



**Sistematización de inventarios mediante el
diseño, implementación y puesta en
marcha de los sistemas de control de nivel
de los tanques de almacenamiento de
producto terminado en el área de
químicos en la empresa Brinsa S.A.**

Johan Sneider Sierra Avendaño

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Bogotá D.C, Colombia
2020

Sistematización de inventarios mediante el diseño, implementación y puesta en marcha de los sistemas de control de nivel de los tanques de almacenamiento de producto terminado en el área de químicos en la empresa Brinsa S.A.

Johan Sneider Sierra Avendaño
Ingeniero en Control y Automatización Industrial

Director:

Ingeniero José Germán Gutiérrez Rozo

Línea de Ingeniería en Control y Automatización Industrial

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Bogotá D.C, Colombia
2020

La preocupación por el hombre y su destino siempre debe ser el interés primordial de todo esfuerzo técnico. Nunca olvides esto entre tus diagramas y ecuaciones.

Albert Einstein

Agradecimientos

Este proyecto, lo quiero dedicar primeramente a Dios, quien me ha sostenido en este camino y me ayudó durante estos años, el sacrificio fue grande pero tú siempre me diste la fuerza necesaria para continuar y lograrlo, este triunfo es todo tuyo.

Agradecer a mi esposa Paola Arenas Frásica por su ayuda incondicional, confianza y esfuerzo. A mi hijo Sebastián Sierra Arenas quien es el motor de mi vida y mi inspiración, a mi madre Blanca Avendaño quien me enseñó a perseverar en mis sueños, a mis compañeros y jefes de trabajo por su colaboración.

De igual manera agradecer a los docentes, en especial al Ingeniero José German Gutiérrez Rozo por cada consejo y aporte para la realización del proyecto, excelente persona e instructor.

Por otro lado, un agradecimiento muy grande a la empresa Brinsa S.A por permitirme darle innovación a uno de sus procesos y aparte por confiar en mí para implementar el desarrollo del mismo.

Resumen

Brinsa S.A. es una empresa líder de la química de la sal en Colombia, con marcas reconocidas como Refisal y Blancox, dedicada a la fabricación y distribución de productos de aseo, alimentación y químico industrial. Ubicada en la vía Cajicá – Zipaquirá. Cuenta con más de 1.000 colaboradores y se encuentra dividida por diferentes áreas de proceso, donde se requiere día a día progreso en el campo tecnológico.

Una de estas áreas es la de Planta de Químicos con el proceso de producto terminado, ya que se evidencia errores en la información y falta de un avance tecnológico del sistema de inventarios, pues la empresa cuenta ya con un software y hardware donde se puede implementar un sistema de inventarios más completo. Al realizar la sistematización no solo mejoraría el proceso sino también detectaría fallas en el momento para dar solución oportunamente y contar con una información confiable.

Con el desarrollo del proyecto se pretende realizar el diseño, la implementación y puesta en marcha de un sistema SCADA logrando la visualización, el control y el manejo de la base de datos a través de una interfaz HMI. La compañía dispone de todos los recursos para la sistematización de 8 de los más de 25 tanques de almacenamiento donde se espera que el sistema cumpla todas las expectativas no solo de la compañía sino también de los operadores quienes finalmente lo manipularan.

Palabras clave: Inventarios – Control – Software – Hardware – SCADA – HMI – Almacenamiento – Sistematización

Abstract

Brinsa S.A. is a leading salt chemistry company in Colombia, with recognized brands such as Refisal and Blancox, dedicated to the manufacture and distribution of hygiene, food and industrial chemical products. Located on the Cajicá - Zipaquirá road. It has more than 1,000 collaborators and is divided into different process areas, where progress in the technological field is required day by day.

One of these areas is the Chemical Plant with the finished product process, since errors are evident in the information and lack of a technological advance in the inventory system, since the company already has software and hardware where it can be implemented a more complete inventory system. By carrying out the systematization, it would not only improve the process but also detect failures at the moment to provide a timely solution and have reliable information.

With the development of the project, it is intended to carry out the design, implementation and commissioning of a SCADA system, achieving the visualization, control and management of the database through an HMI interface. The company has all the resources for the systematization of 8 of the more than 25 storage tanks where the system is expected to meet all the expectations not only of the company but also of the operators who will finally manipulate it.

Keywords: Inventories – Control – Software – Hardware – SCADA – HMI – Storage – Systematization

Contenido

	Pág.
Resumen	5
Lista de figuras	9
Lista de tablas	11
Lista de anexos	12
Lista de abreviaturas	13
Introducción	1
Objetivo general	1
Objetivos específicos	1
Planteamiento del problema	1
Justificación	3
Alcance	1
1. Metodología	2
1.1 Fase I	3
1.1.1 Análisis de requerimientos	3
1.1.2 Caracterización de los procesos	3
1.1.3 Recolección de información	3
1.2 Fase II	3
1.2.1 Parametrización de los tanques	3
1.2.2 Compra de los instrumentos de medición	4
1.2.3 Parametrización de los sensor sensor transmisores	4
1.2.4 Diseño, estrategia y estructura de control	4
1.3 Fase III	4
1.3.1 Capacitación software ABB	4
1.3.2 Programación e integración al sistema de control	4
1.4 Fase IV	5
1.4.1 Conexiones, pruebas y puesta en marcha	5
1.4.2 Elaboración manual de operación	5
2. Marco teórico	6
2.1 Control de inventarios	6
2.1.1 Objetivo de la medición de tanques	7
2.2 Tecnologías de medición de tanques	8
2.2.1 Medición de nivel de contacto	8
2.2.2 Medición y detección de nivel sin contacto	9
2.3 Sistema de control	10
2.4 Controlador lógico programable	11
2.5 Sistema SCADA	12
2.6 HMI	13
2.7 Generalidades de un sistema de control 800xA industrial ^{IT}	14
2.8 Bibliotecas del sistema 800xA industrial ^{IT}	16
3. Desarrollo del proyecto	18
3.1 Evaluación inicial	18
3.2 Requerimientos exigidos	20

3.2.1	Requerimientos funcionales.....	21
3.2.2	Requerimientos de calidad	21
3.2.3	Requerimientos restrictivos.....	22
3.3	Identificación del proceso	22
3.3.1	Registro de inventario manual	22
3.3.2	Ubicación de los tanques.....	23
3.3.3	Ubicación tablero del PLC, HMI y cuarto de control SCADA.....	25
3.4	Estrategia de control	28
3.4.1	Diseño detallado de control	30
3.5	Implementación de lazos de control tanques de nivel.....	40
3.5.1	Parametrización de los tanques.....	41
3.5.2	Simulación en el programa LabView.....	43
3.6	Compra y adquisición de los instrumentos de medición	44
3.6.1	Funcionamiento y distancias del sensor sensor transmisor	45
3.6.2	Hoja de verificación de los sensor transmisores de nivel	46
3.7	Parametrización de los sensor sensor transmisores.....	49
3.8	Acondicionamiento al sistema SCADA	52
3.8.1	Servidores de conectividad y de aspectos 800xA	52
3.8.2	Estación de operación de 800xA	53
3.8.3	Estación de ingeniería 800xA	53
3.8.4	Unidades de organización del programa.....	53
3.8.5	Integración y programación del módulo analógico AI 810	54
3.8.6	Programación del sistema	57
3.9	Acondicionamiento al HMI	71
3.10	Conexión, pruebas y puesta en marcha	73
3.10.1	Diseño e implementación módulo AI810.....	73
3.10.2	Conexión señales analógicas en el tablero PLC	74
3.10.3	Conexión y simulación de los instrumentos	76
3.10.4	Pruebas	77
4.	Resultados finales	80
5.	Conclusiones y recomendaciones	85
5.1	Conclusiones.....	85
5.2	Recomendaciones.....	86
6.	Bibliografía	97

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1-1 Diagrama de Flujo de la Metodología del Proyecto – Anexo A	2
Figura 2-1 Tanques de Almacenamiento Brinsa S.A	7
Figura 2-2 Instrumentos de Nivel de Flotador (directo y magnético)	8
Figura 2-3 Sensor sensor transmisor de Nivel de Radar	10
Figura 2-4 Organización Modular del PLC de la empresa Siemens S7-300	12
Figura 2-5 Sistema SCADA caldera No. 6 de la empresa Brinsa S.A	13
Figura 2-6 Pantalla HMI.....	14
Figura 3-1 Tanque de almacenamiento con regleta de medición.....	20
Figura 3-2 Planilla de inventarios	23
Figura 3-3 Ubicación tanques de almacenamiento	24
Figura 3-4 Cuarto eléctrico tablero conexiones PLC.....	26
Figura 3-5 Cuarto monitoreo de producción	27
Figura 3-6 Cuarto de control DCS Planta de químicos	28
Figura 3-7 Diseño funcional control de inventarios	29
Figura 3-8 Asignación de entrada y salida de comunicación	32
Figura 3-9 Esquema de conexión de nodos plan maestro	33
Figura 3-10 Tablero Nodo maestro procesadores ABB 800 xA	34
Figura 3-11 Arquitectura de control sistemas 800xA Brinsa S.A.....	35
Figura 3-12 Lazo de control abierto tanques de nivel	41
Figura 3-13 Ecuación de un cilindro vertical	42
Figura 3-14 Implementación de la ecuación de un cilindro en el sistema.....	43
Figura 3-15 Simulación en el sistema LabView	44
Figura 3-16 Referencias de instrumentos	45
Figura 3-17 Configuración distancia de medición máx-min del sensor sensor transmisor	46
Figura 3-18 Certificado de verificación del instrumento	47
Figura 3-19 Banco de pruebas de instrumentación	48
Figura 3-20 Integración módulo analógico AI810.....	54
Figura 3-21 Programación en Control Builder.....	55
Figura 3-22 Detalle de la configuración de una señal	56
Figura 3-23 Programación función de bloques	59
Figura 3-24 Módulos de control por sección	60
Figura 3-25 Adición de señales	61
Figura 3-26 Programación de alarmas y eventos	62
Figura 3-27 Programación límites de alarma	63
Figura 3-28 Detalle de los Faceplate	64
Figura 3-29 Visualización de los Faceplate	65
Figura 3-30 Listado de eventos	66
Figura 3-31 Listado de alarmas	67
Figura 3-32 Gráfica de tendencia	68
Figura 3-33 Exportar y habilitar datos a Excel.	69

Figura 3-34 Datos de Excel arrojados desde Sistema de Control.....	70
Figura 3-35 Diagrama de flujo implementación HMI	71
Figura 3-36 Modelo HMI implementación tanques de almacenamiento.....	72
Figura 3-37 Implementación módulo analógico	73
Figura 3-38 Conexión de señales de los instrumentos	75
Figura 3-39 Conexión de los instrumentos	76
Figura 3-40 Conexión y simulación del sensor transmisor	77
Figura 3-41 Prueba pérdida de señal	78
Figura 3-42 Prueba abriendo porta fusible.....	79
Figura 4-1 Implementación pantalla acceso a tanques	80
Figura 4-2 Pantalla tanques de almacenamiento.....	81
Figura 4-3 Faceplate de los tanques	82
Figura 4-4 Gráfica de tendencias e información de datos	83
Figura 4-5 Pantalla por línea de proceso.....	84

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 Datos tanques de almacenamiento.....	25
Tabla 2 TAG de los instrumentos	31
Tabla 3 Estructura de control.....	36
Tabla 4 Parametrización de la señal LT-91003.....	49
Tabla 5 Parametrización de la señal LT-91001.....	49
Tabla 6 Parametrización de la señal LT-91004.....	50
Tabla 7 Parametrización de la señal LT-91002.....	50
Tabla 8 Parametrización de la señal LT-92003.....	51
Tabla 9 Parametrización de la señal LT-93002.....	51
Tabla 10 Parametrización de la señal LT-93003.....	51
Tabla 11 Parametrización de la señal LT-93001.....	52
Tabla 12 Comparación porcentaje vs mA.....	56
Tabla 13 Asignación señales analógicas	74

Lista de anexos

Anexo A Diagrama de flujo metodología del proyecto	87
Anexo B Archivo de Excel Informe de producción, consumo e inventario.....	88
Anexo C Arquitectura de control.....	90
Anexo D Factura de compra de los instrumentos	91
Anexo E Diseño Nodo Plan Maestro	92
Anexo F Plano eléctrico conexión de señales	93
Anexo G Manual de operación	94

Lista de abreviaturas

Abreviatura	Término
<i>DCS</i>	Sistema de Control Distribuido
<i>LE</i>	Sensor sensor transmisor de Nivel
<i>LT</i>	Sensor transmisor de Nivel
<i>OP</i>	Salida de Proceso
<i>SP</i>	Set Point ó Valor deseado
<i>PV</i>	Valor de proceso
<i>PLC</i>	Controlador Lógico Programable
<i>HMI</i>	Interfaz Hombre Máquina
<i>ISA-S 5.1</i>	Simbología de instrumentación y control
<i>SI</i>	Unidades del Sistema Internacional
<i>SCADA</i>	Control con Supervisión y Adquisición de Datos
<i>IEC</i>	Comisión Electrotécnica Internacional

Introducción

El sector Industrial se caracteriza por transformar materias primas en productos que puedan ser consumidos. En Colombia existen muchas empresas que hacen parte de este sector, es por esto que es fundamental que las organizaciones no se queden en una zona de confort, donde simplemente se acostumbra al personal a manejar los procesos como siempre lo han hecho, sino que se pueda ir avanzando tecnológicamente en cada proceso. **(Le Riverend Brusone, 2019)**

Algunas empresas no se arriesgan a hacer realidad este avance tecnológico por diferentes razones; ya sea por múltiples ocupaciones, costos, miedos, falta de conocimiento del tema, etc. Y desafortunadamente con el tiempo se evidencia un retraso que podría significar pérdidas incalculables para la organización. La idea de automatizar los procesos dentro de una empresa no es reemplazar la mano de obra humana, sino facilitar y complementar el trabajo de la persona, es en este punto donde la empresa Brinsa S.A. observo la oportunidad de automatizar diferentes procesos como lo es el de Producto terminado en el área de Planta de Químicos.

Lo que se pretende realizar en el presente proyecto es la sistematización de los inventarios de producto terminado mediante el diseño, la implementación y puesta en marcha de los sistemas de control de nivel de 8 tanques de almacenamiento, con el fin de garantizar un proceso confiable y seguro al tener información exacta, contar con herramientas que antes no eran posibles, minimizar errores, mayor aprovechamiento del tiempo al agilizar la labor, llevar registros de la productividad de la compañía, entre otros beneficios. De acuerdo a lo mencionado anteriormente la organización alcanzaría un nivel mucho mayor en cuanto a competitividad en el mercado y todo lo que esto conlleva.

Se sabe que este tipo de avances tecnológicos requiere de recursos económicos considerables para cualquier empresa, por ende esta ya disponía del capital para la financiación en su totalidad del proyecto.

Por otro lado una de las limitaciones que se toma en cuenta para la ejecución del proyecto es la dependencia en tiempos de algunas tareas por parte de colaboradores contratistas,

para ello se establece un plazo donde alternamente se irá trabajando en otras actividades del proyecto que no dependen directamente de estas tareas.

Con base en los tiempos, costos y requerimientos específicos para el proceso se desarrolla el proyecto en cuatro fases, las cuales cada una establece de forma clara las actividades, los recursos y la forma de cómo se trabajará.

En los últimos tiempos hemos visto avances tecnológicos sorprendentes que ayudan cada día más a la humanidad en su vida cotidiana y es entender que la tecnología se ha vuelto una herramienta indispensable que no podemos evadir, lo mejor es usarla adecuadamente y sacar el máximo provecho de ella.

Objetivo general

Diseñar, implementar y poner en marcha un sistema de control de nivel de producto terminado para sistematizar los inventarios por medio de un sistema SCADA en el área de Químicos de la empresa Brinsa S.A.

Objetivos específicos

- Caracterizar los procesos donde están ubicados los tanques para poder implementar la instrumentación apropiada
- Adicionar al sistema existente la estrategia de control
- Implementar los lazos de control en los tanques de almacenamiento de producto terminado
- Integrar y acondicionar los lazos de control al sistema SCADA existente en la compañía, mediante el desarrollo y la programación necesaria para sistematizar los inventarios
- Diseñar la HMI en el sistema SCADA para que sea dinámica y amigable con las personas que la manejan
- Parametrización y funcionamiento de instrumentos (trasmisores de nivel) para cada tanque
- Realizar simulación y puesta en marcha de la sistematización de inventarios

Planteamiento del problema

Un control de inventarios es un factor fundamental no solo para las grandes empresas sino también para las medianas y pequeñas, pues de este elemento importante depende en gran parte el buen funcionamiento de esta.

La empresa Brinsa S.A. cuenta con diferentes áreas en las cuales se realizan distintos procesos; uno de ellos es el área de planta de químicos, donde se produce el hipoclorito de sodio (NaClO), la soda caustica (NaOH), cloruro de calcio (CaCl_2) y ácido clorhídrico (HCl), utilizados en productos de limpieza y desinfección. En este proceso se cuenta con más de 25 tanques de almacenamiento de producto terminado de alrededor de 100 m^3 de capacidad, ubicados estratégicamente para el despacho en grandes cantidades y suministro a la dependencia encargada de envasar el producto. (*Brinsa:Home, 2020*)

Para la empresa es muy importante llevar el inventario de la producción para cumplir con varios aspectos, en primer lugar efectuar los requerimientos legales, en segundo lugar ver el costo-beneficio de los productos y por último pero no menos importante llevar un registro exacto de la productividad en la compañía.

De acuerdo a lo anterior se pudo identificar algunos problemas de exactitud y confiabilidad con respecto al procedimiento de inventarios que se está llevando a cabo, de esta manera se cuenta con un control de inventarios de los niveles de cada tanque de forma manual, pues el operador al finalizar el turno toma los datos de los niveles mediante una mirilla que se encuentra instalada en cada uno de los tanques (donde el dato es dado por el operador evidenciando en muchas ocasiones errores de visualización y presentando pérdidas, faltantes, excedentes y sobrellenados), seguido a esto la información se escribe a mano en una planilla para luego ser digitada en una base de datos.

Si bien se ha venido trabajando con planillas escritas, es necesario que la empresa se actualice y haga un mayor aprovechamiento de las herramientas que nos brinda hoy en día la tecnología en sistemas de control automatizado, visto que hay la necesidad de sistematizar no solo por la exactitud del dato como lo mencionamos anteriormente, sino también poder conocer en tiempo real la información del inventario, almacenar información

de registros históricos, optimizar tiempos, llevar una logística adecuada para despachos y suministros de cada producto. Sumado a esto no se estaría contribuyendo con el medio ambiente puesto que después de digitada la información simplemente las planillas son archivadas.

Justificación

De acuerdo a como se está manejando los inventarios en el área, se ha podido observar que es necesario sistematizarlos, puesto que no solo mejoraría el proceso de producto terminado, sino que también detectaría las posibles fallas en el momento en que ocurren, pues se podrá tener acceso de manera remota y poder tomar acción inmediata. Es necesario justificar la necesidad de la investigación en términos del desarrollo de la ciudad, del país y/o del aporte al conocimiento científico global.

Al implementarse el sistema de supervisión y adquisición de datos, se logra tener la información correcta de acuerdo a la medición exacta del instrumento instalado en cada tanque y no habrá lugar a posibles fallas humanas, garantizando un funcionamiento fiable y seguro del sistema. Sumado a esto se obtendrá una trazabilidad con los datos suministrados donde a través de una interfaz amigable con el operador se podrá visualizar datos en tiempo real, históricos, eventos, registros, tendencias, set de alarmas de sobre llenado.

Otras ventajas que podemos obtener en la realización de este proyecto son:

- No se generaría desperdicio de producto
- No habría ningún inconveniente al momento de certificar ante las entidades gubernamentales o ante cualquier interventoría
- Se establecería un control adecuado del producto terminado sin que hayan malos entendidos con los operadores encargados del proceso
- Se pueden generar informes claros y completos
- Se logrará un avance significativo para nuevos proyectos

En meses anteriores la empresa Brinsa S.A abrió convocatorias para la licitación de este sistema de inventarios a organizaciones especializadas en este tema, pero la empresa decidió dar la oportunidad e involucrar a trabajadores estudiantes de esta rama en colaboración de Ingenieros de control de la compañía.

Alcance

Este proyecto se centra en la sistematización de inventarios, aclarando que no son lazos de control automático, sino lazos de control abierto. Se realizará a 8 de los más de 25 tanques mencionados, lo cual fue autorizado por la empresa; abarca desde la selección de los instrumentos apropiados para la medición de nivel y la transmisión de la señal al PLC, cotización y compra de ellos, para luego realizar la respectiva instalación y efectuar la ampliación de módulo analógico para estos nuevos canales que serán añadidos al PLC.

Se implementará los lazos de control, el diseño y la programación (como lo es una interfaz interactiva al usuario, tendencias, alarmas y base de datos) del sistema de inventarios dentro del SCADA existente en la compañía.

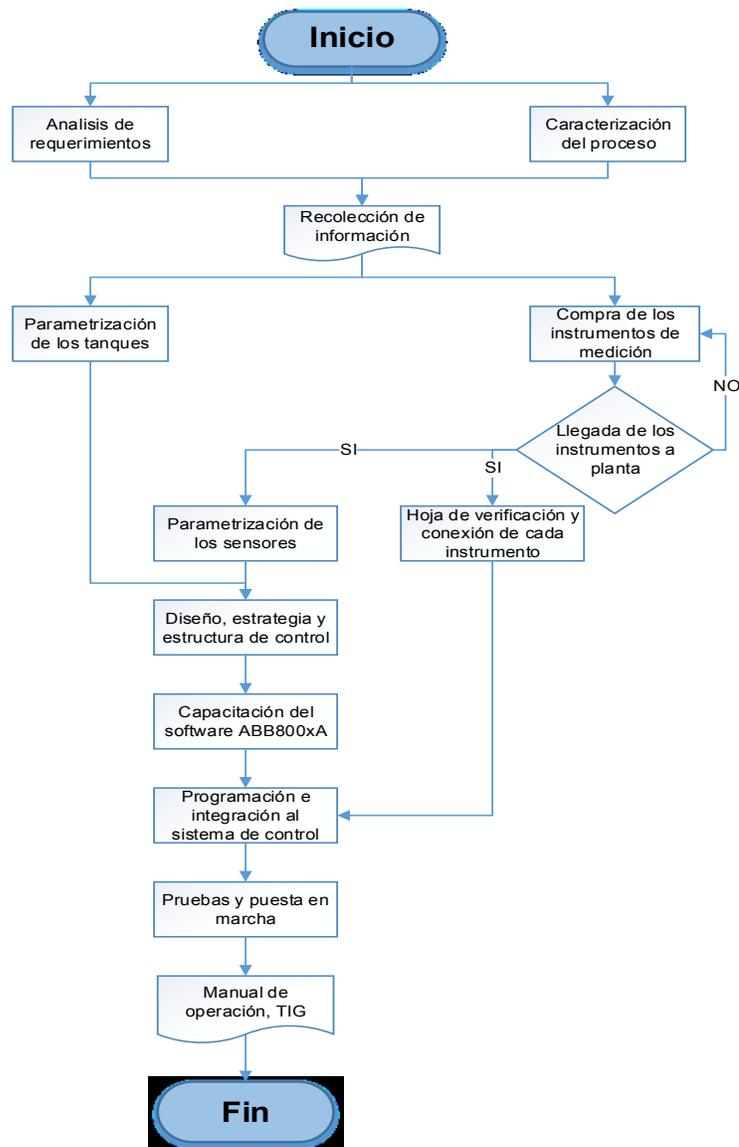
Una de las dificultades que se puede presentar al momento de la puesta en marcha, es el tendido del cableado desde el instrumento hasta el PLC, ya que son tramos largos que son asignados a personal contratista y estaría sujeto a tiempos de entrega por parte de ellos.

Otra de las posibles limitaciones es añadir a la licencia existente de este Software los ocho TAGS, ya que esto lo exige al momento de implementarlo en el sistema SCADA.

1. Metodología

La Figura 1-1 muestra el diagrama de flujo de cómo se desarrolló el proyecto por medio de cuatro fases donde brevemente se observa la tarea principal de cada una de estas con el fin de llevar un orden

Figura 1-1 Diagrama de Flujo de la Metodología del Proyecto – **Anexo A**



Fuente: Imagen de Autor

1.1 Fase I

1.1.1 Análisis de requerimientos

En este primer punto, de acuerdo a los requerimientos exigidos por la compañía, se dio a conocer el plan de trabajo propuesto en el proyecto. Se procedió a ser muy riguroso con respecto al levantamiento de información con el fin de tener una base sólida para la ejecución del proyecto.

1.1.2 Caracterización de los procesos

Fue muy importante conocer el manejo del proceso, se tuvo en cuenta antes de la compra del instrumento que cumpliera las exigencias adecuadas para los tipos de productos químicos que se manipulan en el área, se conoció la ubicación de los tanques, el aforo (capacidad), el tipo de material, los planos, el lugar de instalación de los sensor sensor transmisores y luego se modificó el plano eléctrico con las nuevas adiciones de las señales.

1.1.3 Recolección de información

Acorde a las dos primeras actividades y según la información que se obtuvo del manejo del proceso, se realizó la evaluación inicial donde se evidenció las falencias y con esto se procedió a efectuar la parametrización del proceso.

1.2 Fase II

1.2.1 Parametrización de los tanques

Se realizó la parametrización de la señal (Rango del instrumento, puntos de alarma y mapeo de la señal), para obtener como resultado el volumen total, la masa y el porcentaje de nivel y estos datos fueron necesarios al momento de la programación en el sistema SCADA.

1.2.2 Compra de los instrumentos de medición

De acuerdo a las opciones presentadas por parte del estudiante en cuanto al tipo de instrumento, la compañía optó por adquirir ocho instrumentos de medición de nivel tipo radar de la marca Endress+Hauser ya que se ajustaban a los requerimientos del proceso.

1.2.3 Parametrización de los sensor transmisores

Se realizó la correspondiente hoja de verificación de cada instrumento en el banco de pruebas del taller de instrumentación, en seguida se parametrizaron los sensor transmisores de nivel de acuerdo a la información arrojada en la parametrización de los tanques, luego se efectuó la respectiva simulación de cada sensor transmisor y todo lo anterior debidamente diligenciado en el formato existente de la compañía.

1.2.4 Diseño, estrategia y estructura de control

De acuerdo con los requerimientos se realizó la estructura y la estrategia de control para cada tanque y luego se implementó en el sistema de control

1.3 Fase III

1.3.1 Capacitación software ABB

Se recibió por parte de la empresa una capacitación acerca del manejo del software existente (ABB-800xA PLC HMI - PLC Connect), donde la compañía dispuso del tiempo para brindarla.

1.3.2 Programación e integración al sistema de control

Posteriormente se implementó al sistema de control lo relacionado con el diseño, la estructura, el lenguaje de programación, enlace, interacción entre PLC con SCADA, entre otras. Se dio a conocer las nuevas adecuaciones de la programación al Ingeniero de Control de la compañía, ya que es quien autorizó adicionarlas al sistema existente. Con respecto a la interacción de los componentes de la interfaz (HMI) se realizó el diseño gráfico (programación) de forma dinámica y cumpliendo el modelo guía de las HMI

(Mímicos, colores de gráficas, colores de la tubería de acuerdo al producto, unidades de ingeniería de la medición, etc.), que se encuentran establecidas en la compañía.

1.4 Fase IV

1.4.1 Conexiones, pruebas y puesta en marcha

Se realizó la instalación y la conexión tanto en el instrumento como en el tablero del PLC, seguido a esto se efectuó pruebas del lazo (entre la señal del instrumento con la recepción de datos que se obtienen en el SCADA), luego de esto se hizo la simulación (nivel, puntos de alarmas, registro de los eventos, las tendencias y el valor de proceso real de los tanques) y como prueba final se dejó los instrumentos de medición en total funcionalidad, cerrando de esta manera la ejecución del proyecto.

1.4.2 Elaboración manual de operación

Por último se elaboró el manual de operación con la sistematización de inventarios con los ocho tanques de almacenamiento.

2. Marco teórico

Actualmente el mercado de la Industria se ha vuelto tan competitivo que las grandes empresas y aun las Pymes, se han preocupado por cada día mejorar en sus procesos, es por esto que es fundamental que cada entrada y salida ya sea de efectivo, producto o materia prima cuente con un registro exacto de movimiento, aportando grandes beneficios a la organización.

Dentro de este capítulo se desea contextualizar al lector con algunos conceptos, los cuales se estarán trabajando durante el desarrollo de todo el proyecto.

2.1 Control de inventarios

Es un proceso que contribuye a la compañía a administrar de manera eficiente los movimientos y el almacenamiento de la materia prima.

Los tanques de almacenamiento contienen producto que requiere de un control riguroso y preciso, es por esto que el sistema que se implemente debe ser capaz de generar información exacta de acuerdo a los estándares establecidos tanto legalmente como de la compañía.

Los tanques de almacenamiento pueden contener grandes volúmenes de producto líquido que representan un valor significativo. El rendimiento de un sistema de medición de tanques es de gran importancia cuando se evalúa el contenido del tanque en cualquier momento. Los sistemas modernos de medición de tanques digitalizan la medición del tanque y transmiten digitalmente la información del tanque a una sala de control en donde la información del volumen del líquido se distribuye a usuarios de los datos del inventario.

Figura 2-1 Tanques de Almacenamiento
Brinsa S.A



Fuente: Imagen del Autor

2.1.1 Objetivo de la medición de tanques

La información de un sistema de medición de tanques tiene gran variedad de utilidades, algunos de estos pueden ser:

- Operaciones y movimientos del producto
- Control de Inventarios
- Transferencia de Custodia
- Prevención de Sobrellenado
- Conciliación de Volumen (*Hägg & Sandberg, 2017*)

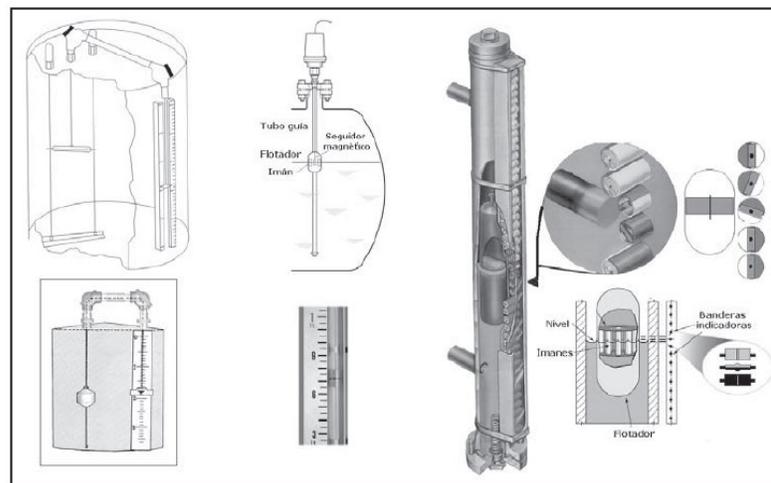
2.2 Tecnologías de medición de tanques

La medición manual de un tanque ha ido cambiando con el tiempo ya que anteriormente su medición era por contacto y gracias a las nuevas tecnologías han desarrollado instrumentos capaces de medir sin contacto para innumerables aplicaciones.

2.2.1 Medición de nivel de contacto

Son instrumentos donde su medición es directa al producto, es también llamado Método Directo. Consiste en medir directamente la superficie del líquido a partir de una línea de referencia como lo puede ser un medidor de vara, un tubo de vidrio (mirilla), flotador o electrodos que hacen contacto con la superficie libre del líquido. **(Creus Solé, 2010)**

Figura 2-2 Instrumentos de Nivel de Flotador (directo y magnético)



Fuente: Instrumentación Industrial 8a Edición
Antonio Creus Solé, 2010

2.2.2 Medición y detección de nivel sin contacto

Surge por la necesidad de tener una medición precisa pero si tener contacto con el producto como lo son sustancias corrosivas o productos que no admiten ser tocados durante el proceso. Cada proceso exige que con la tecnología de hoy en día puedan salir al mercado sensores transmisores capaces de detectar y medir múltiples principios de funcionamiento.

La clasificación de los sensores transmisores es compleja, puesto que se clasifican bajo diferentes puntos de vista: su principio de funcionamiento, la tecnología que utilizan, el tipo de señal eléctrica que generan (analógica o digital) y el rango de valores que proporcionan. El enfoque que se le quiere dar al proyecto son los sensores transmisores de nivel tipo radar o microondas.

(Bruné, 2009)

2.2.2.1 Medición de nivel por radar

En la medición de nivel por radar sin contacto, su forma de medición es enviar una señal de microondas desde arriba hacia el producto que refleja dicha señal, las señales de microonda que son recibidas por el sensor transmisor calcula la distancia hasta la superficie del producto y con este método mide el nivel de líquidos y sólidos.(Vega Instrumentos, 2020)

El sistema de radar por microondas se basa en emisión continua de una onda electromagnética dentro de un rango de los 10 GHz en adelante, una técnica empleada en esta tecnología son ondas continuas moduladas en alta frecuencia donde técnicamente recibe el nombre FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave), estos sensores transmisores son situados en la parte superior de cada uno de los tanques y envía las microondas hacia la superficie del producto o del líquido. *(Endress+Hauser, 2020)*

La energía de microonda que envía es reflejada en la superficie del líquido o del producto para luego ser captada por el sensor transmisor. El tiempo que dura la microonda es en función a la altura del tanque, en la actualidad existen sensores transmisores capaces de enviar microondas alrededor de los 80 GHz para ofrecer una gran precisión del haz para tanques con múltiples accesorios internos. *(Creus Solé, 2010)*

Ventajas

- Se destaca especialmente por su elevada precisión en la medición
- La medición no se ve afectada por la temperatura, la presión ni los vapores
- No tiene ningún contacto con el producto

Figura 2-3 Sensor transmisor de Nivel de Radar



Fuente: <https://www.co.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-nivel/medicion-nivel-por-radar-80GHz>

2.3 Sistema de control

Es un conjunto de elementos físicos interconectados de tal manera que pueda controlar, dirigir, manipular o dar una orden tanto al mismo como a otro sistema.

Un sistema de control que permite el mantenimiento de las variables (presión, caudal, temperatura, etc.) también se puede definir como el que compara el valor de la variable o lo que se quiere controlar con un valor deseado, para que luego tome una acción de corrección de acuerdo con la desviación o con el error existente sin que un operador intervenga en absoluto el sistema. **(Pinto Bermúdez et al., 2011)**

Para que esta corrección sea posible debe incluirse dentro de un sistema de control las unidades de ingeniería o unidades a medir, una unidad de control, un elemento final de control (actuadores, válvulas) y el propio proceso, a esto se le denomina un bucle o lazo de control como lo puede ser abierto o cerrado. **(Dorf & Bishop, 2010)**

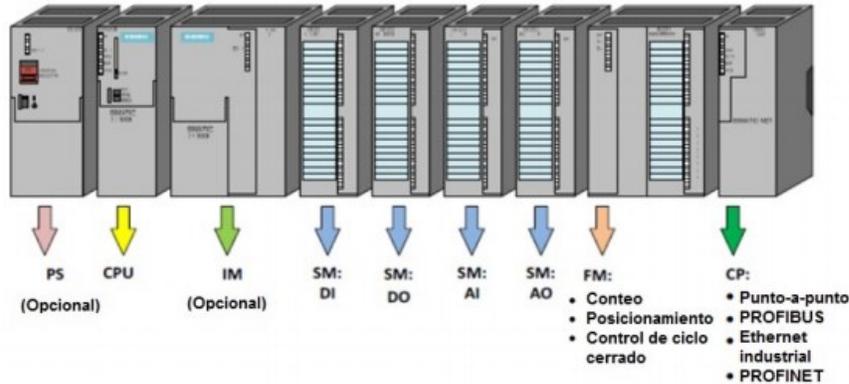
2.4 Controlador lógico programable

Es conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller), es utilizado en la ingeniería automática o automatización industrial y es uno de los elementos principales para automatizar procesos electromecánicos, como lo puede ser maquinarias de una fábrica o procesos continuos. **(UNED, 2011)**

La definición más precisa de estos procesos es dada por la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos, que dice que un PLC es:

“Instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de entradas y salidas analógicos sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos”. **(NEMA, s.f.)**

Figura 2-4 Organización Modular del PLC de la empresa Siemens S7-300



Fuente:

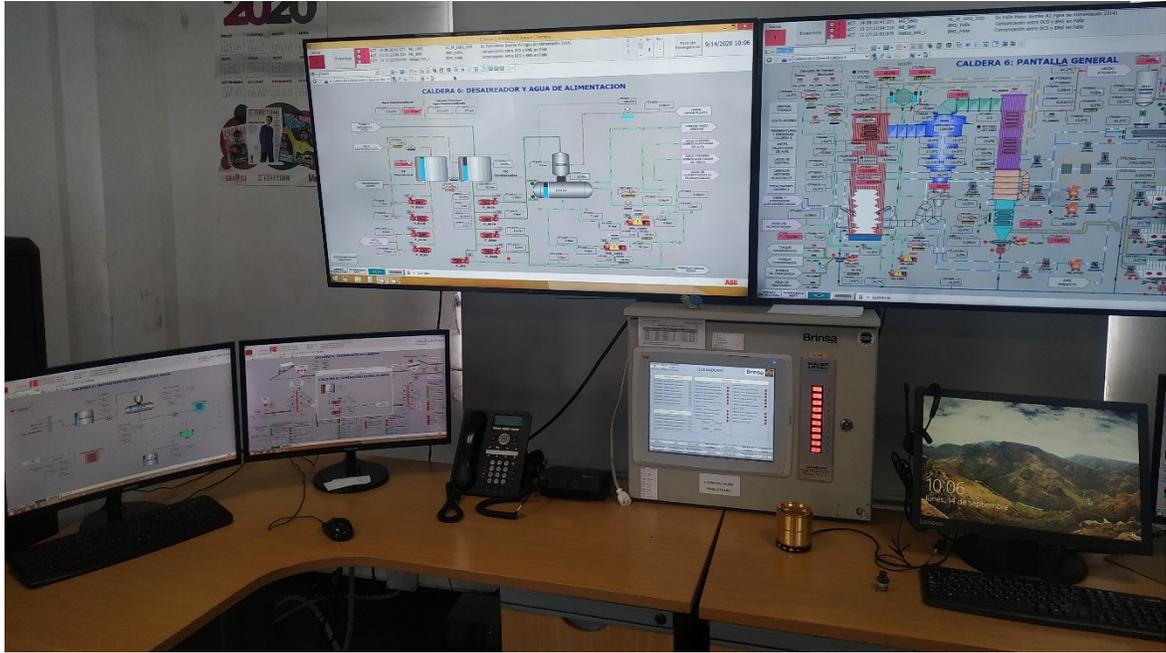
http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf

2.5 Sistema SCADA

Acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos), como tal no es una tecnología en específico se puede llamar como una aplicación a un proceso, cualquier aplicación donde se obtiene datos o valores de un sistema que controla y mejora el proceso es una SCADA. En este caso la aplicación puede ser un proceso de control de nivel de tanques donde por medio del control, de la optimización y del registro de datos hacen parte de una SCADA.

Una de las principales funciones de cualquier sistema SCADA es adicionar nuevas capacidades a sistemas existentes con el fin de tener un mejor manejo, e integrar la información. (*Wonderware, 2020*)

Figura 2-5 Sistema SCADA caldera No. 6 de la empresa Brinsa S.A



Fuente: Imagen del autor

2.6 HMI

Acrónimo de Human-Machine Interface (Interfaz Humano-Máquina), es la interfaz entre el proceso y los operadores, en la actualidad la mayor parte de procesos lo tienen, es básicamente un panel del operador, desde allí se puede coordinar y controlar procesos industriales.

Sirven para traducir, mostrar e informar las variables del proceso en tiempo real, normalmente se interactúa los gráficos acorde al proceso como por ejemplo los niveles de tanques y datos actuales de cualquier variable. **(Penin, 2007)**

Las HMI proporcionan un conocimiento del proceso pero también depende que cada interacción la programen acorde a la necesidad.

Figura 2-6 Pantalla HMI



Fuente:

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/hmi-dop-b05s111-human-machine-interface--50002867802.html>

2.7 Generalidades de un sistema de control 800xA industrial™.

El sistema de control local está implementado con la tecnología ABB 800xA IndustrialIT. Consiste en un paquete completo de software y hardware de automatización el cual entrega una estructura uniforme para datos, operación, configuración y mantenimiento referido a la planta.

El control de proceso se realiza en ControlIT usando el controlador de campo de ABB AC800M, un controlador de la familia de controladores AC800M el cual trabaja bajo un sistema de arquitectura abierta.

La configuración, comisionamiento y diagnóstico serán desarrollados desde herramientas de ingeniería llamadas Control Builder M Professional que forman parte de la familia de herramientas de ingeniería de EngineerIT del sistema de control 800xA de ABB.

El sistema 800xA ha sido diseñado bajo la arquitectura DNA de Microsoft®, como un producto nativo de Windows en conjunción con la tecnología utilizada en los navegadores usando controles ActiveX y HTML dinámico. Con su base de diseño de tecnología estándar, OperateIT proporciona una interfaz gráfica unificada disponible para el operador la cual le permite monitorear, controlar y manejar la información de la planta desde una sola ubicación. **(S.A.S., 2020)**

El sistema de control 800xA al estar basado en una estructura de arquitectura centralizada, cuenta con diferentes redes de comunicaciones que permiten que este sea más eficiente en el direccionamiento y tratamiento de la información implementando en cada una de ellas el protocolo propietario de ABB llamado RNRP (Redundant Network Routing Protocol).

El protocolo provee las siguientes características:

- **Redundancia de Redes**

El protocolo soporta redundancia de redes físicas, incluyendo las tarjetas de red entre los nodos finales. Los mensajes de ruteo son enviados periódicamente a todos los nodos de la red para que en el caso de que ocurra un error en la red, el RNRP actualice la Tabla de Ruteo de IP para cada nodo afectado y reemplace la dirección de comunicaciones en el siguiente envío de mensajes.

- **Nodo y Red de Supervisión**

RNRP detecta rápidamente si un nodo de red o nodo remoto está inactivo y envía esta información a las aplicaciones que se suscriben a RNRP. Esta información se utiliza para detectar si un servidor redundante se ha salido de la red o si algún otro nuevo está listo para conectarse.

El concepto de redundancia de RNRP trabaja con dispositivos de red estándar (hubs, Switches o Routers) y no requiere de ninguna funcionalidad especial de las interfaces de las tarjetas de red (NICs)

El protocolo ofrece gran flexibilidad para integrar las redes con diferentes tipos de enlaces de datos tales como PPP y Ethernet. El periodo de actualización de enrutamiento se puede configurar de acuerdo a las características de cada red. **(Krause, 2007)**.

2.8 Bibliotecas del sistema 800xA industrial^{IT}.

El Sistema 800xA contiene bibliotecas de control integrales y probadas destinadas a ser utilizadas para diseñar fácilmente estrategias de control simples a complejas para adaptarse a cualquier aplicación de seguridad y automatización de procesos, incluido el control continuo, secuencial, por lotes y avanzado. Las bibliotecas son probablemente las más grandes de la industria, y contienen de todo, desde compuertas simples and/or, controles on-off, controladores PID de autoajuste adaptación, controles predictivos, fuzzy, listos para usar, que reducen los costos del ciclo de vida mediante ahorros significativos en el diseño, implementación, operación y mantenimiento de aplicaciones de control y equipos de campo. **(AC800M, 2020)**

Las siguientes bibliotecas de control forman parte de la familia de controles AC 800M y se instalan con el sistema 800xA.

- Biblioteca básica.
- Biblioteca de iconos.
- Biblioteca de alarmas y eventos.
- Biblioteca de señales.
- Bibliotecas de objetos de proceso.
- Bibliotecas de control.
- Biblioteca de inicio de grupo.
- Biblioteca de inicio de secuencia

- Biblioteca de supervisión.
- Biblioteca de fuego y gas.
- Bibliotecas de comunicación.
- Biblioteca de lotes.
- Biblioteca de señales.

- **La biblioteca de señales**

Contiene tipos para agregar supervisión, manejo de alarmas y manejo de errores a las señales de entrada y salida. Esta librería también contiene tipos para definir diferentes reglas que hacen posible controlar el proceso a estados predeterminados. Los tipos de esta biblioteca se pueden utilizar junto con aplicaciones de control analógicas y binarias.

- **Bibliotecas de objetos de proceso**

Las bibliotecas de objetos de proceso contienen tipos de bloques de funciones y tipos de módulos de control para controlar motores, válvulas, convertidores ABB, en general elementos finales de control. La mayoría de los tipos de estas bibliotecas son plantillas, es decir, puede copiarlas en las propias bibliotecas y aplicaciones para poderlas modificarlas para adaptarlas a su proceso particular. **(ABB, 2020)**

3. Desarrollo del proyecto

En el área de Planta de Químicos se producen diferentes tipos de químicos de la industria, en los cuales se encuentra el hipoclorito de sodio (NaOCL), la soda caustica (NaOH) y el ácido clorhídrico (HCL), debido a la gran demanda que tienen estos productos se requiere tener tanques de gran capacidad de almacenamiento para su distribución.

Para el desarrollo de este proyecto se tuvo en cuenta cómo trabaja los sistemas de inventarios en los tanques de almacenamiento y que cumpla con los requerimientos establecidos por normatividad tanto legal como de la compañía.

En este capítulo se efectuó todo el procedimiento de ejecución y desarrollo del proyecto de acuerdo a cada uno de los objetivos que fue establecido en el documento.

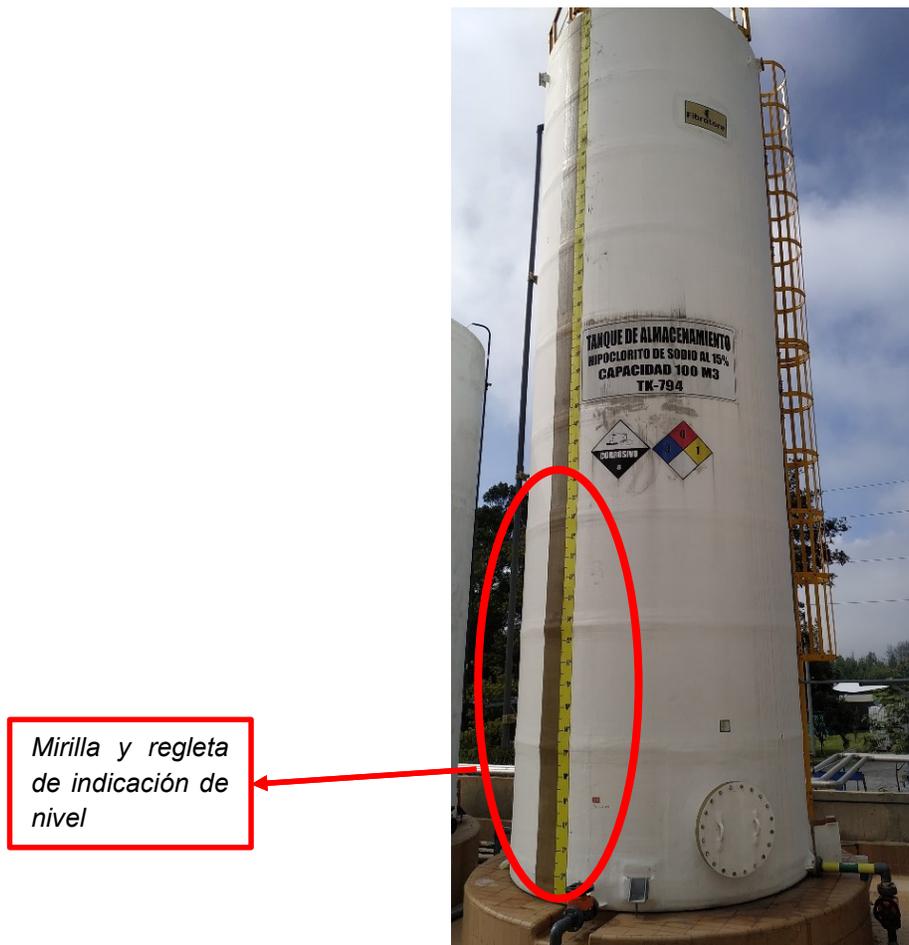
3.1 Evaluación inicial

En la evaluación inicial se encontraron los siguientes hallazgos:

- Los tanques de almacenamiento tienen instalados mirilla de vidrio para visualizar el nivel del tanque de forma manual.
- Cada tanque tiene una regleta de medición donde se observa el nivel del producto, el operador quien toma los datos los escribe muchas veces inexactos y con base en una tabla de aforo de cada tanque colocan aproximadamente el volumen. Véase *Figura 3-1*
- Al finalizar cada turno el operador toma el dato de nivel según la indicación de la mirilla diligenciando esta información en la planilla física llamada Informe de producción, consumo e inventarios planta de químicos. Ver **Anexo**
- El operador envía el producto terminado por medio de una bomba hacia el tanque de almacenamiento y el mismo debe estar pendiente del llenado del tanque.

-
- El tanque de almacenamiento no cuenta con ningún tipo de alarma de sobrellenado del tanque.
 - No cuenta con datos en tiempo real de nivel, cuando es solicitada la información se debe ir a la sección donde se encuentran ubicados los tanques y que quedan demasiado retirados del puesto de trabajo.
 - Cuando es solicitado un inventario toman los datos de Excel para realizar el informe.
 - El área de Planta de químicos en la sección de producción cuenta con una pantalla de HMI donde se manejan otros procesos.
 - En el área de Planta de químicos en la sección de CEDI en el cuarto eléctrico cuenta con un PLC ABB 800 xA, donde se comunica con el DCS general del área y un cuarto de control en el que se encuentra toda la operación del sistema SCADA de procesos diferentes.

Figura 3-1 Tanque de almacenamiento con regleta de medición



Fuente: Imagen del autor

3.2 Requerimientos exigidos

A continuación se da a conocer los requerimientos que se tuvieron en cuenta al momento del desarrollo del proyecto.

3.2.1 Requerimientos funcionales

- Se requiere medir el nivel de los tanques de almacenamiento en el área donde se encuentra en el CEDI de químicos.
- Se requiere que esta medición se vea reflejada en el sistema de control ABB 800xA, se visualice en el cuarto de control operadores membranas y en el HMI ubicada en (hiposodio continuo).
- Se requiere que la medición se vea reflejada con dato real de la variable en el sistema de control.
- Se requiere que la medición de nivel sea adicionada en el SCADA existente donde cada variable pueda obtener un registro de tendencia y una alarma por alto nivel.
- Se requiere que los ocho instrumentos sean conectados al Nodo ubicado en el CEDI de químicos del cuarto eléctrico.

3.2.2 Requerimientos de calidad

- Se debe garantizar la trazabilidad en la medición y que la incertidumbre de medición sea máximo del 2% de su rango.
- El instrumento de medición debe tener su equipamiento en función del nivel de protección de sus componentes, donde su índice de protección debe ser \geq IP 67
- Se debe garantizar que el sensor transmisor de nivel de cada tanque sea compatible con el proceso, producto y con el ambiente en donde va instalado sin afectar la calidad del mismo.
- La precisión del instrumento de medida debe estar alrededor de más o menos 1mm del rango de medición.

3.2.3 Requerimientos restrictivos

- Las señales de los instrumentos de medición deben ser señales de 4-20 mA de tal manera que sean compatibles con el sistema de las tarjetas modulares del PLC ABB 800xA
- Deben cumplir con las características necesarias para el montaje y el desarrollo de su función
- El instrumento o sensor transmisor de nivel no debe ser de contacto con el producto

3.3 Identificación del proceso

En este punto se observa toda la identificación que se realizó para el desarrollo del proyecto.

3.3.1 Registro de inventario manual

Se obtuvo el formato donde se registraba manualmente la información del proceso de inventarios de los tanques al finalizar turno, lo cual ayudó a construir la base de datos en el sistema.

Figura 3-2 Planilla de inventarios

Código Proceso		Fecha: AÑO MES DIA			PLANILLA DE CONTROL SECCION DE HIPOCLORITO DE SODIO															Brinsa		
Equipo	Bomba	Filtro Pall			Enfriador Industrial E124				Enfriador Chiller E249			Torre de Absorción		TK	NaOH	ClO ₂	Sólidos Suspen					
Variable	TAG	OUT PSI	Estado	IN PSI	OUT PSI	IN C°	IN PSI	OUT C°	OUT PSI	IN C°	OUT C°	OUT PSI	TAG	Vacío H ₂ O	OUT C°	TAG	g/L	g/L	Suspen			
Parametro	N/A	55 a 65	N/A	<50	<40	<30	<40	<25	<30	<25	<20	>20	N/A	<10"	<30	N/A	>4	<175	>7			
Frecuencia	4 Hrs		1 Hrs			4 Hrs				4 Hrs			1 Hrs			1 Hrs			N/A			
6:00																						
7:00																						
8:00																						
9:00																						
10:00																						
11:00																						
12:00																						
13:00																						
14:00																						
15:00																						
16:00																						
17:00																						
18:00																						
19:00																						
20:00																						
21:00																						
22:00																						
23:00																						
0:00																						
1:00																						
2:00																						
3:00																						
4:00																						
5:00																						
Producción Ton				Consumos Internos de Hipo al 15% Ton								Operadores Responsables										
T	2.5%	5.25%	8.3%	15%	P. Agua	Desmetr	2.5	0.8	3	5.25	Cendis											
A																						
B																						
C																						
Total																						
Inventarios En Tanques															Ventiladores				Colectores De Cloro			
Turno		TK-721	TK-792	TK-791	TK-793	TK-790	TK-789	TK-769	TK-770	TK-134	TK-135	TK-794	TK-473	Variable	Vacío H ₂ O	Bajo	Medio	Bajo	Hay Condensados			
A	cm													Parametro	N/A	<12	<10		Si o No			
	m.3																					
B	cm																					
	m.3																					
C	cm																					
	m.3																					

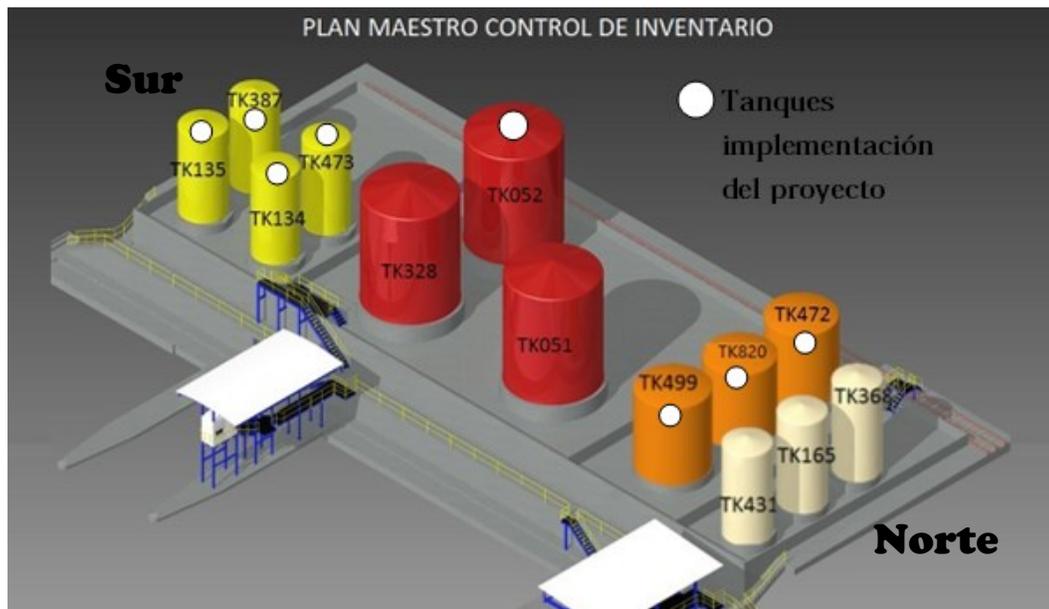
Registro para diligenciar niveles de los tanques

Fuente: Imagen del autor

3.3.2 Ubicación de los tanques

En la Figura 3-2 se muestra la ubicación donde se encuentran los tanques en el que se implementaron los sensores transmisores de nivel

Figura 3-3 Ubicación tanques de almacenamiento



Fuente: Imagen del autor

Se realizó el levantamiento de información con el área de planoteca donde se obtuvo la información del aforo de los tanques, su altura, su diámetro, ubicación isométrica donde se instaló el sensor transmisor de nivel; luego, con el área de laboratorio se obtuvo las densidades correspondientes al producto de cada tanque. Véase a continuación *Tabla 1*

Tabla 1 Datos tanques de almacenamiento

DATOS DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO PLANTA QUIMICOS						
Item	Producto Almacenado	Nombre de tanque	Altura [m]	Volumen [m ³]	Densidad [kg/m ³]	Ubicación
1	Hipoclorito de Sodio [NaOCl] al 15%	TK-794	11,20	100	1200	CEDI químicos parte Sur
2	Hipoclorito de Sodio [NaOCl] al 15%	TK-135	8,85	80	1200	CEDI químicos parte Sur
3	Hipoclorito de Sodio [NaOCl] al 15%	TK-473	8,85	80	1200	CEDI químicos parte Sur
4	Hipoclorito de Sodio [NaOCl] al 15%	TK-786	8,85	80	1200	CEDI químicos parte Sur
5	Soda Caustica [NaOH] al 35%	TK-052	9,00	365	1520	CEDI químicos parte centro
6	Ácido Clorhídrico [HCl] al 33%	TK-472	6,50	160	1165	CEDI químicos parte norte
7	Ácido Clorhídrico [HCl] al 33%	TK-820	6,50	160	1165	CEDI químicos parte norte
8	Ácido Clorhídrico [HCl] al 33%	TK-499	6,50	160	1165	CEDI químicos parte norte

Fuente: Tabla del autor

3.3.3 Ubicación tablero del PLC, HMI y cuarto de control SCADA

En la figura 3-3 se puede observar el cuarto donde se encuentra ubicado el tablero del PLC llamado Nodo plan maestro y se realizaron las conexiones de las señales analógicas.

Figura 3-4 Cuarto eléctrico tablero conexiones PLC



Fuente: Imagen del autor

El área de producción se encuentra ubicada la pantalla HMI donde es monitoreado el nivel de cada tanque como se muestra en la *Figura 3-5*.

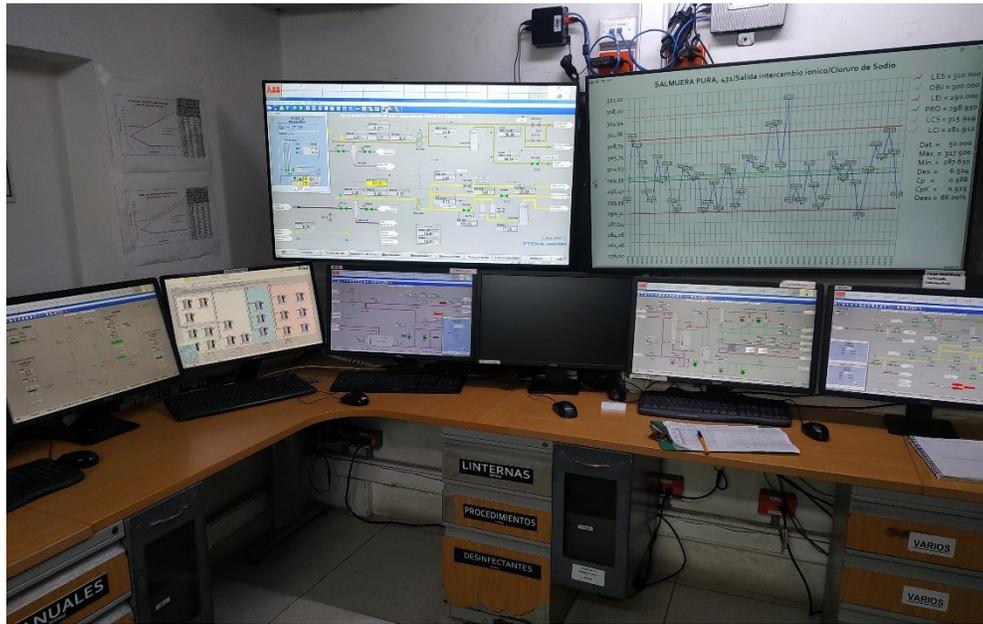
Figura 3-5 Cuarto monitoreo de producción



Fuente: Imagen del autor

En el cuarto de control se encuentra todo el sistema SCADA general del área de planta de químicos donde también se visualiza los niveles de los tanques y la toma de datos en el sistema actual. Véase *Figura 3-6*

Figura 3-6 Cuarto de control DCS Planta de químicos



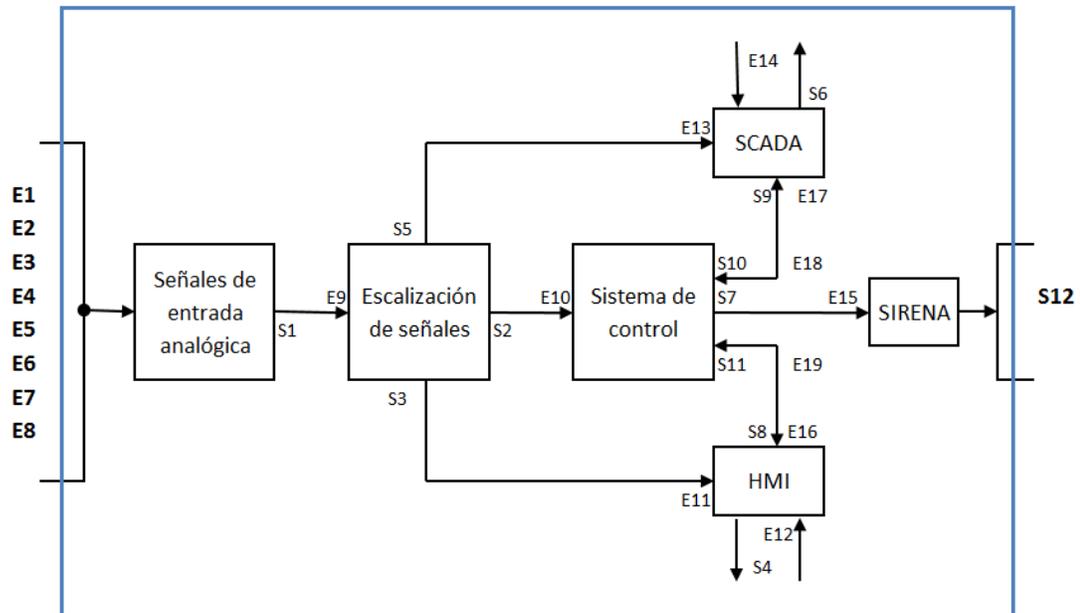
Fuente: Imagen del autor

3.4 Estrategia de control

A continuación se observa la alternativa que se implementó en el software existente de las ocho señales analógicas para la visualización y control de los tanques de almacenamiento.

Ver *Figura 3-7*

Figura 3-7 Diseño funcional control de inventarios



Fuente: Imagen del autor

- E1=** Señal eléctrica del sensor transmisor de nivel del TK-794
- E2=** Señal eléctrica del sensor transmisor de nivel del TK-135
- E3=** Señal eléctrica del sensor transmisor de nivel del TK-473
- E4=** Señal eléctrica del sensor transmisor de nivel del TK-786
- E5=** Señal eléctrica del sensor transmisor de nivel del TK-052.
- E6=** Señal eléctrica del sensor transmisor de nivel del TK-472.
- E7=** Señal eléctrica del sensor transmisor de nivel del TK-820.
- E8=** Señal eléctrica del sensor transmisor de nivel del TK-499.
- E9=** Señales físicas pertenecientes a los sensores transmisores de nivel.
- E10=** Transmisión de datos por profibus.
- E11=** Transmisión de datos por profibus.
- E12=** Entrada de comandos de la interfaz, desde operador hacia proceso.
- E13=** Transmisión de datos por profibus.
- E14=** Entrada de comandos desde PC, operación hacia proceso

E15= Activación de sirena sonora

E16= Instrucciones dadas por el controlador hacia interfaz HMI

E17= Estados, receptor de datos, almacenamiento de información en servidor

E18= Instrucciones dadas desde el servidor hacia el controlador

E19= Instrucciones dadas por el operador desde HMI al controlador

S1= Señales de salida tipo analógicas (AI) 4-20 mA de los sensor transmisores de nivel

S2= Señales que transmiten los niveles de los tanques en tiempo real hacia el Sistema de control

S3= Datos enviados hacia la HMI de cada entrada analógica

S4= Salida de comandos y visualización interface HMI, desde el proceso hacia el operador

S5= Datos enviados hacia el servidor (SCADA) para guardar, reportar y visualizar

S6= Salida de comandos, visualización, registros, informes, hacia operación o el que lo requiera

S7= Señal de accionamiento al momento que ocurra una alarma o evento

S8= Instrucciones, accionamiento desde el operador por medio del HMI al controlador

S9= Instrucciones, accionamiento desde el operador por medio del servidor (SCADA) al controlador

S10= Datos enviados para que el servidor los registre, almacene, visualice

S11= Datos enviados para su visualización de los estados de cada tanque

S12= Accionamiento de sirena audible al operador

3.4.1 Diseño detallado de control

3.4.1.1 Adquisición de señales

En la *Tabla 2* muestra el TAG (nombre) de cada instrumento de nivel para el tanque según norma ISA: Simbología de instrumentación, con su respectiva numeración para esta sección de planta de químicos.

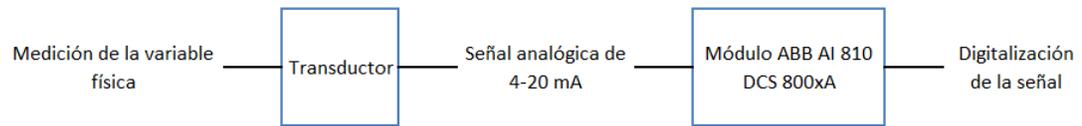
Tabla 2 TAG de los instrumentos

Nombre del tanque	TAG Instrumento
TK-794	LT-91003
TK-135	LT-91001
TK-473	LT-91004
TK-786	LT-91002
TK-052	LT-92003
TK-472	LT-93002
TK-820	LT-93003
TK-499	LT-93001

Fuente: Tabla del autor

La forma en que se implementó la señal del instrumento tiene como función la adquisición de cada señal física proveniente de los ocho instrumentos de medición de los tanques, donde por medio de los transductores son convertidos a señales analógicas de 4-20 mA para luego ser digitalizadas mediante el sistema 800 xA como se muestra en la *Figura 3-8*

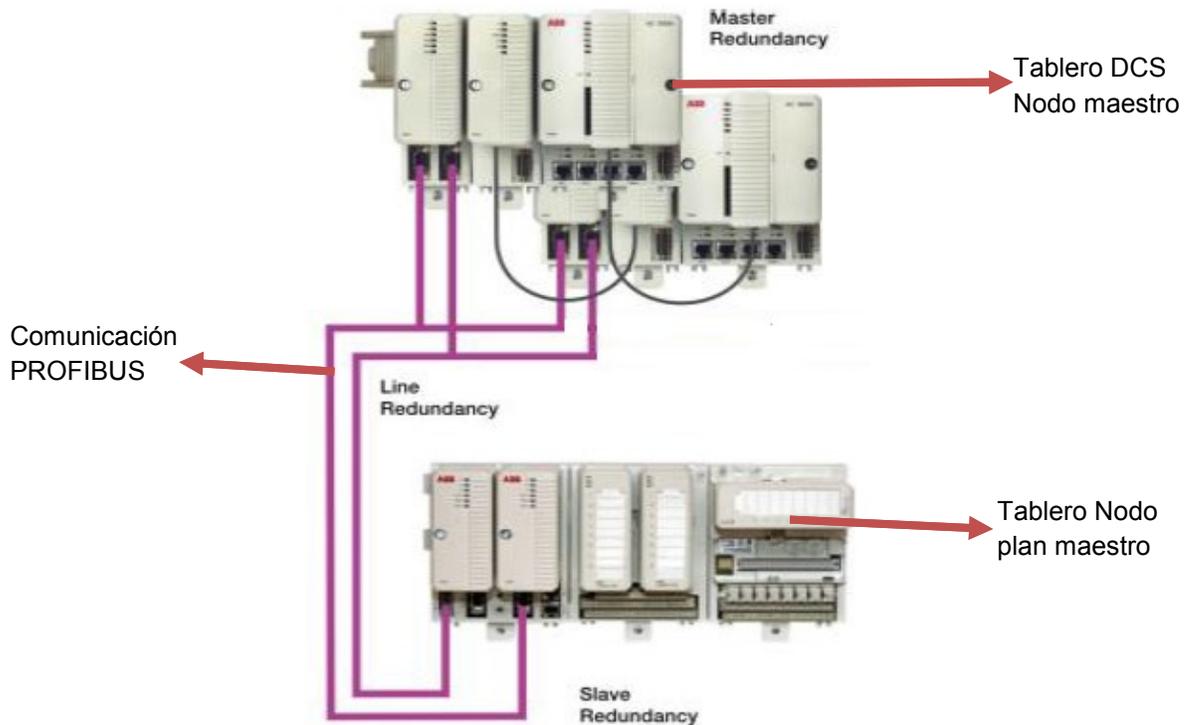
Figura 3-8 Asignación de entrada y salida de comunicación



Fuente: Imagen del autor

Luego de ser digitalizadas las señales en el Nodo de plan maestro son enviadas por medio de un módulo de comunicación profibus hasta el tablero DCS, donde se implementó al sistema de control existente como lo muestra la *Figura 3-9*

Figura 3-9 Esquema de conexión de nodos plan maestro

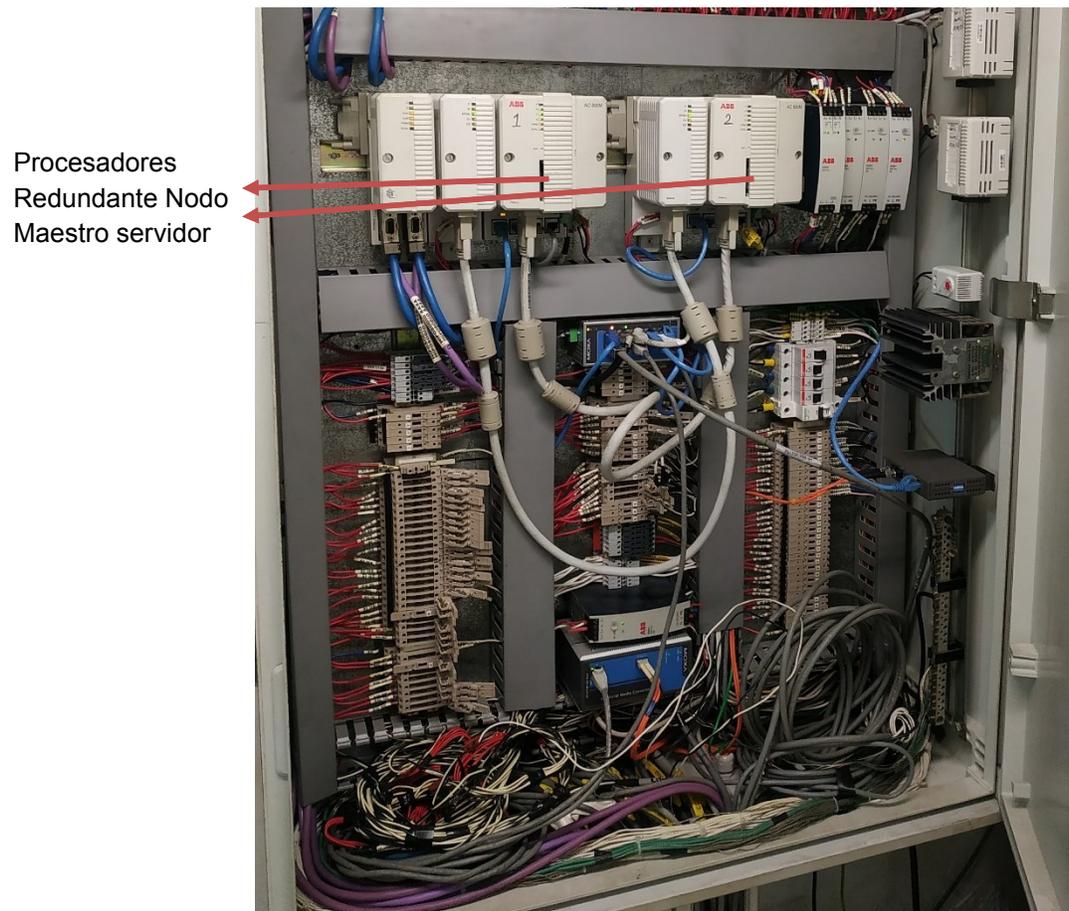


Fuente: Imagen del autor

Un Controlador AC800M PM866 en configuración redundante se usan junto con módulos de comunicaciones CI867 para interfaz de comunicación Modbus TCP/IP que se comunican con los PLC de los sistemas paquete y con módulos CI840 para comunicarse con RTUs remotas a través de Profibus DP.

La comunicación con módulos de I/Os en el mismo tablero de controlador se hace a través de Modulebus Óptico con comunicación de los clúster con TB840, se usan AI810 para señales analógicas de entrada, AO810 para señales analógicas de salida, estos módulos tienen facilidad de interactuar con instrumentos HART. Los módulos DI810 con 16 canales de entradas digitales de 24VDC y DO820 para 8 señales de salida a relé, se usan para las señales de indicación y comandos de tipo digital, como lo muestra la *Figura 3-10*

Figura 3-10 Tablero Nodo maestro procesadores ABB 800 xA



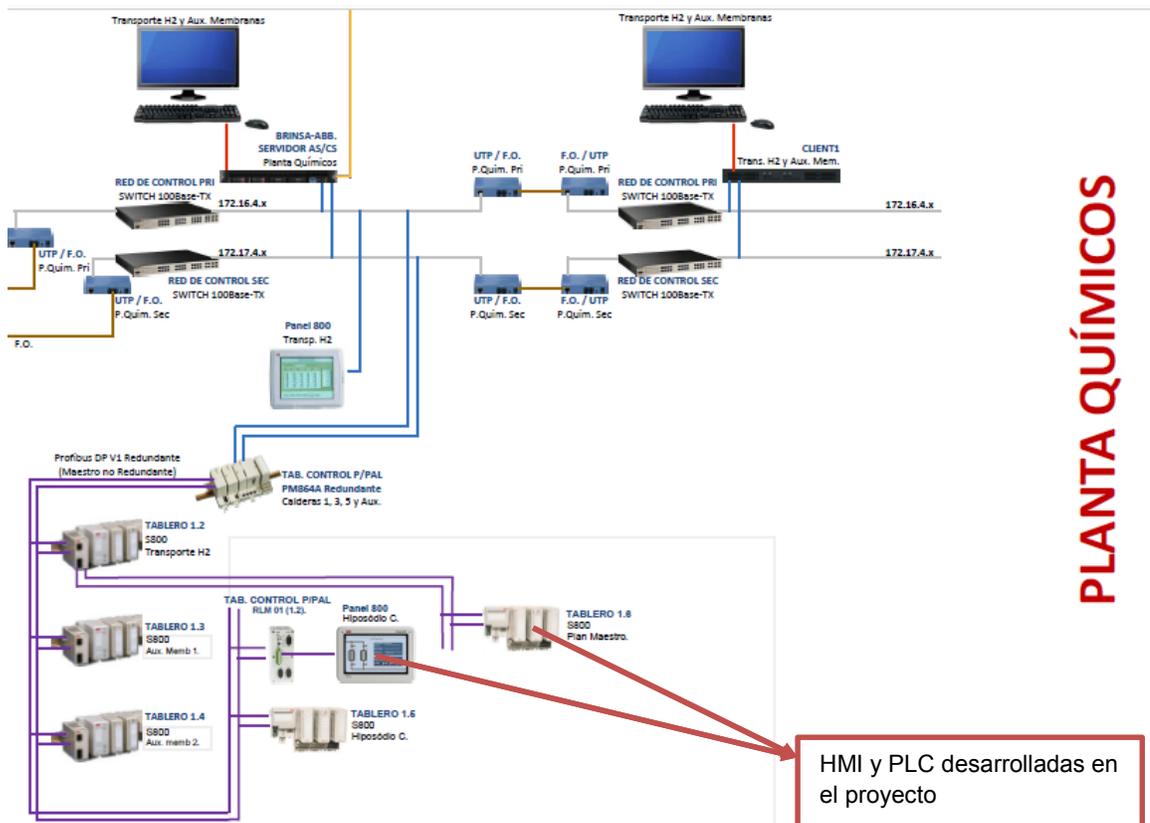
Fuente: Imagen del autor

En el sistema 800xA se distinguen dos tipos de servidores: Servidores de aspectos y de conectividad. Un servidor de aspectos almacena los datos de todos los objetos definidos en el sistema para que puedan ser accedidos por los equipos clientes entre los que se encuentran las estaciones de operación y estaciones de ingeniería.

Un servidor de conectividad proporciona integración entre los servidores de aspectos de 800xA con un controlador u otro tipo de dispositivo que sea capaz de proporcionar información de campo. La solución se basa en la funcionalidad estándar de conectividad del 800xA en donde los subsistemas están integrados al sistema 800xA utilizando los servidores OPC (Data Access and Alarm and Event).

La compañía cuenta con una arquitectura de los sistemas de control ABB800xA existentes en cada proceso de la empresa, en la *Figura 3-11* muestra la descripción y la topología de cada PLC con su respectivo DCS, donde se identifica el HMI y el sistema SCADA que se le implementó al proyecto. Ver **Anexo C**

Figura 3-11 Arquitectura de control sistemas 800xA Brinsa S.A



Fuente: Imagen del autor

3.4.1.2 Estructura de control

En la *Tabla 3* se detalla la acción de control para cada uno de los instrumentos con cada condición necesaria para el proceso.

Tabla 3 Estructura de control

ESTRUCTURA DE CONTROL				
Instrumento	Área de proceso	Señal de entrada	Condiciones de proceso	Acción de control
LT-91003	Sensor transmisor de nivel del tanque TK-794 hipoclorito de Sodio [NaOCl] al 15%	4-20 mA	Cuando el nivel del tanque este por debajo del 10%	Activar alarma de nivel bajo (LSL), tener registro de disponibilidad para llenado de tanque Registrar valor de proceso, tendencia, base de datos, altura, volumen, densidad y masa del producto
			Cuando el nivel del tanque este por debajo del 95%	Activar alarma de nivel alto (LSH) o tal caso alarma de sobrellenado (LSHH), tener registro tanque listo despacho. Registrar valor de proceso, tendencia, base de datos, altura, volumen, densidad y masa del producto
		Sin energía	Cuando se pierda el suministro de energía	Activar alarma perdida suministro de energía, y la visualización en los mímicos quede abierta (ERROR)
LT-91001	Sensor transmisor de nivel del tanque TK-135 hipoclorito de Sodio [NaOCl] al 15%	4-20 mA	Cuando el nivel del tanque este por debajo del 10%	Activar alarma de nivel bajo (LSL), tener registro de disponibilidad para llenado de tanque Registrar valor de proceso, tendencia, base de datos, altura, volumen, densidad y masa del producto
			Cuando el nivel del tanque este por debajo del 95%	Activar alarma de nivel alto (LSH) o tal caso alarma de sobrellenado (LSHH), tener registro tanque listo despacho.

ESTRUCTURA DE CONTROL				
Instrumento	Área de proceso	Señal de entrada	Condiciones de proceso	Acción de control
				Registrar valor de proceso, tendencia, base de datos, altura, volumen, densidad y masa del producto
				Activar alarma perdida suministro de energía, y la visualización en los mímicos quede abierta (ERROR)
LT-91004	Sensor transmisor de nivel del tanque TK-473 hipoclorito de Sodio [NaOCL] al 15%	4-20 mA	Quando el nivel del tanque este por debajo del 10%	Activar alarma de nivel bajo (LSL), tener registro de disponibilidad para llenado de tanque
			Quando el nivel del tanque este por debajo del 95%	Registrar valor de proceso, tendencia, base de datos, altura, volumen, densidad y masa del producto
		Sin energía	Quando se pierda el suministro de energía	Activar alarma de nivel alto (LSH) o tal caso alarma de sobrellenado (LSHH), tener registro tanque listo despacho.
			Quando se pierda el suministro de energía	Registrar valor de proceso, tendencia, base de datos, altura, volumen, densidad y masa del producto
LT-91002	Sensor transmisor de nivel del tanque TK-786 hipoclorito de Sodio [NaOCL] al 15%	4-20 mA	Quando el nivel del tanque este por debajo del 10%	Activar alarma de nivel bajo (LSL), tener registro de disponibilidad para llenado de tanque
			Quando el nivel del tanque este	Registrar valor de proceso, tendencia, base de datos, altura, volumen, densidad y masa del producto
			Quando el nivel del tanque este	Activar alarma de nivel alto (LSH) o tal caso alarma de

ESTRUCTURA DE CONTROL				
Instrumento	Área de proceso	Señal de entrada	Condiciones de proceso	Acción de control
			por debajo del 95%	sobrellenado (LSHH), tener registro tanque listo despacho. Registrar valor de proceso, tendencia, base de datos, altura, volumen, densidad y masa del producto
			Sin energía	Cuando se pierda el suministro de energía
LT-92003	Sensor transmisor de nivel del tanque TK-052 soda caustica [NaOH] al 35%	4-20 mA	Cuando el nivel del tanque este por debajo del 10%	Activar alarma de nivel bajo (LSL), tener registro de disponibilidad para llenado de tanque Registrar valor de proceso, tendencia, base de datos, altura, volumen, densidad y masa del producto
			Cuando el nivel del tanque este por debajo del 95%	Activar alarma de nivel alto (LSH) o tal caso alarma de sobrellenado (LSHH), tener registro tanque listo despacho. Registrar valor de proceso, tendencia, base de datos, altura, volumen, densidad y masa del producto
		Sin energía	Cuando se pierda el suministro de energía	Activar alarma perdida suministro de energía, y la visualización en los mímicos quede abierta (ERROR)
LT-93002	Sensor transmisor de nivel del tanque TK-472 ácido clorhídrico [HCL] al 33%	4-20 mA	Cuando el nivel del tanque este por debajo del 10%	Activar alarma de nivel bajo (LSL), tener registro de disponibilidad para llenado de tanque Registrar valor de proceso, tendencia, base de datos, altura, volumen, densidad y masa del producto
			Cuando el nivel del tanque este por debajo del 95%	Activar alarma de nivel alto (LSH) o tal caso alarma de sobrellenado (LSHH), tener registro tanque listo despacho.

ESTRUCTURA DE CONTROL				
Instrumento	Área de proceso	Señal de entrada	Condiciones de proceso	Acción de control
				Registrar valor de proceso, tendencia, base de datos, altura, volumen, densidad y masa del producto
		Sin energía	Cuando se pierda el suministro de energía	Activar alarma perdida suministro de energía, y la visualización en los mímicos quede abierta (ERROR)
LT-93003	Sensor transmisor de nivel del tanque TK-820 ácido clorhídrico [HCL] al 33%	4-20 mA	Cuando el nivel del tanque este por debajo del 10%	Activar alarma de nivel bajo (LSL), tener registro de disponibilidad para llenado de tanque
				Registrar valor de proceso, tendencia, base de datos, altura, volumen, densidad y masa del producto
			Cuando el nivel del tanque este por debajo del 95%	Activar alarma de nivel alto (LSH) o tal caso alarma de sobrellenado (LSHH), tener registro tanque listo despacho.
		Sin energía	Cuando se pierda el suministro de energía	Registrar valor de proceso, tendencia, base de datos, altura, volumen, densidad y masa del producto
LT-93001	Sensor transmisor de nivel del tanque TK-499 ácido clorhídrico [HCL] al 33%	4-20 mA	Cuando el nivel del tanque este por debajo del 10%	Activar alarma perdida suministro de energía, y la visualización en los mímicos quede abierta (ERROR)
				Registrar valor de proceso, tendencia, base de datos, altura, volumen, densidad y masa del producto
			Cuando el nivel del tanque este por debajo del 95%	Activar alarma de nivel alto (LSH) o tal caso alarma de sobrellenado (LSHH), tener registro tanque listo despacho.

ESTRUCTURA DE CONTROL				
Instrumento	Área de proceso	Señal de entrada	Condiciones de proceso	Acción de control
				Registrar valor de proceso, tendencia, base de datos, altura, volumen, densidad y masa del producto
		Sin energía	Cuando se pierda el suministro de energía	Activar alarma perdida suministro de energía, y la visualización en los mímicos quede abierta (ERROR)

****** La visualización de los niveles de cada tanque solo en HMI y todo los registros, tendencias, base datos en SCADA

Fuente: Tabla del autor

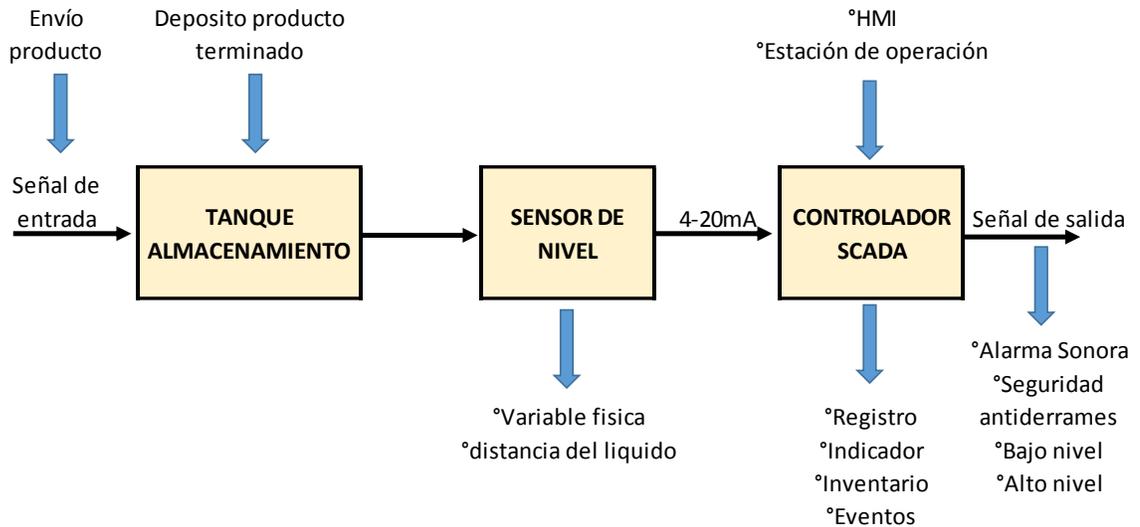
3.5 Implementación de lazos de control tanques de nivel

Al momento que se diseñó el lazo de control de nivel para cada tanque de almacenamiento se identifica que es un lazo de control abierto, ya que este proceso es únicamente para el monitoreo y control de inventarios pues en los procesos anteriores de la fabricación del producto son automatizados y cuentan con un control ya establecido, por lo cual no es requerido en la sección donde se encuentran ubicados los tanques.

Básicamente, el operador manipula una válvula y con esto energiza la bomba de envío de producto a cada uno de los tanques donde la única condición que se debe cumplir es la activación de la alarma cuando el nivel sobre pase el 95% de llenado del tanque.

En la *Figura 3-12* se muestra como se implementó el lazo de control abierto mediante un diagrama de bloques.

Figura 3-12 Lazo de control abierto tanques de nivel



Fuente: Imagen del autor

3.5.1 Parametrización de los tanques

Según la *Tabla 1 Datos tanques de almacenamiento* donde se obtuvo los datos técnicos y de proceso, es posible conocer el volumen, la masa y el nivel de cada tanque, de acuerdo a esto se efectuó la ecuación donde el único dato que varía es la altura, la cual es enviada por medio de una señal 4-20 mA a través del sensor transmisor de nivel (para esto fue necesario realizar la parametrización de los sensores transmisores), a continuación se da a conocer la ecuación que halla el volumen, la masa y el nivel de los tanques. Véase *Figura 3-13*

Figura 3-13 Ecuación de un cilindro vertical

Producto Almacenado	Nombre de tanque	Altura [m]	Diametro [m]	Volumen [m ³]	Densidad [Kg/l]
Hipoclorito de Sodio [NaOCl] al 15%	TK-794	11,20	3,40	100	1,2

$d = \text{diametro del tanque}$

$v = \text{volumen del liquido}$ $\text{volumen} = \pi * \left(\frac{d}{2}\right)^2 * h$

$h = \text{altura del liquido}$

$$v = 3,1416 * \left(\frac{3,4}{2}\right)^2 * 740\text{cm} * \frac{1\text{m}}{100\text{cm}} = 67.186\text{m}^3$$

Sensor transmisor de

$d = \text{densidad del liquido}$ $\text{masa} = \rho * v$

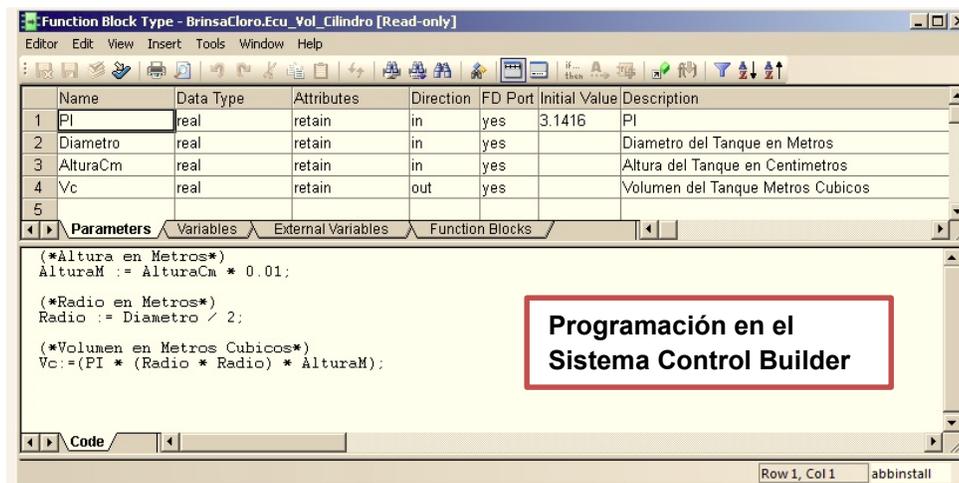
$$m = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{l}} * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} * 67,186\text{m}^3 = 80623.2\text{kg}$$

Densidad del producto

Fuente: Imagen del autor

La *Figura 3-13 Ecuación de un cilindro vertical* muestra el cálculo más detallado para obtener los datos requeridos de cada tanque, con el fin de ingresarlos a la programación del sistema Control Builder y darle continuidad al proceso. La *Figura 3-14* muestra cómo se implementó la ecuación mencionada.

Figura 3-14 Implementación de la ecuación de un cilindro en el sistema

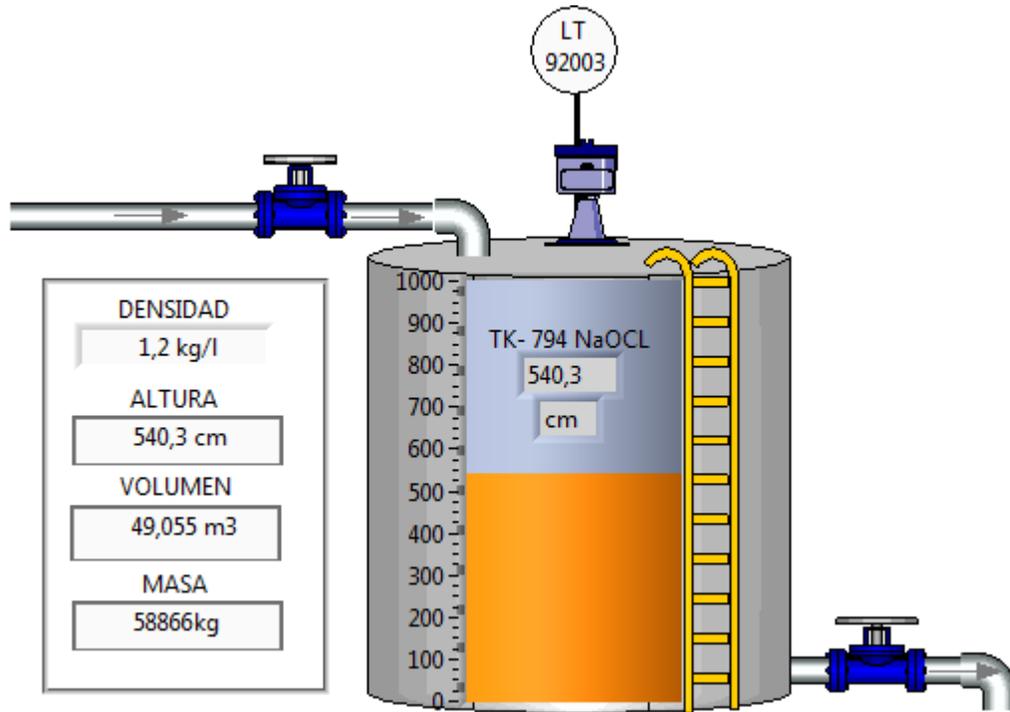


Fuente: Imagen del autor

3.5.2 Simulación en el programa LabView

Se realizó una simulación en el sistema de programación LabView para obtener los datos y la visualización de estos como ejemplo para la implementación a la HMI, teniendo como referencia al momento de la programación en el sistema de control.

Figura 3-15 Simulación en el sistema LabView



Fuente: Imagen del autor

3.6 Compra y adquisición de los instrumentos de medición

A continuación se muestra las especificaciones de las dos referencias que se presentaron ante la compañía, ya que cumple con todos los estándares de seguridad y calidad. El análisis y el diseño de estos instrumentos para cada tanque se tuvo en cuenta la altura, la señal del transductor sea de 4-20 mA, temperatura de operación, estos fueron algunos de los criterios para la elección de los sensores transmisores.

La marca Endress + Hauser fue la opción que más se ajustó a todos los aspectos que se requerían en el proceso. Véase *Figura 3-16 Anexo D*

Figura 3-16 Referencias de instrumentos

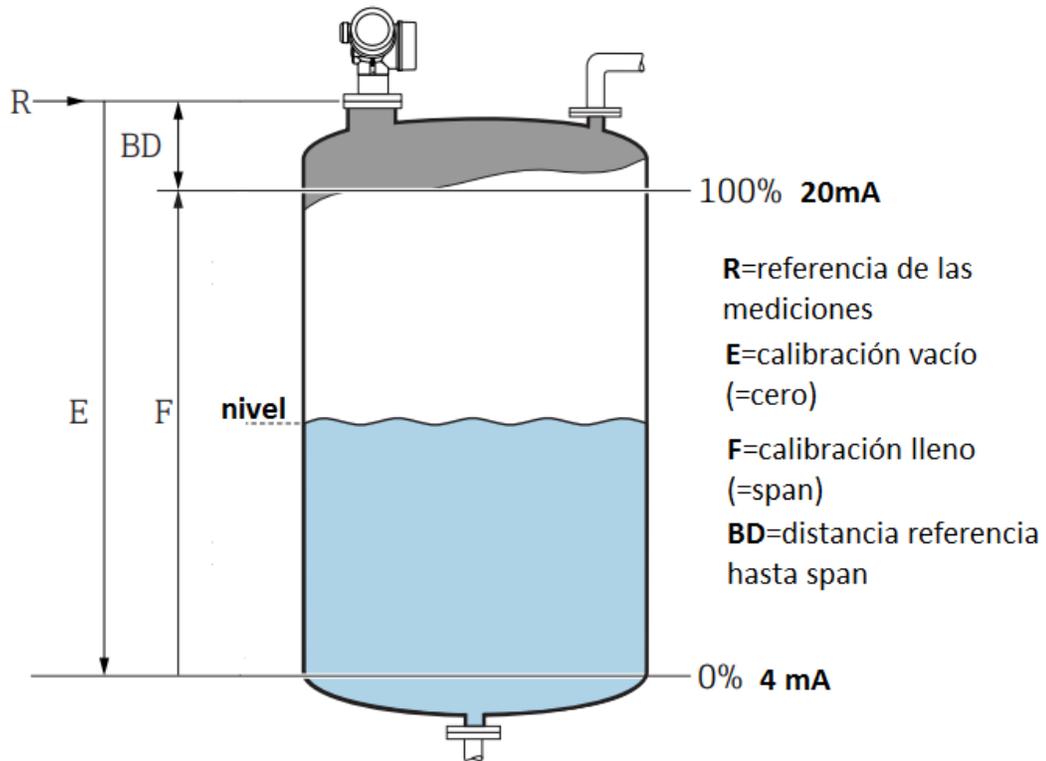
VEGA PULS 64	Especificaciones	Opción 1	Opción 2
	Marca	Vega	Endress+Hauser
	Modelo	VEGA PULS64	Micropilot FMR62
	Protección	IP67	IP68
	Max. Distancia de medición	30 m	80 m
Micropilot FMR62	Precisión	±1 mm	±1 mm
	Material	PTFE	PTFE
	Temperatura de proceso	-40...+80 °C	-40...+200 °C
	Alimentación	12...35VDC	12...30VDC
	Comunicación	4-20 mA HART	4-20 mA HART
	Frecuencia (Hz)	80 GHz	80 GHz

Fuente: Imagen del autor

3.6.1 Funcionamiento y distancias del sensor transmisor

El instrumento de medición Micropilot FMR62 HART es un radar sin contacto al producto, que funciona emitiendo microondas hacia la superficie donde se encuentra el líquido y estas son reflejadas nuevamente para ser captadas por la antena del sensor transmisor. Para tener la precisión en la medida del nivel del tanque es necesario realizar la configuración del sensor transmisor según como lo indica el manual de instrucciones. En la *Figura 3-16* se muestra la respectiva configuración que se le realizó a cada instrumento y que corresponde a la altura de los tanques.

Figura 3-17 Configuración distancia de medición máx-min del sensor transmisor

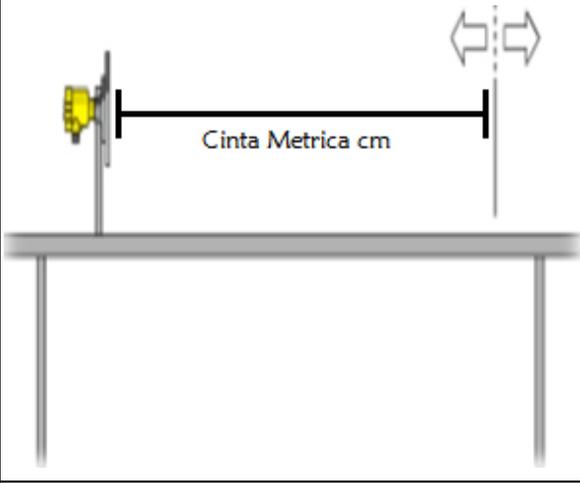


Fuente: <https://www.co.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-nivel/medicion-nivel-por-radar-80GHz>

3.6.2 Hoja de verificación de los sensores transmisores de nivel

Al momento de la llegada de cada uno de los instrumentos se realizó la correspondiente verificación (simulación del transductor, verificación de distancia, medición de corriente 4-20 mA) como lo muestra la *Figura 3-18*. También se programa cada sensor transmisor de nivel por medio de comunicación HART.

Figura 3-18 Certificado de verificación del instrumento

		PLANTA DE QUIMICOS			
		CEDI TK'S ALMACENAMIENTO			
		FECHA REALIZACION	15 Sept. 2020		
CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN DE INSTRUMENTO					
SECCION:	Tk almacenamiento [NaOCL] al 15%	LRV:	0		
URV:	8000	TAG:	LT-91001		
EQUIPO:	Transmisor de nivel TK-135	SALIDA:	4 - 20 mA		
MARCA:	Endress + Hauser	UNIDADES DE ING:	Longitud cm		
MODELO:	FMR62-AAACADGMF6AFK+AD	ALIMENTACION:	24 VDC		
SERIE:	PB000B1182	TOMA DE PROCESO:	FLANGE 2"		
TIPO:	Medicion Radar nivel				
VERIFICACIÓN TRANSMISORES DE NIVEL TIPO RADAR					
		VERIFICACION ACTUAL			
		ENTRADA (%)	ENTRADA (cm)	SALIDA (cm)	SALIDA (mA)
		0	0	0,3	4,01
		25	50	50,1	8,00
		50	100	100,3	12,01
		75	150	150,2	16,02
		100	200	200	20,00
		75	150	150	16,01
		50	100	99,8	12,00
		25	50	50,1	8,01
0	0	0	4,00		
OBSERVACIONES:		EQUIPOS USADO PARA			
*El equipo no presenta ninguna falla y se encontro dentro de parametros establecidos.		** Cinta metrica Stanley			
*El rango con el que se realizo verificacion no es igual al del proceso, sin embargo se deja configurado al del proceso.		** Multimetro calibrador procesos			
		** Comunicador HART 745			
		** Banco de prueba Presys			
TECNICO INSTRUMENTISTA: Johan Sierra A.		FIRMA:	FECHA: 18 Sept. 2020		
ING. ASISTENTE DEL PROYECTO: Félix Contreras		FIRMA:	FECHA:		

Fuente: Imagen del autor

En la *Figura 3-19* se observa cómo se realizó la verificación de cada instrumento con las herramientas (multímetro, flexómetro, comunicador HART, fuente de 24 VDC)

Figura 3-19 Banco de pruebas de instrumentación



Fuente: Imagen del autor

3.7 Parametrización de los sensores transmisores

La parametrización de las señales de los instrumentos viene dada de acuerdo al rango del instrumento y la señal 4-20 mA que se entrega al PLC, de esta manera se relaciona a continuación los ocho instrumentos de medición.

LT-91003 (rango 0 a 1120 cm) en la *Tabla 4* se relaciona la parametrización de los valores de cada transductor de nivel.

Tabla 4 Parametrización de la señal LT-91003

Valor determinado del rango del instrumento distancia (cm)	% del rango	Señal de Corriente correspondiente mA
0	0	4
280	25	8
560	50	12
840	75	16
1120	100	20

Fuente: Tabla del autor

LT-91001 (rango 0 a 885 cm) en la *Tabla 5* se relaciona la parametrización de los valores de cada transductor de nivel.

Tabla 5 Parametrización de la señal LT-91001

Valor determinado del rango del instrumento distancia (cm)	% del rango	Señal de Corriente correspondiente mA
0	0	4
221,25	25	8
442,5	50	12
663,75	75	16
885	100	20

Fuente: Tabla del autor

LT-91004 (rango 0 a 885 cm) en la *Tabla 6* se relaciona la parametrización de los valores de cada transductor de nivel.

Tabla 6 Parametrización de la señal LT-91004

Valor determinado del rango del instrumento distancia (cm)	% del rango	Señal de Corriente correspondiente mA
0	0	4
221,25	25	8
442,5	50	12
663,75	75	16
885	100	20

Fuente: Tabla del autor

LT-91002 (rango 0 a 885 cm) en la *Tabla 7* se relaciona la parametrización de los valores de cada transductor de nivel.

Tabla 7 Parametrización de la señal LT-91002

Valor determinado del rango del instrumento distancia (cm)	% del rango	Señal de Corriente correspondiente mA
0	0	4
221,25	25	8
442,5	50	12
663,75	75	16
885	100	20

Fuente: Tabla del autor

LT-92003 (rango 0 a 900 cm) en la *Tabla 8* se relaciona la parametrización de los valores de cada transductor de nivel.

Tabla 8 Parametrización de la señal LT-92003

Valor determinado del rango del instrumento distancia (cm)	% del rango	Señal de Corriente correspondiente mA
0	0	4
225	25	8
450	50	12
675	75	16
900	100	20

Fuente: Tabla del autor

LT-93002 (rango 0 a 650 cm) en la *Tabla 9* se relaciona la parametrización de los valores de cada transductor de nivel.

Tabla 9 Parametrización de la señal LT-93002

Valor determinado del rango del instrumento distancia (cm)	% del rango	Señal de Corriente correspondiente mA
0	0	4
162,5	25	8
325	50	12
487,5	75	16
650	100	20

Fuente: Tabla del autor

LT-93003 (rango 0 a 650 cm) en la *Tabla 10* se relaciona la parametrización de los valores de cada transductor de nivel.

Tabla 10 Parametrización de la señal LT-93003

Valor determinado del rango del instrumento distancia (cm)	% del rango	Señal de Corriente correspondiente mA
0	0	4
162,5	25	8
325	50	12
487,5	75	16
650	100	20

Fuente: Tabla del autor

LT-93001 (rango 0 a 650 cm) en la *Tabla 11* se relaciona la parametrización de los valores de cada transductor de nivel.

Tabla 11 Parametrización de la señal LT-93001

Valor determinado del rango del instrumento distancia (cm)	% del rango	Señal de Corriente correspondiente mA
0	0	4
162,5	25	8
325	50	12
487,5	75	16
650	100	20

Fuente: Tabla del autor

3.8 Acondicionamiento al sistema SCADA

El sistema de control cuenta con una estación de operación y una de ingeniería, que facilita la supervisión y operación del proceso. Por otro lado, se tienen dos servidores físicos virtuales, uno se encuentra configurado como servidor de Dominio, Aspectos y Conectividad y el otro servidor está configurado como histórico, los cuales se encuentran instalados en el rack de servidores ubicado en el cuarto de control IT-Room de planta químicos. Los servidores de conectividad tienen conexión a la red de cliente servidor y a la red de control por medio de cableado UTP Cat6e sobre protocolo Ethernet TCP/IP.

3.8.1 Servidores de conectividad y de aspectos 800xA

En el sistema 800xA se distinguen dos tipos de servidores: Servidores de aspectos y de conectividad. Un servidor de aspectos almacena los datos de todos los objetos definidos en el sistema para que puedan ser accedidos por los equipos clientes entre los que se encuentran las estaciones de operación y estaciones de ingeniería.

Un servidor de conectividad proporciona integración entre los servidores de aspectos de 800xA con un controlador u otro tipo de dispositivo que sea capaz de proporcionar información de campo. La solución se basa en la funcionalidad estándar de conectividad

del 800xA en donde los subsistemas están integrados al sistema 800xA utilizando los servidores OPC (Data Access and Alarm and Event).

3.8.2 Estación de operación de 800xA

El sistema 800xA está basado en estaciones de operación bajo el sistema operativo Windows que contiene una interfaz para operar y monitorear el sistema de control de proceso. La funcionalidad se basa en gráficos del proceso, presentación de tendencias, faceplates y alarmas. La interfaz de operador puede ser personalizada con limitaciones definidas para ser usada por diferentes roles, como ingenieros, operadores y personal de mantenimiento.

3.8.3 Estación de ingeniería 800xA

Es un equipo PC tipo escritorio dedicado a la configuración, programación y pruebas de la lógica de control para el mantenimiento de los servidores de aspectos y conectividad. En este equipo se utiliza el software Control Builder M. y dependiendo del nivel de acceso del usuario se pueden usar estas herramientas.

3.8.4 Unidades de organización del programa

El sistema 800xA ABB cuenta con un controlador AC800M, el cual es programado con el uso de Control Builder M Professional (CBM). Toda la programación con CBM envuelve el uso de 2 o más de las siguientes unidades de Organización del Programa, como lo son:

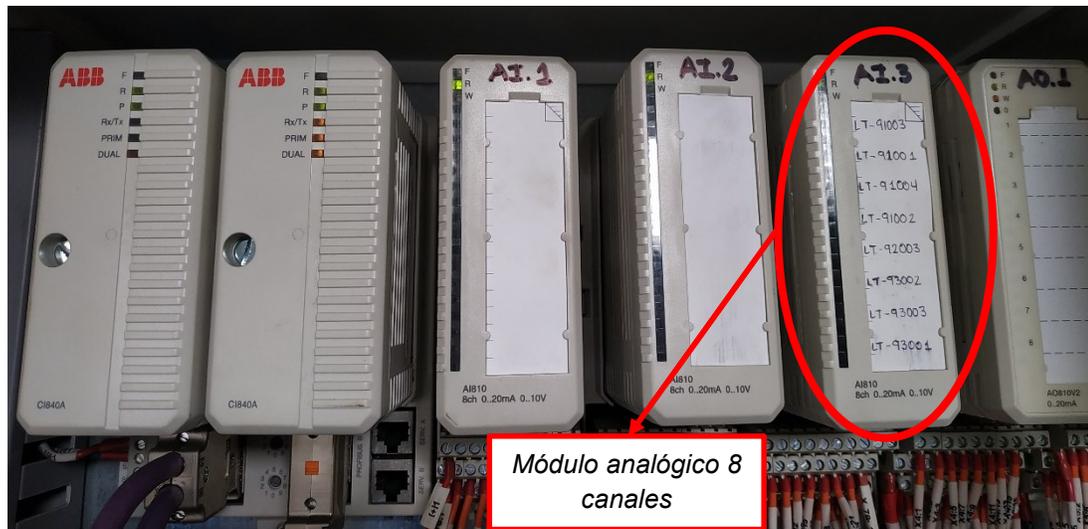
- Aplicaciones
- Programas
- Módulos de Control
- Bloque de Funciones
- Funciones

Estas unidades ayudan a organizar la programación dentro de bloques, lo cual optimiza la estructura del código y la reutilización de este. CBM es suministrado con librerías predefinidas que contienen funciones, bloques de funciones y tipos de módulos de control.

3.8.5 Integración y programación del módulo analógico AI 810

En la *Figura 3-20* se muestra el módulo que se adicionó para recibir las ocho señales analógicas 4-20 mA de los sensores transmisores de nivel de cada tanque.

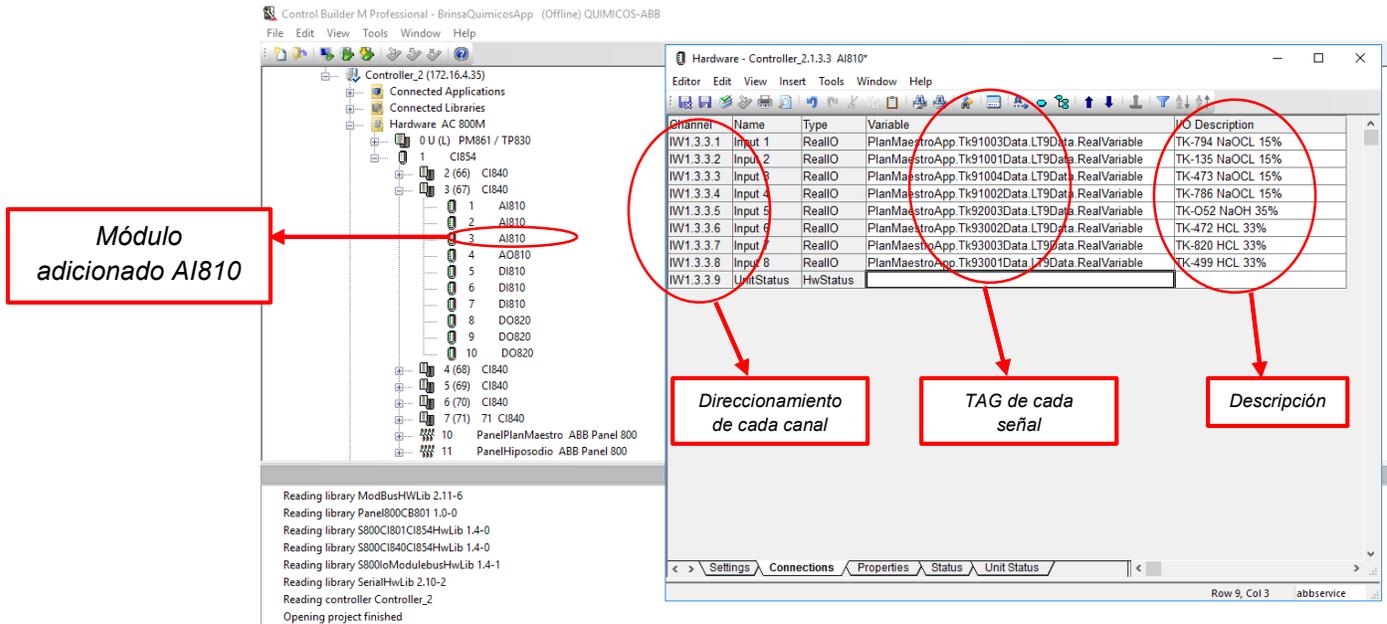
Figura 3-20 Integración módulo analógico AI810



Fuente: Imagen del autor

Se adicionó el módulo y cada señal al controlador por medio del programa Control Builder ya mencionado anteriormente, en el cual se realizó la declaración de cada variable física con su respectivo direccionamiento por canal, como se muestra en la *Figura 3-20*.

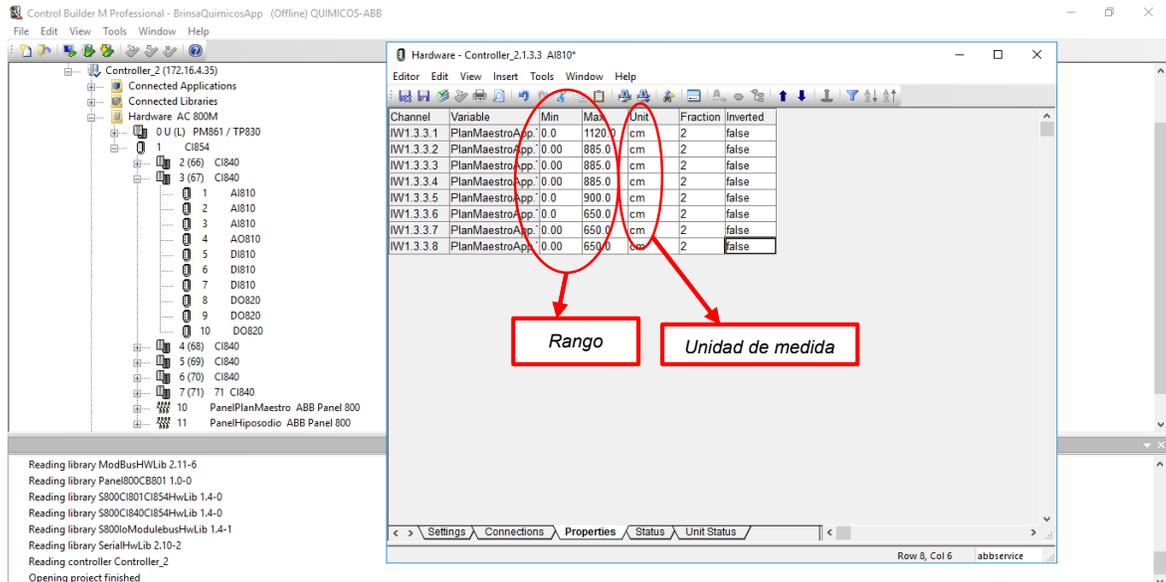
Figura 3-21 Programación en Control Builder



Fuente: Imagen del autor

De acuerdo a la parametrización realizada a cada sensor transmisor se procedió a configurar en el sistema, como lo muestra en detalle la *Figura 3-21*

Figura 3-22 Detalle de la configuración de una señal



Fuente: Imagen del autor

Cada señal se puede configurar con un rango de 0-20 mA ó 4-20 mA, ya que es permitido por el sistema Control Builder, en este caso se estableció la señal de acuerdo a la parametrización de los sensores transmisores.

Tabla 12 Comparación porcentaje vs mA

% del rango	Señal de Corriente correspondiente mA
0	4
25	8
50	12
75	16
100	20

Fuente: Tabla del autor

3.8.6 Programación del sistema

3.8.6.1 Librerías

Las librerías son estructuras importantes en el sistema 800xA. Ellas estructuran la información y realizan un control de versiones en alto nivel. También ayudan en la construcción en bloques que son usados para construir las aplicaciones dentro del sistema 800xA que es el concepto de programación de Control Builder M.

El 800xA contiene librerías estándar para diferentes funcionalidades y también soporta la creación de nuevas librerías para el uso dentro del proyecto de configuración o para ser reusadas en otros proyectos.

3.8.6.2 Programa

El controlador puede ser programado usando Diagramas o Módulos de control. Para este proyecto el controlador solo tendrá un programa que se encargará de monitorear y diagnosticar la salud del controlador, el resto de las aplicaciones se dividirá en Diagramas, los Diagramas tendrán varios Bloques de Funciones o módulos de control dependiendo de la función requerida. Cada aplicación contendrá diagramas con cada uno de los procesos, el cual reúne su respectiva instrumentación, lógica y comunicaciones.

3.8.6.3 Lenguajes de programación

El sistema soporta los lenguajes de programación que establece el estándar IEC 61131 para PLCs, los lenguajes definidos son:

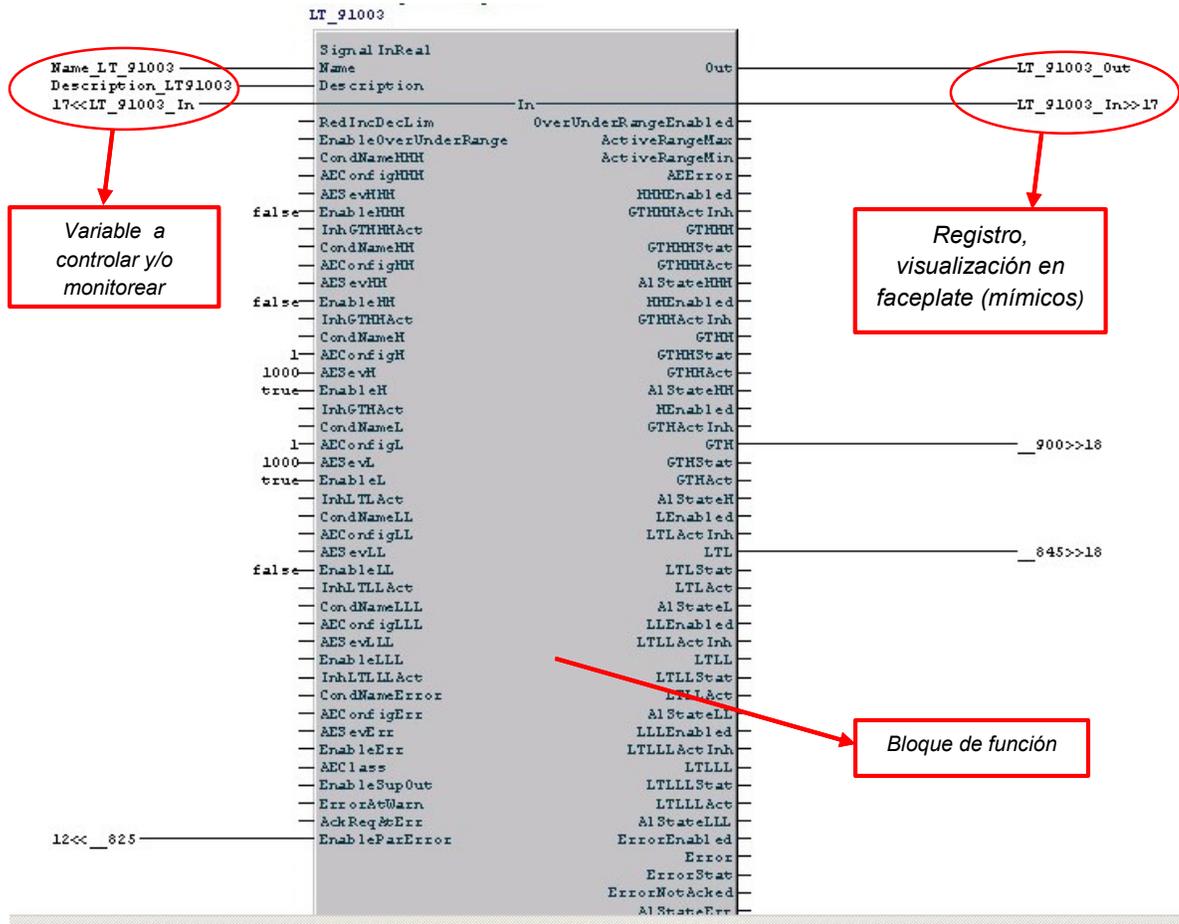
- Ladder (No será utilizado en el proyecto)
- Function Block Diagram (Se utilizará en Control Builder M Professional y en Function Designer.)
- Texto Estructurado (Se utilizará en Control Builder M Professional)
- Instruction list (Se utilizará en Control Builder M Professional)

- Sequential function chart (En caso de usar alguna secuencia en el proceso, se utilizará este lenguaje de programación)

3.8.6.4 Programación en el sistema Control Builder

Los lenguajes de programación que se utilizaron en el sistema Control Builder fueron por bloques de función, lista de instrucciones y funciones estándar del programa, lo cual facilitó la configuración del mismo para cada una de las variables como lo muestra la *Figura 3-22*.

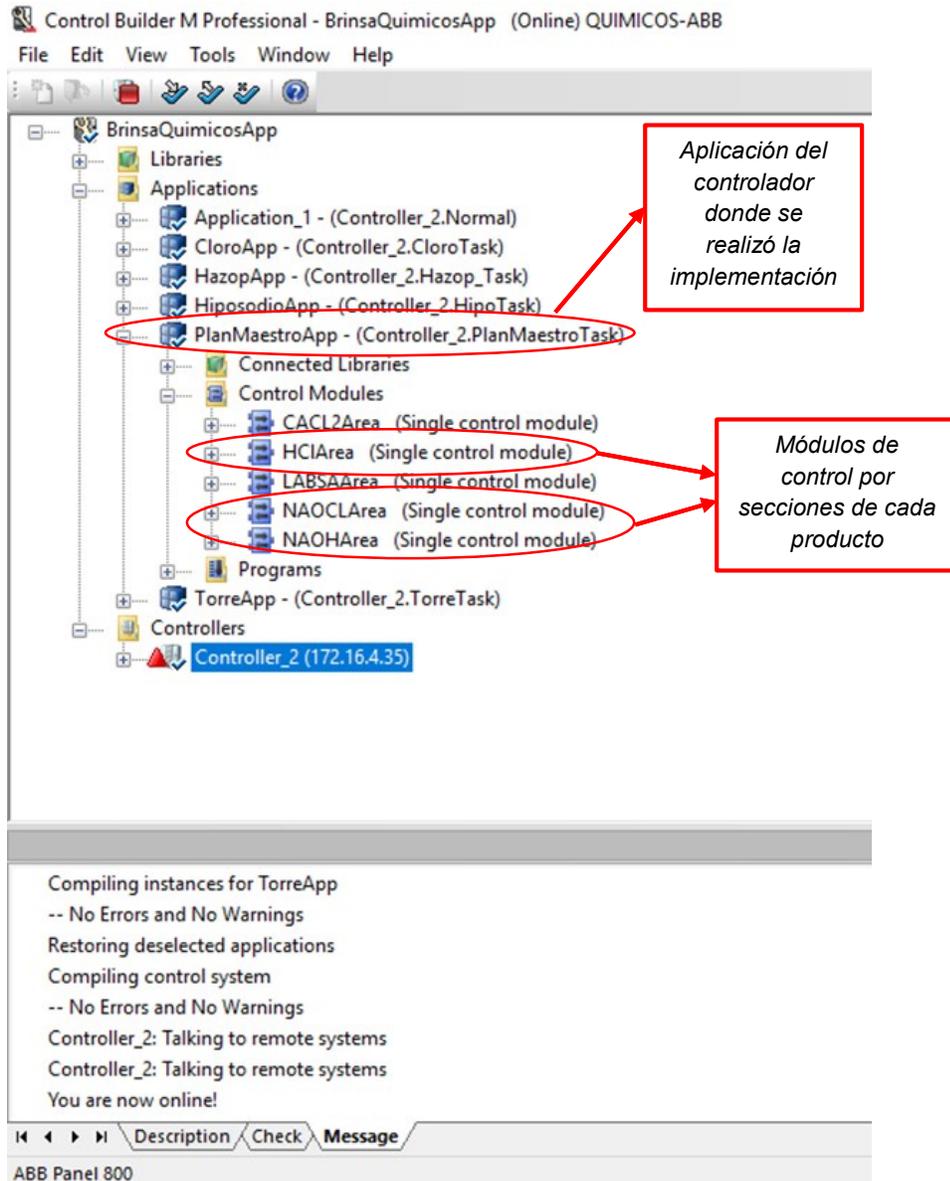
Figura 3-23 Programación función de bloques



Fuente: Imagen del autor

Se realizó la implementación en el controlador existente todas las librerías necesarias para el monitoreo de cada señal y luego se adicionó los módulos de control por sección de producto, para que de esta manera sea de fácil comprensión y manejo. Ver *Figura 3-24*

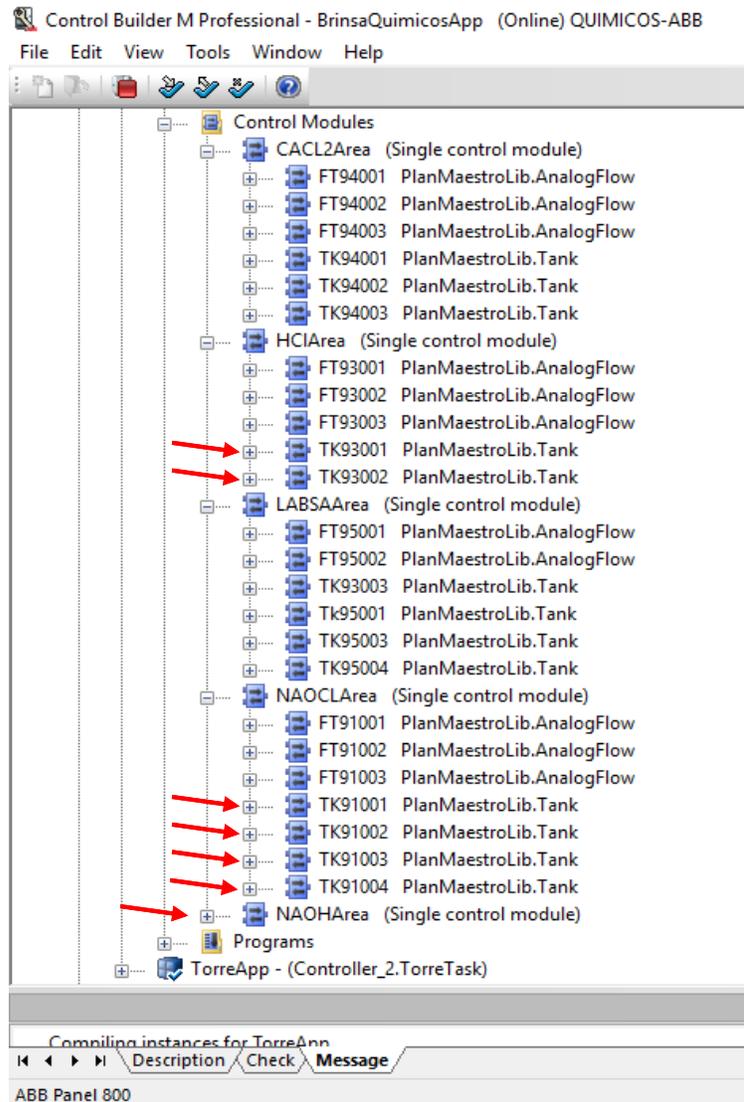
Figura 3-24 Módulos de control por sección



Fuente: Imagen del autor

Según las librerías que se encuentran en este programa, se realizó el acondicionamiento de cada señal de acuerdo al módulo de control mencionado anteriormente, con el fin de obtener una estructura clara de todas las variables de cada proceso. Véase *Figura 3-25*

Figura 3-25 Adición de señales

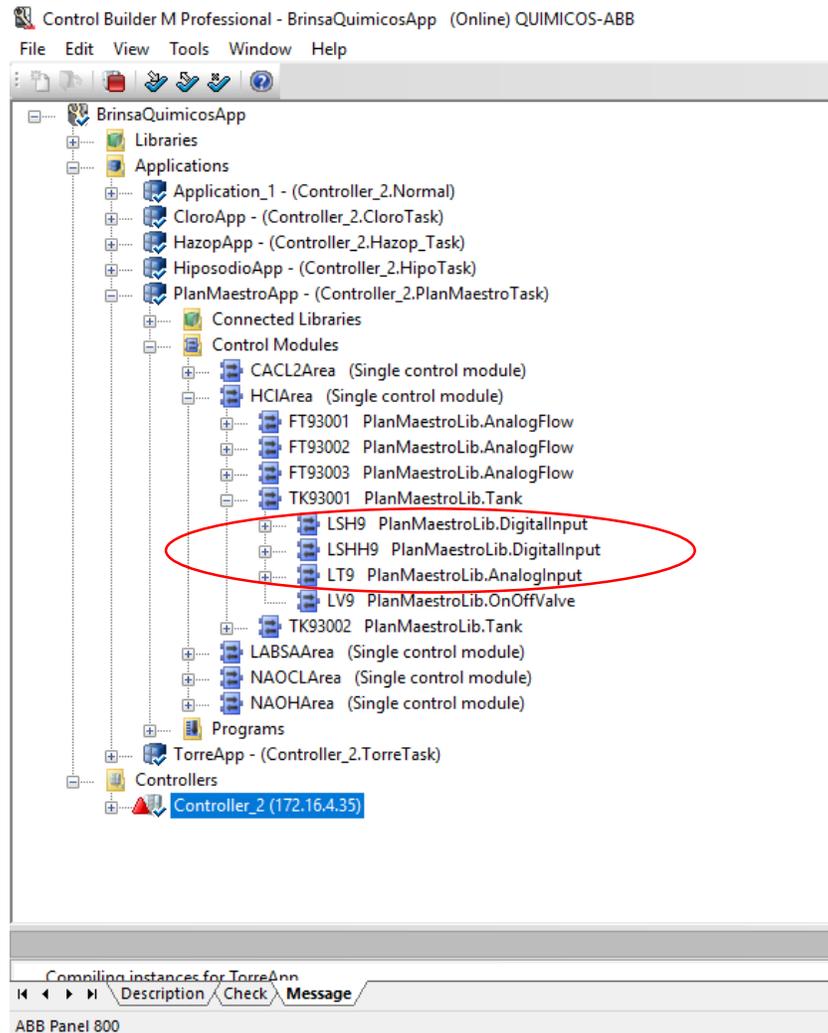


Fuente: Imagen del autor

Dentro del despliegue de cada variable se programa los límites de nivel tanto de sobrellenado como de bajo nivel y se nombran estas variables para que al momento de alguna alarma sea reflejada en la lista de eventos. Ver *Figura 3-26*

*Nota: Lo anterior se realizó en cada una de las señales.

Figura 3-26 Programación de alarmas y eventos

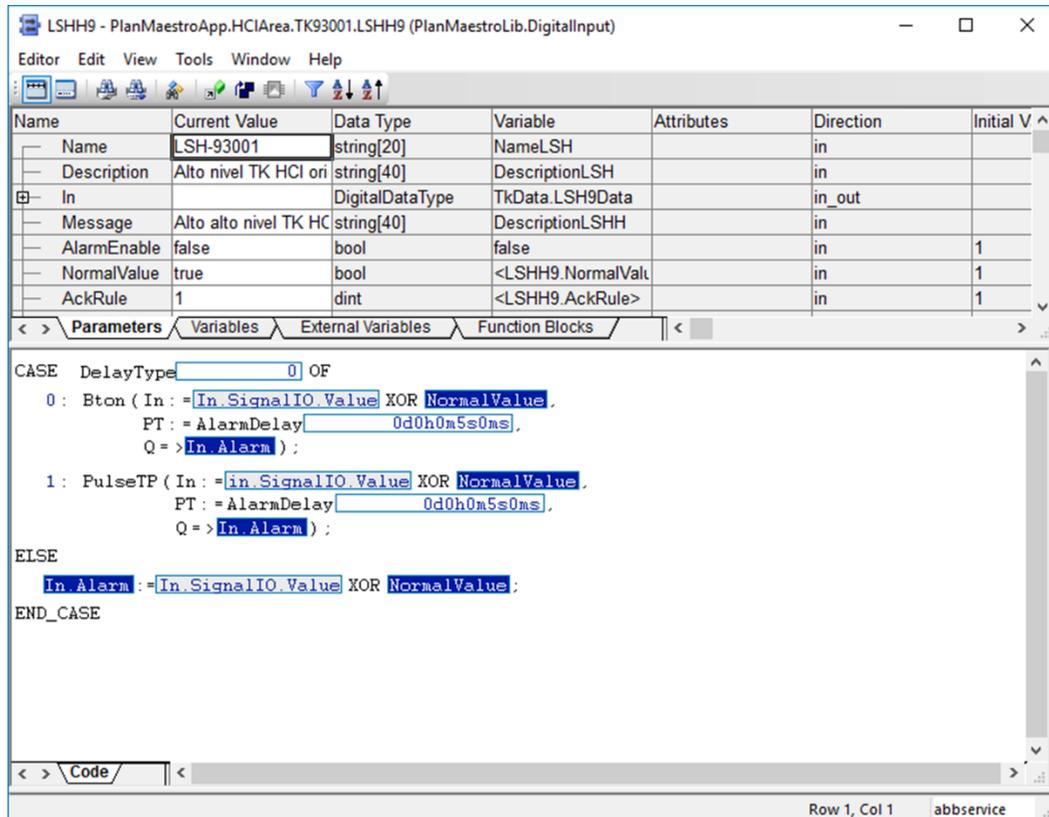


Fuente: Imagen del autor

Al momento de la implementación de los set de alarma, se programa los límites de trabajo de cada tanque, se nombra la descripción como una variable, para luego poderla colocar en los eventos y listas de alarma. También se programa por medio de lista de instrucciones un determinado tiempo, para cuando se presente una pérdida de la señal sea registrada como evento; todo esto debe ser visualizado en la pantalla del usuario (operador).

Esto se realiza a todos los ocho tanques de nivel haciendo una descripción a cada evento de acuerdo al tanque, para poder generar un reporte o un almacenamiento de datos como lo muestra la *Figura 3-27*

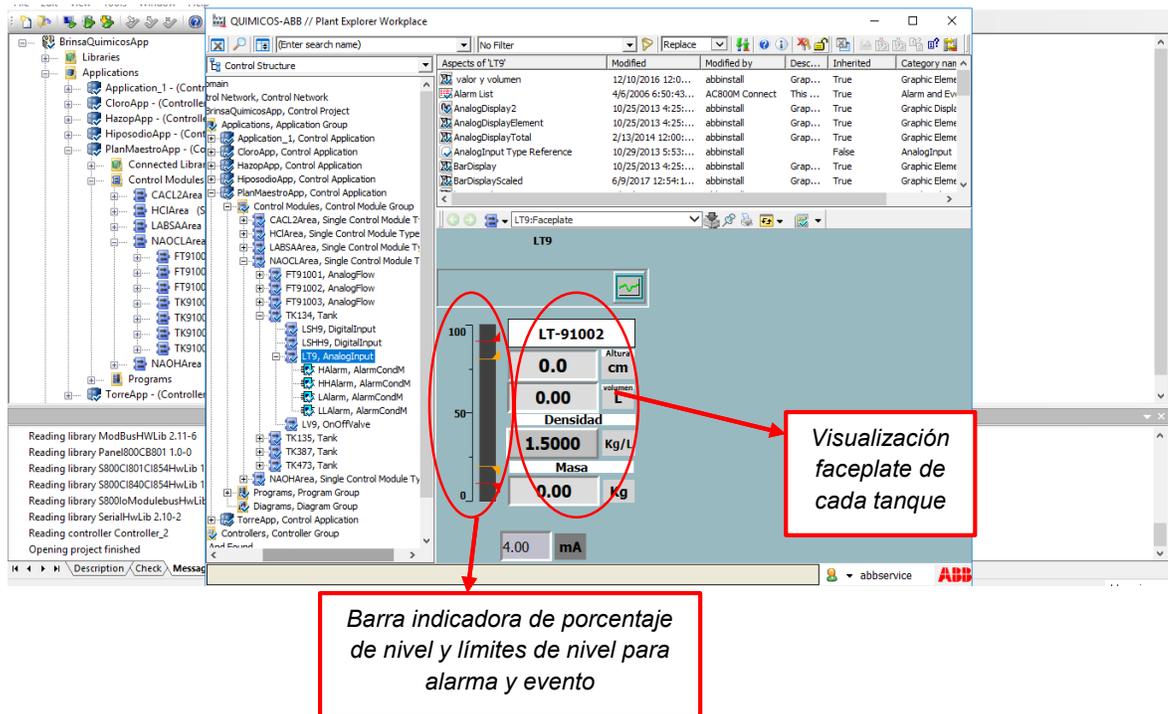
Figura 3-27 Programación límites de alarma



Fuente: Imagen del autor

Se realizó la programación de los faceplate (despliegue en un cuadro con la información), para la visualización de datos en tiempo real de cada uno de los tanques en el SCADA, con el fin de monitorear y registrar la información. Véase *Figura 3-28*

Figura 3-28 Detalle de los Faceplate



Fuente: Imagen del autor

Al realizar la implementación de los Faceplate, se direcciona dato por dato de lo que se pretende visualizar en la caja de información de cada uno de los tanques, el sistema da la posibilidad de realizar una simulación para hacer una prueba de la señal de manera manual, esto con el fin de comprobar la funcionalidad y que los datos registrados se encuentren correctamente. Ver *Figura 3-29*

Figura 3-29 Visualización de los Faceplate

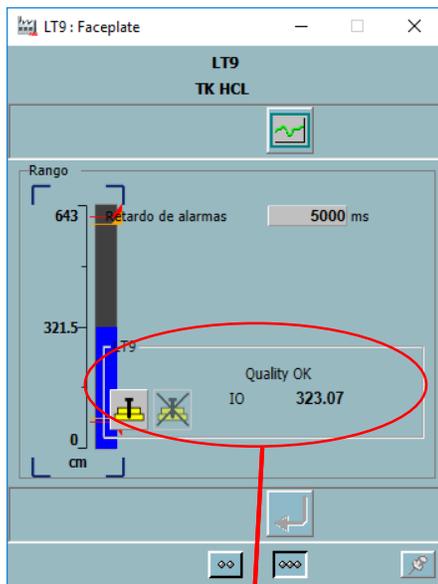
LT9 - PlanMaestroApp.HCIArea.TK93001.LT9 (PlanMaestroLib.AnalogInput)

Name	Current Value	Data Type	Variable	Attributes	Direction	Initial Value	I/O Address	I/O Description	Access Variables	Description
Name	LT-93001	string[20]	NameLT		in					
Description	Nivel TK HCl orienta	string[40]	DescriptionLT		in					
AnalogData		AnalogDataType	TkData.LT9Data		in_out					
HHValue	600.0	real	<LT9.HHValue>		in	90				
HValue	550.0	real	<LT9.HValue>		in	80				
LValue	100.0	real	<LT9.LValue>		in	20				
LLValue	50.0	real	<LT9.LLValue>		in	10				

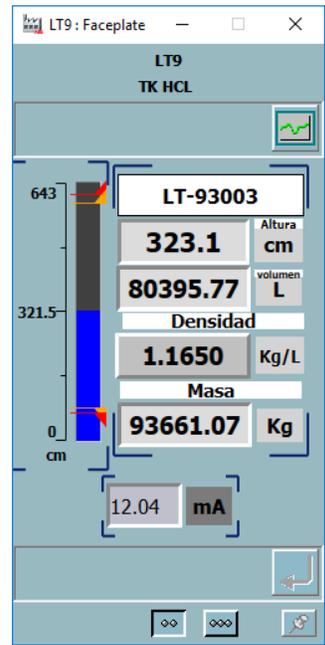
```

AnalogData.altura [550.77] := AnalogData.RealVariable.Value [550.77];
volumetrico
IF AnalogData.altura [550.77] >= point1 [0.0] AND AnalogData.altura [550.77] < point2 [220.0] THEN
  a1 := true;
  AnalogData.volumetrico [135495.9] := y1 [0.3996] + m1 [245.74] * (AnalogData.altura [550.77] - p1 [0.0]);
ELSE
  a1 := false;
END_IF
IF AnalogData.altura [550.77] >= point2 [220.0] AND AnalogData.altura [550.77] < point3 [510.0] THEN
  a2 := true;
  AnalogData.volumetrico [135495.9] := y2 [-72.574] + m2 [246.09] * (AnalogData.altura [550.77] - p2 [0.0]);
ELSE
  a2 := false;
END_IF
IF AnalogData.altura [550.77] >= point3 [510.0] AND AnalogData.altura [550.77] < point4 [700.0] THEN
  a3 := true;
  AnalogData.volumetrico [135495.9] := y3 [-328.44] + m3 [246.61] * (AnalogData.altura [550.77] - p3 [0.0]);
  
```

Code AlarmNames AUTOvolumen



Faceplate de simulación de señal



Fuente: Imagen del autor

3.8.6.5 Programación de lista de eventos y alarmas

- **Listado de eventos**

El listado de eventos da la posibilidad al usuario de monitorear la información de eventos que han ocurrido en el sistema, de esta manera se facilita la toma de decisiones para corregir problemas y/o hacer seguimientos de condiciones anómalas. Este listado también provee información de las últimas acciones realizadas por los usuarios tales como reconocimiento de alarmas, operación de dispositivos, edición de valores de alarmas, ingreso al sistema, etc.

El listado de eventos presenta la información de forma tabular con la posibilidad de organizarla según el criterio del usuario. Cada evento es una fila de la tabla y en cada columna se muestra información que permite identificar que dispositivo y/o condición generó el evento, en dichas columnas hay información tal como la hora y fecha del evento, la identificación del objeto, el texto de la señal y el estado de la señal.

Se implementaron todos los eventos con la descripción de cada uno de los tanques y luego se realizó pruebas de simulación para verlas reflejadas en la pantalla de usuario. Ver *Figura 3-30*

Figura 3-30 Listado de eventos

Prio	AlarmCh	EventTime	ObjectName	ObjectDescription	Condition	SubCondition	Message
3	New	20-10-16 12:25:32:430	TK472	TK472	LLAlarm	LLAlarm	Bajo bajo nivel
3	New	20-10-16 12:25:32:430	TK472	TK472	LAlarm	LAlarm	Bajo nivel
3	Inactive	20-10-16 12:25:27:179	TK472	TK472	HAlarm	HAlarm	Alto nivel
3	Inactive	20-10-16 12:25:27:179	TK472	TK472	HHAlarm	HHAlarm	Alto alto nivel
3	New	20-10-16 12:25:17:729	TK472	TK472	HAlarm	HAlarm	Alto nivel
3	New	20-10-16 12:25:17:729	TK472	TK472	HHAlarm	HHAlarm	Alto alto nivel
3	New	20-10-16 12:25:08:981	TK472	TK472	QAlarm	QAlarm	Falla de calidad de instrument
3	New	20-10-16 12:24:15:430	tk 52	tk 52	HAlarm	HAlarm	Alto nivel
3	New	20-10-16 12:24:15:430	tk 52	tk 52	HHAlarm	HHAlarm	Alto alto nivel
3	Inactive	20-10-16 12:24:10:179	tk 52	tk 52	QAlarm	QAlarm	Falla de calidad de instrument

Fuente: Imagen del autor

- **Listado de alarmas**

Una lista de alarmas es un resumen de todas las condiciones de alarma en el sistema y tiene como finalidad llamar la atención del operador con relación a una situación que debe ser atendida para evitar futuros problemas. Cabe considerar que una alarma es un tipo especial de evento, por lo cual toda alarma también es registrada en el listado de eventos o en otras palabras se puede decir que las alarmas es un subconjunto de los eventos.

Cada una de las filas con mensajes de alarma contienen información de la estampa de tiempo, nombre del dispositivo que genera la alarma, descripción de la alarma y estado. Ver *Figura 3-31*

Figura 3-31 Listado de alarmas

Ack	Prio	Alarm	ActiveTime	ObjectName	ObjectDescription	Condition	SubCondition	Message	Class
3	ACT	16 12:25:32:430	LT9	TK472	LAlarm	LAlarm	Bajo nivel	100	
3	ACT	16 12:25:32:430	LT9	TK472	LLAlarm	LLAlarm	Bajo bajo nivel	100	
3	RTN	16 12:25:17:729	LT9	TK472	HAlarm	HAlarm	Alto nivel	100	
3	RTN	16 12:25:17:729	LT9	TK472	HHAlarm	HHAlarm	Alto alto nivel	100	
3	ACT	16 12:25:08:981	LT9	TK472	QAlarm	QAlarm	Falla de calidad de instrumento	1	
3	ACT	16 12:25:04:392	2		HWError	HWError	Controller_2 (0000) Underflow, Forc	9950	
3	ACT	16 12:24:15:430	LT9	tk 52	HAlarm	HAlarm	Alto nivel	100	
3	ACT	16 12:24:15:430	LT9	tk 52	HHAlarm	HHAlarm	Alto alto nivel	100	
3	ACT	16 12:24:10:793	1		HWError	HWError	Controller_2 (0000) Underflow	9950	
3	RTN	16 12:24:05:979	LT9	tk 52	LAlarm	LAlarm	Bajo nivel	100	
3	RTN	16 12:24:05:979	LT9	tk 52	LLAlarm	LLAlarm	Bajo bajo nivel	100	

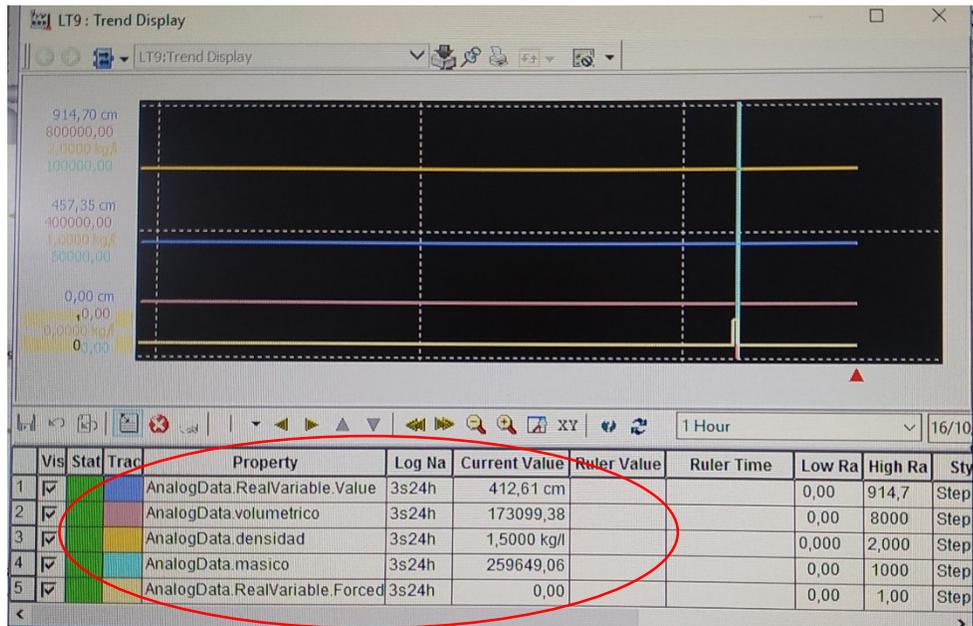
Fuente: Imagen del autor

3.8.6.6 Programación de gráficos de tendencia y almacenamiento de datos para los registros de inventarios

Las tendencias se usan para representar en forma gráfica información del proceso. Todos los valores de la información suministrada en el Faceplate, se verán reflejadas en gráficas de tendencia, donde almacena datos aproximadamente de seis meses atrás; toda esta información se puede exportar al programa Excel para realizar informes de inventarios.

Véase *Figura 3-32*

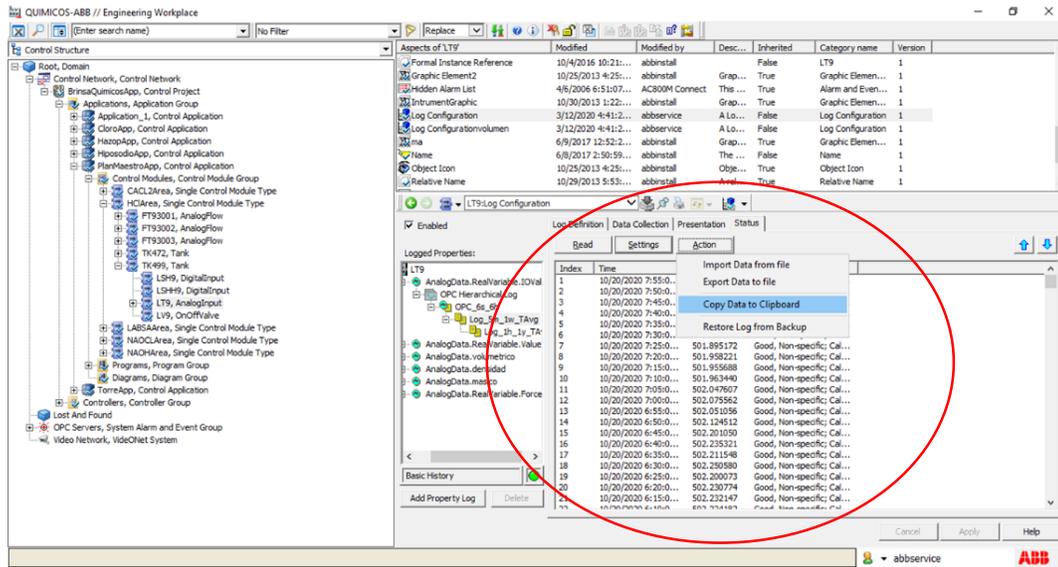
Figura 3-32 Gráfica de tendencia



Fuente: Imagen del autor

Luego se habilita desde el sistema de Control Builder la opción de exportar datos de los niveles de cada tanque con su respectiva fecha y hora. Con esta información se obtiene la información de producción por cada turno, y los inventarios que se tiene disponible. (Kroenke, 2013) Véase Figura 3-33

Figura 3-33 Exportar y habilitar datos a Excel.



Fuente: Imagen del autor

Datos obtenidos de nivel “distancia del líquido” del tanque TK-052, con un tiempo de información cada 5 minutos en el turno de 8 horas y según el aforo del tanque se sabe cuánto volumen tiene. Véase *Figura 3-34*

Figura 3-34 Datos de Excel arrojados desde Sistema de Control

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

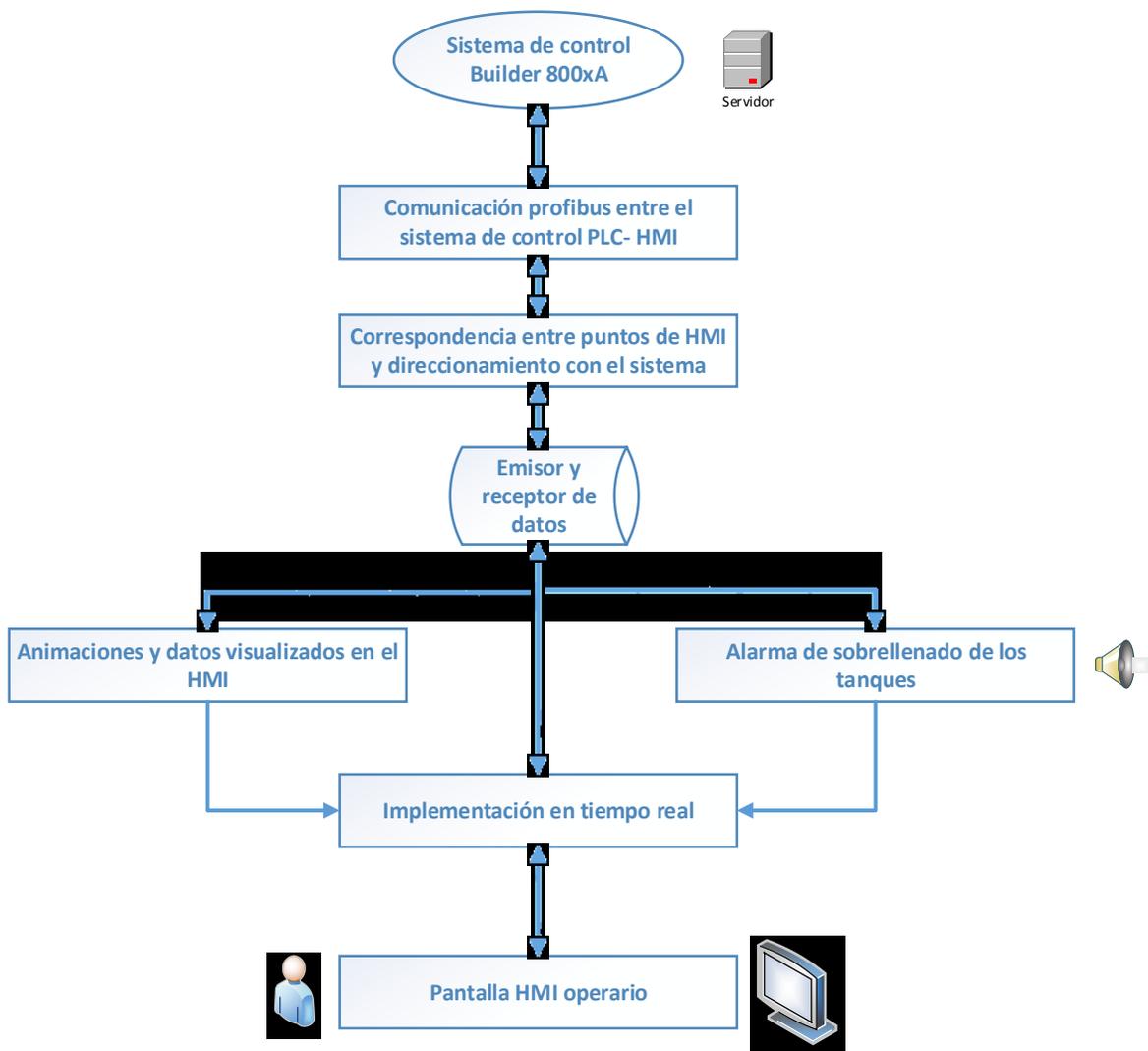
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	10/20/20207:55:00 AM	501.725952	524480													
2	10/20/20207:50:00 AM	501.749817	524480													
3	10/20/20207:45:00 AM	501.767212	524480													
4	10/20/20207:40:00 AM	501.795197	524480													
5	10/20/20207:35:00 AM	501.783691	524480													
6	10/20/20207:30:00 AM	501.797607	524480													
7	10/20/20207:25:00 AM	501.895172	524480													
8	10/20/20207:20:00 AM	501.958221	524480													
9	10/20/20207:15:00 AM	501.955688	524480													
10	10/20/20207:10:00 AM	501.96344	524480													
11	10/20/20207:05:00 AM	502.047607	524480													
12	10/20/20207:00:00 AM	502.075562	524480													
13	10/20/20206:55:00 AM	502.051056	524480													
14	10/20/20206:50:00 AM	502.124512	524480													
15	10/20/20206:45:00 AM	502.20105	524480													
16	10/20/20206:40:00 AM	502.235321	524480													
17	10/20/20206:35:00 AM	502.211548	524480													
18	10/20/20206:30:00 AM	502.25058	524480													
19	10/20/20206:25:00 AM	502.200073	524480													
20	10/20/20206:20:00 AM	502.230774	524480													
21	10/20/20206:15:00 AM	502.232147	524480													
22	10/20/20206:10:00 AM	502.224182	524480													
23	10/20/20206:05:00 AM	502.244476	524480													
24	10/20/20206:00:00 AM	502.247284	524480													

Fuente: Imagen del autor

3.9 Acondicionamiento al HMI

De acuerdo a la arquitectura de control actual, se realizó el siguiente diagrama de flujo *Figura 3-35*, explicando la implementación de los mímicos y el llamado de cada variable desde el controlador sistema Control Builder, con el fin de visualizar cada dato que se requiere en la pantalla HMI.

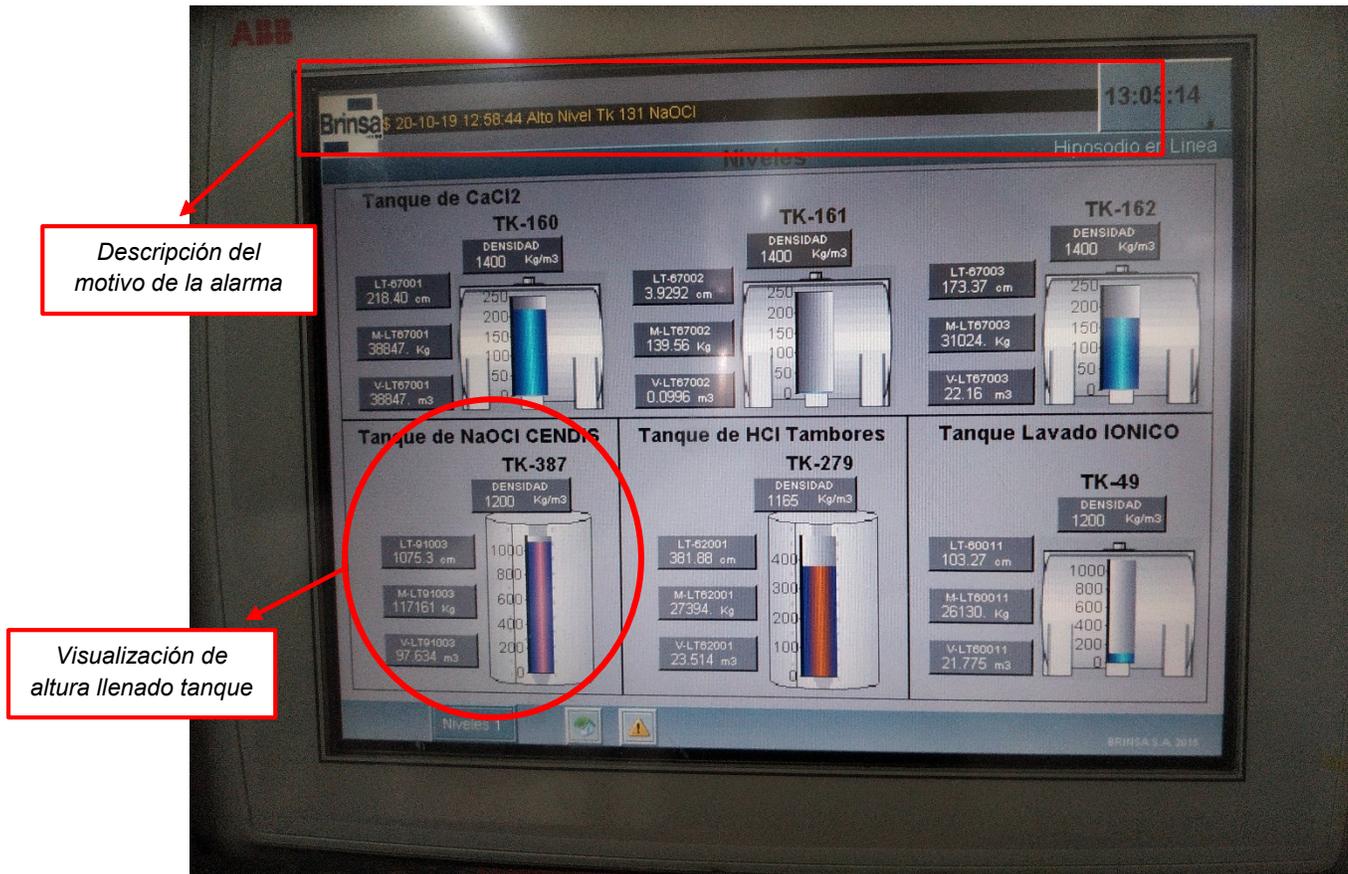
Figura 3-35 Diagrama de flujo implementación HMI



Fuente: Imagen del autor

La pantalla HMI es únicamente para la visualización de información. Se observa en la *Figura 3-36* los datos que puede ver el operador sobre cada tanque.

Figura 3-36 Modelo HMI implementación tanques de almacenamiento.



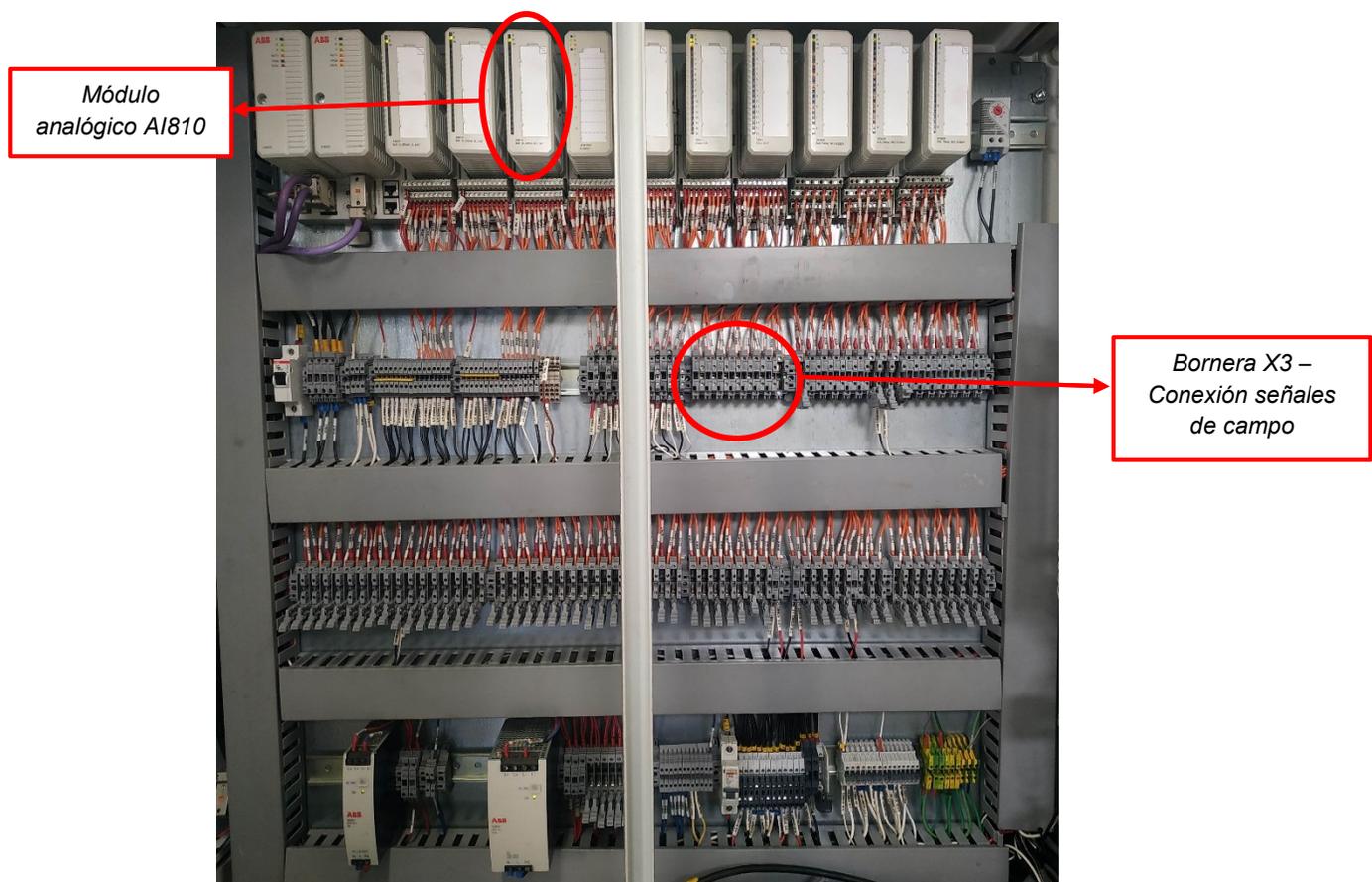
Fuente: Imagen del autor

3.10 Conexión, pruebas y puesta en marcha

3.10.1 Diseño e implementación módulo AI810

Para las señales analógicas se implementó en el Nodo de Plan Maestro un módulo adicional AI810 de ocho canales para la conexión de los sensores transmisores de nivel. Véase *Figura 3-24 Anexo E*

Figura 3-37 Implementación módulo analógico



Fuente: Imagen del autor

3.10.2 Conexión señales analógicas en el tablero PLC

Según la asignación de cada canal que se realizó en la programación del sistema Control Builder, se muestra en la *Tabla 13*, el modo de conexión que se efectuó en el Nodo Plan Maestro, donde se encuentra ubicado el PLC.

Tabla 13 Asignación señales analógicas

Conexión AI810	TAG	Descripción
AI.1	LT-91003	módulo 3 canal 1
AI.2	LT-91001	módulo 3 canal 2
AI.3	LT-91004	módulo 3 canal 3
AI.4	LT-91002	módulo 3 canal 4
AI.5	LT-92003	módulo 3 canal 5
AI.6	LT-93002	módulo 3 canal 6
AI.7	LT-93003	módulo 3 canal 7
AI.8	LT-93001	módulo 3 canal 8

Fuente: Tabla del autor

Luego de la asignación de cada canal se realiza la marcación del cableado y la conexión de las ocho señales analógicas que vienen de cada sensor transmisor de nivel, como lo muestra la *Figura 3-34*. Ver plano eléctrico **Anexo F**

Figura 3-38 Conexión de señales de los instrumentos



Fuente: Imagen del autor

3.10.3 Conexión y simulación de los instrumentos

Después de ser entregado por parte del contratista el tendido correspondiente de cableado desde el punto de ubicación del sensor transmisor hasta el tablero de control (PLC), se procedió a realizar la conexión en campo de los ocho sensor transmisores de nivel, en cada tanque correspondiente. Véase *Figura 3-35*.

Figura 3-39 Conexión de los instrumentos

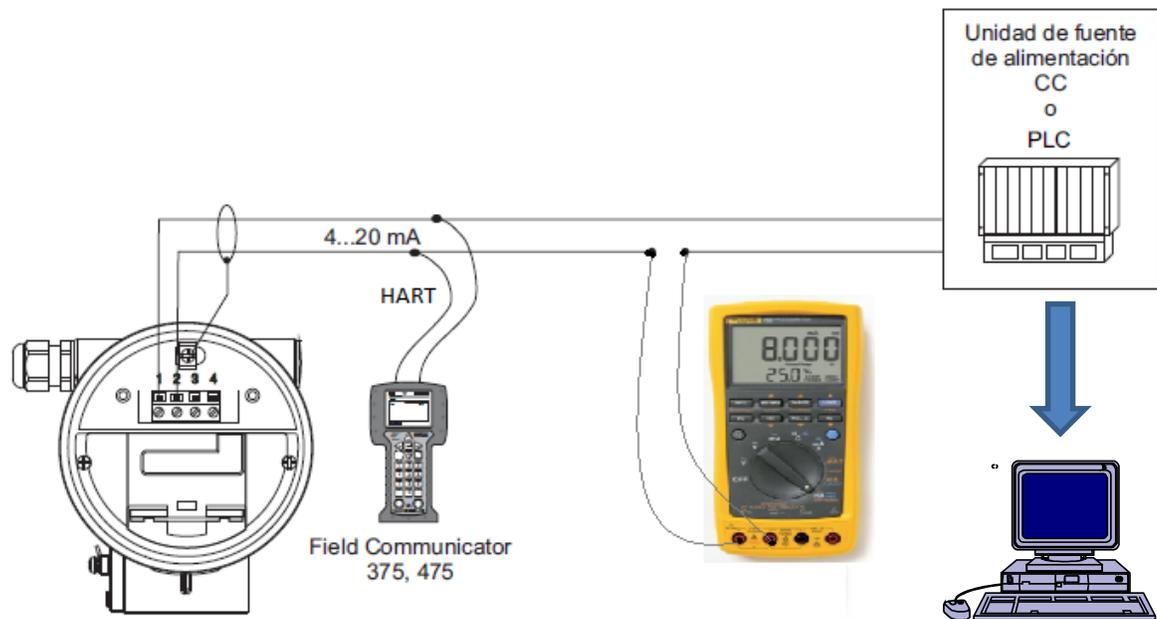


Fuente: Imagen del autor

Luego de ser conectada la señal en el sensor transmisor y en el tablero del PLC se energiza el instrumento, se realiza la simulación respectiva de los 4-20 mA mediante el comunicador

HART para tomar registro y comparación de cada una de las señales en el sistema SCADA y en la pantalla HMI. Ver *Figura 3-36*

Figura 3-40 Conexión y simulación del sensor transmisor



Fuente: Imagen del autor

3.10.4 Pruebas

- **Prueba No. 1**

Inicialmente se realiza una prueba en el cableado para verificar la continuidad e identificar cada una de las señales y se efectúa las correspondientes marquillas.

- **Prueba No. 2**

Esta prueba consiste en realizar una verificación de funcionamiento a cada una de las señales, mediante el método de comparación directa, se utiliza un instrumento patrón

(Multímetro), para validar que la salida de corriente corresponda al valor medido de la variable física y a su vez verificar los datos en el sistema SCADA y en la HMI.

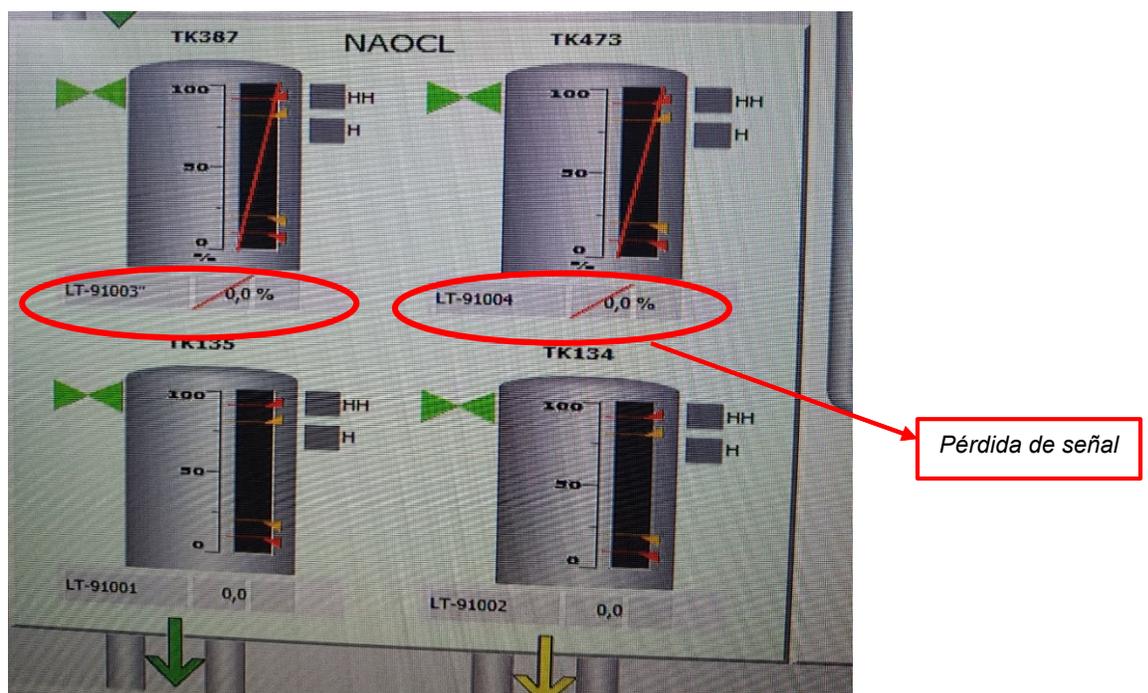
- **Prueba No. 3**

Esta prueba consiste en desconectar cada señal y verificar el estado actual en el sistema de control, donde debe reflejar una alarma por pérdida de señal del instrumento.

- **Prueba No. 4**

Se debe verificar que las mediciones entregadas en campo coincidan con las visualizadas en el HMI y en SCADA, comprobando que se activen las alarmas, nivel de los tanques, etc.

Figura 3-41 Prueba pérdida de señal



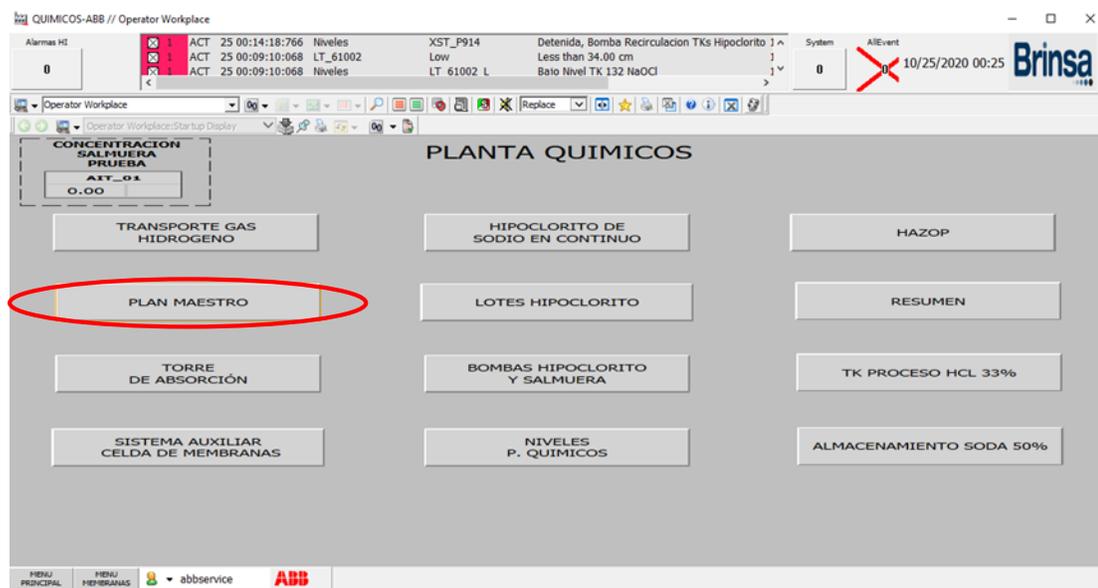
Fuente: Imagen del autor

4. Resultados finales

La sistematización de los inventarios que se realizó en el desarrollo del proyecto, no posee un controlador PID y/o de retroalimentación, ya que el objetivo de la compañía es asegurar que el producto no falte en los tanques y garantizar que tanto las líneas de producción como el envío en grandes cantidades se encuentre siempre disponible.

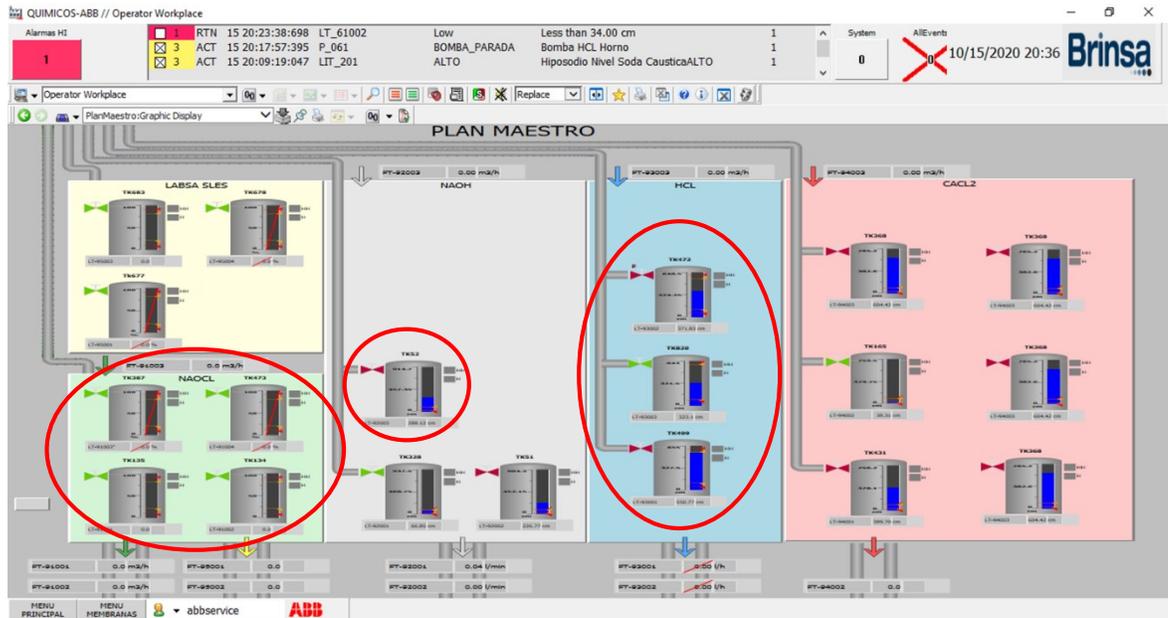
A continuación se relacionan las imágenes donde se evidencia la ejecución total del proyecto a satisfacción de la compañía.

Figura 4-1 Implementación pantalla acceso a tanques



Fuente: Imagen del autor

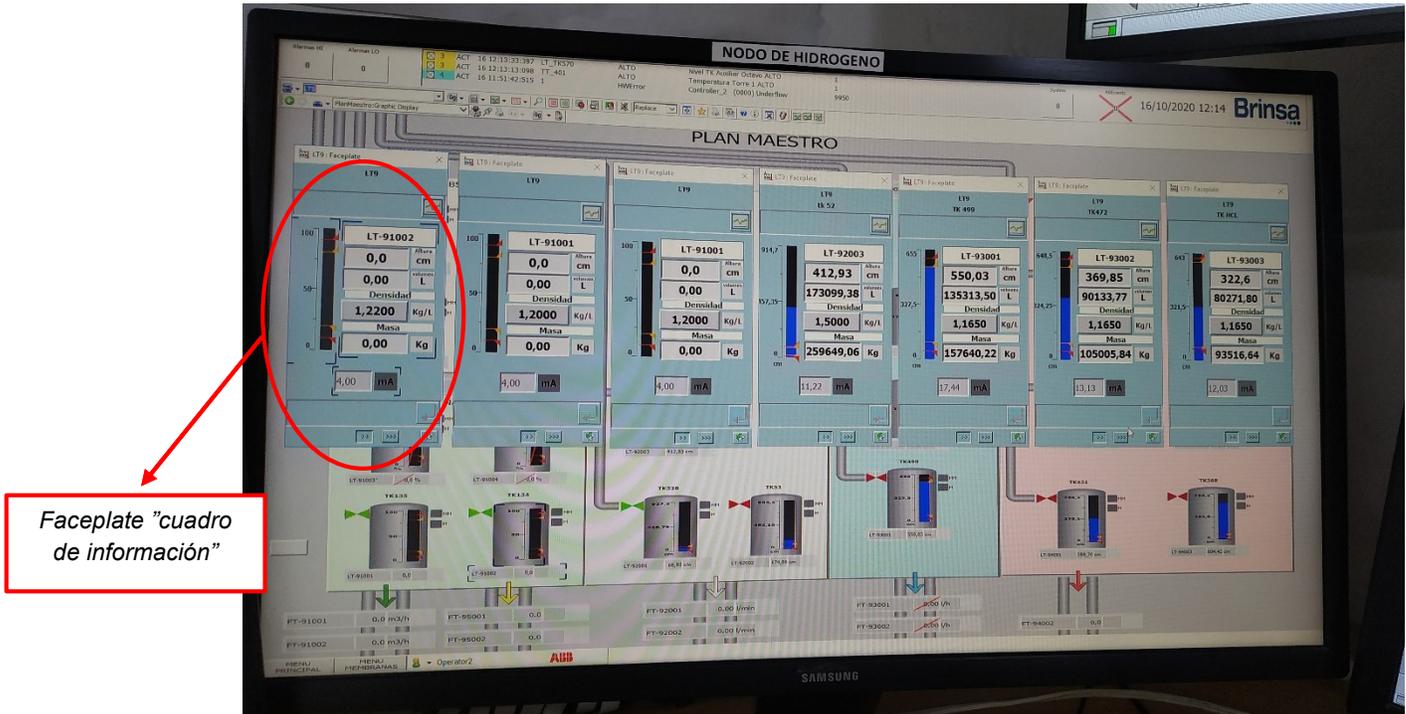
Figura 4-2 Pantalla tanques de almacenamiento



Fuente: Imagen del autor

Cada uno de los tanques se visualiza de forma general e indica el nivel del líquido en centímetros, gráficamente se muestra donde se encuentra ubicado los set de alarma por alto y bajo nivel, si se desea ver algún tanque en específico simplemente se da clic sobre este y aparecerá el faceplate con su respectiva información. Ver *Figura 4-3*

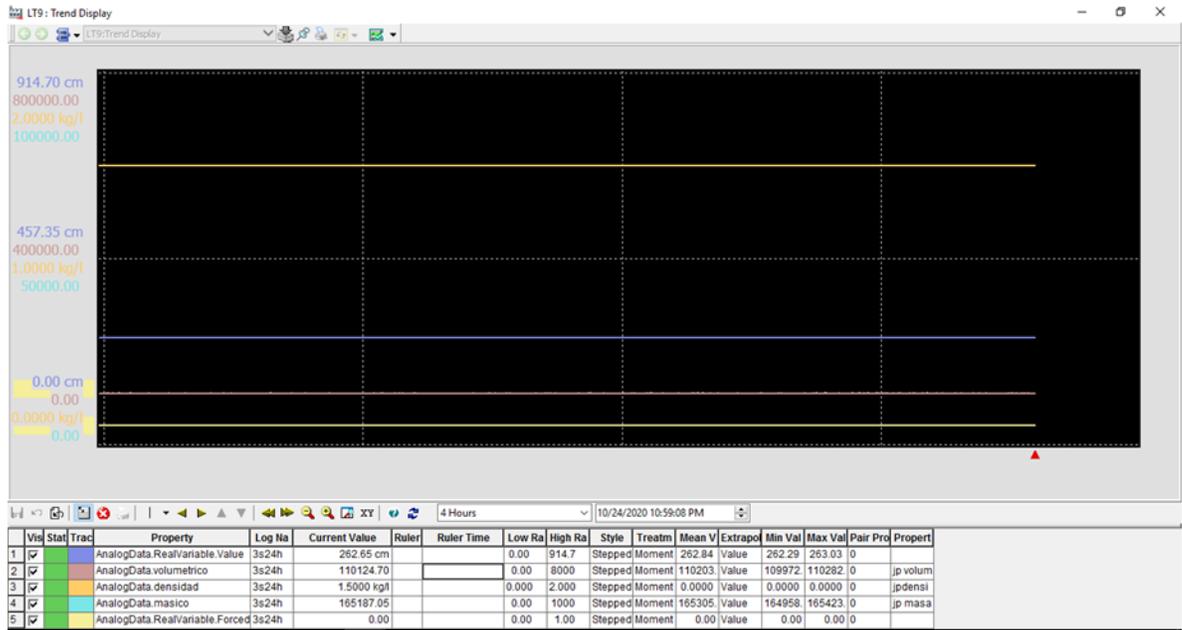
Figura 4-3 Faceplate de los tanques



Fuente: Imagen del autor

En esta pantalla se visualiza los datos almacenados de cada uno de los tanques por medio de gr1fica de tendencia, donde como se mencionaba anteriormente, visualiza los datos minuto a minuto del comportamiento de la se1al y en cada turno o al momento que se necesite registra los datos para la informaci3n requerida en los inventarios. Ver Figura 4-4

Figura 4-4 Gráfica de tendencias e información de datos

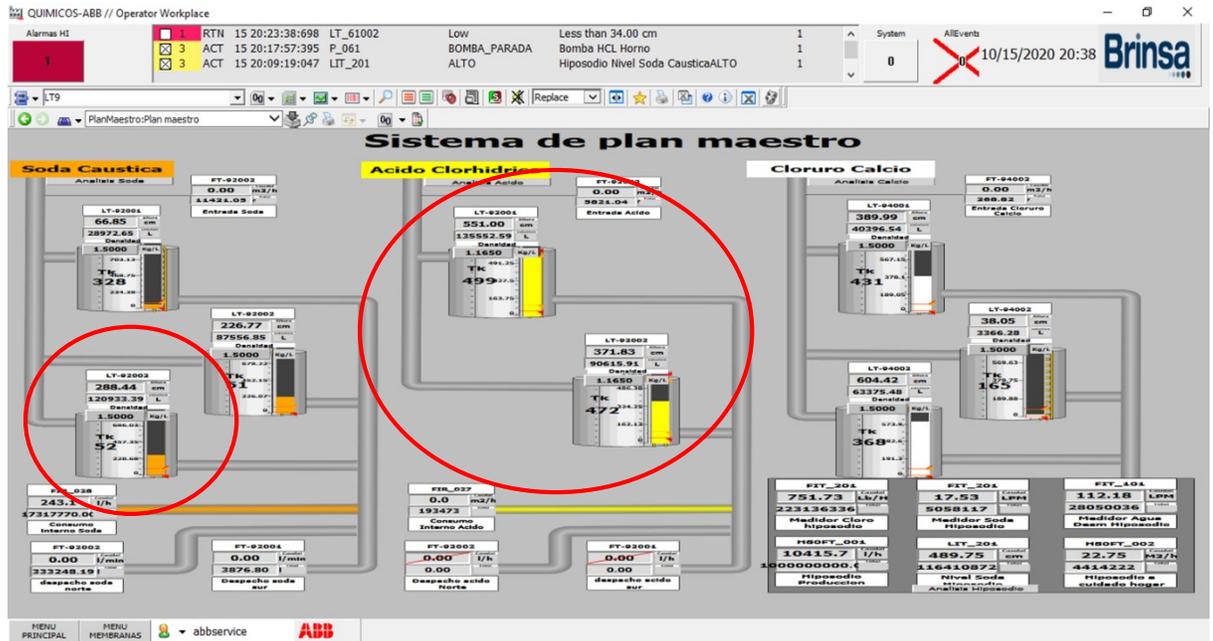


Fuente: Imagen del autor

Se implementó en la pantalla existente el nuevo tanque de almacenamiento de soda caustica y los dos tanques de ácido clorhídrico, ya que es una forma dinámica para que el operador pueda distinguir los diferentes tanques que existen actualmente por cada proceso.

Véase *Figura 4-5*

Figura 4-5 Pantalla por línea de proceso



Fuente: Imagen del autor

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Como resultado del proyecto, es posible concluir que es fundamental la sistematización de los procesos para obtener la información en tiempo real, pues se evidenció que los datos que se requerían para los informes se encontraban al instante.

Uno de los puntos fundamentales del proyecto es la información precisa en el sistema de inventarios, por lo anterior se puede concluir que no solo es suficiente realizar la programación y el acondicionamiento de la señal 4-20 mA en el sistema de control, sino que también es fundamental la adecuada configuración del sensor transmisor de nivel para tener valores exactos.

Los protocolos de comunicación son un sistema donde permite que dos o más equipos puedan transmitir información, es por esto que es muy importante al momento de sincronizar el programa se configure en la misma velocidad, para luego no presentar conflictos y pueda recibir o enviar adecuadamente los datos.

Al momento de realizar una estrategia de control se debe tener en cuenta los más mínimos detalles, ya que pueden parecer irrelevantes pero que a futuro pueden ser necesarios para cualquier evento.

Se evidenció que con solo la señal 4-20 mA, en este caso la altura del tanque, se pueda obtener diferentes datos importantes dentro del proceso. Como por ejemplo, la masa, el volumen, densidad, etc.

Se identificó que los lazos de control de cada uno de los procesos son en bucle abierto, pues no son automáticos y/o de retroalimentación. Se aprovechó el sistema de control existente y se logró que la estructura fuese mucho más completa.

Se diseñó todo el sistema buscando siempre la optimización de recursos teniendo en cuenta las mejoras futuras que se puedan implementar.

Toda la programación se realizó en el sistema de control y la HMI solo se configura para enviar y recibir datos

Al momento de realizar las instrucciones que se diseñaron para la implementación de la programación, se concluye que con los diferentes tipos de lenguaje (Ladder, lista de instrucciones, función de bloques, etc.) se pudo acondicionar la programación de acuerdo al proceso para facilitar la ejecución de las tareas

Con la implementación de este sistema la compañía se vio beneficiada en varios aspectos, además de desarrollar con éxito el proyecto; como por ejemplo la disminución de desperdicio de producto, disminución en tiempos, disminución de papel, aporte al medio ambiente, entre otros.

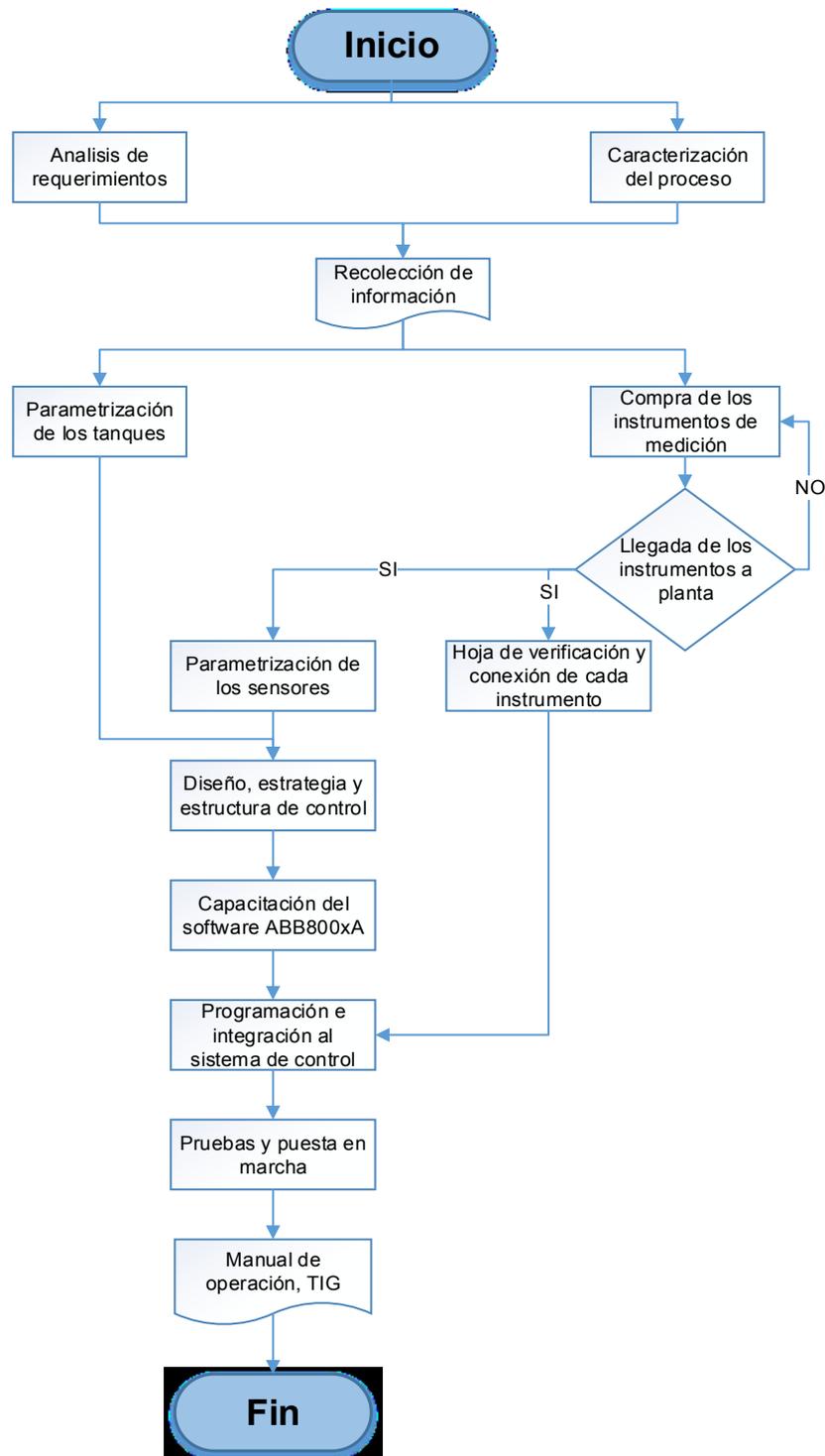
Para terminar es importante resaltar dos aspectos que fue de mucha ayuda en el desarrollo del proyecto. El primero es el orden con el que se debe llevar la programación realizada, ya que cuando se implementaron los mímicos en la HMI se pudo distinguir fácilmente y el segundo aspecto es la descripción de las variables en la programación, pues fueron de fácil comprensión para los diferentes usuarios.

5.2 Recomendaciones

Se sugiere a la compañía implementar lazo de control cerrado a cada uno de los tanques, con el fin de dar una continuidad a este proyecto y tener un sistema de llenado y de distribución de cada producto totalmente automático, ya que cuenta un excelente sistema de control.

Se recomienda tener un sensor de densidad (densímetro) en cada una de las líneas del producto, ya que por cambio de temperaturas puede influir en la masa total del producto.

Anexo A Diagrama de flujo metodología del proyecto



Anexo B Archivo de Excel Informe de producción, consumo e inventario

CODIGO: PD06009		INFORME DE PRODUCCION, CONSUMOS E INVENTARIO PLANTA DE QUIMICOS					Brinsa			
VERSION: 006		PLANTA DE QUIMICOS								
FECHA	AÑO	2020	MES	9	DIA	31				
BLANCOX 5.5%			Dispo.		TOTAL PRODUCCION (Ton)					
TANQUE	NIVEL TK	VOLUMEN	PCH r...		HIPO 2.5%	ACIDO CLORHIDRICO				
0		0,000	↕		HIPO 5.25% CONTINUO	CLORO LIQUIDO				
0		0,000			HIPO 8.3%	CLORURO DE CALCIO				
0		0,000			HIPO 15% LOTES	LABSA				
0		0,000			SODA CAUSTICA 32%	0,00	SLES			
0		0,000			SODA CAUSTICA 50%	0,00	ACIDO SULFURICO 98%			
0		0,000								
TOTAL NaClO 5.5% (Ton)		0,000			INDICES MEMBRANA					
Hipo (2.5%) O (8.3%)			Dispo.		Produccion NaOH 32% Litros/d	ECU MEMBRANA		0,000		
0		0,000	PCH r...		VOLTAJE I ELECTR(S).	kW / Ton NaOH 100%		0,00		
0		0,000			kA Día	TOTAL MW		0,00		
AL NaClO 2.5% O 8.3%		0,000			CONC. (I) NaOH 32% m/m	kW / ECU		0,000		
HIPOSODIO 15%			Dispo.		Densidad Promedio TK706 C	kW / Ton NaOH (96.5 Ef)		2111,32		
TK 134		0,000	Desp r...		TN NaOH 100%	0,000	kW / Ton NaOH Teorico		2038	
TK 135		0,000	↕		CONSUMOS					
TK 794		0,000			HIPOCLORITO DE SODIO 15%		ACIDO CLORHIDRICO 33%			
TK 473		0,000			DESTINO		TOTAL (Ton)	DESTINO		TOTAL (Ton)
TK 769		0,000			BOMBEO 2.5% O 8.3% a PCH		COLUMNAS DE MEMBRANA			
TK 779		0,000			A HIPO 2.5 O 8.3% DE LOTES		AJUSTE pH SALMUERA			
0		0,000			A 5.25% DE LOTES		DESCOMP CLORATOS			
0		0,000			PLANTA DE AGUA		ME001			
TOTAL NaClO 15% (Ton)		0,000			DESMERCURIZACION		ME002			
ACIDO CLORHIDRICO 33%			Dispo.		PISCICLOR		CLORURO DE CALCIO			
					AGROCLOR		DESMERCURIZACION			

ACIDO CLORHIDRICO 33%			Dispo.
TANQUE	NIVEL TK (mm)	VOLUMEN (m ³)	Desp r...
TK139		0,000	25
TK299		0,000	
TK798		0,000	
TK820		0,000	
TK499		0,000	
TK472		0,000	
TOTAL HCl 33% (Ton)		0,000	

SODA CAUSTICA 50%			Dispo.
TANQUE	NIVEL TK (mm)	VOLUMEN (m ³)	Desp r...
TK051		0,000	120
TK052		0,000	
TK328		0,000	
TOTAL NaOH 50% (Ton)		0,000	

SODA CAUSTICA 32%			Dispo.
TANQUE	NIVEL TK (mm)	VOLUMEN (m ³)	Desp r...
TK177 (HT1)		0,000	20
TK178 (HT2)		0,000	
TK437 (HT3)		0,000	
TOTAL NaOH 32% (Ton)		0,000	

SODA CAUSTICA 20%			Dispo.
TANQUE	NIVEL TK (mm)	VOLUMEN (m ³)	Desp r...
TK748		0,000	20
TK749		0,000	
TOTAL NaOH 20% (Ton)		0,000	

CLORO LIQUIDO		Dispo.
TANQUE	TOTAL (KG)	le r...
TK150 (NORTE)		5
TK149 (CENTRO)		
TK148 (SUR)		
TOTAL Cloro Liquido (Ton)		

CLORO LIQUIDO		Dispo.
TANQUE	TOTAL (KG)	le r...
TK150 (NORTE)		5
TK149 (CENTRO)		
TK148 (SUR)		
TOTAL Cloro Liquido (Ton)		

CLORURO DE CALCIO 38%			Dispo.
TANQUE	NIVEL TK (mm)	VOLUMEN (m ³)	Desp r...
TK165		0,000	25
TK431		0,000	
TK368		0,000	
TOTAL CaCl2 38% (Ton)		0,00	

LABSA 96.5%			Dispo.
TANQUE	NIVEL TK (mm)	TOTAL (Ton)	Desp r...
TK677 (ORI)		0,000	20
TK678 (OCC)		0,000	
TK602 COCCI		0,000	
TK603 CORI		0,000	
TOTAL LABSA 96.5% (Ton)		0,000	

SLES 28%			Dispo.
TANQUE	NIVEL TK (mm)	TOTAL (Ton)	PCH r...
TK682 (ORI)		0,000	10
TK683 (OCC)		0,000	
TOTAL LESS 26.5% (Ton)		0,000	

PISCICLOR		CLORURO DE CALCIO	
AGROCLOR		DESMECURIZACION	
HIPOCLORITO AL 13%		DESMINERAL	
BIDONES DE HIPO		NEUTRALIZACION	
TAMBORES HIPO		TAMBORES	
IBC's 1200 Kg		IBC's	
TOTAL NaClO 15% (Ton)	0,00	TOTAL HCl 33% (Ton)	0,00

SODA CAUSTICA 32%		CONSUMOS SULFONACION	
DESTINO	OTAL (Ton)	DESTINO	OTAL (Ton)
TK VIII-H		Kg LAB/DIA	
TK HIPO CONTINUO		INDICE Kg LAB/LESS	
PREPARAR NaOH 20%		PLANTA DE ASEO (Kg)	
PLANTA DE SAL		GARRAFA 20 Kg	
DESMINERAL		TAMBOR 215 Kg	
PLANTA DE ASEO		IBC's 1000 Kg	
DESMERCURIZACION		TOTAL LABSA (Ton)	0,00
NEUTRALIZACION		Kg LEA/DIA	0,000
PLANTA DE AGUA		INDICE Kg LEA/LESS	0,0000
CLORURO DE CALCIO		PLANTA DE ASEO (Kg)	
PLANTA DE SULFONACION		GARRAFA 20 Kg	
IBC's		TAMBOR 215 Kg	
GARRAFAS		IBC's 1000 Kg	
TOTAL NaOH 32% (Ton)	0,00	TOTAL LESS (Ton)	0,00

INVENTARIO Y CONSUMOS (KG)					
COD LX	PRODUCTO	INICIAL	ENTRADAS	CONSUMO	FINAL
20400180	Sulfuro de Sodio	15850			15850
20400190	Sulfuro de Sodio	200			200
20400115	Bisulfito	37050			37050
20200060	Caliza	113,5			113,48
20500081	Azufre Solido	85500			85500
24701001	Nitrogeno Liquido	2520			2520
13010102	Acido Sulfurico	20171			20171

20400190	Sulfuro de Sodio	200			200
20400115	Bisulfito	37050			37050
20200060	Caliza	113,5			113,48
20500081	Azufre Solido	85500			85500
24701001	Nitrogeno Liquido	2520			2520
13010102	Acido Sulfurico	20171			20171

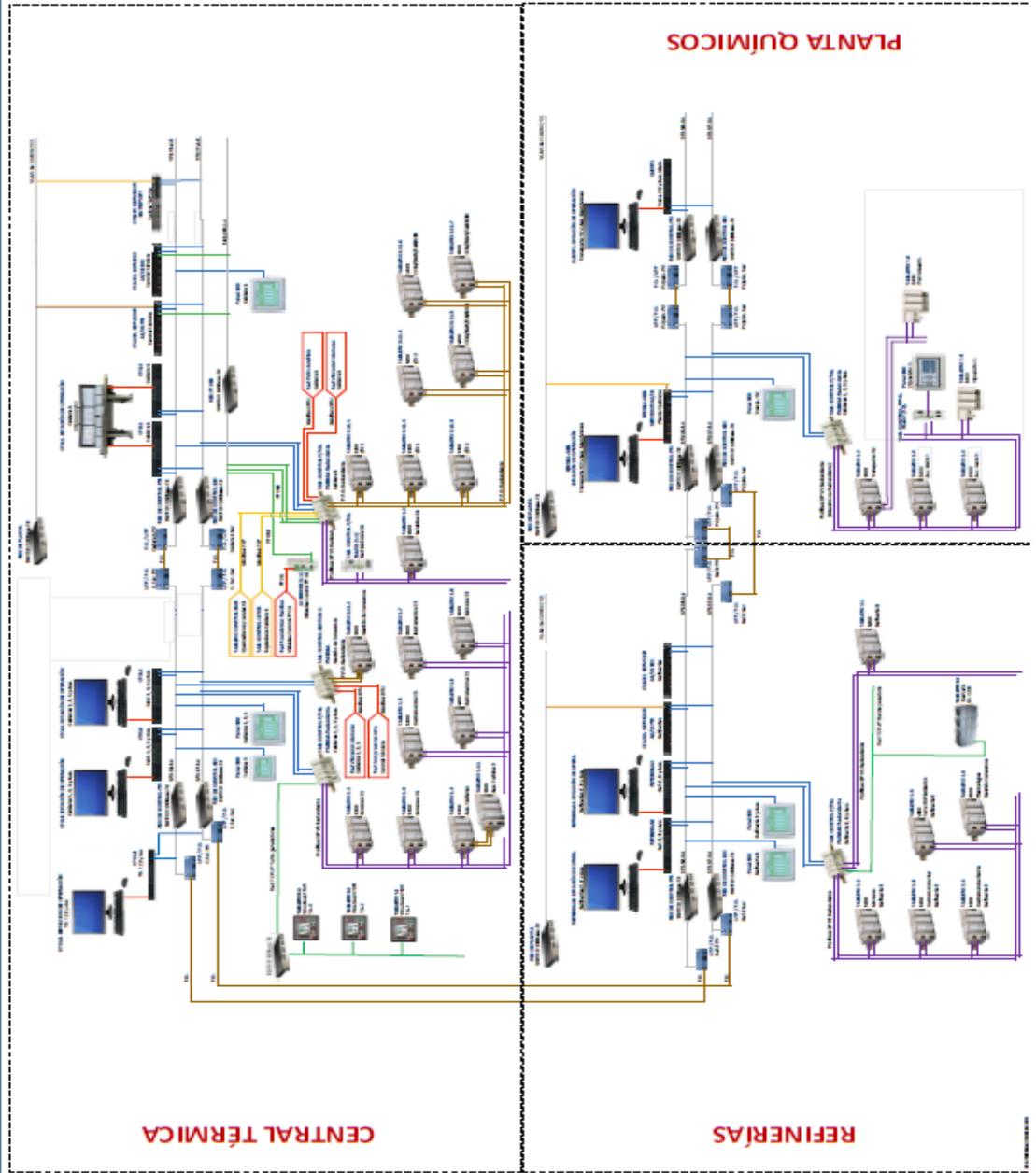
OBSERVACIONES:

SUPERVISOR DE TURNO C

Anexo C Arquitectura de control Sistema 800xA

Brinsa
S.A.

Arquitectura de Control, Sistemas 800xA Brinsa S.A.



Anexo D Factura de compra de los instrumentos

Fecha: 17.06.2020

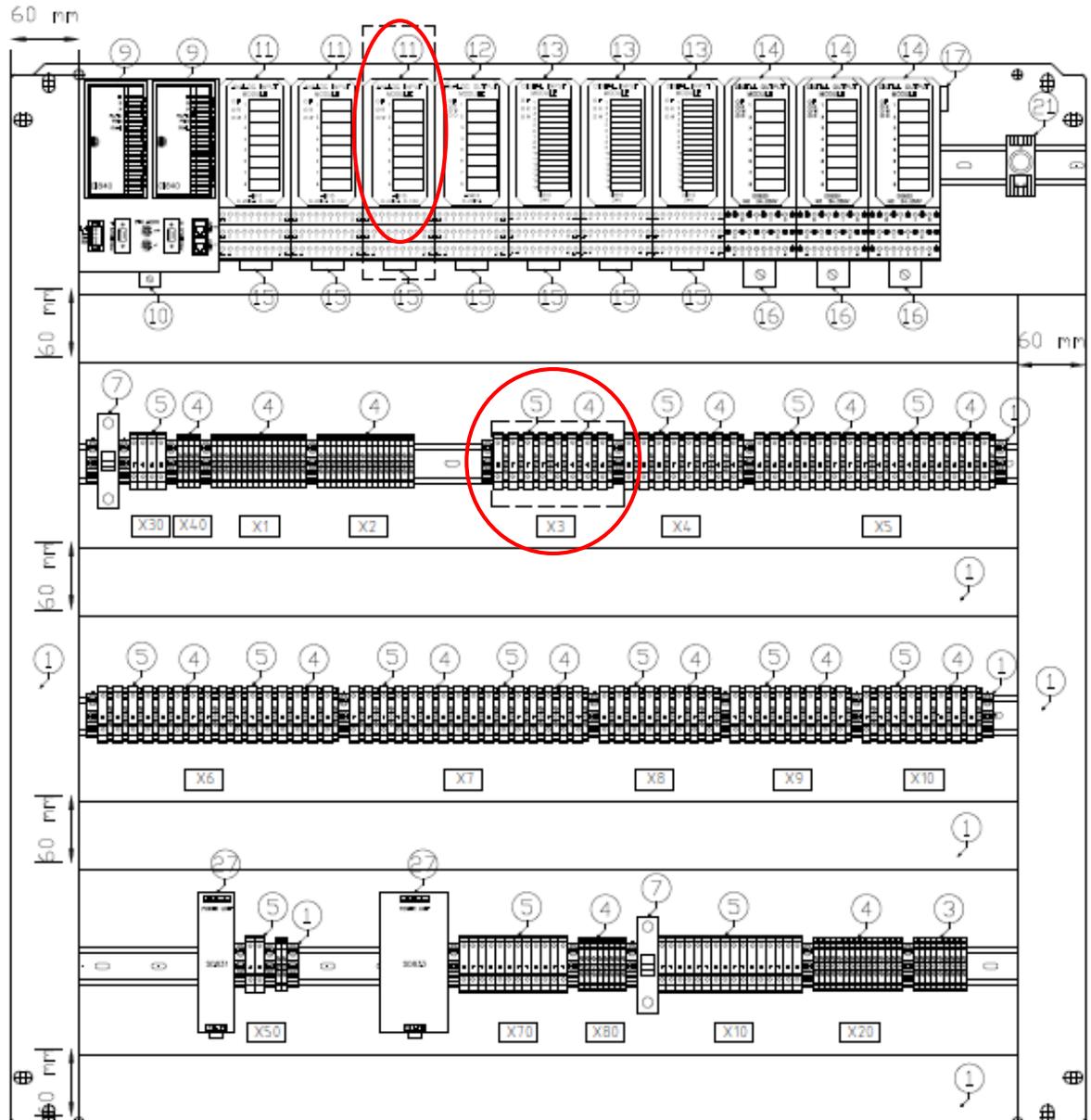
Oferta 2052040492

Pagina 2 de 1

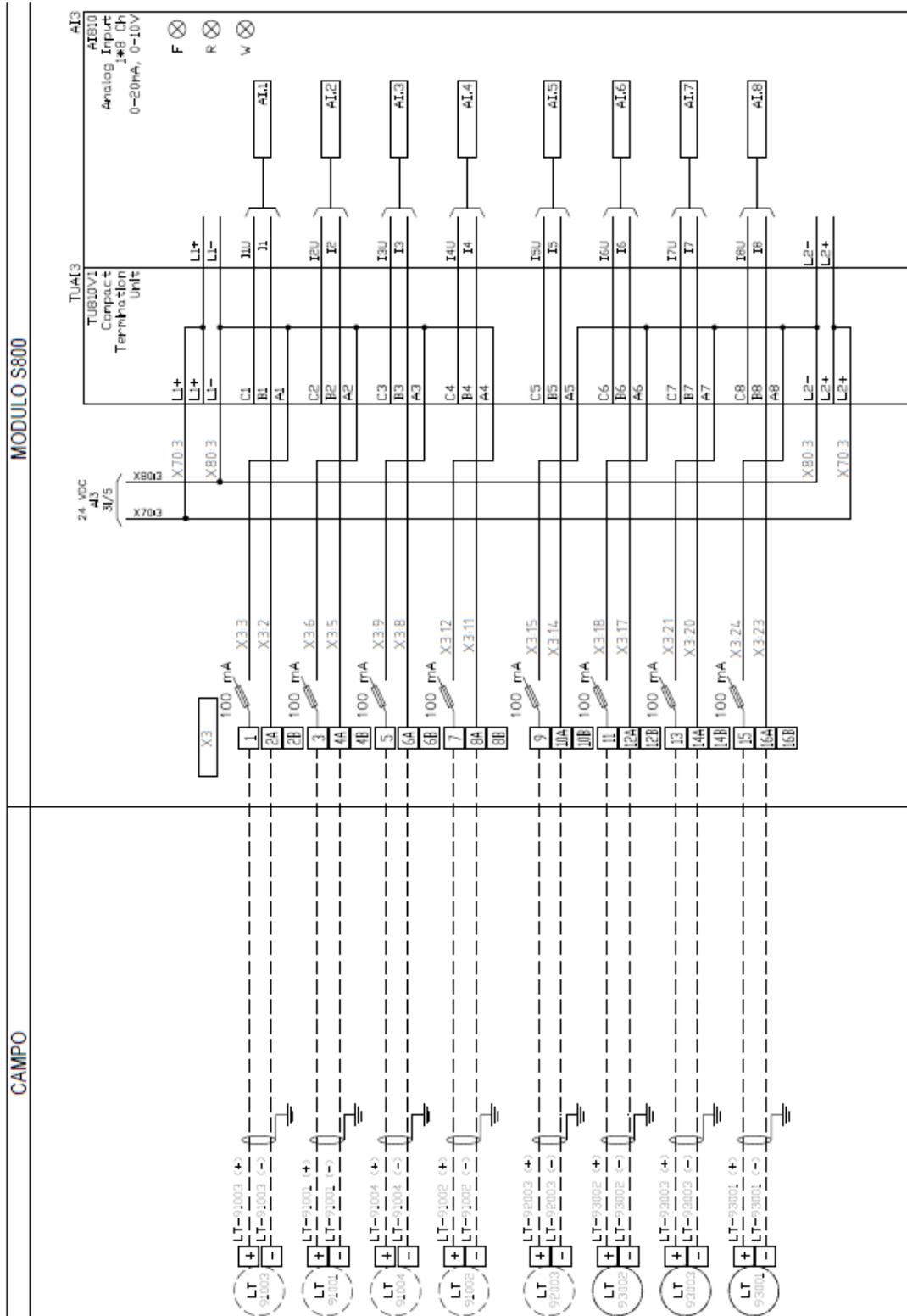
Resumen

Artículo	Cantidad	Código de orden	Tiempo de entrega	Precio unitario USD	Precio total USD
0010	1	CPS11D-7BT21 Orbisint CPS11D Memosens AIT60001 SENSOR		657.56	657.56
0020	1	CPA640-E221 Ecofit CPA640		380.58	380.58
0030	1	CYK10-A051 Cable de Medida CYK10 Memosens		285.39	285.39
0040	1	CM442-Q3J7/0 CM442-AAAM1AZF061A+ADHH Liquiline CM442		2,646.73	2,646.73
0050	3	FMD78-5TF55/101 FMD78-AAC7LF8AF1BU+SC Deltabar S FMD78 DPT64001/02/03		4,902.25	14,706.76
0060	1	5P3B50-XD69/0 5P3B50-AAIBAAAFADDEA1K2AA1+ADEB Promag P 300, 5P3B50, DN50 2" FT67001		4,406.42	4,406.42
0070	3	FMR62-12JM6/0 FMR62-AAACADGMF6AFK+ADEH Micropilot FMR62 LT60021/22/23		4,300.67	12,902.02
0080	4	FMR50-QXA1/0 FMR50-AAACADBNUEA+ADEH Micropilot M FMR50 LT60024/15/16/17		2,748.35	10,993.41
0090	8	FMR62-12JM6/0 FMR62-AAACADGMF6AFK+ADEH Micropilot FMR62 LT61010/11/12/13/14/18/19/20		4,300.68	34,405.40
0100	3	FMR62-133U6/0 FMR62-AAALADGMF6AFK+ADEH Micropilot FMR62 LT7008/09/10		4,260.68	12,782.05

Anexo E Diseño Nodo Plan Maestro



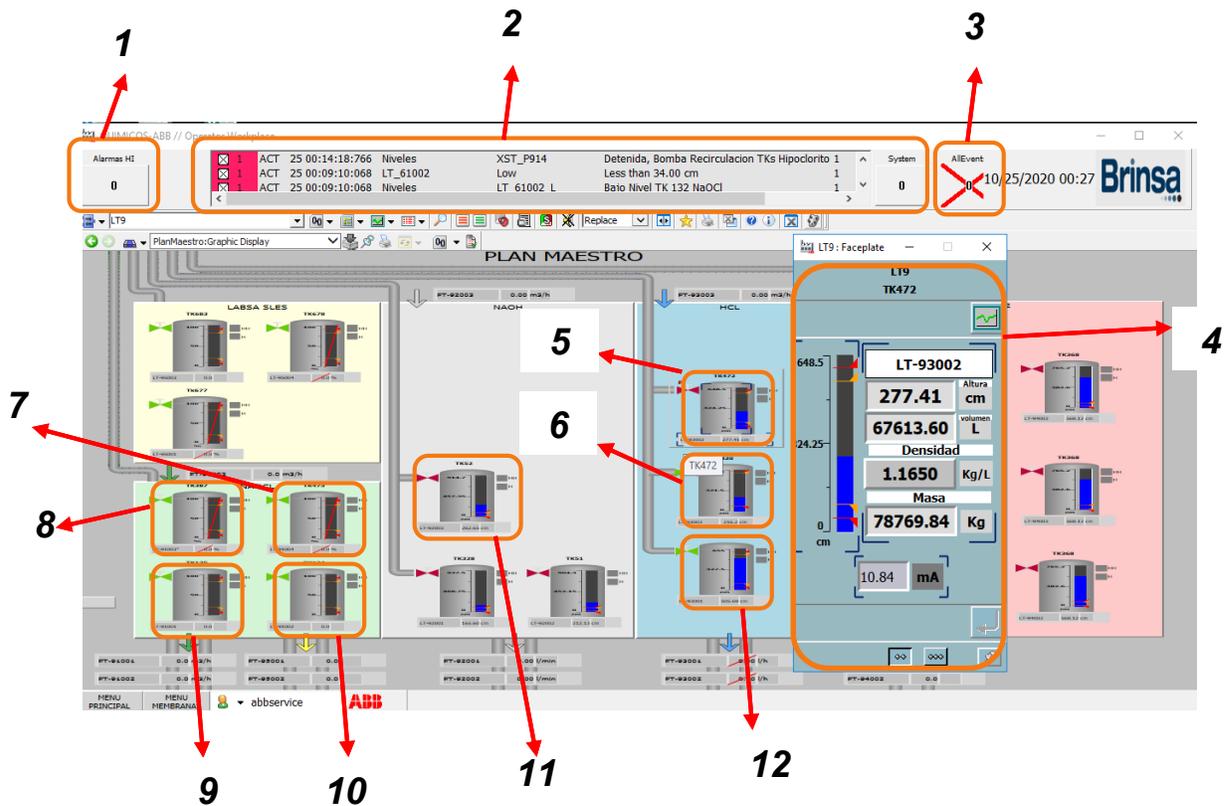
Anexo F Plano eléctrico conexión de señales



Anexo G Manual de operación

Este manual muestra de forma sencilla la nueva implementación de los tanques de almacenamiento en el sistema de control existente, donde se puede visualizar toda la información necesaria para los inventarios de los ocho tanques. A continuación se dará a conocer el manejo de esta información por medio de unos pasos de navegación en la pantalla nodo de hidrogeno, “Sistema SCADA”.

- En la pantalla principal de todos los procesos, dar clic  
- Se abrirá los tanques a nivel general, con su respectiva descripción, como lo muestra la imagen.



1. Cantidad de alarmas sin reconocer.
2. Descripción de alarmas, eventos como del sistema y del proceso.
3. Cantidad de eventos sin reconocer.

4. Faceplate “cuadro de información” de cada tanque.

5. Tanque con HCL TK-472.

6. Tanque con HCL TK-820.

7. Tanque con NaOCL TK-473.

8. Tanque con NaOCL TK-387.

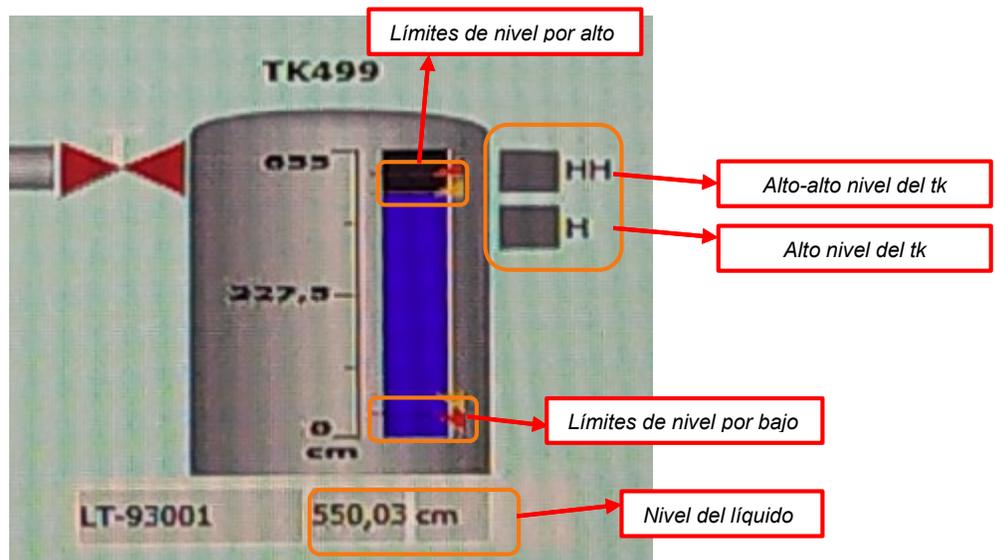
9. Tanque con NaOCL TK-135.

10. Tanque con NaOCL TK-134.

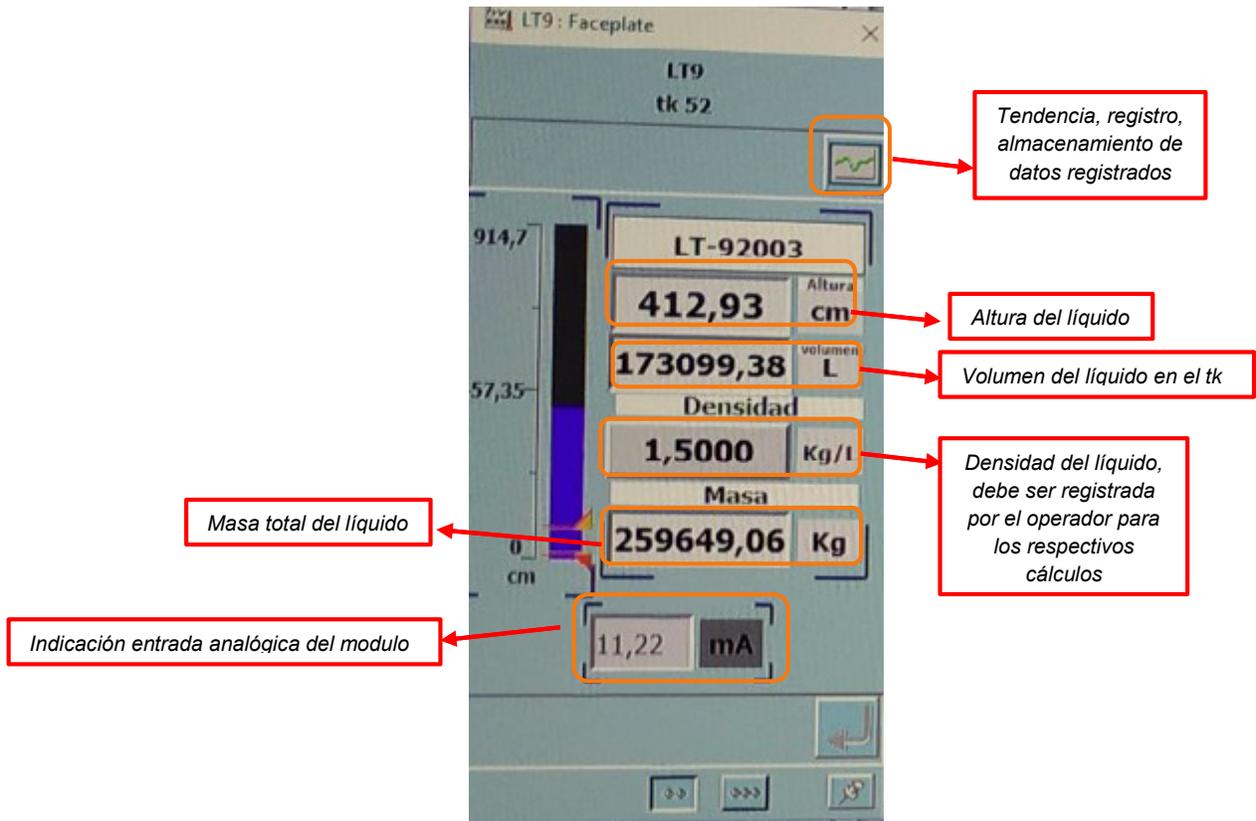
11. Tanque con NaOH TK-052.

12. Tanque con HCL TK-499.

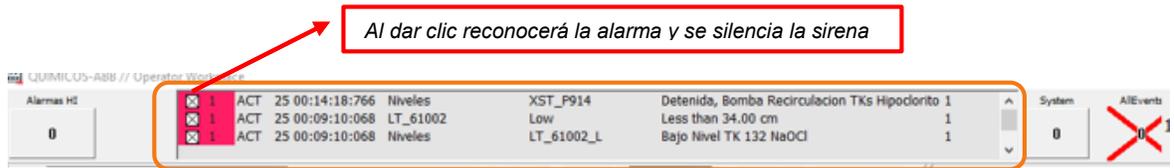
- En cada tanque se observa el nivel del líquido gráficamente y con indicación, también aparece en donde están los límites de alarma de alto alto y alto nivel, al momento que se active alguno tendrá intermitencia el cuadro de HH alto alto, H alto nivel del tanque con su respectiva descripción de alarma.



- Al momento de requerir información de cualquiera de los tanques más detallada, es darle clic  sobre del tanque y aparecerá el faceplate.



- Todos los eventos, reconocer alarmas y descripción de cada una de ellas, aparece en la parte superior de la pantalla donde queda registrado todo con su respectiva fecha y hora.



6. Bibliografía

- ABB, A. (2020). *AC 800M Controller and Communication interfaces Outline of all modules* (pp. 1–8). <https://new.abb.com/control-systems/system-800xa/800xa-dcs/engineering/libraries>
- AC800M, A. (2020). *Operaciones del Sistema 800xA*. <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3BSE063691&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- Association, N. E. M. (2020). *NEMA*. <https://www.nema.org/>
- Bahón, C. A., & Giner, C. R. (2004). *Tecnología de sistemas de control - Angulo, Raya - Google Libros* (E. UPC (ed.)). [https://books.google.com.co/books?id=Vbd11zVvk_QC&printsec=frontcover&dq=sistemas+de+control&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi8kÖen2Y_tAhWlUt8KHeUfBA8Q6AEwAHoECAAQAg#v=onepage&q=sistemas de control&f=false](https://books.google.com.co/books?id=Vbd11zVvk_QC&printsec=frontcover&dq=sistemas+de+control&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi8kÖen2Y_tAhWlUt8KHeUfBA8Q6AEwAHoECAAQAg#v=onepage&q=sistemas%20de%20control&f=false)
- Brinsa:Home. (2020). *Home - Brinsa*. <http://www.brinsa.com.co/>
- Creus, A. (2010). *Instrumentación industrial* (Alfaomega (ed.); 8 edition).
- Dorf, R. C., & Bishop, R. H. (2010). *Modern Control Systems, 12th Edition_part1.pdf*.
- Endress+Hauser. (2020). *Medición por radar - Micropilot FMR62 | Endress+Hauser*. <https://www.es.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-nivel/medicion-nivel-por-radar-80GHz>
- Krause, H. (2007). Virtual Commissioning of a Large Lng Plant With the Dcs „ 800Xa “ By Abb. In *EuroSim*.
- Kroenke, D. M. (2013). *Procesamiento de base de datos* (PEARSON (ed.)).
- LE RIVEREND BRUSONE, J. J. (2019). LAS INDUSTRIAS. In *Los orígenes de la economía cubana* (pp. 29–37). <https://doi.org/10.2307/j.ctvbcd2pc.6>
- Penin, A. R. (2007). *Sistemas SCADA*. http://www.marcombo.com/Sistemas-scada_2-ed__isbn9788426714503.html
- Pinto Bermúdez, E., Matía, F., Pearson, E., & Hall, P. (2011). *Ingeniería de control moderna*. www.pearsoneducacion.com
- Rosemount, S. (2012). *Sensor transmisor de nivel por radar sin contacto , de cuatro hilos y con las mejores prestaciones grandes desafíos*.
- S.A.S., S. (2020). *SEITA -Ingeniería en Tecnología y Automatización*. <https://www.seita.com.co/>
- UNED. (2011). *PAC-Performance-centered Adaptive Curriculum for Employment Needs*.

Vega Instrumentos, S. . (2020). *VEGA Americas, Inc. - Medición de nivel - Interruptores de nivel - Sensor sensor transmisores de presión* | VEGA. <https://www.vega.com/es-us>

Wonderware. (2020). *SCADA | Wonderware Iberia*. <https://www.wonderware.es/hmi-scada/que-es-scada/>

Rodriguez, A. (2012). *Sistemas SCADA 3a Edición*. Barcelona: Marcombo

Hägg, L., & Sandberg, J. (2017). www.emerson.com. Obtenido de <https://www.emerson.com/documents/automation/gu%EDa-la-gu%EDa-de-inicio-r%E1pido-del-ingeniero-para-la-medici%F3n-de-tanques-rosemount-es-es-4261176.pdf>