

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE ALMACENAJE Y DISTRIBUCIÓN DE
COMBUSTIBLES, DIÓXIDO DE CARBONO Y SODA CÁUSTICA

Trabajo de graduación presentado por José Rodrigo Vaides Iten
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecatrónica

Guatemala

2012

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE ALMACENAJE Y DISTRIBUCIÓN
DE COMBUSTIBLES, DIÓXIDO DE CARBONO Y SODA CÁUSTICA**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



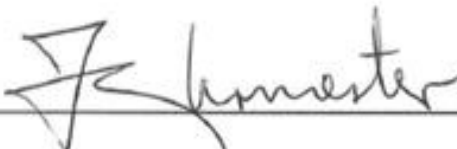
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE ALMACENAJE Y DISTRIBUCIÓN DE
COMBUSTIBLES, DIÓXIDO DE CARBONO Y SODA CÁUSTICA

Trabajo de graduación presentado por José Rodrigo Vaides Iten
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecatrónica

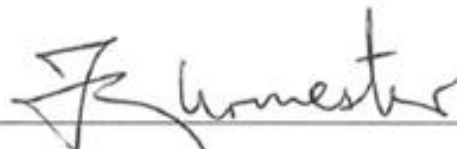
Guatemala

2012


VoBo.:

(f) 
Ing. Juan Carlos Burmester

Tribunal Examinador:

(f) 
Ing. Juan Carlos Burmester

(f) 
MSc. Carlos Esquit

(f) 
Ing. Roberto Delgado

Fecha de aprobación: Guatemala, 20 de junio de 2012

PREFACIO

La idea de realizar un sistema de distribución automática para combustibles, Dióxido de carbono y Soda Cáustica surgió al momento de realizar las prácticas profesionales.

En la empresa donde se llevaron a cabo las prácticas, se tuvieron varios casos en los cuales por descuido de los operadores, hubo derrames y otros problemas relacionados con la distribución de estos productos, que hicieron necesaria la automatización del sistema de distribución.

De esta forma, surgió la oportunidad de llevar a cabo el proyecto, como parte del trabajo que se realizaría durante el periodo de las prácticas.

Debido a la magnitud del proyecto, es necesario que una vez realizado el diseño, se tomen en cuenta factores económicos para decidir si el proyecto se llevará a cabo. Por esta razón, este trabajo se desarrolló únicamente en la fase del diseño.

Agradezco a los Ingenieros Juan Carlos Burmester y a Marcos Mack por su ayuda y asesoría durante el desarrollo del proyecto, y al Ingeniero Cesar Martinez, por haberme brindado la oportunidad de realizar el proyecto.

Contenido

PREFACIO.....	iv
LISTA DE TABLAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN	2
III. OBJETIVOS	3
IV. MARCO TEÓRICO	4
A. Combustibles	4
1. Bunker	4
2. Diesel	4
1. Áreas clasificadas	5
B. Soda Cáustica (hidróxido de sodio)	6
1. Características de la Soda Cáustica	6
2. Efectos de la Soda Cáustica en el cuerpo humano	7
3. Aplicaciones de la Soda Cáustica: Procesos CIP (Clean-In-Place)	8
C. Dióxido de Carbono (Gas carbónico CO ₂).....	8
1. ¿Qué es el Dióxido de Carbono?	8
2. Aplicaciones del Dióxido de Carbono.....	8
D. Señales analógicas y digitales	9
1. Señales analógicas.....	9
2. Señales digitales	9
3. Sistemas digitales combinacionales y secuenciales.....	10
E. Sistemas de control	12
1. Partes de un sistema de control típico.....	13
2. Sistema de Control Distribuido (DCS)	13

F.	Sensores, transductores y transmisores	14
1.	Que son los sensores.....	14
2.	Clasificaciones de los sensores.....	14
G.	Controladores lógicos	23
1.	Clasificación de los controladores lógicos según su modo de operación	23
2.	Controladores lógicos síncronos y asíncronos	25
3.	Controladores lógicos programables (PLC)	29
H.	Actuadores y válvulas de control:.....	34
1.	Válvulas de control:.....	34
2.	Actuadores	37
V.	METODOLOGÍA.....	39
VI.	DESARROLLO.....	40
A.	Análisis del sistema actual (dividido por cada uno de los productos):	40
1.	Producto: Bunker:	42
2.	Producto: Diesel:	43
3.	Producto: Soda Cáustica:	46
4.	Producto: Bióxido de Carbono (Gas Carbónico CO ₂):.....	48
VII.	RESULTADOS.....	50
A.	Modificaciones del sistema	50
1.	Detalle de los sensores y actuadores de Bunker	53
2.	Detalle de los sensores y actuadores de Diesel	53
3.	Detalle de los sensores y actuadores de Soda Cáustica.....	54
4.	Detalle de los sensores y actuadores de Dióxido de Carbono:.....	55
B.	Resumen del listado de variables a monitorear	55
1.	Variables de los elementos de Bunker.....	55
2.	Variables de los elementos de Diesel.....	56
3.	Variables de los elementos de Soda Cáustica	58
3.	Variables de los elementos de Dióxido de Carbono:	59
4.	Resumen de las variables del sistema y selección de controladores	60
C.	Diagramas de flujo para el funcionamiento del sistema.....	63

1.	Diagrama de Flujo de Bunker	64
2.	Diagrama de Flujo de Diesel.....	66
3.	Diagrama de Flujo Soda Cáustica	70
4.	Diagrama de Flujo de Dióxido de Carbono	75
VIII.	CONCLUSIONES.....	77
IX.	RECOMENDACIONES	78
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
XI.	ANEXOS.....	81
A.	DETALLE DE LAS VARIABLES DE CADA ÁREA	81
1.	DETALLE DE VARIABLES DEL ÁREA DE BUNKER:	81
2.	DETALLE DE VARIABLES DEL ÁREA DE DIESEL:	84
3.	DETALLE DE VARIABLES DEL ÁREA DE SODA CÁUSTICA:.....	88
4.	DETALLE DE VARIABLES DEL ÁREA DE DIÓXIDO DE CARBONO:.....	94
B.	PLANOS DEL PROYECTO (DIAGRAMAS P&ID).....	97
1.	Planos del Área de Bunker	97
2.	Planos del Área de Diesel	101
3.	Planos del Área de Soda Cáustica	105
4.	Planos del Área de Dióxido de Carbono.....	112

Lista de tablas

Tabla 1, Válvulas de bunker del área de tanques de almacenamiento (para detalles ver diagrama de bunker anexo).....	43
Tabla 2, Válvulas de bunker del área de Plaza Calderas (para detalles ver diagrama de bunker anexo).....	43
Tabla 3, Válvulas de Diesel del área de tanques de almacenamiento (para detalles ver diagrama de Diesel anexo)	45
Tabla 4, Válvulas de Diesel del área de Generadores (para detalles ver diagrama de Diesel anexo)	45
Tabla 5, Válvulas de Diesel del área de Plaza Calderas (para detalles ver diagrama de Diesel anexo)	45
Tabla 6, Válvulas de Diesel del aljibe del salón 4 (para detalles ver diagrama de Diesel anexo)	46
Tabla 7, Válvulas de Soda Cáustica de tanques de almacenamiento (para detalles ver diagrama de Soda Cáustica anexo).....	48
Tabla 8, Válvulas de Soda Cáustica de los salones de embotellado (para detalles ver diagrama de Soda Cáustica anexo).....	48
Tabla 9, Válvulas de Soda Cáustica de casa de cocimientos, filtros, fermentación, plaza calderas y tanques de presión (para detalles ver diagrama de Soda Cáustica anexo)	48
Tabla 10, Válvulas de Gas Carbónico de tanques de almacenamiento (para detalles ver diagrama de Gas Carbónico anexo).....	49
Tabla 11, Válvulas de Gas Carbónico de sala de máquinas (para detalles ver diagrama de Gas Carbónico anexo).....	49
Tabla 12, Sensores y actuadores del área de Bunker.....	53
Tabla 13, Sensores y actuadores del área de Diesel	54
Tabla 14, Sensores y actuadores del área de Soda Cáustica.....	54
Tabla 15, Sensores y actuadores del Dióxido de Carbono	55
Tabla 16, Variables a medir por cada elemento del área de Bunker	56
Tabla 17, Resumen de elementos y variables del área de Bunker.....	56
Tabla 18, Variables a medir por cada elemento del área de Diesel.....	57
Tabla 19, Resumen de elementos y variables del área de Diesel	57
Tabla 20, Variables a medir por cada elemento del área de Soda Cáustica	58
Tabla 21, Resumen de elementos y variables del área de Soda Cáustica.....	58
Tabla 22, Variables a medir por cada elemento del área de Dióxido de Carbono.....	59
Tabla 23, Resumen de elementos y variables del área de Dióxido de Carbono	60
Tabla 24, Resumen del listado de variables	60
Tabla 25, Características de los controladores seleccionados	62
Tabla 26, Detalle de variables del área de Bunker	81

Tabla 27, Detalle de variables del área de Diesel.....	84
Tabla 28, Detalle de variables del área de Soda Cáustica	88
Tabla 29, Detalle de variables del área de Dióxido de Carbono.....	95

Lista de figuras

Figura 1, Conductividad de la Soda Cáustica	7
Figura 2, Representación gráfica de un circuito combinacional	11
Figura 3, Representación gráfica de un circuito secuencial	11
Figura 4, Sistema de control en lazo abierto	12
Figura 5, Sistema de control en lazo cerrado	12
Figura 6, Partes de un sistema típico de control	13
Figura 7, Sensor pasivo del tipo resistivo	15
Figura 8, Principio de operación de una galga extensiométrica	17
Figura 9, Circuito utilizado en transductores de presión capacitivos	17
Figura 10, Transductor piezoeléctrico	18
Figura 11, Principio de operación del flujómetro de venturi	19
Figura 12, Principio de operación de un flujómetro magnético	19
Figura 13, Funcionamiento de un interruptor de nivel típico	21
Figura 14, Interruptores de flotador típicos.....	21
Figura 15, Sensor de nivel de diapasón	22
Figura 16, Clasificación de los controladores lógicos según su modo de operación	24
Figura 17, Sistema combinacional con realimentación	24
Figura 18, Sistema secuencial con células de memoria	25
Figura 19, Sistema secuencial asíncrono	26
Figura 20, Controlador lógico síncrono	27
Figura 21, Clasificación de los controladores lógicos síncronos	28
Figura 22, Componentes principales de un controlador lógico programable (PLC)	30
Figura 23, Interacción entre los componentes principales de un controlador lógico programable (PLC)	32
Figura 24, Lógica de relés	33
Figura 25, Implementación en PLC, lenguaje de escalera	33
Figura 26, Válvulas de vástago deslizante, angular, de patrón recto	35
Figura 27, Válvula de bola	36
Figura 28, Válvula de mariposa	36
Figura 29, Actuador eléctrico	37
Figura 30, Actuador neumático de diafragma	38
Figura 31, Ubicación de las áreas de la planta	41
Figura 32, tanques y lavadoras de la planta.....	51
Figura 33, Posición de los controladores y subsistemas en la planta	61
Figura 34, Red de comunicación del sistema de control distribuido	63
Figura 35, Diagrama de flujo de Bunker.....	64
Figura 36, Diagrama de flujo de Diesel.....	66

Figura 37, Diagrama de flujo de Soda Cáustica	70
Figura 38, Diagrama de flujo de Dióxido de Carbono	75

RESUMEN

Este trabajo es acerca del diseño de un sistema de control automático que será utilizado para el almacenaje y distribución de químicos y combustibles en una fábrica de bebidas.

En la fábrica, actualmente, se almacenan cuatro diferentes productos: Bunker, Diesel, Soda Cáustica y Gas Carbónico (Dióxido de Carbono (CO₂)), en un área conocida como tanques de almacenaje. Desde esta área se distribuyen los mencionados productos al resto de la planta. Sin embargo, la distribución de estos productos se hace de forma manual, por lo cual se han tenido accidentes, como derrames, y al momento de contabilizar el consumo de los productos, existen errores en las cantidades que reporta el área de almacenaje con respecto a las cantidades que reportan los consumidores.

Debido a los accidentes que se han tenido y a los errores que ocurren al inventariar los productos, se ha vuelto necesario para la fábrica implementar un sistema de control que permita distribuir de forma automática los productos y medir variables del sistema para así poder evitar errores y cualquier accidente. Además, este sistema servirá para contabilizar el consumo de los productos de la fábrica.

Para el diseño del sistema de control, se analizarán los elementos existentes en la fábrica, con el objetivo de conocer cómo funciona el sistema actual y poder hacer las modificaciones necesarias para lograr que este mismo funcione de forma automática y pueda contabilizar los productos. Se analizará cada una de las áreas involucradas en el sistema de distribución de los productos y al final se determinará qué tipo de sensores, qué actuadores y qué controladores se utilizarán en cada una de las áreas involucradas con el sistema de almacenaje y distribución.

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, los seres humanos hemos creado diferentes métodos para obtener los recursos que necesitamos para vivir. Al principio, se obtenía la comida cazando animales, en lugar de ropa se utilizaban pieles de animales, y simplemente se utilizaban métodos primitivos para obtener lo que fuera necesario para satisfacer nuestras necesidades.

Con el paso del tiempo, estos métodos fueron mejorándose y se fueron obteniendo procesos más complejos que nos permitieron obtener nuevos productos y mejorar la calidad de los que ya teníamos. No obstante, al utilizar procesos cada vez más sofisticados, la forma en la que estos operan se fue volviendo cada vez más compleja, por lo cual fue necesario implementar nuevos métodos que nos permitieran controlar estos procesos.

Anteriormente, la única forma de controlar los procesos industriales era a través de operadores humanos, quienes debían manipular las variables del proceso para así obtener los resultados deseados. En esa época, cuando se utilizaban procesos más simples y se tenía una cantidad de variables que un humano podía manejar, era suficiente con tener un operador que observara el proceso y realizara los cambios necesarios para que este siguiera funcionando de forma correcta. Sin embargo, en los procesos actuales, la cantidad de información que debe manejarse hace que sea imposible para un ser humano controlarlos eficientemente. Por esta razón, se crearon nuevos métodos y sistemas de control que nos permiten controlar estos procesos de maneras más eficientes.

Estos nuevos métodos de control industrial permiten también minimizar el error humano y de esta forma prevenir accidentes que podrían ocasionar pérdidas económicas o podrían incluso llegar a lesionar o a quitarle la vida a una o varias personas.

De esta forma, los nuevos métodos de automatización y control industrial permiten controlar los nuevos y complejos procesos industriales, minimizando la participación de los seres humanos, y en consecuencia el error humano, de tal forma que operen de forma eficiente y segura.

En este trabajo, se presenta el diseño de un sistema de control para la distribución de químicos y combustibles para una fábrica de bebidas, donde por las razones expuestas anteriormente, se ha decidido implementar este tipo de sistema, para minimizar la intervención humana en este proceso y de esta forma optimizar el sistema y minimizar la probabilidad de accidentes.

II. JUSTIFICACIÓN

La reducción de la participación humana en los procesos productivos ha demostrado influir en la reducción de errores de operación y probabilidades de accidentes. Por esta razón, muchas empresas han optado por automatizar sus procesos.

Este proyecto consiste en el diseño de un sistema que utilizará sensores, controladores y actuadores, para su automatización. Se tomarán en cuenta factores del área de ingeniería mecánica, electrónica e informática, las tres áreas de Ingeniería Mecatrónica, para lograr desarrollar un sistema que cumpla con los requisitos de la fábrica.

En la fábrica de bebidas, por problemas causados por el error humano en la operación manual de las válvulas y bombas utilizadas en el sistema, se ha decidido automatizar la distribución de los productos Bunker, Diesel, Soda Cáustica, y Dióxido de Carbono, los cuales se usan en la fábrica para los procesos industriales.

III. OBJETIVOS

A. Generales

- Analizar el sistema de distribución (no automático) utilizado actualmente.
- Diseñar un sistema de distribución automático para los productos Bunker, Diesel, Soda Cáustica y Dióxido de Carbono, en la fábrica.

B. Específicos

- Realizar los diagramas de proceso e instrumentación (P&IDs) para el sistema automático de distribución.
- Obtener un listado de las variables que deben medirse en cada área de la fábrica.
- Determinar qué tipos de sensores, controladores y actuadores deben utilizarse para la implementación del sistema automático.
- Diseñar diagramas de flujo en los que se muestre el funcionamiento del programa en los controladores.

IV. MARCO TEÓRICO

A. Combustibles

1. Bunker. El Bunker es un combustible residual que se obtiene de la destilación y refinación de los hidrocarburos. Generalmente tiene un precio bajo y se utiliza en aplicaciones navales, de generación eléctrica, en hornos de precalentamiento y otras. [6]

El origen del Bunker es el petróleo crudo. Cuando se refina el petróleo, las fracciones más livianas, como la gasolina y el diesel, se remueven por medio de la destilación. Los materiales más pesados no son destilados y se convierten en aceites residuales. El Bunker es uno de estos residuos. [13]

El Bunker suele contener una presencia importante de asfaltenos, los cuales hacen necesaria su atomización para encenderlo, aunque dependiendo de la calidad de la destilación y la fecha de elaboración, se puede encender sin este proceso. [13]

Debido a la naturaleza de los componentes que generan el residuo, el Bunker generalmente es viscoso, en especial cuando está recién producido en la refinería. Con el objeto de mejorar la combustión del Bunker, generalmente se precalienta con los gases residuales de la combustión, para así reducir su viscosidad y obtener la atomización correcta. En ocasiones también se mezcla el Bunker con el aceite quemado de los motores de combustión interna, o con otros de los productos refinados, para así reducir su viscosidad y facilitar su transporte. [13]

2. Diesel. El Diesel es uno de los productos que se obtiene del refinado del petróleo. El Diesel es una sustancia muy aceitosa y tiene un punto de ebullición más alto que el del agua. [3]

Durante el proceso de refinado, las fracciones más ligeras, incluyendo gasolinas y gas LP, vaporizan y suben hasta la parte superior de la torre de destilación. Los líquidos medianamente pesados, como la querosina y el Diesel, se quedan en la parte media. Las gasolinas contienen fracciones que ebulen por debajo de los 200 °C, mientras que en el caso del diesel sus fracciones tienen un límite de 350°C. [12]

El Diesel tiene una densidad de energía más alta que la gasolina. En promedio, 1 galón de Diesel contiene $155 \cdot 10^6$ joules, mientras que 1 galón de gasolina contiene $132 \cdot 10^6$ joules. [3]

El Diesel es utilizado en diferentes tipos de motores y otras aplicaciones. Se utiliza en los motores de automóviles, barcos, trenes, equipos de granja, generadores eléctricos y otras aplicaciones. [3]

3. Áreas clasificadas. Existen ciertas áreas, donde se manejan químicos que pueden ser peligrosos, para las cuales se requiere que se utilicen equipos y medidas especiales para poder prevenir cualquier accidente. Un ejemplo de éstas son las ubicaciones en las que se almacenan y manejan combustibles, en las cuales existe el riesgo de incendios y explosiones.

El artículo No. 500 del NEC es el documento recomendado para la clasificación de líquidos inflamables, gases o vapores, polvos combustibles, y de las ubicaciones peligrosas para la instalación de equipos eléctricos en las áreas de procesos de químicos. [17]

Las ubicaciones se clasifican dependiendo de las propiedades de los gases inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables, vapores producidos por líquidos combustibles, polvos combustibles, o fibras que puedan estar presentes, y por la probabilidad de que haya una concentración o cantidad combustible o inflamable presente. [17]

Las ubicaciones se clasifican como Clase I, divisiones 1 y 2, Clase II, divisiones 1 y 2, y Clase III, divisiones 1 y 2.

En la clase I, se encuentran clasificadas las ubicaciones en las cuales hay o puede haber gases inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables, o vapores producidos por líquidos combustibles, en cantidades suficientes para producir una mezcla explosiva o inflamable. [17]

En la división 1 de la clase I se encuentran las ubicaciones donde las sustancias mencionadas anteriormente podrían existir:

- bajo circunstancias normales de operación
- donde podrían existir frecuentemente debido a operaciones de mantenimiento o por fugas,
- donde una falla en la operación del equipo podría liberar concentraciones inflamables de estas sustancias y simultáneamente causar que el equipo eléctrico se convirtiera en una fuente de ignición. [17]

En la división 2 de la clase I se encuentran las ubicaciones en las cuales:

- las sustancias mencionadas son manejadas y procesadas, pero en las cuales normalmente estarán confinadas dentro de contenedores cerrados o sistemas

cerrados de los cuales solo podrán escapar en caso de una ruptura accidental o en circunstancias anormales de operación

- donde se previene que haya concentraciones inflamables de estas sustancias por medio de ventilación, pero que podrían volverse peligrosas si este equipo fallara
- la ubicación es adyacente a una de clase I y en la cual podrían comunicarse concentraciones inflamables de estas sustancias, a menos que esto se prevenga utilizando equipos adecuados de presión positiva. [17]

Para estas ubicaciones es necesario utilizar técnicas especiales de protección que permitan que el sistema siga siendo seguro. Entre estas técnicas se encuentran:

- Aparatos a prueba de explosiones
- Purgar y presurizar
- Seguridad Intrínseca
- Circuitos no inflamables
- Equipos no inflamables
- Componentes no inflamables
- Inmersión en aceite
- Sistemas de detección de gases combustibles [17]

B. Soda Cáustica (hidróxido de sodio)

El hidróxido de sodio, también conocido como soda cáustica, es la más típica de las sustancias alcalinas (bases) fuertes. Esta se considera una sustancia nociva y es altamente corrosiva. [10]

1. Características de la Soda Cáustica. Es una sustancia sin riesgos de explosión o ignición, pero reacciona con varios ácidos como el ácido clorhídrico y al ser neutralizado genera cantidades considerables de calor exotérmico. [10]

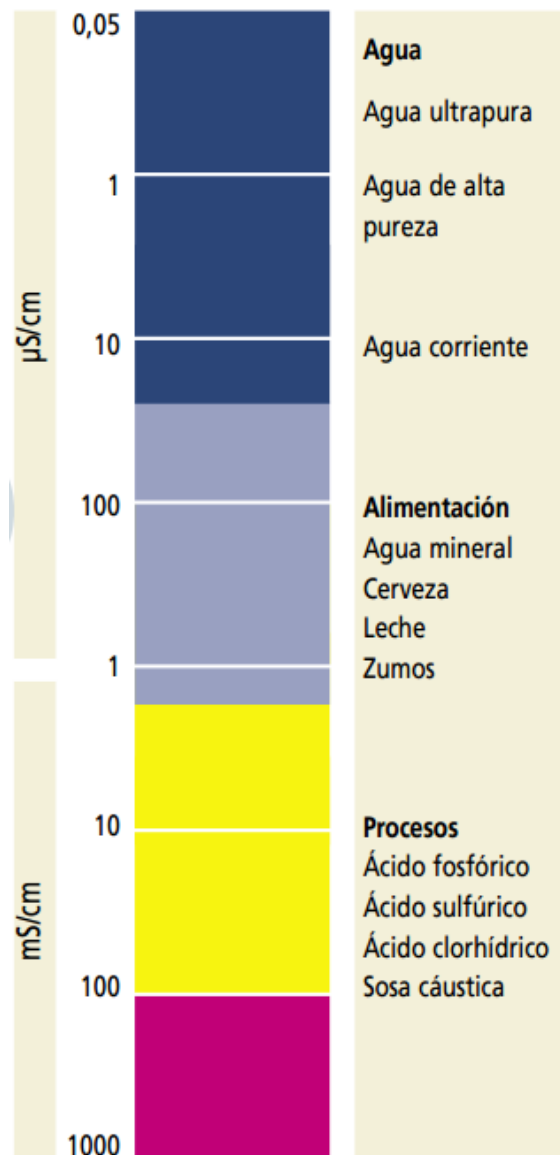
Es una sustancia que corroe metales como el aluminio, estaño y zinc. Durante este proceso genera hidrógeno, el cual puede comportarse como un gas explosivo. [10]

Los materiales resistentes a la Soda Cáustica incluyen el acero inoxidable, acero con resinas epoxi y plásticos reforzados con fibras, pero el acero y el acero revestido con caucho son los más frecuentemente utilizados. [10]

La conductividad es la capacidad de una disolución de conducir la corriente eléctrica. Esta es una medición de la concentración iónica total que tiene una disolución. La unidad de medida más habitual es S/cm (Siemens/centímetro). Otras formas

alternativas de expresar la conductividad es a través de la salinidad y los sólidos totales disueltos (STD). [9]

Figura 1, Conductividad de la Soda Cáustica [9]



Como se puede observar en la Figura 1, la Soda Cáustica es una sustancia altamente conductiva. Esta característica hace que sea posible utilizar sensores magnéticos en esta sustancia.

2. Efectos de la Soda Cáustica en el cuerpo humano. Las sustancias alcalinas tienen un efecto de descomposición en las proteínas, el cual podrá penetrar en los tejidos más profundos a menos que la sustancia adherida sea removida completamente. En particular, si los ojos son expuestos a este tipo de sustancia, debe tenerse mucho cuidado,

ya que los tejidos de los ojos podrían ser rápidamente afectados, disminuyendo o perdiendo la visión. [10]

La inhalación de polvo o niebla de Soda Cáustica causa varios grados de daño al tracto respiratorio. Por lo tanto, la concentración máxima de polvo o niebla de Soda Cáustica en un área de trabajo es de 2 mg/m^3 . [10]

3. Aplicaciones de la Soda Cáustica: Procesos CIP (Clean-In-Place). El proceso CIP es un método utilizado en plantas de procesamiento de sanidad para limpiar tanques, tuberías (sin la necesidad de desarmarlos) e incluso espacios de trabajo entre los lapsos de producción, al recircular automáticamente detergente y soluciones de enjuague. El proceso consiste en varios ciclos en los cuales la sustancia de enjuague es recirculada a través de los recipientes, las bombas, válvulas y otros equipos del proceso en el sistema de flujo. La Soda Cáustica es una de las sustancias que se utilizan comúnmente en este tipo de procesos. [18]

Algunos de los beneficios del proceso CIP son:

- Uso reducido del agua
- Uso reducido de desinfectantes
- Costos de operación reducidos
- Costos de aguas residuales reducidos
- Incremento en la eficiencia (se reduce el número de ciclos de lavado)
- El tiempo disponible para procesos se incrementa. [18]

C. Dióxido de Carbono (Gas carbónico CO_2)

1. ¿Qué es el Dióxido de Carbono? El Dióxido de Carbono (conocido también como Gas Carbónico) es un gas ligeramente tóxico, inodoro, incoloro con un sabor ligeramente ácido y picante. Es uno de los constituyentes del aire. [21]

El Dióxido de Carbono es formado por la combustión o a través de procesos biológicos. Estos procesos incluyen la descomposición de material orgánico, la fermentación y la digestión. [21]

2. Aplicaciones del Dióxido de Carbono. Las operaciones más comunes para las cuales se recupera y purifica el dióxido de carbono producido comercialmente es para plantas industriales que producen amoníaco o hidrogeno utilizando gas natural, carbón u otro hidrocarburo, y operaciones de fermentación de gran escala. [21]

a. Aplicaciones del Dióxido de Carbono en industrias de bebidas y comida. En las industrias de bebidas y de comida, se utiliza el Dióxido de Carbono en

forma líquida o sólida para el congelamiento rápido, enfriamiento superficial y refrigeración en el transporte de comida. En los túneles criogénicos y congeladores de espiral, se utiliza CO₂ líquido a alta presión, el cual es inyectado a través de una boquilla, lo cual lo convierte en una mezcla de CO₂ gaseoso y hielo seco que cubre la superficie del producto. A medida que este se sublima (pasa directamente de estado sólido a gaseoso) este refrigera el producto. [21]

Es un buen solvente para muchos compuestos orgánicos. Se utiliza para retirar la cafeína del café. [21]

Puede funcionar como una “manta” inerte, como un propulsor dispensador de productos y como un agente de extracción. Puede utilizarse también para desplazar el aire durante el envasado. [21]

El Dióxido de Carbono se utiliza en las industrias de bebidas para carbonatar las bebidas, la cerveza y el vino, y para prevenir el crecimiento de hongos y bacterias. [21]

b. Almacenaje del Dióxido de Carbono. En el caso de la industria de bebidas, algunos de los procesos de fermentación utilizados producen el Dióxido de Carbono que después se puede utilizar en las bebidas, como las sodas, cervezas y el vino, para carbonatarlas. El proceso utilizado para aprovechar este Dióxido de Carbono consiste en utilizar compresores, los cuales sirven para llevar el Dióxido de Carbono a estado líquido y de esta forma poder almacenarlo en los tanques. Después de haberlo comprimido y transformado a un estado líquido, se utilizan métodos de purificación para llevar el Dióxido de Carbono a un alto grado de pureza. Una vez que se ha purificado, el Dióxido de Carbono líquido se almacena en tanques presurizados (a una alta presión, alrededor de 17 bares) para mantenerlo en este estado.

D. Señales analógicas y digitales

1. Señales analógicas. Las señales analógicas son variables eléctricas que varían en el tiempo en una forma que corresponde a una variable física. Estas variables pueden representarse en la forma de una corriente, un voltaje o una carga eléctrica. Este tipo de señales varía de forma continua entre un límite inferior y un límite superior. Los circuitos analógicos son circuitos que contienen diferentes elementos para transmitir información utilizando señales analógicas. [16]

2. Señales digitales. Son variables eléctricas con niveles bien diferenciados que se alternan en el tiempo para transmitir información según un código previamente definido. En el caso de las señales digitales binarias, cada nivel eléctrico representa uno de dos símbolos: 0 o 1, los cuales se traducen a niveles lógicos, Verdadero o Falso, es decir, existe

o no existe una señal. Los niveles eléctricos específicos dependen del tipo de dispositivo que se está utilizando. Por ejemplo los niveles podrían ser 0V y 5V, los cuales se utilizan en la familia lógica TTL (transistor-transistor-logic), aunque cualquier valor debajo de 0.8V se considera con un valor lógico de 0 (falso) y cualquier valor sobre 2V se considera con un valor lógico de 1 (verdadero).[16]

El gran atractivo que presentan las señales digitales es su alta inmunidad contra el ruido, ya que a menos que el ruido sea lo suficientemente alto para lograr un cambio de estado, las fluctuaciones en los niveles de voltaje debidas al ruido no logran alterar la información que se está enviando. [16]

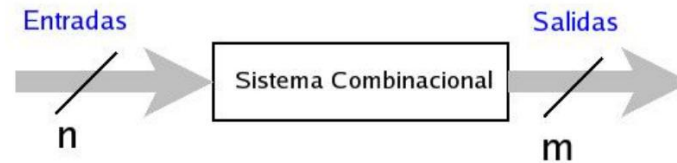
Las señales digitales, como se han descrito, tienen la capacidad de tener solamente dos estados, permitiendo representar, transmitir y almacenar información binaria. Para transmitir más información, es necesario un mayor número de estados. Esto se logra al colocar varias señales simultáneas en paralelo, cada una de las cuales transmite información binaria. Si se tienen “n” señales, la información que puede representarse es de 2^n estados diferentes. Por ejemplo, si se tienen 3 señales diferentes, se pueden representar 2^3 estados diferentes, es decir, 8 estados.

3. Sistemas digitales combinacionales y secuenciales. Existen dos grandes ramas en las que se divide la clasificación de los circuitos digitales: la rama de los circuitos combinacionales y la de los circuitos secuenciales. [1]

a. Sistemas combinacionales. Los sistemas combinacionales están formados por un conjunto de compuertas lógicas interconectadas, cuya salida, está dada únicamente en función del valor actual en sus entradas, es decir, para obtener el valor de salida, se considera solamente el valor de las entradas en ese momento específico, sin considerar el valor que podrían haber tenido las entradas en momentos anteriores. Por esto se dice que los sistemas combinacionales no cuentan con memoria. [1]

Un sistema combinacional puede tener “n” entradas y “m” salidas, donde el número “n” de entradas puede o no ser igual al número “m”. El sistema combinacional puede ser visto como una “caja negra”, con compuertas lógicas en su interior que implementan una función deseada. [1]

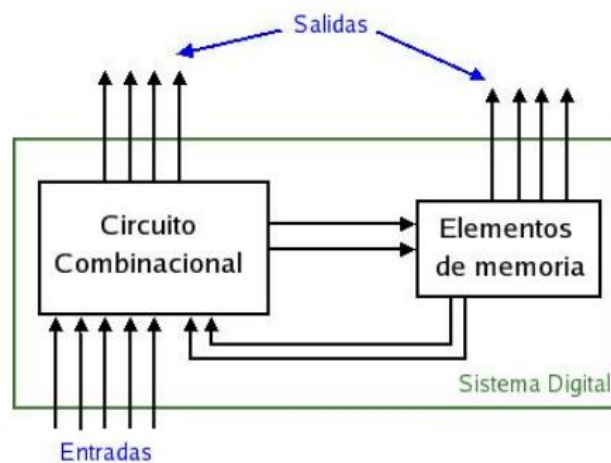
Figura 2, Representación gráfica de un circuito combinacional [1]



b. Sistemas secuenciales. Los sistemas secuenciales son sistemas capaces de considerar los valores anteriores que tuvieron las entradas del circuito y obtener una salida en función tanto de los valores actuales como de los pasados. Esto es gracias a que los sistemas secuenciales si tienen memoria y son capaces de almacenar información a través de su funcionamiento interno. [1]

Un circuito secuencial, básicamente está compuesto por circuitos combinacionales y elementos de memoria. La parte combinacional del circuito acepta entradas tanto externas, como de los elementos de memoria y algunas de las salidas del circuito combinacional se utilizan para determinar los valores que se almacenarán en los elementos de memoria. Las salidas del sistema secuencial corresponden tanto a las salidas del circuito combinacional como de los elementos de memoria. [1]

Figura 3, Representación gráfica de un circuito secuencial [1]



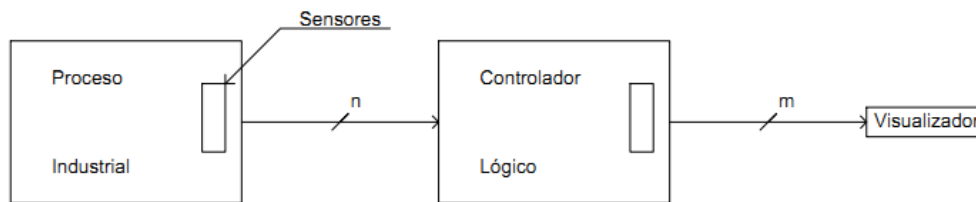
Como se puede observar en la figura, algunas de las salidas de los elementos de memoria se realimentan hacia la parte combinacional del sistema secuencial y de esta forma se logran considerar tanto las entradas actuales como las entradas anteriores del sistema.

E. Sistemas de control

En general, una característica en común de los procesos industriales es que se requiere controlar la magnitud de diferentes variables, como la temperatura, presión o flujo. Un sistema de control se define como: <<Un sistema que compara el valor de una variable a controlar con un valor deseado y cuando existe una diferencia entre estos, realiza una acción de corrección sin que haya intervención humana>>. [5]

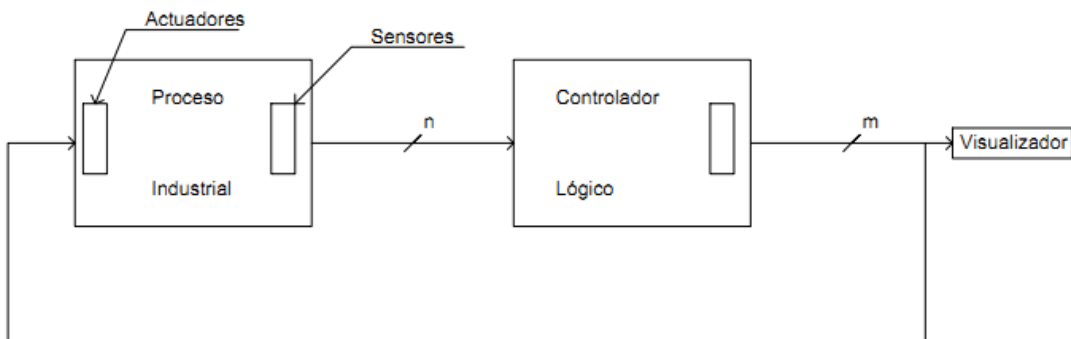
Muchas veces, se utilizan los sistemas de control únicamente para monitorear las variables y proporcionar información a un operador humano. En este caso, se tiene un sistema de control en lazo abierto, también conocido como control manual, ya que el operador debe ajustar manualmente el sistema. A continuación se muestra una representación en diagrama de bloques de un sistema de control en lazo abierto [14]:

Figura 4, Sistema de control en lazo abierto [14]



Si las variables de salida actúan sobre el proceso industrial, a través de los correspondientes actuadores, se tiene un sistema de control en lazo cerrado, como se muestra en la siguiente figura [14]:

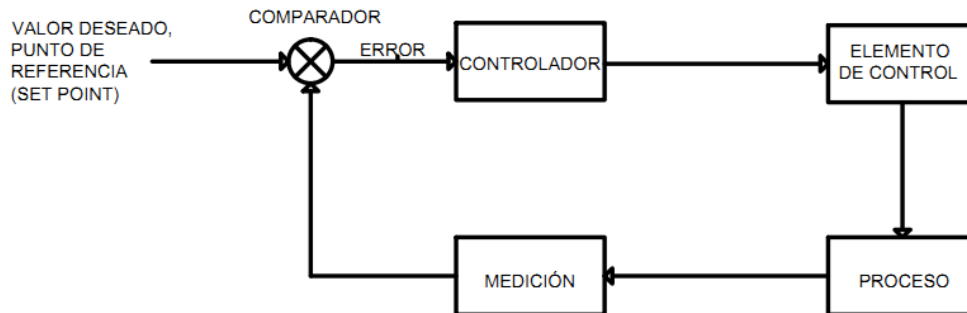
Figura 5, Sistema de control en lazo cerrado [14]



Este tipo de sistema de control se conoce también como modo automático, ya que no requiere el ajuste manual del operador. [5]

1. Partes de un sistema de control típico. Un sistema de control básico está formado por la unidad de medida, un indicador, un registrador, un elemento final de control y el propio proceso que se está controlando. Las partes básicas de cualquier sistema de control tienen los mismos nombres y las mismas funciones, independientemente del tipo de controlador que se utilice. A continuación se muestra una figura con las partes básicas de un sistema de control:

Figura 6, Partes de un sistema típico de control [5]



En la figura se puede observar que el sistema arranca con una señal del proceso o punto de referencia, el cual es el valor que se desea tener para la variable del proceso que se está controlando.[5]

La siguiente parte que se analizará será la señal que proviene de los sensores, identificada en la figura como “medición”, la cual también se conoce como señal de realimentación. Esta señal de realimentación es el valor presente o valor real de la variable en el instante que la lectura del sensor tiene lugar. Debido a que la lectura del sensor es continua, la variable del proceso cambiará continuamente. [5]

El comparador es el lugar en el sistema de control donde la señal del proceso (el punto de referencia), se compara con la variable del proceso (la señal medida por el sensor). La diferencia entre estas dos señales se llama el error y puede ser positivo (si el valor deseado es mayor a el valor medido por el sensor) o negativo (si el valor deseado es menor a el valor medido por el sensor). [5]

El controlador utiliza una ganancia, ajuste o capacidad, para ajustar la señal de salida en respuesta a la cantidad de error determinada en el comparador. A la ganancia o ajuste se le llama también proporcional, integral y derivativo (PID) y sus valores pueden ajustarse para cambiar características como la velocidad de respuesta del sistema. [5]

2. Sistema de Control Distribuido (DCS). Un Sistema de Control Distribuido es un concepto con el cual se busca una distribución geográfica del control, enlazado por una red de comunicación (LAN). Es decir, en un sistema de control distribuido no existe un

“cerebro” central, sino que los controladores están distribuidos en el sistema, en cada uno de los sub-sistemas. [19]

F. Sensores, transductores y transmisores

1. Qué son los sensores. Los sensores, transductores y transmisores son una de las partes más importantes de un sistema de control industrial. Estos se utilizan tanto en los sistemas de control de procesos como en el control de máquinas individuales. Su función es la de proporcionar realimentación acerca de lo que el sistema está haciendo y que tan bien lo hace. [5]

Un sensor se define como un dispositivo que es sensible a algún tipo de energía como movimiento, calor, luz, presión, energía eléctrica o magnética. [5]

Un transductor es un dispositivo que puede recibir un tipo de energía y convertirlo en otro tipo. Por ejemplo, un transductor puede incluir un sensor para sentir la cantidad de presión y un circuito para convertir la cantidad de presión a una señal eléctrica y transmitirla a un sistema de control eléctrico donde se usa en la variable del proceso o como realimentación. Es importante comprender que la forma final de energía es una que es compatible con los circuitos electrónicos, es decir, la salida del transductor debe ser capaz de alterar características como el voltaje, corriente, resistencia, frecuencia, capacitancia o inductancia para ser compatible con los circuitos electrónicos. [5]

Las formas principales de energía que pueden detectar los sensores se clasifican como: movimiento, temperatura, luz, presión, eléctrica, magnética, química y nuclear. [5]

Un transmisor es un dispositivo que puede convertir una señal muy pequeña a una señal que puede ser utilizada. Los transmisores para los sensores usados en señales de realimentación industrial típicamente deben convertir señales eléctricas muy pequeñas, como microvolts (μV), milivolts (mV), miliamperes (mA) o frecuencia, en señales mayores de voltaje, corriente o frecuencia, como 0-10 volts o 4-20 mA. [5]

Todos los sensores y transductores se agrupan en una amplia categoría llamada “instrumentos”. [5]

2. Clasificaciones de los sensores. Existen muchas formas de clasificar a los sensores, sin embargo, a continuación se mencionarán algunas de las formas más comunes que existen para clasificarlos.

a. Dependiendo del tipo de señal entregada por el sensor. Los sensores pueden clasificarse dependiendo del tipo de señal que estos generan en su salida, la cual será conectada a otro dispositivo.

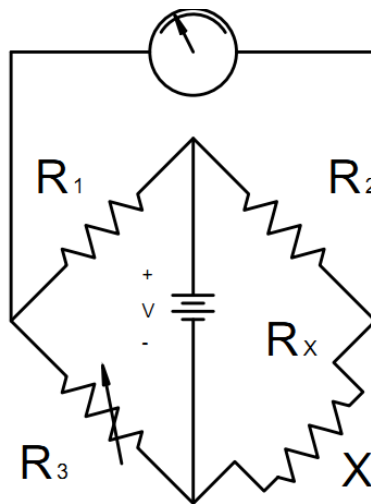
1) Sensores analógicos. La mayoría de sensores entregan una señal que es continua en el tiempo, es decir, una señal analógica. Ejemplos de este tipo de sensores son los sensores generadores de señal y los sensores de parámetros variables. [8]

2) Sensores digitales. Son sensores cuya señal de salida es de carácter discreto, es decir, es una señal digital. Algunos ejemplos de este tipo de sensores son los codificadores de posición, codificadores incrementales, codificadores absolutos. [8]

b. Dependiendo de la naturaleza de la señal eléctrica generada. Según la naturaleza de la señal eléctrica que generan los sensores, estos pueden clasificarse en:

1) Sensores pasivos. Este tipo de sensores generan señales representativas de las magnitudes a medir por medio de una fuente auxiliar, es decir, la señal generada por el sensor no proviene de la misma magnitud que se está midiendo, sino que es necesario utilizar una fuente extra para generarla. Ejemplos de este tipo de sensores son los sensores de parámetros variables (de resistencia variable, de capacidad variable, de inductancia variable), ya que estos no generan una señal, sino que la variable que se está midiendo modifica uno de los parámetros del circuito para alterar la señal generada por la fuente auxiliar y de esta manera mide la magnitud deseada. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de este tipo de sensores: [8]

Figura 7, Sensor pasivo del tipo resistivo [15]



El circuito mostrado en la figura anterior es conocido como puente de Wheatstone, y es utilizado en la medición de diversos tipos de variables, como temperatura y presión.

2) Sensores activos o generadores de señal. Estos sensores generan señales representativas de las magnitudes a medir de forma autónoma, sin requerir una

fuente de alimentación. Algunos ejemplos de este tipo de sensores son los sensores piezoeléctricos, fotovoltaicos, termoeléctricos, electroquímicos y magnetoeléctricos. [8]

c. Dependiendo del tipo de señal de entrada del sensor. Los sensores pueden clasificarse dependiendo del tipo de señal a la cual responden:

- **Mecánica:** ejemplos: masa, flujo, fuerza, torque, presión, velocidad, aceleración, posición. [8]
- **Térmica:** ejemplos: temperatura, calor, entropía, flujo de calor. [8]
- **Eléctrica:** ejemplos: voltaje, corriente, carga, resistencia, inductancia, capacitancia, constante dieléctrica, polarización, campo eléctrico, frecuencia. [8]
- **Magnética:** ejemplos: intensidad de campo, densidad de flujo, permeabilidad, momento magnético. [8]
- **Radiación:** ejemplos: intensidad, longitud de onda, polarización fase, reflectancia, transmitancia, índice de refractancia. [8]
- **Química:** ejemplos: composición, concentración, porcentaje de reacción, PH. [8]

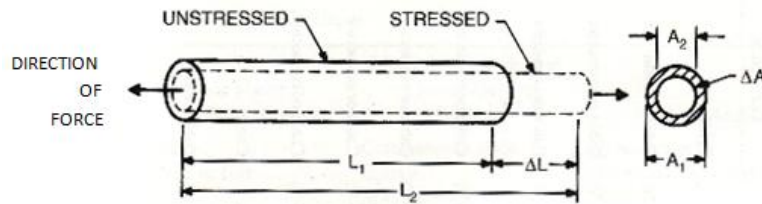
d. Algunos de los tipos de sensores más comúnmente utilizados. A continuación se listan algunos de los tipos de sensores más comúnmente utilizados en aplicaciones industriales:

1) Sensores de temperatura. Todos los materiales están afectados por la temperatura y por lo tanto existen muchos métodos disponibles para medir la temperatura a través de algún efecto físico. Algunos de los sensores de temperatura más comunes son los termopares y los detectores de resistencia-temperatura (RTD).

2) Sensores de presión. La medición de presión es crítica para la operación segura y óptima de procesos industriales como la compresión de aire y otros gases, operación de equipos hidráulicos o la generación de vapor, pero también otros tipos de variables pueden ser determinadas por medio de mediciones de presión, como los niveles de tanques (utilizando presión hidrostática) y el flujo (utilizando presión diferencial). A continuación se muestran algunos de los métodos más utilizados para la medición de presión: [15]

a) Galga extensiométrica. El principio de operación de este tipo de sensores está en que al aplicar un esfuerzo sobre un material, este se deforma, modificando así su resistencia eléctrica. A continuación se muestra una figura que ilustra este concepto:

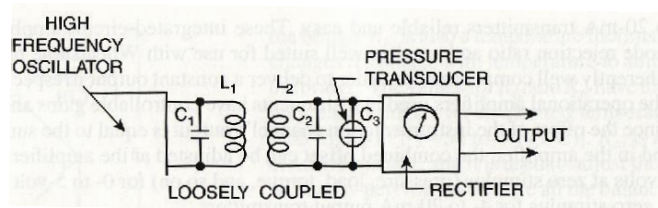
Figura 8, Principio de operación de una galga extensiométrica [15]



Idealmente una galga extensiométrica cambiaría su resistencia de una forma correspondiente con su deformación. Sin embargo, existen factores como la temperatura, que pueden cambiar tanto la resistividad del material directamente, como también pueden hacer que la galga se deforme, cambiando su resistencia indirectamente. El circuito utilizado en este tipo de sensores es un circuito igual al de la Figura 7 donde una de las resistencias varía su valor al ser deformada por la presión, modificando el valor de la señal de salida del circuito. [15]

b) Transductores de presión capacitivos. En un transductor de presión capacitivo tradicional, un diafragma (elemento elástico) se mueve con referencia a una o dos placas fijas. Se mide el cambio en la capacitancia utilizando un oscilador o un circuito de puente de Wheatstone. Generalmente los transductores capacitivos son livianos y de alta resolución, y tienen una buena respuesta en frecuencia. Sin embargo, entre sus limitaciones se encuentran que requiere un sistema de acondicionamiento de señal sofisticado y son sensibles a la temperatura y al ruido. En la siguiente figura se muestra el circuito utilizado en algunos transductores de presión capacitivos: [15]

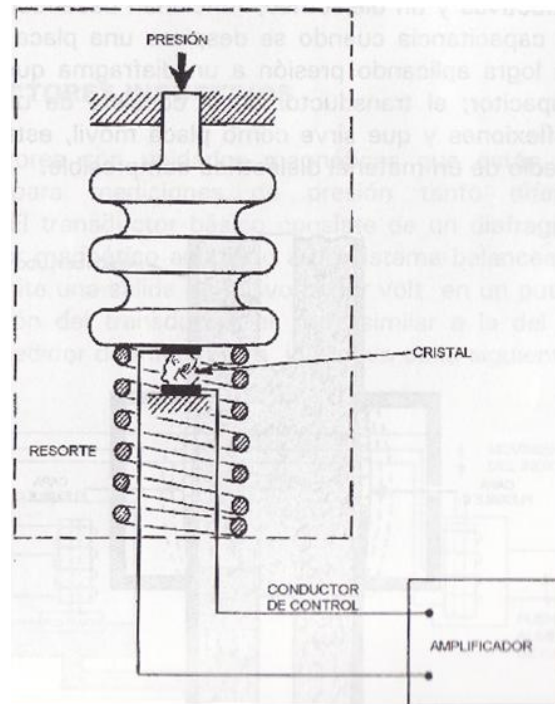
Figura 9, Circuito utilizado en transductores de presión capacitivos [15]



c) Transductores de presión piezoeléctricos. Cuando ciertos cristales asimétricos son deformados elásticamente a lo largo de ejes específicos, se crea un potencial eléctrico dentro del cristal, el cual causa un flujo de carga eléctrica en circuitos

externos. Este efecto es llamado “efecto piezoeléctrico” y es el principio de operación de los transductores piezoeléctricos. [15]

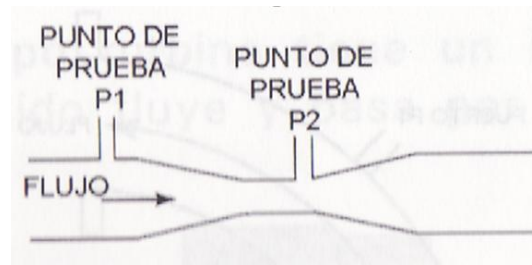
Figura 10, Transductor piezoeléctrico [5]



3) Sensores de flujo. Al seleccionar un sensor de flujo, existen diferentes consideraciones que deben hacerse. Una es el propósito para el cual quiere realizarse la medición. ¿Si la medición es para contabilización, para el cual se necesita un alto grado de precisión? ¿O la medición es para un proceso de control en el cual la precisión puede no ser tan importante, sino que la repetibilidad es lo más importante? ¿Se necesita un flujómetro para la velocidad de flujo o para el flujo total? ¿Se necesita una indicación local o una señal remota? ¿Qué material es al que se le quiere medir el flujo? Algunos de los métodos que existen para la medición de flujo son: utilizando un flujómetro de presión diferencial y flujómetros magnéticos. [15]

a) Flujómetros de presión diferencial. El medidor de flujo de presión diferencial es también conocido como medidor de flujo de venturi. Un venturi es el punto en un tubo que ha sido estrechado de manera que el flujo sea restringido ligeramente. Este tipo de sensores aprovecha el efecto venturi, situando dos manómetros, uno antes de la parte estrecha y otro en la parte estrecha, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 11, Principio de operación del flujómetro de venturi [5]

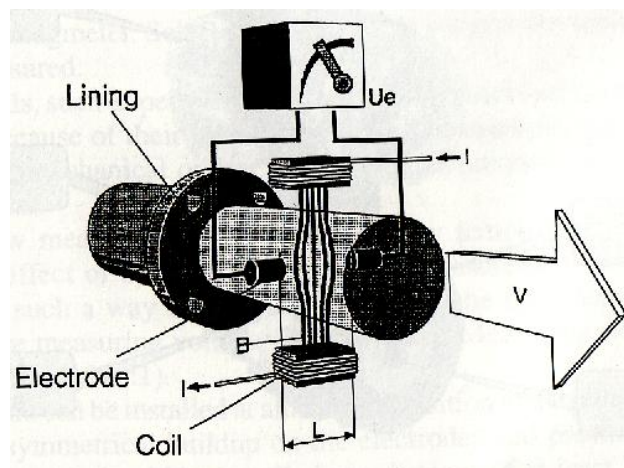


En la parte estrechada, la velocidad del líquido aumenta, disminuyendo su presión. Entonces, conociendo la caída de presión en las dos secciones de la tubería, se puede deducir su caudal. [2]

b) Flujómetro magnético. Un flujómetro magnético convencional, está formado de un sensor que recibe una señal del líquido que está fluyendo y un transmisor que convierte esta señal en una corriente normalizada o en una cantidad pulsos por unidad de volumen o tiempo.

El principio de operación de este tipo de sensores está basado en la ley de inducción de Faraday. Cuando un conductor se mueve en un campo magnético, se genera un voltaje en este conductor. Este concepto se muestra en la siguiente figura:

Figura 12, Principio de operación de un flujómetro magnético [5]



En un flujómetro magnético, el conductor es el líquido conductivo que está fluyendo. El campo magnético es generado por dos embobinados ("coils" en inglés, como se muestra en la figura anterior) que son energizados ya sea por un voltaje AC o por un pulsos de un voltaje DC. El voltaje inducido es recibido por dos electrodos aislados. La

separación aislante del fluido que se está midiendo de la tubería metálica se logra a través de un revestimiento. [15]

Las áreas de aplicación de este tipo de sensores incluyen todas las soluciones acuosas como agua, lodos, pastas, jugos, ácidos y otros. El flujómetro se selecciona con la conductividad mínima del líquido que se está midiendo. [15]

4) Sensores de nivel. La medición de niveles es algo muy común en muchos procesos industriales. En muchas industrias se tienen químicos y otros materiales almacenados dentro de tanques, por lo cual las técnicas de medición del nivel de estos tanques resultan muy importantes. Por esta razón, existe una amplia variedad de sistemas para la medición de nivel. A continuación se mencionan algunas de las formas más comúnmente utilizadas para medir el nivel: [15]

a) Detección y medición de líquidos utilizando un flote. La detección del nivel de líquidos frecuentemente se hace con un switch (interruptor) de nivel del tipo flotador. El flotador se mueve conectado a un brazo mecánico o una varilla deslizante y activa un interruptor cuando el nivel está alto. Algunas veces, los mismos flotadores incluyen un pequeño magneto, el cual cambia el estado de un interruptor (conocido como reed switch) cuando el nivel del líquido que está subiendo llega a su posición. [15]

La forma más simple de un sistema de flotador consiste en un flotador, un pequeño cable, dos poleas y un contrapeso que está suspendido en el exterior de un tanque abierto. Se coloca una escala en el exterior del tanque y el nivel del contenido del tanque es indicado por la posición del contrapeso a lo largo de la escala. A pesar de que la forma más sencilla de este tipo de sensores está hecha para tanques abiertos, debido a los requerimientos industriales, se han hecho adaptaciones para que puedan ser utilizados también en tanques cerrados. [15]

Figura 13, Funcionamiento de un interruptor de nivel típico [5]

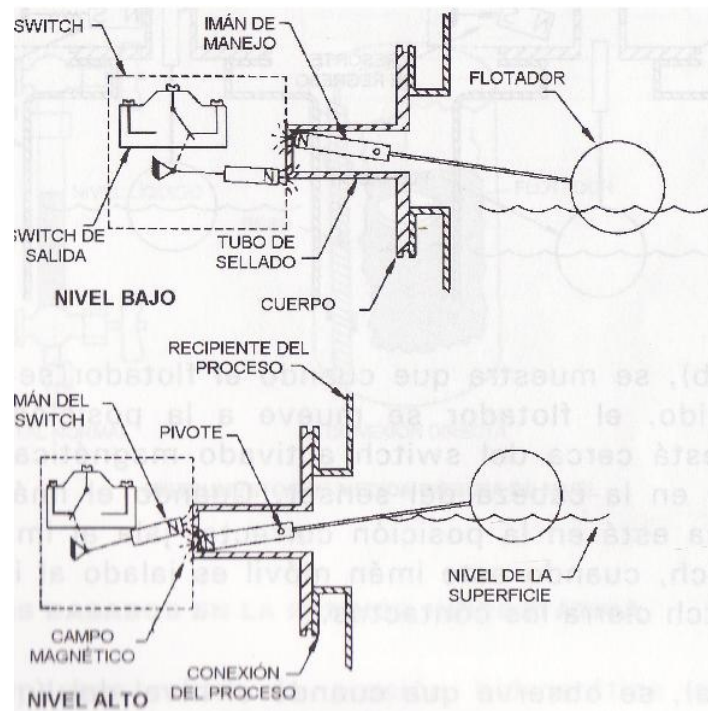
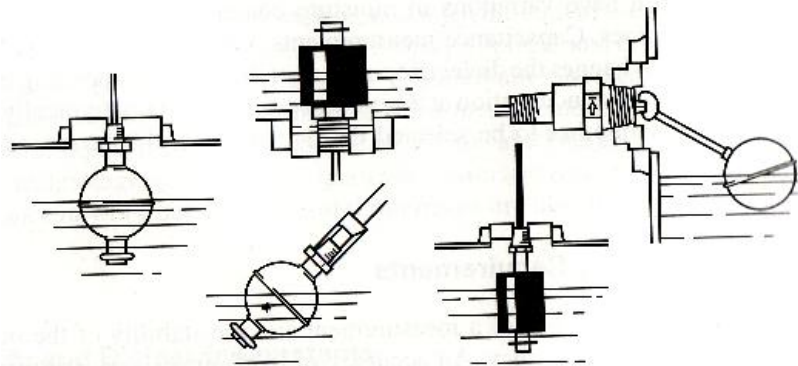
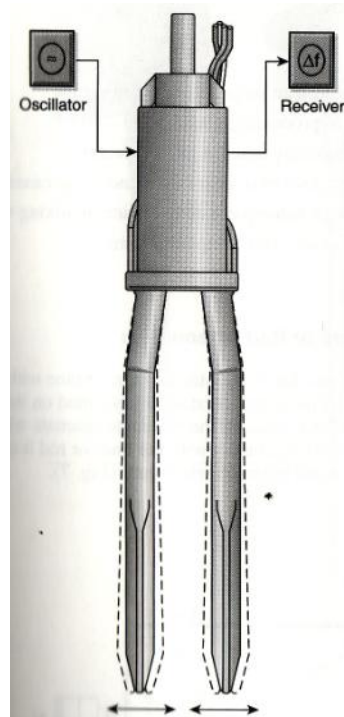


Figura 14, Interruptores de flotador típicos [15]



b) Detección de líquidos utilizando resonancia de un diapasón. Este método consiste en la utilización de un diapasón, que vibra a su frecuencia de resonancia. El diapasón está diseñado para que cuando esté sumergido en un líquido haya un cambio en su frecuencia de resonancia de 10% a 20%. La frecuencia natural de resonancia es tomada por un cristal receptor y el cambio de frecuencia de resonancia es detectado por un circuito de referencia. [15]

Figura 15, Sensor de nivel de diapasón [15]



c) Detección y medición del nivel utilizando ultrasonido. La tecnología de medición ultrasónica está basada en el hecho de que el sonido viaja a través de un medio con una velocidad de propagación conocida, dependiendo de la densidad y temperatura del medio. El sistema de medición consiste en un transductor o sensor, montado en un tanque o silo, y un transmisor remoto construido en el sensor. El método utilizado en estos sensores usa un pulso ultrasónico corto generado por un transductor. Este pulso viaja a través del medio (generalmente aire o un gas similar) y es reflejado de regreso al transductor cuando golpea la superficie del material que se está midiendo. El tiempo que se toma desde que se emitió la señal hasta que se recibe la señal reflejada se mide y es usado (basado en la velocidad de propagación conocida de la onda) para calcular la distancia hasta el nivel de la superficie y la altura del nivel. [15]

Este tipo de medición es ideal para muchas aplicaciones industriales en las cuales se tienen condiciones corrosivas, características cambiantes de los productos y otros factores que hace que los dispositivos de contacto sean menos aptos. [15]

El sistema de medición consiste en un transductor o sensor, montado en un tanque o silo, y un transmisor remoto construido en el sensor. [15]

d) Medición del nivel utilizando sensores de presión. Este principio se basa en la medición de la presión hidrostática producida por una columna de líquido a una altura específica. Este consiste en que la presión medida será proporcional a la altura del líquido en el tanque.

Si el tanque está abierto a la atmósfera, la presión en la superficie del líquido será igual a la atmosférica. La mayoría de sensores de presión realizan un ajuste para la presión atmosférica. Si la presión en la superficie del líquido es mayor o menor que la atmosférica, entonces puede utilizarse un sensor de presión diferencial, en el cual la presión que actúa en la superficie es restada del total de la presión, dejando únicamente la presión debida a la columna de líquido.

5) Sensores de proximidad. En muchas ocasiones resulta útil medir la posición de objetos en un proceso, como por ejemplo la posición de una válvula para saber si está abierta o cerrada. A continuación se muestra una de las formas más comunes de hacerlo:

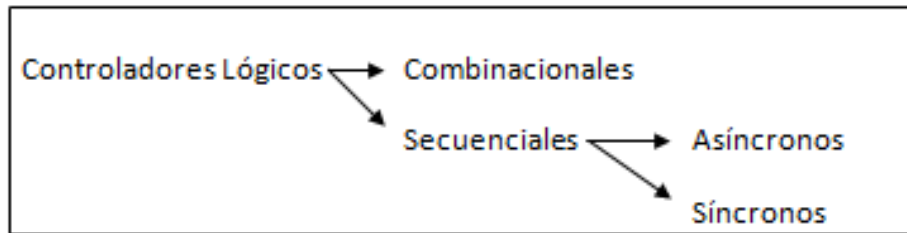
a) Reed switch (Interruptor magnético Reed). Este dispositivo consiste en un par de láminas delgadas contenidas en una cápsula sellada, las cuales están colocadas a cierta distancia. Cuando un magneto se acerca, causa que el contacto entre las dos láminas se cierre.

G. Controladores lógicos

En numerosas instalaciones industriales, es necesario monitorear variables de diferentes procesos y actuar sobre ellas, para lograr que estos funcionen de forma automática. Los controladores lógicos son dispositivos electrónicos que realizan la función de monitorear estas variables y, dependiendo de su estado, toman decisiones sobre cómo actuar sobre el proceso. [14]

1. Clasificación de los controladores lógicos según su modo de operación. Según su modo de operación, los controladores lógicos pueden clasificarse de la siguiente manera:

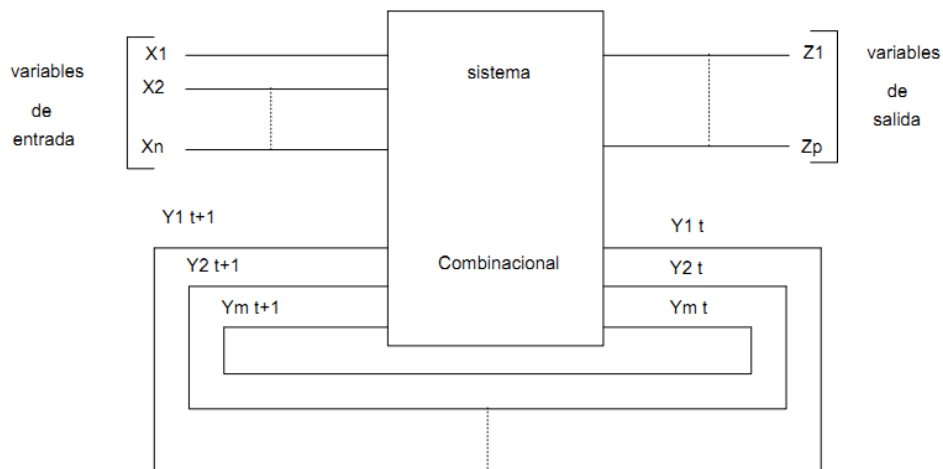
Figura 16, Clasificación de los controladores lógicos según su modo de operación [14]



a. Controladores lógicos combinacionales. Son aquellos controladores cuyo modo de operación corresponde al de un sistema combinacional, como el descrito anteriormente. Este tipo de controlador, no constituye un controlador lógico universal, es decir, no se puede utilizar para tomar decisiones en función de la secuencia de estados de las variables binarias en sucesivos instantes de tiempo. [14]

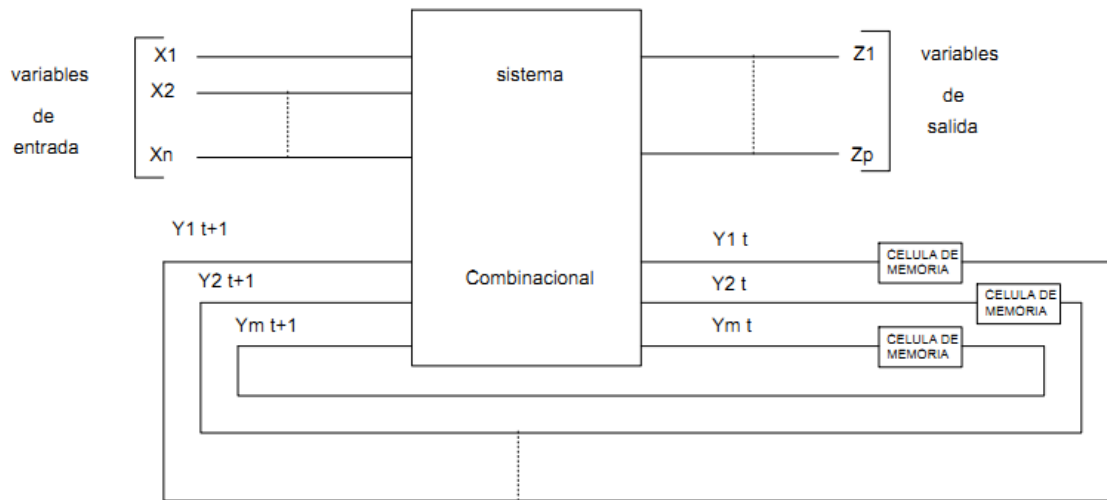
b. Controladores Lógicos Secuenciales. Los controladores lógicos secuenciales son aquellos controladores lógicos que son capaces de memorizar las variables de entrada en forma de estado interno, para tomar decisiones en un instante en función del valor que tuvieron las variables de entrada en el pasado y las que tienen en el presente. La forma más inmediata de realizar un sistema secuencial es mediante la realimentación de un sistema combinacional. [14]

Figura 17, Sistema combinacional con realimentación [14]



Otra forma de realizar un sistema secuencial es mediante la creación de células de memoria básicas que son puestas a cero o puestas a uno mediante un sistema combinacional. En la siguiente figura se muestra una representación de un sistema como el descrito:

Figura 18, Sistema secuencial con células de memoria [14]



2. Controladores lógicos síncronos y asíncronos

a. Controladores asíncronos. Los sistemas secuenciales asíncronos son aquellos en los que las variables de entrada actúan sobre el estado interno del sistema en el mismo instante en que pasan de un determinado estado, o cambian de estado. [14]

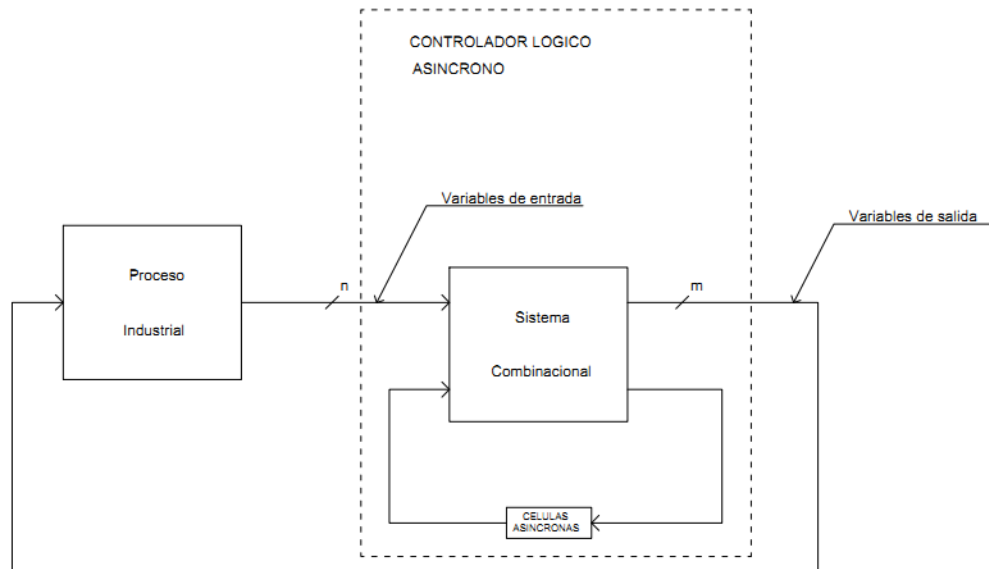
Físicamente, un sistema asíncrono se realiza de dos formas principales:

- Mediante la realimentación directa de un sistema combinacional (Figura No. 6). [14]
- Mediante la realimentación a través de células de memoria asíncronas, que son sobre las que actúan las variables de entrada de forma inmediata, en el instante en que cambian de estado (Figura No. 7). [14]

Los controladores lógicos asíncronos poseen ciertas limitaciones, las cuales se enlistan a continuación:

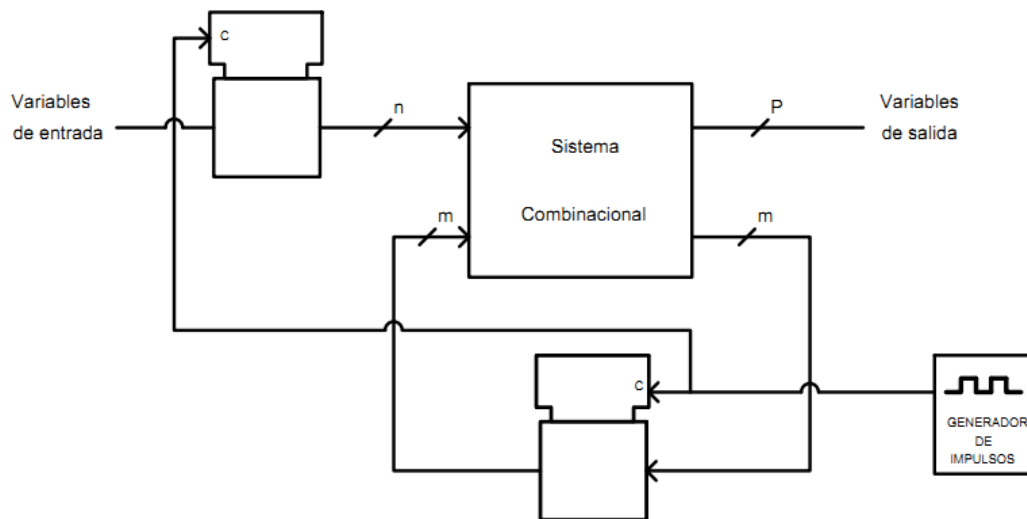
- Problemas con fenómenos aleatorios que son difícilmente controlables cuando cambia de estado simultáneamente más de una variable de entrada o de estado interno. [14]
- La imposibilidad de hacer que el sistema pueda ampliar el número de variables de entrada o salida sin necesidad de cambiar el sistema físico, es decir, los sistemas asíncronos no pueden ser modulares. [14]

Figura 19, Sistema secuencial asíncrono [14]



b. Controladores síncronos. Un sistema síncrono, es un sistema secuencial en el que el nivel lógico de las variables de entrada actúa sobre su estado solamente cuando se produce un determinado flanco activo de un generador de impulsos. Un generador de impulsos es un circuito electrónico que genera una señal que varía con el tiempo en forma de una onda cuadrada de frecuencia fija. Las células binarias síncronas reciben el nombre de biestables síncronos y el conjunto de “m” biestables con una entrada común a todos, procedente del generador de impulsos, se denomina registro síncrono. A continuación se muestra una representación gráfica de un controlador síncrono:

Figura 20, Controlador lógico síncrono [14]

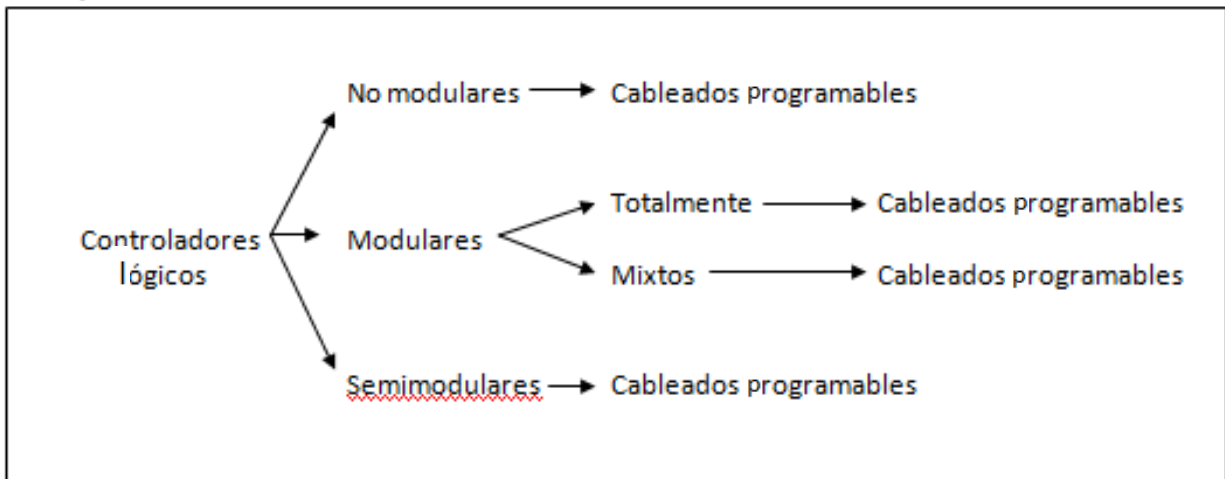


Al tener un sistema que se encuentra “sincronizado” gracias a la señal de reloj del generador de impulsos, se logran las siguientes ventajas:[14]

- Ausencia de fenómenos aleatorios cuando cambian varias variables de entrada o de estado interno simultáneamente. Estos se evitan haciendo que las variables de entrada estén estables en el momento que se apliquen al registro los flancos activos del generador de impulsos. [14]
- Posibilidad de modificar su forma de operación sin necesidad de cambiar su cableado. Esto se logra utilizando circuitos combinatoriales programables, realizados con circuitos integrados semimedida (semicustom integrated circuits). [14]
- Modularidad de entradas y salidas, la cual se logra mediante un barrido secuencial de las entradas. [14]

c. Clasificación de los controladores lógicos síncronos. Finalmente, los controladores lógicos síncronos pueden clasificarse según la forma en la que están realizados, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 21, Clasificación de los controladores lógicos síncronos [14]



d. Controladores lógicos síncronos no modulares. Los controladores lógicos síncronos no modulares presentan las siguientes características:

- Su sistema físico puede ser reducido al mínimo adaptándolo a las necesidades específicas de la aplicación. [14]
- El circuito combinacional que genera las tomas de decisión se puede realizar:
 - Utilizando compuertas lógicas interconectadas, dando lugar a un controlador lógico cableado. [14]
 - Mediante una memoria pasiva de acceso aleatorio (ROM, PROM, RROM), una matriz lógica programable (PLA) o una atriz lógica y programable (PLA). De esta forma el comportamiento del controlador lógico puede cambiarse sin tener que modificar el cableado del sistema físico. [14]
- Es posible realizar el sistema en su totalidad en un único circuito integrado diseñado a medida o a semimedida, con lo cual se logra proteger la propiedad intelectual del circuito en conjunto con la máquina controlada por él. [14]
- Un aumento no previsto de las entradas o salidas requiere una modificación del circuito combinacional, por lo que no se admiten ampliaciones. [14]

Este tipo de controladores es ideal para aplicaciones donde se requiere reducir al mínimo los costos y no se prevén ampliaciones del número de variables de entrada o salida. [14]

e. Controladores lógicos síncronos modulares. Los controladores modulares son aquellos controladores lógicos en los que se puede ampliar el número de variables de entrada y salida añadiendo elementos sin modificar el sistema. [14]

Existen muchas aplicaciones en las que el número de variables de entrada o salida puede variar, como por ejemplo, una planta industrial, que puede sufrir modificaciones a lo largo de su vida útil. En estos casos es preferible utilizar un controlador lógico que tenga una estructura de entradas y salidas modular que permita adaptar el número de ellas a las necesidades de la aplicación sin tener que modificar el sistema físico (hardware). [14]

f. Controladores lógicos síncronos semimodulares. Los controladores lógicos modulares proporcionan una solución técnica de gran flexibilidad, pero con un costo mucho mayor que el de los no modulares. Por esto, existen los controladores lógicos semimodulares, en los cuales la suma del número de entradas y salidas es constante, pero puede variar el de cada una de ellas. [14]

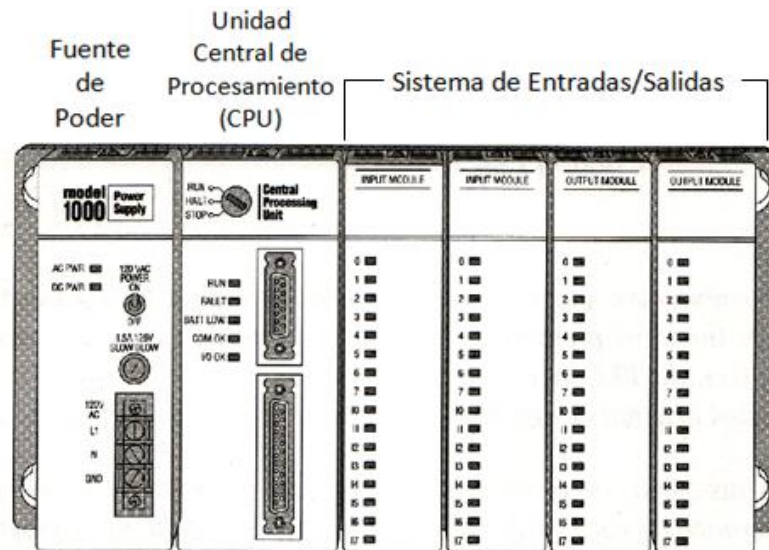
3. Controladores lógicos programables (PLC). Un controlador lógico programable, o PLC por sus siglas en inglés (Programmable Logic Controller), es un dispositivo de control industrial, que está diseñado específicamente para controlar máquinas y procesos utilizando un programa almacenado y realimentación de dispositivos sensores y actuadores. Según la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA), un controlador programable es “un aparato electrónico digital con una memoria programable para almacenar instrucciones que implementan funciones específicas, como funciones lógicas, de secuencia, temporización, conteo y aritmética, para controlar máquinas y procesos”. [11]

Los controladores lógicos programables pueden separarse en dos categorías: los programadores lógicos fijos (no modulares) y los controladores lógicos modulares. Estas corresponden a las características antes mencionadas para estas dos clases de controladores. [15]

Los tres componentes principales que forman a los controladores programables son:

- Sistema de entradas/salidas, que proveen la interfaz con los dispositivos de campo sensores y actuadores. [11]
- La unidad de procesamiento central (CPU), que es la que procesa el programa para realizar decisiones de control. [11]
- La fuente de poder del sistema, la cual provee la energía para los sistemas de entradas/salidas y la unidad de procesamiento central. [11]

Figura 22, Componentes principales de un controlador lógico programable (PLC) [11]



El dispositivo de programación no se considera parte del controlador, aunque este provee con la interfaz con el PLC para crear, almacenar y solucionar problemas del programa de control. [11]

a. Unidad Central de Procesamiento (CPU). La unidad de procesamiento central es el “cerebro” del controlador programable. Ésta toma todas las decisiones relativas al control de la máquina o del proceso. La unidad central de procesamiento, o CPU por sus siglas en inglés (Central Processing Unit), está compuesta de un procesador y su memoria. Durante su operación, la CPU recibe señales de entrada de varios dispositivos sensores, realiza decisiones lógicas definidas por el programa almacenado en su memoria y controla dispositivos de salida (actuadores), de acuerdo a los resultados de la lógica programada. El proceso de leer las entradas, ejecutar el programa y controlar las salidas es conocido como el *escaneo cíclico*. [11]

b. Sistema de Entradas/Salidas. El sistema de Entradas/Salidas, es la sección del PLC hacia la cual los sensores y actuadores están conectados a través del cual el CPU monitorea y controla las máquinas o procesos. Una de las mayores ventajas de los PLCs es su sistema de entradas y salidas, ya que acondiciona varias señales de entrada hacia el controlador y de salida, al mismo tiempo que proporciona aislamiento entre el PLC y el ambiente de trabajo, en el cual frecuentemente existe mucho “ruido eléctrico”.

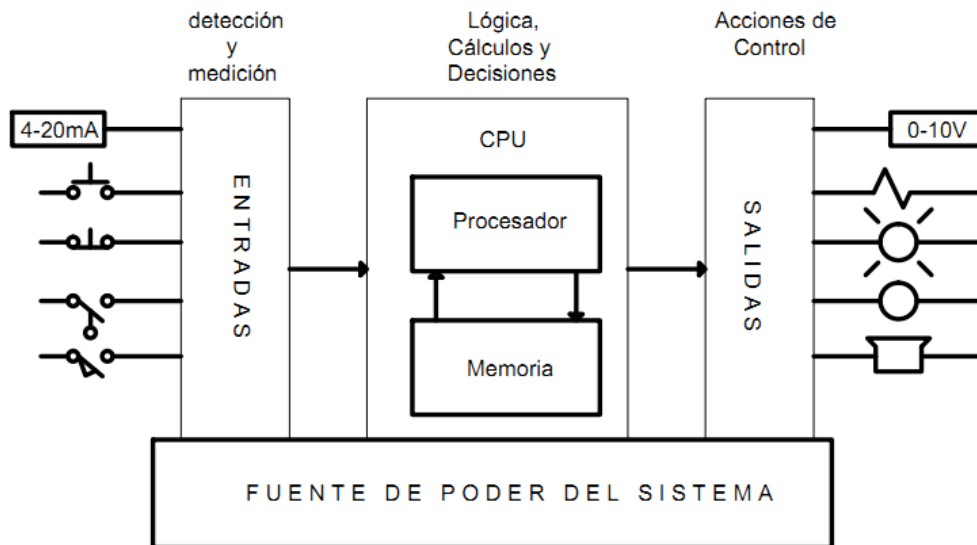
[11]

El sistema de entradas y salidas de cada PLC está compuesto de diferentes tarjetas de circuitos que proporcionan una interfaz para señales con diferentes rangos estandarizados de corriente y voltaje. Los módulos de entradas reciben y acondicionan señales provenientes de dispositivos tales como interruptores de nivel, botones, contactos de relés y sensores analógicos. Los módulos de salida, reciben comandos desde el CPU y después acondicionan y controlan las señales que manejan otros dispositivos como motores, solenoides, luces indicadoras y válvulas. [11]

c. Fuente de poder del sistema. La fuente de poder del sistema suministra los voltajes DC de bajo nivel requeridos para manejar la circuitería electrónica de los otros elementos del PLC. Convierte los voltajes de alto nivel de la alimentación (por ejemplo, 115V o 230V AC) a voltajes de bajo nivel (por ejemplo 5V, 15V, 24V DC) requeridos por el CPU y los módulos de entradas y salidas. Un detalle importante, es que la fuente de poder está diseñada únicamente para suministrar energía para las operaciones internas del CPU y los módulos de entradas y salidas. La energía necesaria para operar los dispositivos de campo, como los motores, normalmente se deriva de fuentes externas, suministradas por el usuario. [11]

A continuación se muestra una figura representando la interacción entre los tres componentes principales de un PLC:

Figura 23, Interacción entre los componentes principales de un controlador lógico programable (PLC) [11]

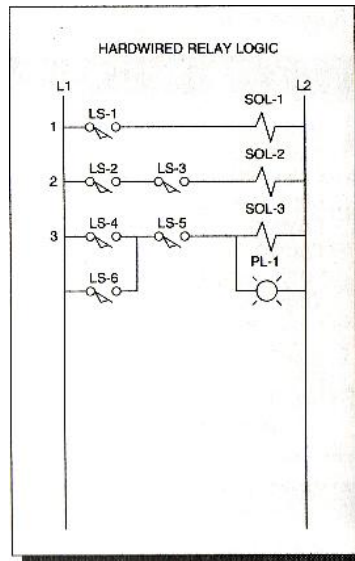


d. Dispositivos de programación. El dispositivo programador es un componente periférico que es necesario para grabar el programa en la memoria del PLC. Una vez que el programa está grabado, se puede desconectar el dispositivo del controlador. Sin embargo, puede utilizarse para modificar el programa y monitorear el sistema controlado mientras está en operación. El dispositivo de programación también es útil para solucionar problemas y puede servir como un medio para mantener documentado el programa de control. [11]

e. El lenguaje de programación. El lenguaje de programación principalmente utilizado en los PLCs es el de *diagramas de escalera*. Este es un lenguaje de elementos gráficos, que consiste en símbolos de esquemas eléctricos, similares a los utilizados en diagramas lógicos de relés. Este lenguaje fue diseñado para ser muy parecido a la lógica de relés, ya que los PLCs generalmente eran operados por electricistas de planta y técnicos que estaban familiarizados con este tipo de representación. La simplicidad del lenguaje de escalera fue un factor de gran ayuda para la rápida aplicación de los PLCs en prácticamente todas las industrias manufactureras. [11]

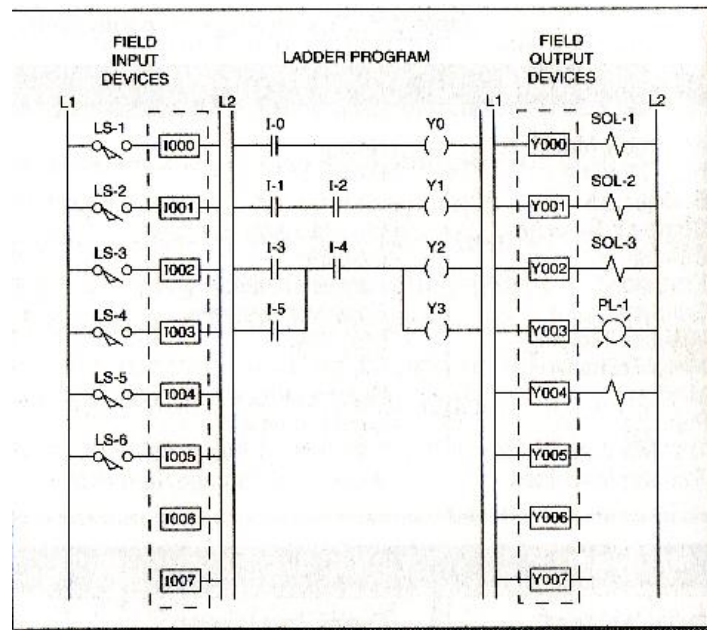
La función básica del lenguaje de escalera es muy parecida a la de la lógica de relés que reemplaza. Su objetivo es el de controlar el estado de un dispositivo basado en condiciones lógicas. En la siguiente figura se muestra un diagrama de lógica de relés simple. [11]

Figura 24, Lógica de relés [11]



La manera en la que se conectan físicamente los interruptores determina la forma en la que el dispositivo opera. Para cambiar el comportamiento del sistema, sería necesario cambiar la lógica que se ha cableado, es decir, sería necesario cambiar físicamente el circuito. En la siguiente figura se muestra un programa en lenguaje escalera que implementa la misma lógica implementada en un PLC, haciendo notar que en este caso, a diferencia de la lógica de relés, no se requiere una conexión física entre los dispositivos de entrada (interruptores) y los de salida (solenoides). [11]

Figura 25, Implementación en PLC, lenguaje de escalera [11]



De esta forma, se reemplaza el cableado por lógica programada, la cual puede cambiarse más fácilmente de ser necesario. [11]

f. Ventajas de la aplicación de PLCs. La aplicación de PLCs para el control de procesos proporciona muchas ventajas. A continuación se mencionan algunas de estas ventajas:

- Una de las grandes ventajas del uso de PLCs es la gran flexibilidad que se obtiene en los sistemas de control ya que se permite la fácil alteración y expansión del sistema, a medida que este cambia, y su adaptación para cada una de las diferentes aplicaciones. Esta característica se deriva en gran parte de su diseño, tanto en hardware, como en software. Sin embargo, su característica de ser “programable”, es la que provee la mayor ventaja en comparación a los sistemas de control cableados, ya que es gracias a ella, que puede modificarse el sistema de control sin necesidad de cambiar físicamente el sistema, proporcionando un sistema mucho más flexible. De esta forma la secuencia de control de un PLC puede cambiarse de forma manual o automática para satisfacer los requisitos de control diarios. [11]
- Muchas de las características de los PLCs simplifican su diseño e instalación. Su composición en estado sólido permite diseños compactos que reducen el espacio y requerimientos eléctricos, y a la vez se tiene un sistema bastante confiable, ya que no existe fatiga mecánica en sus elementos. [11]
- En instalaciones grandes, subsistemas de entradas y salidas pueden ser colocados cerca de los dispositivos de campo (sensores y actuadores), reduciendo el trabajo y el costo asociados con el cableado de largas distancias. [11]
- En muchas plantas, existen muchos sistemas que son muy similares o incluso que están duplicados. Lo cual significa que los circuitos de control son similares o duplicados. Una vez que se han programado estos circuitos para un diseño, pueden ser grabados y reutilizados. [11]

H. Actuadores y válvulas de control:

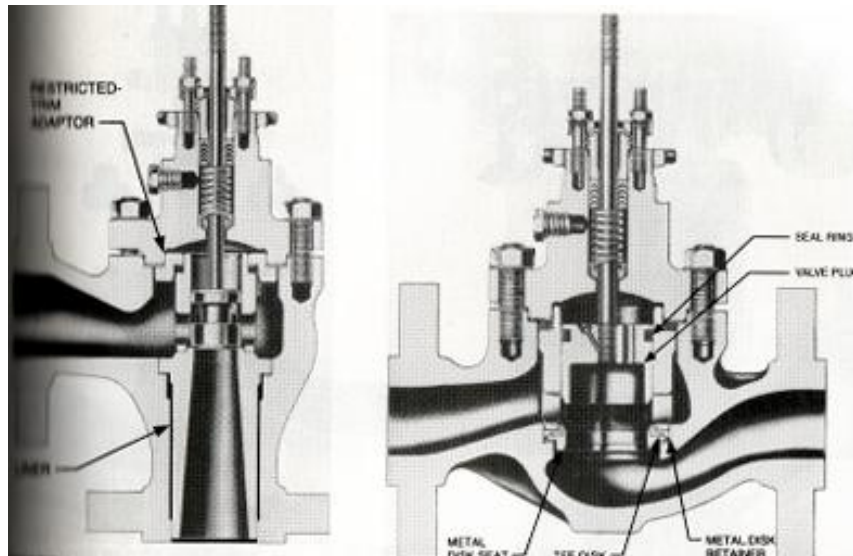
1. Válvulas de control. Las válvulas de control toman señales desde los instrumentos y actúan directamente sobre un fluido del proceso para controlarlo. Las válvulas de control mantienen variables de procesos como presión, flujo, temperatura o nivel, en el valor deseado, sin importar los cambios que pueda haber en el proceso. [15]

Una válvula de control se refiere a cualquier tipo de válvula que sea accionada por una fuente de poder, ya sea hidráulica, neumática o eléctrica. Ésta, básicamente está formada por una válvula normal, que se abre y se cierra utilizando un mecanismo, el cual es activado por un actuador, para controlar la posición de la válvula. [15]

Existen diferentes variedades de válvulas de control. A continuación se enlistan las categorías más comunes de válvulas de control:

a. Válvulas de control de vástago deslizante. Este es el tipo más versátil de válvulas de control. Este tipo de válvulas puede ser de patrón recto, angulares y de tres vías. En la siguiente figura se muestra la forma en la que funcionan este tipo de válvulas:

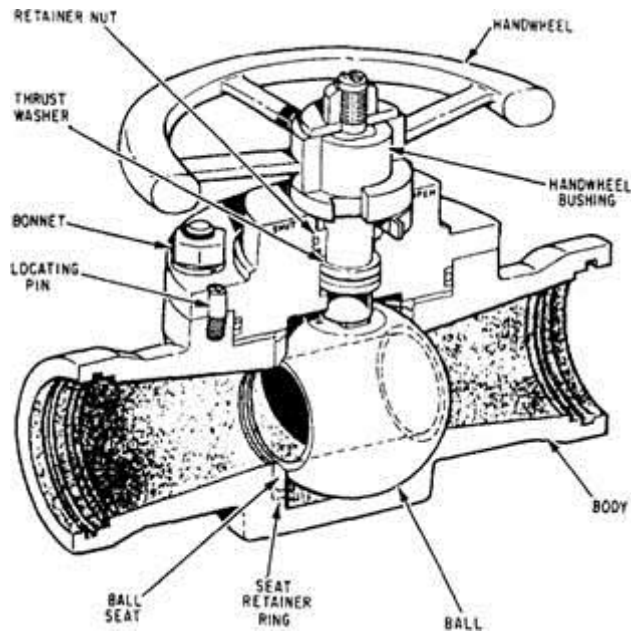
Figura 26, Válvulas de vástago deslizante, angular (izquierda), de patrón recto (derecha) [15]



En la figura se muestran dos de los tipos de válvulas de vástago deslizante. En la izquierda, se muestra una válvula angular y en la derecha una de patrón recto. La válvula de la derecha es una válvula de globo. Entonces puede observarse que la válvula de control es básicamente un tipo normal de válvula, con un actuador que la abre y cierra automáticamente. En este caso, el vástago deslizante es el mecanismo que controla la válvula. El actuador es otro instrumento, no mostrado en la figura, el cual se encarga de mover el vástago para abrir y cerrar la válvula.

b. Válvulas de bola. Las válvulas de bola consisten básicamente en una esfera con un agujero, en la cual al girar la manija 90°, el agujero toma una posición perpendicular o paralela a la tubería, permitiendo o restringiendo el paso de un fluido a través de la válvula. En la siguiente figura se muestra una válvula de bola: [7]

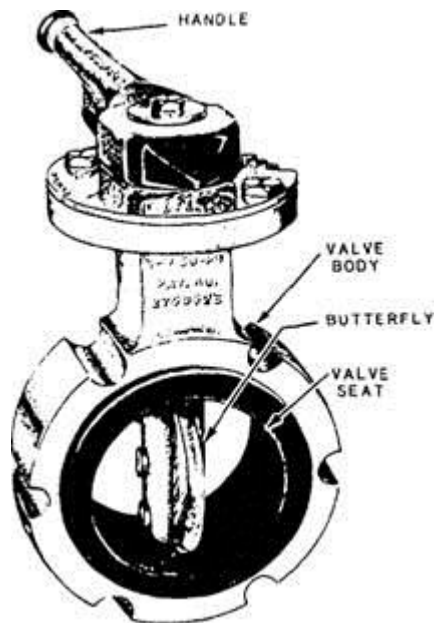
Figura 27, Válvula de bola [7]



Este tipo de válvulas son utilizadas en aplicaciones como el trasiego de aceite y en aplicaciones donde hay altas presiones o temperaturas muy bajas.

c. Válvulas de mariposa. Las válvulas de mariposa son válvulas en las cuales el mecanismo de cerrado consiste en un disco, el cual al girar la manija 90°, toma una posición perpendicular o paralela a la tubería, deteniendo o permitiendo el paso del fluido a través de la tubería. En la siguiente figura se muestra una válvula de mariposa: [7]

Figura 28, Válvula de mariposa [7]



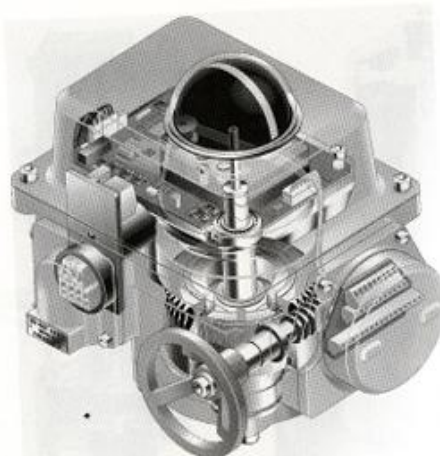
2. Actuadores. En términos generales, los actuadores son la parte final del lazo de control. Estos son los que llevan a cabo las acciones sobre el proceso, para modificar los valores de las variables y básicamente consisten en dispositivos que utilizan energía eléctrica, neumática o hidráulica, proveniente de una señal de control, para realizar una acción sobre el proceso, que cause un efecto en él. [15]

Para el caso de las válvulas, los actuadores son los elementos que diferencian a una válvula normal de una válvula de control. Existen muchos diseños disponibles, con diferentes fuentes de poder y diferentes capacidades. Los actuadores son partes muy importantes en el sistema de control, debido a que una válvula de control podrá realizar su función dependiendo de que tan bien el actuador pueda manejar las cargas dinámicas y estáticas puestas sobre él por la válvula. [15]

a. Fuente de poder. La fuente de poder disponible en la localización de una válvula frecuentemente determina qué tipo de actuador se utilizará. Típicamente, la fuente de poder de los actuadores proviene de aire comprimido o de electricidad. Sin embargo en algunos casos, se utiliza presión del agua o de algún otro fluido hidráulico. La mayoría de actuadores usa aire comprimido para su operación. [15]

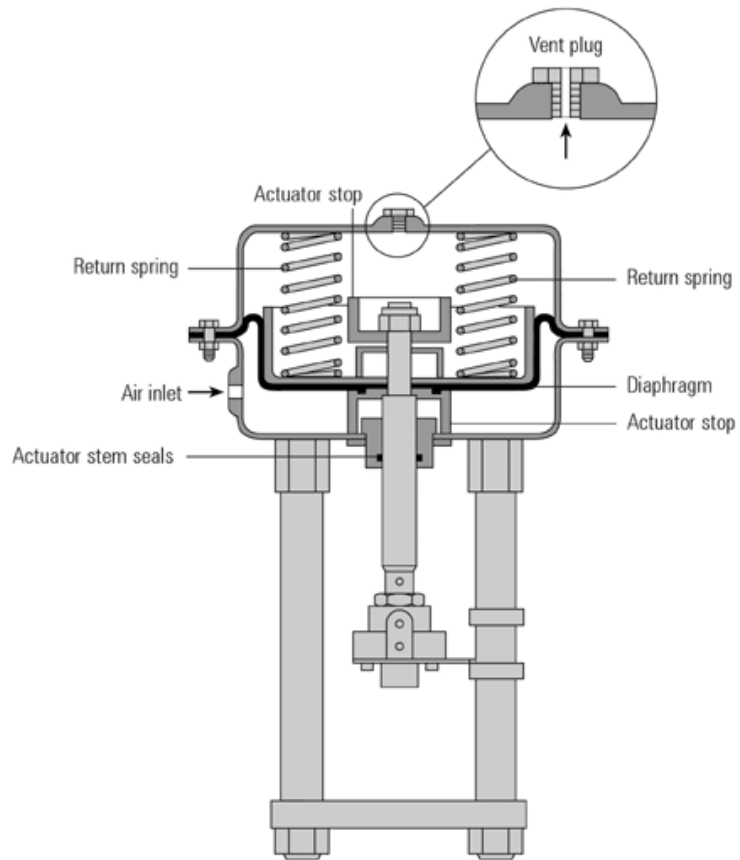
b. Actuadores eléctricos. La mayoría de actuadores eléctricos consisten en motores y trenes de engranajes. Son aptos para su instalación remota, donde no hay otra fuente de poder disponible. En la siguiente figura se muestra un actuador eléctrico: [15]

Figura 29, Actuador eléctrico [15]



c. Actuadores de diafragma. Los actuadores de diafragma son actuadores neumáticos, en los cuales, se aplica aire comprimido a una membrana flexible, llamada diafragma, para lograr el movimiento del vástago de la válvula. [20]

Figura 30, Actuador neumático de diafragma [20]



V. METODOLOGÍA

El proyecto consiste en analizar un sistema no automático de distribución de Bunker, Diesel, Soda Cáustica y Dióxido de Carbono, y determinar las modificaciones que deben realizarse para poder convertirlo en un sistema automático. Para hacerlo, primero debe realizarse un estudio del sistema, durante el cual se determinarán los elementos que se tienen actualmente en la fábrica.

Se obtendrán los diagramas P&ID que describan el proceso. De esta forma se podrá tener una mejor comprensión del sistema y de los cambios que deben hacerse para automatizarlo.

Cuando se tengan los diagramas del proceso, se analizará cada una de las áreas del proceso por separado, para determinar el número y el tipo de variables (analógicas o digitales) que será necesario medir y sobre las cuales será necesario actuar, para así poder determinar qué tipo de controladores deben utilizarse. Para hacerlo, se investigará sobre diferentes tipos de controladores que puedan adecuarse al sistema.

Los sensores que deben agregarse para medir las variables del sistema, se determinarán de acuerdo al producto cuyas características medirán. Se investigará sobre diferentes tipos de sensores, que puedan ser utilizados en cada uno de los productos.

Para definir los actuadores que deben agregarse, se encontrará en qué áreas es necesario colocarlos, utilizando los diagramas P&ID. Estos se determinarán dependiendo del tipo de acción que deben realizar sobre el sistema.

Al tener los diagramas P&ID, se podrá tener una idea de cómo debe ser la lógica del programa que gobierne su funcionamiento. Con este conocimiento, se realizarán los diagramas de flujo para los programas que controlarán el sistema.

VI. DESARROLLO

A. Análisis del sistema actual (dividido por cada uno de los productos):

Actualmente en el área de tanques de almacenamiento, se tienen cuatro diferentes productos: Bunker, Diesel, Soda Cáustica y Gas Carbónico (CO₂). Desde esta área se distribuyen estos productos hacia el resto de la planta, de forma manual. Actualmente no existe un sistema que permita conocer el estado del sistema en cada momento y controlarlo de forma automática. Como se mencionó anteriormente, este tipo de sistema se ha hecho necesario para poder monitorear los niveles de los tanques y el estado del sistema en general, para así poder tener un control de los inventarios de cada uno de los productos y evitar posibles fallas debidas al error humano, como derrames y otros accidentes, o errores al momento de inventariar los productos.

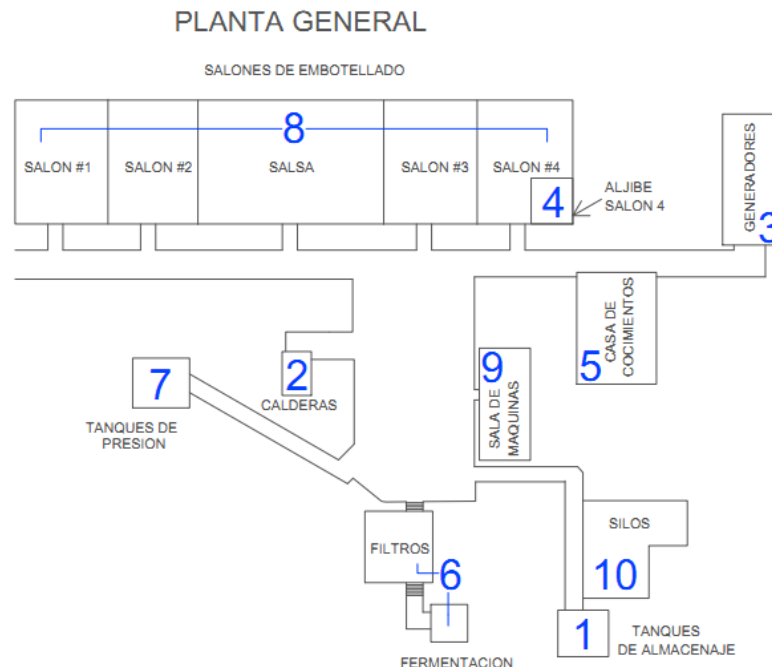
El proyecto abarca muchas de las áreas de la planta. A continuación se describen las áreas de la fábrica involucradas en la realización del proyecto:

- 1. Área de tanques de almacenamiento (área de distribución hacia las demás áreas):** Es el área principal de almacenamiento de los productos para el proyecto. Desde esta área es que se distribuyen los productos al resto de la planta.
- 2. Área de plaza calderas:** En esta área se tienen las calderas que utiliza la planta para generar vapor a altas temperaturas, el cual es utilizado para diferentes procesos en la fábrica.
- 3. Área de generadores:** En esta área se tienen 4 generadores eléctricos, los cuales se utilizan en caso de emergencia cuando no se tiene energía eléctrica de la red.
- 4. Área del aljibe del salón 4:** En esta área se tienen tanques secundarios para almacenar productos que son utilizados en los salones de embotellado. En esta área también se tiene un depósito de agua y una bomba utilizada en el sistema contra incendios. Esta área se encuentra en un sótano, debajo del salón 4 de embotellado.
- 5. Casa de cocimientos:** Es una de las principales áreas de la planta, donde se realizan diferentes procesos necesarios para la fabricación de bebidas.
- 6. Área de filtros y fermentación:** Es otra de las áreas donde se realizan procesos propios de la fabricación de las bebidas.

7. **Área de tanques de presión:** Es otra de las áreas donde se realizan procesos propios de la fabricación de las bebidas.
8. **Salones de embotellado:** En esta área, como lo dice su nombre, es donde se lleva a cabo el proceso de embotellado del producto final, es decir, las bebidas, después de pasar por el resto de procesos de fabricación. Existen 4 salones de embotellado, identificados como salones de embotellado 1,2,3 y 4, los cuales están dedicados al embotellado de cierto tipo de bebida, que por motivos de confidencialidad de la empresa, llamaremos bebida A, y existe un salón de embotellado adicional dedicado únicamente al embotellado de otro tipo de bebida, que llamaremos bebida B. Este último salón está identificado como "SALSA".
9. **Sala de máquinas:** Es el área encargada de proveer al resto de la planta con servicios como aire comprimido y refrigeración.
10. **Área de silos:** Es el área donde se almacenan diferentes productos y materia prima para la fabricación de las bebidas.

En la siguiente figura se localizan estas áreas:

Figura 31, Ubicación de las áreas de la planta



● **1. Producto: Bunker.** El sistema de distribución de combustible “Bunker” cuenta con 2 tanques de 25,000 galones, los cuales están identificados como tanques A y B de almacenaje. Desde estos tanques el Bunker es distribuido hacia el área de Calderas, por medio de 3 bombas, identificadas como bomba de recepción de Bunker y bombas de trasiego 1 y 2 de Bunker, las cuales están ubicadas en el área de almacenaje. Estas bombas funcionan tanto para la distribución del producto, como para su recepción cuando se compra y los tanques de almacenaje son llenados. Su funcionamiento puede cambiarse dependiendo de qué válvulas se encuentran abiertas en la tubería.

Desde el área de almacenaje, se distribuye Bunker a las siguientes áreas de la planta:

- **Plaza calderas:** En esta área se encuentran 2 tanques de 3000 galones, identificados como Tanques A y B de plaza calderas, los cuales pueden funcionar como tanques secundarios de almacenamiento para esta área. Además, se cuenta con 4 tanques más pequeños, 2 con capacidad de 1625 galones y 2 de 1500 galones, los cuales son alimentados por los tanques A y B, por medio de dos bombas, identificadas como bombas 1 y 2 de calderas. Estos son utilizados para proporcionarle el combustible a las calderas y están identificados como tanques de diario de las calderas 1, 2, 3 y 4. El tanque A puede utilizarse para almacenar Bunker, con el propósito de distribuirlo posteriormente a los tanques de diario, o puede utilizarse para almacenar Diesel, el cual se utiliza para alimentar un generador de emergencia localizado en el área de las calderas. El estado de las válvulas deberá ajustarse de acuerdo al producto que se desee almacenar en el tanque.

a. Descripción del funcionamiento de las bombas utilizadas en el área de Bunker. Para el trasiego de Bunker desde el área de almacenamiento hasta el área de plaza calderas, se utilizan las tres bombas mencionadas anteriormente (bomba de recepción de bunker y bombas de trasiego 1 y 2), las cuales están conectadas a los tanques de almacenaje y transportan el bunker hacia el área de plaza calderas. Estas bombas pueden arrancarse de forma manual, desde el área de almacenaje, donde se encuentran las bombas, o desde el panel de control que se encuentra en el área de silos. Estas bombas también tienen un arranque automático, el cual se hace desde el área de plaza calderas.

Además de las bombas del área de almacenaje, en el área de plaza calderas se encuentran también las 2 bombas conectadas a los tanques A y B, que son utilizadas para distribuir Bunker desde estos tanques hacia los tanques de diario. El arranque de estas bombas es únicamente de forma manual, y parte del proyecto es agregar un arranque y paro automáticos para ellas.


b. Listado de válvulas del área de Bunker. En el sistema de distribución de Bunker, se cuentan con un total de 33 válvulas, las cuales, junto con las bombas, determinan el estado del sistema. En el área de plaza calderas, se encuentran 14 de estas válvulas y en el área de tanques de almacenamiento, se encuentran 19. A continuación se muestran tablas con el listado de estas válvulas:

Tabla 1, Válvulas de Bunker del área de tanques de almacenamiento (para detalles ver diagrama de Bunker anexo)

VÁLVULAS DE BUNKER TANQUES DE ALMACENAMIENTO			
BT1VC01	BP2VC01	BB2VC01	BP3VC05
BT2VC01	BP2VC02	BB2VC02	BP3VC03
BP1VB01	BP1VC02	BB3VC01	BP3VC01
BT1VC02	BB1VC01	BB3VC02	BP3VC04
BT2VC02	BB1VC02	BP3VC02	Total: 19

Tabla 2, Válvulas de Bunker del área de plaza calderas (para detalles ver diagrama de Bunker anexo)

VÁLVULAS DE BUNKER PLAZA CALDERAS		
BT3VC01	BB5VC01	BT5VC01
BT4VC01	BB4VC02	BT6VC01
BT3VG01	BB5VC02	BT7VC01
BT4VG01	BP5VC01	BT8VC01
BB4VC01	BP5VC02	Total: 14

 **2. Producto: Diesel.** Para el sistema de distribución de Diesel, en el área de tanques de almacenaje, se cuenta con 1 tanque de 25,000 galones, identificado como tanque de almacenaje de diesel. Desde este tanque se puede distribuir Diesel al área de generadores, al aljibe del salón 4, o al área de plaza calderas, utilizando 2 bombas, identificadas como bombas de trasiego A y B de almacenaje de Diesel, y ubicadas en el área de almacenaje. Estas bombas, al igual que las de Bunker, pueden funcionar también para la recepción del Diesel cuando se llenan los tanques principales, dependiendo del estado de las válvulas.

Desde el área de almacenaje, se puede distribuir Diesel a las siguientes áreas de la planta:

- **Plaza calderas:** En esta área, se cuenta con un tanque de 3000 galones (el tanque A de plaza calderas descrito anteriormente), el cual, como se describió antes, puede usarse para almacenar, ya sea Diesel o Bunker. Adicionalmente, se cuenta con otro tanque de 500 galones, identificado como tanque de diario del generador caterpillar, cuyo propósito es almacenar combustible para el generador auxiliar de plaza calderas. A este tanque, se le trasiega diesel a través de una bomba identificada como bomba de trasiego caterpillar
- **Aljibe del salón 4:** En esta área se cuenta con un tanque de 500 galones, el cual está identificado como tanque de hidrantes. El propósito de este tanque es almacenar combustible para alimentar la bomba del sistema contra incendios.
- **Generadores:** En esta área se cuenta con un tanque de 12000 galones, identificado como tanque del estacionamiento. También se cuenta con 3 tanques de diario. Estos están identificados como tanque de diario de los generadores 1 & 2 (es un solo tanque con capacidad de 275 galones), tanque de diario del generador 3 (con capacidad de 425 galones) y tanque de diario del generador 4 (con capacidad de 75 galones). Desde el tanque del estacionamiento, se puede distribuir diesel hacia el tanque diario de los generadores 1 & 2 y al tanque diario del generador 3, utilizando 2 bombas, identificadas como bombas de trasiego A y B de los generadores 1,2 y 3. El tanque del estacionamiento también puede distribuir diesel para el tanque diario del generador 4, por medio de otras 2 bombas, identificadas como bombas de trasiego C y D del generador 4.

a. Descripción del funcionamiento de las bombas utilizadas en el área de Diesel. Para el trasiego de Diesel desde el área de almacenamiento hasta las demás áreas, se cuenta con 2 bombas (bombas de trasiego A y B de diesel), las cuales están conectadas a los tanques de almacenamiento y transportan el diesel hacia las áreas de plaza calderas, el aljibe del salón 4 y generadores. Actualmente, el funcionamiento de estas bombas es únicamente de forma manual. La orden de arranque puede darse desde plaza calderas, desde el área de silos, o desde la misma área de almacenamiento, donde se encuentran las bombas.

En el área de plaza calderas, se tiene una bomba dedicada para el trasiego de Diesel desde el tanque A de plaza calderas hacia el tanque diario del generador Caterpillar.

En el área de generadores, se cuenta con cuatro bombas, de las cuales dos se utilizan para distribuir Diesel desde el tanque del estacionamiento hacia el tanque diario del generador 1 & 2 y para el tanque del generador 3 (Bombas A y B de los generadores 1, 2 y 3). Las otras dos bombas (bombas C y D del generador 4), son utilizadas para trasegar Diesel desde el tanque del estacionamiento hacia el tanque diario del generador 4. Actualmente, todas las bombas del área de generadores, funcionan de forma manual y pueden activarse únicamente desde esta misma área.

b. Listado de válvulas del área de Diesel. En el sistema de distribución de Diesel, se cuenta con un total de 34 válvulas, que en conjunto determinan el estado del sistema. 13 de estas válvulas están en el área de tanques de almacenamiento, 17 en el área de generadores, 3 en el área de plaza calderas y 1 en el aljibe del salón 4. A continuación se muestran tablas con el listado de estas válvulas:

Tabla 3, Válvulas de Diesel del área de tanques de almacenamiento (para detalles ver diagrama de Diesel anexo)

VÁLVULAS DIESEL ÁREA TANQUES DE ALMACENAMIENTO		
DP1VB01	DB1VC01	DP3VC04
DT1VC01	DB1VC02	DP3VC03
DT1VC02	DB2VC01	DP3VC01
DP1VC01	DB2VC02	
DP2VC01	DP3VC02	Total: 13

Tabla 4, Válvulas de Diesel del área de generadores (para detalles ver diagrama de Diesel anexo)

VÁLVULAS DIESEL ÁREA GENERADORES			
DT2VG01	DP4VB01	DB3VB03	DT6VB01
DT2VG02	DP4VG01	DB4VB02	DT7VB01
DP4VC01	DP3VB01	DB4VB03	
DP4VC02	DP4VB01	DT4VB01	
DP4VC03	DB3VB02	DT5VB01	Total: 17

Tabla 5, Válvulas de Diesel del área de Plaza Calderas (para detalles ver diagrama de Diesel anexo)

VÁLVULAS DIESEL ÁREA PLAZA CALDERAS
DT8VB01
DT8VB02
DT8VB03
DT8VB04
total: 4

Tabla 6, Válvulas de Diesel del aljibe del salón 4 (para detalles ver diagrama de Diesel anexo)

VÁLVULAS DIESEL ALJIBE
SALÓN 4
DT3VC01



3. Producto: Soda Cáustica. De los sistemas de distribución considerados en el proyecto, el sistema de distribución de Soda Cáustica es el que abarca la mayor parte de áreas de la fábrica. Para este sistema, en el área de tanques de almacenamiento se tiene un tanque de 8,000 galones, identificado como tanque de almacenaje de soda y ubicado en el área de tanques de almacenamiento. Desde esta área se puede distribuir soda a las siguientes áreas:

- **Casa de cocimientos:** En esta área se cuenta con dos tanques para Soda Cáustica, identificado como tanque de soda de Casa de Cocimientos.
- **Filtros y fermentación:** En esta área se cuenta con un tanque para filtros, identificado como tanque de soda de filtros, y con otro tanque para fermentación, identificado como tanque de soda de fermentación. En esta área, se utiliza la soda cáustica para un proceso llamado CIP, que sirve para limpiar las tuberías.
- **Plaza Calderas:** Se cuenta con un único tanque para esta área, identificado como tanque de plaza calderas.
- **Tanques de presión:** En esta área se cuenta con un solo tanque para Soda Cáustica, identificado como tanque de soda de tanques de presión.
- **Aljibe del salón 4:** En esta área se cuenta con 2 tanques de 6000 galones, identificados como tanques A y B del estacionamiento del salón 4, los cuales tienen conectadas dos bombas, identificadas como bombas A y B del estacionamiento del salón 4. Estas bombas son utilizadas para distribuirle Soda Cáustica a los 4 salones de embotellado de la bebida A y al salón de embotellado adicional mencionado anteriormente, dedicado a la bebida B.

La Soda Cáustica se distribuye desde el área de almacenamiento, hacia estas áreas por medio de 2 bombas ubicadas en el área de tanques de almacenamiento e identificadas como bombas de trasiego A y B de almacenaje de Soda Cáustica.

En las áreas restantes, es decir, los salones de embotellado, cada uno de ellos tiene un tanque que es utilizado en su propio proceso de CIP. Adicionalmente, cada uno de estos salones tiene una máquina lavadora de botellas, la cual también utiliza soda. Cada

una de estas máquinas tiene un tanque auxiliar para almacenar Soda Cáustica, con excepción de las lavadoras de los salones 3 y 4, en los cuales la soda se trasiega directamente a la lavadora, sin pasar por un depósito auxiliar. Este detalle será importante al momento de decidir cómo se medirá el trasiego de soda hacia estos salones.

a. Descripción del funcionamiento de las bombas utilizadas en el área de Soda Cáustica. Para el trasiego de Soda Cáustica, desde los tanques de almacenamiento hacia las demás áreas, con excepción de los salones de embotellado, se cuenta con las bombas de trasiego A y B de almacenaje de Soda Cáustica. Estas están conectadas a los tanques de almacenaje y a un circuito de distribución conectado a las demás áreas. La operación de estas bombas es únicamente de forma manual y la orden de arranque puede darse desde el área de silos, o desde el área de almacenamiento, donde se encuentran las bombas.

Para el trasiego de soda desde los tanques del estacionamiento hacia los salones de embotellado, se cuenta las bombas A y B del estacionamiento del salón 4. Adicionalmente, en el salón "SALSA", se cuenta con una bomba auxiliar que está conectada a la tubería de distribución de soda y que sirve para trasegar específicamente a este salón. En el caso de las bombas del estacionamiento del salón 4, estas funcionan únicamente de forma manual y su control se encuentra en esta misma área. Para la bomba del salón "SALSA", esta también funciona manualmente y se activa desde este salón.

b. Listado de válvulas del área de Soda Cáustica. En el sistema de distribución de Soda Cáustica se cuenta con un total de 61 válvulas, las cuales en conjunto determinan el estado del sistema y hacia donde se está trasegando este producto. 20 de estas se encuentran en el área de tanques de almacenaje, 32 de ellas son de los salones de embotellado, y las 9 restantes se distribuyen en las áreas de casa de cocimientos, filtros, fermentación, plaza calderas y tanques de presión. A continuación se muestran tablas con el listado de estas válvulas:

Tabla 7, Válvulas de Soda Cáustica de tanques de almacenamiento (para detalles ver diagrama de Soda Cáustica anexo)

VÁLVULAS SODA TANQUES DE ALMACENAMIENTO			
SP1VB01	SP2VC01	SB2VB02	SP3VM05
SP5VM04	SP1VC01	SP3VC02	ST11VC01
SP1VC03	SB1VB01	SP3VC01	ST11VC02
ST1VC01	SB1VB02	SP3VM01	SP3VC04
ST1VC03	SB2VB01	SP3VM04	SP3VM03
Total: 20			

Tabla 8, Válvulas de Soda Cáustica de los salones de embotellado (para detalles ver diagrama de Soda Cáustica anexo)

VÁLVULAS SALONES DE EMBOTELLADO					
ST2VM04	ST3VM04	SB3VM02	SS1VG02	ST7VG01	SP5VB01
ST2VM03	ST3VM03	SB4VM02	SS2VG01	SB5VG01	SS6VB01
ST2VM01	ST3VM02	SP5VM01	SS2VM01	SS5VB01	
ST2VM02	ST3VM01	SP5VM03	SP5VB02	SS5VB02	
ST2VC01	SB3VM01	SP5VM02	SP5VG02	SS5VG01	
ST3VC01	SB4VM01	SS1VG01	SS4VG01	SS6VM01	Total: 32

Tabla 9, Válvulas de Soda Cáustica de casa de cocimientos, filtros, fermentación, plaza calderas y tanques de presión (para detalles ver diagrama de Soda Cáustica anexo)

VÁLVULAS DE OTRAS ÁREAS DE LA PLANTA	
VÁLVULAS CASA DE COCIMIENTOS	ST1VM01
VÁLVULAS FILTROS	ST12VM01
	ST12VB01
VÁLVULAS FERMENTACIÓN	SP3VM06
	SP3VM07
	ST13VM01
VÁLVULAS PLAZA CALDERAS	ST15VM01
VÁLVULAS TANQUES DE PRESIÓN	SP3VB02
	ST16VB01



4. Producto: Bióxido de Carbono (Gas Carbónico CO₂). El sistema de distribución de "Gas Carbónico" cuenta con 1 tanque de almacenaje, identificado como tanque 4 de CO₂, ubicado en el área de tanques de almacenaje. Desde esta área, el Gas Carbónico es distribuido a las siguientes áreas:

- **Sala de máquinas:** Es la única área a la que se le suministra el Gas Carbónico desde los tanques de almacenamiento. Esto se hace utilizando 1 bomba, identificada como bomba de trasiego de almacenaje de Gas Carbónico. En esta área, se tienen 2 tanques identificados como tanques 1 y 2 de CO2. Dependiendo del estado de las válvulas de esta área y del funcionamiento de la bomba, se puede determinar si se distribuye Gas Carbónico o no, y hacia cual de los tanques se le está suministrando el gas. Desde el área de sala de máquinas, se encargan de distribuir el Gas Carbónico al resto de la planta. Sin embargo para este proyecto, es necesario incluir únicamente la parte de distribución desde el área de tanques de almacenamiento hacia sala de máquinas.

a. Descripción del funcionamiento de las bombas utilizadas en el área de Gas Carbónico. En el área de Gas Carbónico, se cuenta únicamente con una bomba, la cual se encuentra en el área de recepción de líquidos y se encarga de trasegar CO2 hacia los tanques de sala de máquinas. El arranque de esta bomba es de forma manual y puede darse desde el área de tanques de almacenamiento.

b. Descripción de válvulas del área de Gas Carbónico. Para el sistema de distribución de Gas Carbónico se cuenta con un total de 23 válvulas manuales, las cuales en conjunto con la bomba de trasiego, determinan el estado del sistema y hacia cual de los tanques se trasega este producto. 15 de estas válvulas se encuentran en el área de almacenamiento, y las 8 restantes en el área de sala de máquinas. A continuación se muestran tablas con el listado de estas válvulas:

Tabla 10, Válvulas de Gas Carbónico de tanques de almacenamiento (para detalles ver diagrama de Gas Carbónico anexo)

VÁLVULAS CO2 TANQUES DE ALMACENAMIENTO			
CP1V01	CP1V06	CP1V03	CP2V04
CP1V02	CP2V05	CP3V04	CP1V04
CP2V01	CP1V05	CP3V03	CP3V01
CP2V02	CP2V03	CP3V02	total : 15

Tabla 11, Válvulas de Gas Carbónico de sala de máquinas (para detalles ver diagrama de Gas Carbónico anexo)

VÁLVULAS CO2 SALA DE MÁQUINAS		
CP3V05	CP2V07	CP3V06
CP2V06	CP2V09	CP2V08
CP2V011	CP2V10	total: 8

VII. RESULTADOS

A. Modificaciones del sistema

Con el análisis del sistema actual completo, podemos proceder a determinar qué modificaciones deben hacerse en cada una de las áreas del sistema para automatizarlo.

En las siguientes 2 ubicaciones hay tanques de Bunker:

- Tanques de almacenaje
- Plaza calderas.

Hay 4 ubicaciones donde hay tanques de Diesel:

- Tanques de almacenaje
- Plaza Calderas,
- El aljibe del salón 4
- Generadores.

Hay 12 ubicaciones donde hay tanques de Soda Cáustica:

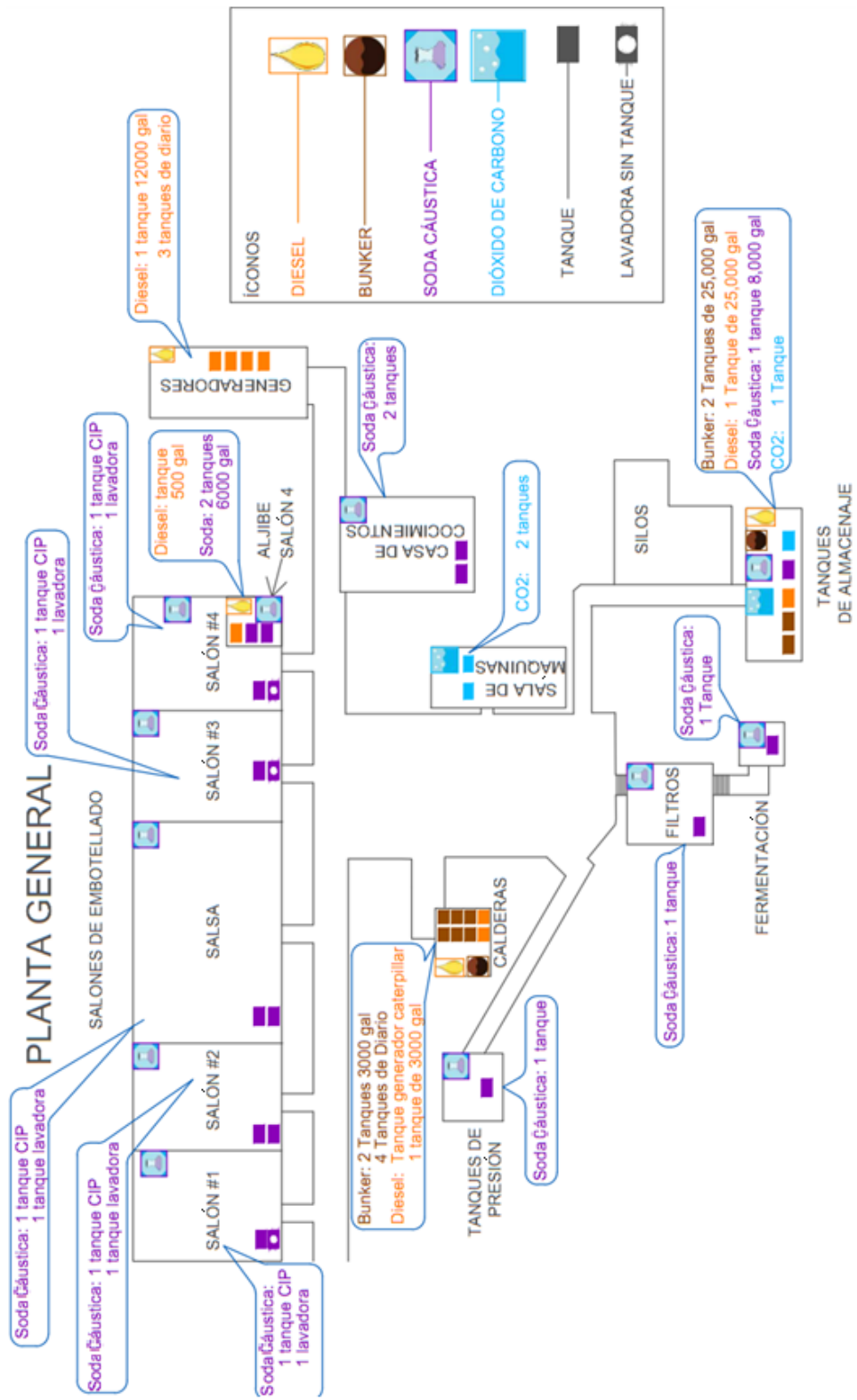
- Tanques de almacenaje
- Plaza calderas,
- El aljibe del salón 4
- Casa de cocimientos,
- Filtros,
- Fermentación,
- Tanques de presión,
- Los 5 salones de embotellado.

Hay 2 ubicaciones donde hay tanques de Bióxido de Carbono:

- Tanques de almacenaje
- Sala de máquinas.

En la siguiente figura se muestran las áreas en las cuales se encuentran estos tanques:

Figura 32, Tanques y lavadoras de la planta



Todos los tanques, de los 4 productos, debe contar con:

- Un sensor de nivel que nos permita conocer el nivel del producto dentro del tanque.
- Un detector (switch) de nivel alto, para saber cuando los tanques estén a su máxima capacidad, y de esta forma evitar derrames. Este nivel servirá para indicar que la válvula del acople de recepción debe cerrarse.
- Un detector (switch) de nivel bajo, para saber cuando estén vacíos, o a su nivel mínimo, y de esta forma evitar que se dañen las bombas. Este nivel servirá para mandar a parar las bombas de trasiego cuando los tanques que están distribuyendo tenga un nivel bajo, y para arrancar las bombas de trasiego cuando los tanques de diario tengan nivel bajo. Si llegara a haber un nivel bajo tanto en los tanques que distribuyen como en los que reciben el producto, tendrán prioridad los tanques que distribuyen y se detendrán las bombas correspondientes.
- Una válvula de control que servirá para permitir o impedir el ingreso de bunker a los tanques.

Los siguientes tanques deberán contar con un detector adicional de nivel alto-alto:

- **(Bunker)** Los tanques A y B de Plaza calderas y los tanques de diario de las calderas.
- **(Diesel)** El tanque A de plaza calderas y los tanques de diario de los generadores.
- **(Soda Cáustica)** Todos los tanques de Soda Cáustica, con excepción del tanque del área de almacenaje.

El detector será una medida de seguridad en caso de de falla del detector de nivel alto, para detener las bombas de trasiego si se alcanzara un nivel muy alto en alguno de los tanques.

Para las lavadoras de los salones, que no tienen su propio tanque de soda, se utilizará un flujómetro para determinar la cantidad de soda que ha sido bombeada para la lavadora. Se utilizará también una válvula de control que servirá para decidir cuándo se deja pasar soda hacia la lavadora y cuándo no.

Para las bombas de los sistemas de distribución, deberá agregarse una forma de arranque automático, el cual se iniciará cuando los niveles de los tanques de plaza calderas estén bajos. Además del modo automático, se debe implementar también un modo “calendarizado”, en el cual se tomará en cuenta tanto la hora del día, como el nivel del tanque, y se bombeará Bunker hacia los tanques de diario en horas específicas establecidas por el usuario. Para cada una de las bombas deberán conocerse los siguientes datos:

- Su estado (encendidas o apagadas)
- La forma en la que están operando (manual, calendarizada o automática)

- El estado del contactor de protección (disparo de térmico) de cada una de las bombas.

Además de los datos de cada una de las bombas, también es necesario conocer la presión en la descarga, para evitar que se dañen las tuberías por exceso de presión, si hubiera una obstrucción en la tubería. Para esto, se colocará un sensor de presión en la tubería de descarga de las bombas de trasiego, el cuál mandará a parar las bombas si se excede la presión máxima.

Por último, es necesario conocer los estados (abiertas o cerradas) de las válvulas manuales especificadas en las Tablas 1 a la 11 para poder saber hacia dónde se están distribuyendo los productos, por lo que se colocarán 2 detectores de posición en cada una de estas válvulas. Estos detectores serán interruptores magnéticos Reed.

1. Detalle de los sensores y actuadores de Bunker. En la siguiente tabla se muestran los detalles sobre los dispositivos que se implementarán para el área de Bunker:

Tabla 12, Sensores y actuadores del área de Bunker

Dispositivos de Bunker		
Elementos	Cantidad	Tipo
Sensor de nivel	7	flote
Detector (Switch) de nivel	19	flote
válvulas de control	5	de bola, con actuador neumático
transmisor de presión	2	piezoeléctrico
TOTAL	33	

Para el diseño, los sensores y detectores de nivel se eligieron del tipo de flote, debido a que estos utilizan un método mecánico para realizar la medición, a pesar de que después este efecto mecánico es transformado a uno eléctrico. Se eligió así, porque de esta forma se evitará tener cualquier tipo de señal eléctrica dentro del tanque, minimizando los riesgos de incendios. Por esta misma razón, se decidió utilizar válvulas de control neumático en la entrada de los tanques de Bunker, para evitar riesgos de incendio. Las válvulas de control serán de bola (al igual que en el área de Diesel), ya que este tipo de válvulas funciona muy bien con aceites y otros materiales viscosos.

2. Detalle de los sensores y actuadores de Diesel. En la siguiente tabla se muestran los detalles sobre los dispositivos que se implementarán para el área de Diesel:

Tabla 13, Sensores y actuadores del área de Diesel

Dispositivos de Diesel		
Elementos	Cantidad	Tipo
Sensor de nivel	8	flote
Switch de nivel	23	flote
válvulas de control	7	de bola, con actuador neumático
transmisor de presión	3	piezoeléctricos
TOTAL	41	

Los sensores y detectores de nivel que serán recomendados en el diseño, serán del tipo de flote por las mismas razones que en el área de Bunker.

3. Detalle de los sensores y actuadores de Soda Cáustica. En la siguiente tabla se muestran los detalles sobre los dispositivos que se implementarán para el área de soda cáustica:

Tabla 14, Sensores y actuadores del área de Soda Cáustica

Dispositivos de Soda Cáustica		
elementos	Cantidad	Tipo
Sensor de nivel	16	Ultrasónico
Detector (Switch) de nivel	48	diapasón
válvulas de control	18	de mariposa, con actuador eléctrico
Sensor (transmisor) de flujo	3	magnético
Sensor (transmisor) de presión	3	piezoeléctrico
TOTAL	91	

Para los sensores de nivel de Soda Cáustica, en el diseño, se eligió la opción de ultrasónico, debido a que la soda es un material muy corrosivo, por lo cual se quería evitar el contacto del sensor con ella. En el caso del detector de nivel (switch), se eligió un detector del tipo “diapasón”, ya que la Soda Cáustica tiene la característica de cristalizarse y formar sólidos al estar en reposo, como en el caso de los tanques, entonces quería evitarse tener dispositivos con partes móviles como los detectores de flote, en los cuales la medición podría verse afectada por los efectos de los sólidos formados por la soda cáustica.

Se eligió un sensor magnético de flujo, nuevamente para evitar el contacto del sensor con la Soda Cáustica, y aprovechar la característica de la soda de ser una sustancia conductiva.

Las válvulas de control deben ser de acero inoxidable, u otro material resistente a la Soda Cáustica, para evitar que se dañen por sus efectos corrosivos.

4. Detalle de los sensores y actuadores de Dióxido de Carbono. En la siguiente tabla se muestran los detalles sobre los dispositivos que se implementarán para el área de Dióxido de Carbono

Tabla 15, Sensores y actuadores del Dióxido de Carbono

Dispositivos de Dióxido de Carbono		
elementos	Cantidad	Tipo
Sensor de nivel	3	Diferencial de presión
Switch de nivel	6	Diapasón
válvulas de control	2	de bola, con actuador eléctrico
transmisor de presión	1	Piezoeléctrico
TOTAL	12	

Para el sensor de nivel de CO₂, se eligió un sensor de nivel del tipo “diferencial de presión”, debido a que los tanques se encuentran sellado y presurizado a 17 bares lo cual dificulta utilizar otros tipos de sensores. No se utilizó un sensor ultrasónico debido a que dentro del tanque, la mayor parte del CO₂ está en estado líquido, pero en la parte superior del tanque se encuentra aún CO₂ en estado gaseoso, lo cual afecta la medición si se utilizara un sensor de este tipo.

B. Resumen del listado de variables a monitorear

A continuación se muestran las variables que deberán medirse para cada uno de los elementos del sistema, de forma individual y el total de cada uno de ellos, dependiendo del tipo de producto que estarán manejando:

1. Variables de los elementos de Bunker. En las siguientes dos tablas se muestra un resumen de las variables del área de bunker. En la primera se muestran las variables que deberán medirse por cada uno de los elementos de esta área y en la siguiente, se muestra el total de elementos y variables que deberán medirse:

Tabla 16, Variables a medir por cada elemento del área de Bunker

elemento	variables	Entradas/Salidas			
		DI	DO	AI	AO
Tanques de almacenaje de Bunker	Nivel tanque 1 (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nive bajo tanque 1	1			
Tanques plaza calderas	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque	1			
	Switch de nive alto-alto tanque	1			
	Válvula de control	2	1		
	Switch de nive bajo tanque	1			
Bombas Bunker	Bomba 1 encendido/apagado (feedback)	1			
	Bomba 1 manual	1			
	Bomba 1 Remoto (automático)	1			
	Bomba 1 Orden encendido y apagado		1		
	Bomba 1 disparo de térmico	1			
valvulas manuales	posición (abierta/cerrada)	2			
VARIABLES DEL SISTEMA	Presión Post-bombas 1,2 y 3			1	
	Paros de emergencia	1			
	Presión post-bombas de trasiego 4 y 5			1	

Tabla 17, Resumen de elementos y variables del área de Bunker

elemento	Cantidad de elementos	Total entradas/salidas			
		DI	DO	AI	AO
Tanques de almacenaje de Bunker	2	4	0	2	0
Tanques plaza calderas	5	25	5	5	0
Bombas Bunker	5	20	5	0	0
valvulas manuales Bunker	35	70	0	0	0
VARIABLES DEL SISTEMA	4	2	0	2	0
	Total	121	10	9	0

2. Variables de los elementos de Diesel. En las siguientes dos tablas se muestra un resumen de las variables del área de Diesel. En la primera se muestran las variables que deberán medirse por cada uno de los elementos de esta área y en la siguiente, se muestra el total de elementos y variables que deberán medirse:

Tabla 18, Variables a medir por cada elemento del área de Diesel

elemento	variables	Entradas/Salidas			
		DI	DO	AI	AO
Tanque almacenaje	Nivel tanque Diesel(LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque Diesel	1			
	Switch de nivel bajo tanque Diesel	1			
Bombas de trasiego	Bomba 1 encendido/apagado (feedback)	1			
	Bomba 1 manual	1			
	Bomba 1 remoto	1			
	Bomba 1 orden encendido y apagado		1		
	Bomba 1 disparo de térmico	1			
Tanques de diario, tanque generador caterpillar y tanque hidrantes	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nivel bajo tanque 1	1			
	Válvula de control	2	1		
	Switch de nivel alto-alto tanque	1			
Variables del sistema	Presión post-bombas almacenaje			1	
	Presión post bombas A,B de generadores			1	
	Paros de emergencia	1			
	Presión post bombas C,D de generadores			1	
válvulas manuales de Diesel	Posición abierta/cerrada	2			

Tabla 19, Resumen de elementos y variables del área de Diesel

Elemento	Cantidad de elementos	Total Entradas/Salidas			
		DI	DO	AI	AO
Tanque almacenaje	1	2	0	1	0
Bombas de trasiego	7	28	7	0	0
Tanques de diario, tanque generador caterpillar y tanque hidrantes	7	35	7	7	0
Variables del sistema	7	4	0	3	0
Válvulas manuales de diesel	36	72	0	0	0
Total		141	14	11	0

3. Variables de los elementos de Soda Cáustica. En las siguientes dos tablas se muestra un resumen de las variables del área Soda Cáustica. En la primera se muestran las variables que deberán medirse por cada uno de los elementos de esta área y en la siguiente, se muestra el total de elementos y variables que deberán medirse:

Tabla 20, Variables a medir por cada elemento del área de Soda Cáustica

Elemento	Variables	Entradas/Salidas			
		DI	DO	AI	AO
Tanque de almacenaje Soda Cáustica	Nivel tanque			1	
	Switch de nivel alto-alto	1			
	Switch de nivel alto	1			
	Switch de nivel bajo	1			
Bombas Soda Cáustica	Bomba 1 encendido/apagado (feedback)	1			
	Bomba 1 manual	1			
	Bomba 1 automático	1			
	Bomba 1 orden encendido y apagado		1		
	Bomba 1 disparo de térmico	1			
Tanques CIP, de diario y tanques de las lavadoras	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nivel bajo tanque 1	1			
	Válvula de control	2	1		
	Switch de nivel alto-alto tanque	1			
Lavadoras sin tanque	Transmisor de flujo			1	
	Válvula de control	2	1		
Válvulas man. soda	SP5VB02	2			
VARIABLES DEL SISTEMA	Flujo de distribución tanques de almacenaje			1	
	Presión post bombas 1 y 2 de almacenaje			1	
	Paros de emergencia	1			
	Presión post-bombas			1	

Tabla 21, Resumen de elementos y variables del área de Soda Cáustica

Elemento	Cantidad de elementos	Total Entradas/Salidas			
		DI	DO	AI	AO
Tanque de almacenaje Soda Cáustica	1	3	0	1	0
Bombas Soda Cáustica	5	20	5	0	0

Continuación tabla 21

Elemento	Cantidad de elementos	Total Entradas/Salidas			
		DI	DO	AI	AO
Tanque de Almacenaje Soda Cáustica	1	3	0	1	0
Bombas Soda Cáustica	5	20	5	0	0
Tanques CIP, de diario y tanques de las Ilvadoras	15	75	15	15	0

4. Variables de los elementos de Dióxido de Carbono. En las siguientes 2 tablas se muestra un resumen de las variables del área de dióxido de carbono. En la primera se muestran las variables que deberán medirse por cada uno de los elementos de esta área y en la siguiente, se muestra el total de elementos y variables que deberán medirse:

Tabla 22, Variables a medir por cada elemento del área de Dióxido de Carbono

Elemento	variables	Entradas/Salidas			
		DI	DO	AI	AO
Tanque de Almacenamiento (Tanque 4)	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nivel bajo tanque 1	1			
Bomba CO2	Bomba 1 encendido/apagado (feedback)	1			
	Bomba 1 manual	1			
	Bomba 1 orden encendido y apagado		1		
	Bomba 1 disparo de térmico	1			
Tanque 1 CO2	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nivel bajo tanque 1	1			
	Válvula de control	2	1		
Válvulas manuales CO2	Posición abierto/cerrado	2			
Variables del sistema	Paro de emergencia	1			
	Presión post bomba de trasiego 1			1	

Tabla 23, Resumen de elementos y variables del área de Dióxido de Carbono

Elemento	Cantidad de elementos	Total Entradas/Salidas			
		DI	DO	AI	AO
Tanque de almacenaje (Tanque 4)	1	2	0	2	0
Bomba CO2	1	3	1	0	0
Tanques de sala de máquinas	2	8	2	4	0
Válvulas manuales CO2	23	46	0	0	0
Variables del sistema	3	0	0	3	0
TOTAL		59	3	9	0

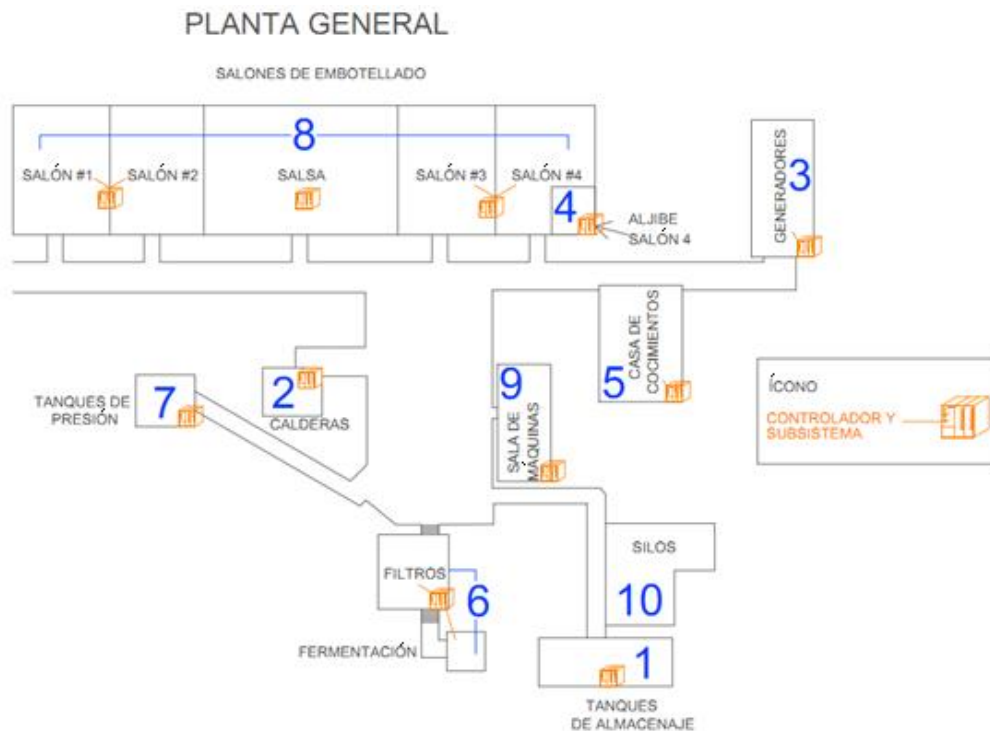
5. Resumen de las variables del sistema y selección de controladores. En la siguiente tabla se muestra un resumen del listado de variables que necesitan medirse para el proyecto. En ella, se encuentra el número de variables que necesitan medirse en cada una de las áreas de la planta. Las variables digitales están identificadas como DI (entradas digitales) y DO (salidas digitales), y las variables analógicas están identificadas como AI (entradas analógicas) y AO (salidas analógicas):

Tabla 24, Resumen del listado de variables

Resumen del listado de variables				
ÁREAS:	NÚMERO DE VARIABLES A MEDIR			
	DI	DO	AI	AO
TANQUES DE ALMACENAMIENTO	188	8	12	0
PLAZA CALDERAS	93	11	9	0
GENERADORES	71	8	6	0
ALJIBE SALÓN 4	63	1	1	0
CASA DE COCIMIENTOS	13	2	2	0
FILTROS Y FERMENTACIÓN	21	2	2	0
TANQUES DE PRESIÓN	10	1	1	0
SALONES DE EMBOTELLADO	82	11	10	0
SALÓN 1 DE EMBOTELLADO	12	2	2	0
SALÓN 2 DE EMBOTELLADO	15	2	2	0
SALÓN 3 DE EMBOTELLADO	14	2	2	0
SALÓN 4 DE EMBOTELLADO	16	2	2	0
SALÓN SALSA DE EMBOTELLADO	25	3	2	0
SALA DE MÁQUINAS	25	2	4	0
TOTAL	566	46	47	0

En la tabla se puede observar que se tiene un total de 13 áreas para el proyecto y la cantidad de variables que se necesitan medir por cada una de ellas. Debido a que las áreas del sistema se encuentran a distancias considerables dentro de la planta, se decidió implementar un sistema de control distribuido (DCS). En la siguiente figura se muestran las áreas de la planta (mostradas anteriormente) con los controladores que se utilizarán en cada una de ellas:

Figura 33, Posición de los controladores y subsistemas en la planta



Entonces se colocará un controlador individual en cada una de estas ubicaciones, con excepción de los salones de embotellado y las áreas de filtros y fermentación, en donde se colocará un controlador para los salones 1 y 2, otro controlador para los salones 3 y 4, y otro para las áreas de fermentación y filtros. Esto es debido a la cercanía de estas ubicaciones. En total se tendrán 11 controladores. Como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 25, Características de los controladores seleccionados

ÁREAS:	TIPO DE CONTROLADOR	No. DE ENTRADAS Y SALIDAS POR CADA CONTROLADOR			
		DI	DO	AI	AO
TANQUES DE ALMACENAMIENTO	PLC	188	8	12	0
PLAZA CALDERAS	PLC	93	11	9	0
GENERADORES	PLC	71	8	6	0
ALJIBE SALÓN 4	PLC	63	1	1	0
CASA DE COCIMIENTOS	PLC	13	2	2	0
FILTROS Y FERMENTACIÓN	PLC	21	2	2	0
TANQUES DE PRESIÓN	PLC	10	1	1	0
SALÓN 1 DE EMBOTELLADO	PLC	27	4	4	0
SALÓN 2 DE EMBOTELLADO					
SALÓN 3 DE EMBOTELLADO					
SALÓN 4 DE EMBOTELLADO					
SALÓN SALSA DE EMBOTELLADO	PLC	30	4	4	0
SALA DE MÁQUINAS	PLC	25	2	4	0
TOTAL	11	566	46	47	0

Los controladores que se utilizarán serán controladores lógicos programables (PLCs) modulares. La característica principal que determina el tipo de PLC que se utilizará es la cantidad de entradas y salidas, digitales y analógicas, que utilizará cada uno. Entonces se requieren en total 11 PLCs diferentes, cada uno con las características listadas en la tabla anterior. Además, debido a que es un sistema de control distribuido, cada uno de los PLCs debe tener la capacidad de comunicarse utilizando algún protocolo de red, como Ethernet. En la siguiente figura se muestra cómo será la red de comunicación de los controladores y la unidad de monitoreo central:

Figura 34, Red de comunicación del sistema de control distribuido



En cada una de estas áreas se tendrá un subsistema, formado por los sensores y actuadores correspondientes a cada área, un controlador y una unidad local de monitoreo, la cual puede ser una computadora o un panel táctil, por ejemplo, que permita a los operadores observar las variables de su área en todo momento.

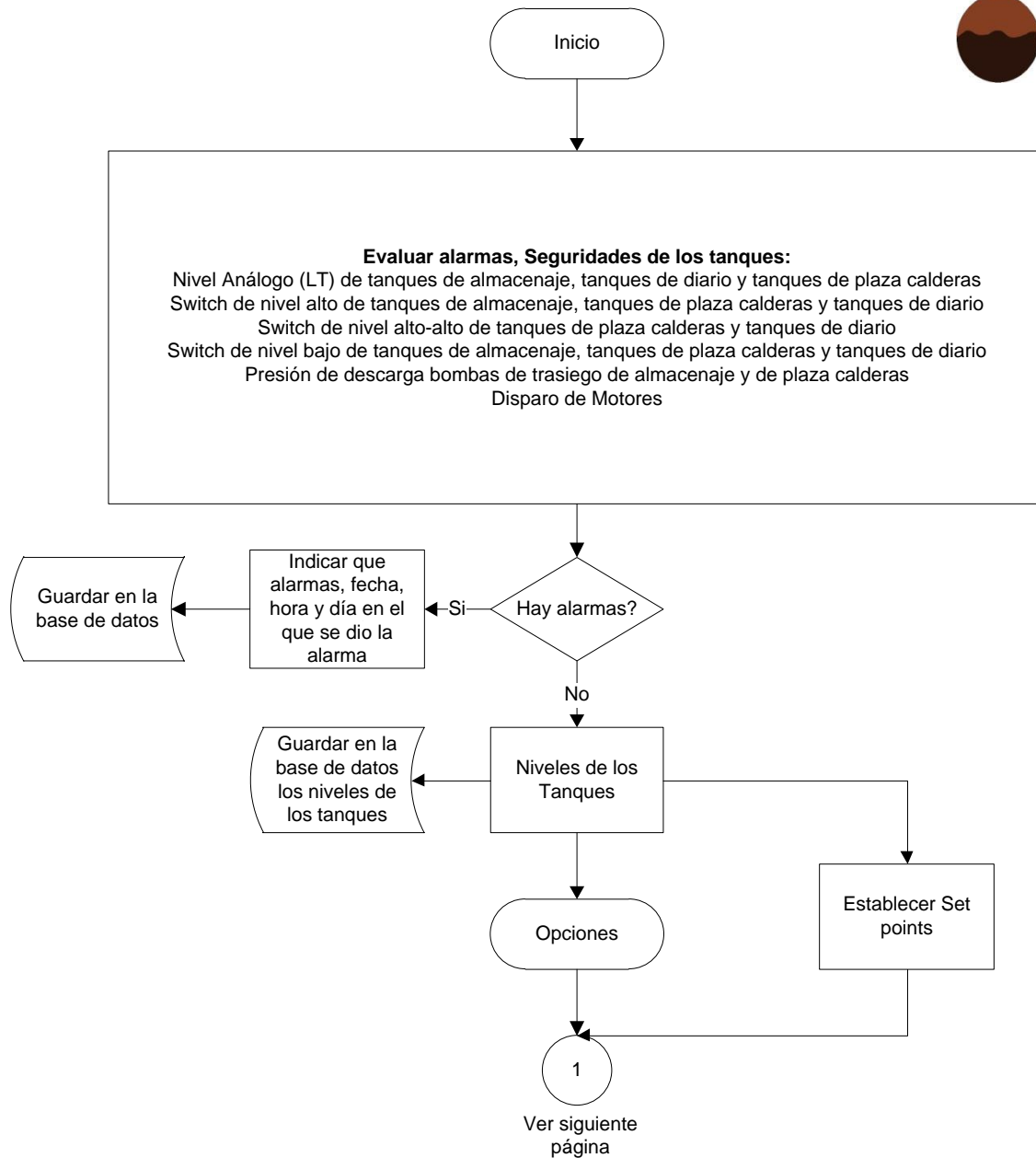
Como se puede observar en la figura, además de estar conectados a la unidad central de monitoreo, cada uno de los subsistemas de las áreas de la planta está conectado con otros dos subsistemas. Esto se hizo para lograr un sistema más seguro, que nos permita, en caso de que falle la conexión con un controlador individual, que se pueda seguir observando los datos de cada uno de los subsistemas y modificando los valores de las señales de referencia (Set points) para los procesos de cada uno de los subsistemas.

C. Diagramas de flujo para el funcionamiento del sistema

A continuación se muestran los diagramas de flujo para cada uno de los sistemas de distribución:

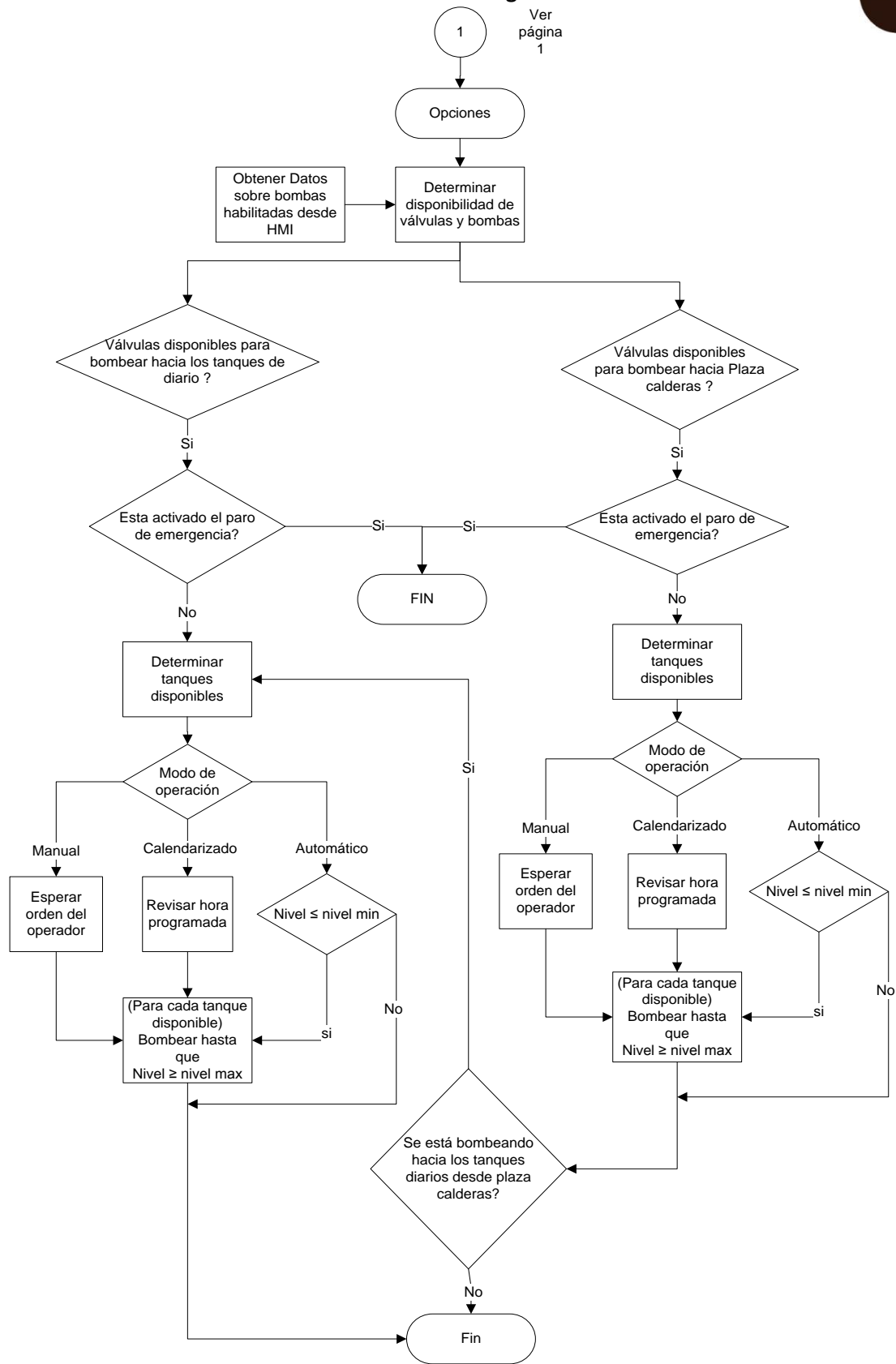
1. Diagrama de flujo de Bunker. En la siguiente figura se muestra el diagrama de flujo del área de Bunker:

Figura 35, Diagrama de flujo de bunker



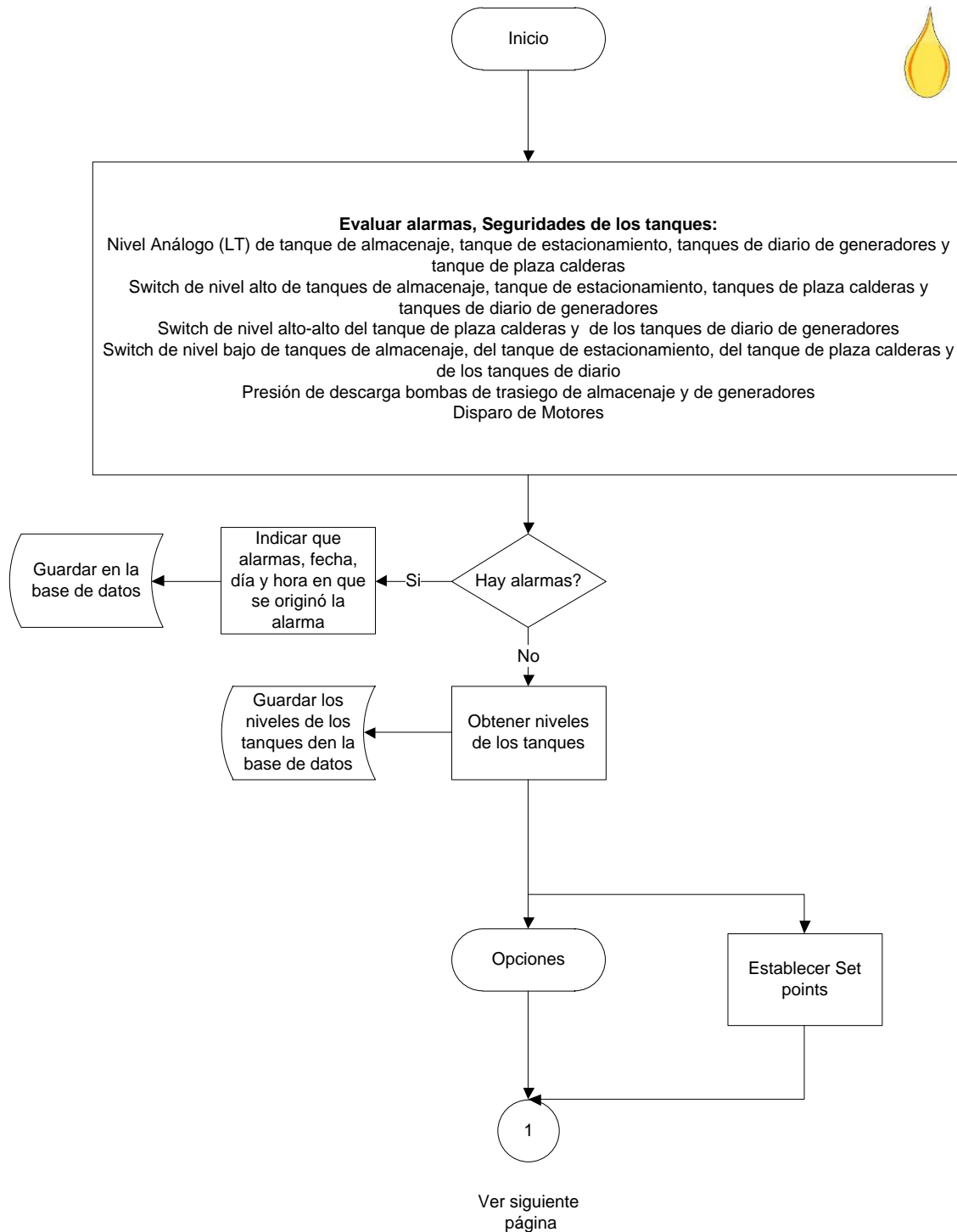


Continuación Figura 35

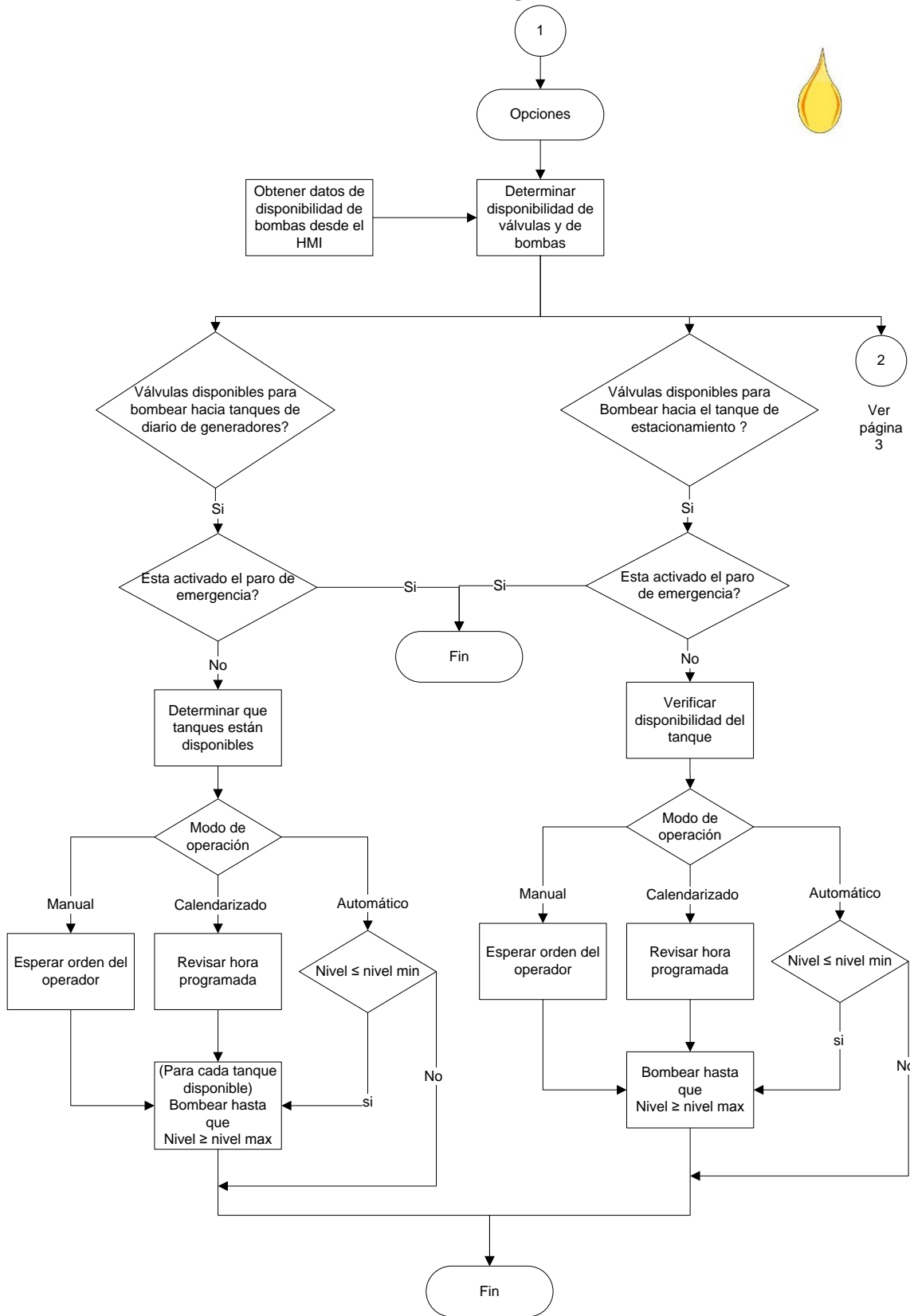


2. Diagrama de flujo de Diesel. En la siguiente figura se muestra el diagrama de flujo del área de Diesel:

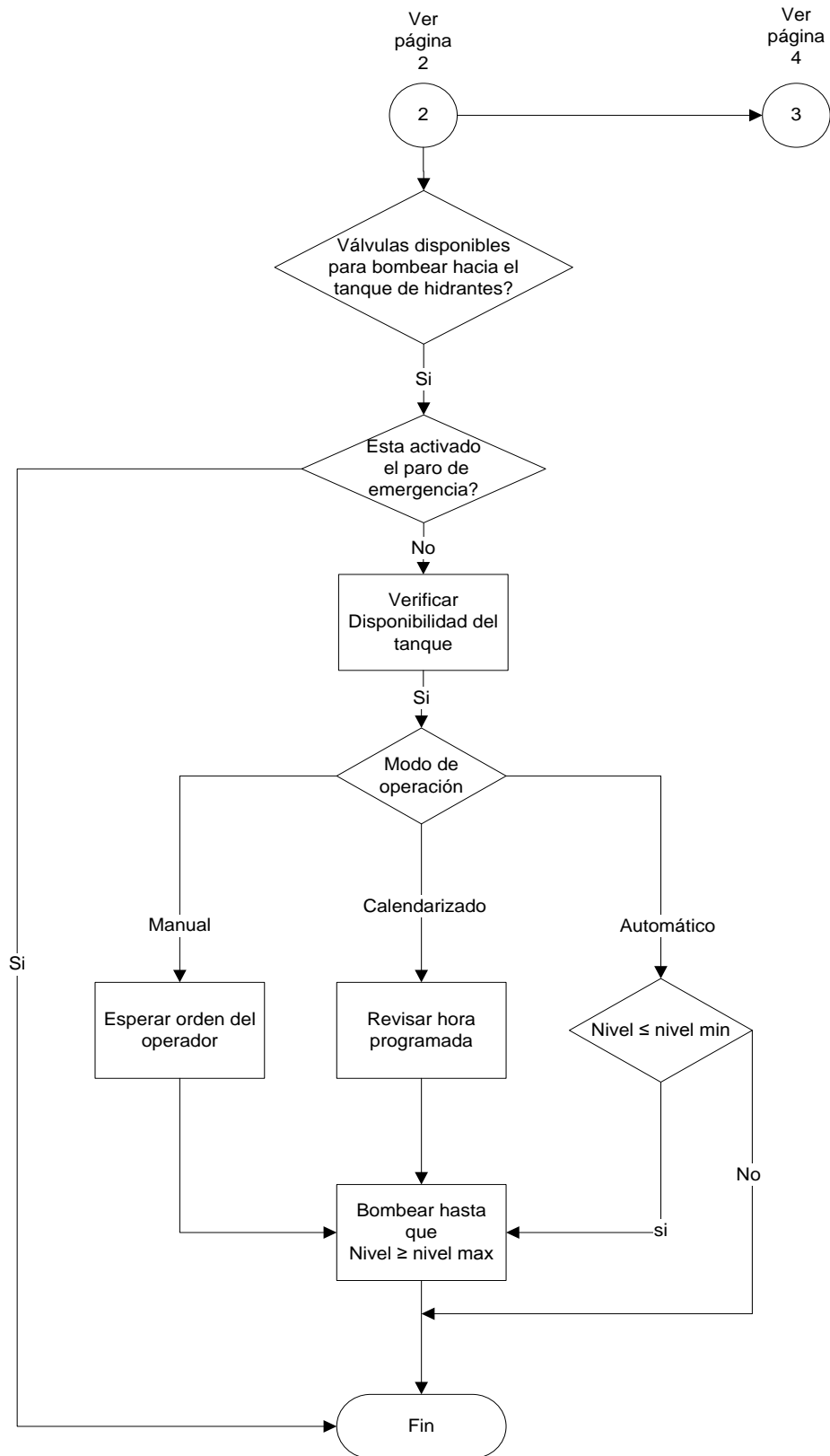
 **Figura 36, Diagrama de flujo de diesel**



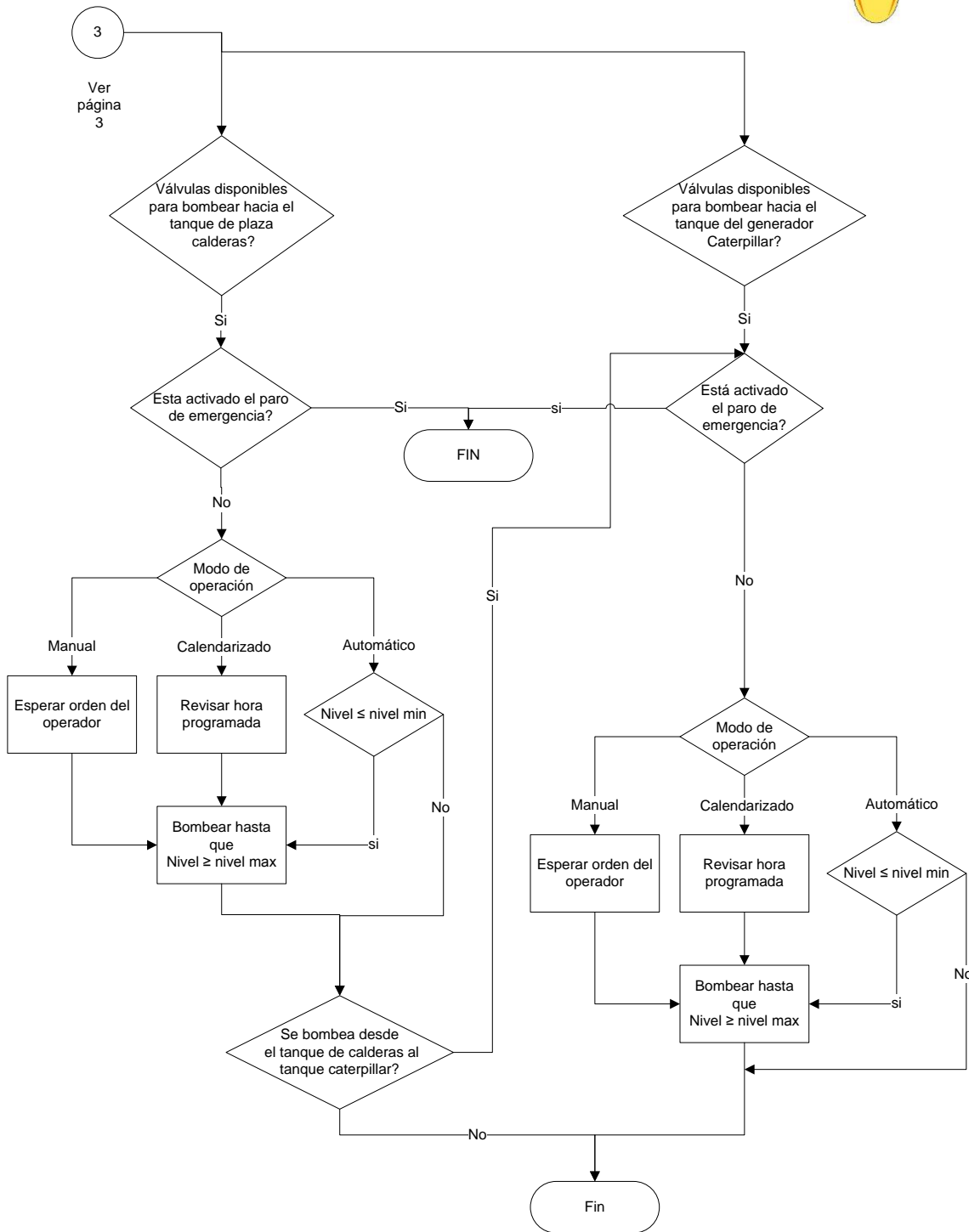
Continuación Figura 36



Continuación Figura 36



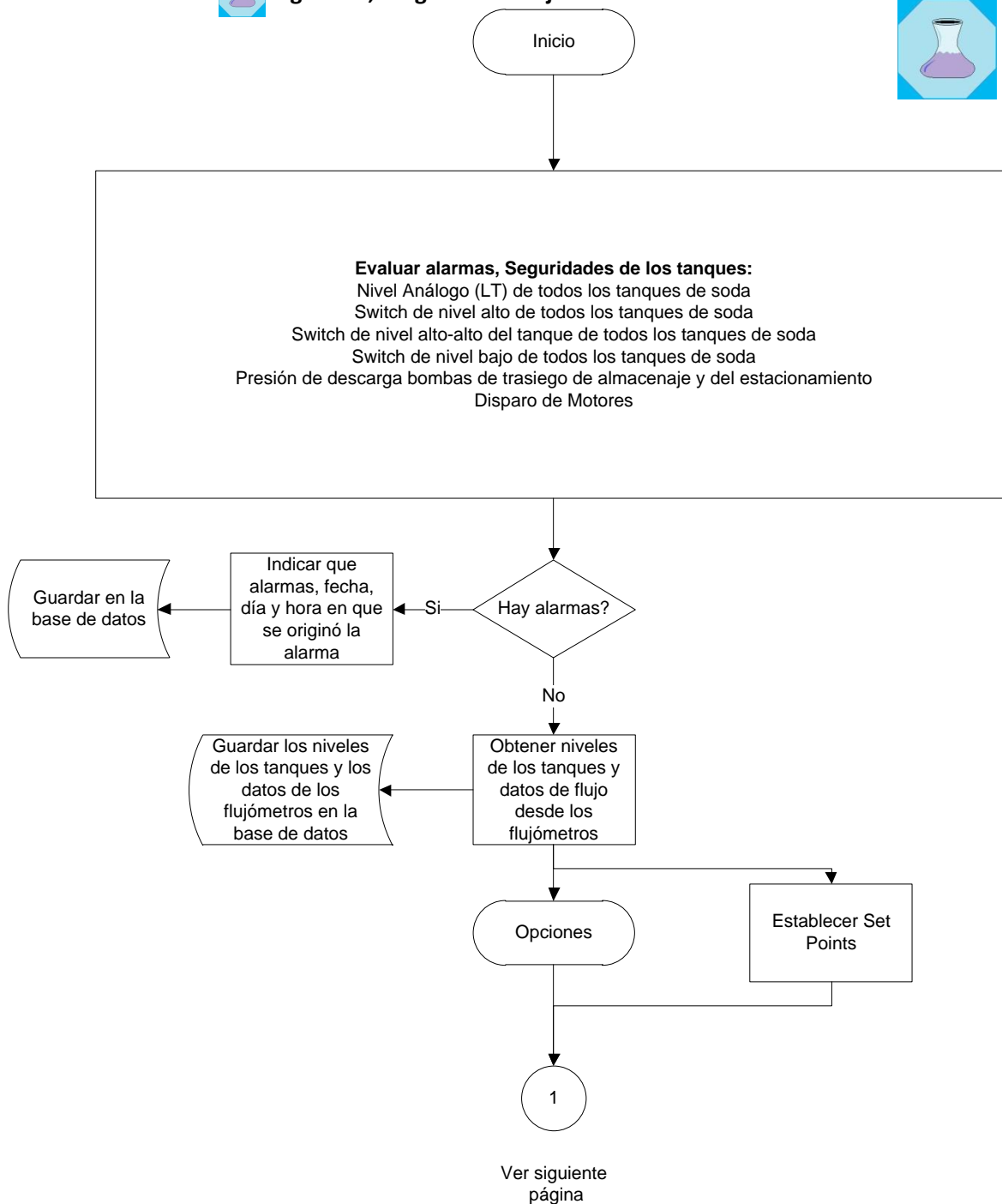
Continuación Figura 36



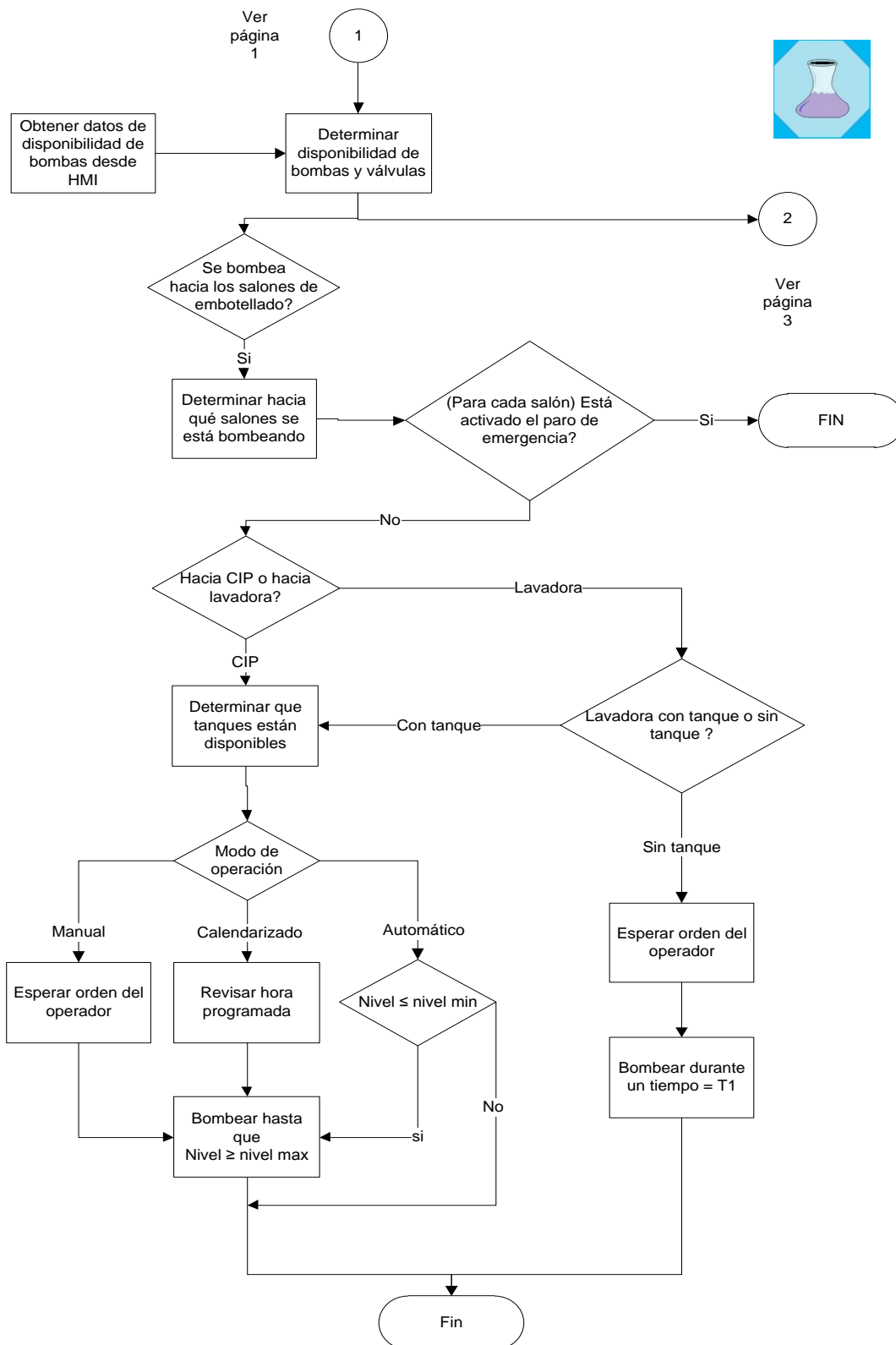
3. Diagrama de Flujo Soda Cáustica. En la siguiente figura se muestra el diagrama de flujo del área de Soda Cáustica:



Figura 37, Diagrama de flujo de Soda Cáustica



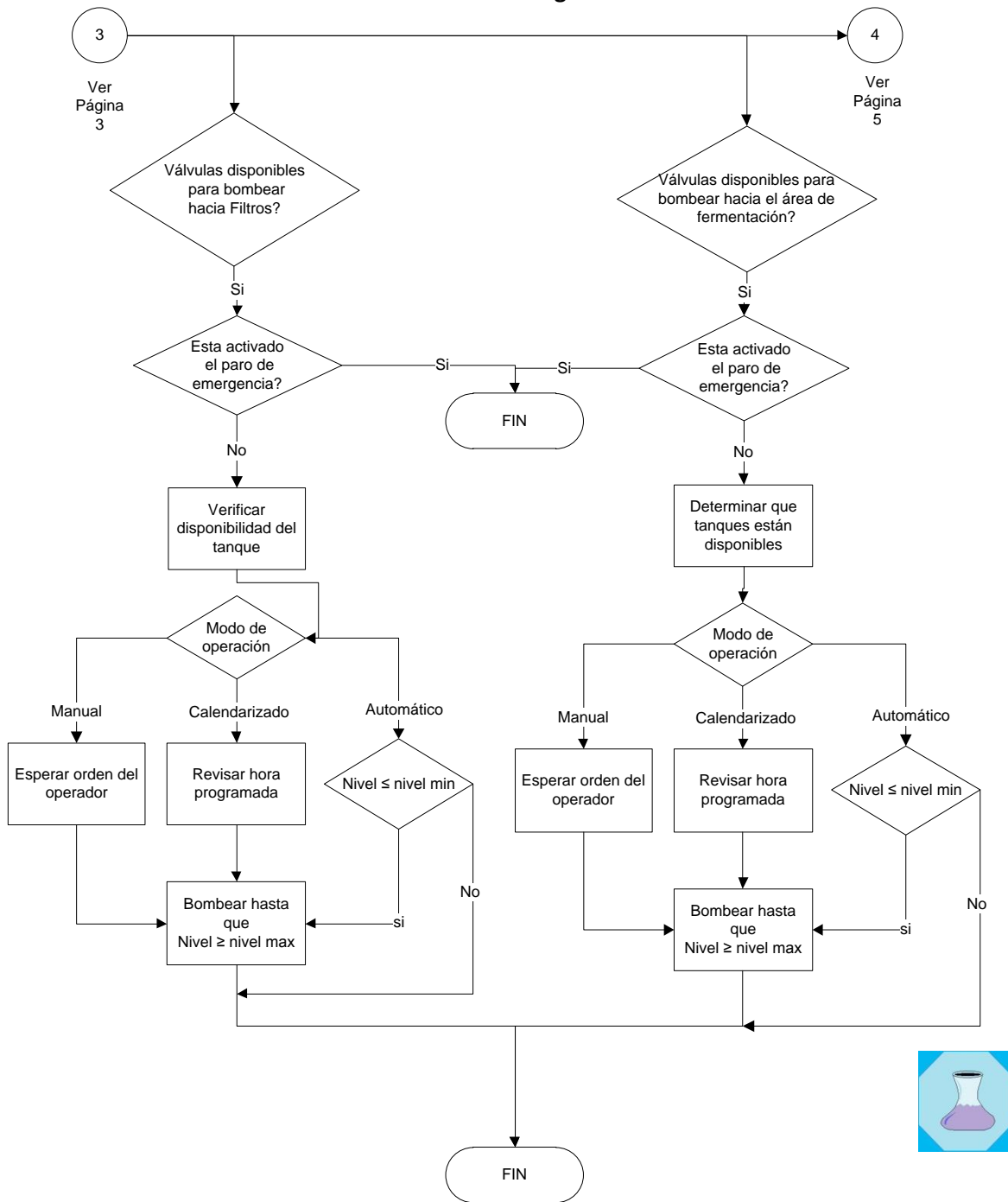
Continuación Figura 37



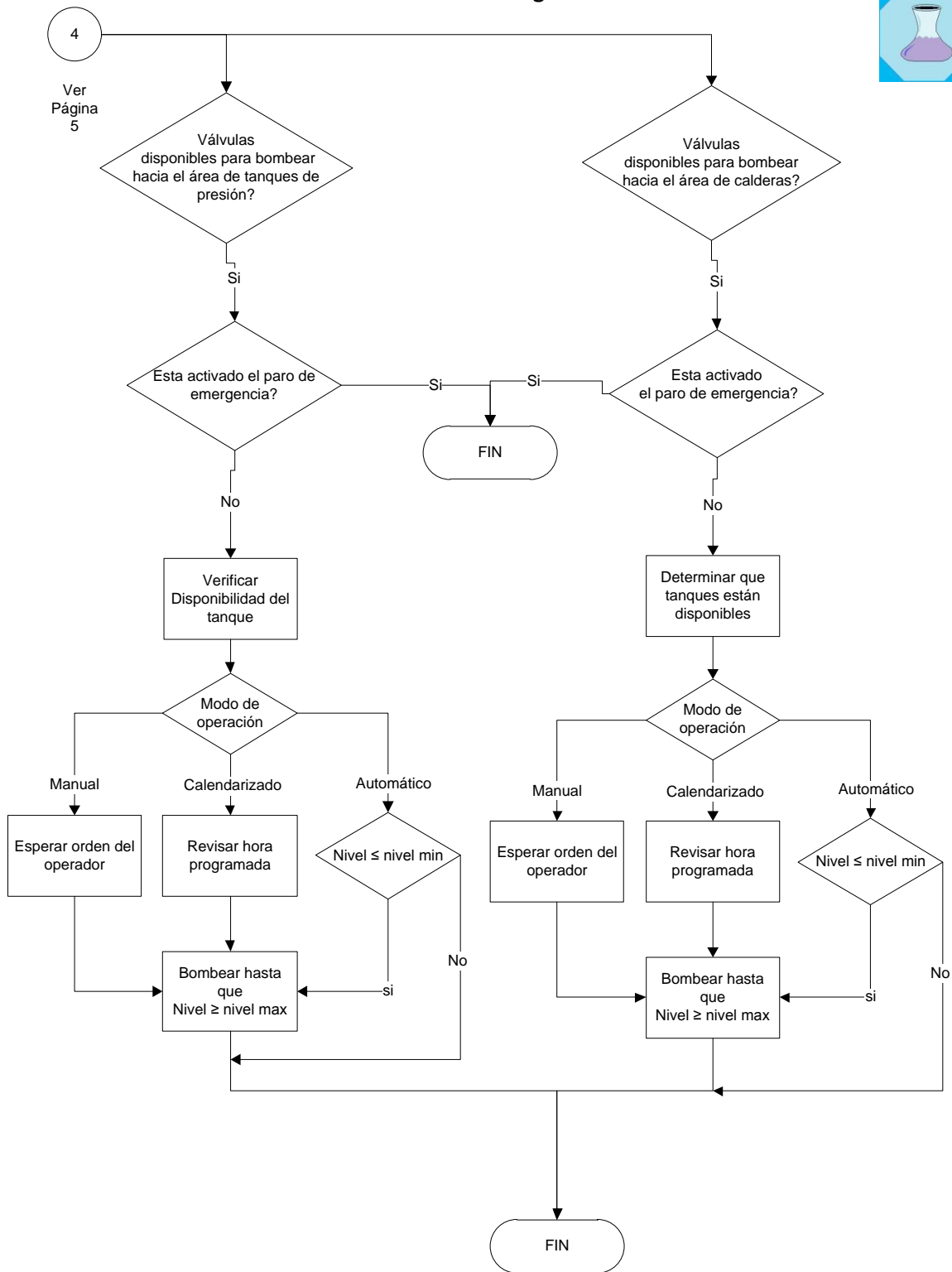
Continuación Figura 37



Continuación Figura 37

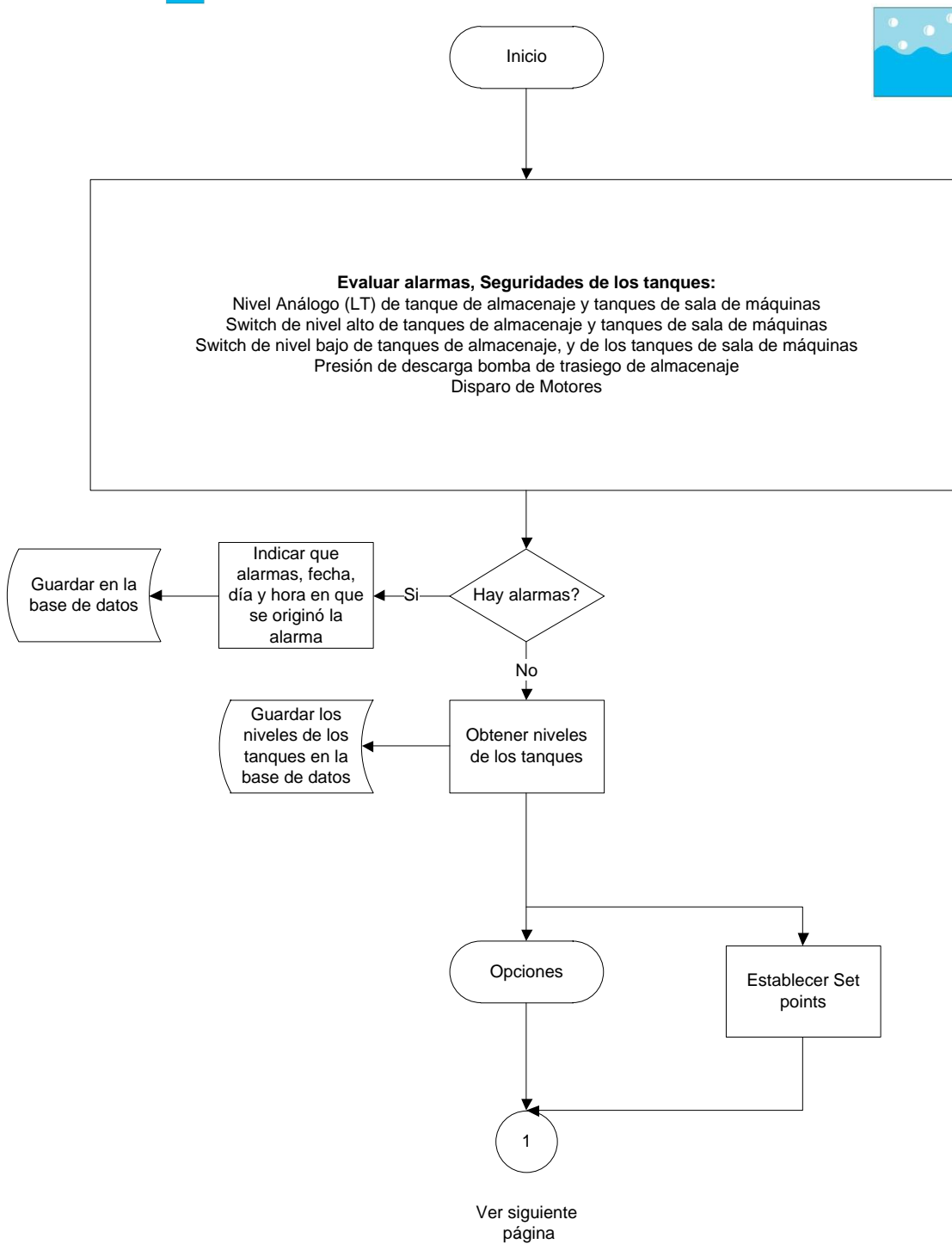


Continuación Figura 37

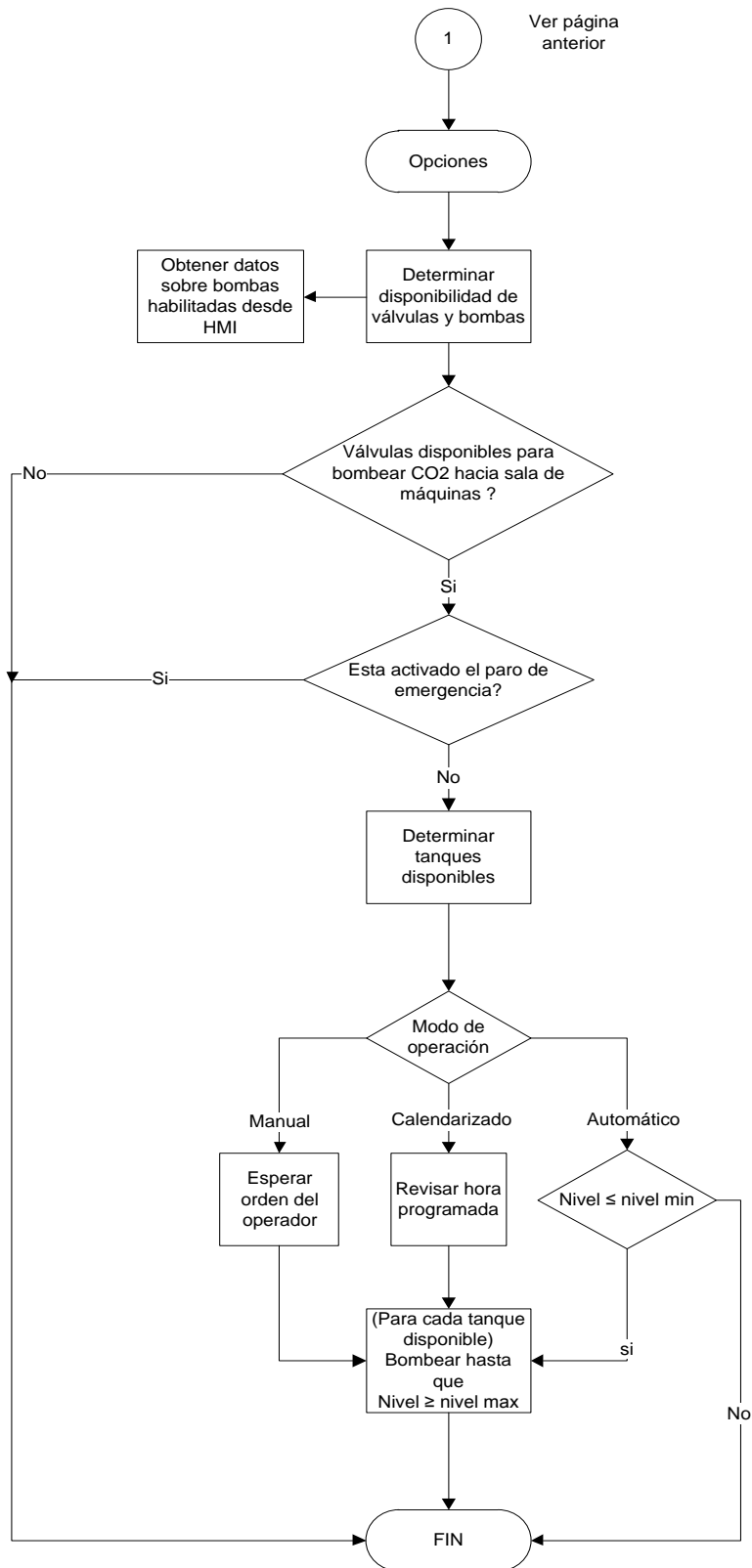


4. Diagrama de flujo de Dióxido de Carbono. En la siguiente figura se muestra el diagrama de flujo del área de dióxido de carbono:

 **Figura 38, Diagrama de flujo de Dióxido de Carbono**



Continuación Figura 38



VIII. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos durante el análisis del sistema de distribución se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. El sistema de control automático consistirá en 11 subsistemas conformados por los sensores, actuadores, controladores y unidades de monitoreo locales de cada uno de ellos, los cuales formarán un sistema de control distribuido y estarán conectados a una unidad central de monitoreo.
2. Cada una de las áreas del sistema de control distribuido funciona de forma independiente, por lo que en caso de que alguna falle, las demás podrán seguir con sus operaciones.
3. Los controladores del sistema serán controladores lógicos programables, modulares y con capacidad de utilizar protocolos de red. De esta forma podrán agregarse más módulos y medirse más variables de las mencionadas, de ser necesario.
4. La utilización de sensores mecánicos en el área de tanques de diesel y bunker permitirá reducir el riesgo de tener una fuente de ignición en los tanques de estos productos, mejorando la seguridad del sistema. La lectura obtenida mecánicamente se traduce a una señal electrónica en un área que ya no es riesgosa.
5. Los sensores de nivel del área de dióxido de carbono serán de diferencial de presión, debido a que los tanques están sellados y presurizados a altas presiones.
6. En el área de Soda Cáustica, los sensores de nivel serán del tipo ultrasónico y los sensores de flujo serán magnéticos, para evitar tener contacto con el material corrosivo.
7. Las válvulas de control de Soda Cáustica deben ser de acero inoxidable u otro material resistente a la corrosión.
8. En total, deberán agregarse al sistema 32 válvulas de control, 12 de bola con actuador neumático, de las cuales 5 serán para el área de Bunker y 7 para el área de Diesel, 2 de bola con actuador eléctrico, para el área de Dióxido de Carbono, y 18 de mariposa con actuador eléctrico para el área de Soda Cáustica.

IX. RECOMENDACIONES

1. Las áreas de Bunker y Diesel son áreas clasificadas por el NEC como áreas peligrosas, por lo que se recomienda utilizar las medidas de seguridad especiales correspondientes a los equipos de estas áreas para prevenir accidentes.
2. Al momento de analizar el sistema, se tuvieron algunos problemas con ciertos paneles de control, en los cuales no se tenía ningún tipo de identificación para saber qué cables eran los que llevaban las señales de arranque para las bombas y desde donde venían estas señales. Por lo tanto, se recomienda que al momento de implementar el proyecto e instalar los equipos, se siga un código de color en el cableado, para identificar las diferentes señales provenientes de los equipos, y que se utilicen identificadores en los extremos de los cables, para saber qué salidas de ciertos equipos van hacia qué entradas de otros.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Araya, R. *Sistemas Combinacionales y Sistemas Secuenciales*, Departamento de Informática, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile, 2006. Disponible en Internet: http://www.dcc.uchile.cl/~clgutier/Capitulo_4.pdf
2. Aula Virtual Universidad de Salamanca, *Medición de Caudales y Presiones*, Universidad de Salamanca, fecha de referencia: 09 de abril de 2012, disponible en internet:
<http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/redes/modulos/Libros/unidad%202/medicioncaudal.PDF>
3. Brain, M. *How Diesel Engines Work*, Howstuffworks.com, fecha de referencia: 10 de abril de 2012, Disponible en internet:
<http://auto.howstuffworks.com/diesel3.htm>
4. Cooper, W. Helfrick, A. *Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición*, primera edición, Pearson Prentice Hall, México 1991, 450 páginas.
5. Enriquez, G. *El ABC de la instrumentación en el control de procesos industriales*, primera edición, Limusa, Noriega Editores, México, 2004, 292 páginas.
6. Fay, E. *Bunker (combustible)*, Andec S.A., 2008, Disponible en internet:
<http://www.articuloz.com/negocios-articulos/bunker-combustible-491964.html>
7. Fire Controlman, *Valve Types*, Fire Controlman, www.tpub.com Integrated Publishing, fecha de referencia: 10 de abril de 2012, Disponible en internet:
<http://www.tpub.com/fireman/69.htm>
8. Gonzalez, J. Orozco, A. *Lección 4: clasificación de los sensores*, Universidad Nacional de Colombia, Colombia, fecha de referencia: 07 de abril de 2012, disponible en internet:
<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4040003/lecciones/cap3lecc4.htm>
9. Grupo docente de la Universidad de Almería, *La medida de conductividad. Un poco de teoría*, Universidad de Almería, España, 2009, fecha de referencia: 08 de abril de 2012, disponible en internet:
<http://www.ual.es/grupodocente/quimfis2009/Guiones/Ana/conductimetro/Conductimetro-crison.pdf>
10. Japan Soda Industry Association, *Safe Handling of Caustic Soda (Sodium Hydroxide)*, JSIA Japan Soda Industry Association, Japón, fecha de referencia: 09 de abril de 2012, Disponible en internet:
http://www.jsia.gr.jp/english/data/handling_01e.pdf

11. Jones, C. *Programmable Logic Controllers, The Complete Guide to the Technology*, primera edición, Patrick-Turner, Atlanta-Philadelphia, 1996, 457 páginas.
12. Leiva, M. Rodríguez, N. *El diesel*, Pemex Refinación, México, 2007, fecha de referencia: 10 de abril de 2012, disponible en internet: <http://www.ref.pemex.com/octanaje/24DIESEL.htm>
13. Liquidminerals.com, *Bunker Fuels*, Liquidminerals.com, fecha de referencia: 10 de abril de 2012, Disponible en internet: <http://www.liquidminerals.com/fuels.htm>
14. Mandado, E. Acevedo, J. Pérez, S. *Controladores Lógicos Y Automatas Programables*. 2da edición, Alfaomega Marcombo, México, 1999, 393 páginas.
15. McMillan G. *Process/Industrial Instruments and Controls Handbook*, 5ta edición, McGraw-Hill Handbooks, Estados Unidos, 1999.
16. Miyara, F. *Conversores D/A Y A/D*, Departamento de Electrónica, Universidad Nacional de Rosario, Argentina, 2004. Disponible en Internet: <http://www.fceia.unr.edu.ar/enica3/da-ad.pdf>
17. Article 500, *Hazardous (Classified Locations)*, National Electrical Code (NEC), Estados Unidos, 2008.
18. Optek, *Clean-In-Place(CIP) Applications*, Optek Application Note, fecha de referencia: 09 de abril de 2012. Disponible en internet: [http://www.optek.com/Application_Note/General/English/3/Clean-In-Place_\(CIP\)_Applications.asp](http://www.optek.com/Application_Note/General/English/3/Clean-In-Place_(CIP)_Applications.asp)
19. Salinas, L. *Sistemas de Control Distribuido (DCS's)*, InTech Automation, México, 2011, fecha de referencia: 11 de abril de 2012, disponible en internet: http://www.intechmexico.com.mx/intech/index.php?option=com_content&view=article&id=99:nueva-terminal-para-ethernetip&catid=18:articulos&Itemid=45
20. Spirax Sarco, *Control Valve Actuators and Positioners*, Spirax Sarco, 2012, fecha de referencia: 10 de abril de 2012, Disponible en internet: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/control-hardware-el-pn-actuation/control-valve-actuators-and-positioners.asp>
21. *Carbon Dioxide (CO₂) Properties, Uses, Applications, CO₂ Gas and Liquid Carbon Dioxide*, Universal Industrial Gases, Inc. , Estados Unidos, 2003, fecha de referencia: 08 de abril de 2012, disponible en internet: <http://www.uigi.com/carbondioxide.html>

XI. ANEXOS

A. DETALLE DE LAS VARIABLES DE CADA ÁREA

1. DETALLE DE VARIABLES DEL ÁREA DE BUNKER. En la siguiente tabla se muestra el detalle sobre las variables de Bunker:

Tabla 26, Detalle de variables del área de bunker

		DI	DO	AI	AO
ÁREA: TANQUES DE ALMACENAJE BUNKER		59	3	3	0
		DI	DO	AI	AO
Tanque 1	Nivel tanque 1 (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nivel bajo tanque 1	1			
Tanque 2	Nivel tanque 2 (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 2	1			
	Switch de nivel bajo tanque 2	1			
VÁLVULAS BUNKER TANQUES DE ALMACENAMIENTO	BT1VC01	2			
	BT2VC01	2			
	BP1VB01	2			
	BT1VC02	2			
	BT1VC03	2			
	BT2VC02	2			
	BT2VC03	2			
	BP2VC01	2			
	BP2VC02	2			
	BP1VC02	2			
	BB1VC01	2			
	BB1VC02	2			
	BB2VC01	2			
	BB2VC02	2			
	BB3VC01	2			
	BB3VC02	2			
	BP3VC02	2			
	BP3VC05	2			
	BP3VC03	2			
	BP3VC01	2			
BP3VC04	2				
Variables del sistema	Paro de emergencia	1			
	Presión post-bombas			1	

Continuación Tabla 26

VARIABLES DEL ÁREA DE BUNKER		DI	DO	AI	AO
Bomba 1	Bomba 1 encendido/apagado (feedback)	1			
	Bomba 1 manual	1			
	Bomba 1 remoto (automático)	1			
	Bomba 1 orden encendido y apagado		1		
	Bomba 1 disparo de térmico	1			
Bomba 2	Bomba 2 encendido/apagado (feedback)	1			
	Bomba 2 manual	1			
	Bomba 2 remoto (automático)	1			
	Bomba 2 orden encendido y apagado		1		
	Bomba 2 disparo de térmico	1			
Bomba 3	Bomba 3 encendido/apagado (feedback)	1			
	Bomba 3 manual	1			
	Bomba 3 remoto (automaáico)	1			
	Bomba 3 orden de encendido y apagado		1		
	Bomba 3 disparo de térmico	1			

ÁREA: TANQUES PLAZA CALDERAS		62	7	6	0
		DI	DO	AI	AO
Tanque plaza calderas (3000 gal)	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque	1			
	Switch de nive alto-alto tanque	1			
	Válvula de control	2	1		
	Switch de nive bajo tanque	1			
Tanque diario No 1	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nive bajo tanque 1	1			
	Válvula de control	2	1		
	Switch de nive alto-alto tanque	1			
Tanque diario No 2	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nive bajo tanque 1	1			
	Válvula de control	2	1		
	Switch de nive alto-alto tanque	1			
Tanque diario No 3	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nive bajo tanque 1	1			
	Válvula de control	2	1		
	Switch de nive alto-alto tanque	1			

Continuación Tabla 26

VARIABLES DEL ÁREA DE BUNKER					
		DI	DO	AI	AO
Tanque diario No 4	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nivel bajo tanque 1	1			
	Válvula de control	2	1		
	Switch de nivel alto-alto tanque	1			
Bomba 4	Bomba 4 encendido/apagado (feedback)	1			
	Bomba 4 manual	1			
	Bomba 4 remoto (automático)	1			
	Bomba 4 orden encendido y apagado		1		
	Bomba 4 disparo de térmico	1			
Bomba 5	Bomba 5 encendido/apagado (feedback)	1			
	Bomba 5 manual	1			
	Bomba 5 remoto (automático)	1			
	Bomba 5 orden encendido y apagado		1		
	Bomba 5 disparo de térmico	1			
Variables sistema	Paro de emergencia	1			
	Presión post-bombas de trasiego 4 y 5			1	
VÁLVULAS BUNKER TANQUE PLAZA CALDERAS	BT3VC01	2			
	BT4VC01	2			
	BT3VG01	2			
	BT4VG01	2			
	BB4VC01	2			
	BB5VC01	2			
	BB4VC02	2			
	BB5VC02	2			
	BP5VC01	2			
	BP5VC02	2			
	BT5VC01	2			
	BT6VC01	2			
	BT7VC01	2			
	BT8VC01	2			
	No de válvulas de control en Bunker	5			
	No. de válvulas manuales en Bunker	35			
	Total plaza calderas	62	7	6	0
Total tanques de almacenamiento	59	3	3	0	
Total Bunker	121	10	9	0	
	DI	DO	AI	AO	

2. DETALLE DE VARIABLES DEL ÁREA DE DIESEL. En la siguiente tabla se muestra el detalle sobre las variables de Diesel:

Tabla 27, Detalle de variables del área de Diesel

VARIABLES DEL ÁREA DE DIESEL								
					DI	DO	AI	AO
ÁREA: TANQUES DE ALMACENAMIENTO DIESEL					39	2	2	0
					DI	DO	AI	AO
Tanque 1	Nivel tanque Diesel(LT)						1	
	Switch de nivel alto tanque Diesel				1			
	Switch de nivel bajo tanque Diesel				1			
Variables del sistema	Paro de emergencia				1			
	Presión post-bombas de trasiego 1 y 2						1	
VALVULAS DIESEL TANQUES DE ALMACENAMIENTO	DP1VB01				2			
	DT1VC01				2			
	DT1VC02				2			
	DP1VC01				2			
	DT1VC03				2			
	DP2VC01				2			
	DB1VC01				2			
	DB1VC02				2			
	DB2VC01				2			
	DB2VC02				2			
	DP3VC02				2			
	DP3VC04				2			
	DP3VC03				2			
	DP3VC01				2			
	Bomba de trasiego 1	Bomba 1 encendido/apagado (feedback)				1		
Bomba 1 manual				1				
Bomba 1 remoto				1				
Bomba 1 orden encendido y apagado					1			
Bomba 1 disparo de térmico				1				
Bomba de trasiego 2	Bomba 2 encendido/apagado (feedback)				1			
	Bomba 2 manual				1			
	Bomba 2 remoto				1			
	Bomba 2 orden encendido y apagado					1		
	Bomba 2 disparo de térmico				1			

Continuación Tabla 27

VARIABLES DEL ÁREA DE DIESEL								
					DI	DO	AI	AO
ÁREA: PLAZA CALDERAS					23	3	2	0
					DI	DO	AI	AO
Tanque diario Caterpillar	Nivel tanque (LT)			1				
	Switch de nivel alto tanque 1	1						
	Switch de nivel bajo tanque 1	1						
	Válvula de control	2	1					
	Switch de nivel alto-alto tanque	1						
Tanque plaza calderas 3000 Gal (el que le distribuye al Caterpillar)	Nivel tanque (LT)			1				
	Switch de nivel alto tanque	1						
	Switch de nivel alto-alto tanque	1						
	Válvula de control	2	1					
	Switch de nivel bajo tanque	1						
Variables del sistema	paro de emergencia	1						
VÁLVULAS PLAZA CALDERAS	DT8VB01	2						
	DT8VB02	2						
	DT8VB03	2						
	DT8VB04	2						
Bomba de trasiego tanque plaza calderas (3000 Gal)	Bomba encendido/apagado (feedback)	1						
	Bomba manual	1						
	Bomba remoto (automático)	1						
	Bomba orden encendido y apagado		1					
	Bomba disparo de térmico	1						

ÁREA: GENERADORES					DI	DO	AI	AO
					71	8	6	0
					DI	DO	AI	AO
Tanque estacionamiento (12000 Gal)	Nivel tanque (LT)			1				
	Switch de nivel alto tanque	1						
	Válvula de control	2	1					
	Switch de nivel alto-alto tanque	1						
	Switch de nivel bajo tanque	1						
Tanque diario generador 1 & 2	Nivel tanque (LT)			1				
	Switch de nivel alto tanque 1	1						
	Switch de nivel bajo tanque 1	1						
	Válvula de control	2	1					
	Switch de nivel alto-alto tanque	1						

Continuación Tabla 27

VARIABLES DEL ÁREA DE DIESEL					
		DI	DO	AI	AO
Tanque diario generador No 3	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nivel bajo tanque 1	1			
	Válvula de control	2	1		
	Switch de nivel alto-alto tanque	1			
Tanque diario generador No 4	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nivel bajo tanque 1	1			
	Válvula de control	2	1		
	Switch de nivel alto-alto tanque	1			
Bomba A de trasiego a generadores	Bomba A encendido/apagado (feedback)	1			
	Bomba A manual	1			
	Bomba A remoto (automático)	1			
	Bomba A orden Encendido y apagado		1		
	Bomba A disparo de térmico	1			
Bomba B de trasiego a generadores	Bomba B encendido/apagado (feedback)	1			
	Bomba B manual	1			
	Bomba B remoto (automático)	1			
	Bomba B orden encendido y apagado		1		
	Bomba B disparo de térmico	1			
Bomba C de trasiego a Generadores	Bomba C encendido/apagado (feedback)	1			
	Bomba C manual	1			
	Bomba C Remoto (automatico)	1			
	Bomba C Orden Encendido y apagado		1		
	Bomba C disparo de térmico	1			
Bomba D de trasiego a generadores	Bomba D encendido/apagado (feedback)	1			
	Bomba D manual	1			
	Bomba D remoto (automático)	1			
	Bomba D orden encendido y apagado		1		
	Bomba D disparo de térmico	1			
Variables del sistema	Paro de emergencia	1			
	Presión post bombas de trasiego A,B			1	
	Presión post bombas de trasiego C,D			1	

Continuación Tabla 27

VARIABLES DEL ÁREA DE DIESEL					
		DI	DO	AI	AO
VÁLVULAS GENERADORES	DT2VG01	2			
	DT2VG02	2			
	DP4VC01	2			
	DP4VC02	2			
	DP4VC03	2			
	DP4VB01	2			
	DP4VG01	2			
	DP3VB01	2			
	DP4VB01	2			
	DB3VB02	2			
	DB3VB03	2			
	DB4VB02	2			
	DB4VB03	2			
	DT4VB01	2			
	DT5VB01	2			
	DT6VB01	2			
	DT7VB01	2			
ÁREA: ALJIBE SALÓN 4		8	1	1	0
		DI	DO	AI	AO
Tanque bomba hidrantes	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque	1			
	Switch de nivel alto-alto tanque	1			
	Válvula de control	2	1		
	Switch de nivel bajo tanque	1			
VÁLVULAS ALJIBE SALÓN 4	DT3VC01	2			
	paro de de emergencia	1			
	No. de válvulas de control en Diesel	7			
	No. de válvulas manuales en Diesel	36			
Total Diesel		141	14	11	0
		DI	DO	AI	AO

3. DETALLE DE VARIABLES DEL ÁREA DE SODA CÁUSTICA. En la siguiente tabla se muestra el detalle sobre las variables de Soda Cáustica:

Tabla 28, Detalle de variables del área de Soda Cáustica

VARIABLES DEL ÁREA DE SODA CÁUSTICA							
				DI	DO	AI	AO
ÁREA: TANQUES DE ALMACENAMIENTO				53	2	2	0
				DI	DO	AI	AO
Tanque Soda Cáustica	Nivel tanque					1	
	Switch de nivel alto			1			
	Switch de nivel bajo			1			
	Paro de emergencia			1			
	Presión post bombas de trasiego 1 y 2					1	
VÁLVULAS SODA TANQUES DE ALMACENAMIENTO	SP1VB01			2			
	SP5VM04			2			
	SP1VC03			2			
	ST1VC01			2			
	ST1VC03			2			
	ST1VC04			2			
	SP2VC01			2			
	SP1VC01			2			
	SB1VB01			2			
	SB1VB02			2			
	SB2VB01			2			
	SB2VB02			2			
	SP3VC02			2			
	SP3VC01			2			
	SP3VM01			2			
	SP3VM04			2			
	SP3VM05			2			
	ST11VC01			2			
	ST11VC02			2			
	SP3VC04			2			
	SP3VM03			2			
Bomba 1	Bomba 1 encendido/apagado (feedback)			1			
	Bomba 1 manual			1			
	Bomba 1 automático			1			
	Bomba 1 orden encendido y apagado					1	
	Bomba 1 disparo de térmico			1			

Continuación Tabla 28

VARIABLES DEL ÁREA DE SODA CÁUSTICA		DI	DO	AI	AO
Bomba 2	Bomba 2 encendido/apagado (feedback)	1			
	Bomba 2 manual	1			
	Bomba 2 automático	1			
	Bomba 2 orden encendido y apagado		1		
	Bomba 2 disparo de térmico	1			

ÁREA: SALONES DE EMBOTELLADO		82	11	11	0
		DI	DO	AI	AO
ÁREA: SALÓN 1 DE EMBOTELLADO		12	2	2	0
		DI	DO	AI	AO
Tanque CIP salón 1	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nivel bajo tanque 1	1			
	Válvula de control	2	1		
	Switch de nivel alto-alto tanque	1			
Variable del sistema	Paro de emergencia	1			
Lavadora salón 1	Transmisor de flujo			1	
	Válvula de control	2	1		
Válvulas salón 1	SS1VG01	2			
	SS1VG02	2			

ÁREA: SALÓN 2 DE EMBOTELLADO		15	2	2	0
		DI	DO	AI	AO
Tanque CIP salón 2	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nivel bajo tanque 1	1			
	Válvula de control	2	1		
	Switch de nivel alto-alto tanque	1			
Variable del sistema	Paro de emergencia	1			
Tanque lavadora salón 2	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nivel bajo tanque 1	1			
	Válvula de control	2	1		
	Switch de nivel alto-alto tanque	1			

Continuación Tabla 28

VARIABLES DEL ÁREA DE SODA CÁUSTICA					
		DI	DO	AI	AO
Válvulas salón 2	SS2VG01	2			
	SS2VM01	2			

ÁREA: SALÓN 3 DE EMBOTELLADO		14	2	2	0
		DI	DO	AI	AO
Tanque CIP salón 3	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nivel bajo tanque 1	1			
	Válvula de control	2	1		
	Switch de nivel alto-alto tanque	1			
Variable del sistema	Paro de emergencia	1			
Lavadora salón 3	Transmisor de flujo			1	
	Válvula de control	2	1		
Válvulas salón 3	SS5VB01	2			
	SS5VB02	2			
	SS5VG01	2			

ÁREA: SALÓN 4 DE EMBOTELLADO		16	2	2	0
		DI	DO	AI	AO
Tanque CIP salón 4	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nivel bajo tanque 1	1			
	Válvula de control	2	1		
	Switch de nivel alto-alto tanque	1			
Variable del sistema	Paro de emergencia	1			
Lavadora salón 4	Transmisor de flujo			1	
	Válvula de control	2	1		
Válvulas salón 4	SP5VG01	2			
	SS4VG01	2			
	SS6VM01	2			
	SP5VB01	2			

Continuación Tabla 28

VARIABLES DEL ÁREA DE SODA CÁUSTICA								
					DI	DO	AI	AO
ÁREA: SALÓN DE EMBOTELLADO SALSA					25	3	3	0
					DI	DO	AI	AO
Tanque lavadora SALSA	Nivel tanque (LT)			1				
	Switch de nivel alto tanque 1	1						
	Switch de nivel bajo tanque 1	1						
	Válvula de control	2	1					
	Switch de nivel alto-alto tanque	1						
Bomba trasiego SALSA 2	Bomba A encendido/apagado (feedback)	1						
	Bomba A automático (remoto)	1						
	Bomba A manual	1						
	Bomba A orden encendido y apagado		1					
	Bomba A disparo de térmico	1						
Variable del sistema	Presión post bomba de trasiego SALSA			1				
	Paro de emergencia	1						
Tanque CIP salón SALSA	Nivel tanque (LT)			1				
	Switch de nivel alto tanque 1	1						
	Switch de nivel bajo tanque 1	1						
	Válvula de control	2	1					
	Switch de nivel alto-alto tanque	1						
Válvulas salón SALSA	SP5VG02	2						
	ST7VG01	2						
	SB5VG01	2						
	SB5VG02	2						
	SS6VB01	2						

ÁREA: CASA DE COCIMIENTOS						13	2	2	0
					DI	DO	AI	AO	
Tanque de diario 1: Casa de cocimientos	Nivel tanque (LT)			1					
	Switch de nivel alto tanque 1	1							
	Switch de nivel bajo tanque 1	1							
	Válvula de control	2	1						
	Switch de nivel alto-alto tanque	1							
Tanque de Diario 2: Casa de cocimientos	Nivel tanque (LT)			1					
	Switch de nivel alto tanque 1	1							
	Switch de nivel bajo tanque 1	1							
	Válvula de control	2	1						
	Switch de nivel alto-alto tanque	1							

Continuación Tabla 28

VARIABLES DEL ÁREA DE SODA CÁUSTICA				
Variable del sistema	paro de emergencia	1		
VÁLVULAS CASA DE COCIMIENTOS	ST1VM01	2		
		DI	DO	AI AO
ÁREA: FERMENTACIÓN Y FILTROS		21	2	2 0
		DI	DO	AI AO
Tanque de diario: Filtros	Nivel tanque (LT)			1
	Switch de nivel alto tanque 1	1		
	Switch de nivel bajo tanque 1	1		
	Válvula de control	2	1	
	Switch de nivel alto-alto tanque	1		
VÁLVULAS OBRA #5 (FILTROS)	ST12VM01	2		
	ST12VB01	2		
Tanque de diario: Fermentación	Nivel tanque (LT)			1
	Switch de nivel alto tanque 1	1		
	Switch de nivel bajo tanque 1	1		
	Válvula de control	2	1	
	Switch de nivel alto-alto tanque	1		
Variable del sistema	paro de emergencia	1		
VÁLVULAS OBRA 3 (FERMENTACIÓN)	SP3VM06	2		
	SP3VM07	2		
	ST13VM01	2		

ÁREA:PLAZA CALDERAS		8	1	1	0
		DI	DO	AI	AO
Tanque de diario: Calderas	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nivel bajo tanque 1	1			
	Válvula de control	2	1		
	Switch de nivel alto-alto tanque	1			
Variable del sistema	paro de emergencia	1			
VÁLVULAS OBRA 9 (CALDERAS)	ST15VM01	2			

Continuación Tabla 28

VARIABLES DEL ÁREA DE SODA CÁUSTICA					
ÁREA:TANQUES DE PRESIÓN		10	1	1	0
		DI	DO	AI	AO
Tanque de diario: Tanques de Presión	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nivel bajo tanque 1	1			
	Válvula de control	2	1		
	Switch de nivel alto-alto tanque	1			
Variable del sistema	paro de emergencia	1			
VÁLVULAS OBRA 4 (TANQUES DE PRESIÓN)	SP3VB02	2			
	ST16VB01	2			

ÁREA: ALJIBE SALÓN 4		55	4	3	0
		DI	DO	AI	AO
Bomba A estacionamiento salón 4	Bomba A encendido/apagado (feedback)	1			
	Bomba A automático (remoto)	1			
	Bomba A manual	1			
	Bomba A orden encendido y apagado		1		
	Bomba A disparo de térmico	1			
Bomba B estacionamiento salón 4	Bomba B encendido/apagado (feedback)	1			
	Bomba B automático (remoto)	1			
	Bomba B manual	1			
	Bomba B orden encendido y apagado		1		
	Bomba B disparo de térmico	1			
Tanque sótano salón 4 ST2 (6000 Gal)	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nivel bajo tanque 1	1			
	Válvula de control	2	1		
	Switch de nivel alto-alto tanque	1			
Tanque sótano salón 4 ST3 (6000 Gal)	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nivel bajo tanque 1	1			
	Válvula de control	2	1		
	Switch de nivel alto-alto tanque	1			

Continuación Tabla 28

VARIABLES DEL ÁREA DE SODA CÁUSTICA					
		DI	DO	AI	AO
VÁLVULAS ALJIBE DEL SALÓN 4	ST2VM04	2			
	ST2VM03	2			
	ST2VM01	2			
	ST2VM02	2			
	ST2VC01	2			
	ST3VC01	2			
	ST3VM04	2			
	ST3VM03	2			
	ST3VM02	2			
	ST3VM01	2			
	SB3VM01	2			
	SB4VM01	2			
	SB3VM02	2			
	SB4VM02	2			
	SP5VM01	2			
	SP5VM03	2			
	SP5VM02	2			
	SP5VB02	2			
Variable del sistema	paro de emergencia	1			
	Presión post-bombas			1	

No. de válvulas manuales soda c.	64			
No. de válvulas de control soda c.	18			
Total Soda Cáustica	242	23	22	0
	DI	DO	AI	AO

4. DETALLE DE VARIABLES DEL ÁREA DE DIÓXIDO DE CARBONO. En la siguiente tabla se muestra el detalle sobre las variables de Dióxido de Carbono:

Tabla 29, Detalle de variables del área de dióxido de carbono

VARIABLES DEL ÁREA DE DIÓXIDO DE CARBONO					
		DI	DO	AI	AO
ÁREA: TANQUES DE ALMACENAMIENTO DIÓXIDO DE CARBONO		36	1	5	0
		DI	DO	AI	AO
Tanque de almacenamiento (Tanque 4)	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nivel bajo tanque 1	1			
	Presión tanque			1	
VARIABLES DEL SISTEMA	Flujo de distribución CO2 líquido			1	
	Flujo de distribución CO2 Gas			1	
	Paro de emergencia	1			
	Presión post bomba de trasiego 1			1	
VÁLVULAS CO2 TANQUES DE ALMACENAMIENTO	CP1V01	2			
	CP1V02	2			
	CP2V01	2			
	CP2V02	2			
	CP1V06	2			
	CP2V05	2			
	CP1V05	2			
	CP2V03	2			
	CP1V03	2			
	CP3V04	2			
	CP3V03	2			
	CP3V02	2			
	CP2V04	2			
	CP1V04	2			
	CP3V01	2			
Bomba CO2	Bomba 1 encendido/apagado (feedback)	1			
	Bomba 1 manual	1			
	Bomba 1 orden encendido y apagado		1		
	Bomba 1 disparo de térmico	1			
ÁREA: SALA DE MÁQUINAS		25	2	4	0
		DI	DO	AI	AO
Tanque 1 CO2	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nivel bajo tanque 1	1			
	Válvula de control	2	1		
	Presión tanque			1	

Continuación Tabla 29

VARIABLES DEL ÁREA DE DIÓXIDO DE CARBONO					
		DI	DO	AI	AO
Tanque 2 CO2	Nivel tanque (LT)			1	
	Switch de nivel alto tanque 1	1			
	Switch de nivel bajo tanque 1	1			
	Válvula de control	2	1		
	Presión tanque			1	
Variable del sistema	Paro de emergencia	1			
VÁLVULAS MANUALES CO2 SALA DE MÁQUINAS	CP3V05	2			
	CP2V06	2			
	CP2V011	2			
	CP2V07	2			
	CP2V09	2			
	CP2V10	2			
	CP3V06	2			
	CP2V08	2			

No. de válvulas manuales CO2	23			
No. de válvulas de control CO2	2			
Total CO2	61	3	9	0

B. PLANOS DEL PROYECTO (DIAGRAMAS P&ID)

1. Planos del Área de Bunker

a. Nomenclatura para los planos de Bunker

NOMENCLATURA DE CÓDIGOS

B X X X X XX

T TANQUE
B BOMBA
P TUBERIA

LOS OBJETOS DE ESTE COLOR SON LOS QUE NO ESTÁN EN EL SISTEMA Y QUE PIENSAN AGREGARSE

SI "T"

- 1.- TANQUE A ALMACENAJE
- 2.- TANQUE B ALMACENAJE
- 3.- TANQUE A PLAZA CALDERAS
- 4.- TANQUE B PLAZA CALDERAS
- 5.- TANQUE DIARIO CALDERA 1
- 6.- TANQUE DIARIO CALDERA 2
- 7.- TANQUE DIARIO CALDERA 3
- 8.- TANQUE DIARIO CALDERA 4

SI "B"

- 1.- BOMBA RECEPCIÓN DE PIPAS
- 2.- BOMBA TRASIEGO 1 ALMACENAMIENTO
- 3.- BOMBA TRASIEGO 2 ALMACENAMIENTO
- 4.- BOMBA TRASIEGO 4 CALDERAS
- 5.- BOMBA TRASIEGO 5 CALDERAS

SI "P"

- 1.- TUBERIA DE RECEPCION DE PIPAS A TANQUES
- 2.- TUBERIA COMPRENDIDA ENTRE TANQUES DE ALMACENAJE Y BOMBAS DE TRASIEGO PRINCIPALES
- 3.- TUBERIA COMPRENDIDA ENTRE BOMBAS DE TRASIEGO A TANQUES AUXILIARES
- 4.- TUBERIA COMPRENDIDA ENTRE TANQUES AUXILIARES A BOMBAS SECUNDARIAS
- 5.- TUBERIA COMPRENDIDA DE BOMBAS SECUNDARIAS A TANQUES DE DIARIO

V.- VALVULAS

I.- INSTRUMENTOS (MECANICOS)

T.- TRANSMISORES (SENSORES ELECTRÓNICOS)

F.- FILTROS

H.- CALENTADORES

SI "V"

B.- BOLA

C.- COMPUERTA

Z.- CHEQUE

G.- GLOBO

S.- SOLENOIDE

R.- ALIVIO DE PRESIÓN

N.- VÁLVULA DE CONTROL

SI "I"

M.- MANOMETRO

T.- TERMOMETRO

F.- FLUJO

N.- NIVEL

SI "T"

P.- PRESION

T.- TEMPERATURA

F.- FLUJO

N.- NIVEL

SI "F"

M.- METALICO

D.- DESECHABLE

SI "H"

V.- VAPOR

E.- ELECTRICO

NUMERO CORRELATIVO POR PLANO

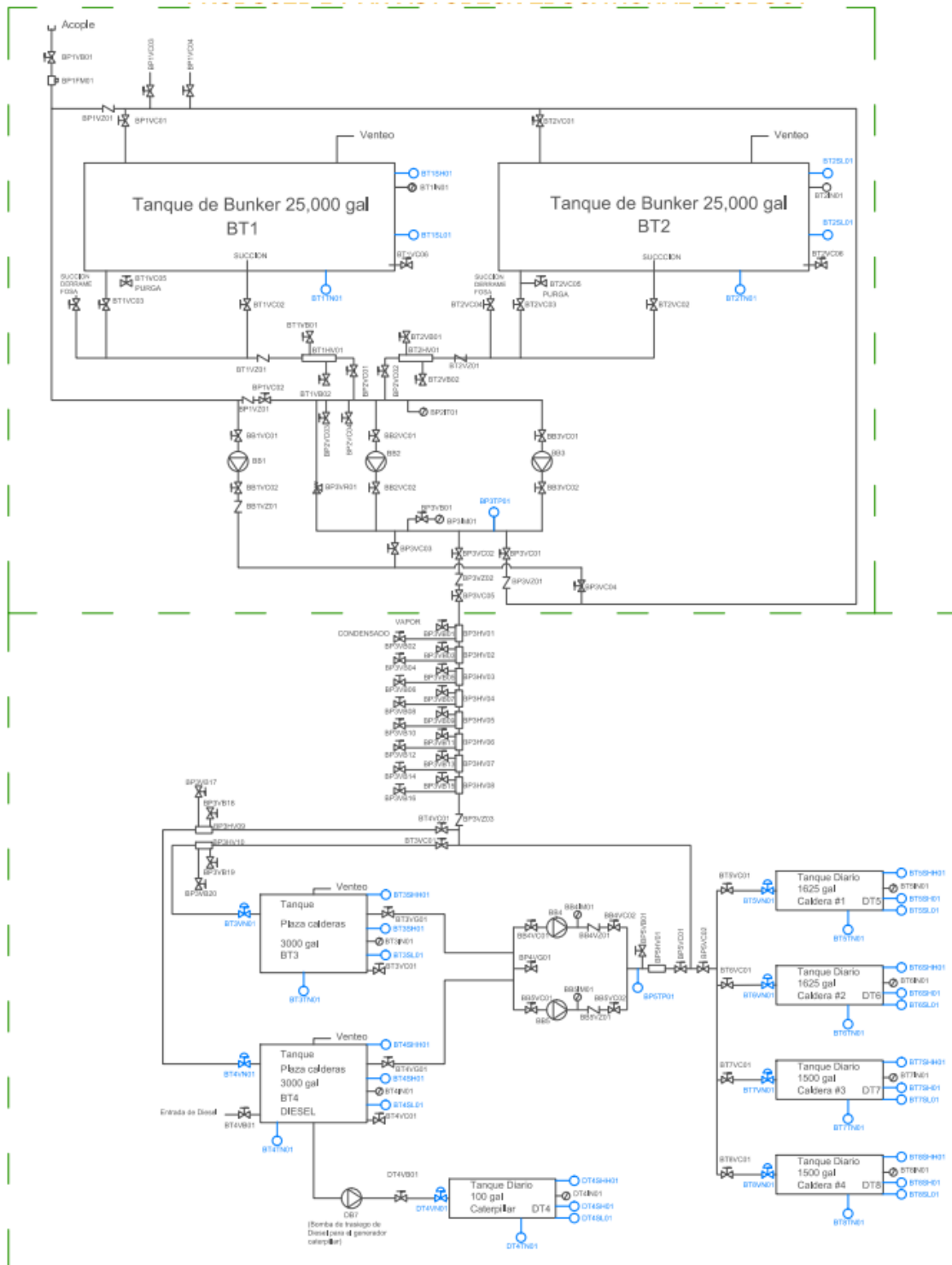
SI "S"

HH.- SWITCH DE NIVEL ALTO-ALTO

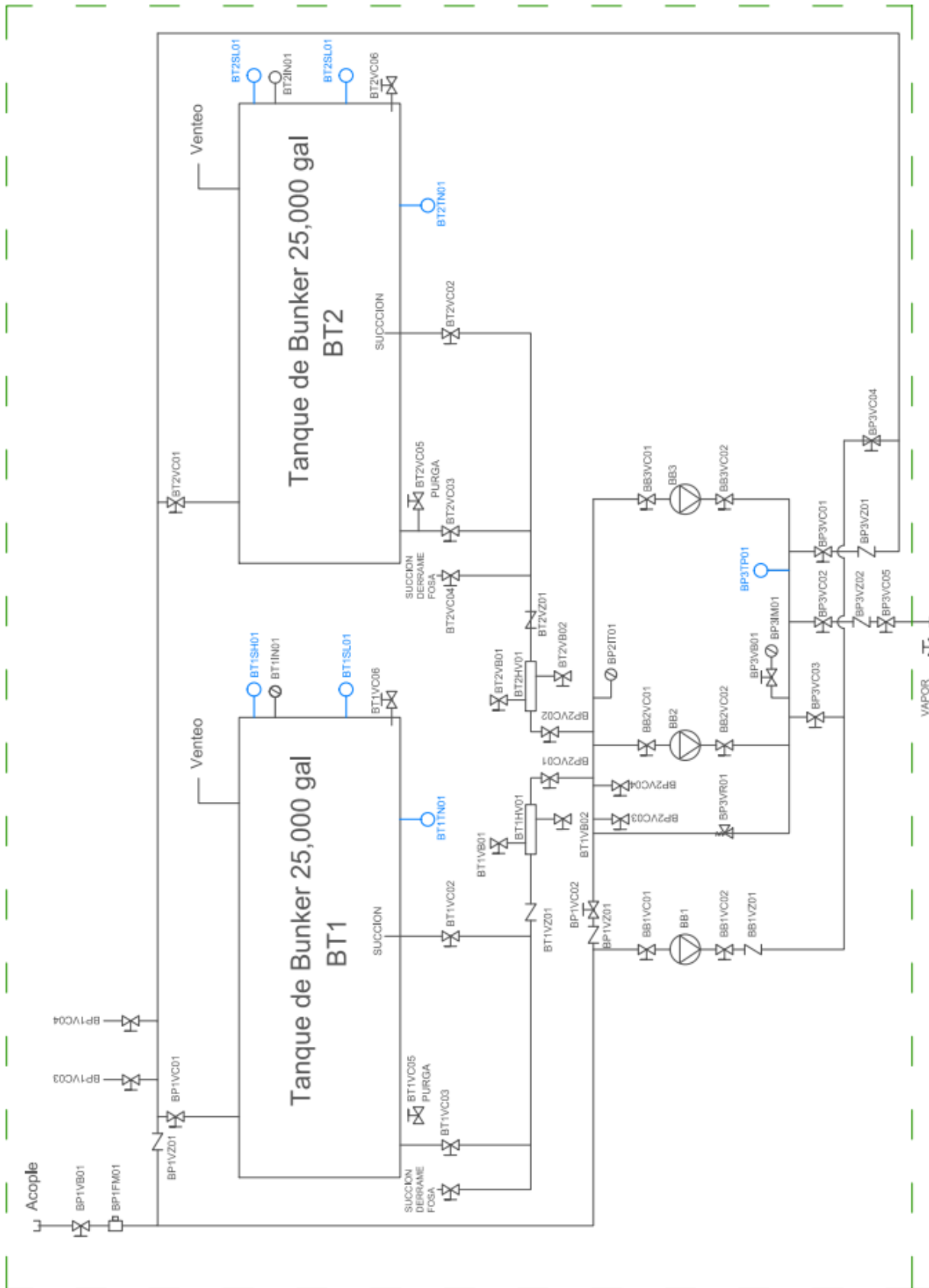
H.- SWITCH DE NIVEL ALTO

L.- SWITCH DE NIVEL BAJO

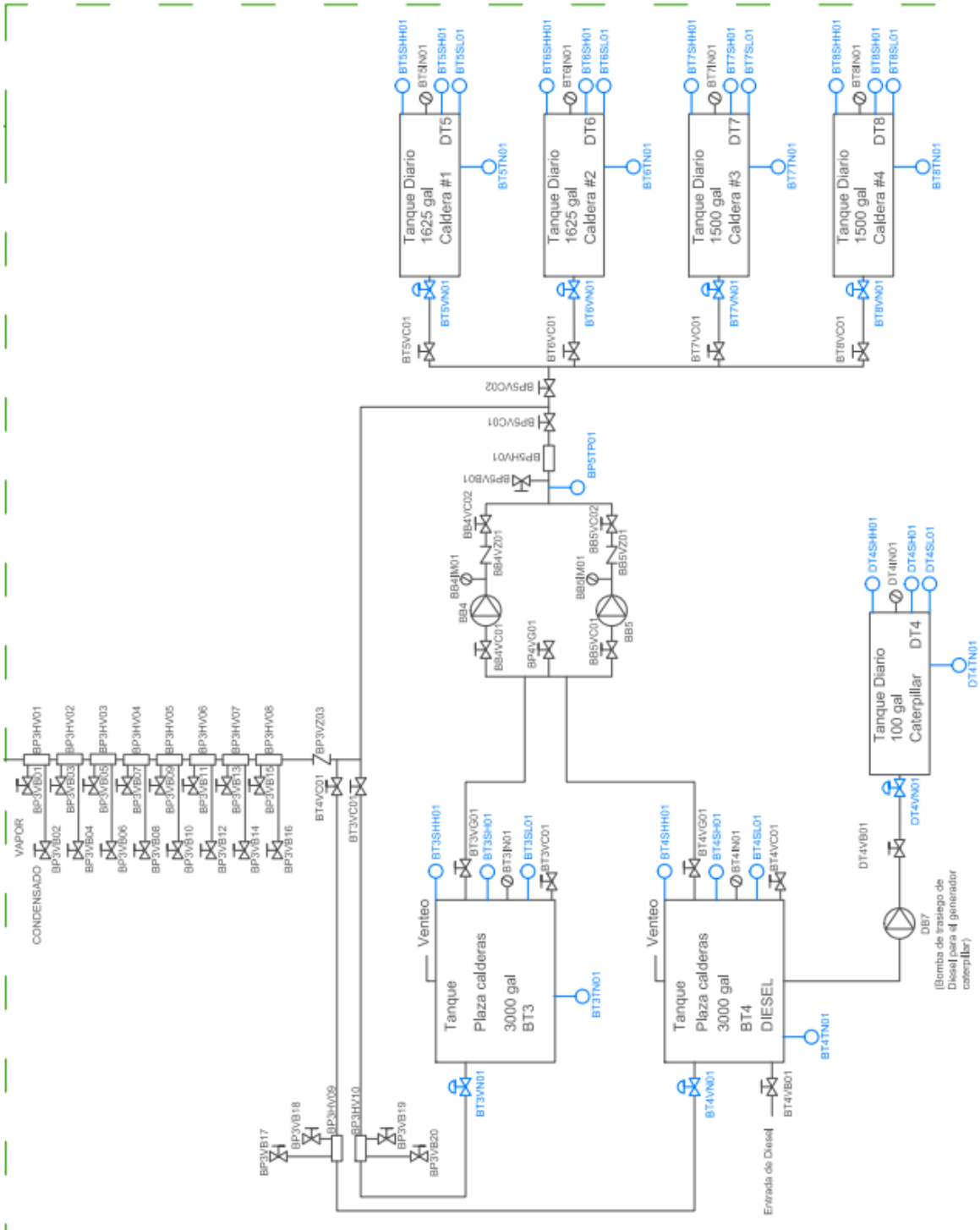
b. Plano global de Bunker



c. Parte superior del plano de Bunker



d. Parte inferior del plano de Bunker



2. Planos del Área de Diesel

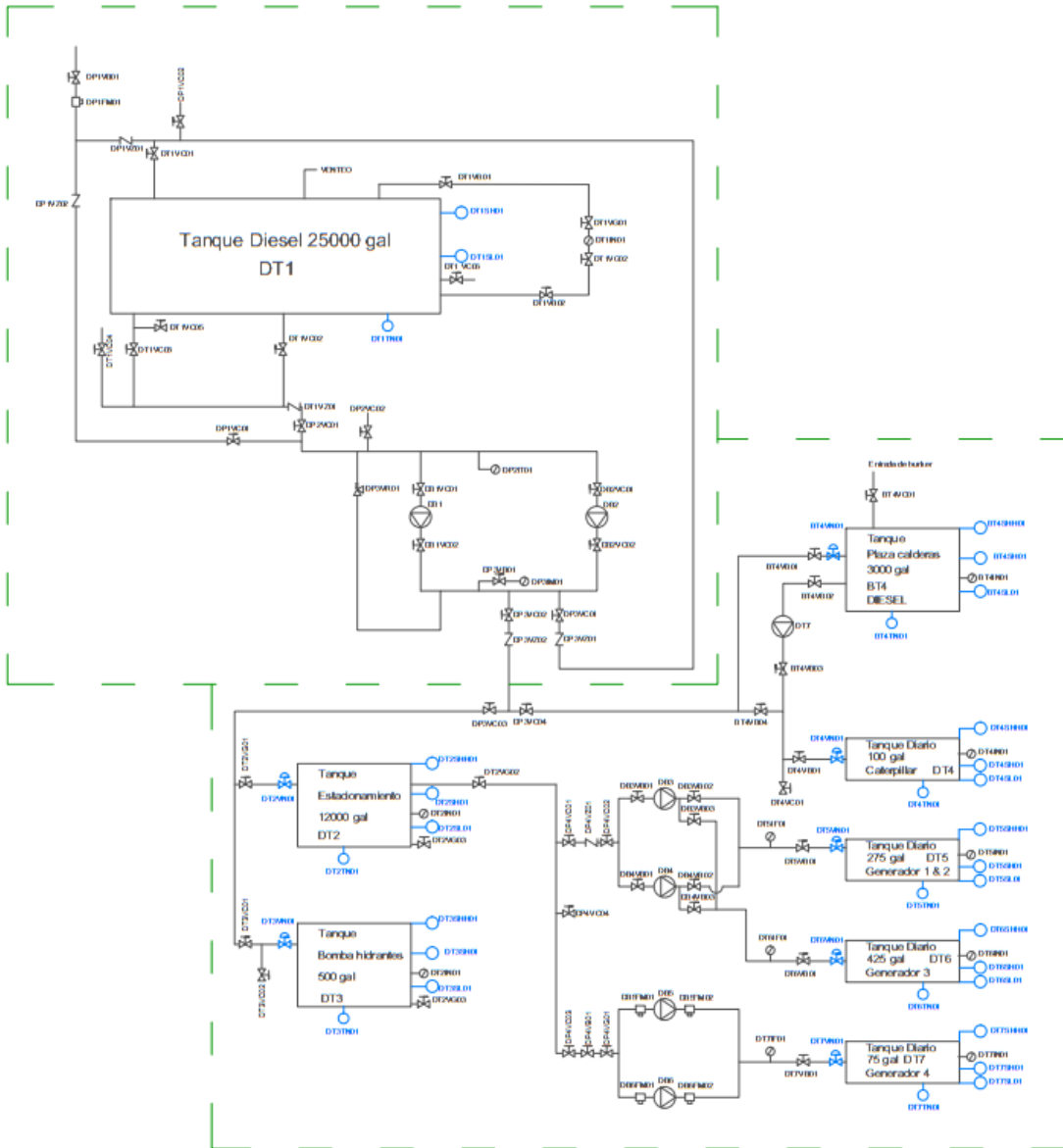
a. Nomenclatura para los planos de Diesel

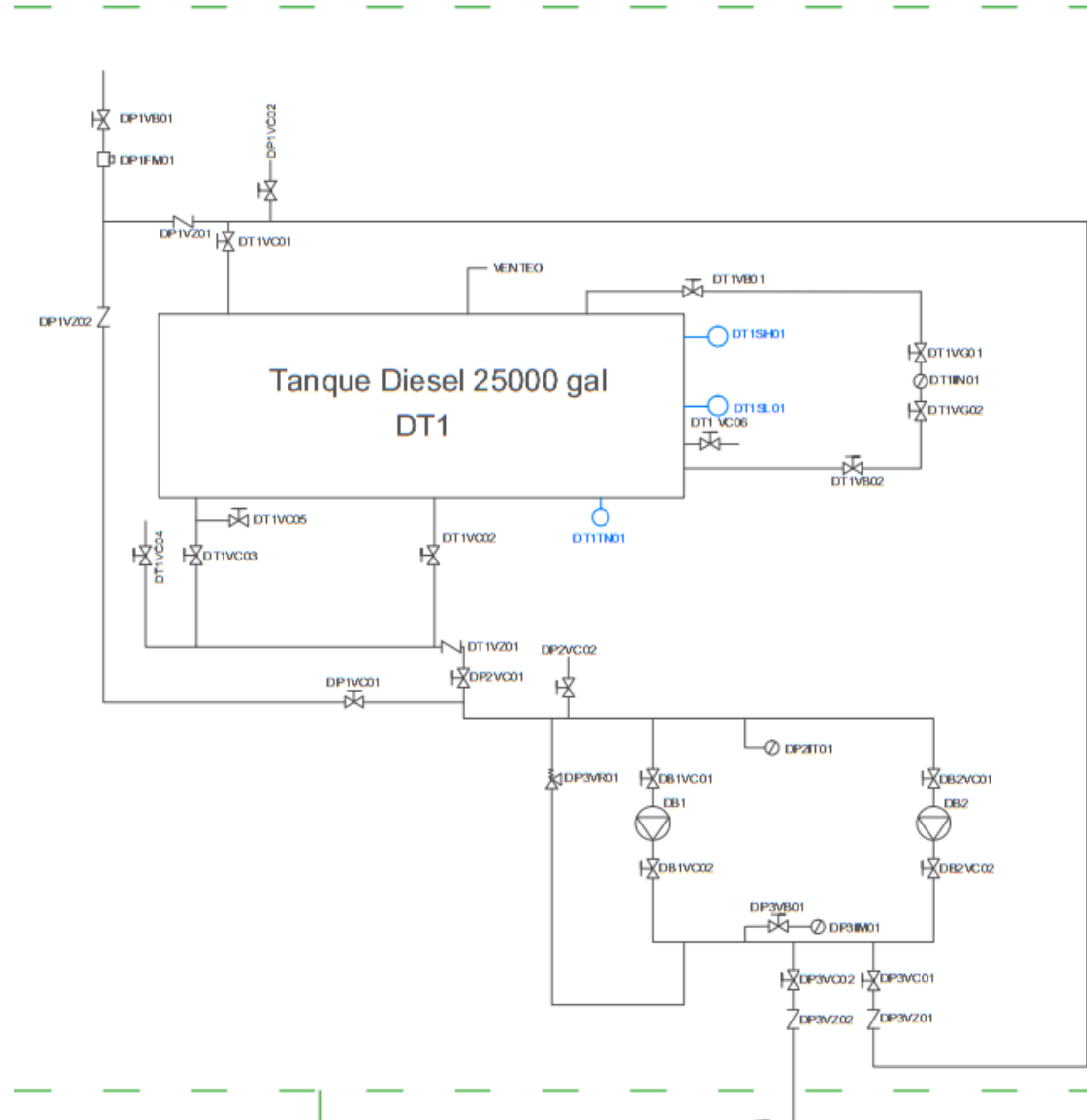
D	X	X	X	X	XX
T	TANQUE				
B	BOMBA				
P	TUBERIA				
SI	"T"				
1.-	TANQUE ALMACENAJE				
2.-	TANQUE ESTACIONAMIENTO				
3.-	TANQUE HIDRANTES				
4.-	TANQUE CATERPILLAR				
5.-	TANQUE DIARIO GENERADORES 1 Y 2				
6.-	TANQUE DIARIO GENERADOR 3				
7.-	TANQUE DIARIO GENERADOR 4				
8.-	TANQUE 3000 GAL PLAZA CALDERAS				
SI	"B"				
1.-	BOMBA TRASIEGO A ALMACENAJE				
2.-	BOMBA TRASIEGO B ALMACENAJE				
3.-	BOMBA TRASIEGO A GENERADORES (1,2 Y 3)				
4.-	BOMBA TRASIEGO B GENERADORES (1,2 Y 3)				
5.-	BOMBA TRASIEGO C GENERADOR 4				
6.-	BOMBA TRASIEGO D GENERADOR 4				
7.-	BOMBA TRASIEGO GENERADOR CATERPILLAR				
SI	"P"				
1.-	TUBERIA DE RECEPCION DE PIPAS A TANQUES				
2.-	TUBERIA COMPRENDIDA ENTRE TANQUES DE ALMACENAJE Y BOMBAS DE TRASIEGO PRINCIPALES				
3.-	TUBERIA COMPRENDIDA ENTRE BOMBAS DE TRASIEGO A TANQUES AUXILIARES				
4.-	TUBERIA COMPRENDIDA ENTRE TANQUES AUXILIARES A BOMBAS SECUNDARIAS				
5.-	TUBERIA COMPRENDIDA DE BOMBAS SECUNDARIAS A TANQUES DE DIARIO				
V.-	VALVULAS				
I.-	INSTRUMENTOS (MECANICOS)				
T.-	TRANSMISORES (SENSORES ELECTRÓNICOS)				
F.-	FILTROS				
SI	"V"				
B.-	BOLA				
C.-	COMPUERTA				
Z.-	CHEQUE				
G.-	GLOBO				
S.-	SOLENOIDE				
R.-	ALIVIO DE PRESIÓN				
N.-	VÁLVULA DE CONTROL				
SI	"M"				
M.-	MANOMETRO				
T.-	TERMOMETRO				
F.-	FLUJO				
N.-	NIVEL				
P.-	PRESION				
SI	"T"				
T.-	TEMPERATURA				
F.-	FLUJO				
N.-	NIVEL				
M.-	METALICO				
SI	"F"				
D.-	DESECHABLE				
	NUMERO CORRELATIVO POR PLANO				

LOS OBJETOS DE ESTE COLOR SON LOS QUE NO ESTÁN EN EL SISTEMA Y QUE PIENSAN AGREGARSE

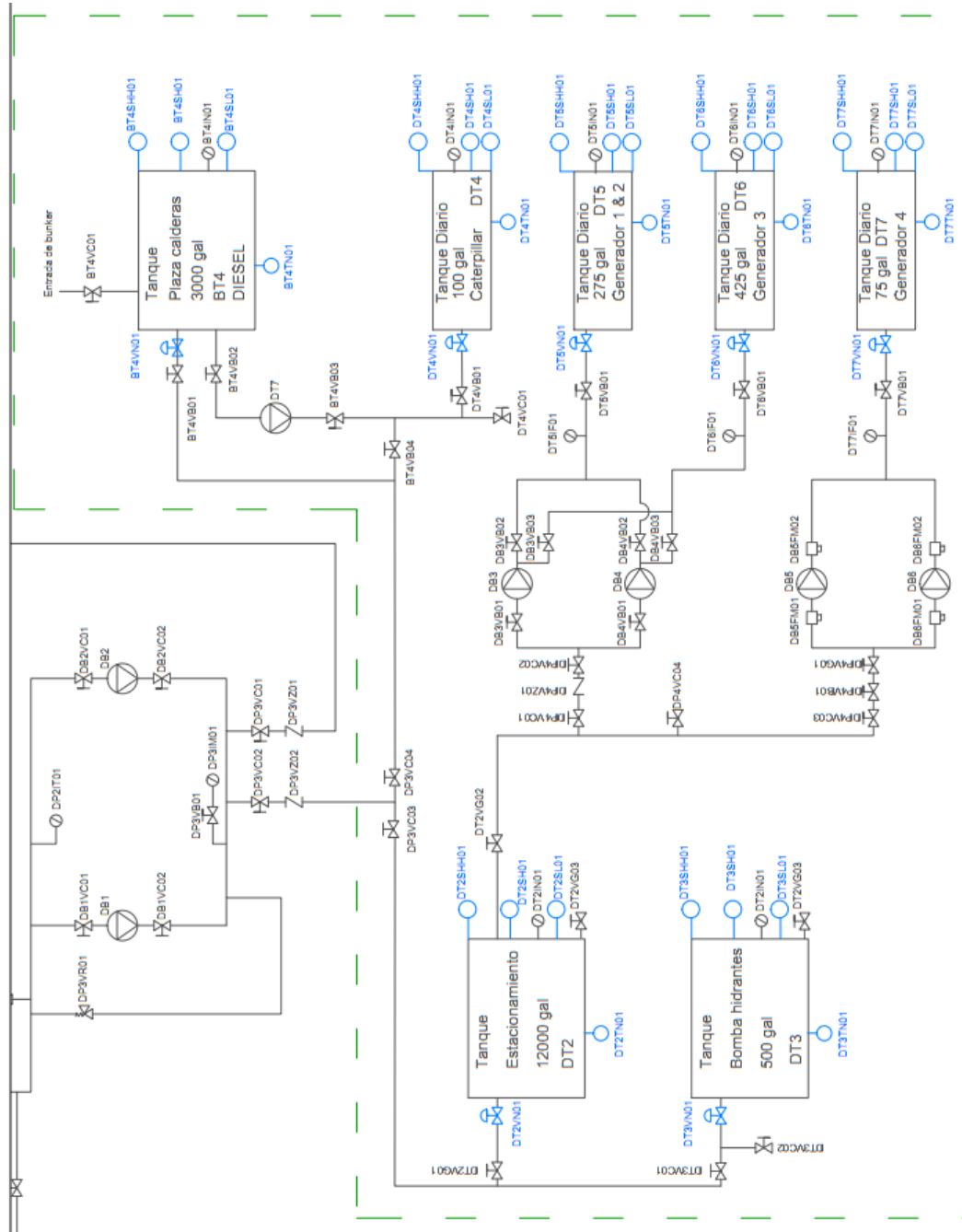
SI "S"
 HH.- SWITCH DE NIVEL ALTO-ALTO
 H.- SWITCH DE NIVEL ALTO
 L.- SWITCH DE NIVEL BAJO

b. Plano global de Diesel



c. Parte superior de los planos de Diesel

d. Parte inferior de los planos de Diesel



3. Planos del Área de Soda Cáustica

a. Nomenclatura para los planos de Soda Cáustica

NOMENCLATURA DE CÓDIGOS

S X X X X XX

T TANQUE
B BOMBA
P TUBERIA
S SALON

LOS OBJETOS DE ESTE COLOR SON LOS QUE NO ESTÁN
EN EL SISTEMA Y QUE PIENSAN AGREGARSE

SI "T"

- 1.- TANQUE ALMACENAJE
- 2.- TANQUE A ESTACIONAMIENTO SALON 4
- 3.- TANQUE B ESTACIONAMIENTO SALON 4
- 4.- TANQUE LAVADORA SALON 1
- 5.- TANQUE LAVADORA SALON 2
- 6.- TANQUE CIP SALSA
- 7.- TANQUE LAVADORA SALSA 2
- 8.- TANQUE LAVADORA SALON 3
- 9.- TANQUE LAVADORA SALON 4
- 10.- TANQUE CASA COC. NUEVA
- 11.- TANQUE CASA COC. ACTUAL
- 12.- TANQUE FILTROS
- 13.- TANQUE FERMENTACIÓN
- 14.-TANQUE OBRA 3
- 15.-TANQUE PLAZA CALDERAS
- 16.- TANQUE DE TANQUES DE PRESIÓN

SI "S"

- 1.- SALON 1
- 2.- SALON 2
- 3.- SALSA 1
- 4.- SALSA 2
- 5.- SALON 3
- 6.- SALON 4

SI "B"

- 1.- BOMBA DE TRASIEGO A DE ALMACENAJE
- 2.- BOMBA DE TRASIEGO B DE ALMACENAJE
- 3.- BOMBA A ESTACIONAMIENTO SALON 4
- 4.- BOMBA B ESTACIONAMIENTO SALON 4
- 5.- BOMBA DE TRASIEGO SALSA 2

SI "P"

- 1.- TUBERIA DE RECEPCION DE PIPAS A TANQUES
- 2.- TUBERIA COMPRENDIDA ENTRE TANQUES DE ALMACENAJE Y BOMBAS DE TRASIEGO PRINCIPALES
- 3.- TUBERIA COMPRENDIDA ENTRE BOMBAS DE TRASIEGO Y TANQUES AUXILIARES
- 4.- TUBERIA COMPRENDIDA ENTRE TANQUES AUXILIARES Y BOMBAS SECUNDARIAS
- 5.- TUBERIA COMPRENDIDA DE BOMBAS SECUNDARIAS A TANQUES DE DIARIO

V.- VALVULAS

I.- INSTRUMENTOS (MECANICOS)

T.- TRANSMISORES (SENSORES ELECTRÓNICOS)

F.- FILTROS

SI "V"

- B.- BOLA
- C.- COMPUERTA
- Z.- CHEQUE
- G.- GLOBO

S.- SOLENOIDE

R.- ALIVIO DE PRESIÓN

M.- MARIPOSA

N.- VÁLVULA DE CONTROL

SI "I"

M.- MANOMETRO

T.- TERMOMETRO

F.- FLUJO

N.- NIVEL

SI "T"

P.- PRESION

T.- TEMPERATURA

F.- FLUJO

N.- NIVEL

SI "F"

M.- METALICO

D.- DESECHABLE

NUMERO CORRELATIVO POR PLANO

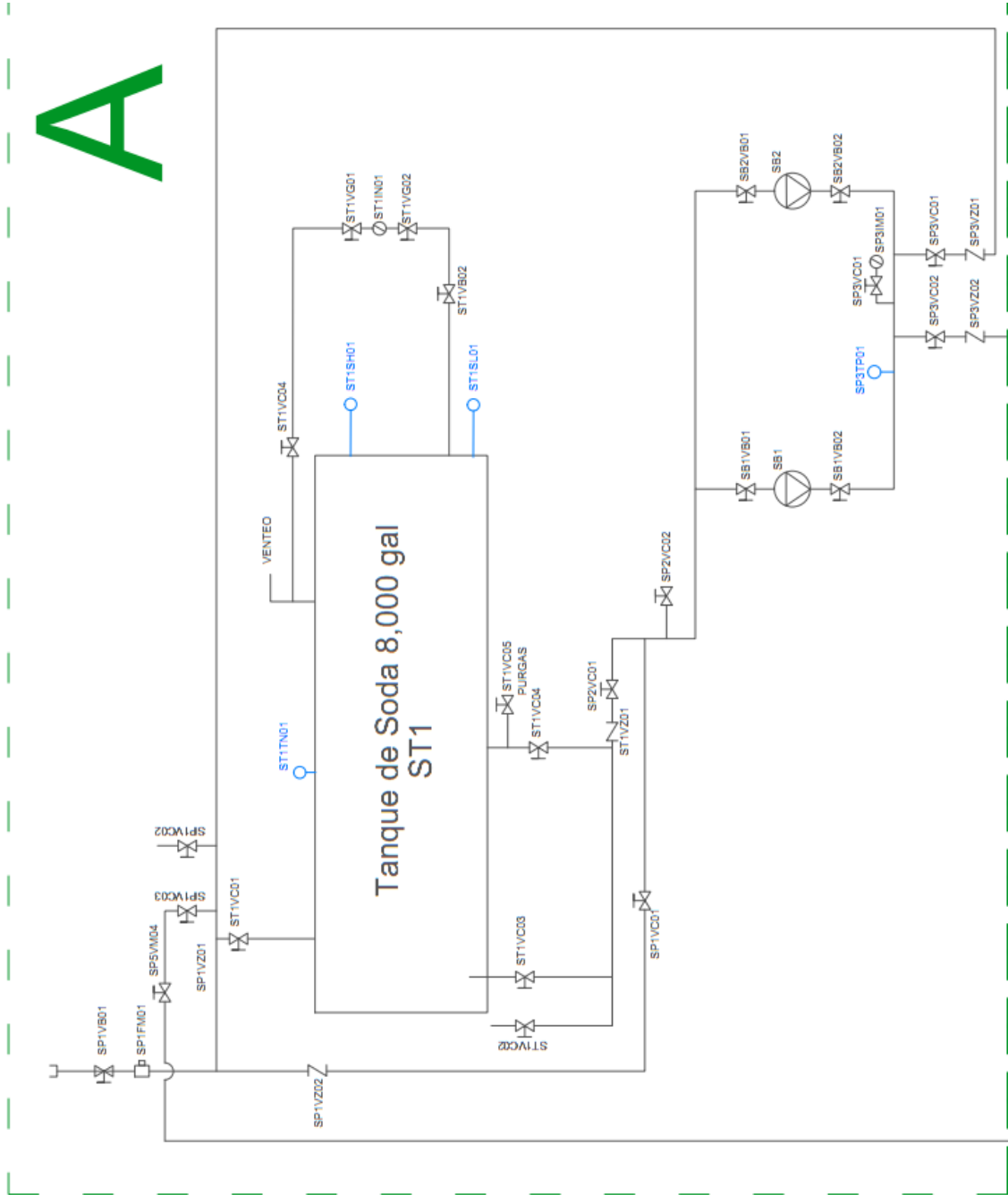
SI "S"

HH.- SWITCH DE NIVEL ALTO-ALTO

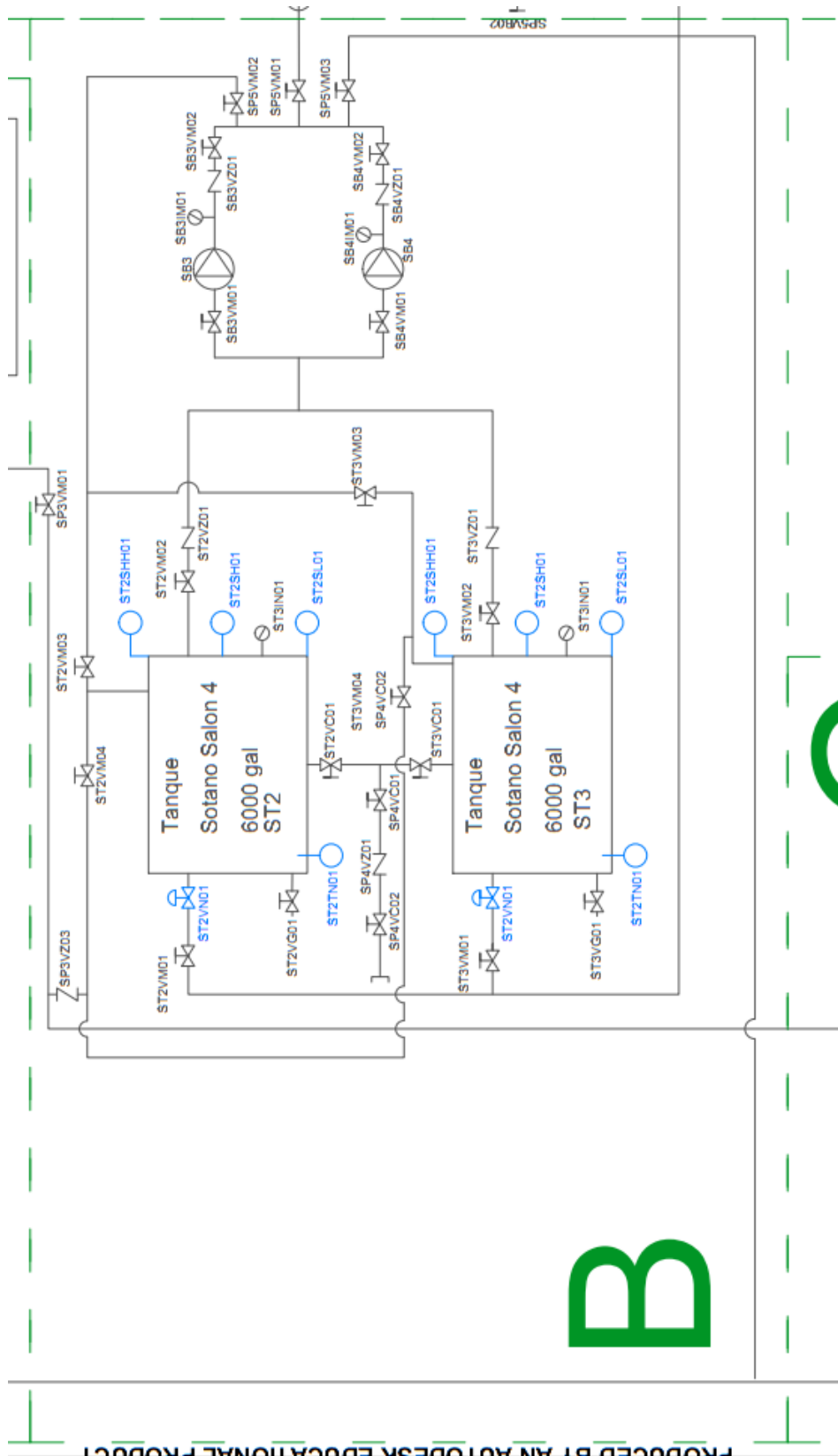
H.- SWITCH DE NIVEL ALTO

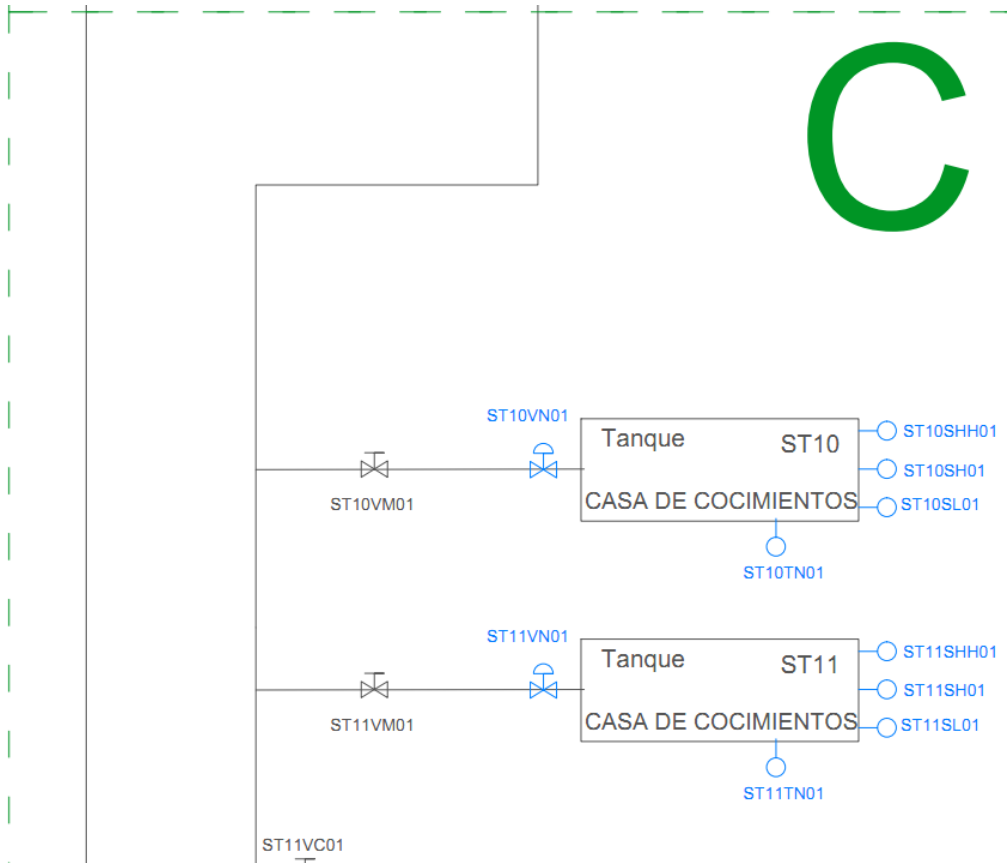
L.- SWITCH DE NIVEL BAJO

c. Parte A plano de Soda Cáustica:

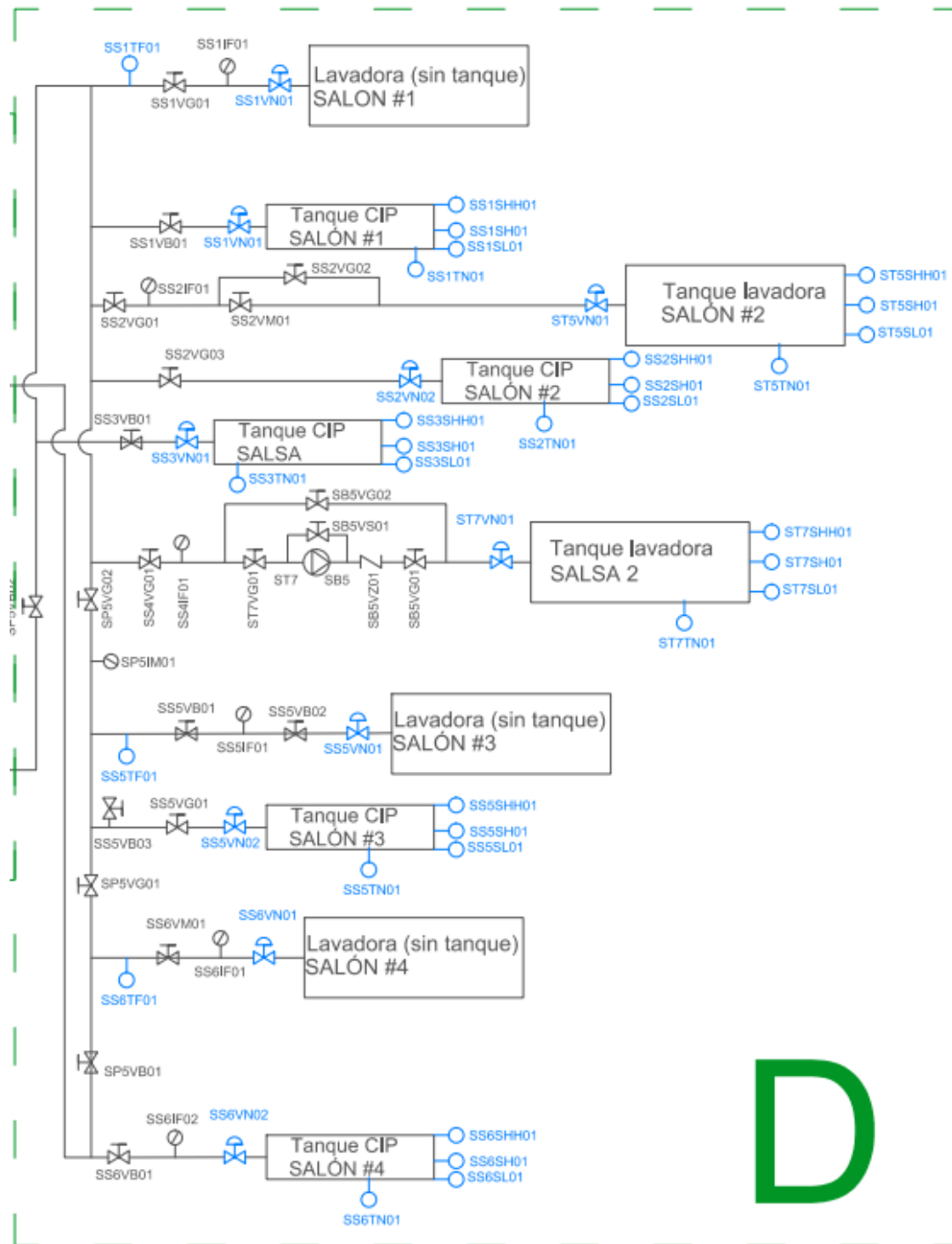


d. Parte B plano de Soda Cáustica

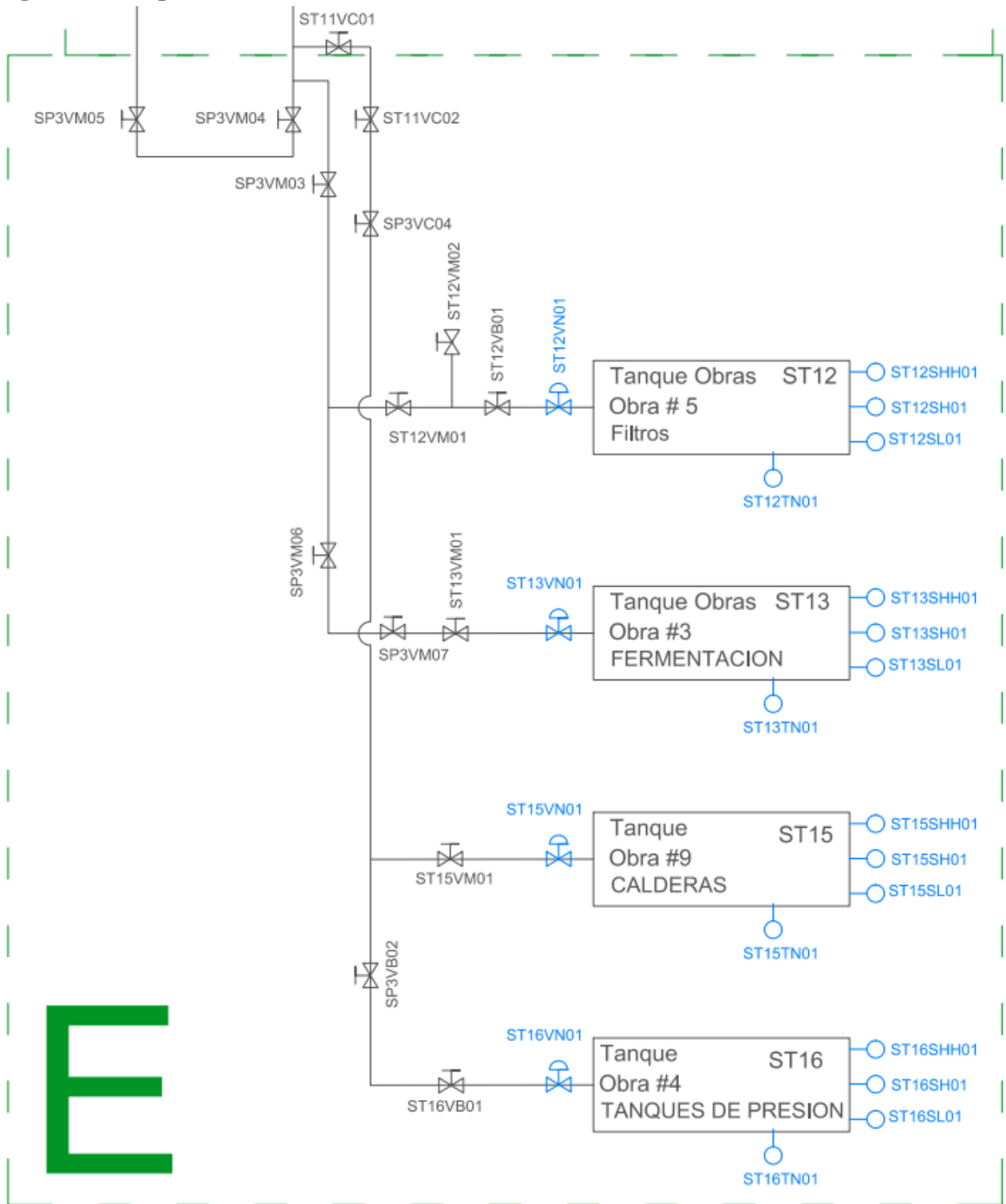


e. Parte C plano de Soda Cáustica

f. Parte D plano de Sódica Cáustica



g. Parte E plano de Soda Cáustica



4. Planos del Área de Dióxido de Carbono

a. Nomenclatura para los planos de Dióxido de Carbono

NOMENCLATURA DE CÓDIGOS

C X X X X XX

T TANQUE

B BOMBA

P TUBERIA

SI "T"

1.- TANQUE 1 SALA DE MÁQUINAS

2.- TANQUE 2 SALA DE MÁQUINAS

3.- TANQUE 4 :AREA DE ALMACENAJE

SI "B"

1.- BOMBA DE TRASIEGO CO2

SI "P"

1.- TUBERIA DE RECEPCION CO2 LIQUIDO A TANQUES

2.- TUBERIA DE RECEPCION CO2 GASEOSO A TANQUES

3.- TUBERIA COMPRENDIDA ENTRE BOMBAS DE TRASIEGO A TANQUES

V.- VALVULAS

I.- INSTRUMENTOS (MECANICOS)

T.- TRANSMISORES (SENSORES ELECTRÓNICOS)

SI "V"

B.- BOLA

Z.- CHEQUE

R.- ALIVIO DE PRESIÓN

N.- VÁLVULA DE CONTROL

M.- MANOMETRO

SI "I"

N.- NIVEL

SI "T"

P.- PRESION

N.- NIVEL

NUMERO CORRELATIVO POR PLANO

LOS OBJETOS DE ESTE COLOR SON LOS QUE NO ESTÁN EN EL SISTEMA Y QUE PIENSAN AGREGARSE

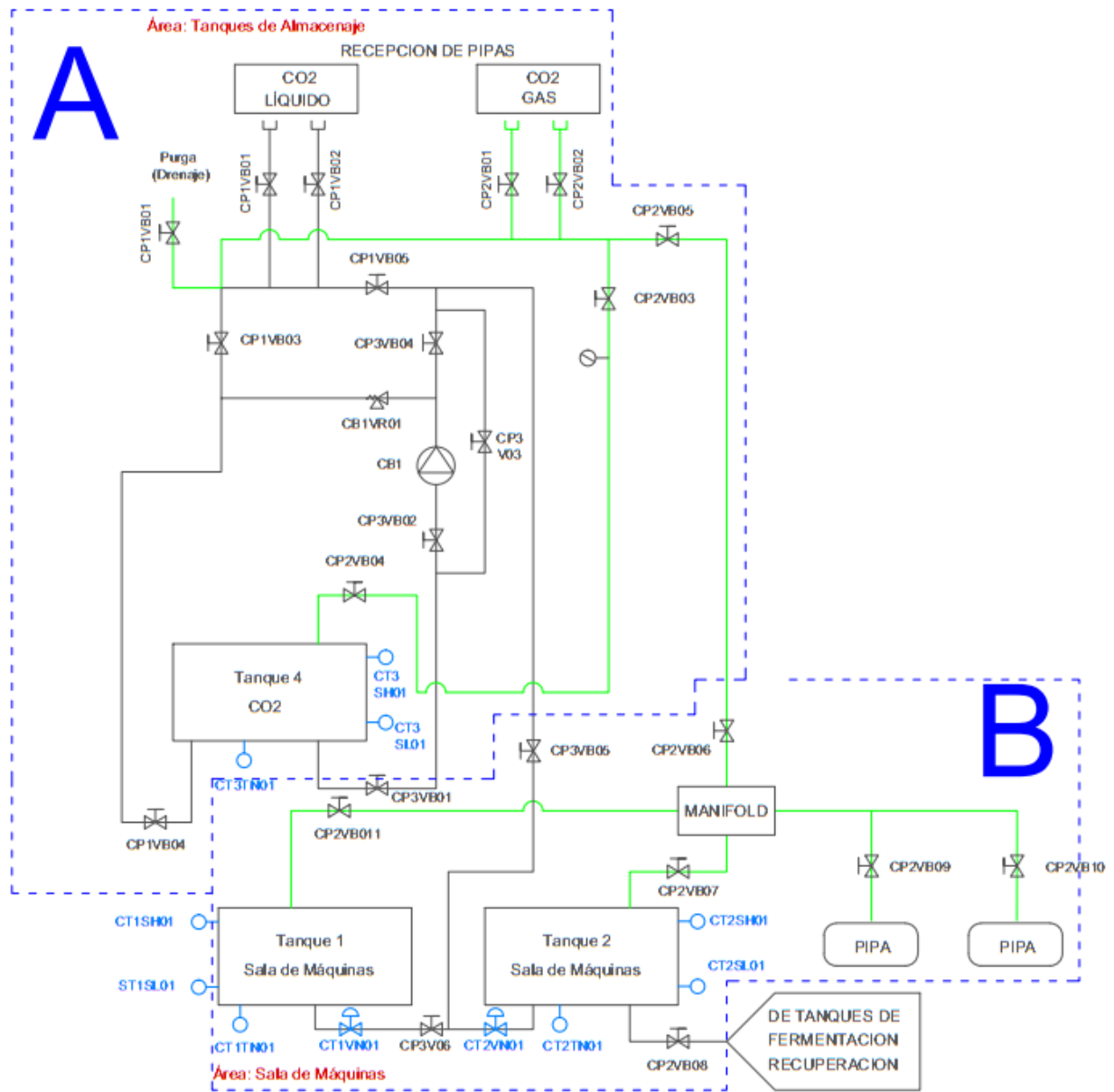
SI "S"

HH.- SWITCH DE NIVEL ALTO-ALTO

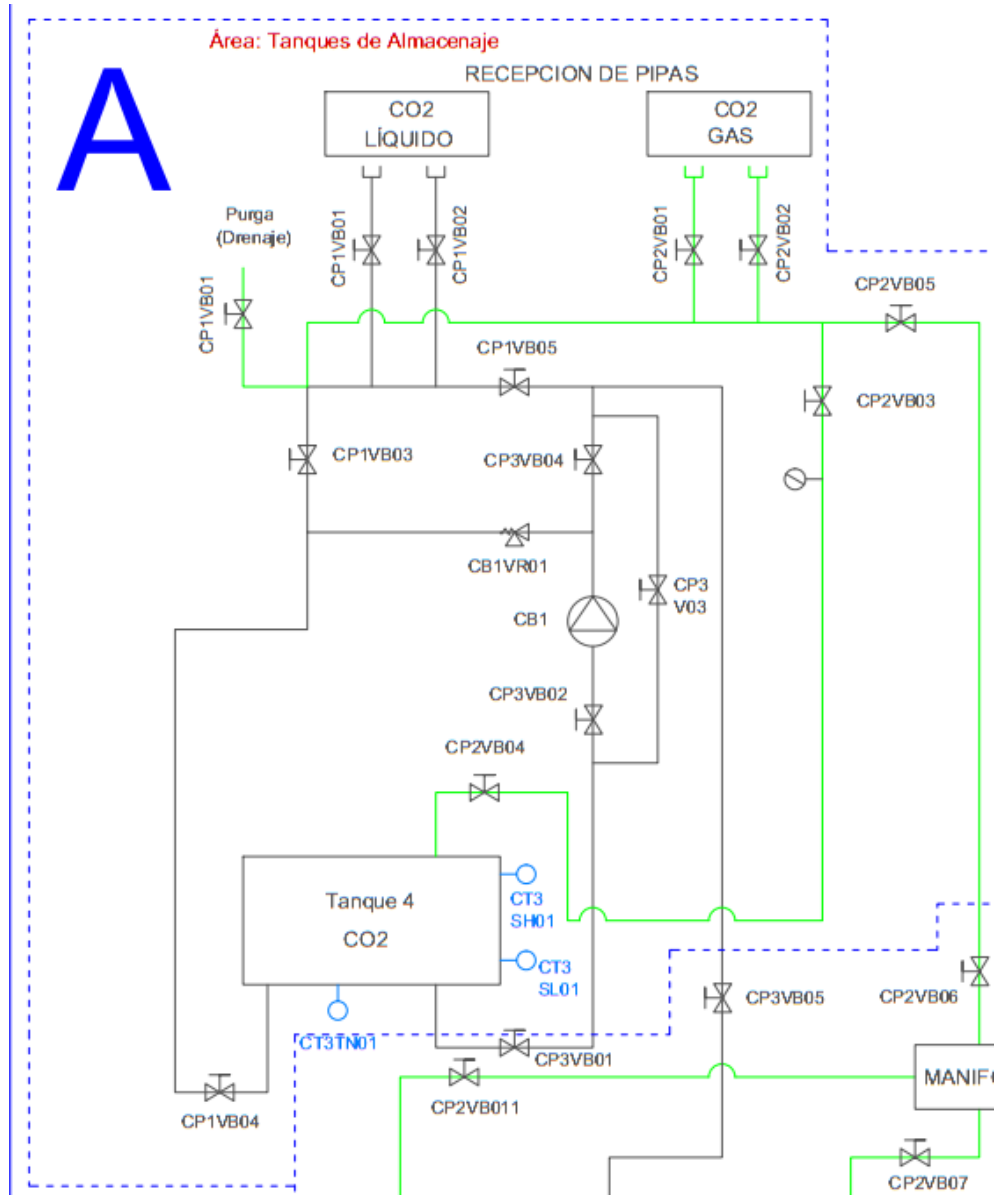
H.- SWITCH DE NIVEL ALTO

L.- SWITCH DE NIVEL BAJO

b. Plano global de Dióxido de Carbono



c. Parte A plano de Dióxido de Carbono



d. Parte B plano de Dióxido de Carbono

