, esta etapa es llevada a cabo por una máquina automatizada (fig. 1.5). El operador programa previamente la temperatura de pasteurización y la máquina se regula automáticamente para mantenerla constante, luego se enfría la bebida mediante un intercambiador de calor para después pasarla a un tanque de captación T3 cuya función es la de almacenar la bebida pasteurizada, antes de ser enviada a la máquina envasadora.

El tanque T3 se elige previamente por el personal de producción conectando el pasteurizador a él, cabe recalcar que este tanque debido a la función que desempeña dentro del proceso, se limpia y sanitiza antes de ser utilizado. Los diagramas mostrados (fig. 1.4 y 1.5) representan una línea sencilla de producción. En una planta real se requiere más de una línea de mezcla, pasteurización y envasado.

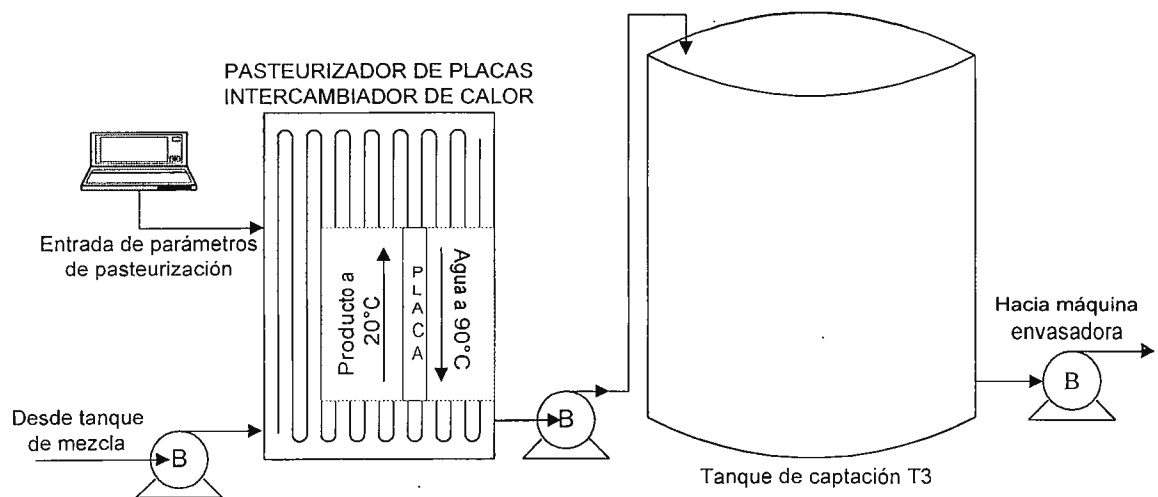


Fig. 1.5

Etapa 4.- La siguiente etapa dentro del proceso es la de llenar los envases con el jugo y sellarlos, para esto el personal conecta con una manguera el tanque de captación y la bomba que esta unida a la máquina envasadora. Esta conexión dependerá del tipo de envasadora que requiera el producto. La máquina envasadora, al igual que la pasteurizadora, realiza su función automáticamente. Se arranca previamente la máquina para normalizar su ritmo de operación, lo cual se logra en un tiempo aproximado de 10 minutos. La siguiente tarea es arrancar la bomba que hace llegar el jugo hasta ella, la bomba introduce el líquido a un tanque propio de la máquina, a la entrada de este tanque se encuentra una válvula conectada a un flotador, este control hidráulico regula el nivel de líquido dentro del recipiente.

El tablero de operación indica cuando el líquido ha llegado a su máximo nivel por primera vez. El operador recibe esta indicación y oprime un botón en el tablero para introducir los envases a la máquina. Una vez introducido el envase, la máquina se encarga de llenarlo y sellarlo. La bebida envasada es lanzada a una banda para imprimirle la fecha de vencimiento y luego empacarla para su distribución, esta última acción es realizada totalmente por el personal del departamento de producción sin ningún tipo de ayuda mecánica.

I.6.- CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA

I.6.1.- Secuencia de Preparación

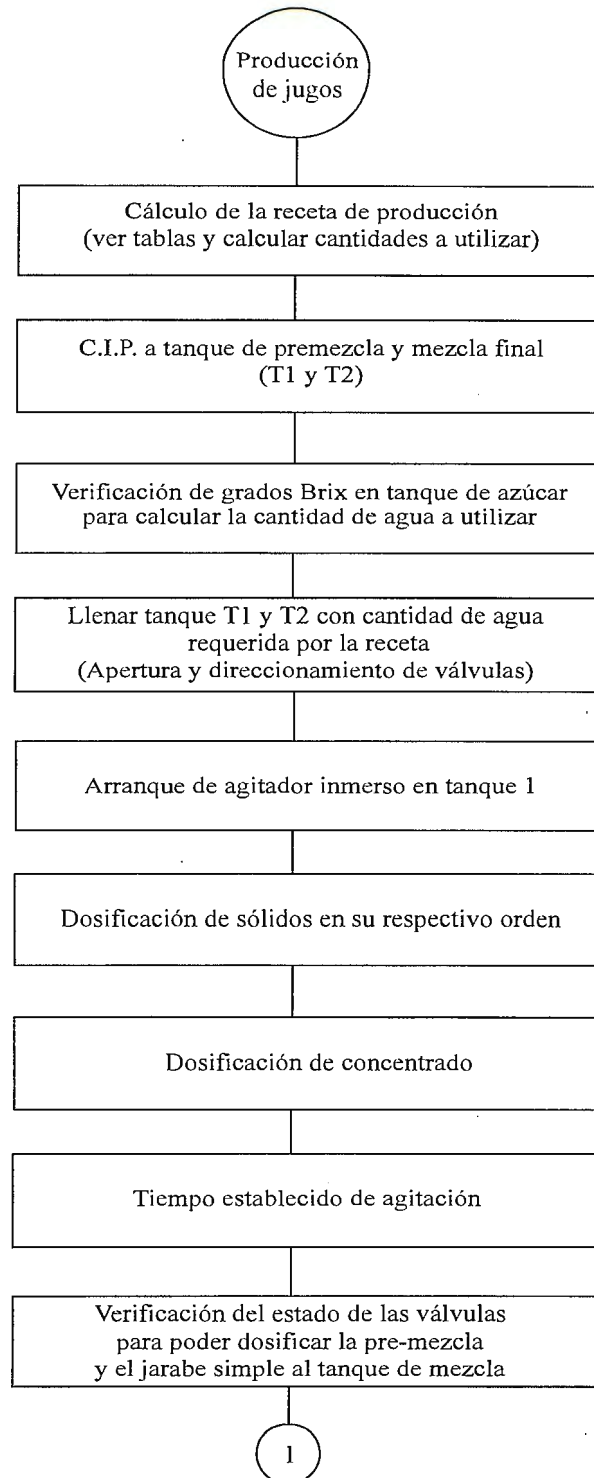


Fig. 1.6

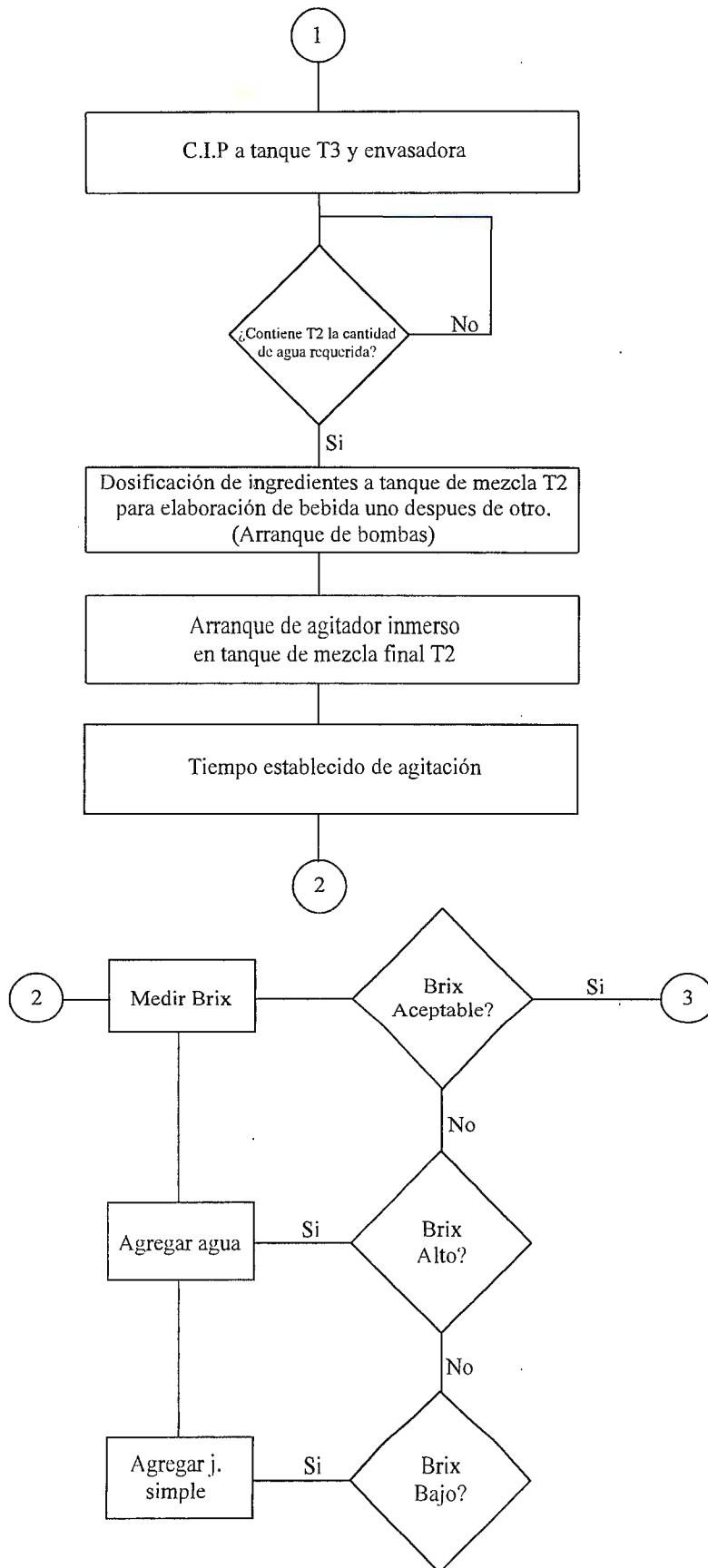


Fig. 1.7

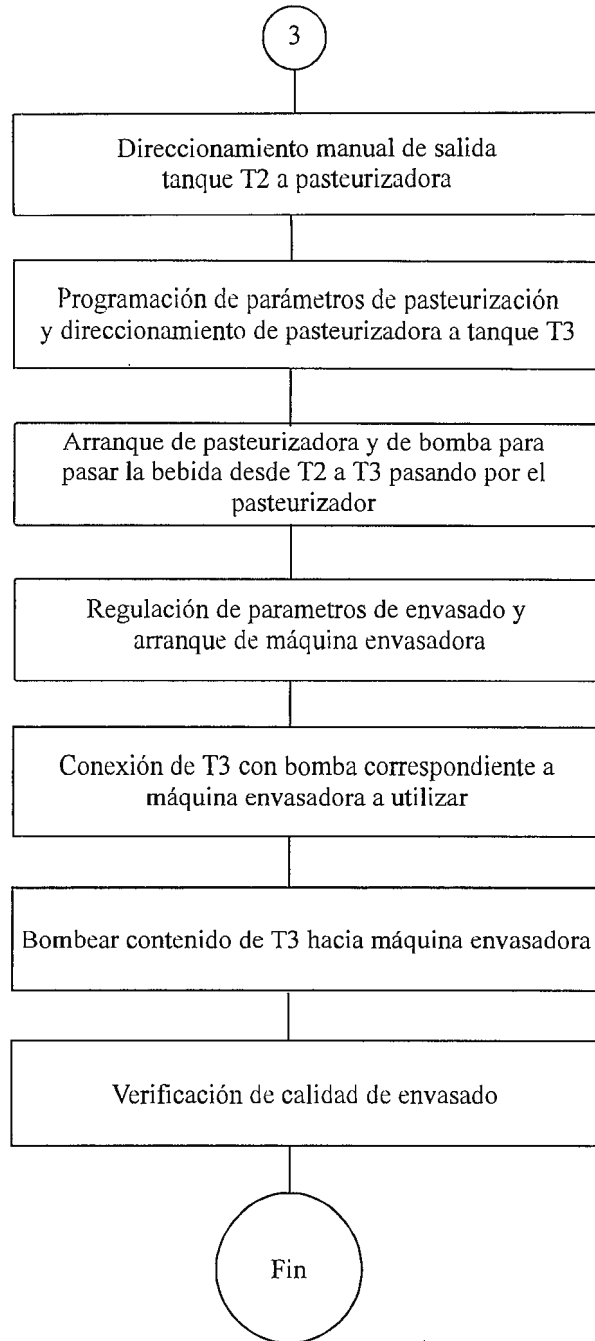


Fig. 1.8

I.6.2.- Velocidades de Preparación (Ritmo de Producción)

La velocidad con que cada equipo realiza su labor determina el tiempo en que se lleva a cabo cada etapa dentro del proceso. Las velocidades nominales de las máquinas son:

EQUIPO	VELOCIDAD NOMINAL
Bombas Centrífugas	250 lt/min
Motores para agitación	2500 rpm en T1 y 200 rpm en T2
Pasteurizadora	240 lt/min máx.
Envasadora	170 lt/min

Tabla 1.3

I.6.3.- Secuencia temporizada del proceso.

La tabla 1.4 se basa en la producción de 8,000 litros de jugo no carbonatado dentro de la planta actual, por lo que todos los tiempos de dosificación de ingredientes, pasteurizado y envasado, están calculados para dicha cantidad de producto.

ACTIVIDAD REALIZADA	TIEMPO	ORDEN*	ACTIVIDAD ALTERNA	TIEMPO	ORDEN*
C.I.P. a tanques T1, T2, T3 y línea de tuberías	2hr.	00:00:00 02:00:00	C.I.P. de pasteurizadora y máquina envasadora (inicia 2 hr. después)	1hr. 30min.	02:00:00 03:30:00
Cálculo de ingredientes	10min.	02:00:00 02:10:00	Direccionamiento del jarabe a tanque T2	5min.	02:30:00 02:35:00
Preparación de la base de la bebida (premezcla)	50min.	02:10:00 03:00:00	Dosificación de jarabe simple a tanque T2	10min.	02:35:00 02:45:00
Direccionamiento de premezcla a tanque T2	5min.	03:00:00 03:05:00	Arranque de agitación continua del contenido de T2	1hr.	02:45:00 03:45:00
Dosificación de agua tratada a tanque T2	30min.	03:05:00 03:35:00			
Dosificación de premezcla a T2	10min.	03:35:00 03:45:00			
Verificación de °Brix en T2	10min.	03:45:00 03:55:00			
Corrección de °Brix en jugo terminado (si es necesario)	25min.	03:55:00 04:20:00			
Direccionamiento de T2 hacia pasteurizadora	5min.	04:20:00 04:25:00			

Programación de parámetros de pasteurización	10min.	04:25:00 04:35:00			
Pasteurización y paso a T3 (considerando caídas de temperatura)	15min.	04:35:00 04:50:00	Arranque de envasadora para estabilizar su funcionamiento	15 min.	04:35:00 04:50:00
Direccionamiento de T3 a envasadora	5min.	04:50:00 04:55:00			
Envasado de toda la bebida	1hr. 7min.	04:55:00 05:02:00			

* En las columnas ORDEN se lleva la secuencia de tiempo de todas las actividades empezando de la hora 00:00:00.

Tabla 1.4

CAPITULO II

MAQUINARIA DE PRODUCCIÓN

II.1.- EQUIPO DISPONIBLE

En la tabla 2.1 se muestran todas las características de la maquinaria que interviene en las diferentes etapas para la elaboración de jugos. Todo el equipo está dimensionado de acuerdo a las características de la planta actual.

DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN QUE DESEMPEÑA	TAMAÑO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Válvulas de bola construidas con acero inoxidable 316L	Direccionamiento y paso de fluidos a lo largo de la línea de producción	Diámetro de empalme = 2"	Control manual todo/nada Estándar 3A*.
Tanques de 1500lts de acero inoxidable 316L	Preparación de la base de la bebida (premezcla)	Altura = 1 m. Diámetro = 1.2 m.	Diseñados para C.I.P.** Estándar 3A*
Tanques de 9300lts de acero inoxidable 316L	Mezcla final de todos los ingredientes	Altura = 3 m. Diámetro = 2 m.	Diseñados para C.I.P.** Estándar 3A*.
Tanque de 5500lts de acero inoxidable 316L	Mezcla final de todos los ingredientes	Altura = 2.5 m. Diámetro = 1.68m	Diseñados para C.I.P.** Estándar 3A*.
Tanque de 8000 lts de acero inoxidable 316L	Almacenamiento de bebida pasteurizada	Altura = 2.75 m. Diámetro = 1.9 m.	Diseñados para C.I.P.** Estándar 3A*
Tuberías de 2" de acero inoxidable 316L	Manejo de fluidos dentro de la planta	Las longitudes varían de acuerdo al flujo del producto a través de la planta.	Diseñados para C.I.P.** Estándar 3A*. Expansión a base de sujetadores especiales, reductores, codos, etc.
Panel de control a base de contactores	Secuenciamiento de activación y desactivación de dispositivos eléctricos de potencia	Altura = 3 m. Ancho = 2 m. Espesor = 2 m.	Relés e interruptores de estado sólido. (Lógica alambrada).
Máquina pasteurizadora	Dstrucción de bacterias patógenas. para alargar la vida del producto.	Área de 9 m ² Altura de 2.5 m.	Panel de control propio con registro de temperatura y controlador digital.
Máquina envasadora	Llenar y sellar los envases con el producto.	Área de 10 m ² Altura de 2 m.	Diseñada para C.I.P.** Panel de control con PLC propio para su función.

Bombas centrífugas	Impulsar el fluido de una etapa hacia otra.	Área de 0.5 m ²	Bombas rotativas de desplazamiento positivo. Diseñadas para C.I.P.** Acero inoxidable 316L. Estándar 3A* . Alimentación trifásica de 230 a 460 Vac, 60 Hz, 3 HP, 5 HP y 10 HP.
Motores para agitadores	Homogeneizar el contenido de los diferentes tanques.	Área de 0.5 m ²	Alimentación trifásica 230Vac 60 Hz. ½ HP y 1 HP.

*Estándar de sanidad, que cumplen los equipos que se utilizan en industria alimenticia.

**Clean in Place, siglas en ingles que significan Limpieza en el mismo lugar.

Tabla 2.1

II.2.- DISTRIBUCIÓN FUNCIONAL DE ÁREAS DENTRO DE LA PLANTA.

La forma en que están distribuidas las áreas involucradas en la producción, influye en el desarrollo de todos los procedimientos que son necesarios para la elaboración de un producto final. Los sistemas de servicios (Agua, jarabe simple, vapor, aire, etc.) tienen que estar ubicados de tal forma que lleguen fácilmente al área de producción, formando un conjunto de elementos organizados para llevar a cabo un mismo objetivo. La industria Salvadoreña típica, objeto de nuestro estudio tiene una distribución en planta que no es funcional, es decir que no permite el manejo de materiales de una forma ágil y rápida.

La distribución funcional se diseña para que el camino que recorren los materiales sea en un solo sentido a través del proceso hasta obtener un producto final, todas las áreas deben de ser accesibles para limpieza y sanitización. Las diferentes áreas con la que debe de contar una planta dedicada a la producción de jugos no carbonatados, son las siguientes:

- Tratamiento de agua.
- Cocimiento de azúcar.

- Servicio de vapor (calderas).
- Manejo de materiales.
- Preparación de C.I..P. (almacén de químicos ,calculo y tanques).
- Premezcla o preparación de la base de la bebida.
- Producción (Mezcla, Pasteurizado y envasado).
- Servicio de Aire (Compresores y control de presión).
- Empaque secundario.
- Bodega de producto final.
- Despacho.
- Alimentación eléctrica (Banco de transformadores).

Cada una de estas áreas debe cumplir con los estándares de higiene, iluminación, drenaje, aislamiento y ventilación, para tener una infraestructura que no presente riesgo de contaminación al producto.

En la figura A2 de los anexos se muestra el diseño de una planta cuyas áreas han sido distribuidas tomando en cuenta todas las condiciones establecidas anteriormente. Cada área ha sido ubicada de acuerdo al espacio que ocupa y al aporte que representa para el proceso de producción.

II.3.- INTERCONEXIONES

SERVICIO (DESCRIPCIÓN)	FUNCIÓN	ÁREA DE CONSUMO	LÍNEA
Agua Cruda: agua obtenida de un pozo subterráneo a través de una bomba	Proveer agua con una dureza de 160 a 200 partes por millón (ver glosario), a todas las áreas que requieran de este elemento para ejecutar alguna tarea de producción o donde sirva de insumo para la obtención de otros servicios	Área de premezcla	Violeta
Agua Tratada: método de filtración y floculación, aplicado al agua cruda	Proveer el agua adecuada para elaborar productos alimenticios	- Área de premezcla - Área de tratamiento de azúcar - Área de producción (Tanques de mezcla, pasteurización y envasado)	Azul
Jarabe Simple: cocimiento de azúcar	Mantener un nivel constante en un tanque de almacenamiento para suministrar el jarabe simple requerido por la receta del producto	Tanques de mezcla	Amarillo
Líneas de producto terminado: tramos de tubería unidos a bomba	Conducir la bebida, con todos los estándares de calidad, desde los tanques de mezcla hacia la pasteurizadora y luego a la etapa de envasado	- Conexión entre un tanque de mezcla y pasteurizadora - Conexión entre pasteurización y envasado	Verde
Red de Aire: sistema de compresores con control de presión y unidades de mantenimiento por grupo de válvulas	Accionar el funcionamiento de todas las válvulas, para controlar el flujo de los fluidos, a través de la red de tuberías instalada en la planta	Todas las válvulas instaladas en la red de tuberías, que manejan fluidos	—
Red de vapor: Caldera	Este servicio proporciona el vapor por medio del cual se controla la temperatura en la etapa de pasteurización	Etapa de pasteurización	Negro
Red de C.I.P.: Tanques con soluciones químicas y red de tuberías con retorno	Limpiar y Sanitizar todas las superficies que entran en contacto con los insumos y la bebida terminada	- Área de producción - Área de premezcla - Área de cocimiento de azúcar	Celeste
Red Eléctrica: Sub estación de transformación de potencia y canaleta aérea	Distribución de energía a todo el equipo eléctrico y electrónico	Todas las áreas	Café

Tabla 2.2

II.4.- CONTROLES NECESARIOS DENTRO DE LA PLANTA

Un lazo de control típico esta formado por el proceso, el transmisor, el controlador y el instrumento que realiza la acción de control. El proceso consiste en un sistema que ha sido desarrollado para llevar a cabo un objetivo determinado. Dentro del proceso bajo estudio se pretenden controlar las siguientes tareas: la cantidad de los ingredientes a introducir en los diferentes tanques, el nivel en cada uno de los tanques de mezcla, el secuenciamiento de las diferentes etapas del proceso y las diferentes variables que influyen en la calidad del jugo. El diseño de ingeniería desarrollado en este estudio, se limita a las áreas que se mencionan en este tema.

El controlador debe cumplir con su objetivo realizando dos funciones esenciales:

- a) Comparar la variable medida con la de referencia para determinar el error.
- b) Estabilizar el funcionamiento dinámico del bucle de control mediante acciones especiales para reducir el error.

Dentro de la planta actual, el control de los procesos se lleva a cabo mediante tanteos basados en la intuición y en la experiencia acumulada. El que lleva a cabo el control es realmente el operario, debe tomar decisiones a partir del estado de las variables para mantener las condiciones adecuadas en el desarrollo del proceso. El personal cumple la función de detectar la señal de error y de controlar la variable. Se necesita cierto tiempo para llevar a cabo estas decisiones y manipular los instrumentos necesarios para efectuar las correcciones. También se necesita tiempo para que los efectos de la corrección se noten en la señal de salida y puedan ser captados por el operador, en este momento el operador sabe si su primera corrección ha sido escasa o excesiva y toma una segunda decisión sobre el control que debe ejercer, esta segunda acción de control debe verificarse con una

tercera medición de la variable y el ciclo se repite hasta que la variable de salida satisface las condiciones requeridas.

Esta serie de operaciones de medida, comparación, cálculo y corrección consumen una gran cantidad de tiempo y esfuerzos realizados por el personal, pero la principal deficiencia del control humano es la falta de precisión en el desarrollo de la cadena cerrada o abierta de acciones que se realizan una y otra vez para llevar a cabo la producción. Los riesgos de falla provienen además de la utilización de instrumentos rústicos en la obtención de las mediciones y de las conexiones manuales que se realizan para pasar el producto de una etapa a otra. Esto produce riesgos de alteración en los procedimientos, error en los cálculos y fallas por negligencia y fatiga.

Los procesos presentan dos características principales que deben considerarse para controlar las variables de interés:

- a) Los cambios en la variable controlada debido a alteraciones en las condiciones del proceso, llamados generalmente cambios de carga.
- b) El tiempo necesario para que la variable del proceso alcance un nuevo valor al ocurrir un cambio de carga.

II.4.1.- Área de premezcla

Variables a controlar:

- Cantidad de agua a dosificar.
- Dosificación exacta de los ingredientes sólidos.
- Estado de las válvulas que intervienen en el desarrollo de esta etapa.
- Arranque y paro del motor que hace funcionar el agitador.

- Arranque y paro de la bomba de salida hacia la etapa de mezcla.

Control regulador de flujo masico: El flujo de agua a esta etapa debe controlarse de acuerdo a la cantidad necesaria para preparar la base de la bebida. Este tipo de control se ejerce sobre la válvula con obturador que permite el paso del fluido, la señal de salida del sistema de dosificación es la cantidad de agua que esta siendo introducida al tanque, cuando la señal de salida se acerca al valor preestablecido, el obturador empieza a acercarse a su posición de cierre de manera proporcional al aumento del flujo de agua. La posición extrema de cierre se da cuando la señal de salida alcanza el valor preestablecido.

Control de la dosificación de medidas exactas de cada ingrediente sólido: Para continuar con el desarrollo del proceso, debe verificarse que cada ingrediente sólido sea administrado en las cantidades exactas y no alterar la receta del producto. La disolución de cada uno de ellos debe ser completa.

Control todo o nada: Este tipo de control se aplica al agitador inmerso dentro del tanque, que debe arrancarse cuando exista cierta cantidad de agua dentro de el. El motor se apaga cuando finaliza el tiempo de agitación y se pasa el contenido del tanque a la siguiente etapa. En este punto se introduce agua nuevamente al tanque, se inicia la agitación que finaliza después de un tiempo determinado y el contenido del tanque pasa también a la siguiente etapa. Este último procedimiento se lleva a cabo dos veces.

Este control también se aplica a la bomba que impulsa el fluido hacia la etapa de mezcla de la manera descrita anteriormente y a la válvula de salida del tanque, que puede estar abierta o cerrada dependiendo del desarrollo de la etapa.

II.4.2.- Área de mezcla final

Variables a controlar:

- Dosificación de cada jarabe simple y agua tratada.
- Nivel dentro de los tanques.
- Arranque y paro del agitador.
- Arranque y paro de bombas.
- Densidad de la bebida terminada.
- Estado de válvulas para direccionar la salida de los tanques hacia la siguiente etapa.

Control regulador de flujo masico: Ver sección II.4.1, Área de premezcla.

Control de nivel: Es necesario monitorear el nivel dentro de los tanques, para controlar la secuencia de operaciones y evitar derrame en condiciones de falla del sistema dosificador.

Control todo o nada: Este tipo de control se aplica al agitador inmerso dentro de cada tanque, que debe arrancarse cuando exista cierta cantidad de fluido dentro de el. El motor se apaga cuando finaliza el tiempo de agitación y se lleva a cabo la medición de densidad. En este punto se efectúa la corrección, si es necesaria, iniciando nuevamente la agitación que finalizara después de un tiempo determinado. Este procedimiento se repite hasta que la medida de °Brix sea correcta. El

contenido del tanque pasa a la siguiente etapa una vez que la medida realizada este dentro del rango establecido.

Este control también se aplica a la bomba que impulsa el fluido hacia la etapa de pasteurización y a la matriz de válvulas que definen la conexión de un tanque de mezcla con una determinada línea de pasteurización y envasado.

Control de densidad: Esta variable se mide en °Brix, al finalizar la agitación. Sirve para tomar la decisión de corregir la mezcla o pasar a la siguiente etapa asegurando así la precisión en todos los parámetros físicos y químicos que determinan el sabor, la calidad y la consistencia de la bebida.

II.4.3.- Pasteurización

Variables a controlar:

- Temperatura.
- Tiempo.
- Estado de válvulas.
- Arranque y paro de bombas.

El control más importante dentro de esta etapa, es el control de temperatura. Para que el proceso sea confiable debe mantenerse fija la temperatura de pasteurización en todo momento y el tiempo de duración de esta etapa debe ser exacto. Esta etapa cuenta con la maquinaria adecuada para ejercer este tipo de control. Entre los dispositivos con los que cuenta dicha máquina están los

sensores de temperatura, los controladores de temperatura y secuenciamiento de operaciones, la fuente de aire para las válvulas, etc.

Control de temperatura: El sistema que controla esta variable, tiene una señal de entrada proveniente del elemento encargado de medir la temperatura. El controlador de temperatura se encarga de comparar la medición con el valor programado (receta). Cuando la temperatura esta fuera del rango el controlador envía una señal para regular la entrada de vapor al sistema (señal de corrección).

Control de secuenciamiento: La maquinaria cuenta además con un controlador que se encarga de ejecutar la secuencia lógica de operaciones y que trabaja de la siguiente manera: arranca la bomba que hace pasar el fluido, si la temperatura difiere del valor programado acciona una válvula que desvía el fluido hacia un tanque de balance para no dejar pasar producto a la pasteurizadora hasta que la temperatura alcance el valor establecido.

II.4.4.- Etapa de Envasado

Variables a controlar:

- Arranque y paro de la máquina.
- Arranque y paro de la bomba que alimenta el tanque propio de la máquina.
- Nivel del tanque propio de la máquina que provee la alimentación de producto.
- Altura de la banda que transporta el envase para ser llenado y sellado.
- Cantidad de líquido que debe ser introducido en cada envase.

La mayoría de acciones de control que se realizan en esta etapa las lleva a cabo automáticamente la máquina, contiene un control hidráulico que regula la entrada de producto al tanque propio, para evitar derrame y mantener constante la alimentación del producto proveniente de la pasteurizadora. La secuencia de operaciones necesarias para tomar el envase, armarlo, llenarlo y sellarlo, las ejecuta un controlador lógico programable dedicado a gobernar el funcionamiento de la máquina. Las entradas del sistema son los dispositivos electrónicos que transmiten el estado de las variables para ser comparados con los valores programados y que el controlador accione los diferentes mecanismos.

Control del arranque y paro de la máquina: La envasadora se arranca cierto tiempo antes de iniciar la etapa de pasteurización para ejecutar un C.I.P. y establecer un ritmo constante de funcionamiento. La máquina permanece encendida desde la ejecución del C.I.P. hasta que finaliza la etapa de envasado, la máquina se apagará siempre y cuando se hayan finalizado las ordenes de producción o cuando exista alguna condición de falla que requiera de un paro de emergencia.

Control todo o nada: La bebida pasteurizada se hace llegar hasta la etapa de envasado a través de una bomba que debe encenderse o apagarse conforme al consumo del producto contenido en el tanque de la envasadora. Este es un control de dos posiciones que verifica el estado del tanque propio de la máquina, cuando esta lleno apaga la bomba y cuando baja hasta cierto nivel la arranca para llenar nuevamente el tanque.

Control de la altura de la banda que transporta el envase para ser llenado y sellado: Esta no es una variable que requiera ser monitoreada para ajustarse. Es un ajuste que debe realizarse a la maquinaria dependiendo del tamaño del envase a llenar en cada lote.

II.4.5.- Sistema de Limpieza y Saneamiento

Variables a controlar:

- Nivel de las soluciones dentro de los tanques.
- Estado de válvulas para definir la trayectoria cerrada.
- Tiempo de circulación de cada ingrediente.
- Arranque y paro de la bomba centrífuga que impulsa cada fluido utilizado.

Debido a que este subsistema no depende de variaciones en las condiciones del proceso, el control se ejerce en el desarrollo de la secuencia lógica de operaciones necesarias para cumplir con los estándares que determinan la calidad del servicio. El agua se introduce al sistema desde el área de tratamiento de agua. Los dos fluidos que contienen ingredientes químicos se encuentran en tanques diferentes y se utiliza una sola bomba para transportarlos por la red de tuberías y hacerlos llegar a los diferentes equipos. El estado de las válvulas depende de la trayectoria que deben recorrer todos los fluidos dentro de la planta. También debe controlarse el estado de las válvulas que direccionan la salida de los tanques hacia la bomba de distribución.

CAPITULO III

DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN

III.1.- LISTA DE TAREAS QUE SE PUEDEN AUTOMATIZAR

En base al análisis del proceso (planta actual) definido para producir jugos no carbonatados, se presenta en este tema la descripción de una de las operaciones críticas dentro del proceso, así como una tabla (tabla 3.1) que contiene las acciones que van a ser controladas automáticamente para obtener un proceso más confiable y flexible, donde todas las variables de interés se verifiquen con precisión y las modificaciones necesarias para elaborar diferentes tipos de bebidas en cualquier línea de producción sean fáciles de implementar. El sistema de control debe permitir además cualquier expansión futura de la planta.

En una planta donde todos los procedimientos se realizan manualmente, existen operaciones que son difíciles de desarrollar y además consumen una gran cantidad de tiempo. Una de ellas es el direccionamiento de la etapa de mezcla final hacia la etapa de pasteurización. Para automatizar esta operación se dispone una matriz de válvulas de doble asiento, que permiten el paso de dos fluidos a través de su cuerpo sin posibilidad de mezcla. Esta matriz conecta la salida de uno de los cuatro tanques donde se prepara la bebida, a una de las dos líneas de pasteurización y envasado. La matriz puede conectar cualquiera de las cuatro entradas con cualquiera de las dos salidas; y ambas líneas de

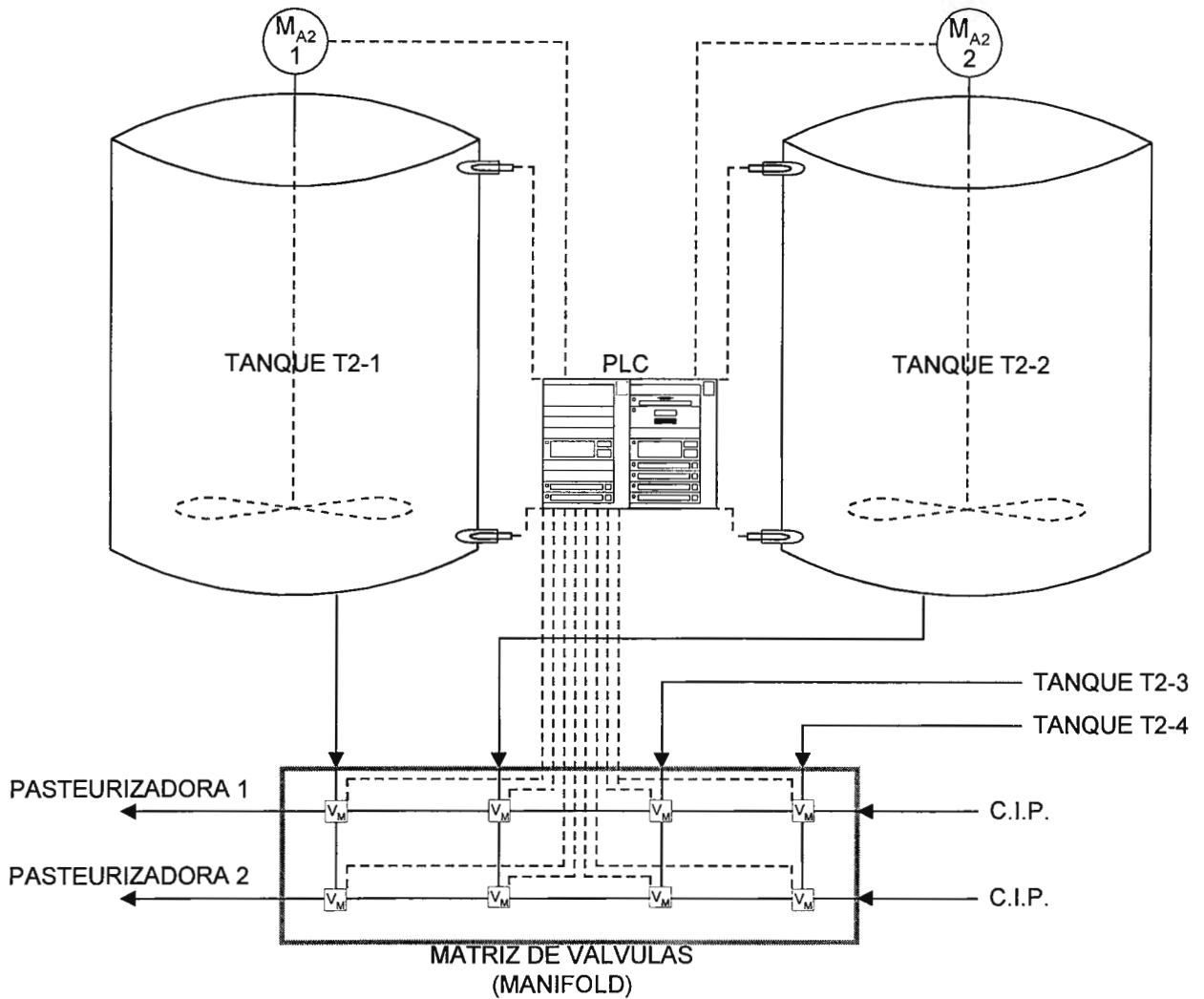
pasteurización y envasado pueden estar trabajando al mismo tiempo, recibiendo su alimentación de dos tanques diferentes.

Al manejar automáticamente las válvulas se elimina el riesgo de contaminación, ocasionado por la intervención humana en la manipulación del equipo que tiene contacto físico con la bebida. Todas las áreas de contacto deben limpiarse y sanitizarse (sección I.5.3) antes de que pase el producto.

Otra de las aplicaciones que tiene la matriz de válvulas de doble asiento o manifold [2], es que facilita la utilización de dos tanques en la producción de un mismo tipo de bebida. Por ejemplo si la cantidad de litros a producir sobrepasa la capacidad de un tanque, tendrá que prepararse una parte del lote en un segundo tanque. Para que la etapa de pasteurización y envasado sea continua independientemente del tamaño del lote, se calcula el tiempo que tarda en vaciarse el primer tanque y se verifica el nivel mínimo para que la matriz de válvulas controlada por el PLC, conecte la salida del segundo tanque a la línea de pasteurización y envasado.

Esta operación se conoce como Two-Tank System (ver fig. 3.1) ó sistema de alimentación continua, se denomina continua porque independientemente del tamaño del lote, solamente se requieren dos tanques. Cuando finaliza la pasteurización y envasado del primer tanque, la matriz automáticamente permite que la pasteurizadora se alimente con el contenido del segundo tanque, en este momento se empieza a llenar el primer tanque con más producto. El tiempo que tomará la pasteurización y envasado de un tanque entero de producto (24,000 litros), permite al proceso preparar otro tanque y deja un buen margen de tiempo para correcciones o atrasos. A través del

programa, el PLC puede definir cuantas veces se direccionará la matriz y en que dirección, dependiendo de la ruta que deba seguir el producto.



MA21: Motor de agitador en T2-1
 MA22: Motor de agitador en T2-2
 V_M: Válvula de doble asiento

Fig. 3.1

ACTIVIDAD	FACTIBILIDAD	OBSERVACIONES
Manejo de válvula de asiento simple, con vástago de movimiento lineal para dosificar agua al tanque de premezcla (Abierta o Cerrada, fig. 3.4)	ALTA	Esta válvula opera con una señal neumática que proviene del servicio de aire, el cual es controlado por el PLC
Medición del flujo de agua tratada hacia cualquier tanque a través de un transductor	ALTA	El PLC compara la señal proveniente de un transmisor conectado al transductor instalado en la línea, contra un valor predeterminado en el programa
Arranque y paro de motores para accionar agitadores	ALTA	El PLC tiene como parte de sus señales de entrada los estados de cada motor y como salidas las señales para energizar o desenergizar el contactor de arranque
Dosificación de cantidades exactas de sólidos al tanque de premezcla	MEDIA	Estos ingredientes no se dosifican directamente sino utilizando el procedimiento Tri-Blender (sección III.4.2)
Dosificación del concentrado al tanque de premezcla	MEDIA	El operario debe realizar esta tarea y avisar al PLC cuando se ha introducido todo el insumo al tanque T1
Arranque y paro de bombas centrifugas	ALTA	Estas operaciones son controladas por el PLC automáticamente
Manejo de válvulas divisoras para determinar la dirección que deben seguir los fluidos en el proceso (Dos estados: ver sección III.3.5)	ALTA	Estas operaciones son controladas por el PLC automáticamente
Recirculación de agua para introducir los sólidos	ALTA	Esta operación es controlada por el PLC automáticamente a través del manejo de válvulas
Secuenciamiento lógico del desarrollo de las etapas de premezcla y mezcla final	ALTA	Estas operaciones son controladas por el PLC automáticamente (sección III.4)
Medición del nivel en todos los tanques a través de transductores de nivel	ALTA	El PLC compara la señal proveniente de un transmisor conectado al transductor instalado en la línea, contra un valor predeterminado en el programa
Medición del flujo de jarabe simple hacia cualquier tanque de mezcla a través de un transductor	ALTA	El PLC compara la señal proveniente de un transmisor conectado al transductor instalado en la línea, contra un valor predeterminado en el programa
Implementación del Two-Tank System (sección III.1)	ALTA	Estas operaciones son controladas por el PLC automáticamente
Medición en línea de la densidad de la bebida terminada (expresada en °Brix)	ALTA	El PLC compara la señal proveniente de un transmisor conectado al transductor instalado en la línea, contra un valor predeterminado en el programa
Comparación de los estados de los dispositivos en la periferia, con valores predeterminados en el programa por la receta del producto	ALTA	Estas operaciones son controladas por el PLC automáticamente
Toma de decisión para corregir algún parámetro en la bebida en caso de que la densidad (°Brix) esté fuera de rango	ALTA	Estas operaciones son controladas por el PLC automáticamente
Ejecución lógica de la corrección de densidad en la bebida	ALTA	Estas operaciones son controladas por el PLC automáticamente

Pasteurización de la bebida	BAJA	Etapa totalmente desarrollada por el controlador interno de la pasteurizadora, programado por el operario. El PLC monitorea señal de falla.
Arranque de envasadora	BAJA	La máquina necesita ser programada por un operario ya que no se puede programar remotamente. El PLC monitorea señal de falla
Programación de parámetros de envasado	BAJA	El operario tiene que manipular un tablero dentro de la máquina y ajustar ciertos parámetros mecánicos
Desarrollo del envasado	BAJA	El PLC avisa cuando el operario puede ajustar la máquina y el controlador interno desarrolla toda la etapa
Control para paros de emergencia en todo el proceso	MEDIA	Se establecerán secuencias de paro que tendrá que seguir el PLC para no desperdiciar o dañar el producto
Control del secuenciamiento lógico de todo el proceso	MEDIA	El PLC controla el desarrollo de todo el proceso excepto la pasteurización y el envasado

Tabla 3.1

III.2.- CONDICIONES Y PROCEDIMIENTOS MANUALES NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

III.2.1.- Manejo de las ordenes de producción

Cada orden de producción debe ejecutarse al pie de la letra, para evitar errores que puedan llevar a pérdidas de producto. El control del desarrollo de la orden de producción, debe ser confirmado por escrito. El personal encargado de llevar a cabo las operaciones que involucran manejo de materiales o configuración de alguna máquina debe dejar constancia de su labor. Para confirmar una operación debe añadirse a la orden de producción, una viñeta característica de la etapa.

La orden de producción se pasa primeramente al área de manejo de materias primas o bodega (fig. A2 en anexos). El personal de esta etapa tiene a su alcance un visualizador de texto (sección III.3.1), donde se le participa de la operación de la planta y se le presenta la información sobre el tipo de insumos a utilizar, para que los operarios coordinen sus labores. En esta etapa el operario encargado de suministrar los sólidos y el concentrado al área de premezcla, debe sellar la orden de producción, confirmando la entrega de materiales. El operario del área de premezcla remueve una viñeta de cada insumo donde se especifica el tipo de ingrediente y la cantidad suministrada por bodega. Cada viñeta debe ser añadida a la orden de producción para tener un registro de la receta utilizada.

En la sección III.3.2 se detallará la configuración de la línea de producción, que es donde se deja constancia del operario que realizó la programación de cada máquina para la producción de un determinado lote de bebidas.

III.2.2.- Preparación de Concentrado y Sólidos

La calidad del producto depende de la dosificación de cantidades exactas de estos ingredientes. La manera en que estos se introducen al proceso, afectará en gran medida el cumplimiento de los estándares requeridos para lograr el sabor y consistencia deseadas. Ambos tipos de insumos deben usarse en cantidades preestablecidas.

Sólidos: Los ingredientes químicos que necesita la base de la bebida, provienen del área de manejo de materias primas, donde el personal se ocupa de pesar cada uno de ellos en el momento en que llegan a la bodega, para dividirlos en cantidades pequeñas. De esta manera los insumos se

almacenan en cantidades exactas, listas para ser utilizadas con un barril entero de concentrado. Dependiendo de los barriles a utilizar, el personal de esta área deberá suministrar bolsas selladas de cada ingrediente, con la cantidad exacta necesaria para mezclarse con el concentrado. El almacenamiento de estos ingredientes debe ser en un ambiente moderadamente frío para mantener sus propiedades.

Esta actividad depende de la intervención humana debido a las características físicas del insumo (polvo fino), ya que las medidas deben ser precisas y la maquinaria que lleva a cabo la medición y dosificación de estos ingredientes depende de un entorno apropiado donde exista una fuente constante de materia prima, la cual no está disponible en la planta actual y además requiere de un aislamiento con el medio ambiente. Para llevar a cabo esta operación, el PLC manda una señal al operario a través de la interface (sección III.3.2) indicándole que debe introducir los sólidos al tanque. El operario recibe la señal y cuando ha depositado los sólidos en un recipiente, confirma su intervención por medio de la interface, para indicar que puede iniciarse la recirculación (ver sección III.4.2).

Concentrado: Solamente se utilizarán barriles enteros de concentrado, por lo que habrá una cantidad mínima de jugos a producir, dependiendo del rendimiento de este insumo. El concentrado de la bebida debe dosificarse a baja temperatura pero no en estado sólido. Si el concentrado está almacenado a -18°C , debe descongelarse a temperatura ambiente, hasta que pueda extraerse fácilmente del barril en un solo bloque. El bloque se introduce a un triturador e inmediatamente que sale de este, se succiona del recipiente con una bomba de diafragma. Deben cumplirse ciertas condiciones para que el sistema de control tenga conocimiento de esta actividad.

El PLC debe avisar por medio de la interface el momento en que puede empezar a dosificar el concentrado. El personal debe hacer llegar el barril hasta el área de premezcla. La acción de la bomba no está controlada por el autómata programable sino que es el operario quien la arranca. En el momento en que el operario verifica que el contenido del barril(es) ha sido introducido totalmente, debe confirmar su intervención, para indicarle al autómata que el concentrado ha sido introducido al tanque T1. El PLC por su parte verifica la condición de una marca de confirmación, para iniciar un temporizador que define el tiempo de homogeneización de la base de la bebida, al final del cual se pasa el contenido del tanque T1 al tanque T2.

III.2.3.- Medición de °Brix del Jarabe del día

El jarabe simple a utilizar en el proceso de producción proviene del área de cocimiento de azúcar, la cual entrega un lote diario de este insumo. Este proceso no está automatizado y por lo tanto el producto final que entrega tiene una variación de $\pm 3^\circ\text{Brix}$ cada día. Para asegurar que la formulación del producto no se vea afectada por esta variación, el departamento de control de calidad de la planta examina las condiciones de operación del área y establece la densidad del jarabe para cada día, la cual no varía. El valor en °Brix debe introducirse al PLC en la etapa de configuración de la línea de producción. A partir de este valor el autómata calcula las variaciones en la cantidad de agua y jarabe a utilizar mediante la tabla 3.2.

DENSIDAD DEL JARABE DEL DÍA (°BRIX)	CANTIDAD A UTILIZAR (LITROS*)
56	625
56.5	606.25
57	587.5
57.5	568.75
58	550
58.5	531.25
59	512.5
59.5	493.75

60	475
60.5	456.25
61	437.5
61.5	418.75
62	400
62.5	321.25
63	362.5
63.5	343.75
64	325

* Esta cantidad está determinada para producir 8,000 litros de la bebida mango de la tabla 1.1.

Tabla 3.2

III.2.4.- Configuración de Pasteurizadora

El desarrollo de la etapa de pasteurización está controlado por un sistema electrónico a base de microprocesadores (controlador P, independiente del diseño de automatización), este sistema dedicado ejecuta automáticamente todas las operaciones necesarias. El sistema [26] controla la ejecución de la etapa monitoreando las variables de temperatura, presión diferencial, nivel de líquido en el tanque de balance y caudal. En caso de que disminuya o aumente la temperatura de pasteurización por falta de vapor, energía eléctrica, aire; o por una falla en la presión, el sistema cuenta con una alarma luminosa que indica NO PASTEURIZACIÓN. Esta señal advierte al operario que la máquina está recirculando la bebida y realizando las acciones necesarias para normalizar la operación y continuar.

La pasteurizadora no puede programarse desde una estación remota, por lo tanto el operario debe programar en ella la temperatura de operación y el tiempo que la bebida deberá someterse a tal temperatura (ver sección I.3.2). El diseño de automatización incluye una señal de salida dirigida a un visualizador de texto (sección III.3.1) localizado en la máquina, para avisar al operario que debe arrancar la máquina y programar la etapa (ver sección I.4.3). En el visualizador se especifican los

datos que deben ser programados en la máquina, el operario debe además observar un indicador o registro del comportamiento de la temperatura, para que cuando esta alcance el valor deseado y se mantenga constante, sepa que puede empezar a pasteurizar la bebida.

Para alcanzar la temperatura deseada, la máquina debe pasteurizar agua, haciendo recircular el líquido hasta normalizar su funcionamiento de acuerdo a la programación. Cuando la máquina está lista, el operario espera un aviso del PLC que le indica que la bebida terminada está en la entrada de la pasteurizadora y que puede empezar la pasteurización. De aquí en adelante el sistema de control de la máquina se encarga de la bebida terminada.

El PLC del diseño no tiene ninguna acción sobre el desarrollo de esta etapa. Para tener conocimiento del comportamiento de esta máquina se conecta la señal luminosa de NO PASTEURIZACIÓN al PLC como una de sus entradas. El diseño de automatización debe tener conocimiento de las veces que se activa esta entrada y durante cuanto tiempo, para registrar los atrasos ocasionados en esta etapa.

III.2.5.- Configuración de Envasadora

El inicio de la etapa está determinado por el PLC, pero el personal se coordina debidamente para esperar este evento. Se envía una señal al visualizador de texto ubicado en el panel de la máquina para que el operario la arranque y empiece a calibrar todos los controles necesarios para el desarrollo de esta etapa.

El operario se encarga de programar la máquina a través de un tablero de interruptores

rotatorios y pulsadores, alambrados al autómeta programable que gobierna el funcionamiento de esta máquina, al finalizar dicha tarea debe accionar un botón incluido en el visualizador (sección III.3.1), para que el PLC del diseño reconozca que la etapa de envasado está lista para recibir la bebida pasteurizada.

III.2.6.- Configuración de C.I.P.

La planta utiliza una unidad de limpieza en el lugar, que es controlada por un PLC (controlador C1) independiente del diseño de automatización, este tiene un visualizador LCD y un teclado para el operario. El panel de control de la unidad cuenta además con otro autómeta (controlador C2), un instrumento para medir conductividad, una alarma óptica, válvulas solenoides, paro de emergencia, interruptor principal, unidad de memoria para respaldo de programas, arrancadores de motores y un convertidor de frecuencia para la bomba de presión.

El diseño de automatización establece una comunicación directa entre el PLC del proceso de producción (maestro) y el PLC de la unidad (esclavo) para poder determinar si se puede o no desarrollar un circuito de limpieza. El autómeta maestro recibe un aviso de la unidad con la información referente al circuito que ha programado el operario localmente en el área de C.I.P., el maestro decide si no existe un cruce de operaciones y habilita al PLC esclavo para realizar su trabajo. La ejecución de un circuito de limpieza puede ser solicitada por el programa cíclico del maestro, por el operario desde la interface (ver sección III.3.2) o desde el panel de control de la unidad.

La unidad debe ser programada localmente para ejecutar un determinado circuito de limpieza y sanitización. Existen 10 circuitos posibles de C.I.P.: (1) Total de la planta; (2) tanque T1; (3) tanque T2-1; (4) tanque T2-2; (5) tanque T2-3; (6) tanque T2-4; (7) línea de conexión entre manifold y pasteurizadora 1; (8) línea de conexión entre manifold y pasteurizadora 2; (9) máquina envasadora 1 y (10) máquina envasadora 2 (ver fig. A3 en anexos).

El sistema de control que gobierna el funcionamiento de la unidad, trabaja a base de pasos, con 30 posibles pasos divididos en 3 modos: (1) modo de limpieza, (2) modo de esterilización y (3) modo de producción. En la comunicación de datos en serie, el PLC maestro reconoce en que paso y modo está trabajando la máquina. Al PLC del diseño le interesa saber el circuito que programa el usuario, para permitir o evitar la entrada del C.I.P. al proceso. El proceso de producción puede solicitar la limpieza de algún equipo en caso de que se requiera un enjuague menor; un C.I.P. después de largos periodos de producción ó cuando ocurre un problema de contaminación dentro de la planta. La sanitización de la planta se organiza en horas donde no hay actividad productiva. Toda esta actividad se monitorea a través de la interface.

El programa cíclico del diseño solicita la ejecución de un enjuague en cualquiera de los 10 circuitos a través de la red de comunicación (sección III.3.1), cuando el autómata esclavo recibe el mensaje, avisa al operario mediante el visualizador ubicado en el panel de control, el operario recibe el aviso y determina la programación necesaria en la unidad C.I.P.

El PLC del proceso se comunica constantemente con el PLC de la unidad, cuando el operario programa la limpieza de un circuito, ya sea por solicitud del proceso o por cualquier otra

circunstancia, el PLC maestro, verifica que se cumplan ciertas condiciones en el proceso, es decir que el equipo no se encuentre realizando cualquier otra actividad, ya sea de producción o mantenimiento. Si las condiciones lo permiten, el PLC enviará un mensaje al autómeta esclavo para que este inicie la ejecución del C.I.P. De lo contrario se envía un mensaje de bloqueo de las operaciones y un mensaje de texto al visualizador del panel de control, indicando la causa del bloqueo. El operario verifica su selección en la programación de la unidad y las condiciones del proceso a través del visualizador para continuar.

La siguiente lista de actividades ofrece al lector una idea más clara de esta operación:

- 1.- El PLC maestro activa el mensaje, indicando que necesita C.I.P. en un determinado circuito (La operación puede iniciar con el paso 1 o con el paso2).
- 2.- Operario programa la unidad C.I.P. mediante un teclado ubicado en el panel de control de la unidad.
- 3.- El PLC reconoce mediante la comunicación en serie vía RS-485, que se va a limpiar y sanitizar el circuito indicado.
- 4.- El PLC verifica las condiciones del proceso. Si la selección fue la correcta, el PLC envía el mensaje de habilitación para iniciar la ejecución del C.I.P. Si el operario programó un circuito equivocado, el PLC envía el mensaje de bloqueo y los datos correspondientes al visualizador, esta condición se mantiene hasta que el operario rectifique su selección.
- 5.- Como última actividad el PLC inicia la secuencia determinada para limpiar adecuadamente el circuito seleccionado, la cual consiste en abrir y cerrar válvulas, arrancar bombas, etc. El inicio de la secuencia se da con el inicio de la ejecución del C.I.P.

III.3.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE PROCEDIMIENTOS AUTOMÁTICOS

III.3.1.- Comunicación entre las diferentes etapas del proceso.

El autómata programable propuesto por el diseño controlará toda la etapa de elaboración de la bebida, además de monitorear mediante señales de falla, la ejecución de la etapa de pasteurización y envasado. La unidad C.I.P. debe estar sujeta al PLC del diseño de automatización, para que este último pueda evitar que las operaciones de producción se crucen con las operaciones de limpieza y sanitización. Todas estas necesidades requieren de una red de comunicación local, que permita a un PLC (maestro), tener control sobre el funcionamiento de todas las áreas dentro de la planta (esclavos).

Los equipos que funcionarán como esclavos son: (1) la interface de operario; (2) el PLC de la unidad de C.I.P.; (3) un visualizador ubicado en la bodega de materiales para que el personal de esta área tenga conocimiento de las operaciones que se realizan en la planta; (4) un visualizador en la pasteurizadora 1, para que el operario encargado de esta máquina tenga constantemente a la mano los valores de configuración de la etapa; (5) un visualizador en la pasteurizadora 2; (6) un visualizador en la envasadora 1; y (7) un visualizador en la envasadora 2.

Todos los visualizadores antes mencionados cumplen la función de informar al operario sobre el desarrollo del proceso de producción. A excepción del visualizador (3), todos los demás permiten que el operario pueda informar sobre el suceso de una falla en la etapa donde se encuentra ubicado. Estos dispositivos almacenan y visualizan además valores de las variables del proceso, se comunican con el PLC a través de una red de área local. Los visualizadores (4) a (7), cuentan con 8

teclas que permiten la operación de funciones manejadas a través de un menú, tales como: reconocimiento y aviso de fallas y análisis estadístico de los mensajes de operación y falla.

III.3.1.1.- Comunicación en serie a través de una red local.

Una red local es un sistema de comunicación de alta velocidad y distancia media entre sus nodos. La distancia mínima entre nodos varía desde una milla y las velocidades de transmisión oscilan entre 1 y 20 megabaudios (ver glosario). Una red de este tipo puede implementarse en un ambiente industrial siempre que cumpla con los siguientes requisitos:

- Capacidad para manejar controles en tiempo real.
- Alta integridad en los datos (detección de errores).
- Alta inmunidad al ruido.
- Alta confiabilidad en ambiente industrial.
- Capacidad para manejar instalaciones grandes.

La comunicación de datos en serie se da a través de un par de cables trenzados. La comunicación en serie permite a los equipos de la periferia recibir información en código ASCII. Estos equipos pueden ser terminales, modems, interfaces de operario, impresoras en línea, etc. El enlace de comunicación de datos entre el PLC maestro y los dispositivos esclavos debe ser bidireccional, ya que el equipo de la periferia debe recibir la información que el PLC defina en su programa cíclico y además debe avisar al controlador sobre el suceso de alguna falla.

La interface RS-485 tiene una línea doble de transmisión y de recepción (4hilos). La utilización de este tipo de interface es más conveniente para aplicaciones industriales, ya que provee un mejor aislamiento eléctrico. En el PLC debe utilizarse un módulo especial con un procesador de

comunicaciones para conexión en red, este implementa todas las conexiones necesarias y los protocolos para la comunicación precisa de un mensaje a lo largo de la red. En la figura A10 de los anexos se muestra la configuración de la red local dentro de la planta de producción de jugos.

III.3.1.2.- Configuración de la red a través del módulo procesador de comunicaciones.

El sistema de bus trabaja con un maestro y hasta 30 esclavos. El maestro es el autómata programable activo, cuyo procesador de comunicaciones coordina el tráfico de datos por la línea de bus, los equipos de la periferia son básicamente pasivos. En el PLC (maestro) que gobierna el proceso de elaboración de la bebida tiene que estar conectado el procesador de comunicaciones, los demás equipos (esclavos) se conectan a la línea del bus a través de la interface RS-485. Para la conversión de nivel, es necesaria una conexión a la línea del bus (cable apantallado de 4 hilos).

El autómata de la unidad C.I.P. será un participante del bus, en este se define un buzón de envío y un buzón de recepción, en el cual se colocan los datos a enviar, o bien, los datos recibidos. Para el control de la transferencia de los datos, por el programa de usuario, se dispone de dos bytes de coordinación: uno para el sentido de envío y otro para el sentido de la dirección. La definición de los buzones y de los bytes de coordinación, se realiza en los datos del sistema.

Cuando se utiliza un procesador de comunicaciones, ya sea como maestro o como esclavo, en la llamada al módulo parametrizable de manejo [3] se determinan las áreas de datos que representarán los buzones de envío y de recepción. Los bytes de coordinación para la transmisión son, en este caso, los primeros bytes de estas áreas. Si se tienen que enviar datos, éstos se colocan en

el buzón de envío; a continuación, se activa el bit de coordinación para el arranque de la orden de envío, o bien se inicia la orden de envío mediante el módulo de función estándar ENVÍO.

El procesador de comunicaciones colocado en el PLC maestro, consulta secuencialmente los bytes de coordinación de los esclavos, por si existe una orden de envío. El orden de estas consultas lo determina el usuario en la lista cíclica en el módulo de memoria de la tarjeta. Al encontrar el maestro una orden de envío, toma los datos del buzón de envío, y los escribe en el buzón de recepción del autómatas de la unidad C.I.P. Los equipos conectados al bus se identifican mediante un número del 0 al 30, en donde el cero corresponde siempre al maestro.

En la unidad C.I.P., debe programarse la verificación del mensaje proveniente del PLC maestro para iniciar la limpieza y sanitización de cualquier circuito, si esta condición no se cumple, la unidad avisa al operario de una posible falla en la programación de la unidad (ver sección III.2.6). Después de la ejecución de una orden, se realiza la puesta a cero del bit de la petición de envío, como señal de que el envío ha llegado al receptor. El bit “permiso de recepción” en el byte de coordinación del receptor, se pone a cero para indicar que se están recibiendo envíos e impedir que simultáneamente se reciban otros envíos. Una vez que ya han sido elaborados, por el programa de usuario, los datos recibidos, se realiza de nuevo la activación del bit “permiso de recepción”. Solo entonces se podrá recibir el siguiente envío de datos.

Intercambio de datos en la línea del bus: En el servicio normal el procesador de comunicaciones del maestro trata a los participantes del bus según el orden en que están anotados en la lista cíclica. Si un esclavo tiene datos para el maestro ya preparados o el maestro tiene datos para un esclavo, estos datos se transferirán cuando el esclavo sea llamado de acuerdo con la lista del

recorrido. Con envíos de alarma se activa, además del bit para petición de envío, el bit de interrupción. Los envíos marcados de esta forma se tratan con preferencia. En el receptor se activa, en este caso, igualmente el bit de interrupción en el byte de coordinación, comunicando al receptor que los datos pertenecen a una emisión de alarma.

Sólo pueden provocar emisiones de alarma los esclavos cuyos números estén anotados en la lista de alarmas. Si se presentan simultáneamente varias emisiones de alarma, éstas se tratarán en la secuencia que está definida en la lista de alarmas. Después de una emisión de alarma, se incluye una emisión normal. Se ejecuta una emisión a todos los participantes cuando el participante del bus, maestro o esclavo realiza una emisión con el número de receptor 31. Estos datos van simultáneamente a todos los demás participantes del bus.

III.3.1.3.- Parametrización en el autómata programable maestro.

La coordinación del intercambio de datos a través de la línea del bus se realiza mediante un aparato de programación y el software o programa de aplicación del sistema. La parametrización del procesador de comunicaciones maestro, comprende las definiciones de la identificación del sistema y la preparación de la lista de recorridos y de la lista de alarma.

Identificación del sistema: Se definen aquí las características del sistema del procesador de comunicaciones. Este comprende como mínimo las características de reconocimiento de un maestro o de un esclavo, el número de participantes del bus y el número de interfaces.

Lista cíclica: En esta lista están anotados los números de los participantes del bus (esclavos), en la secuencia en que deben ser consultados por el maestro. Se determina, de esta forma, la

secuencia para las llamadas. Se permiten varias anotaciones de un mismo participante, para que la llamada se elabore a distancias menores.

Lista de alarmas: Sobre esta lista se anotan aquellos participantes del bus (esclavos), a los que se permite el envío de ordenes de interrupción, y por otra parte, se determina la frecuencia con la que se tienen que llamar los participantes, en el caso de que se presenten varias ediciones de interrupción.

Para la transmisión de datos se controla al procesador de comunicaciones mediante las instrucciones para la manipulación de datos. Los módulos de función parametrizables considerados como esenciales son:

- SINCRONIZACIÓN: Para la creación de la interface en el programa de arranque.
- ENVÍO: Para el arranque de una orden de envío.
- RECIBO: Para el arranque de una orden de recepción.
- CONTROL: Para la supervisión de la elaboración de las ordenes.

III.3.2.- Configuración de la línea de producción.

El sistema de control está diseñado para aceptar comunicación mediante una interface electrónica, este dispositivo permite al operario introducir datos de operación al controlador. Estos parámetros incluyen: (1) el tipo de producto, (2) las unidades de concentrado a utilizar (receta), (3) cual o cuales de los cuatro tanques de mezcla final se van a ocupar, (4) hacia que línea de pasteurización y llenado va a ir la bebida terminada, (5) la densidad del jarabe simple a utilizar durante el día, medida en °Brix; (6) el código del operario que se encarga de dosificar los sólidos y el concentrado; (7) el código del empleado que se encarga de regular la máquina envasadora, (8) el

código del empleado que se encargará de programar la etapa de pasteurización y (9) el código del empleado que realizó la configuración. La interface cuenta con nueve niveles de seguridad que pueden ser usados dependiendo de la jerarquía de la empresa.

La utilización de un panel de control para configurar la línea de producción, limita los controles del operador al número de entradas del PLC y los objetos de visualización al número de salidas. Utilizando una computadora y el programa o software adecuado se puede tener un ambiente gráfico y representativo del proceso (diagrama de flujo a colores y comprensible), la capacidad de computo y almacenamiento de datos se expande y se facilita la utilización de paquetes para procesamiento de datos (bases de datos, hojas de cálculo, etc.)

Este tipo de interfaces es ideal para manejar y visualizar cualquier proceso automatizado. El acoplamiento al sistema de automatización puede establecerse a través del bus interno del autómata programable (PLC), mediante una conexión serie. En vista de las condiciones adversas en que operan todos los elementos de la interface, estos están provistos de protecciones diseñadas para trabajar específicamente en ambientes industriales.

El software ofrece un ambiente amigable y fácil de usar, ya que opera bajo un ambiente de ventanas, con objetos que se asemejan a la forma real de los equipos, pudiendo de esta forma manejar todo el proceso desde un centro de control aislado. Los medios que ofrece el software, permiten configurar a gusto del usuario la interface para la conducción del proceso. Durante la configuración es posible dotar de funciones de manejo a todos los objetos gráficos. Las operaciones se ejecutan mediante el uso del ratón y el teclado de la computadora. Las funciones de manejo

pueden ser bloqueadas con ayuda de claves de acceso, para excluir operaciones no autorizadas que puedan afectar la operación normal del proceso.

III.3.2.1.- Configuración de un aviso

El tipo de configuración de la interface de operario y de los visualizadores de texto mencionados en la sección III.3.1 es la misma y se describe en las secciones siguientes. La información sobre cualquier dispositivo controlado (equipo de medición) por el PLC se comunica a través de un interruptor de contacto en una de las entradas del PLC. En el programa de aplicación ha de evaluarse a continuación esta información. Esto puede realizarse por ejemplo enlazando la entrada (E 25.4) con un bit de mensaje cualquiera (marca, M 56.3).

En la memoria, un campo de bits compuesto de bits de marcas o bits de datos, indica el estado actual de los avisos. Cada bit activado en este campo (ej.: M 56.3) muestra el estado activo de un aviso. La interface lee por sí misma el campo de bits del PLC. Un puntero llamado indicador de área, explora cíclicamente el campo de bits y reconoce si en este hay algún bit activado.

Si está activada la marca de bit que interesa al usuario, el mensaje correspondiente se visualiza en la pantalla de la computadora. La introducción requerida del texto de aviso (mensaje informativo) y de la lista de indicadores de área se realiza mediante un editor de archivo de almacenamiento de datos. En esta lista de indicadores de área se asignan los avisos en la interface a los bits del campo de bits del PLC.

III.3.2.2.- Indicación de los valores actuales de procesos y máquinas.

El programa del PLC detecta la cantidad de agua que esta pasando a través de una tubería mediante un módulo de entrada para cuentas de alta velocidad. Cada impulso puede evaluarse en el programa de aplicación de modo que provoca el incremento del contenido de una dirección de memoria en el equipo de automatización.

La cantidad actual de agua, medida en las unidades designadas por el usuario, generada de esta forma se encuentra dentro de un módulo de datos (por ej.: DB15), en una palabra de datos (por ej.: DW10). La interface lee automáticamente el valor variable del área de datos del autómeta indicada en el registro del enlace con el proceso y a continuación lo actualiza en la pantalla. Al configurar el aviso se determina el intervalo de actualización del valor, denominado tiempo de ciclo (por ej.: cíclicamente cada 60 ms).

III.3.2.3.- Recetas. Almacenamiento y gestión de registro de datos.

La gestión de recetas a través de la interface es similar al procedimiento utilizado al gestionarlas en archivadores. Primero se define un formulario de receta en el registro de archivos de almacenamiento de datos. Este contiene todos los textos estáticos junto con la asignación del destino de los datos. De esta forma se define más tarde donde deben almacenarse los datos en el equipo de automatización.

En la pantalla deben completarse los campos vacíos del formulario. Una vez llenado el formulario obtiene el nombre de entrada de datos. Hay un registro de datos para jugo de naranja, jugo de mango, etc. Para poder demandarlos se les asigna un nombre, estos registros pueden

copiarse o crearse registros nuevos. Para producir jugo de naranja después de haber producido jugo de mango, solamente se transfiere el registro del jugo de naranja, de la interface al equipo de automatización.

La transferencia errónea de uno de estos registros de datos al PLC durante la producción en curso no ocasiona problemas, ya que la receta nueva se deposita primero en una memoria intermedia denominada buzón de recetas. Un módulo funcional que forma parte del software de aplicación del PLC, no distribuye los nuevos datos de receta al equipo de automatización, hasta que no son liberados por la lógica del programa.

III.3.2.4.- Comunicación con el proceso.

La comunicación con los PLC se realiza a través de módulos de comunicación estándar, parametrizables en diferentes modos de acoplamiento. En este caso es posible utilizar telegramas de mensajes que incluyan el instante exacto de aparición del evento. Además, la estación de operación y visualización puede pedir al PLC la transmisión cíclica de las variables del proceso. En la figura 3.2 se muestra la conexión en serie vía RS-232C entre el PLC y la computadora.

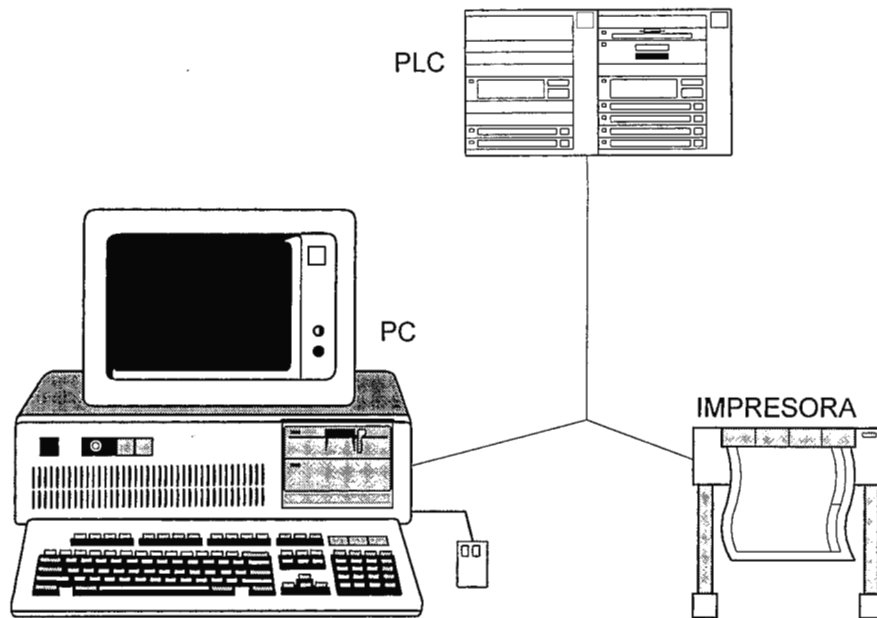


Fig. 3.2

Cada tipo de producto tiene su receta especificada dentro de la memoria de la interface. Dependiendo de las selecciones del operario que realiza esta operación, la interface se encarga de poner todos los datos necesarios dentro de la memoria del PLC, para que este los utilice con su programa de aplicación. El programa cíclico [5] [7] está diseñado para ejecutar las secuencias de arranque y paro, ya sean temporizadas o por eventos, para cada motor de los agitadores y bombas a utilizar. Dentro de las rutinas con las que debe cumplir el ciclo de escaneo del programa, se encuentran las direcciones de memoria que contienen los valores con que se comparan las señales provenientes de los medidores que monitorean continuamente las variables de flujo y °Brix, así como las señales que indican el nivel máximo y mínimo en los tanques.

Condiciones de falla o alarma: Cuando el operador ha terminado de configurar la línea de producción, el PLC inicia un temporizador, para definir el tiempo máximo en que debe hacerse efectiva la primera acción de control, si este llega a cero y la acción no se ejecuta, el PLC verifica cual es la condición de falla. La falla puede ser ocasionada por la falta de agua en la línea, para lo cual el medidor de flujo proporcionará una señal de alarma; la otra posibilidad es un fallo en el funcionamiento de las válvulas, lo que se verifica con los interruptores de final de carrera incluidos en cada válvula para indicar su estado.

Cuando el controlador ha definido el motivo de la falla empieza a contar el tiempo que tardará el sistema en superarla mediante otro temporizador, para llevar un registro de las fuentes de atraso en el proceso de producción. Con la interface se tiene un registro de alarmas que puede ser accesado en cualquier momento por el encargado de la planta para conversar con el personal y solucionar los problemas.

III.3.3.- Medición de Flujo

La medición de flujo se lleva a cabo para dosificar agua y jarabe simple en todos los puntos del proceso que así lo requieren. Es una norma de operación, en plantas productoras de bebidas, la utilización de estos dispositivos para dosificación de ingredientes. Esto se debe a que las cantidades de cada fluido a utilizar son conocidas mediante la formulación del producto y no varían para una cantidad de bebida constante. Si se desean introducir nuevos sabores, el proceso de fabricación no varía, cualquier otro ingrediente que necesite ser agregado al jugo se incluye en la base de la bebida, a través del método Tri-Blender. No se requiere de ningún equipo adicional.

El medidor de flujo es un dispositivo instalado en la línea por donde pasa el fluido, este dispositivo posee un mecanismo o sensor que percibe la variación en el caudal o velocidad del fluido (área constante). Esta variación se traduce a una señal eléctrica, ya sea variable en frecuencia, voltaje o intensidad. El sensor está conectado a un transmisor electrónico, que tiene la función de acondicionar la señal del sensor para proveer una señal con la información que el usuario necesita.

III.3.3.1.- Módulo Electrónico

El transmisor electrónico emite una señal eléctrica, proporcionando la información sobre el proceso, a través de un lazo de corriente de 4 – 20 mA, una señal digital de comunicación con un protocolo definido por el fabricante del dispositivo, una salida de pulsos variable en frecuencia con un voltaje definido por el usuario, o bien, a través de un indicador de cristal líquido.

El módulo electrónico (fig. 3.3) recibe la señal proveniente del sensor, la convierte en una palabra digital y pasa la información digitalizada a través de unos filtros de rastreo. Los filtros digitales se ajustan dinámicamente para rastrear la frecuencia de variación del flujo. Este sistema de filtros debe proveer una reducción de ruido mayor que los métodos tradicionales. La señal de salida del filtro es una representación digital de la razón de cambio en el flujo, basada en una cantidad de pulsos por unidad de volumen. El microprocesador del módulo recibe los datos y los convierte en la señal de salida que necesita el usuario.

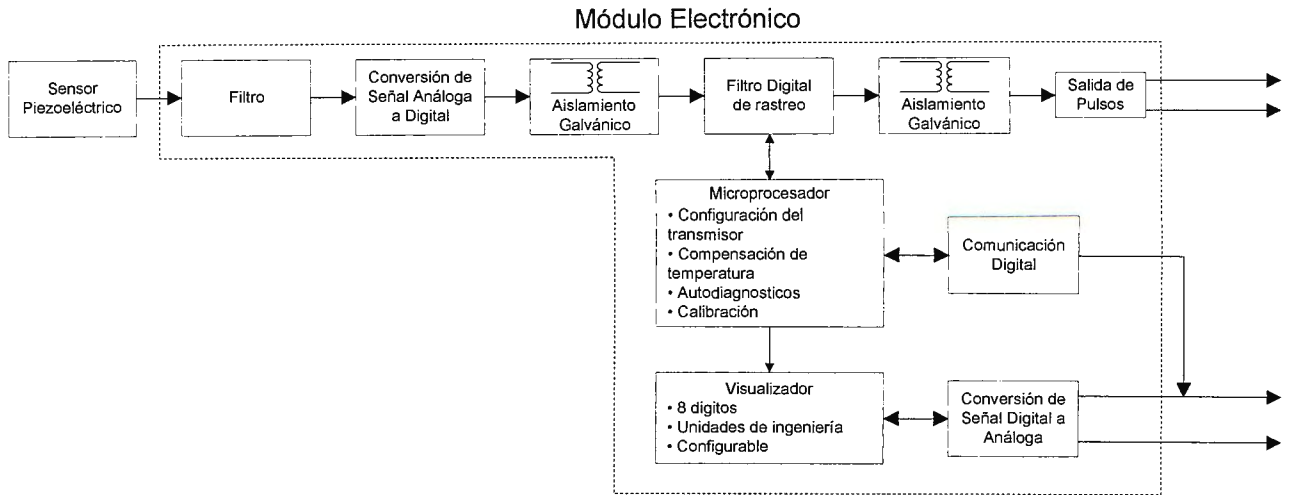


Fig. 3.3

Los datos con que se configura el medidor se almacenan en una memoria no volátil (EEPROM), para retener la información cuando se interrumpe la alimentación eléctrica, de tal manera que el medidor estará disponible para continuar su operación en el momento que se restablezca la energía. La información referente al proceso, que necesita ser configurada en el módulo, es la siguiente:

- Unidades de medida.
- Valores mínimo y máximo del rango de medida.
- Amortiguamiento de la señal.
- Densidad del fluido.
- Escala de frecuencia.
- Dimensiones de la tubería.
- Temperatura del proceso.

III.3.3.2.- Sistema de Control.

La señal de pulsos que emite el medidor se registra a través de un contador de alta frecuencia. El contador es un módulo de entrada al PLC, la tarjeta contador realiza la lectura a través de un canal de series rápidas de impulsos y le da un valor. La frecuencia del contador puede llegar hasta 2MHz. Un microprocesador, en conjunto con un módulo de contador, ejecuta la lectura de los impulsos de cuenta y su elaboración posterior. Esto se complementa con un oscilador controlado por cuarzo de 30Hz a 2MHz y un divisor de frecuencia con una relación de división de 1 a 16.

El contador puede tener diferentes clases de servicio, que se definen en el programa de usuario. Dentro del programa de usuario se define la rutina de comprobación del contador, la cual hace uso de un módulo de función parametrizable [3], incluido dentro del lenguaje de programación y que se utilizan para la ejecución de funciones solicitadas frecuentemente. Por medio de estos módulos se ejecuta la lectura del estado actual del contador. El programador define el dato con que se debe comparar la cuenta, el cual representa el volumen de fluido que ha pasado por la tubería.

III.3.3.3.- Dosificación de Agua y Jarabe Simple

Al inicio de la dosificación, el operario debe verificar que exista fluido en la línea, luego mediante la ejecución de la rutina de medición dentro del programa de usuario, el PLC pone a cero el valor de la tarjeta contador, abre la válvula que permite el paso de agua hacia el tanque y empieza a monitorear la cantidad de agua que se introduce. Si se produce alguna falla en el suministro de agua tratada, el transmisor del medidor deja de emitir la señal de pulsos, por lo tanto el módulo deja de contar.

El valor de referencia que toma el programa en el PLC, está calculado considerando la distancia que existe entre el punto de medida y el punto donde sale el agua, de tal forma que la cantidad de líquido remanente en las tuberías no provoca una falsa medición. El PLC reconoce cuando el valor de la cuenta del medidor alcanza el valor de comparación, y dependiendo del programa define la válvula que tendrá que desenergizar para terminar la dosificación.

La dosificación de jarabe simple se realiza de la misma manera, con la variación que en las acciones iniciales de control, el PLC debe encender la bomba que hace llegar el fluido hasta los tanques, esperar que el fluido llene la tubería y luego dar paso al líquido para que se introduzca al tanque. El dispositivo utilizado para medir el flujo de este insumo debe ser configurado de acuerdo a las características nominales del fluido.

III.3.4.- Control de válvulas de dos posiciones (Abierta/Cerrada)

Las válvulas de dos posiciones que se utilizarán en el diseño, son accionadas por un actuador neumático, este recibe una señal de aire comprimido proveniente del sistema de aire que pasa a través de la unidad de mantenimiento destinada para cada válvula o grupo de válvulas. El paso de aire hacia las válvulas es controlado por el PLC a través de válvulas solenoides ubicadas en el área de Servicio de Aire (fig. A2 en anexos). El PLC energiza o desenergiza las solenoides para controlar la alimentación de aire del actuador. La posición normal de las válvulas es cerrada, esta se mantiene por la acción de un resorte que soporta una presión en el asiento de la válvula de hasta 120 PSI [29] (fig. 3.4).

Para confirmar la posición en que se encuentra la válvula, cada actuador tiene dos sensores de proximidad ubicados en cada uno de los extremos de la carrera del vástago del asiento de la válvula. Estos dispositivos proveen al PLC con señales de entrada digitales, confirmando así las acciones de control que el PLC genera.

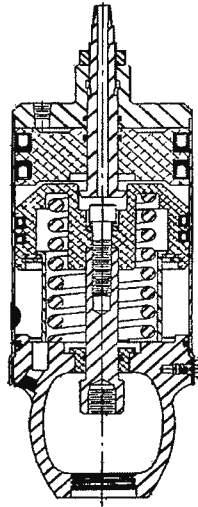


Fig. 3.4

III.3.5.- Control de Válvulas Diversoras

Las válvulas diversoras o válvulas de tres vías, son válvulas de dos posiciones que permiten cambiar o definir la trayectoria que debe seguir un fluido (ver fig. 3.5). Estas válvulas pueden ejecutar dos funciones dependiendo de su conexión en el proceso:

- Elegir uno de dos caminos de salida del cuerpo de la válvula para una entrada. La presión del fluido está ejercida en un solo puerto de la válvula.
- Elegir una de dos entradas al cuerpo de la válvula para una salida. La presión del fluido puede ejercerse en dos puertos de la válvula.

La posición normal de estas válvulas se ha definido de tal manera que en caso de falla no exista una mezcla de fluidos o se introduzca algún insumo a los tanques en un punto donde no se requiera por el proceso.

- La válvula que hace posible la recirculación en el tanque T1 está normalmente direccionada hacia el lazo de recirculación que pasa por el generador de turbulencia.
- Las válvulas que se han dispuesto a la entrada de cada tanque T2, están normalmente direccionadas para que el fluido corra a través de la tubería sin introducirse al tanque. En caso de dosificación se energizan.
- La válvula que se encuentra al final de la línea que distribuye la base de la bebida a todos los tanques T2, está normalmente direccionada hacia la línea de retorno de C.I.P. (ver fig. A3 en anexos).
- La válvula que se encuentra en el manifold (VD211 en fig. A3 en anexos) está normalmente direccionada hacia la línea de retorno de C.I.P.
- La posición normal de las válvulas que se encuentran a la entrada de la pasteurizadora, es para conectar la salida del medidor de °Brix con la máquina.
- La válvula que se encuentra entre la pasteurizadora y la envasadora, está normalmente direccionada de tal manera que ambas máquinas estén conectadas.

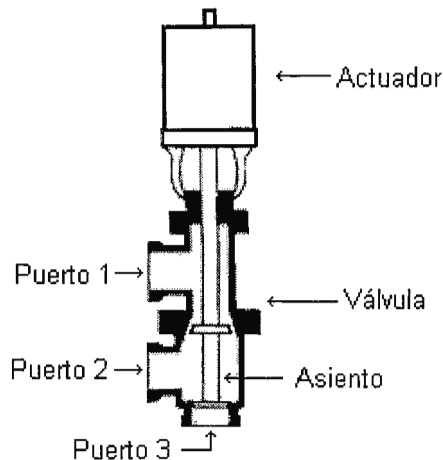


Fig. 3.5

III.3.6.- Control de Válvulas para Manifold

Este tipo de válvula (fig. 3.6) tiene dos asientos que pueden moverse independientemente uno del otro, para permitir el paso de dos fluidos a través de su cuerpo sin contacto alguno entre ellos, o bien, juntamente para que un mismo fluido circule por todo el cuerpo de la válvula. Estas válvulas definen la trayectoria que debe tomar la bebida contenida en cualquiera de los cuatro tanques T2, para llegar hasta una de las dos pasteurizadoras. Se controlan mediante un actuador electroneumático que tiene tres entradas de aire comprimido, las entradas de aire se manejan a través de válvulas solenoides (3 por cada válvula electroneumática), cada entrada de aire define una posición de la válvula.

Posición de Apertura (Entrada de aire A): Cuando se energiza la válvula solenoide que permite el paso de aire hacia la entrada A del actuador, el asiento de la parte superior del cuerpo de la válvula es presionado hacia abajo, en su movimiento toca el asiento de la parte inferior, ocasionando que ambos asientos se muevan hacia abajo.

Posición de cierre: Tanto el asiento superior como el inferior se mantienen en su posición de cierre mediante la fuerza ejercida por un resorte.

Limpieza de la parte superior (Entrada de aire B): Para limpiar completamente la tubería superior del cuerpo de la válvula, se levanta el asiento mediante aire comprimido para que las soluciones utilizadas en el C.I.P. entren en contacto con todas las superficies.

Limpieza de la parte inferior (Entrada de aire C): La limpieza de la parte inferior del cuerpo de la válvula se realiza de la misma manera, para ello se requiere de una tercera entrada de aire comprimido.

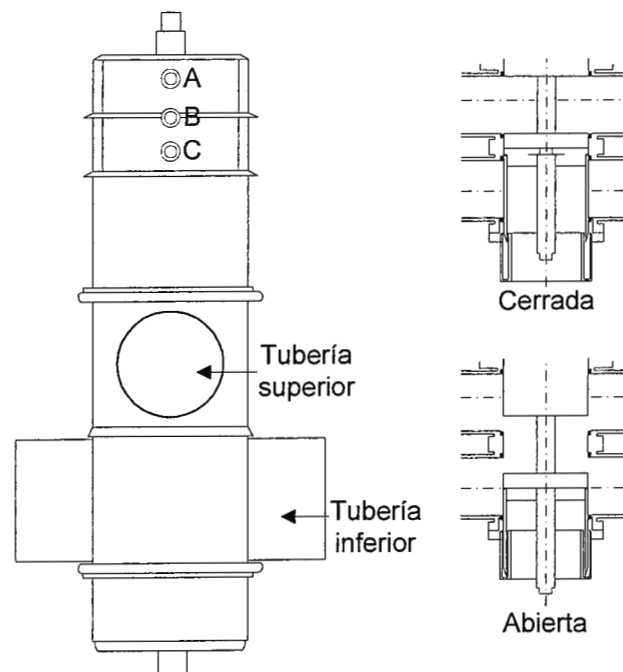


Fig. 3.6

III.3.7.- Control de motores trifásicos

Todos los agitadores inmersos en los tanques y las bombas centrífugas funcionan a través de motores trifásicos de inducción, conectados al eje del agitador o al rotor en las bombas. El control automático (fig. 3.7) de estas máquinas se lleva a cabo con un módulo de salida digital desde el PLC. Los terminales del módulo se conectan al contactor del motor. Este contiene una bobina que al ser energizada cierra los contactos que hacen posible que la alimentación eléctrica llegue hasta el motor. El módulo de salida del PLC debe tener la capacidad para manejar la corriente que consume la bobina. La caída de voltaje en los terminales del contactor depende de la estandarización de las señales en la planta, si se tiene el contactor ya instalado y funcionando adecuadamente, se selecciona un módulo de salida que cumpla con los requerimientos de potencia.

El voltaje con que se trabaja en la mayoría de industrias salvadoreñas es 230VAC, ya que es menos susceptible a problemas de fluctuación. Los contactores que se utilizan en las condiciones actuales de la planta son alimentados con esta tensión, por lo tanto se ha determinado que el módulo de salida cumpla con este requerimiento, evitando así tener que agregar un relé para controlar el motor a través de un módulo de salida que maneje un voltaje menor, ya que los relés adicionan puntos de posible falla al sistema.

Para confirmar el arranque o paro de un motor se utiliza el contacto auxiliar del contactor, este se conecta a un módulo de entrada en el PLC. Cuando la bobina hace cerrar los contactos, estos cierran el contacto auxiliar, si el contactor se desenergiza o falla la alimentación, los contactos se abren e interrumpen el paso de corriente al motor, abriendo el contacto auxiliar. De esta manera el contacto auxiliar provee al sistema con una señal que indica el estado del motor.

El momento en que debe arrancarse un motor para agitar el contenido de un tanque está especificado en el programa cíclico del PLC. El arranque de la agitación en el tanque T1 está determinado por el evento de la finalización de la dosificación de agua. Cuando el PLC examina las condiciones que indican dicho evento manda la señal de arranque al motor, el PLC debe luego verificar que la acción de control fue efectiva. Para parar el motor, el autómatas debe esperar la confirmación por parte del operario, indicando que todos los ingredientes están en el tanque. A partir de este momento se toma el tiempo de homogeneización y se para el motor.

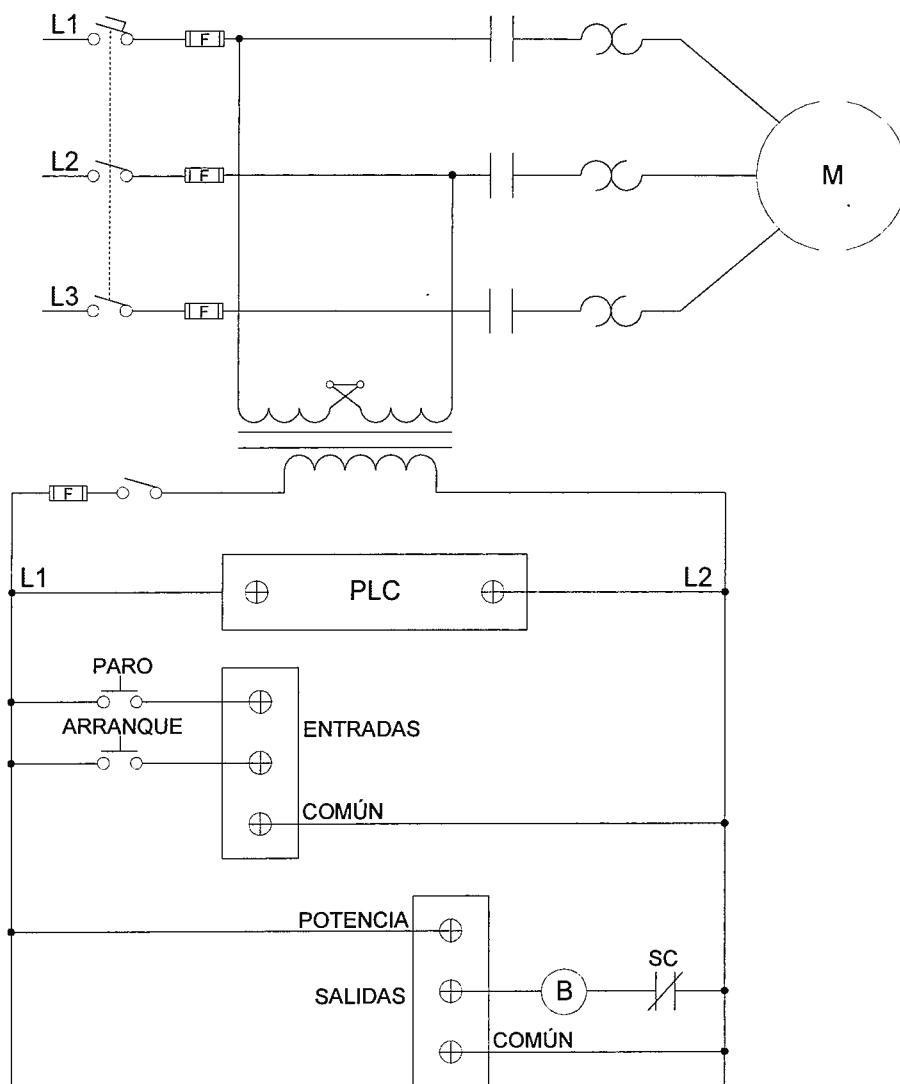


Fig. 3.7

El arranque y paro de las bombas está controlado totalmente por eventos, ya que hasta que el contenido de un tanque cumple con los requisitos para pasar a la siguiente etapa, se abrirá la válvula de salida y se arrancará la bomba. El paro de la bomba está determinado por el nivel mínimo dentro del tanque, cuando el PLC recibe la señal proveniente de un transductor que mide esta variable apaga la bomba y luego cierra la válvula de salida del tanque en caso que sea necesario.

El funcionamiento de la bomba que se encuentra a la salida del manifold deberá ser continuo en el caso de realizar Two-Tank System, para que mediante el direccionamiento adecuado de la matriz de válvulas el flujo de producto sea constante hacia la pasteurizadora. Para terminar de envasar cualquier lote de bebidas, se empuja con agua el jugo que queda en el tramo de tubería que va del manifold a la pasteurizadora, el agua se mezcla con el jugo una distancia de 1 metro en la tubería de 2 pulgadas, esta mezcla debe drenarse.

La bomba debe mantenerse encendida hasta que el agua llegue a la entrada del pasteurizador. Esta actividad está controlada por el medidor de flujo, inicia en el momento en que el PLC recibe la señal del nivel mínimo dentro del tanque, en este mismo instante abre la válvula que permite el paso de agua. Cuando la cantidad necesaria de agua está dentro del tanque, se desenergiza la válvula, se apaga la bomba y se energiza una válvula diversora en la entrada del pasteurizador para drenar todo el fluido remanente en el tanque y la tubería.

Para realizar un circuito de limpieza y sanitización donde se incluya cualquiera de las bombas, el PLC define el tiempo que deberá mantenerse encendida la máquina, dependiendo de la secuencia que realice durante los enjuagues.

III.3.8.- Medición de Nivel

El Proceso requiere de un control de nivel en cada uno de los tanques para determinar la finalización e inicio de ciertas operaciones. El diseño de automatización incluye dos tipos de mediciones para esta variable:

Medición Puntual: Este tipo de medición solo reconoce un estado de la variable que depende del punto donde está ubicado el sensor. Para implementar este tipo de medición en un tanque se colocan dos sensores en las paredes del tanque. Uno de ellos ubicado en la parte inferior del tanque que define el nivel mínimo y el otro ubicado en la parte superior que define una condición de falla o desbordamiento. Estos sensores de proximidad son activados por el contacto con el fluido, enviando una señal digital al PLC a través de un módulo de entrada. En el PLC debe programarse un tiempo de retardo para evitar mediciones falsas generadas por olas en la superficie del líquido.

Medición continua: En este tipo de medición se puede conocer el estado de la variable en cualquier punto del rango de medición. Se realiza mediante un transductor de presión diferencial que mide la diferencia de presiones entre dos puntos (nivel mínimo y nivel máximo) esta diferencia es proporcional al nivel del líquido dentro del tanque. El sensor capacitivo (ver fig. 3.8) conectado a las tomas de presión, está aislado completamente del proceso para que la vibración y los efectos de temperatura del medio ambiente no influyan en su operación.

III.3.8.1.- Módulo Electrónico

Este módulo (ver fig. 3.8) se encarga de convertir la señal de capacitancia y la señal de compensación de temperatura a un formato digital. La entrada digital proveniente del sensor, junto

con los coeficientes de corrección se corrige y linealiza. La sección de salida del módulo convierte la señal digital en una salida analógica.

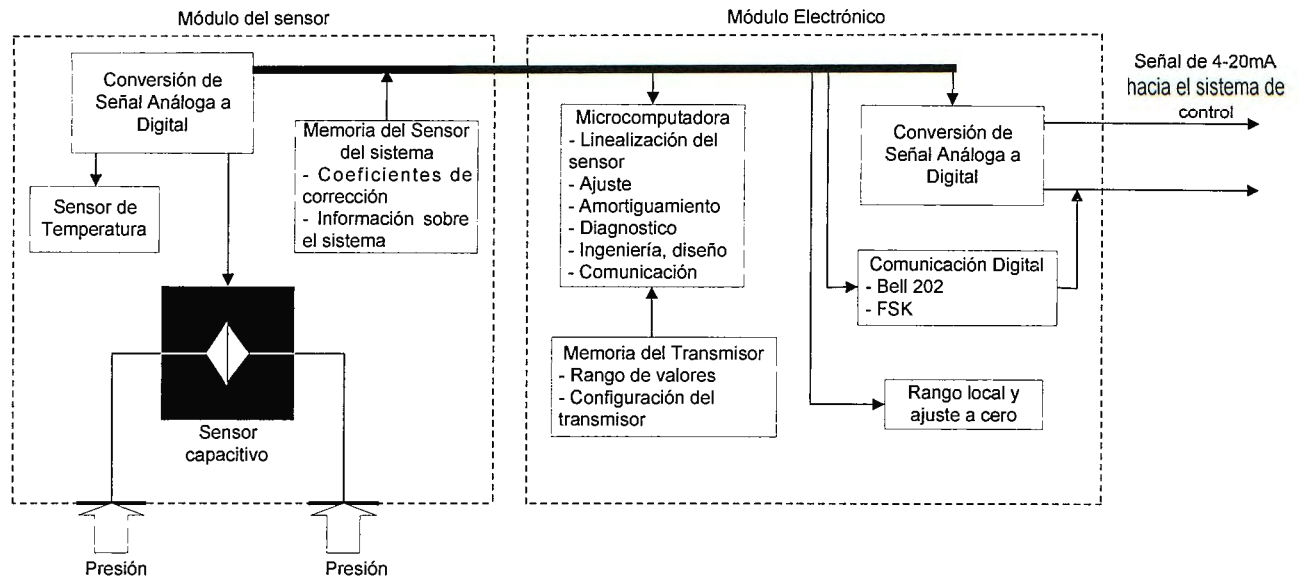


Fig. 3.8

Los datos de configuración se almacenan en una memoria no volátil EEPROM en el módulo electrónico del transmisor. Estos valores se retienen en el transmisor cuando se interrumpe la energía eléctrica para que el transmisor este listo a funcionar inmediatamente cuando regrese la energía. La variable del proceso se almacena como datos digitales permitiendo correcciones precisas y conversión en unidades de ingeniería. Los datos que deben de configurarse en el medidor son:

- Punto de referencia del alcance y cero.
- Salida lineal o exponencial.
- Amortiguamiento de la señal.
- Unidades de medida.

En todos los tanques donde se lleva a cabo la mezcla final se mide continuamente el nivel para determinar en cualquier momento la cantidad de líquido que se tiene. Esta información se utiliza para saber el volumen con que se va a iniciar la etapa de pasteurización, obteniendo así la cantidad de bebida que va a ser pasteurizada y envasada, el rendimiento del concentrado y al final de la producción el rendimiento de la envasadora. Este control ayuda también a la ejecución del Two Tank System en caso de alguna falla.

III.3.9.- Medición de Densidad.

Se llevará a cabo como una medida de seguridad para comprobar que toda la bebida terminada cumpla con la norma de calidad del producto final. Esta medición se lleva a cabo en línea antes de pasteurizar el producto, por medio de un sensor que utiliza el principio de coriolis, que consiste en un tubo en forma de U insertado en la tubería (ver fig. A11 en anexos). Los extremos del tubo están fijos en la tubería mientras que el bucle se mueve libremente creando un efecto equivalente al de una masa conectada mediante un resorte a un punto fijo (fig. A12 en anexos).

La relación entre la densidad (masa de fluido en el tubo) y la frecuencia de vibración puede cuantificarse cuando el sensor se hace vibrar a su frecuencia de resonancia utilizando un circuito de retroalimentación y una bobina excitadora. La masa total del sensor está comprendida por la masa del tubo y la masa del fluido dentro del tubo, la masa del tubo es constante. Ya que $Masa = Densidad \times Volumen$ y el volumen del tubo es también una constante, la frecuencia de oscilación se relaciona directamente a la densidad del fluido.

Para medir la frecuencia de vibración se utilizan detectores electromagnéticos de velocidad, localizados a cada lado del tubo, estos dispositivos generan una señal que representa la frecuencia de resonancia. Un sensor de temperatura contabiliza los cambios en la elasticidad del módulo causados por las variaciones de temperatura, para medir la variable se realiza una medición constante del periodo de oscilación del tubo y la temperatura. La medición a través de este sensor depende también de las características del fluido, configuradas durante la calibración del sensor.

El sensor se complementa con un transmisor para procesar la señal proveniente de los detectores de velocidad y del sensor de temperatura junto con las constantes de calibración. El transmisor convierte las señales del sensor a una señal variable en intensidad de 4-20 mA, utilizando procesamiento de señales digitales a través de un microprocesador.

La señal emitida por el transmisor se registra mediante un módulo de entrada analógico en el PLC, el programa cíclico define la rutina de comparación necesaria para monitorear esta señal y tomar alguna acción de control.

III.3.9.1.- Error de °Brix en la bebida terminada.

Cuando existe un error en la medición de °Brix en la bebida terminada, es necesario llevar a cabo la corrección de este parámetro, el procedimiento para corregir este error se detalla en la sección III.4.3. El sistema debe determinar la causa del error, por lo tanto necesita desarrollar una rutina de verificación del proceso o autodiagnóstico del funcionamiento de todos los dispositivos.

La secuencia de operaciones para detectar la causa del error debe ser programada por el departamento de producción, en coordinación con el personal encargado del mantenimiento de los dispositivos electrónicos. La secuencia se desarrollará inmediatamente al detectar la aparición del error o podrá posponerse dependiendo de la gravedad de la situación.

Procedimientos a realizar:

1.- Verificación de °Brix en jarabe simple del día.

Se solicitará al departamento de control de calidad la revisión de la medición efectuada al jarabe simple del día, para confirmar en la configuración de la línea de producción el parámetro introducido en la interface.

2.- Verificación de procedimientos manuales.

- El supervisor de la planta debe verificar los controles de producción para determinar si el error fue causado por la intervención humana dentro del proceso (dosificación de sólidos y concentrado).
- El personal debe revisar visualmente toda la red de tuberías.

3. Verificación del funcionamiento de los medidores de flujo.

- A través del módulo electrónico del medidor se ejecuta un autodiagnóstico tanto del sensor como del módulo y se verifican los datos de la configuración. El autodiagnóstico monitorea constantemente la condición de la memoria y del procesador de señal digital, por medio de un programador de bolsillo que interroga al medidor para determinar el problema.

- Para probar la comunicación entre el transmisor y el PLC, se envía desde el medidor una señal de frecuencia conocida y se verifica a través de una rutina programada en el PLC, monitoreada a través de la interface.

- En caso de la aparición de un error el equipo se calibra nuevamente, midiendo con el módulo contador de frecuencia, el paso de una cantidad conocida de agua a través del transductor. El agua que sale de éste se deposita en un recipiente, donde el personal del departamento de control de calidad verificará la precisión del aparato, comprobando manualmente la cantidad vertida.

4.- Verificación del funcionamiento del sensor de nivel mínimo en el tanque T1.

- El personal del área de premezcla se coordina para llevar a cabo una inspección visual del nivel dentro del tanque.

- A través de la interface se verifica que la señal emitida por el interruptor capacitivo sea transmitida correctamente al PLC, de lo contrario se reemplazará el dispositivo. Como aclaración se recuerda al lector que cada enjuague realizado en los tanques durante el C.I.P. se drena completamente y el volumen de agua remanente en las tuberías está considerado en los valores preestablecidos en el programa cíclico del PLC.

5.- Verificación del funcionamiento de las válvulas.

- Para asegurar que la falla no fue ocasionada por una fuga en el asiento de alguna válvula, todas las señales de confirmación provenientes de los sensores de proximidad de cada válvula se contabilizan a través de contadores internos en el PLC. Cada receta almacenada en la interface del operario tiene especificados los valores de los contadores, que determinan las veces que se debe accionar cada válvula que interviene en la producción de un lote de jugos. Al final de cada jornada de producción

se guarda el resultado de todos los contadores utilizados para la producción de diferentes lotes. Con este resultado el PLC reconoce el tiempo de vida útil de los asientos de las válvulas y avisa al operario de la necesidad de un cambio, en caso que sea necesario.

- El supervisor de la planta debe acceder en la interface el registro de la vida útil de las válvulas, para determinar si existe posibilidad de fuga en los asientos.

III.3.10.- Control de Alarmas.

El sistema de control debe complementarse con una interface que permita al operario interactuar con el proceso por medio de un ambiente gráfico donde puede visualizar el funcionamiento de todos los instrumentos y máquinas controladas automáticamente por el PLC. Esta representación del proceso permite reconocer las fallas que puedan darse en cualquier momento. El programa cíclico de control debe establecer secuencias de paro o desactivación de equipo para no perder el producto en caso de falla en cualquiera de las etapas.

Para que el personal de producción reconozca las fallas que puedan ocurrir en el funcionamiento del equipo conectado al PLC, debe existir una alarma audible que se activará cuando un dispositivo interrumpa la secuencia lógica del proceso. Mediante esta alarma se le indica al operario que debe buscar la causa de la falla a través de la interface, esta señala el dispositivo que ocasiona la falla y el operario determina la solución al problema.

Cada operación que involucra intervención humana debe tener definido el tiempo en que el operario realiza su actividad. Este tiempo se establece mediante un estudio formal donde se tomen en cuenta las condiciones de trabajo y otros factores que afectan al humano. El PLC debe tener

definido en la memoria el tiempo promedio para cada actividad de este tipo, si el operario ocasiona un atraso en el proceso de producción, el PLC debe registrar en su memoria la falla y por medio de un contador determinar el tiempo muerto de producción. Este tiempo será transmitido a la interface para poder generar un reporte general de fallas donde se incluyan los atrasos generados en la producción por la intervención humana.

III.4.- DESCRIPCIÓN DE LAS FUNCIONES A AUTOMATIZAR.

La explicación que se desarrolla a continuación persigue definir la operación que tendrá la planta con la implementación de un sistema de control que no será totalmente automático sino que requerirá de cierta intervención humana. El diseño se ha enfocado principalmente a las etapas de preparación de la bebida, en tareas de direccionamiento y dosificación exacta de fluidos hacia los diferentes tanques, así como también al manejo de válvulas para direccionar la bebida entre las etapas del proceso. Para visualizar la explicación presentada, el lector deberá referirse a la figura A2 y A3 en los anexos. Todas las condiciones de falla producen alarmas, pero la operación del sistema en estos casos se detallará en cada operación.

III.4.1.- Limpieza y Sanitización de toda la planta (circuito 1).

El líquido es impulsado a través de un intercambiador de calor, donde se aumenta su temperatura según la programación, pasa por el circuito determinado y regresa al tanque. Después de cada fase de limpieza los enjuagues con agua son dirigidos al drenaje y las soluciones químicas se recuperan en un tanque. Un sistema de control ejecuta el programa de limpieza elegido, con sensores

ubicados en los tanques para verificar la concentración de las soluciones antes de salir del tanque. Los químicos son dosificados por una bomba y el control de flujo asegura una concentración correcta.

Operación 1. Programación de C.I.P.: La limpieza y saneamiento del circuito 1 puede ser solicitada tanto por el PLC, como por el operario encargado de manejar la unidad de limpieza en el lugar. Independientemente el operario debe programar la unidad y esta espera la habilitación por parte del PLC del proceso.

Operación 2. Inicio de C.I.P.: Cuando el PLC recibe el mensaje proveniente de la unidad, verifica que todos los niveles sean mínimos en los tanques. Si las condiciones indican que la selección del operario ha sido errónea o precipitada, el PLC manda un mensaje de bloqueo, que se deshabilita la operación de la unidad hasta que el operario realice de nuevo la programación. Cuando el PLC del proceso determina que el C.I.P. puede llevarse a cabo, envía el mensaje de habilitación e inicia la secuencia que define el paso de las soluciones a través de la maquinaria.

Operación 3. Secuencia Temporizada:

- 1.- Cerrar las válvulas de salida de todos los tanques durante 30 segundos.
- 2.- Energizar las válvulas del manifold.
- 3.- Energizar las válvulas de salida de todos los tanques después de los 30 segundos mencionados en actividad 1.
- 4.- Desenergizar la válvula VD101 durante 1 minuto.
- 5.- Arrancar las bombas BC101, BC202 y BC203.

- 6.- Energizar la válvula VD101 después del minuto.
 - 7.- Energizar y desenergizar las válvulas VD201,202,203 y la válvula VE201 durante 5 minutos.
 - 8.- Energizar y desenergizar las válvulas del manifold durante 5 minutos.
 - 9.- La secuencia se repite aumentando el tiempo en la actividad 4, a 2 minutos y en las actividades 7 y 8, a 10 minutos.
 - 10.- Se repiten las actividades del 1 al 10 para hacer pasar el segundo enjuague con agua y el tercer ingrediente.
 - 11.- Se repiten las actividades del 1 al 8.
 - 12.- Se energizan las válvulas de drenaje para dejar vacías las tuberías.
- En las actividades del 1 al 8 se realiza el primer enjuague con agua que dura 7 minutos.
 - En la actividad 9 se hace pasar el primer ingrediente químico durante 17 minutos.
 - En la actividad 10 se realiza el segundo enjuague con agua que dura 7 minutos y el enjuague con el segundo ingrediente químico que dura 17 minutos.
 - Se realiza la actividad 11 para enjuagar con agua la última vez durante 7 minutos. El PLC tiene conocimiento de la finalización del C.I.P., mediante la red local de comunicación .

III.4.2.- Etapa de premezcla

Operación 1. Dosificación de agua: El PLC abre la válvula que permite el flujo de agua hacia el tanque T1. La medición del volumen total que hay que introducir al tanque se lleva a cabo cuando el líquido, pasa a través de un dispositivo (MF101 en fig. A3 en anexos) que mide exactamente la cantidad que debe administrarse (ver sección III.3.3). La dosificación de agua se inicia en este punto tanto para la etapa de premezcla (tanque T1) como para la etapa de mezcla final

(T2-X), esto se debe a que el tanque T2-X ocupa la mayoría de agua y por lo tanto tarda más en llenarse.

Condiciones de falla o alarma: (1) Si la válvula de salida está abierta el PLC no deja entrar agua al tanque; (2) si el medidor de flujo presenta una alarma indicando que no tiene la alimentación eléctrica adecuada, no se energiza la válvula de paso ni se pone a cero el medidor; (3) si el interruptor de final de carrera, utilizado para indicar cuando se abre la válvula VS101 no presenta la condición deseada, debe ser activada una alarma.

Operación 2. Dosificación de sólidos e inicio de homogeneización: Para dosificar los sólidos se utiliza el procedimiento Tri-Blender, que consiste en una recirculación del agua que se encuentra dentro del tanque, haciéndola pasar por un generador de turbulencia (T en fig. A3) y luego de nuevo al tanque. Esta recirculación pretende definir el punto donde se introducen los sólidos, estos se depositan en un recipiente de forma cónica, el extremo inferior tiene acceso directo a la turbulencia, la cual disuelve los sólidos antes de que estos empiecen a recircular junto con el agua.

Para iniciar el desarrollo de este método, debe estar cerrada la válvula VS101 y el operario debe recibir una señal SL101 a través de la interface que le indica que puede introducir los sólidos en el recipiente cónico. Al mismo tiempo que el PLC envía esta señal inicia un temporizador, con el cual el autómatas sabe el tiempo estipulado para que el operario realice su función, si este llega a cero y el operario no ha confirmado la finalización de su tarea, el PLC inicia otro temporizador que establece el tiempo de atraso ocasionado en esta operación.

El operario recibe la señal SL101 y cuando está listo para depositar los sólidos en el recipiente cónico, presiona un botón simulado en la interface, que es una de las entradas al PLC para indicar que puede iniciarse la recirculación. La siguiente actividad es desenergizar la válvula VD101 que hace posible la recirculación, abrir la válvula de salida del tanque VS101, arrancar la bomba BC101, el temporizador que define la finalización de esta actividad y el motor MT101 que mueve el agitador inmerso en el tanque. Los sólidos caen sobre la turbulencia, integrándose al lazo de recirculación. Con las tres últimas actividades se inicia la homogeneización del contenido del tanque T1. La recirculación solamente dura 30 segundos, termina cuando el PLC reconoce que el tiempo de recirculación ha llegado a cero y envía las siguientes señales de salida: (1) apagar la bomba BC101; (2) desenergizar la válvula VS101.

Condiciones de falla o alarma: (1) Si el motor del agitador no arranca, el PLC debe indicar con una alarma audible que existe una posible falla en el circuito de arranque, independientemente de la causa y duración de la falla, el tiempo de homogeneización mencionado en las operaciones 3 y 4 de esta etapa se duplica, cabe recalcar que la posibilidad de esta falla es remota debido al mantenimiento que se le da al motor por su importancia dentro del proceso; (2) si la válvula de salida no se abre el PLC no arranca la bomba BC101; (3) Si BC101 no responde a algún comando del PLC, este debe avisar con una alarma y definir las acciones necesarias para evitar daño del equipo, por ejemplo si la bomba no responde al comando de paro debe mantenerse abierta la válvula VS101; (4) Si el operario no presiona el botón que indica que los sólidos están listos, el PLC empieza a contar el tiempo de retardo ocasionado por esta condición, además de producir una alarma.

Operación 3. *Dosificación de Concentrado:* El controlador le indica al operario, mediante la señal SL102 en la interface, que puede introducir el concentrado al tanque. Cuando el concentrado ha sido introducido al tanque T1, el mismo operario se encarga de confirmar en la interface la ejecución de esta actividad y el controlador puede continuar con el desarrollo del proceso. El controlador verifica el estado de la marca de confirmación, para iniciar un temporizador y definir el tiempo en que habrá de terminar la homogeneización. El valor del temporizador está calculado según la cantidad máxima de concentrado (3 barriles) necesario para preparar la base de la bebida y depende de la posible falla (1) en la operación 2 de esta etapa.

Condiciones de falla o alarma: (1) Cuando ha pasado cierto tiempo y el operario no presiona el botón, el PLC sabe que ha habido una falla en esta etapa e inicia el temporizador que establecerá el tiempo de atraso ocasionado al proceso por esta situación.

Operación 4. *Fin de homogeneización:* Para llevar a cabo esta operación el controlador debe verificar que el tiempo de agitación llegue a cero y mandar la señal de paro al motor MT101.

Condiciones de falla o alarma: En caso de que el motor del agitador no responda, el autómata activa la alarma audible. El temporizador que define el tiempo de homogeneización se inicia hasta que se confirme el arranque del motor.

Operación 5. *Direccionamiento de premezcla a tanque T2-X:* La base de la bebida se envía a través de una tubería seccionada que está unida por medio de válvulas divisoras (VD201, VD202 y VD203) localizadas en la entrada de los tanques (T2-1, T2-2 y T2-3 respectivamente), para dejar

pasar el flujo hacia otro tanque o introducir el insumo; en la entrada del tanque T2-4 se dispone una válvula ON/OFF (VE201) para evitar el paso de fluidos no deseados.

Condiciones de falla o alarma: (1) si los interruptores de final de carrera no indican que la ruta está buena no se puede pasar a la siguiente operación.

Operación 6. *Dosificación de base de la bebida a T2-X:* El controlador energiza VD101, abre la válvula de salida VS101 que conecta el tanque T1 con la bomba BC101 y arranca dicha bomba. El sensor de nivel mínimo manda una señal digital para que el controlador sepa el momento en que se va a vaciar el tanque. Cuando el PLC recibe la señal de nivel mínimo apaga la bomba y después cierra la válvula.

Condiciones de falla o alarma: (1) Si la válvula de salida VS101 no se abre, la bomba BC101 no arranca; (2) si el PLC no recibe la confirmación del arranque de la bomba, genera una alarma para sugerir una revisión del circuito de arranque; (3) si se apaga la bomba debido a una falla en la alimentación eléctrica, se desenergiza la válvula VD101.

Operación 7. *Limpieza de residuos en tanque T1:* Los residuos remanentes en las paredes del tanque, se limpian con agua tratada, utilizando lo suficiente para lavar toda la superficie de contacto con el producto. Toda el agua utilizada en esta operación es parte de un total definido por la receta. El agua debe recircular durante 30 segundos para limpiar el lazo de recirculación.

Esta operación inicia con la operación 1 de esta etapa, luego se arranca el motor MT101, se desenergiza VD101, se energiza VS101 y BC101. El tiempo de agitación (2 min.) se mide con un temporizador y cuando este llega a cero el PLC apaga MT101 y energiza la válvula VD101 para que la salida de la bomba se conecte al tanque de mezcla final que se halla elegido.

El autómatas espera la señal de nivel mínimo para cambiar el estado de la válvula VD101 y VDX. Una vez que VDX hace que el fluido ya no entre en T2-X (por ejemplo para T2-3 corresponde VD203), se apaga la bomba y se cierra la válvula de salida del tanque T1. La etapa concluye con la energización de dos válvulas VG101 y V210 (fig. A3) para drenar las tuberías. El PLC define mediante un temporizador el tiempo de drenaje y cuando esta acción finaliza se desenergizan las válvulas VG101, VG210.

Condiciones de falla o alarma: (1) Si no se abre la válvula de salida, no se arranca el motor de la bomba; (2) si no se arranca el agitador, se debe registrar la falla como crítica para la producción de otro lote, se recircula el agua el doble de lo normal y se reporta que en ese lote no hubo agitación del agua que limpia el tanque, esta falla es remota; (3) Si las válvulas que permiten el drenaje, no responden, debe activarse la alarma audible. También pueden darse las fallas (2) y (3) de la operación 6 de esta etapa.

III.4.3.- Etapa de mezcla final

Operación 1. Dosificación de agua: El agua tratada que se necesita para esta etapa, se introduce automáticamente al tanque T2, para ello el controlador almacena en su memoria el dato que representa la cantidad total de agua utilizada en la etapa anterior (incluyendo la operación 7). Este dato debe restarse del valor estipulado por la receta, determinando así la cantidad de agua que

debe administrarse al tanque T2-X. El servicio de tratamiento de agua se encarga de mantener el caudal necesario en la rama que distribuye el insumo a los tanques.

En la medición de flujo el autómatas debe ejecutar nuevamente la operación 1, con la diferencia que en esta etapa debe elegir la válvula que accionará para dejar pasar el fluido, dependiendo del tanque a utilizar. El sistema de medición es el mismo. En la tubería se disponen válvulas divisoras (VD204, VD205, VD206 y VE202).

Cuando el medidor indica que la cantidad de agua está completamente dentro del tanque, el PLC establece el estado que debe adoptar la válvula correspondiente (para el tanque T2-3 corresponde la válvula VD206).

Condiciones de falla o alarma: (1) Si la válvula que conecta la salida del tanque al manifold no está cerrada, no se puede introducir ningún ingrediente al tanque; (2) si la válvula que permite el paso de agua al tanque se direcciona hacia otro lado por una falla en el sistema de aire o eléctrico el medidor deja de contar. En esta operación también se considera la falla (2) de la operación 1 etapa 1.

Operación 2. Dosificación de jarabe simple: El sistema de dosificación de este insumo se controla de manera similar a la dosificación de agua, midiendo el volumen del fluido proveniente de un tanque de almacenamiento. El controlador debe establecer la ruta que debe seguir el fluido para ir desde el tanque de almacenamiento hasta el tanque donde se llevará a cabo la mezcla final. También debe arrancar la bomba BC201 que impulsa al fluido durante el tiempo que sea necesario. Cuando la dosificación está completa el controlador manda la señal de desenergización a la válvula y la señal

de paro a la bomba. Las válvulas que intervienen en el direccionamiento son VD207, VD208, VD209 y VE203.

Condiciones de falla o alarma: (1) Si la válvula de salida del tanque no se abre, la bomba no puede arrancar; (2) si la bomba no responde a la señal de arranque, el controlador genera una alarma audible. En esta operación se incluyen todas las fallas de la operación 1 de esta etapa, tomando en cuenta que son diferentes los dispositivos a los que se referirá el lector.

Operación 3. Homogeneización de todos los ingredientes: El agua y el jarabe simple se introducen simultáneamente al tanque T2-X, el sistema de control recibe la señal del sensor que mide el flujo de jarabe al tanque, indicándole que la dosificación ha finalizado y que debe arrancar el agitador. La acción del agitador termina una vez que ha transcurrido el tiempo necesario para que el contenido del tanque sea homogéneo.

El tiempo de homogeneización es constante para cualquier lote (10 minutos), se ha calculado para la capacidad máxima del tanque. La agitación se inicia cuando el controlador reconoce que los tres ingredientes están dentro del tanque. Al momento de iniciar el temporizador que define el fin de la agitación, se activa un mensaje en el visualizador de la pasteurizadora definida en la configuración de la línea de producción, este indica al operador ubicado frente al panel de control de la etapa de pasteurización que debe programar el controlador propio de la máquina para aceptar el producto.

Condiciones de falla o alarma: (1) Si el motor no arranca, el PLC genera la alarma audible; (2) si se apaga el motor por una falla en la energía eléctrica, el PLC debe detener el temporizador y reiniciarlo cuando vuelva la energía.

Operación 4. *Direccionamiento de T2-X a Pasteurizadora X:* La salida de cada tanque T2 puede conectarse con cualquiera de las dos líneas de pasteurización y llenado. Para ello se dispone una matriz de válvulas de doble asiento (fig. 3.1). Los estados de las válvulas, se almacenan en una palabra binaria que se define en la configuración de la línea de producción. En esta operación el PLC lee la palabra y envía señales digitales a la matriz para establecer la ruta que deberá seguir el producto. El controlador confirma que el direccionamiento ha sido efectivo cuando los interruptores de final de carrera en cada válvula, realimentan el sistema.

Condiciones de falla o alarma: (1) Si por cualquier condición fallan las válvulas del manifold, estas se desenergizan y no se abre la válvula de salida del tanque.

Operación 5. *Medición de °Brix en línea:* El diseño propuesto para la dosificación de ingredientes asegura la calidad en la concentración del producto, para que la posibilidad de un error al final de la preparación (Etapa 2. Mezcla final) sea remota. La medición pretende cubrir los errores que pueda ocasionar la intervención humana en la configuración de la línea de producción (programación de °Brix del jarabe del día).

Cuando la bebida está lista para ser pasteurizada y la salida del tanque está direccionada a la línea de pasteurización y llenado elegida; se abre la válvula de salida del tanque para hacer pasar la

bebida a través del manifold. Cada una de las dos salidas del manifold cuenta con un medidor de °Brix en línea, para determinar si la bebida cumple con los requisitos del producto final. La receta de cada producto define el valor de la densidad que debe tener la bebida terminada para que pueda pasar a la siguiente etapa.

La medición consiste en una comparación de la densidad de la bebida que está pasando hacia el pasteurizador con un valor almacenado en memoria dependiendo de la receta del producto. Este valor almacenado en memoria, se compara con la señal proveniente del medidor desarrollando las siguientes actividades:

- a) El jugo se hace pasar por el manifold hasta el medidor abriendo la válvula de salida del tanque T2-X, luego de verificar que VRX y VCX estén desenergizadas. Se arranca cualquiera de las bombas ubicadas a la salida del manifold. El jugo pasa a través del medidor el tiempo suficiente para determinar la densidad en °Brix, pero no se introduce al pasteurizador.
- b) El PLC compara el valor medido con el valor establecido, si el resultado de la comparación indica que los °Brix en la bebida terminada están dentro de un rango de 1 a 5 °Brix (desviación positiva) o de -1 a -5°Brix (desviación negativa), el autómeta debe establecer una rutina para corregir esta desviación agregando agua tratada o jarabe simple respectivamente (paso c ó d). Si el resultado de la comparación indica una desviación mayor que -1 y menor que +1 la bebida se considera aceptable y se ejecutará la operación 1 de la etapa 3, una desviación mayor a ± 5 °Brix indica que existe un grave error en la preparación que no se puede corregir automáticamente.

El personal de producción debe solicitar la intervención del departamento de control de calidad para resolver el problema. El PLC debe dar la alarma correspondiente y parar la ejecución

del proceso hasta que el operario indique lo contrario desde la interface de configuración, además debe drenar la cantidad de bebida remanente en la tubería. Todos los valores de corrección para cada producto, están almacenados en la memoria de la interface y son transmitidos al PLC en la configuración. Estos dependen de la concentración de azúcar en el jarabe simple utilizado en el día.

c) Por ejemplo, para corregir una desviación positiva de la densidad, el autómata apaga la bomba BC202, cierra la válvula de salida del tanque T2-1, energiza las válvulas VR202, VD211 y VD212, establece el valor correspondiente a la cantidad de agua que debe agregar al tanque T2-1 y realiza la operación 1 de esta etapa, con la diferencia que la señal del medidor se compara con el valor de corrección establecido.

d) Por ejemplo, para corregir una desviación negativa, el autómata apaga la bomba BC203, cierra la válvula de salida del tanque T2-3, energiza las válvulas VR204, VD211 y VD214, además establece el valor correspondiente a la cantidad de jarabe simple. Se ejecuta la operación 2 de esta etapa de la misma manera que el paso c, con el valor de corrección establecido.

e) El contenido del tanque debe homogeneizarse con una agitación de 10 minutos. Se arranca el motor MTX y se inicia un temporizador para terminar esta actividad.

f) Cuando el tiempo llega a su fin el controlador realiza esta operación nuevamente para saber si la corrección fue efectiva.

III.4.4.- Etapa de Pasteurización y Envasado.

Operación 1. C.I.P. de Pasteurizadora: La limpieza y sanitización de la pasteurizadora se inicia en el momento en que se inicia la premezcla, no se menciona antes ya que el C.I.P. que necesita esta máquina es independiente de la unidad C.I.P. que se utiliza para el resto de la planta, por lo tanto el PLC del diseño de automatización no tiene ninguna intervención en esta operación. La máquina se limpia y sanitiza antes de que sea requerida por el proceso de producción, esta operación dura 30 minutos. El PLC avisa a través del visualizador que debe realizarse esta operación

Operación 2. C.I.P. de Envasadora: La máquina envasadora está incluida dentro de los circuitos de limpieza y sanitización que desarrolla la unidad de C.I.P. Esta operación debe iniciarse alternamente con el inicio de la producción. El operario programa la unidad (ver sección III.2.6) y el PLC dispone la entrada del C.I.P. Para ello el controlador debe enviar el mensaje correspondiente al visualizador de texto ubicado en el panel de la envasadora, avisando al operario que debe arrancar la máquina y programar su funcionamiento, de acuerdo al producto que se va a envasar luego del C.I.P.

El operario programa los parámetros de envasado y verifica que la máquina este configurada correctamente, el operario debe efectuar ciertos ajustes mecánicos a la máquina para que las soluciones puedan retornar hacia la unidad C.I.P. en lugar de ir al drenó. Cuando ha finalizado esta tarea presiona un botón en el visualizador para indicarle al PLC que la máquina se encuentra funcionando correctamente. Con esta señal el PLC sabe que las condiciones del proceso permiten la ejecución del C.I.P. y habilita el circuito de limpieza para el equipo.

El diseño de automatización dispone una válvula diversora ubicada a la salida de la máquina pasteurizadora, su posición normal es estar direccionada hacia la envasadora. Cuando el operario presiona el botón, el PLC direcciona la válvula (por ej.: VD301) para que permita la entrada del C.I.P. El retorno se establece en los ajustes mecánicos mencionados anteriormente.

El PLC manda el mensaje de habilitación para que arranque la unidad C.I.P. y determina mediante la comunicación el momento en que termina la limpieza. Cuando esta operación ha finalizado, el autómatas envía un mensaje al visualizador para avisar al operario que debe remover los ajustes implementados para el retorno de las soluciones. Una vez que el operario realiza su tarea presiona un segundo botón en el visualizador, que le indica al PLC que la máquina envasadora está lista para aceptar producto.

Operación 1. *Enlace de etapa 2 con etapa 3:* Para acoplar el desarrollo de todas las operaciones anteriores con la etapa de pasteurización y envasado, el controlador manda un mensaje de texto al visualizador ubicado en el panel de control de la pasteurizadora, para que el operador se encargue de programar el funcionamiento de esta etapa (ver operación 3 etapa2). Cuando el operador termina su función acciona un botón en el visualizador de la pasteurizadora. El PLC monitorea la señal proveniente de los visualizadores ubicados en la pasteurizadora y en la envasadora, para saber que las condiciones de operación en ambas máquinas son correctas.

En la operación 5 de la etapa 2 el PLC determina el momento en que la bebida terminada está lista para pasar a la siguiente etapa. El PLC toma este evento como referencia y verifica que las condiciones de las máquinas sean las correctas, estas condiciones deben cumplirse para enviar el

mensaje que le indica al operario que la bebida terminada cumple con los requisitos del producto final y que se encuentra en la entrada de la pasteurizadora. El operario encargado de la pasteurizadora debe accionar los controles necesarios para que la máquina deje entrar el producto.

Operación 2. Pasteurización: Como se indicó en la sección III.2.4, hasta este momento la máquina se encontraba pasteurizando agua para mantener la temperatura. Para empezar a pasteurizar la bebida el equipo cuenta con dos válvulas divisoras VDP1 y VDP2 (no incluidas en A3), que se encargan de direccionar la salida de la máquina hacia la envasadora, terminando así la recirculación. Ya que en su primera fase la máquina se encuentra pasteurizando agua, existe además a la salida de esta etapa otra válvula divisora (VDP3), inicialmente direccionada al drenó, para no introducir agua a la llenadora. La bebida se mezcla con el agua una longitud de un metro en una tubería de 2 pulgadas, lo cual debe ir directo al drenó. El controlador que gobierna las actividades de la pasteurizadora sabe el momento en que la bebida llega hasta VDP3 y direcciona la válvula hacia la envasadora para introducir la bebida pasteurizada en el tanque de balance de la envasadora.

Operación 3. Envasado: Para iniciar el envasado de la bebida, el controlador que gobierna las actividades de la llenadora emite una señal luminosa en el panel de control de la máquina, indicando al operador que el tanque de balance está listo y que debe introducir los envases. El controlador de la máquina desarrolla todas las actividades necesarias para envasar todo el lote, se encarga de monitorear el paso de los envases a través de la etapa de sellado de la tapa inferior, controla el flujo de bebida a cada envase, sella la tapa superior y expulsa el producto final hacia una banda transportadora para que se le imprima la fecha de vencimiento.

La etapa se desarrolla de forma continua, entre ambas máquinas existe una bomba que impulsa el fluido que sale de la pasteurizadora hacia el tanque de balance de la envasadora. Esta bomba está controlada por la pasteurizadora, de tal manera que cuando se da una falla y el líquido empieza a recircular hasta que se normaliza la temperatura, la bomba se apaga.

En la tabla A1 de los anexos se muestra el tiempo que dura cada operación ejecutada por el sistema de control junto con la intervención humana necesaria. Por medio de esta tabla se puede tener una idea aproximada del ahorro de tiempo que se conseguirá con la implementación del sistema parcialmente automático. En los anexos se muestra el flujograma que representa el desarrollo de esta descripción etapa por etapa.

III.5.- REQUERIMIENTOS DE INSTRUMENTACIÓN

III.5.1.- Dispositivos de Entrada

FUNCIÓN	DISPOSITIVO	VOLTAJE DE OPERACIÓN
Indicación de posición de válvula (abierta o cerrada)	Dos sensores de proximidad en cada válvula	24 VCC
Indicación de posición de válvula diversora (sección III.3.5)	Dos sensores de proximidad en cada válvula	24 VCC
Indicación de nivel mínimo y máximo	Dos sensores de proximidad en tanque T1	24 VCC
Medición continua de nivel en tanques de mezcla final	Transductor de presión diferencial (ver tabla A2 en anexos)	24 VCC
Medición de volumen de agua tratada que se dosifica a tanques de mezcla	Transductor de flujo (ver tabla A2 en anexos)	24 VCC
Medición de °Brix a bebida terminada	Transductor de densidad (ver tabla A2 en anexos)	24 VCC
Indicación de fallo en la pasteurizadora	Luz de alarma en el panel de control de la pasteurizadora, alambrada al PLC	24 VCC
Indicación de fallo en la envasadora	Luz de alarma en el panel de control de la envasadora, alambrada al PLC	24 VCC
Verificación del estado de los motores	Contacto auxiliar	230 VCA
Verificación del estado de las bombas centrífugas	Contacto auxiliar del motor de la bomba	230 VCA

III.5.2.- Dispositivos de Salida

FUNCIÓN	DISPOSITIVO	VOLTAJE DE OPERACIÓN
Manejo de válvulas electroneumáticas de dos posiciones	Válvula solenoide para paso de señal neumática	24 VCC
Manejo de válvulas electroneumáticas de tres posiciones	Tres válvulas solenoides para paso de señales neumáticas	24 VCC c/u
Arrancar motor trifásico conectado a agitador inmerso en el tanque	Bobina energizada para cerrar contactos	230 VCA
Apagar motor trifásico para terminar agitación	Bobina desenergizada para abrir contactos	230 VCA
Arrancar motor trifásico conectado a eje de bomba centrífuga	Bobina energizada para cerrar contactos	230 VCA
Apagar motor trifásico conectado a eje de bomba centrífuga	Bobina desenergizada para abrir contactos	230 VCA

III.5.3.- SELECCIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN

Los equipos se han escogido tomando en cuenta los siguientes parámetros: aplicación sanitaria, funcionamiento, factibilidad, precisión, características eléctricas, estabilidad, rango de medición, resistencia al medio ambiente y facilidad de medición con el PLC. La conexión física con el controlador debe ser a través de cables de baja resistencia y con pantalla. El elemento de medición directa debe resistir las características de la variable medida para que el desgaste no afecte la relación de cambio de la variable. En el programa cíclico del PLC se toman en cuenta los tiempos de reacción de una salida al cambio en una entrada.

Los criterios de selección están basados principalmente en la relación precio-confiabilidad. La precisión es una de las consideraciones más importantes, el diseño pretende aumentar la productividad de la planta mediante un proceso confiable que ofrezca una calidad homogénea del

producto final. La inversión inicial necesaria para implementar el sistema de control es considerable, por lo tanto el equipo debe seleccionarse adecuadamente, dependiendo de la aplicación, para evitar gastos innecesarios.

Para todas las variables que necesitan ser controladas en un proceso industrial existen diferentes métodos de medición, que varían en cuanto al principio de operación del transductor y las características electrónicas del transmisor. El módulo electrónico utiliza tecnología digital para obtener máxima precisión e integridad de la señal, su configuración es fácil debido a que utiliza microprocesadores para procesar las señales que proveen la información del proceso al sistema de control, el módulo compensa los cambios de temperatura y se adapta a cualquier tipo de proceso con los datos programados en la configuración y calibración del dispositivo.

En la tabla A2 de los anexos se muestran las especificaciones técnicas de los equipos de medición propuestos para su utilización en el proceso. La tabla nos permite comparar las características de cada uno para definir, de acuerdo a los criterios antes mencionados, el dispositivo que será utilizado.

III.6.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

III.6.1.- Unidad Central de Procesamiento

CARACTERÍSTICAS	CPU
Capacidad de memoria	42 Kbytes
• memoria de usuario	10 Kbytes
Tiempo de ejecución para las instrucciones	
• operaciones de lógica binaria	1.6 μ s
• operaciones aritméticas	1.6 μ s
• operaciones de salto y conversión	1.6 μ s
• operaciones de carga y transferencia	1.6 μ s
• operaciones de cuenta y temporización	3.7 μ s
• operaciones de llamada a bloque	1.6 a 6.7 μ s
Tiempo de escaneo aproximado	500 ms
Marcas internas	2048
Temporizadores de 0.01 a 9990 segundos	128
Contadores de 0 a 999 (progresivo o regresivo)	128
Entradas y salidas digitales (máx.)	4096
Entradas y salidas análogas (máx.)	4096
Consumo máximo de corriente (5 V)	0.16 A

III.6.2.- Módulos para Entradas Digitales

CARACTERÍSTICAS	DIGITALES 24 VCC (Fig. 3.9)	DIGITALES 230 VCA (Fig. 3.9)
Puntos por módulo	32	16
Indicador del estado de la entrada	Led verde	Led verde
Aislamiento probado con	500 VCC	1500 VCA
Tensión de entrada, valor nominal	24 VCC	230 VCA
• con señal "1"	+13 a +30 V	170 a 264 V
• con señal "0"	-30 a +5 V	0 a 70 V
Intensidad típica de entrada con señal "1"	8.5 mA	15 mA
Retardo en el cambio de estado		
• de "0" a "1"	2.2 a 4.6 ms	2 a 13 ms
• de "1" a "0"	4.5 a 12 ms	10 a 35 ms
Longitud máxima de cables		
• sin pantalla	600 m	600 m
• apantallados	1000 m	1000 m

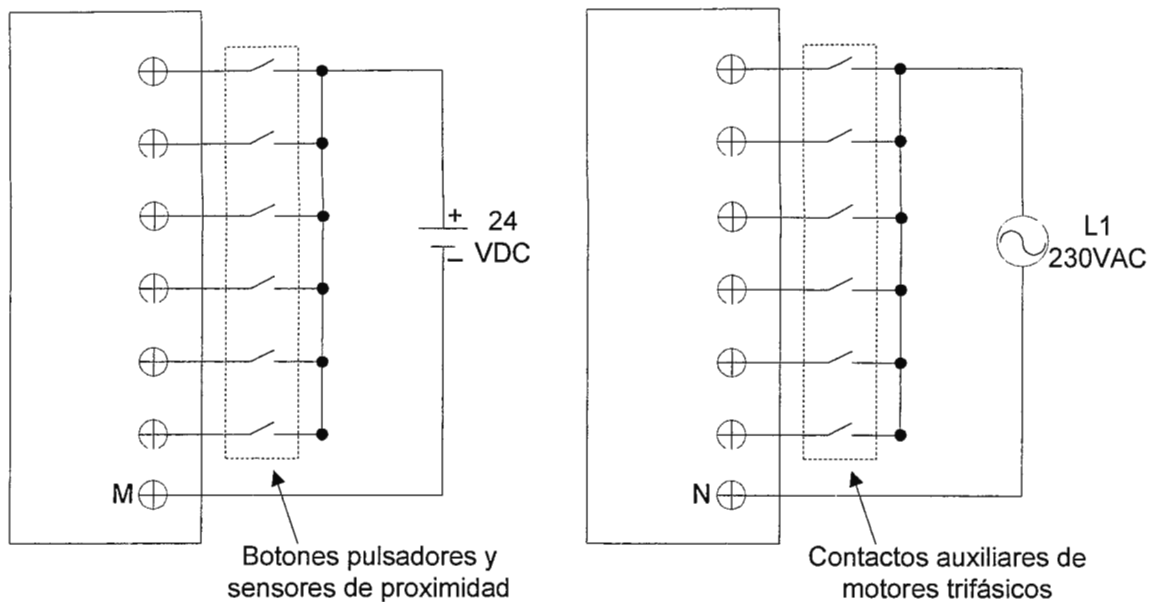


Fig. 3.9

III.6.3.- Módulo para Entradas Analógicas

CARACTERÍSTICAS	ANALÓGICAS 4-20mA (Fig. 3.10)
Puntos por módulo	4
Representación digital o resolución	11 bits con complemento a dos
Tensión nominal de carga	24 VCC
Principio de medición de integración con un tiempo de	20 ms a 50 Hz 16 ms a 60 Hz
Impedancia de entrada	62.5 Ω
Longitud máxima del cable apantallado	200 m
Voltaje permitido entre el voltaje de referencia de un sensor no flotante y el punto central de tierra	75 VCC / 60 VCA

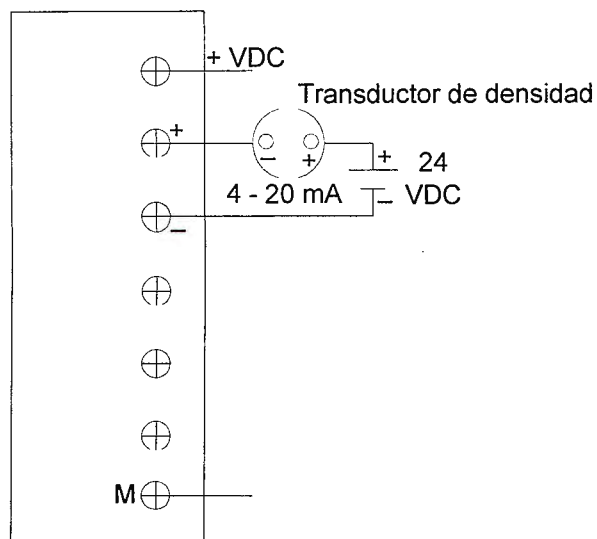


Fig. 3.10

III.6.4.- Módulo Contador de alta velocidad

CARACTERÍSTICAS	CONTADOR DE ALTA VELOCIDAD (Fig. 3.11)
Número de contadores	5
Aislamiento probado con	500 VCA
Resolución	16bit
Frecuencia máxima para señales de 24 VCC	200 KHz
Fuente de potencia, valor nominal	24 V
• rango permitido	20 V a 30 V
Voltaje nominal de la señal de entrada	24 V
• con señal "1"	+13 a 33 V
• con señal "0"	-35 a +4.5 V
Intensidad de entrada para señal "1"	12 mA
Longitud del cable apantallado	200 m

Nota: Ver asignación de pines en tabla A3 en anexos.

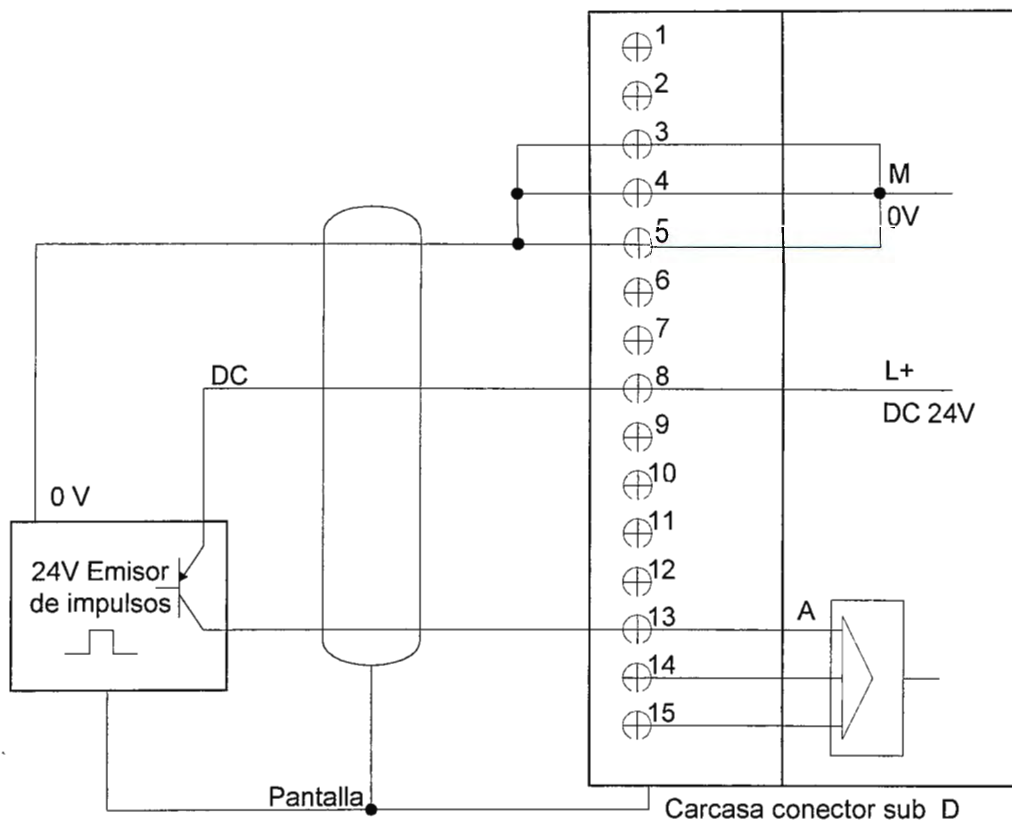


Fig. 3.11

III.6.5.- Módulos para Salidas Digitales

CARACTERÍSTICAS	DIGITALES 24 VCC (Fig. 3.12)	DIGITALES 230 VCA (Fig. 3.12)
Puntos por módulo	32	16
Fuente de voltaje para la carga (Vpos) • valor nominal • rango permitido	24 VCC 20 a 30 V	115/230 VCA 89 a 264 V
Intensidad de salida • para señal "1" • para señal "0"	0.5 A 1mA	1 A 3/5 mA
Tensión de salida • para señal "1" • para señal "0"	Vpos - 2.5 V +3 V	Vpos - 7V +3 V
Frecuencia máxima de cambio • con cargas resistivas • con cargas luminosas • con cargas inductivas	100 Hz 8 Hz 0.5 Hz	10 Hz 10 Hz 10 Hz
Carga luminosa máxima	5 W	25/50 W
Aislamiento probado con	500 VCA	1500 VCA
Longitud de cables • sin pantalla • apantallado	600 m 1000 m	600 m 1000 m

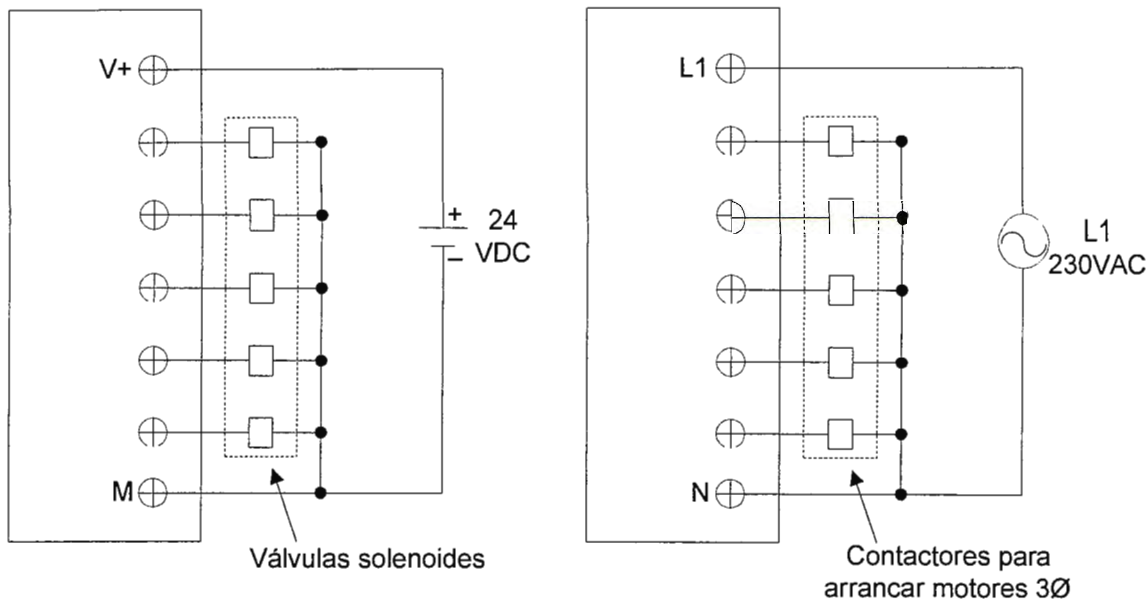


Fig. 3.12

III.6.6.- Módulo procesador de comunicaciones para red

CARACTERÍSTICAS	PROCESADOR DE COMUNICACIÓN
Diseño	1 microprocesador 2 RAM de doble puerto 1 receptáculo para submódulo de memoria 1 interface para programador 1 interface para terminal de bus
Software necesario • para puesta en marcha • para transferencia de datos	Definido por el fabricante Instrucciones estándar para manejo de datos
Máximo número de nodos	31 incluyendo al maestro
Cable de red	4 hilos apantallado
Longitud del cable	máx. 50Km (31 millas) entre 2 terminales de bus máx. 4 Km. (2.4 millas)
Método de transmisión	RS-485
Velocidad de transmisión	9.6 Kbit/s
Máxima cantidad de datos por transmisión	64 byte
Tiempo típico del ciclo de bus	400 ms.
Tiempo típico de respuesta a una interrupción	típico 100 ms. máx. 500ms.

III.6.7.- Consumo de Potencia de los módulos de Entrada y Salida

TIPO DE MÓDULO	CANTIDAD	CONSUMO DE POTENCIA INTERNA	CONSUMO DE POTENCIA EXTERNA
Entrada digital 24 VCC	4	25 mW c/u	6.5 W c/u
Entrada digital 230 VAC	1	25 mW	11.0 W
Entrada analógica 24 VCC	1	1 W	3.6 W
Entrada de frecuencia 24 VCC	1	4.5 W	0.48 W
Módulo MPI	2	50 mW c/u	—
Módulo para comunicación	1	—	4.8 W
Salida digital 24 VCC	3	0.5 W c/u	20 W c/u
Salida digital 230 VCA	1	0.35 W	16 W
TOTAL		7.575 W	121.88 W

III.6.8.- Fuente de potencia para la CPU y los módulos E/S.

CARACTERÍSTICAS	FUENTE DE POTENCIA INTERNA
Tensión nominal de entrada • rango permitido	115/230 VCA
Consumo de corriente • máxima intensidad de sobre tensión en condiciones iniciales	1.3/2.6 A 120 A
Voltaje de salida	+5 ±2%
Intensidad de salida • rango permitido	15 A 0.3 a 15 A
Voltajes auxiliares	+5.2 V (2.5 A) +24 V (0.35 A)
Aislamiento probado con	2.5 KVCA

III.7.- LISTA DE ASIGNACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS

La asignación de un número para cada entrada y salida es un procedimiento que debe realizarse para la etapa de programación. La tabla de asignación organiza la conexión de las señales en el PLC, esta asignación es la representación real que utilizará luego el programador para referirse a cada dispositivo. El orden lógico de la numeración depende del modelo de PLC que se utilice. A

continuación se presentan las tablas de asignación para todas las señales que serán conectadas al autómatas, tomando como ejemplo el orden establecido para un PLC SIMATIC S5-115U de la empresa Siemens. Cada slot dentro del bastidor tiene asignados 32 números (ver fig. 3.13), independientemente del número de puntos E/S por módulo conectado, ya sea digital o analógico.

- Entrada Analógica (4 - 20 mA)

Rack 0, Slot 0

NÚMERO DE ASIGNACION	DESCRIPCION
128	Sensor de Densidad MD201
129	Sensor de Densidad MD202
130	Sensor de Nivel MN201
131	Sensor de Nivel MN202
132	Sensor de Nivel MN203
133	Sensor de Nivel MN204
134	Sensor de Nivel MN101

- Entrada Variante en frecuencia. (1 - 10Kh)

Rack 0, Slot 1

NÚMERO DE ASIGNACION	DESCRIPCION
160	Señal variante en frecuencia MF201
161	Señal variante en frecuencia MF202
162	Señal variante en frecuencia MF101

- Entrada digital 24 Vdc.

Rack 0, Slot 2

NÚMERO DE ASIGNACION	DESCRIPCION
8.0	Sp VD210 Abierta
8.1	Sp VD210 Cerrada
8.2	Sp VG101 Abierta
8.3	Sp VG101 Cerrada
8.4	Sp VS201 Abierta
8.5	Sp VS201 Cerrada
8.6	Sp VS202 Abierta
8.7	Sp VS202 Cerrada

9.0	Sp VS203 Abierta
9.1	Sp VS203 Cerrada
9.2	Sp VS204 Abierta
9.3	Sp VS204 Cerrada
9.4	Sp VC201 Abierta
9.5	Sp VC201 Cerrada
9.6	Sp VC202 Abierta
9.7	Sp VC202 Cerrada
10.0	Sp VR205 Abierta
10.1	Sp VR205 Cerrada
10.2	Sp VR204 Abierta
10.3	Sp VR204 Cerrada
10.4	Sp VR203 Abierta
10.5	Sp VR203 Cerrada
10.6	Sp VR202 Abierta
10.7	Sp VR202 Cerrada
11.0	Sp VD211 Abierta
11.1	Sp VD211 Cerrada
11.2	Sp VD301 Abierta
11.3	Sp VD301 Cerrada
11.4	Sp VD302 Abierta
11.5	Sp VD302 Cerrada
11.6	Sp VM201 Abierta
11.7	Sp VM201 Cerrada

Sp= Sensor de Proximidad

- Entrada Digital 24 Vdc.

Rack 0, Slot 3

NÚMERO DE ASIGNACION	DESCRIPCION
12.0	Sp VE101 Abierta
12.1	Sp VE101 Cerrada
12.2	Sp VS101 Abierta
12.3	Sp VS101 Cerrada
12.4	Sp VD101 Abierta
12.5	Sp VD101 Cerrada
12.6	Sp VD207 Abierta
12.7	Sp VD207 Cerrada
13.0	Sp VD208 Abierta
13.1	Sp VD208 Cerrada
13.2	Sp VD209 Abierta
13.3	Sp VD209 Cerrada
13.4	Sp VD204 Abierta
13.5	Sp VD204 Cerrada
13.6	Sp VD201 Abierta
13.7	Sp VD201 Cerrada
14.0	Sp VD205 Abierta

14.1	Sp VD205 Cerrada
14.2	Sp VD206 Abierta
14.3	Sp VD206 Cerrada
14.4	Sp VD202 Abierta
14.5	Sp VD202 Cerrada
14.6	Sp VD203 Abierta
14.7	Sp VD203 Cerrada
15.0	Sp VE203 Abierta
15.1	Sp VE203 Cerrada
15.2	Sp VE202 Abierta
15.3	Sp VE202 Cerrada
15.4	Sp VE201 Abierta
15.5	Sp VE201 Cerrada
15.6	Sp VR201 Abierta
15.7	Sp VR201 Cerrada

Sp= Sensor de Proximidad

- Entrada Digital 24 Vdc.

Rack 0, Slot 4

NÚMERO DE ASIGNACION	DESCRIPCION
16.0	Sp VM202 Abierta
16.1	Sp VM202 Cerrada
16.2	Sp VM203 Abierta
16.3	Sp VM203 Cerrada
16.4	Sp VM204 Abierta
16.5	Sp VM204 Cerrada
16.6	Sp VM205 Abierta
16.7	Sp VM205 Cerrada
17.0	Sp VM206 Abierta
17.1	Sp VM206 Cerrada
17.2	Sp VM207 Abierta
17.3	Sp VM207 Cerrada
17.4	Sp VM208 Abierta
17.5	Sp VM208 Cerrada
17.6	Sp VD212 Abierta
17.7	Sp VD212 Cerrada
18.0	Sp VD213 Abierta
18.1	Sp VD213 Cerrada
18.2	Sp VD214 Abierta
18.3	Sp VD214 Cerrada
18.4	Sp VD215 Abierta
18.5	Sp VD215 Cerrada
18.6	
18.7	
19.0	
19.1	

19.2
19.3
19.4
19.5
19.6
19.7

Sp= Sensor de Proximidad

- Salida Digital 24 Vdc.

Rack 0, Slot 5

NÚMERO DE ASIGNACION	DESCRIPCION
20.0	Valvula Solenoide VE101
20.1	Valvula Solenoide VS101
20.2	Valvula Solenoide VD101
20.3	Valvula Solenoide VD207
20.4	Valvula Solenoide VD208
20.5	Valvula Solenoide VD209
20.6	Valvula Solenoide VD204
20.7	Valvula Solenoide VD201
21.0	Valvula Solenoide VD205
21.1	Valvula Solenoide VD206
21.2	Valvula Solenoide VD202
21.3	Valvula Solenoide VD203
21.4	Valvula Solenoide VE203
21.5	Valvula Solenoide VE202
21.6	Valvula Solenoide VE201
21.7	Valvula Solenoide VR201
22.0	Valvula Solenoide VD210
22.1	Valvula Solenoide VG101
22.2	Valvula Solenoide VS201
22.3	Valvula Solenoide VS202
22.4	Valvula Solenoide VS203
22.5	Valvula Solenoide VS204
22.6	Valvula Solenoide VC201
22.7	Valvula Solenoide VC202
23.0	Valvula Solenoide VR205
23.1	Valvula Solenoide VR204
23.2	Valvula Solenoide VR203
23.3	Valvula Solenoide VR202
23.4	Valvula Solenoide VD211
23.5	Valvula Solenoide VD301
23.6	Valvula Solenoide VD302
23.7	Valvula Solenoide VM201 (1)

- Salida Digital 24 Vdc.

Rack 0, Slot 6

NÚMERO DE ASIGNACION	DESCRIPCION
24.0	Valvula Solenoide VM201 (2)
24.1	Valvula Solenoide VM201 (3)
24.2	Valvula Solenoide VM202 (1)
24.3	Valvula Solenoide VM202 (2)
24.4	Valvula Solenoide VM202 (3)
24.5	Valvula Solenoide VM203 (1)
24.6	Valvula Solenoide VM203 (2)
24.7	Valvula Solenoide VM203 (3)
25.0	Valvula Solenoide VM204 (1)
25.1	Valvula Solenoide VM204 (2)
25.2	Valvula Solenoide VM204 (3)
25.3	Valvula Solenoide VM205 (1)
25.4	Valvula Solenoide VM205 (2)
25.5	Valvula Solenoide VM205 (3)
25.6	Valvula Solenoide VM206 (1)
25.7	Valvula Solenoide VM206 (2)
26.0	Valvula Solenoide VM206 (3)
26.1	Valvula Solenoide VM207 (1)
26.2	Valvula Solenoide VM207 (2)
26.3	Valvula Solenoide VM207 (3)
26.4	Valvula Solenoide VM208 (1)
26.5	Valvula Solenoide VM208 (2)
26.6	Valvula Solenoide VM208 (3)
26.7	Valvula Solenoide VD212
27.0	Valvula Solenoide VD213
27.1	Valvula Solenoide VD214
27.2	Valvula Solenoide VD215
27.3	
27.4	
27.5	
27.6	
27.7	

- Salidas Digitales 230 Vac.

Rack 1, Slot 0

NÚMERO DE ASIGNACION	DESCRIPCION
32.0	Motor MT101
32.1	Motor MT201
32.2	Motor MT202
32.3	Motor MT203
32.4	Motor MT204
32.5	Bomba BC101
32.6	Bomba BC102
32.7	Bomba BC201
33.0	Bomba BC203
33.1	
33.2	
33.3	

- Entrada Digital 230 Vac.

Rack 1, Slot 1

NÚMERO DE ASIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN
36.0	Contacto Auxiliar Motor MT101
36.1	Contacto Auxiliar Motor MT201
36.2	Contacto Auxiliar Motor MT202
36.3	Contacto Auxiliar Motor MT203
36.4	Contacto Auxiliar Motor MT204
36.5	Contacto Auxiliar Bomba BC101
36.6	Contacto Auxiliar Bomba BC102
36.7	Contacto Auxiliar Bomba BC201
37.0	Contacto Auxiliar Bomba BC203
37.1	
37.2	
37.3	

- Módulo procesador de comunicaciones

Rack 1, Slot 2

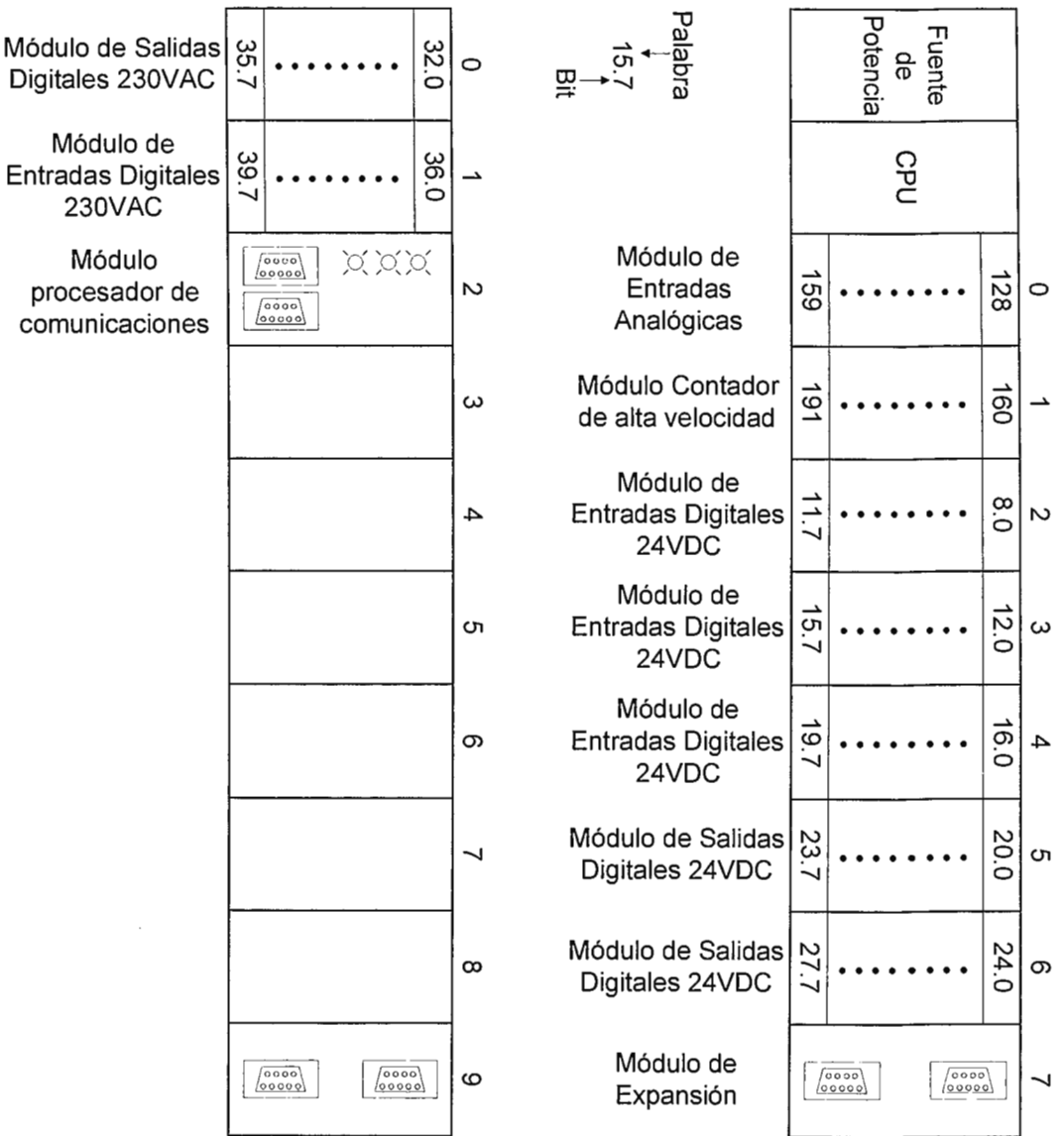


Fig. 3.13

III.8.- REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA

III.8.1.- Potencia Eléctrica.

Las bombas centrífugas que se utilizarán en las etapas de premezcla y a la salida del manifold están incluidas dentro del equipo disponible en la planta (tabla 2.1). Por lo tanto la potencia que consumen estas máquinas no se incluye en los requerimientos adicionales de potencia que tendrán que considerarse con la implementación del sistema de automatización. La planta cuenta también con el agitador necesario en el tanque T1.

La potencia que consumen los agitadores inmersos en todos los tanques de mezcla final y las bombas centrífugas controladas automáticamente, se ha calculado en base al tamaño de los tanques y distancias de tubería aproximadas. La subestación eléctrica de la planta debe suministrar la alimentación adecuada según los siguientes datos:

TIPO DE MOTOR	CANTIDAD A INSTALAR	CONSUMO DE POTENCIA/MOTOR
Motor trifásico de inducción, 2HP 230VAC 160 rpm	4	1,491.42 W
Motor trifásico de inducción, 2½HP 230 VAC 1750 rpm	4	1,864.25
TOTAL		1,3419.68 W

III.8.1.1.- Fuente de Potencia auxiliar para los instrumentos

La alimentación eléctrica para todos los circuitos electrónicos de los instrumentos de medición instalados en el proceso, debe ser proporcionada por una fuente auxiliar. Esta fuente está conectada al mismo voltaje de alimentación de la fuente de potencia del PLC, que está provisto por

un transformador en un circuito independiente para todo el sistema de control. El terminal de masa o común es el mismo para todo el circuito de control, es decir, el controlador, los módulos de entrada y salida y los instrumentos de medición, así como también los interruptores, luces y sensores de proximidad. A continuación se presenta una tabla con la información sobre el consumo de potencia de cada aparato conectado a esta fuente auxiliar, con esta información se ha seleccionado la fuente.

EQUIPO O DISPOSITIVO	CANTIDAD A INSTALAR	POTENCIA CONSUMIDA POR DISPOSITIVO	TOTAL
Válvulas Solenoides	59	2 W	118 W
Sensores de Proximidad	88	0.24 W	21.12 W
Medidor de Flujo	3	1.15 W	3.45 W
Medidor de °Brix	2	14 W	28 W
Medidor de Nivel	4	0.9804 W	4.902 W
Alarma audible	1	10 W	10 W
		TOTAL	185.47 W

Tabla 3.3

El aparato que proporciona esta potencia es el siguiente:

CARACTERÍSTICA	FUENTE DE POTENCIA AUXILIAR
Voltaje de entrada • valor nominal • rango permitido	120/230 VAC 93 a 132 V / 187 a 264 V
Frecuencia de línea • valor nominal • rango permitido	50/60 Hz 47 a 63 Hz
Corriente de entrada • valor nominal • fusible en la línea de entrada	3.5/1.7 A 5A/250V
Voltaje de salida • valor nominal • tolerancia • rizado residual	24 VDC ±3% < 150 mVpp
Eficiencia aproximada	89%
Corriente de salida • valor nominal • rango permitido	10 A 0 a 10 A
Protección contra corto circuito	electrónica
Aislamiento galvánico	si

Tabla 3.4

III.8.1.2.- Diagrama interno de la fuente.

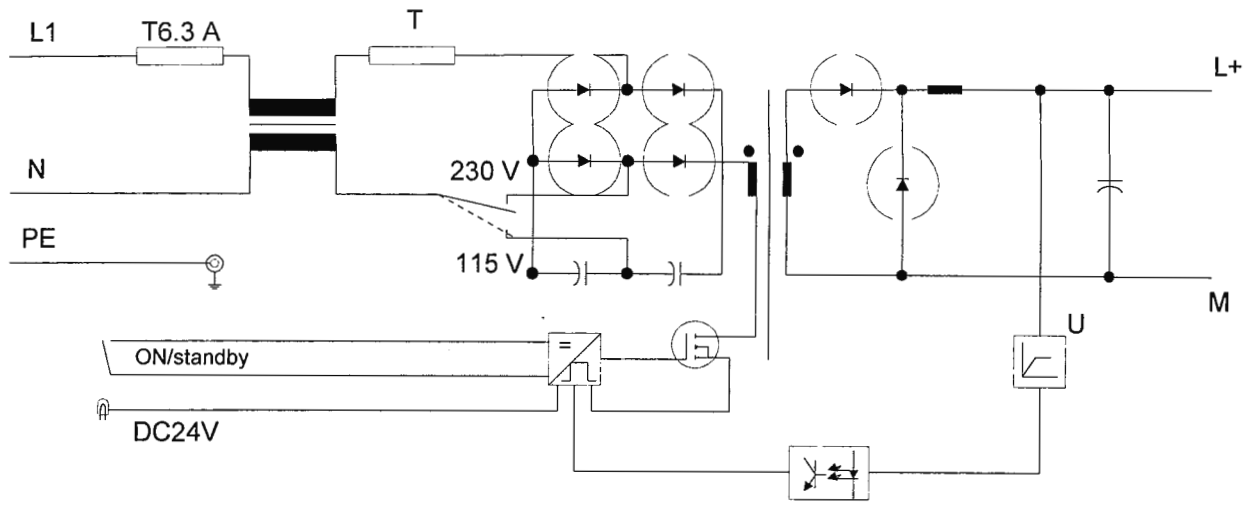


Fig. 3.14

III.8.2.- Sistema de Servicio de Aire

El desarrollo del proceso depende en gran medida del buen funcionamiento de las válvulas electroneumáticas, por lo tanto es necesario una fuente confiable de aire comprimido. Esencialmente se requiere que el aire sea seco y libre de aceites u otras impurezas.

III.8.2.1.- Especificaciones.

Presión de entrada: 50 a 75 PSI, 60 típico

DISPOSITIVO	CANTIDAD	CONSUMO DE AIRE POR UNIDAD (SCFM*)	CONSUMO TOTAL (SCFM*)
Válvulas para manifold	8	25.5×10^{-3}	204×10^{-3}
Válvulas divisoras	18	8.5×10^{-3}	161.5×10^{-3}
Válvulas ON/OFF	17	8.5×10^{-3}	144.5×10^{-3}
Bomba de diafragma	1	40	40
TOTAL			40.5

* SCFM: Standard Cubic Feet per minute (Pies cúbicos por minuto).

Tabla 3.5

La planta actual tiene instalado un sistema de aire comprimido y tendrá que aumentar su capacidad en caso de que no pueda cumplir con los requisitos de los dispositivos. Debe tomarse en consideración la calidad del aire, para cada válvula o cada grupo de válvulas se dispone una unidad de mantenimiento, que debe contar con un filtro regulador de aire. En la industria alimenticia, filtros de menos de 1 micrón son esenciales, y si hubiese cualquier efecto por bacterias se necesitará un filtro más refinado. Estos filtros son un factor de costo tanto inicialmente como durante su vida útil, debido al mantenimiento cuidadosamente controlado que se necesita para no poner en riesgo el producto.

III.8.3.- CALDERAS DE VAPOR

Las calderas de vapor se utilizan en la mayoría de industrias debido a que muchos procesos emplean grandes cantidades de vapor. La caldera se caracteriza por una capacidad nominal de producción de vapor en lbs/hr a una presión especificada y con una capacidad adicional de caudal en puntas de consumo de la fábrica.

A la caldera se le exige, pues, mantener una presión de trabajo constante para la gran diversidad de caudales de consumo en la factoría, por lo cual debe ser capaz de:

- a) Aportar una energía calorífica suficiente del combustible con el aire.
- b) Desde el punto de vista de seguridad, el nivel debe estar controlado y mantenido dentro de unos límites.
- c) Es necesario garantizar una llama segura en la combustión.

- d) El sistema de control debe ser seguro en la puesta en marcha, en la operación y en el paro de la caldera.
- e) El funcionamiento de la caldera debe ser optimizado para lograr una rentabilidad y economía adecuadas, lo cual es posible con el control digital y/o distribuido que permite optimizar la combustión (ahorros de 2 al 10% en combustible).

La planta cuenta con su sistema de servicio de vapor para alimentar todas las áreas que requieran este insumo. Debido a que las pasteurizadoras que se incluyen en el diseño de automatización existen ya en la planta actual, el diseño no requerirá capacidad extra de este sistema.

CAPITULO IV

CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

IV.1.- INTRODUCCIÓN

En este tema se presenta un acercamiento básico para la distribución e interconexión de los componentes electrónicos, no sólo para satisfacer la aplicación, sino también para asegurar que el controlador operara libre de fallas en el ambiente industrial de trabajo. Para ello se requieren de ciertos dispositivos que se complementan con el PLC, estos incluyen transformadores de aislamiento, fuentes de potencia auxiliares, relés de seguridad y supresores de ruido en las líneas de entrada. Con una distribución cuidadosamente diseñada estos componentes son de fácil acceso y mantenimiento. La distribución puede incrementar la productividad y disminuir los problemas de mantenimiento. La mejor ubicación para el autómatas es cerca de la máquina o proceso que será controlado.

IV.1.1.- Componentes del Sistema y el Panel de Control

Los PLCs generalmente se instalan en paneles NEMA-12 [5], dependiendo de la aplicación. El panel guarda el equipo protegiendolo de los daños ocasionados por el medio ambiente como polvo conductivo, humedad y otras sustancias corrosivas y dañinas. El tamaño depende del espacio total requerido. Los encapsulados metálicos ayudan también a minimizar los efectos de la radiación

electromagnética. La distribución de los componentes y el cableado debe tomar en cuenta los efectos de la temperatura, el ruido eléctrico, la vibración, el mantenimiento y la seguridad.

Aspectos generales:

- El encapsulado debe estar ubicado de tal manera que las puertas puedan abrirse completamente para un acceso fácil cuando se requiera probar el cableado y los componentes.
- La profundidad del panel debe tener suficiente espacio entre la puerta cerrada y los componentes.
- La parte posterior del panel debe ser desmontable para facilitar la instalación de los componentes y otras estructuras.
- La cabina debe contener un dispositivo de desconexión de emergencia instalado en un lugar de fácil acceso.

Aspectos Ambientales:

- La temperatura dentro del panel no debe exceder la temperatura máxima de operación del PLC (60°C típicos).
- Si el ambiente contiene puntos de alta temperatura como los que generan las fuentes de potencia y otro equipo eléctrico, debe instalarse un ventilador para disipar el calor.
- El panel debe estar ubicado lejos de equipo que genere interferencia electromagnética excesiva (EMI) o interferencias de radio frecuencia (RFI). Por ejemplo: máquinas de soldadura, equipo de calentamiento por inducción y arrancadores de motores de grandes dimensiones.
- En los casos donde el panel del PLC deba ser instalado en el equipo controlado, las vibraciones causadas por ese equipo no deben exceder las especificaciones de vibración del PLC.

Ubicación de los componentes del PLC:

- Para permitir la máxima ventilación, todos los componentes del controlador deben montarse en posición vertical (hacia arriba). Los componentes que se montan horizontalmente podrían obstruir el flujo de aire.
- La fuente de potencia (principal o auxiliar) tiene la más alta disipación de calor de todos los componentes, por lo tanto no debe estar ubicada directamente debajo de cualquier otro equipo. Debe ser instalada en la parte superior del panel sobre todos los demás componentes, con el espacio adecuado entre la fuente de potencia y la tapa superior del panel. La fuente puede ubicarse contiguo a otros componentes pero con el espacio adecuado de por medio.
- La CPU del autómatas debe ubicarse en una posición de trabajo cómoda para el usuario, por ejemplo al nivel de la vista, ya sea sentado o de pie.
- Los rieles para los módulos E/S locales pueden distribuirse como mejor convenga, teniendo en cuenta la extensión del cable de interconexión. Típicamente los rieles de expansión locales se colocan abajo o a un lado de la CPU, pero no directamente arriba de la CPU ó la fuente de potencia.
- El espacio necesario que debe existir entre los componentes del sistema de control para disipar el calor debe estar sujeto a las especificaciones del fabricante.

Ubicación de Equipo Complementario:

- Los dispositivos como transformadores de voltaje constante y de aislamiento, interruptores de potencia y supresores de corrientes altas; deben ser ubicados cerca de la tapa superior del panel y a un lado de la fuente de potencia. Esta distribución asume que las líneas de alimentación entran al panel por la parte superior. La ubicación apropiada de los dispositivos conectados a las líneas de potencia, debe buscar que el cableado de potencia sea lo más corto posible para minimizar la transmisión de ruido eléctrico a los componentes del controlador.

- Los contactores, arrancadores magnéticos, contactores, relés y otros componentes electromecánicos deben instalarse en la parte superior del panel, en un área separada de los componentes de control. Una recomendación es la de poner una barrera de seis pulgadas entre el área magnética y el área del controlador.
- Si se utilizan ventiladores para enfriar los componentes dentro del panel, deben ubicarse cerca de los dispositivos generadores de calor (disipadores de calor de las fuentes de potencia). Cuando se usan ventiladores, estos no deben introducir el aire proveniente del medio ambiente al panel, a menos que se use un filtro confiable. El filtro evita la entrada de partículas conductoras y otros contaminantes dañinos al panel.

Agrupamiento de módulos E/S comunes:

- Los módulos de entrada y salida deben separarse en grupos siempre que sea posible: módulos de entrada AC, módulos de salida AC, módulos de entrada DC, módulos de salida DC, módulos de entrada analógica, módulos de salida analógica, etc.
- Si es posible puede reservarse un riel para módulos comunes de entrada o salida. Si no es posible, entonces los módulos deben tener una separación máxima dentro del riel. Una disposición conveniente podría ser la de colocar todos los módulos AC o todos los módulos DC juntos, y si el espacio lo permite, dejar un puesto vacío entre los dos grupos.

Distribución de los canales y cableado:

- Todas las líneas de entrada de corriente alterna deben mantenerse separadas de las líneas de bajo nivel de corriente continua, de los cables de potencia para las entradas y salidas y de los cables de interconexión para los rieles.

- Las líneas de las entradas y salidas DC, con niveles TTL o analógicos no deben extenderse paralelamente en la misma canaleta con las líneas de las entradas y salidas AC. Siempre que se pueda deben mantenerse separadas las señales AC de las señales DC.
- Los cables de interconexión entre las filas de ampliación y los cables de potencia para las entradas y salidas pueden extenderse en una canaleta común sin compartirla con otros cables. En algunos casos este arreglo puede no ser práctico ya que estos cables no pueden separarse del resto de los cables. En este caso, los cables de las entradas y salidas pueden extenderse junto con las líneas de bajo nivel DC o extenderse externamente a las canaletas y sostenerse con amarres o algún otro método.
- Si el cableado de las entradas y salidas debe cruzarse con las líneas AC, debe hacerlo solamente en ángulos rectos (ver fig. A4 en anexos). Esta disposición minimiza la posibilidad de ocasionar ruido eléctrico. El cableado de las entradas y salidas que sale de las canaletas también debe disponerse en ángulos rectos.
- Cuando se diseña la distribución de las canaletas, la separación entre los módulos E/S y cualquier ducto debe ser por lo menos de dos pulgadas.

Puesta a Tierra: Esta es una importante medida de seguridad en toda instalación eléctrica. Un camino a tierra debe ser permanente (no soldado), continuo y capaz de conducir seguramente la falla de corriente con mínima impedancia.

- Todos los aterrizajes deben tener la mínima resistencia posible, el valor ideal de 0Ω debe buscarse siempre en la instalación. Todos los valores abajo de 2Ω se consideran aceptables para que el camino a tierra no oponga resistencia a las corrientes de fuga o sobrecarga del sistema.

- Los cables de referencia deben separarse de los cables de potencia en el punto de entrada al panel. Para minimizar la longitud del cable de tierra entre el panel, el punto de referencia o tierra debe estar ubicado lo más cerca posible del punto donde se introduce la alimentación de potencia de la planta.
- Todos los rieles, carcasas y elementos eléctricos de máquinas deben estar aterrizados a un bus central de tierra, normalmente localizado en el área magnética del panel. La pintura y cualquier otro material no conductor debe removerse del área donde el chasis hace contacto con el panel. Además de la conexión a tierra hecha a través del perno montado en el chasis, debe usarse un cable #8 AWG (o el tamaño recomendado por el fabricante) para conectar cada chasis al encapsulado en el mismo perno.
- El panel debe estar propiamente aterrizado al bus de referencia, mediante una buena conexión eléctrica.
- La referencia de la máquina debe estar conectada al panel y al punto de tierra.

IV.2.- REQUERIMIENTOS DE POTENCIA

IV.2.1.- Fuente común de corriente alterna.

La fuente de potencia del sistema y de los dispositivos de entrada y salida debe ser común. Esto minimiza la interferencia de línea y previene señales de entrada erróneas derivadas de una fuente AC estable para la fuente de potencia y la CPU, pero una fuente inestable para los dispositivos de entrada y salida. Al utilizar la misma fuente el usuario aprovecha el monitoreo del estado de la línea. Si las condiciones de línea caen por debajo de los niveles mínimos de operación, la fuente de potencia detectará la condición anormal y avisará al procesador, el cual dejará de leer

los datos de las entradas y almacenará en memoria los datos actuales, pondrá a cero todas las salidas y cuando se restablezca la alimentación continuará operando con los estados que almacenó.

IV.2.2.- Transformadores de Aislamiento

Otra buena recomendación es la de usar un transformador de aislamiento en la línea de potencia AC que va hacia el controlador. Esto se utiliza especialmente cuando se tiene equipo pesado que tenga una alta probabilidad de introducir ruido a la línea AC. También puede utilizarse como un transformador reductor para disminuir el voltaje en la línea de entrada al nivel deseado en la salida. El transformador debe tener la potencia suficiente para alimentar la carga.

IV.3.- CIRCUITERIA DE SEGURIDAD

El sistema de control debe tener el suficiente número de circuitos de emergencia para detener parcial o totalmente la operación del controlador o de la máquina o proceso bajo control (ver figura A5 en anexos). Estos circuitos deben disponerse fuera del controlador para que el usuario pueda apagar el sistema manualmente en caso de una falla mayor. Los dispositivos de seguridad deben pasar por alto al controlador para operar los arrancadores de motor, las válvulas solenoides y otros dispositivos directamente. Estos circuitos usan lógica sencilla con un número mínimo de componentes electromecánicos altamente confiables.

Paros de Emergencia: el sistema debe tener circuitos de paro de emergencia para cada máquina que esta controlada directamente por el PLC. Para máxima seguridad estos circuitos no deben de alambrarse al controlador. Los interruptores de emergencia deben ubicarse en una posición

que el operador pueda acceder fácilmente. Los circuitos de paro de emergencia están alambrados usualmente al relé de control de seguridad.

El circuito de potencia que alimenta la fuente del PLC debe usar un relé de desconexión en caso de emergencia, para proveer una manera de remover completamente la alimentación del sistema (ver figura A6 en anexos). Se dispone un capacitor ($0.47\mu\text{F}$ para 120 VAC, $0.22\mu\text{F}$ para 220 VAC) entre los terminales del contacto de desconexión, para proteger contra las corrientes altas que puedan ocasionarse momentáneamente. Estas corrientes se producen cuando el contacto desconecta los triacs de salida, causando que la energía almacenada en las cargas inductivas busque el camino más cercano hacia tierra, el cual es usualmente a través de los triacs.

IV.4.- CONSIDERACIONES PARA RUIDO EXCESIVO

El ruido eléctrico daña los componentes del PLC cuando existe presencia de voltajes de alto nivel. Las fallas temporales debidas al ruido pueden dar como resultado una operación de alto riesgo de la máquina en ciertas aplicaciones. El ruido puede estar presente ocasionalmente o puede aparecer en intervalos distribuidos a lo largo de un periodo de tiempo. En algunos casos puede estar presente continuamente, el primer caso es el más difícil de aislar y corregir.

El ruido usualmente entra al sistema a través de las líneas de entrada, salida o alimentación. El ruido puede estar también acoplado a estas líneas electrostáticamente, a través de la capacitancia que existe entre ellas y las líneas portadoras de la señal de ruido. La presencia de conductores de alto voltaje o de una distribución demasiado larga y con poco espacio entre los cables generalmente

produce este defecto. El acoplamiento de campos magnéticos ocurre también cuando las líneas de control están cerca de las líneas que conducen altas corrientes. Dispositivos que son generadores de potenciales de ruido son: relés, solenoides, motores y arrancadores de motores, especialmente cuando están operados por contactos sólidos, como botones pulsadores e interruptores preselectores.

Las entradas y salidas analógicas y los transmisores son bastante susceptibles al ruido, provenientes de fuentes electromecánicas, causando saltos en la cuentas durante la lectura de los datos analógicos. Es por esto que los dispositivos utilizados para arrancar motores, los transformadores y otros dispositivos electromecánicos deben mantenerse lejos de las señales analógicas.

Aunque el diseño de los controladores de estado sólido provee una cantidad considerable de inmunidad al ruido, el diseñador siempre debe tomar precauciones especiales para minimizar el ruido, especialmente cuando las señales de ruido previstas poseen características similares a las de la señal de control deseada. Para incrementar el margen de operación del sistema sin ruido, el controlador debe instalarse lejos de los dispositivos generadores de ruido. Todas las cargas inductivas deben poseer un supresor. Las líneas de alimentación para los motores trifásicos deben agruparse y extenderse por separado. Si el nivel de ruido es crítico deben colocarse también supresores en las líneas trifásicas (ver figura A7 en anexos). En la figura A8 de los anexos se ilustran las configuraciones utilizada para filtrar el ruido en la línea de entrada de potencia al controlador o a un transmisor.

IV.5.- FUENTE DE POTENCIA DEL SISTEMA

La función de la fuente de potencia es la de proveer los voltajes internos de corriente continua, para los componentes del sistema (procesador, memoria e interfaces de entrada/salida, además debe monitorear y regular el voltaje de línea administrado y advertir a la CPU si algo está mal. La fuente de potencia debe suministrar una buena regulación y protección para los dispositivos.

Debido a que las condiciones industriales de operación presentan fluctuaciones en el voltaje y frecuencia de línea, la fuente de voltaje del PLC debe ser capaz de tolerar una variación del 10 al 15% en las condiciones del voltaje de línea. Cuando el voltaje excede los límites de tolerancia durante cierto tiempo (de 1 a 3 ciclos AC), la fuente de potencia emitirá un comando de paro al procesador. Las variaciones en el voltaje de línea para algunas plantas pueden ocasionar demasiadas interrupciones y ocasionar frecuentes pérdidas de producción. Para estabilizar las condiciones de línea se utiliza un transformador de voltaje constante.

IV.5.1.- Transformadores de voltaje constante

Algunas condiciones presentes en la industria salvadoreña, causantes de caídas en el voltaje de línea son las pérdidas naturales en los conductores, que varían con respecto a la distancia que existe desde las subestaciones hasta la planta; las pérdidas internas en las líneas, causadas por conexiones defectuosas y además el arranque y paro de equipo pesado en las cercanías.

Un transformador de voltaje constante compensa los cambios de voltaje en la entrada (primario) para mantener un voltaje estable a la salida (secundario). En condiciones de operación con una carga menor de la nominal, se espera que el transformador mantenga una regulación

aproximada de $\pm 1\%$ del voltaje de salida, con variaciones en el voltaje de entrada de hasta 15%. El porcentaje de regulación cambia en función de la carga (fuente de potencia del PLC y dispositivos de entrada). Este transformador (fig. A9 en anexos) debe estar debidamente dimensionado en voltios-amperios, para las peores condiciones de los requerimientos de potencia de la carga. Este valor debe calcularse de acuerdo a los datos provistos por el fabricante de cada equipo.

Si el controlador está instalado en un área donde el voltaje de línea es estable, pero el equipo que lo rodea genera cantidades considerables de interferencia electromagnética (EMI), pueden ocasionarse paros constantes si el autómatas no está aislado eléctricamente del equipo que genera la interferencia. Si se conecta el PLC en un circuito separado por un transformador de aislamiento se incrementará la confiabilidad del sistema.

GLOSARIO

A

- **Actividad:** Es el paso más sencillo dentro de un proceso, una tarea realizada automática o manualmente.
- **Actuador:** Elemento que ejerce una función propia.
- **Amortiguamiento, razón de:** Término relacionado a la razón de disipación de energía, representa la frecuencia de oscilación en un sistema ideal que no disipa energía.
- **Autómata Programable:** Son controladores electrónicos cuyas funciones se almacenan como programas en el aparato de control.
- **Automatización:** Se refiere a una variedad de sistemas y procesos que operan con una pequeña o sin intervención humana.

B

- **Baudio:** Número de datos binarios transmitidos por segundo durante una transmisión de datos en serie.
- **Bit:** Binary digit o dígito binario. La unidad más pequeña de información binaria. Un bit puede tener un valor de 1 o 0.
- **°Brix:** Unidad de medida que expresa la cantidad de sólidos disueltos en una mezcla homogénea.
- **Bucle Abierto de Control:** Es el camino que sigue una señal sin realimentación.

- **Bucle Cerrado de Control:** Camino que sigue la señal a través de un sistema, tomando una señal de error de la salida para realimentarla al sistema mediante un bloque sumador corrigiendo posibles errores en la señal de salida.
- **Byte:** Un grupo de 8 bits que se operan como una unidad, por ejemplo para mover datos de la memoria.

C

- **Calibración:** Ajuste de la salida de un instrumento a valores deseados dentro de una tolerancia especificada para valores particulares de la señal de entrada.
- **C.I.P.** Consiste en la limpieza y sanitización de todo el equipo que esta en contacto con el producto, por medio de enjuagues con agua, soluciones alcalinas, soluciones ácidas.
- **Circuito:** Trayectoria cerrada. Conjunto de conductores eléctricos por el que pasa una corriente.
- **Confiabilidad:** Término utilizado para definir el tiempo promedio que un equipo, dispositivo o proceso puede funcionar sin fallas.
- **Configuración:** Establecer una estructura o formato determinado.
- **Contacto:** Dispositivo eléctrico que permite la abertura y el cierre de un circuito.
- **Control microbiológico:** Consiste en la destrucción de microorganismos por medio de un intercambio indirecto de calor entre la bebida y agua sometida a una alta temperatura, con el fin de evitar que estos microorganismos se desarrollen cuando el producto se encuentra a las temperaturas de almacenaje y distribución.

D

- **Disponibilidad:** Tener toda la facilidad de disponer de los equipos en su estado óptimo de producción.
- **Dosificación:** Determinar la cantidad proporcional de una solución. Relación entre la masa del cuerpo disuelto y la de la solución.

E

- **EEPROM:** Tipo de memoria no volátil, programable, solo de lectura, que puede ser borrada mediante pulsos eléctricos.
- **Emulsión:** Líquido constituido por dos sustancias no miscibles, una de las cuales se halla dispersa en la otra en forma de gotas pequeñísimas.
- **Energizar:** Comunicar energía. Dar corriente a un electroimán.
- **EPROM:** Es una memoria ROM que puede programarse y borrarse. Una vez programada, la EPROM es una memoria no volátil que contendrá los datos almacenados indefinidamente.
- **Esterilización:** Destrucción de fermentos o microbios. Se aplica dentro de la industria alimenticia, a la limpieza con agua o componentes a altas temperaturas.

F

- **Floculación:** Precipitación de sustancias en disolución coloidal.

H

- **Higiene:** Ciencia que establece reglas para mantener la salud. Condiciones o prácticas (de limpieza) favorables a la salud.

I

- **Implementación:** Es la realización o puesta en marcha de un diseño, se utiliza este termino para definir la etapa en que se lleva a la realidad lo que se ha planteado en el papel.

- **Índice de comportamiento:** Es una medida cuantitativa del comportamiento, que indica la desviación respecto al comportamiento ideal .

- **Interface:** Tarjeta electrónica que permite la comunicación entre un procesador central y dispositivos de entrada o salida ubicados en diferentes localidades.

L

- **Laptop:** Es una computadora portátil.

- **Limpieza:** Remoción de residuos alimenticios. (suciedad).

- **Lógica Difusa o Fuzzy:** Es un tipo de control que se basa en el uso de la inteligencia artificial para que una computadora pueda controlar un sistema mediante conocimientos o reglas empíricas introducidas por un experto en la PC. Esta tecnología no es matemáticamente predecible sino que se basa en la experiencia que la PC adquiere de los eventos almacenados en su memoria.

M

- **Manifold:** Término en ingles que significa múltiple escape. Se aplica a la matriz de válvulas que permiten la conexión de varios tanques con dos o más etapas diferentes o similares.

- **Microcontroladores:** Son dispositivos electrónicos que poseen todos los elementos de una computadora en un solo circuito integrado (IC).
- **Modelo matemático:** Se define como un juego de ecuaciones que representa la dinámica del sistema con exactitud, o al menos, razonablemente bien. Un sistema se puede representar de muchos modos diferentes, y por tanto, puede tener muchos modelos matemáticos, dependiendo de las perspectivas individuales.
- **Modem:** Abreviatura utilizada para modulador/demodulador. Dispositivo que permite la comunicación a través de los cables telefónicos convirtiendo la información binaria (1 y 0), emitida por un transmisor, a frecuencias o tonos (modulación) y luego en el lado del receptor, convierte los tonos de vuelta a la información binaria (demodulación)
- **Módulo:** Dispositivo electrónico fácil de conectar y desconectar, intercambiable.
- **Monitoreo:** Constante vigilancia de la aparición de un suceso.

O

- **Operación:** Es la ejecución de varias actividades.

P

- **Parametrización:** Definición de valores para ciertas variables dentro de un campo.
- **Perturbaciones:** Es una señal que tiende a afectar adversamente el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema, se le denomina interna, mientras que una perturbación externa se genera fuera del sistema y constituye una entrada.

- **pH:** Potencia de hidrógeno. Expresa las concentraciones de los iones H^+ en números enteros, valiéndose de un artificio matemático. El pH de una solución es el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno ($pH = -\log [H^+]$).
- **Piezoelectricidad:** Propiedad que tienen algunos cristales naturales o artificiales de presentar un momento de dipolo eléctrico cuando se les deforma. Este efecto es reversible.
- **Plantas:** Una planta es un equipo, quizá simplemente un juego de piezas de una máquina funcionando conjuntamente, cuyo objetivo es realizar una operación determinada.
- **PLC:** Programmable Logic Controller ó Controlador Lógico Programable. Consiste en aplicar una estructura principal para muchas aplicaciones, es un dispositivo de estado sólido usado para controlar máquinas, además de operación de procesos por medio de un programa almacenado en él mismo, así como por realimentación desde dispositivos de entrada/salida. Puede definirse como un aparato digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones que implementan funciones específicas ya sea secuenciales, lógicas, de tiempo, de conteo o para el control de máquinas y procesos . Un PLC está compuesto de dos secciones básicas: la unidad central de proceso (CPU) y la interfase de entrada/salida (I/O).
- **Presión diferencial:** Resultado de la diferencia entre dos valores de presión.
- **Procesos:** Es una operación o desarrollo natural, caracterizado por una serie de cambios graduales , progresivamente continuos, que se suceden uno a otro de un modo relativamente fijo, y que tienden a un determinado resultado o final.
- **Productividad:** Relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla. Una productividad mayor significa el logro de una mayor producción en volumen y calidad con el mismo insumo.
- **Programa cíclico:** Conjunto planificado de instrucciones almacenado en memoria y que se ejecuta ordenadamente por la unidad central de procesamiento.

R

- **RAM:** Memoria volátil, alterable o reprogramable que almacena el programa de aplicación y los datos.
- **Regulación:** Ajustar un mecanismo, poner a punto su funcionamiento.
- **ROM:** Son un tipo de memoria de solo lectura diseñadas para retener datos que son permanentes o que no cambian con mucha frecuencia.
- **Ruido eléctrico:** Cualquier perturbación eléctrica o señal accidental no deseadas que modifica la transmisión, indicación o registro de los datos deseados.

S

- **Sanitización:** Eliminación de microorganismos que no se quitaron con la limpieza.
- **SCFM:** Unidad de medida para el consumo de aire en los dispositivos neumáticos. Standard Cubic Feet per Minute, Pies Cúbicos por Minuto.
- **Señal analógica:** Señal continua que cambia suavemente en un determinado rango, en lugar de cambiar bruscamente entre ciertos niveles.
- **Señal digital:** Una señal discontinua que tiene un número finito de valores.
- **SIMATIC:** Es un autómata programable fabricado por SIEMENS.
- **Sistema:** Un sistema es una combinación de componentes que actúan conjuntamente y cumplen determinado objetivo.
- **Sistema de control de procesos:** Es un sistema de regulación automática en el que la salida es una variable como la temperatura, presión, flujo, nivel de líquido o pH. En estos sistemas con frecuencia se usan controles programados, el programa establecido puede consistir en elevar la temperatura a

un determinado valor durante un intervalo de tiempo definido y luego reducir a otra temperatura prefijada también durante un periodo pre determinado.

- **Sistema de control retroalimentado:** Es aquel que tiende a mantener una relación preestablecida entre la salida y alguna entrada de referencia, comparandolas y utilizando la diferencia como medio de control. La señal de error actuante, que es la diferencia entre la señal de entrada y la de retroalimentación, entra al controlador para reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado.

- **Solenoides:** Transductor que convierte una señal de corriente en movimiento lineal, a través del uso de uno o más electromagnetos que mueven un contacto metálico.

- **STEP 5:** Lenguaje de programación que se utiliza en los SIMATIC S5.

T

- **Tiempo real:** El término “tiempo real” está relacionado con el tiempo de respuesta, que es el tiempo que necesita un sistema para reaccionar ante una entrada determinada de datos. Para asegurar el control de determinada situación es necesario que el tiempo de respuesta sea lo más pequeño posible.

- **Tierra diatomácea:** Composición de alga marina unicelular microscópica, de concha silícea.

- **Transductores:** Son dispositivos utilizados para convertir parámetros físicos, tales como presión, temperatura, peso y flujo en señales eléctricas.

- **Transmisor:** Dispositivo que acondiciona y amplifica una señal eléctrica.

- **Tri-Blender:** Término en inglés utilizado para describir la disolución rápida de compuestos sólidos a través de un generador de turbulencia que está unido a un recipiente cónico. En la parte

superior del recipiente se introducen los sólidos y el generador de turbulencia interrumpe el paso de agua a través de una tubería para lograr la disolución.

- **Two-Tank System:** Sistema de dos tanques o sistema de alimentación continua. Consiste en utilizar solamente dos tanques para la producción de un lote, independientemente del tamaño de este. La característica principal de este sistema es que la alimentación de bebida a la siguiente etapa es constante, ya sea que provenga de un tanque o del otro.

V

-**Variable controlada:** Es la cantidad o condición que se mide y controla.

-**Variable manipulada:** es la cantidad o condición por el controlador, a fin de afectar la variable controlada.

- **Vástago:** Varilla o barra que transmite el movimiento.

- **Visualizador:** Presentación visual de una señal de texto descriptivo o valores del proceso.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ALLEN BRADLEY, Allen Bradley Company Inc. 1995. **MICROMENTOR, Descripción y Aplicación de los microautómatas programables.**
- [2] APV, Catalogo de válvulas 1995. **APV VALVES FOR ANY PROCESSING REQUIREMENTS.**
- [3] BERGER HANS, Siemens 1987. **Automatización con S5-115U.**
- [4] BRYAN LUIS – BRYAN ERICK, INDUSTRIAL TEXT, Second Edition, 1997. **PROGRAMMABLE CONTROLLER, Selected Applications.**
- [5] BRYAN LUIS – BRYAN ERICK, INDUSTRIAL TEXT, Second Edition, 1997. **PROGRAMMABLE CONTROLLER, Theory and Implementation.**
- [6] CHAPMAN STEPHEN, Mc Graw Hill 1985. **Electric Machinery Fundamentals.**
- [7] CONSIDINE Douglas M., P. E. Editoring Chief. Mc Graw Hill, inc., Cuarta Edición, 1993. **Process/Industrial Instruments and Control.**
- [8] CREUS ANTONIO, Alfaomega editores, Cuarta edición 1989. **Instrumentación Industrial.**
- [9] FINK Donald.- CHRISTIANSEN Donald, Mc Graw Hill, inc. Primera Edición, 1992. **Manual de Ingeniería Electrónica.**
- [10] KUO Benjamin C., Prentice Hall, inc. Quinta Edición, 1987. **Automatic Control Systems.**
- [11] MATAIX CLAUDIO, Editorial Harla, Segunda Edición 1982. **Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas.**
- [12] NEUBERT Benjamin W., Ediciones Alfaomega, S.A. de C.V., 1990. **Ingeniería Industrial Metodos, Tiempos y Movimientos.**

- [13] OGATA Katsuhiko, Prentice Hall, Hispanoamérica, S.A., Segunda Edición, 1993. **Ingeniería de Control Moderna.**
- [14] OMEGA, Volumen 28, 1992. **Omega Complete Flow and Level Measurement Handbook & Encyclopedia.**
- [15] OMEGA, Volumen 28, 1992. **Omega Complete Pressure, Strain & Force Measurement Handbook & Encyclopedia.**
- [16] ROCKWELL Automation, Allen-Bradley. Publicación 1746-2.35—Junio 1993. **Discrete Input and Output Modules.**
- [17] ROSEMOUNT INC. MEASUREMENT DIVISION, Fisher Rosemount Systems, Inc. 1996. **Comprehensive Product Catalog.**
- [18] SHEARER J. Lowen.- KULAKOWSKI Bohdan T., Macmillan Publishing Company, 1990. **Dynamic Modeling and Control of Engineering System.**
- [19] SIEMENS, Catalogo MP01 1991/92. **Catalogo de Transmisores Electrónicos para la medición de Presión, Flujo y Temperatura.**
- [20] SIEMENS, **Manual de Instrucciones del Medidor Magnético de Flujo 7ME2521.**
- [21] SIEMENS, Catalogo C73000-B5678-C75. **Manual de Instrucciones del Transmisor SITRANS P.**
- [22] SIEMENS, Catalogo ST 80.3, 1994. **Operator Control and Process Monitoring Products.**
- [23] SIEMENS, Catalog ST 52.3, 1993. **Simatic S5-115U, S5-115H, S5-115F Programmable Controllers.**
- [24] SIEMENS, Catalogo ST 71, 1995. **Supplementary Components.**
- [25] SILLIKER LABORATORIES GROUP, INC. Seminario Julio 1993. **Riesgos Microbiológicos en la Sanitización de Plantas Procesadoras de Alimentos.**

- [26] SME (Society of Manufacturing Engineers), Abril 1997. **Pasteurization for Juice Manufacturers.**
- [27] TETRA PAK RESEARCH & DEVELOPMENT AB, Catarina Eklund. Technical Bulletin August 28, 1992. **Tetra Alcip 100, Cleaning in Place Unit.**
- [28] THE OHMART CORPORATION, Rev.2 Form No. SDBV 1090, Cincinnati Ohio USA 1991. **Innovative Measure and Control.**
- [29] WAUKESHA CHERRY – BURREL, Catálogo de válvulas 1996. **Typical Waukesha Cherry Automatic Valve Models.**
- [30] INTERNET, <http://www.Siemens.com.au/spd/index.html/Standard> Products Industrial Automation.
- [31] INTERNET, <http://www.autom.dist.unige.lts>(Laboratory for Industrial Automation).

ANEXO I

Tabla A1

OPERACIÓN REALIZADA	TIEMPO 8,000	TIEMPO 16,000	TIEMPO 24,000	ORDEN*	OPERACIÓN ALTERNA	TIEMPO 8,000	TIEMPO 16,000	TIEMPO 24,000	ORDEN*
Op. 1 Etapa 1	3.17	3.17	3.17	00:00:00 00:03:10	Op. 1 Etapa 2	13.16	32.67	52.17	00:00:00 00:52:10
Op. 2 Etapa 1	1.5	1.5	1.5	00:03:10 00:04:40	Op. 2 Etapa 2	2.51	5.02	7.53	00:52:10 00:59:42
Op. 3 Etapa 1	1.16	2.31	3.47	00:04:40 00:06:40					
Op. 4 Etapa 1	—	—	—	—					
Op. 5 Etapa 1	—	—	—	—					
Op. 6 Etapa 1	6.34	6.34	6.34	00:06:40 00:09:58					
Op. 7 Etapa 1	8	8	8	00:09:58 00:17:58					
Op. 3 Etapa 2	10	10	10	00:59:42 01:09:42					
Op. 4 Etapa 2	—	—	—						
Op. 5 Etapa 2	—	—	—						

Tabla A2

PRINCIPIO DE OPERACIÓN (NIVEL)	COMPENSACIÓN	PRECISIÓN, RANGO DE MEDICIÓN Y ESTABILIDAD	PRESIÓN Y TEMPERATURA DE OPERACIÓN	INSTALACIÓN	VOLT. Y POT. DE OPERACIÓN	SEÑAL DE SALIDA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Ultrasónico: Emisión de impulso ultrasónico a una superficie reflejante y la recepción del mismo en un receptor. (Frec. de 50KHz)	Sensible a la densidad de los fluidos Compensación de temperatura Compensación a la formación de espuma	±0.25% en un rango de 25ft. o 7.6m desde la cara del sensor (2in. 51mm. min; 24ft. 7.3m. max.)	De -10 a +50PSIG (-0.689 a +3.45bar) Temp. del sensor: de -29°C a +71°C Temp. de la electrónica: de -40°C a +71°C	- Montaje desde la pared con soporte - Montaje desde el suelo con soporte - Montaje saliente desde la parte superior del tanque	120 Vac 50/60Hz 240 Vac 50/60Hz Pot. 5Watt máx.	Análoga de 4 a 20 mA máxima, con una carga de 250Ω aislada.	- No entra en contacto con el producto - Puede ser a prueba de explosión	- Espuma produce falsos ecos - Costo medio - Material de construcción PVC o Kynar - Partes en movimiento dentro del tanque afectan el funcionamiento
Presión Diferencial: Tomas de presión superior e inferior en el tanque. (diafragmas en contacto con el líquido)	Diafragma especial para fluidos con sólidos y tanques presurizados (membranas de sello). Temperatura	±0.25% del rango calibrado entre 0 y 1000 in de H ₂ O (0-248.6 Kpa) Estabilidad de ±0.25% del límite superior del rango durante 6 meses	-20 a 220 °F (-29 a 104 °C)	- Montaje a través de bridas para cada toma. - Montaje de rosca (no sanitario)	12 a 36 VDC sin carga 6 a 14 VDC	4 a 20 mA DC 1 a 5 VDC	- Alta precisión y confiabilidad - Altas temperaturas - Cumple con estándares sanitarios	- Costo medio - Necesidad de perforación en el tanque
Proximidad: Uno o varios sensores conectados a un transistor PNP que es excitado cuando el líquido moja los electrodos	Impedancia mínima del fluido 20MΩ/cm	Histeresis de 0.88cm en posición horizontal	30PSIG máx. Temp. -20°C a +85°F	- Montaje horizontal a través de brida - Montaje de rosca (no sanitario)	24 Vdc ±15% Pot. 1Watt máx.	Transistor PNP, 24Vdc a 0.3A con caída de 1.5V aprox.	- Campo de medida ilimitado - Cumple con estándares sanitarios	- Medición puntual - Necesita un retardo para impedir enclavamiento erróneo ante una ola de nivel

NOTA: Las especificaciones remarcadas corresponden al sensor que se utilizará en el diseño de automatización.

PRINCIPIO DE OPERACIÓN (FLUJO)	COMPEN-SACIÓN	PRECISIÓN, RANGO DE MEDICIÓN Y ESTABILIDAD	PRESIÓN Y TEMPERATURA DE OPERACIÓN	INSTALA-CIÓN	VOLT. Y POT. DE OPERACIÓN	SEÑAL DE SALIDA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Magnético: Basado en la aplicación de la ley de Faraday ($E=kBDV$)	Compensado contra variaciones en el perfil del fluido. Los fluidos deben tener una conductividad de $5\mu\Omega/m$	$\pm 0.5\%$ en un rango de 0 a 130.67 lt/min. Estabilidad de $\pm 0.1\%$ del rango durante seis meses	Sensor -20 a 350 °F (-29 a 177 °C) Transmisor -30 a 130 °F (-34 a 54 °C)	- Montaje en línea a través de bridas dependiendo del sentido del fluido	115 VAC $\pm 10\%$ 50 ó 60 Hz Consumo de potencia de 300 watts máximo	Analógica 4 – 20mA carga de 1000 Ω , con fuente interna o eterna. Frecuencia entre 0.0004 a 1000 Hz, con fuente externa de 5 a 24 VDC	- No tiene partes móviles en contacto con el fluido - Fácil mantenimiento - No necesita calibración periódica - Electrónica remota - Precisión con flujo lento - Estándar sanitario 3A	- Alto costo
Placa orificio: Diferencia de presiones en las tomas antes y después de la placa inmersa en la tubería.	Presión Temperatura	$\pm 0.075\%$ de un alcance entre 0 a 250in de H ₂ O (0 a 62.2 Kpa). Estabilidad de $\pm 0.1\%$ del rango durante 1 año	-40 a 185°F (-40 a 85°C) 0 psia a dos veces el rango del sensor con un máximo de 3,626 psia	En línea, con bridas y dos placas inmersas en la tubería para las tomas de presión.	7.5 a 35 VDC con una corriente promedio de operación de 8.5 mA	4 a 20 mA 8.5 mA fijos con una señal digital sobrepuesta	- Diseñado para manejar fluidos viscosos	- Costos de instalación - Costos en caso de mover el punto de medición - No es para aplicaciones sanitarias - Rango limitado
Vortex: Efecto Von Karman. La frecuencia con que se generan los vórtices que se crean cuando el fluido se parte por un cuerpo plano es directamente proporcional a la velocidad del fluido.	Efecto de la temperatura para la salida analógica $\pm 0.1\%$ del alcance de -40 a 185 °F (-40 a 85 °C)	Precisión para tubería de 2” de $\pm 0.65\%$ en un rango 30.13 a 987.96 lt/min para líquidos con número de Reynolds >20000 Estabilidad de $\pm 0.1\%$ del rango durante 1 año.	-40 a 185°F (-40 a 85°C) Bridas con clasificación ANSI, Clase 150, 300 y 600	En línea, conexión con bridas de acero inoxidable 316L, con requerimiento o especial de tubería aguas arriba y aguas abajo.	Fuente externa de 12 a 24 VDC Resistencia máxima de lazo de 500 Ω Consumo de Potencia: 1.15W	Salida de pulsos configurable entre 0 y 1KHz, con ancho de pulso variable, capaz de conmutar hasta 30VDC, 120mA	- Alta precisión e inmune a la temperatura - Procesamiento digital de señal - Transmisor electrónico a base de μP - No tiene partes móviles	- Costo medio - Requerimientos de tubería para instalación

Coriolis: Basado en la aplicación de la Segunda Ley del Movimiento de Newton ($F=m \cdot a$). Medidor de flujo másico.	Temperatura	$\pm 0.15\% \pm [(estabilidad\ del\ cero/razón\ de\ flujo \times 100)]\%$ en un rango de 0 a 13,600 Kg/h Repetibilidad de $\pm 0.05\% \pm [1/2(estabilidad\ del\ cero/razón\ de\ flujo \times 100)]\%$	-400 a 350 °F (-240 a 177 °C) Presión máxima de 1500 psi (103 bar)	Montaje en línea interrumpiendo una sección de la tubería	110/115VAC $\pm 10\%$, 47 a 64 Hz, 10W tip. 15W máx., fusible 250V/250mA. 220/230VAC $\pm 10\%$, 47 a 64 Hz, 10W tip. 15W máx., fusible 250V/125mA. 20 a 30 VDC, 6W tip. 14W máx., fusible 125V/1A	Analógica con fuente de potencia interna variable en intensidad de 4 a 20 mA o 0 a 20 mA. Aislada. Salida de frecuencia de 0-15V, configurable entre 0 y 10,000 Hz Salida de control 0-15V para representar dirección del flujo o falla.	- Alta precisión - No tiene partes móviles en contacto con el fluido - Señal de salida lineal - No requiere mantenimiento - Electrónica remota - Cumple con el estándar sanitario 3A [ref] - Diseñado para procesos industriales - Operación segura a altas presiones - Autodrenable y acepta C.I.P. [ref]	- Alto costo - Costos de instalación
--	-------------	---	---	---	--	--	--	---

NOTA: Las especificaciones remarcadas corresponden al sensor que se utilizará en el diseño de automatización.

PRINCIPIO DE OPERACIÓN (°BRIX)	COMPENSACIÓN	PRECISIÓN, RANGO DE MEDICIÓN Y ESTABILIDAD	PRESIÓN Y TEMPERATURA DE OPERACIÓN	INSTALACIÓN	VOLT. Y POT. DE OPERACIÓN	SEÑAL DE SALIDA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Nuclear: Determinación del grado con que el líquido absorbe la radiación procedente de una fuente de rayos gamma.	Temperatura Linealización de la señal de salida Reajuste de la pérdida de actividad de la fuente de radiación.	$\pm 1\%$ del rango	-30 a 130 °F (-34 a 54 °C)	Sujetado a la línea por donde pasa el fluido.	115/230 VAC $\pm 10\%$ 50 a 60 Hz	Analógica 4 a 20 mA DC	- No tiene contacto con el proceso.	- Influido por aire o gases disueltos. - Alto costo inicial - Necesidad de inspecciones periódicas por la seguridad de la radiación. - No puede utilizarse en la industria alimenticia.

<p>Coriolis: Basado en el principio de una masa colgando de un resorte. La relación entre la densidad y la frecuencia de vibración puede cuantificarse.</p>	<p>Temperatura</p>	<p>±0.002 gr/cc en un rango de 0 a 136 Kg/min. Estabilidad de cero de 0.014 Kg/min.</p>	<p>-400 a 350 °F (- 240 a 177 °C) Presión máxima de 2250 psi (155 bar)</p>	<p>En línea a través de bridas interrumpiendo la tubería.</p>	<p>110/115VAC ±10%, 47 a 64 Hz, 10W tip. 15W máx., fusible 250V/250mA. 220/230VAC ±10%, 47 a 64 Hz, 10W tip. 15W máx., fusible 250V/125mA. 20 a 30 VDC, 6W tip. 14W máx., fusible 125V/1A</p>	<p>Analógica con fuente de potencia interna variable en intensidad de 4 a 20 mA o 0 a 20 mA. Aislada. Salida de frecuencia de 0-15V, configurable entre 0 y 10,000 Hz Salida de control 0-15V para representar dirección del flujo o falla.</p>	<p>- Alta precisión - No tiene partes móviles en contacto con el fluido - Señal de salida lineal - No requiere mantenimiento - Electrónica remota - Cumple con el estándar sanitario 3A [ref] - Diseñado para procesos industriales - Operación segura a altas presiones - Autodrenable y acepta C.I.P. [ref]</p>	<p>- Alto costo - Costos de instalación.</p>
--	---------------------------	--	---	---	---	---	---	--

NOTA: Las especificaciones remarcadas corresponden al sensor que se utilizará en el diseño de automatización.

PIN	OCUPACIÓN
1	Alimentación 5 V
2	Línea de medida 5 V
3	Masa
4	
5	
6	Señal rectangular A-N (5 V)
7	Señal rectangular A (5 V)
8	Alimentación 24 V
9	Señal rectangular B (5 V)
10	Señal rectangular B-N (5 V)
11	Impulso de referencia R (5V)
12	Impulso de referencia R-N (5V)
13	Señal rectangular A (24 V)
14	Señal rectangular B (24 V)
15	Impulso de referencia R (24V)

Tabla A3

ANEXO

II

PASTEURIZADOR DE PLACAS

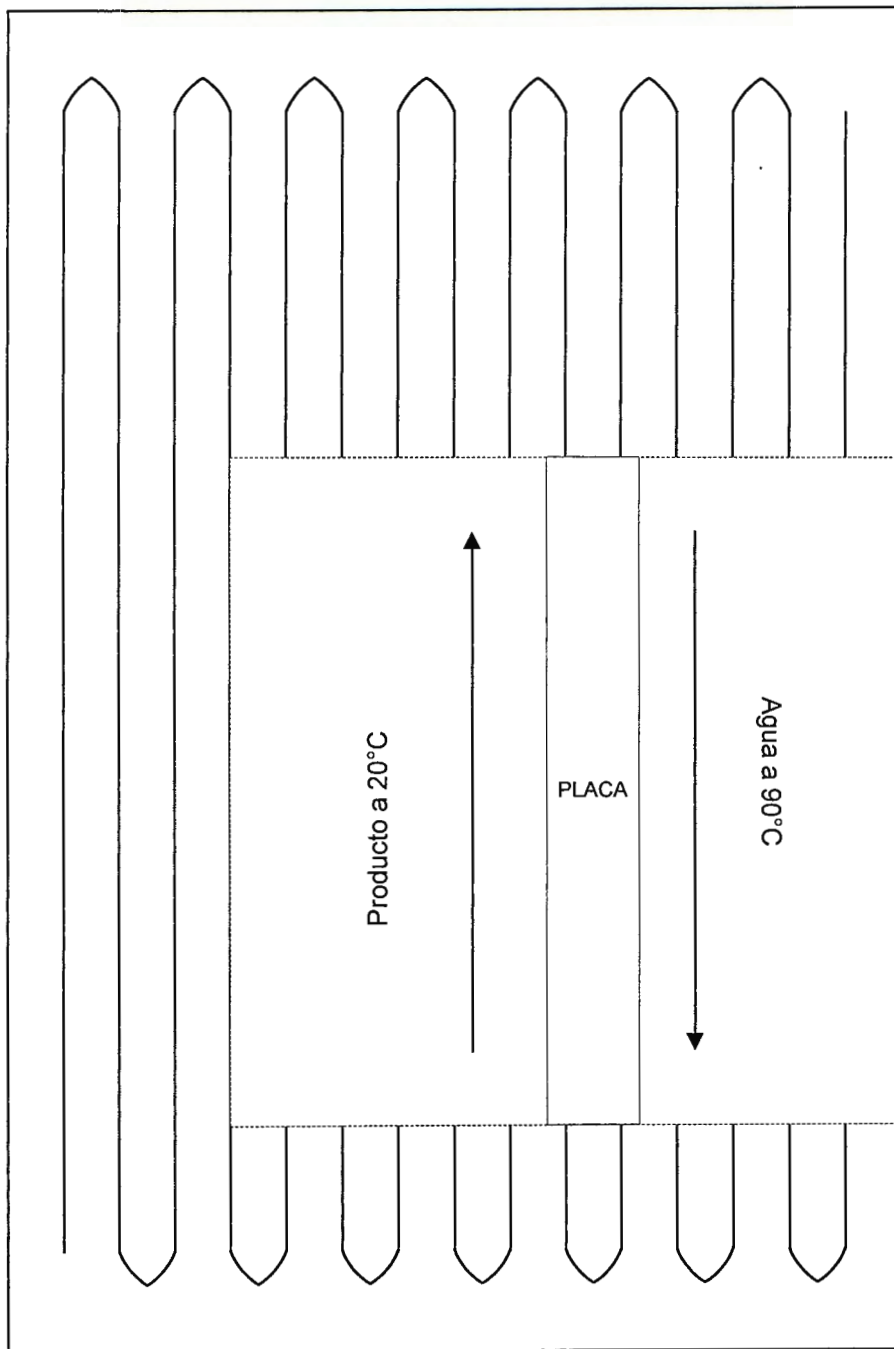


Figura A1

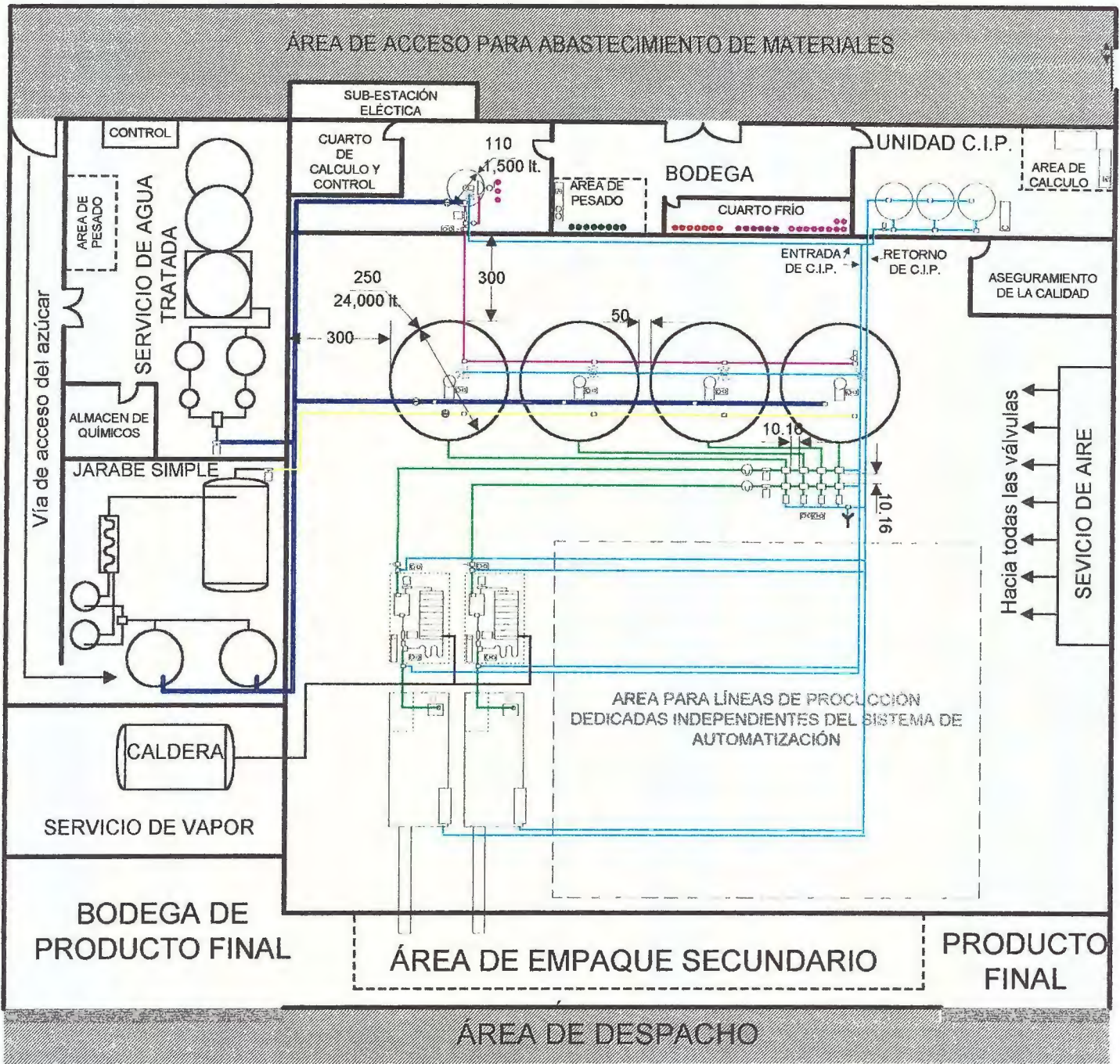


Figura A2

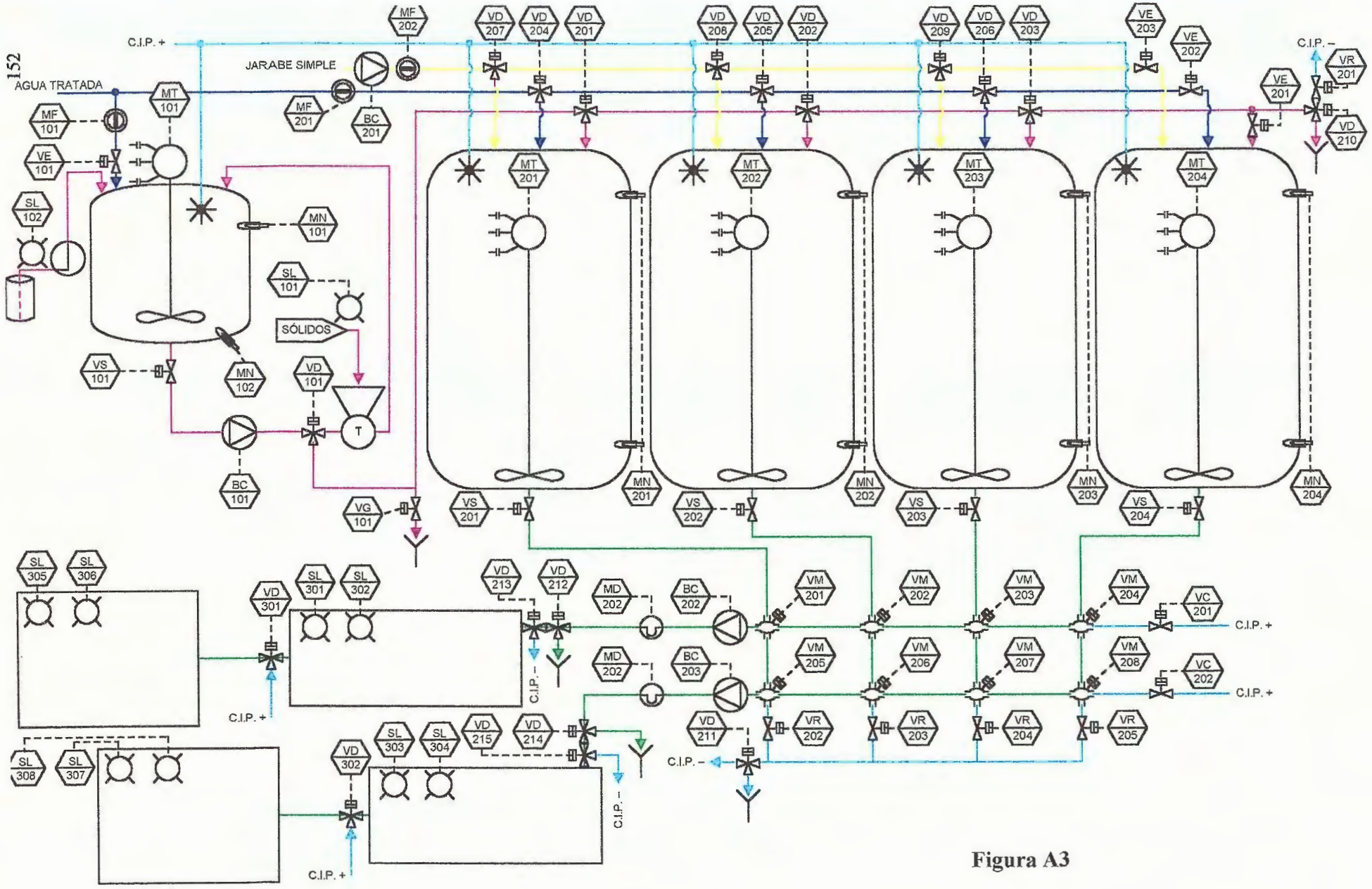


Figura A3

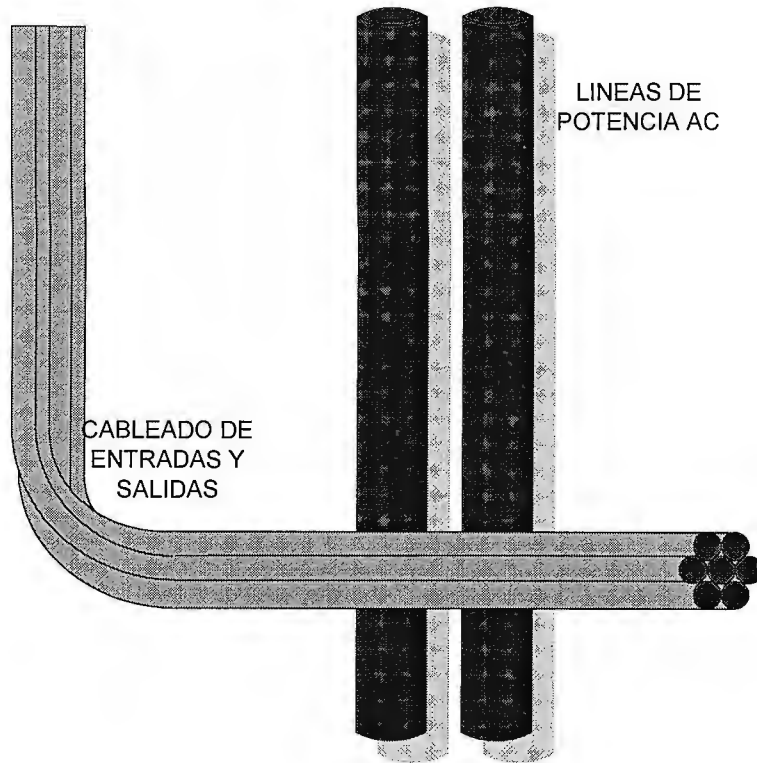


Figura A4

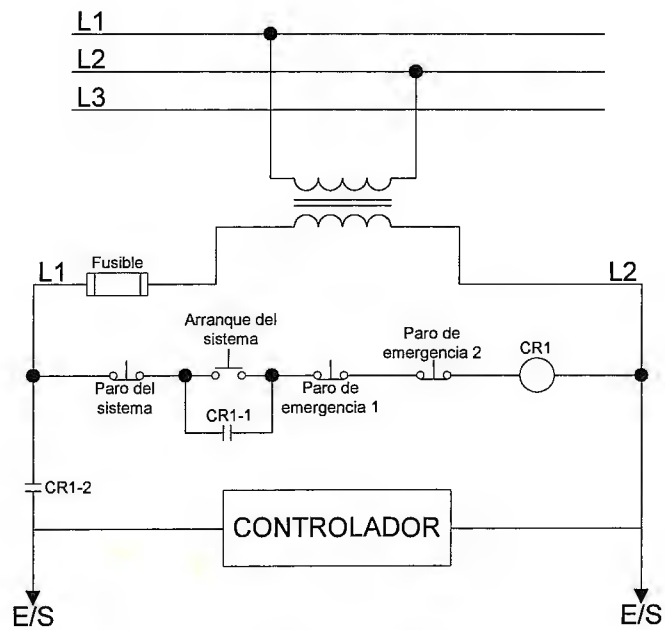


Figura A5

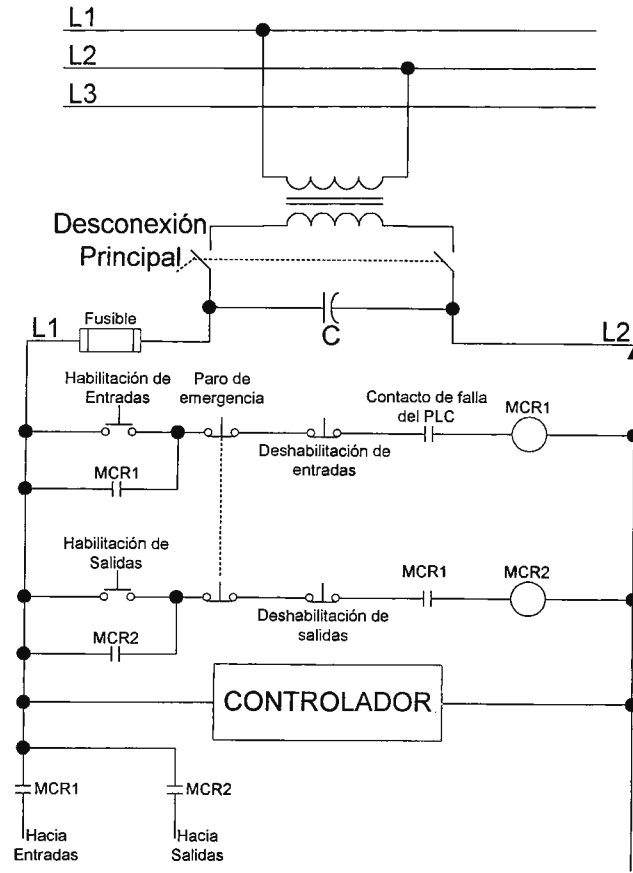


Figura A6

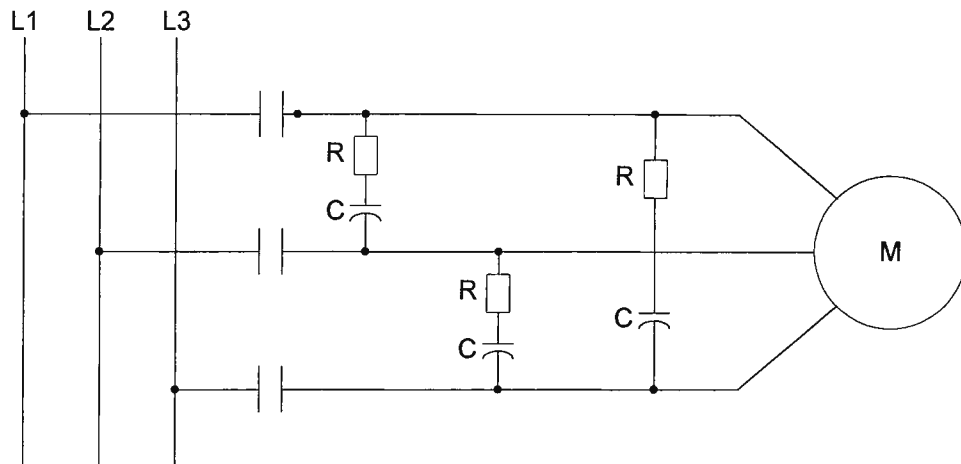


Figura A7

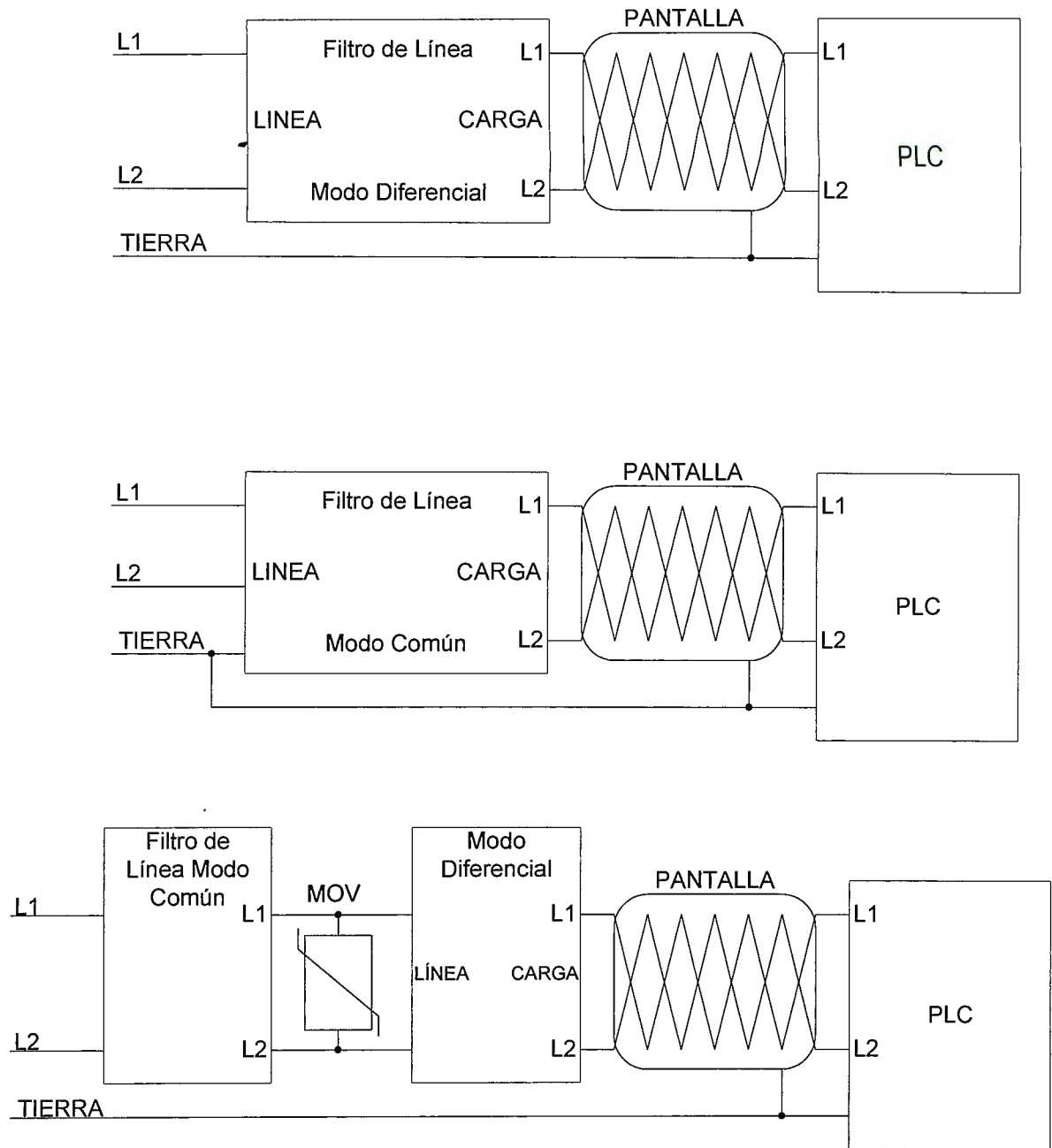
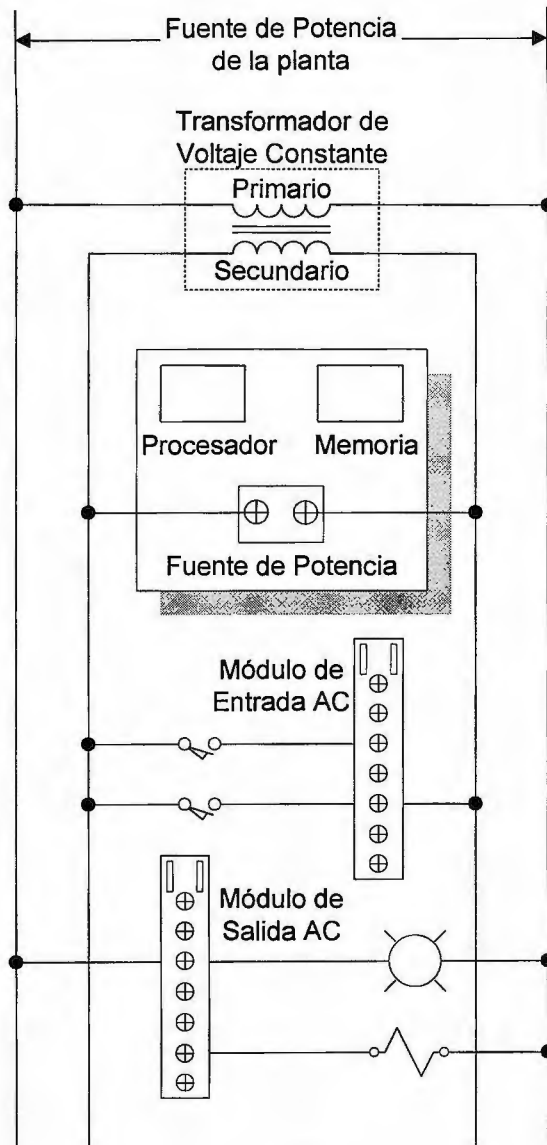


Figura A8

**Figura A9**

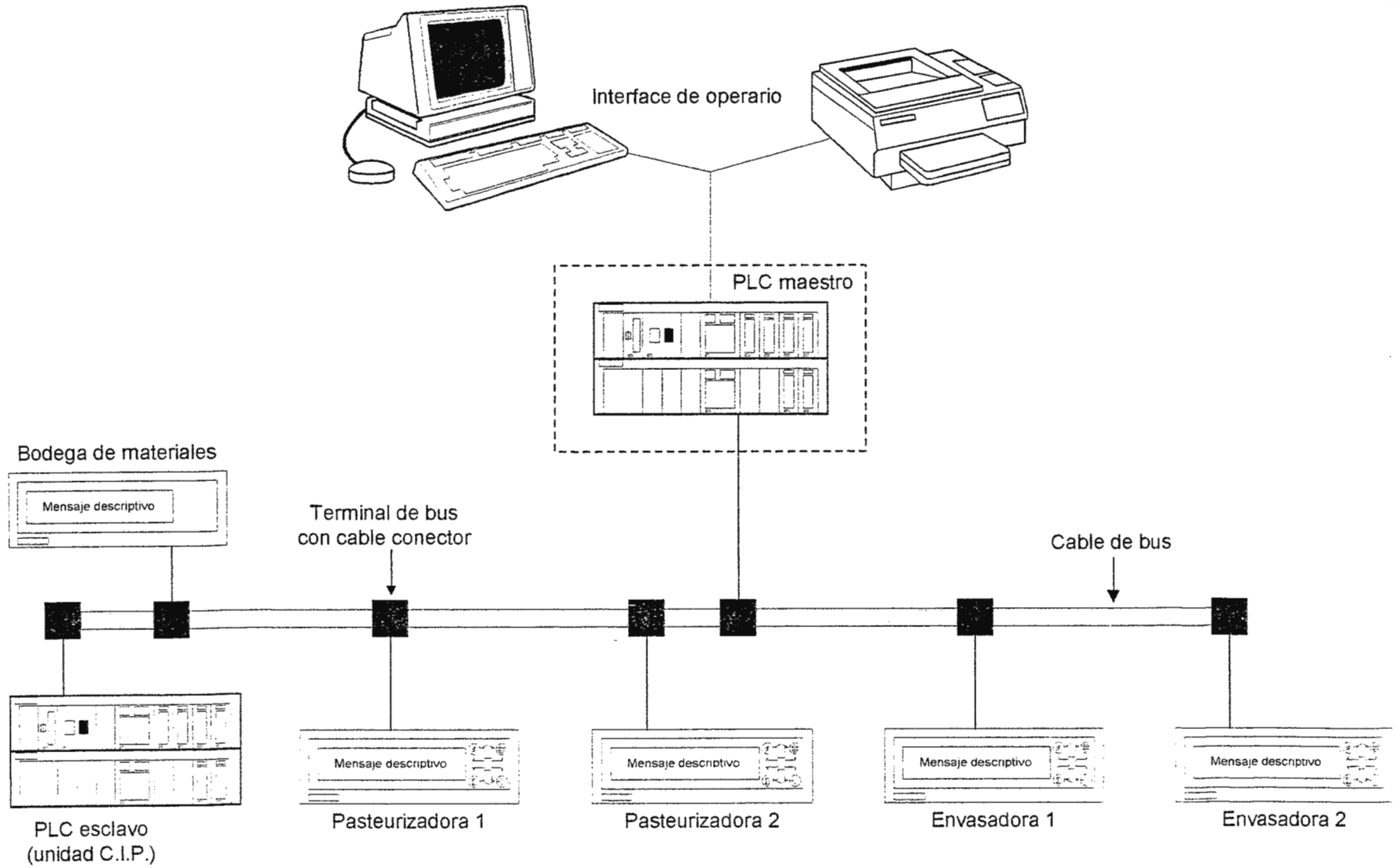


Figura A10

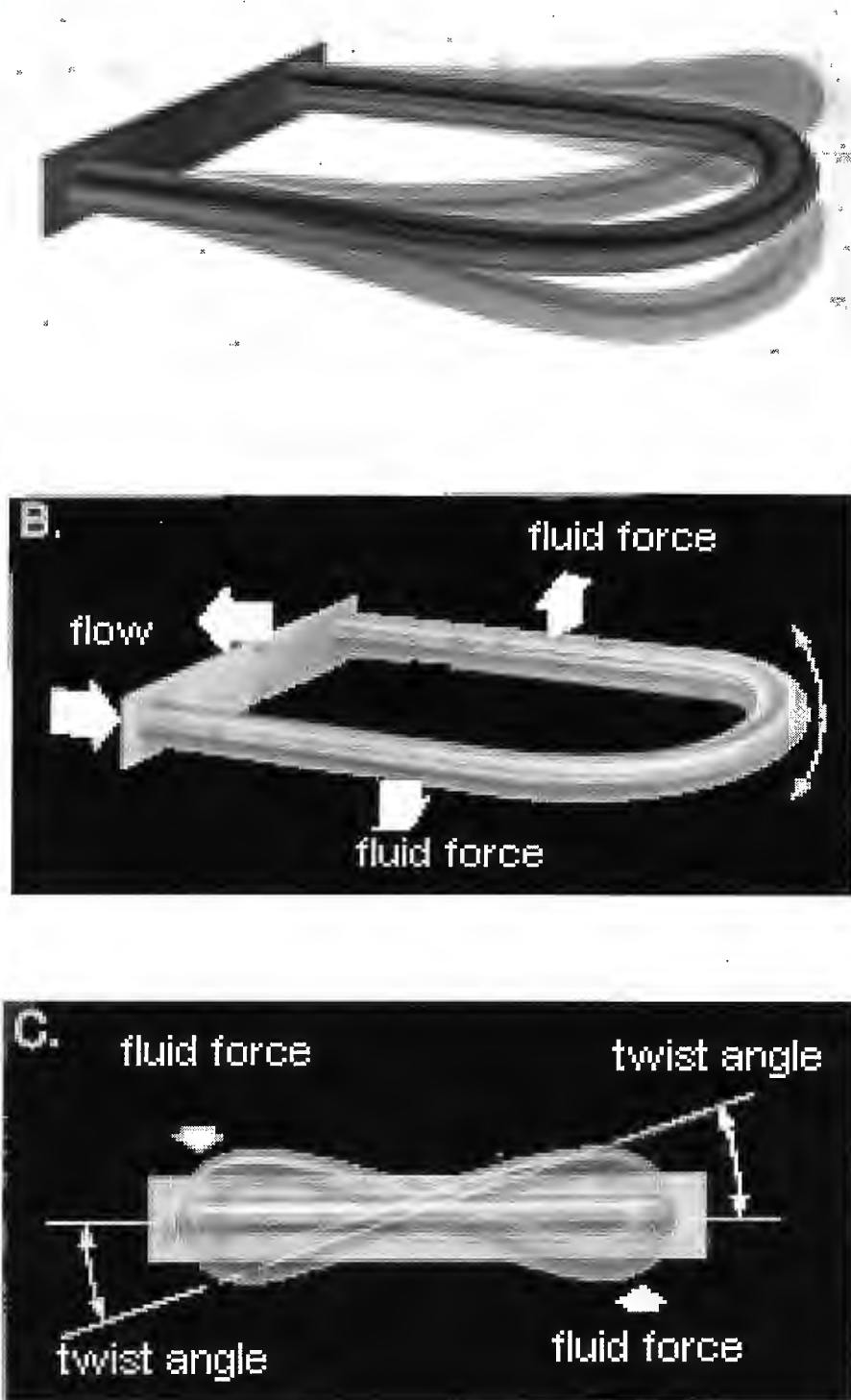


Figura A11

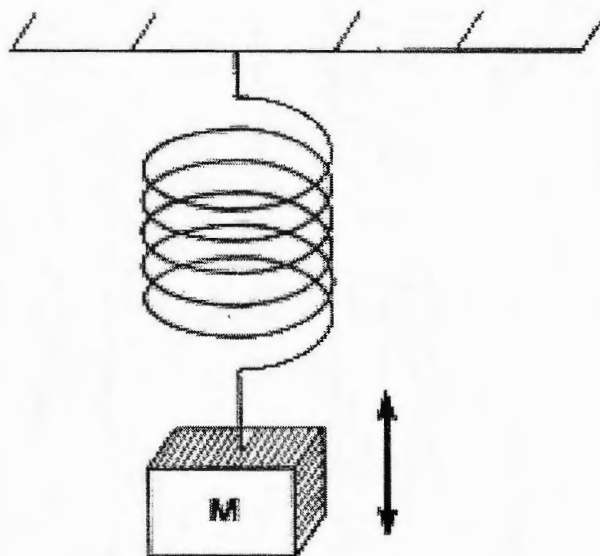
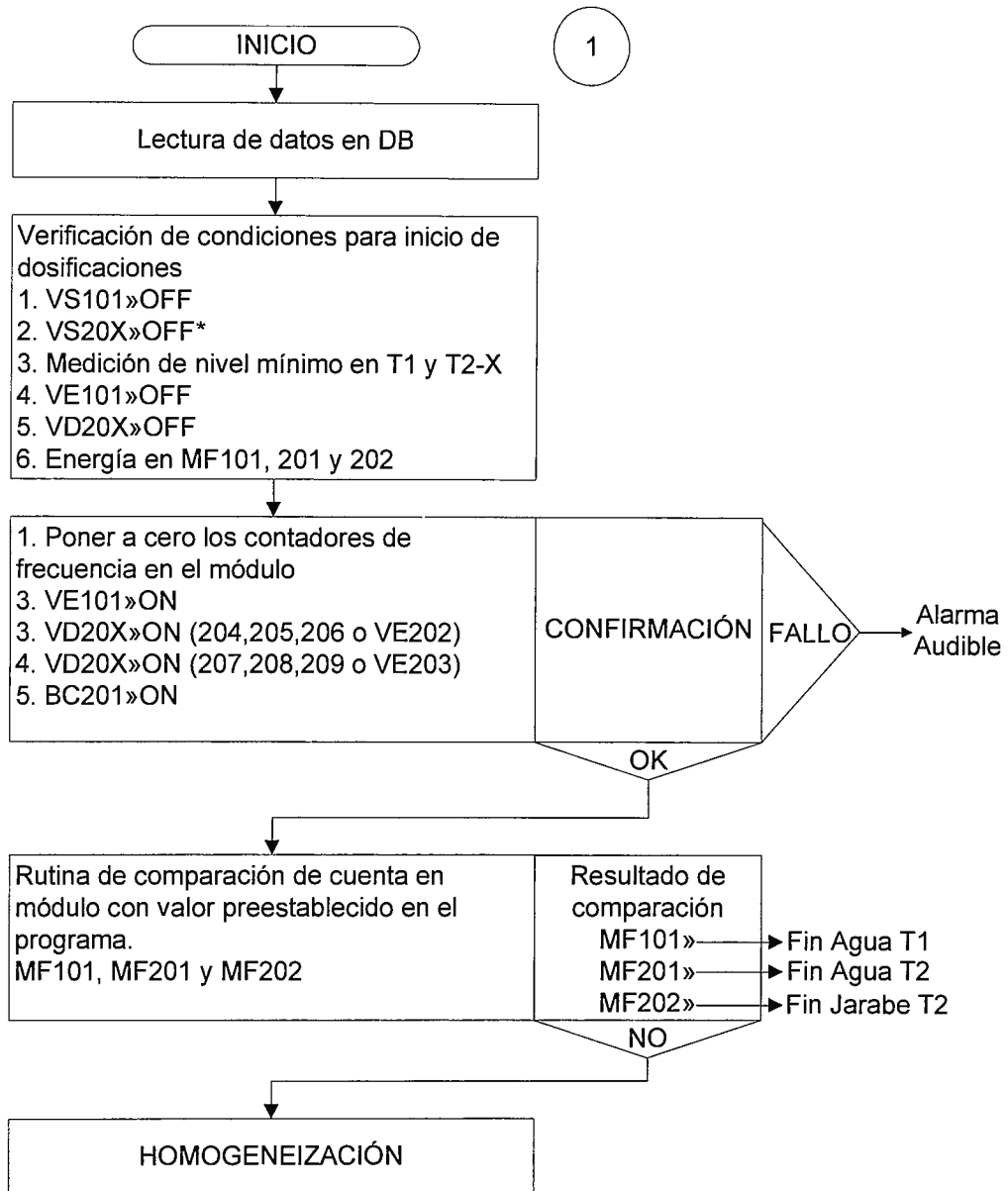


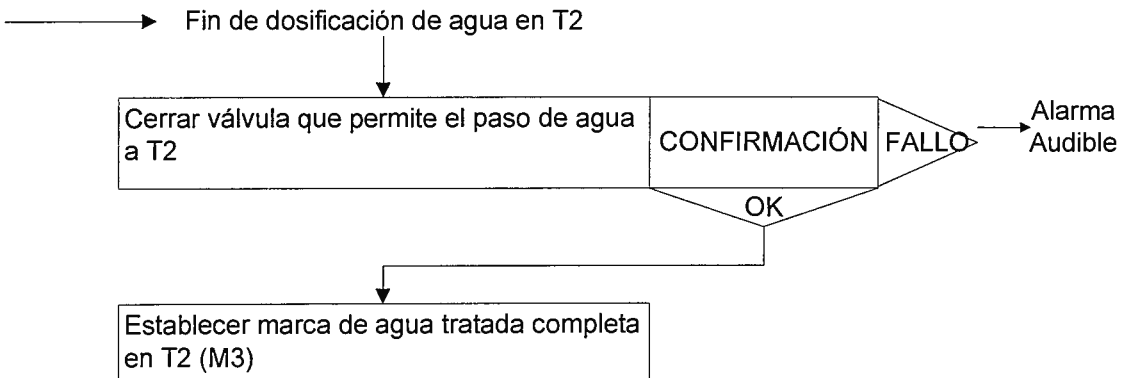
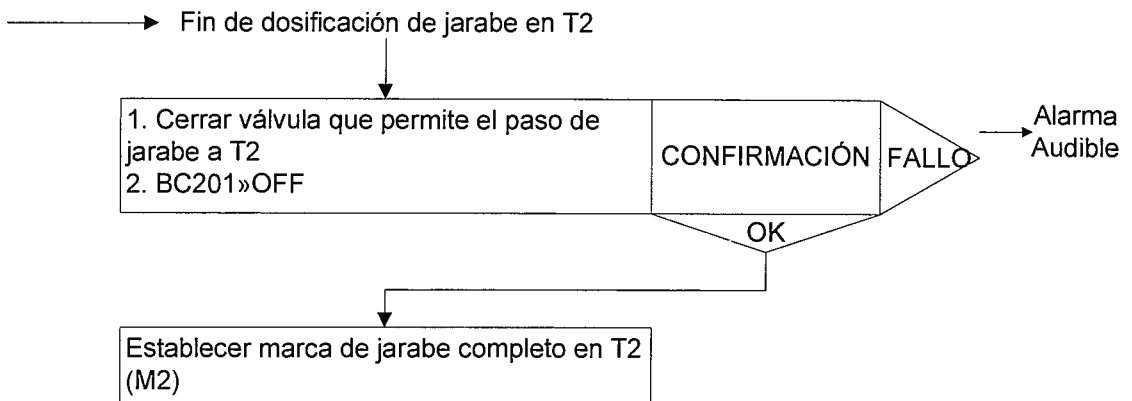
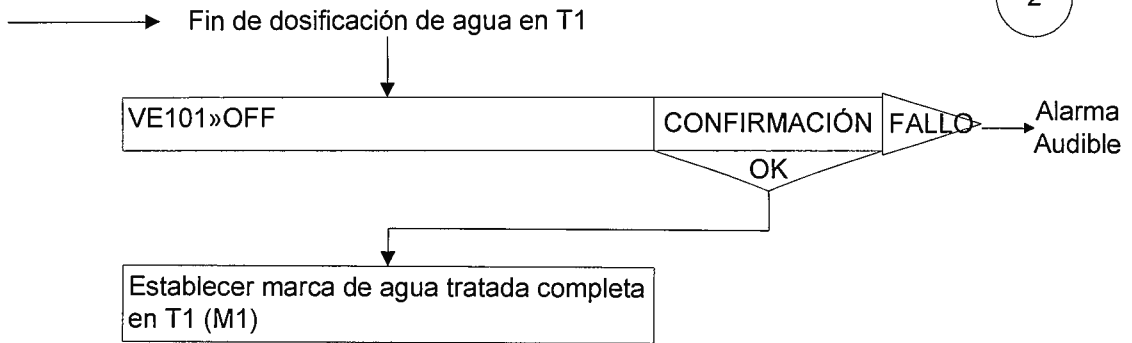
Figura A12

ANEXO

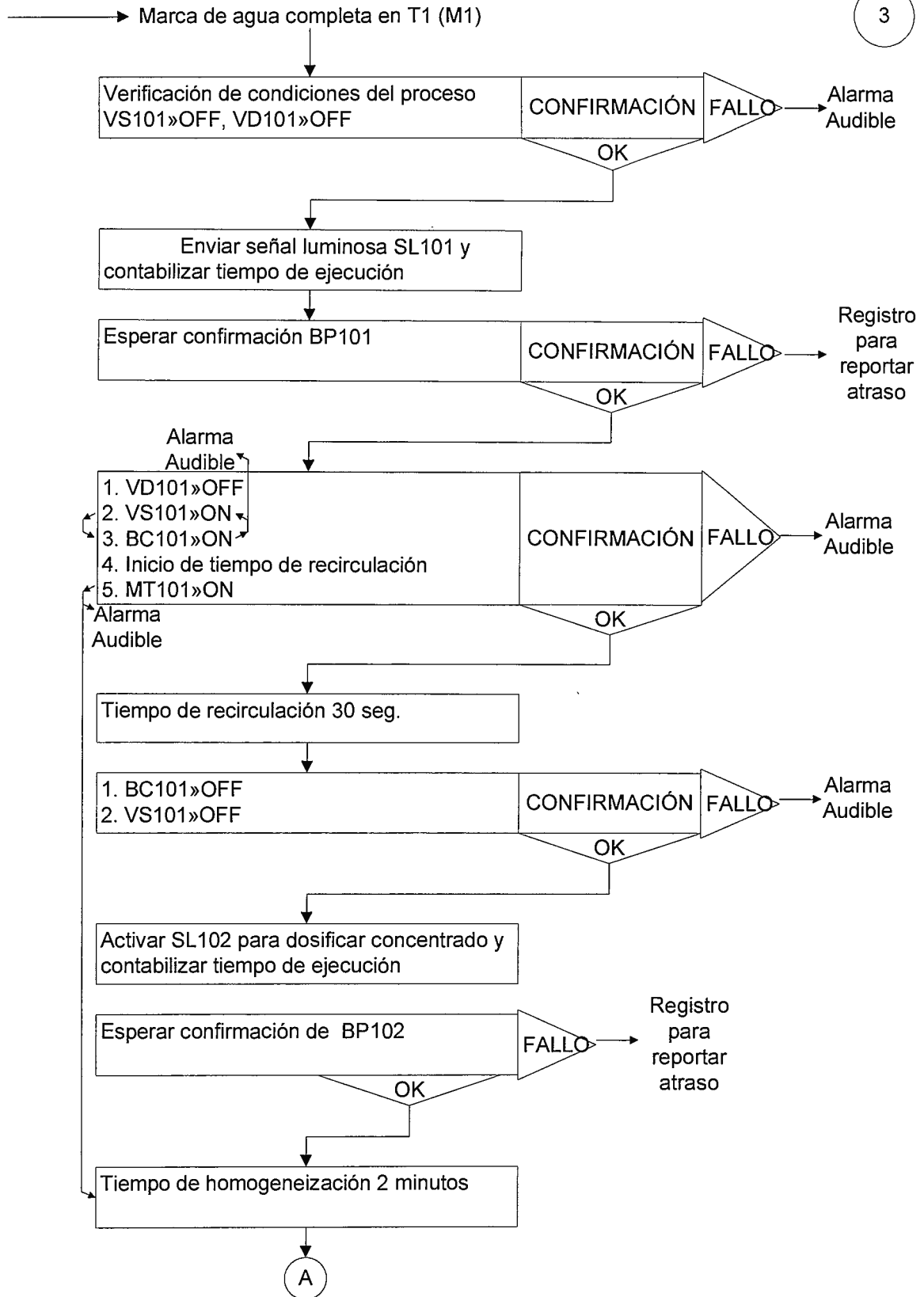
III



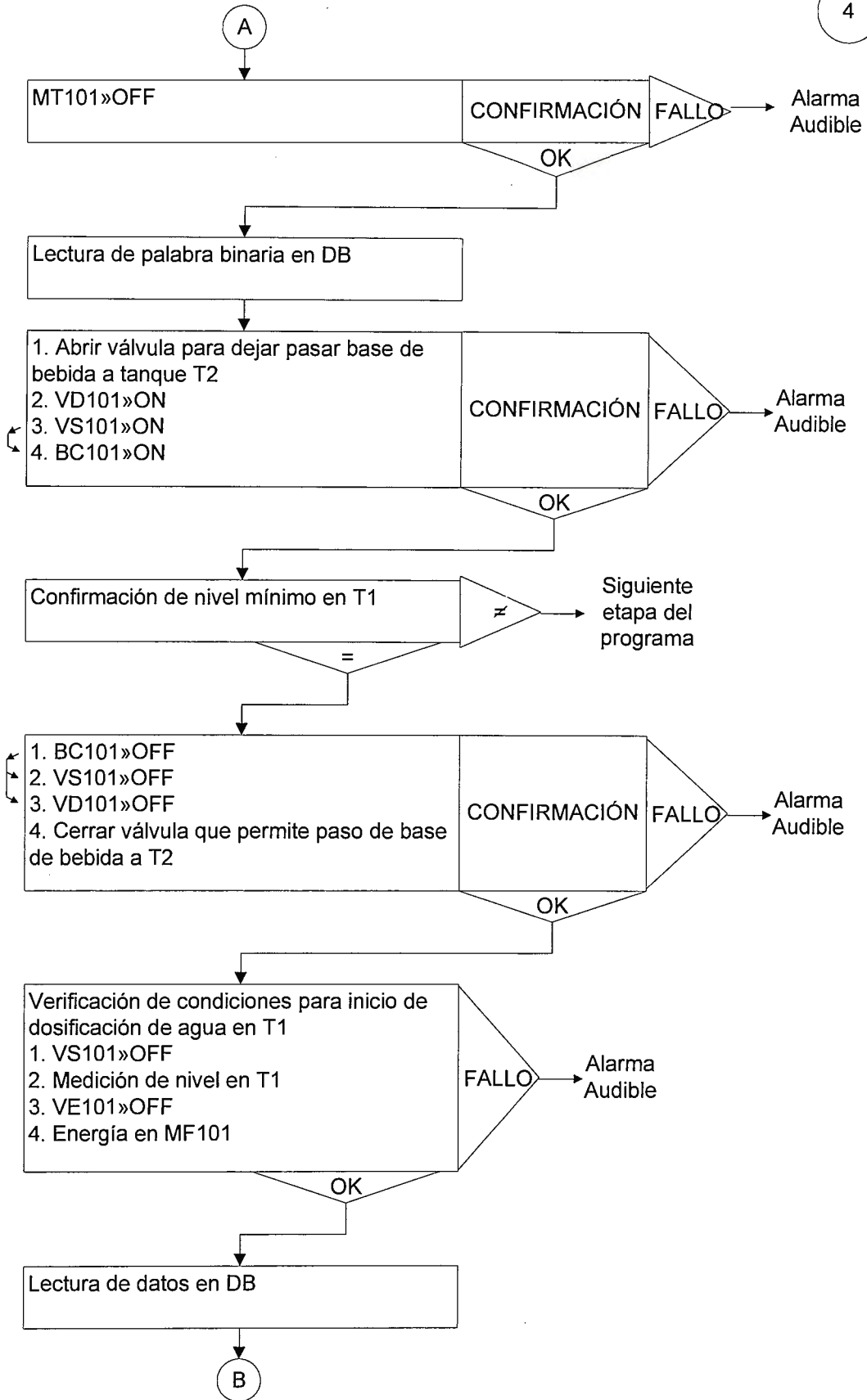
2

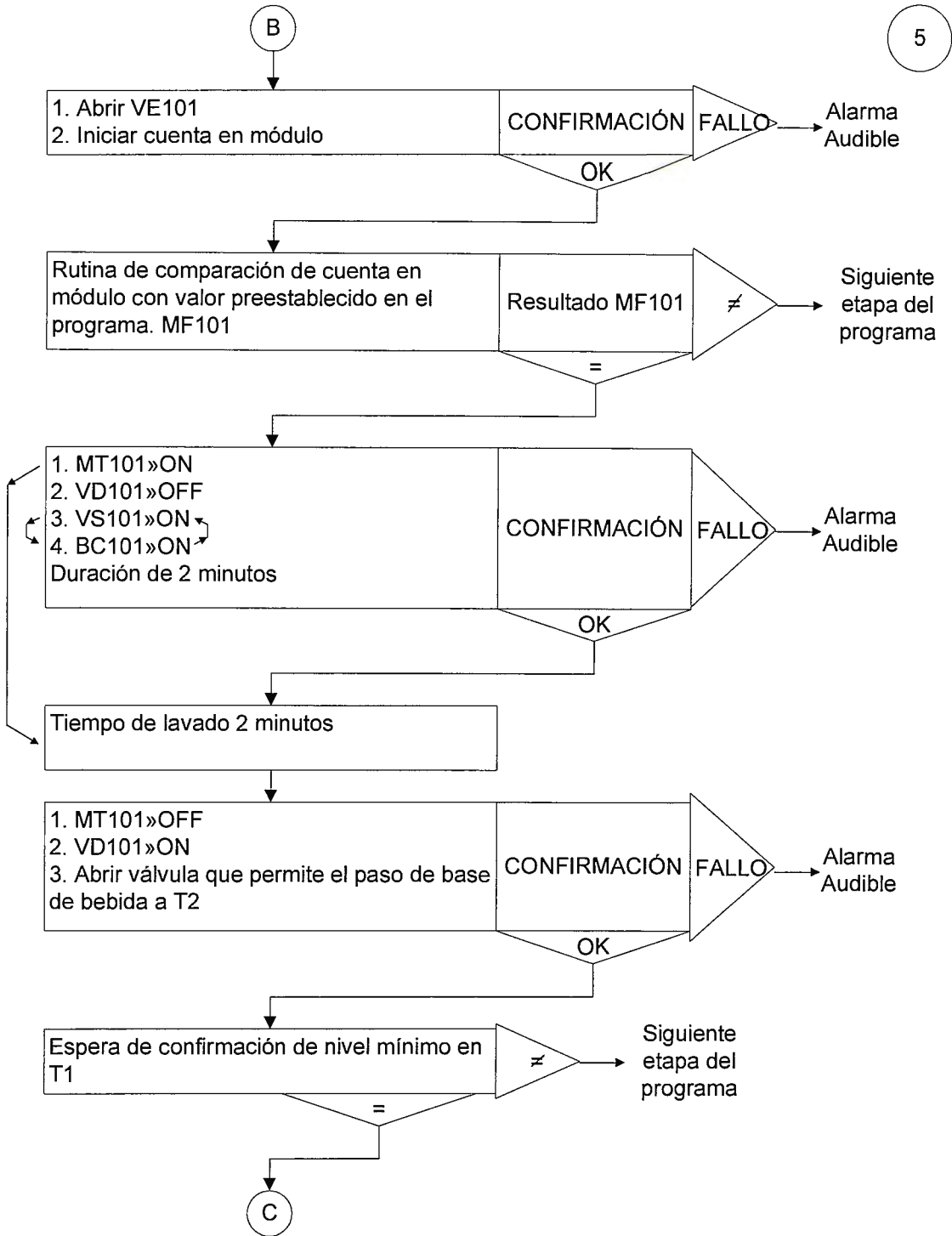


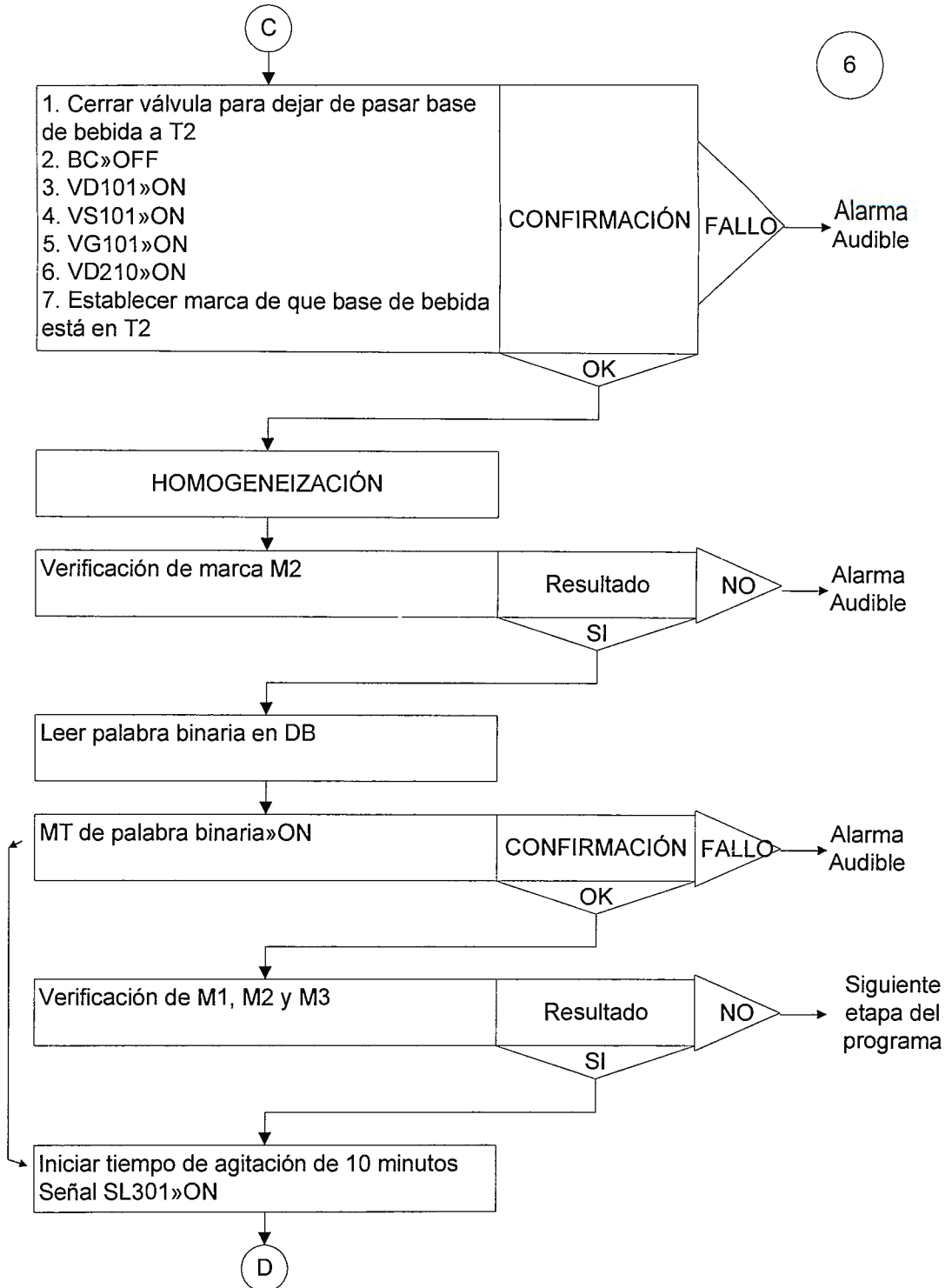
3

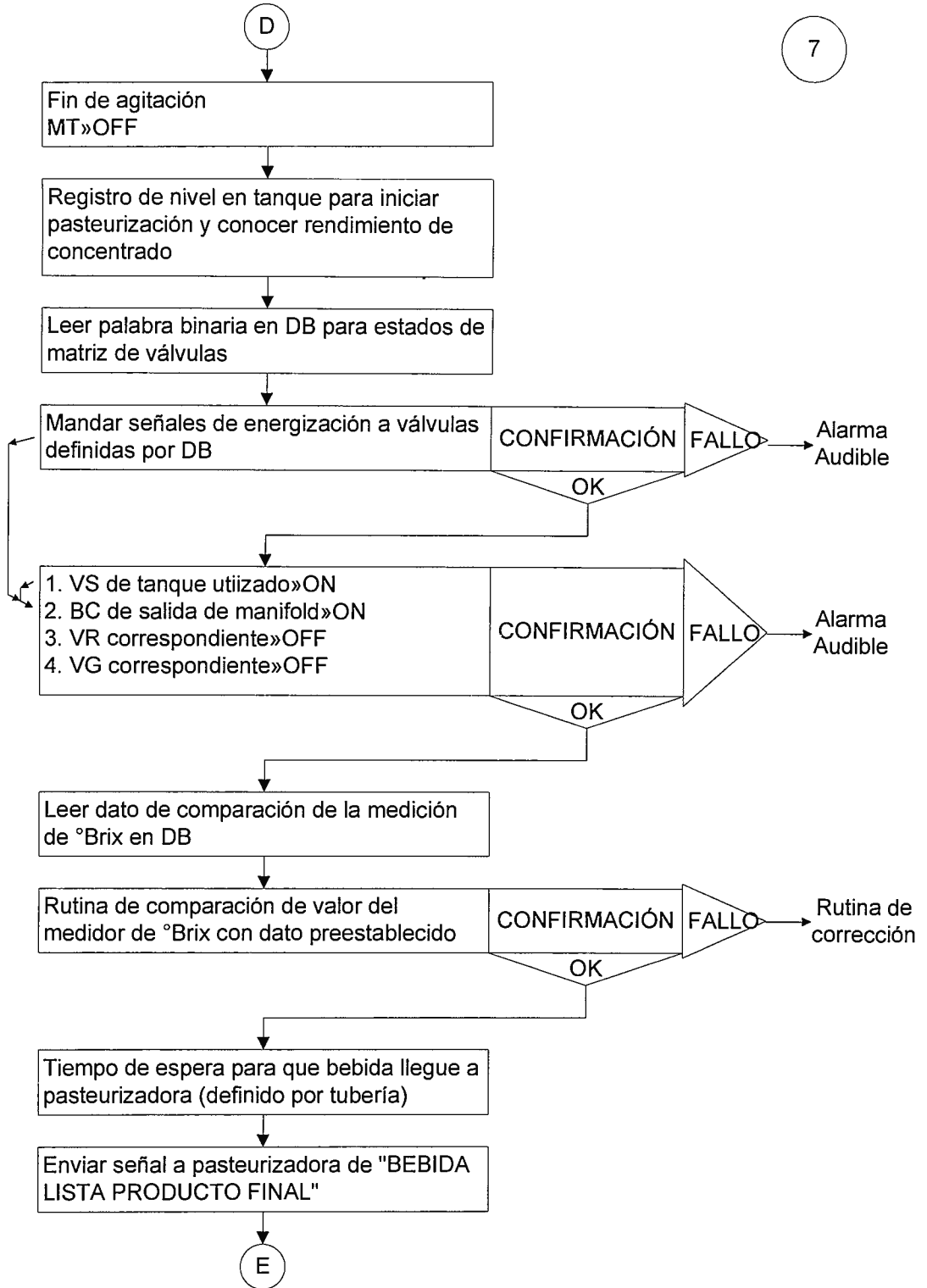


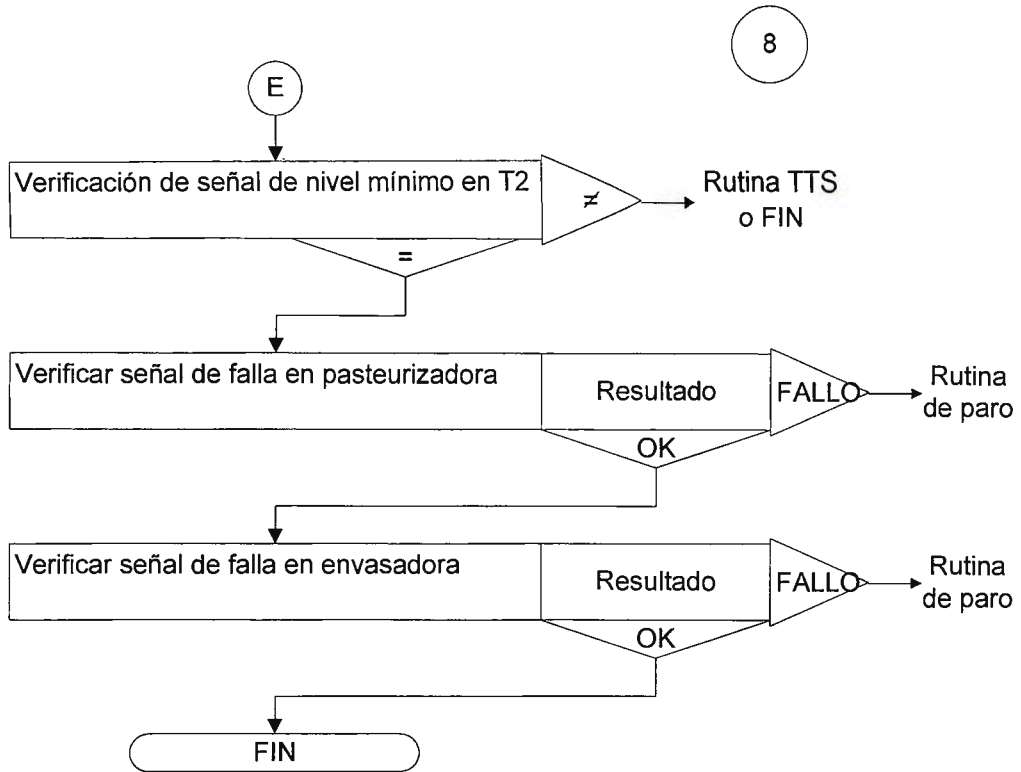
4











ANEXO

IV

LÍNEAS GUÍAS PARA INSTALACIONES CON ALTA INMUNIDAD AL RUIDO

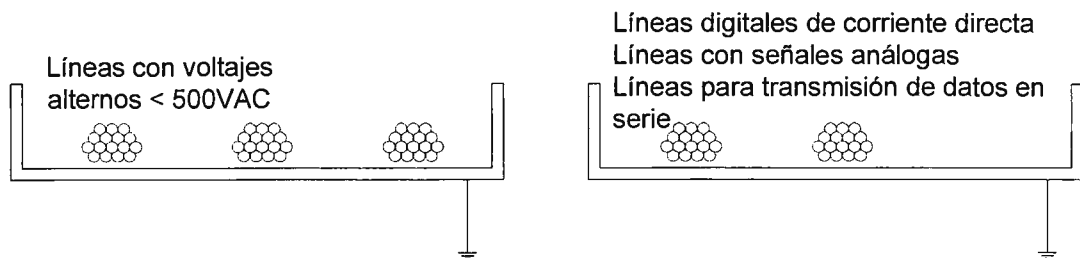
(Fuente: DIN)

➤ Líneas de señales digitales y análogas.

Las líneas que transportan señales digitales de corriente directa y los cables apantallados con señales analógicas no deben ser instalados aparte.

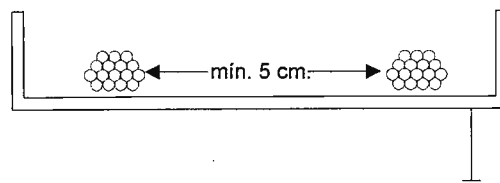
➤ Separación entre líneas con señales y líneas con voltajes de potencia <500VAC.

Las líneas que transportan señales digitales de corriente directa y los cables apantallados con señales analógicas deben instalarse preferiblemente en canaletas separadas de los cables con voltajes de hasta 500VAC.

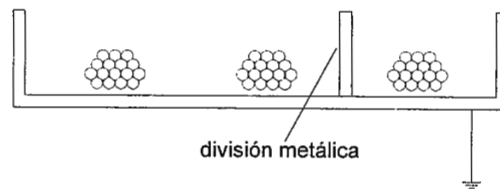


Si los cables deben ser instalados en la misma canaleta, existen las siguientes posibilidades:

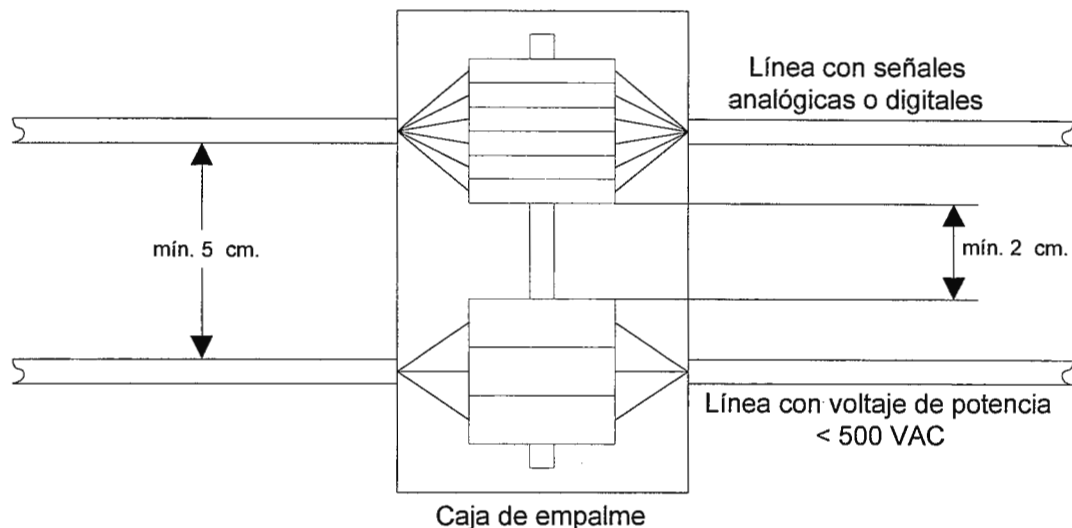
- Debe observarse una distancia mínima de 5 cm.



- Deben separarse los grupos de cables mediante una placa metálica. La canaleta y la placa divisora deben estar conectadas de manera que conduzcan la electricidad (por razones de interferencia y protección contra rayos).



- Las líneas con señales deben estar separadas de los cables de alta tensión (<math><500\text{VAC}</math>), en la medida posible, mediante diferentes cajas terminales. Por lo menos los bornes conectados a cada fuente de alimentación deben ubicarse en sitios distintos, y los terminales en las cajas de empalme deben tener una distancia mínima entre sí de 2 cm.



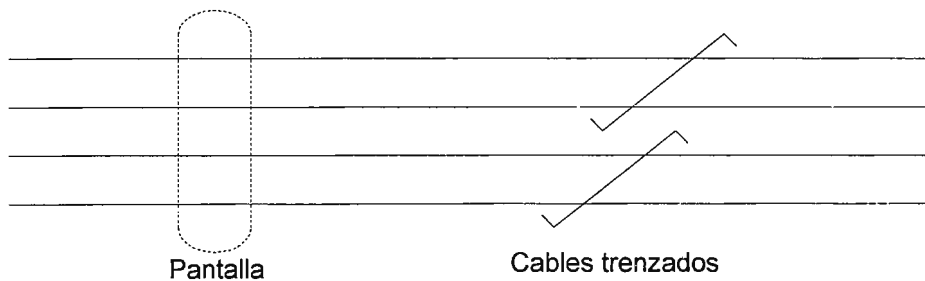
➤ Separación entre líneas con señales y líneas con voltajes de potencia <math><500\text{VAC}</math>.

Las líneas con señales digitales, señales analógicas y cables para la transmisión de datos deben estar separados de los cables de alto voltaje >500VAC a 1000VAC, por una distancia mínima

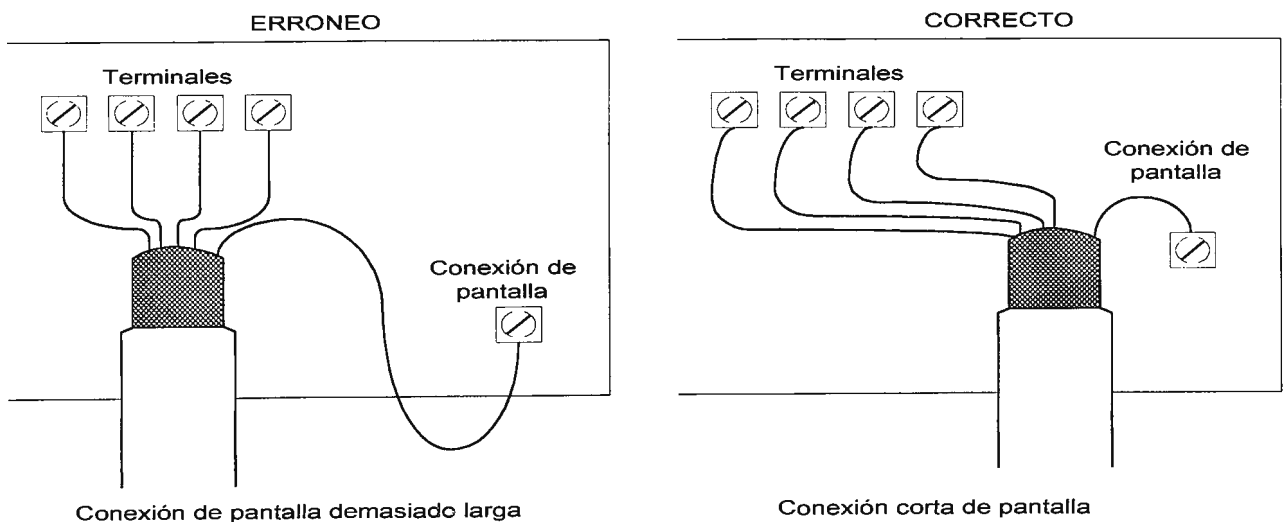
de 10 cm. Los cables con tensiones mayores de 1 KVAC deben separarse una distancia mayor de 30 cm.

➤ **Cables para la transmisión de datos (Serie y paralelo).**

Los cables para la transmisión de datos pueden instalarse junto con las líneas de señales digitales y analógicas. Las instrucciones para la instalación con respecto a cables de voltajes de potencia son idénticas a las que se mencionan anteriormente para las líneas de señales digitales y analógicas. Si los diagramas de conexión lo requieren, los pares de cables deben ser trenzados.



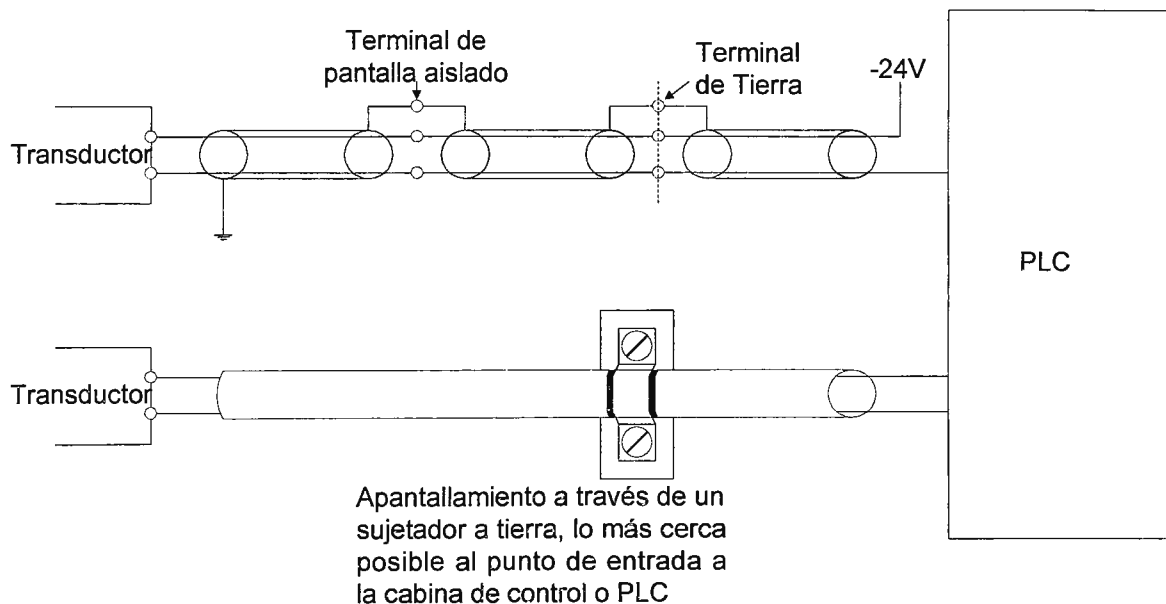
Deben utilizarse los cables especificados por las instrucciones del fabricante. Si no existen especificaciones al respecto, utilice cables con pantalla de cobre trenzado. Conecte la pantalla a la menor distancia posible, tal como se muestra en la figura.



Debe tomarse cuidado en asegurarse de que los cables sin pantalla no se instalen paralelamente a las líneas con interferencia.

➤ **Cableado dentro de la planta para aparatos de medición.**

- Si la pantalla se conecta a ambos lados, un conductor nivelador de voltaje debe ser provisto, especialmente en el caso de grandes distancias o fuentes de potencia distintas.
- Si se utiliza un apantallamiento capacitivo, la pantalla no debe aterrizarse (pantalla conectada al terminal apropiado). En este caso no se necesita el conductor para nivelar el voltaje.



➤ **Cables para motores.**

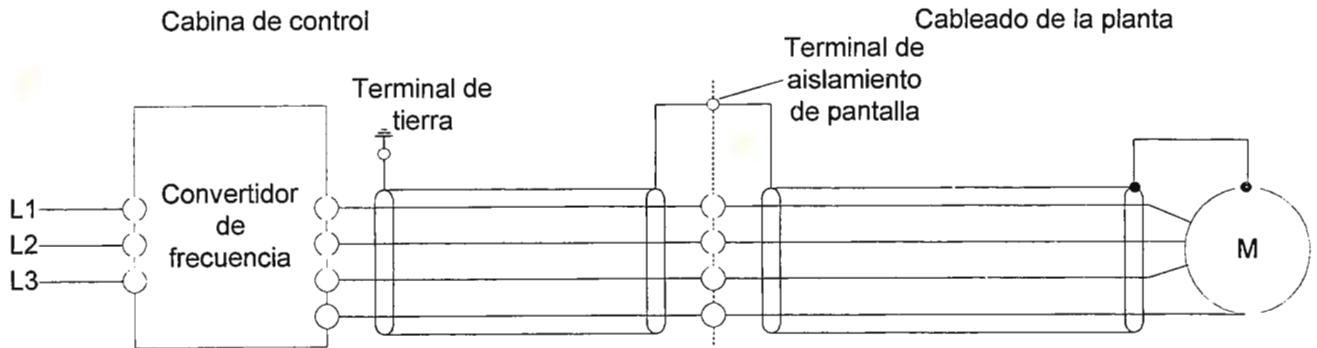
Los cables de motores que presentan niveles altos de interferencia provienen de:

- Convertidores de frecuencia.
- Rectificadores.
- Arrancadores lentos.

- Controladores de motores DC con interruptores.

Todos ellos deben instalarse apantallados. La pantalla debe conectarse lo más cerca posible a tierra en el extremo de la cabina de control.

Algunos fabricantes demandan que la pantalla se conecte a ambos lados, lo cual es difícil de lograr en la caja de los terminales del motor. El no tomar en cuenta esta instrucción resulta en un nivel más alto de interferencia de radio frecuencia, lo cual es normalmente aceptable en ciertas aplicaciones.



En el lado del motor, la pantalla debe conectarse lo más cerca posible del chasis (conexión a tierra). Si la pantalla se conecta a tierra solamente en el lado de la cabina de control, pueden causarse altas emisiones. Si las líneas del motor están interrumpidas (por circuitería de seguridad), la pantalla debe estar alambrada sobre estos elementos lo más corto posible. Si esta recomendación no se puede implementar, la pantalla puede conectarse en algunos casos al chasis en ambos lados, ya que solo deben bloquearse los daños causados por la radiación.