

| | | | | | | | |
|---|---|----------------|----------|-----------------|-------------|---------------|---|
|  | GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS | | | | | |    |
| | CARTA DE AUTORIZACIÓN | | | | | | |
| CÓDIGO | AP-BIB-FO-06 | VERSIÓN | 1 | VIGENCIA | 2014 | PÁGINA | 1 de 2 |

Neiva, 19 de Noviembre del 2015

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Uberney Castañeda Perez _____, con C.C. No. 1075541842 _____,
 _____, con C.C. No. _____,
 _____, con C.C. No. _____,
 _____, con C.C. No. _____,

autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o _____

titulado: Automatización del control de llenado en los procesos de almacenamiento y dosificación del ácido sulfúrico en la empresa Quinsa _____

presentado y aprobado en el año 2015 como requisito para optar al título de

Ingeniero Electrónico _____;

autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.

- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

| | | | | | | | |
|---------------|---|----------------|----------|-----------------|-------------|---------------|---------------|
| | GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS | | | | | | |
| | CARTA DE AUTORIZACIÓN | | | | | | |
| CÓDIGO | AP-BIB-FO-06 | VERSIÓN | 1 | VIGENCIA | 2014 | PÁGINA | 2 de 2 |

- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores” , los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

| | | | | | | | |
|---|--|----------------|----------|-----------------|-------------|---|---------------|
|  | GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS | | | | |    | |
| | DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO | | | | | | |
| CÓDIGO | AP-BIB-FO-07 | VERSIÓN | 1 | VIGENCIA | 2014 | PÁGINA | 1 de 3 |

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Automatización del control de llenado en los procesos de almacenamiento y dosificación del ácido sulfúrico en la empresa Quinsa.

AUTOR O AUTORES:

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| Castañeda Perez | Uberney |

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| Robayo Betancourt | Faiber Ignacio |

ASESOR (ES):

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| | |

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Electrónico

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería Electrónica

CIUDAD: Neiva **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2015 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 72

| | | | | | | | |
|---|--|----------------|----------|-----------------|-------------|---|---------------|
|  | GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS | | | | |    | |
| | DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO | | | | | | |
| CÓDIGO | AP-BIB-FO-07 | VERSIÓN | 1 | VIGENCIA | 2014 | PÁGINA | 2 de 3 |

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas___ Fotografías_x_ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general___ Grabados___ Láminas___
 Litografías___ Mapas___ Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___ Tablas o
 Cuadros_x_

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

PDF (Portable Document File)

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

| <u>Español</u> | <u>Inglés</u> | <u>Español</u> | <u>Inglés</u> |
|--------------------|----------------|----------------|---------------|
| 1. Control | Control | 6. Transmisor | Transmitter |
| 2. Automatización | Automation | 7. _____ | _____ |
| 3. Ácido Sulfúrico | Sulphuric Acid | 8. _____ | _____ |
| 4. PLC | PLC | 9. _____ | _____ |
| 5. HMI | HMI | 10. _____ | _____ |

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Este proyecto consiste en la automatización del control de llenado en el tanque número 4 de la zona de almacenamiento, el cual tiene la capacidad de almacenar 20000 litros de ácido sulfúrico, también controlar el llenado del dosificador, para realizar la reacción del ácido sulfúrico con la bauxita de forma más controlada y precisa evitando riesgos de operación, esto se logra mediante el diseño e implementación de un sistema que utiliza un sensor y transmisor de caudal SITRANS F M MAGFLO MAG 3100 y MAG 5000 respectivamente, para medir el caudal, un PLC Vision V120-22-T2C el cual realiza las acciones de control sobre las válvulas solenoides y la bomba centrifuga, y un HMI Maxtech MT070 que permite al operario manipular e interactuar con el sistema para realizar las

| | | | | | | | |
|---|--|----------------|----------|-----------------|-------------|---|---------------|
|  | GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS | | | | |    | |
| | DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO | | | | | | |
| CÓDIGO | AP-BIB-FO-07 | VERSIÓN | 1 | VIGENCIA | 2014 | PÁGINA | 3 de 3 |

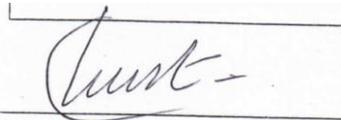
operaciones de almacenamiento y dosificación de forma automática o manual. Como resultado de este trabajo, se obtiene un sistema en el cual el operario puede almacenar y dosificar, en el tanque número 4 y dosificador número 1, el ácido sulfúrico de forma automática o manual desde el tablero de operación de forma segura.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

This project involves the automation of filling control at number 4 tank storage area, which has the capacity to store 20,000 liters of sulfuric acid, also control the filling of the dispenser, for reaction with sulfuric acid Bauxite more controlled and precise manner avoiding operational risks, this is achieved by designing and implementing a system that uses a flow sensor and transmitter SITRANS FM MAG 3100 and MAG 5000 respectively, to measure the flow, a PLC Vision V120 -22-T2C which performs control actions on the solenoid valves and the centrifugal pump, and Maxtech MT070 HMI that allows the operator to manipulate and interact with the system for the storage and dosage operations automatically or manually. As a result of this work, a system in which the operator can store and dispense, in tank number 4 and number dispenser 1, the sulfuric acid automatically or manually from the operation board is obtained securely.

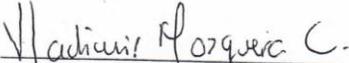
APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Agustín Soto Otálora



FIRMA DEL JURADO

Nombre Jurado: Vladimir Mosquera Cerquera



FIRMA DEL JURADO

Nombre Jurado:

Firma:

**AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE LLENADO EN LOS PROCESOS DE
ALMACENAMIENTO Y DOSIFICACIÓN DEL ÁCIDO SULFÚRICO EN LA
EMPRESA QUINSA**

**UBERNEY CASTAÑEDA PEREZ
Cód. 2007269115**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA HUILA
2015**

**AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE LLENADO EN LOS PROCESOS DE
ALMACENAMIENTO Y DOSIFICACIÓN DEL ÁCIDO SULFÚRICO EN LA
EMPRESA QUINSA**

**UBERNEY CASTAÑEDA PEREZ
Cód. 2007269115**

Trabajo presentado modalidad pasantía como requisito para obtener el título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO

Director:
**FAIBER IGNACIO ROBAYO BETANCOURT
Magister Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA HUILA
2015**

Nota de aceptación

Firma del director del proyecto

Firma del Primer jurado

Firma del Segundo jurado

Neiva, 17 de junio del 2015

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres que con todo su cariño y amor, me han brindaron su apoyo y acompañamiento para lograr alcanzar esta meta, y a mis queridas hermanas que son parte fundamental de mi existir.

Uberney Castañeda Perez

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme alcanzar esta etapa de mi vida.

A mis padres por todo su esfuerzo y apoyo brindado para realizar este sueño. A mis hermanas las cuales aprecio y adoro.

A todos los familiares y amigos que de una u otra forma me han colaborado para llegar a este punto de mi carrera y vida ofreciendo su ayuda desinteresadamente.

A mis amigos y compañeros de colegio y universidad, por el acompañamiento y amistad ofrecida durante mis estudios sorteando las variadas dificultades académicas.

A la Universidad Surcolombiana y el programa de Ingeniería Electrónica por transmitir sus conocimientos para formar un futuro mejor y en especial al Ingeniero Faiber I. Robayo por su asesoría y acompañamiento durante este proyecto.

A la empresa QUINSA y su personal por acogerme y brindarme la oportunidad para realizar este proyecto de grado.

CONTENIDO

Pág.

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 14 |
| 1. OBJETIVOS | 16 |
| 1.1 GENERAL | 16 |
| 1.2 ESPECÍFICOS | 16 |
| 2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA | 17 |
| 2.1 QUÍMICA INTEGRADA S.A. | 17 |
| 2.2 RESEÑA HISTÓRICA | 17 |
| 2.3 PRODUCTOS Y SERVICIOS | 18 |
| 2.4 MEDICIÓN DE NIVEL EN LA ZONA DE ALMACENAMIENTO Y DOSIFICACIÓN DEL ÁCIDO SULFÚRICO ANTES DEL PROYECTO | 19 |
| 2.5 INDUCCIÓN A LA EMPRESA QUINSA | 21 |
| 3. DESCRIPCIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL PROYECTO..... | 22 |
| 3.1 SENSOR MAG 3100 Y TRANSMISOR MAG 5000..... | 22 |
| 3.1.1 Principio de medición del sensor MAG 3100 | 23 |
| 3.1.2 Principio de funcionamiento del sensor MAG 3100 y transmisor MAG 5000 | 24 |
| 3.1.3 Datos técnicos del sensor MAG 3100 y transmisor MAG 5000 | 24 |
| 3.1.4 Configuración del transmisor MAG 5000 | 27 |
| 3.2 PLC VISION V120-22-T2C..... | 30 |
| 3.2.1 Datos técnicos y configuración del PLC Vision V120-22-T2C..... | 30 |
| 3.2.2 Programación del PLC V120-22-T2C..... | 31 |
| 3.3 HMI MAXTECH MT070 | 40 |
| 3.3.1 Datos técnicos y configuración del HMI MAXTECH MT070..... | 41 |
| 3.3.2 Programación del HMI MAXTECH MT070..... | 43 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 3.4 | VÁLVULAS SOLENOIDES | 55 |
| 3.4.1 | Datos técnicos válvulas solenoides..... | 56 |
| 3.5 | FUENTE DE ALIMENTACIÓN | 57 |
| 3.5.1 | Datos técnicos fuente de alimentación..... | 58 |
| 3.6 | RELÉ HF115F 024-1ZS1B (257) | 58 |
| 3.6.1 | Datos técnicos relé HF115F..... | 59 |
| 4. | FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA..... | 60 |
| 4.1 | SECCIONES DEL SISTEMA | 60 |
| 4.1.1 | Tablero de operación | 60 |
| 4.1.2 | Tablero de respaldo. | 63 |
| 4.1.3 | Elementos terminales..... | 65 |
| 4.2 | EJECUCIÓN DEL SISTEMA..... | 66 |
| 5. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 69 |
| 5.1 | CONCLUSIONES | 69 |
| 5.2 | RECOMENDACIONES | 70 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 71 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. Zona de almacenamiento del ácido sulfúrico empresa Quinsa..... | 19 |
| Figura 2. Dosificador 1 de ácido sulfúrico empresa Quinsa..... | 20 |
| Figura 3. Medición nivel de los tanques de almacenamiento y dosificación. | 21 |
| Figura 4. Sensor MAG 3100 ubicado en la salida de la bomba centrífuga. | 22 |
| Figura 5. Principio de medición del sensor MAG 3000. | 23 |
| Figura 6. Descripción de la interfaz del usuario MAG 5000. | 28 |
| Figura 7. Interfaz del usuario MAG 5000. | 29 |
| Figura 8. PLC Vision V120-22-T2C..... | 30 |
| Figura 9. Segmento 1 de la programación del PLC Vision V120-22-T2C. | 32 |
| Figura 10. Segmento 2 de la programación del PLC Vision V120-22-T2C. | 32 |
| Figura 11. Configuración COM INIT 1..... | 33 |
| Figura 12. Segmento 3 de la programación del PLC Vision V120-22-T2C. | 34 |
| Figura 13. Segmento 4 de la programación del PLC Vision V120-22-T2C..... | 35 |
| Figura 14. Segmento 5 de la programación del PLC Vision V120-22-T2C..... | 35 |
| Figura 15. Segmento 6 de la programación del PLC Vision V120-22-T2C..... | 35 |
| Figura 16. Segmento 7 de la programación del PLC Vision V120-22-T2C..... | 36 |
| Figura 17. Segmento 8 de la programación del PLC Vision V120-22-T2C..... | 37 |
| Figura 18. Segmento 9 de la programación del PLC Vision V120-22-T2C..... | 38 |
| Figura 19. Segmento 10 de la programación del PLC Vision V120-22-T2C..... | 39 |
| Figura 20. Segmento 11 de la programación del PLC Vision V120-22-T2C..... | 40 |
| Figura 21. HMI MAXTECH MT070..... | 41 |
| Figura 22. Propiedades del enlace. Pestaña General..... | 42 |
| Figura 23. Propiedades del enlace. Pestaña Parámetros..... | 43 |
| Figura 24. Pantalla Modos..... | 44 |
| Figura 25. Macro abrir modos..... | 44 |
| Figura 26. Pantalla operación manual..... | 45 |
| Figura 27. Ejemplo del botón tipo ON-OFF..... | 46 |

| | |
|---|--------------------------------------|
| Figura 28. Pantalla ver..... | 46 |
| Figura 29. Macro operación manual | 47 |
| Figura 30. Pantalla operación automático modo almacenar | 48 |
| Figura 31. Pantalla operación automático modo dosificar | 48 |
| Figura 32. Macro modo automático | 49 |
| Figura 33. Pantalla energice transmisor | 49 |
| Figura 34. Pantalla modo almacenamiento..... | 50 |
| Figura 35. Macro cíclica modo almacenamiento..... | 51 |
| Figura 36. Pantalla modo almacenamiento, termino proceso | 51 |
| Figura 37. Pantalla modo almacenamiento, bomba airada..... | 52 |
| Figura 38. Pantalla modo dosificación | 52 |
| Figura 39. Macro cíclica modo dosificación | 53 |
| Figura 40. Pantalla modo dosificación, volumen menor a 100 litros | 53 |
| Figura 41. Pantalla modo dosificación 2 | 54 |
| Figura 42. Macro cíclica modo dosi 2 | 55 |
| Figura 43. Válvulas solenoides de 1 ½” y 2” | 56 |
| Figura 44. Fuente de alimentación..... | 57 |
| Figura 45. Relé HF115F 024-1ZS1B (257) | 59 |
| Figura 46. Caja del tablero de operación | 60 |
| Figura 47. Tablero de operación | 61 |
| Figura 48. Sección switches tablero de operación..... | 61 |
| Figura 49. Sección leds del tablero de operación | 62 |
| Figura 50. Sección pulsadores del tablero de operación | 63 |
| Figura 51. Tablero de respaldo..... | 64 |
| Figura 52. Secciones del tablero de respaldo | 64 |
| Figura 53. Pantalla de inicio del HMI | ¡Error! Marcador no definido. |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Datos técnicos sensor MAG 3000..... | 25 |
| Tabla 2. Datos técnicos transmisor MAG 5000..... | 25 |
| Tabla 3. Operandos de VisiLogic..... | 31 |
| Tabla 4. Características válvulas solenoides de 1 ½" y 2"..... | 56 |
| Tabla 5. Relación número-dispositivo sección modo manual del tablero de respaldo..... | 65 |
| Tabla 6. Relación número-dispositivo sección modo sistema del tablero de respaldo..... | 65 |

ANEXOS

Anexo A. Programación del PLC. Archivo con extensión .vip, ejecutable con el programa VisiLogic. Se encuentra en el CD que acompaña este libro.

Anexo B. Programación del HMI. Dos Archivos con extensión .pm2 y .bak, abrir el archivo .pm2 con el programa Maxtech Designer. Se encuentra en el CD que acompaña este libro.

Anexo C. Circuito eléctrico del sistema. Archivo con extensión .DNS, ejecutable con el programa Proteus ISIS 7 Profesional. Se encuentra en el CD que acompaña este libro.

Anexo D. Manual de operación del sistema de automatización del control de llenado en los procesos de almacenamiento y dosificación del ácido sulfúrico. Documento en Word. Se encuentra en el CD que acompaña este libro.

RESUMEN

El trabajo realizado consiste en la automatización del control de llenado en el tanque número 4 de la zona de almacenamiento, el cual tiene la capacidad de almacenar 20000 litros de ácido sulfúrico, también controlar el llenado del dosificador, para realizar la reacción del ácido sulfúrico con la bauxita de forma más controlada y precisa evitando riesgos de operación, esto se logra mediante el diseño e implementación de un sistema que utiliza un sensor y transmisor de caudal SITRANS F M MAGFLO MAG 3100 y MAG 5000 respectivamente, para medir el caudal, un PLC Vision V120-22-T2C el cual realiza las acciones de control sobre las válvulas solenoides y un HMI Maxtech MT070 que permite al operario manipular e interactuar con el sistema para realizar las operaciones de almacenamiento y dosificación de forma automática o manual.

Palabras clave: Control, Automatización, Ácido Sulfúrico, PLC, HMI, Transmisor.

ABSTRACT

The work done is to automation filling control tank number 4 storage area, which has the capacity to store 20,000 liters of sulfuric acid, also control the filling of the metering, for the reaction of sulfuric acid with bauxite more controlled and precise manner avoiding risks of operation, this is achieved by the design and implementation of a system that uses a flow sensor and transmitter SITRANS FM MAG 3100 MAG and 5000 respectively, to measure the flow, PLC Vision V120-22-T2C which performs control actions on the solenoid valves and HMI MT070 Maxtech allowing the operator to manipulate and interact with the system for storage operations and dosing automatically or manually.

Keywords: Control, Automation, Sulphuric Acid, PLC, HMI, Transmitter.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas buscan mejorar sus procesos de producción para ser más competitivas en el mercado y brindar seguridad a sus empleados, es allí donde la electrónica influye para realizar control y automatización de los procesos industriales, en donde la automatización se comprende como una parte de los avances tecnológicos con los cuales se busca operar y controlar los procesos productivos a través de la utilización de dispositivos mecánicos, electrónicos y computacionales, disminuyendo la intervención del factor humano dentro del proceso, eliminando las desviaciones generadas.

Bajo esta premisa se desarrolló en la empresa Química Integrada S.A. (Quinsa), ubicada en el municipio de Aipe Huila el proyecto: "Automatización del control de llenado en los procesos de almacenamiento y dosificación del ácido sulfúrico". Quinsa es una empresa de economía mixta que lleva funcionando más de 25 años en la región, ofreciendo productos para el tratamiento de aguas potables y residuales, utilizando productos en su mayoría a base de ácido sulfúrico. Entre sus clientes están las empresas de acueductos tales como: Empresas públicas de Neiva, Aguas del Huila S.A. E.S.P, Ibal S.A. E.S.P ubicada en Ibagué, acueducto del municipio de Aipe, entre otras tipos de industrias como Argos S.A., Empacor S.A., Centro recreacional Cafam.

Quinsa cuenta entre sus instalaciones con una zona de almacenamiento de ácido sulfúrico en la cual hay 10 tanques, cada uno con la capacidad de almacenar aproximadamente 20000 litros de ácido sulfúrico, dispone de 2 dosificadores en los cuales se realiza la mezcla del ácido sulfúrico con agua y bauxita obteniendo batch de sulfato de aluminio granulado tipo B. La medición de nivel de los tanques de almacenamiento y dosificadores se realizan mediante el desplazamiento de unas pesas en la parte externa del tanque por el efecto del líquido en el interior, donde estas marcan una medida de longitud de un metro extendido a lo largo del tanque. El control de llenado de los tanques y dosificadores se realiza a través del encendido y apagado de la bomba por parte del operario, después de haber armado el circuito mediante la apertura y cierre de las válvulas tipo bola.

El proyecto se aplicó al tanque número 4 en la zona de almacenamiento de ácido sulfúrico y al dosificador número 1. Las etapas del proyecto se realizaron de la siguiente forma: *Primero* estudio del sensor y transmisor MAG 3100 y MAG 5000 respectivamente, ya que se debe partir de estos equipos con los cuales contaba la empresa pero que no estaban en funcionamiento. *Segundo* diseño del sistema y búsqueda de sus elementos adecuados. *Tercero* programación de los dispositivos PLC V120-22-T2C en VisiLogic y el HMI MT070 en Maxtech Designer.

Cuarto prueba de simulación en el laboratorio corrigiendo y adecuando el sistema ante circunstancias que se presenten cuando esté en funcionamiento. *Quinto* instalación del sistema. *Sexto* prueba de funcionamiento y rectificación.

Al finalizar y probar el sistema se establece que mediante la utilización de la electrónica se logra un control de llenado automático para el ácido sulfúrico evitando riesgo a los operarios y desperdicio del líquido por el rebose en los tanques de almacenamiento y dosificadores, conllevando un ahorro ante estas situaciones que no se presentaran de nuevo, además una mejora de calidad del producto ya que se puede establecer en forma precisa el volumen del ácido sulfúrico en el dosificador al realizar la reacción.

1. OBJETIVOS

1.1 GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de control de llenado a un tanque de ácido sulfúrico y seleccionar el volumen del dosificador de ácido sulfúrico en el área de reacción, a partir de un sensor MAG 3100 y un transmisor MAG 5000 en la empresa Química Integrada S.A del departamento del Huila.

1.2 ESPECÍFICOS

Estudiar y comprender el funcionamiento, especificaciones, entradas, salidas y correcto uso del sensor MAG 3100 y el transmisor MAG 5000.

Diseñar el sistema y adquirir los elementos que lo conforman, de acuerdo a las características del transmisor MAG 5000.

Programar el PLC y HMI.

Adecuar el encendido y apagado de la bomba centrífuga mediante un circuito eléctrico.

Realizar pruebas de simulación en el laboratorio corrigiendo y adecuando el sistema ante circunstancias que se presenten cuando esté en funcionamiento.

Instalar el sistema de control de llenado en la zona de almacenamiento de ácido sulfúrico y en el dosificador del mismo líquido.

Poner en marcha el sistema revisando el funcionamiento y realizar la calibración.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1 QUÍMICA INTEGRADA S.A.

La empresa Química Integrada S.A. “QUINSA”, es una sociedad de economía mixta, ubicada en el Municipio de Aipe (Huila), fue creada el 15 de agosto de 1989 e inició su actividad productiva hacia el año 1992, actualmente cuenta con 36 empleados de los cuales 26 son del área operativa y 10 pertenecen al área administrativa. Quinsa es fabricante de productos químicos para el tratamiento de aguas tanto potables como residuales; certificada por el ICONTEC en Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001-2008. Interesada en brindar soluciones específicas para lograr óptimos resultados en la calidad del agua, que abarca desde la selección de los productos hasta la aplicación del mejor sistema de tratamiento¹.

2.2 RESEÑA HISTÓRICA

El 15 de agosto de 1.989 se creó la empresa QUIMICA INTEGRADA S.A., cuya sigla es QUINSA, la sociedad surgió ante la iniciativa de algunas entidades oficiales, prestadoras de servicios públicos como lo son los acueductos de los municipios de Neiva, Pereira, Aipe, Ibagué, Girardot y Aguas del Huila; quienes en esa época padecían problemas de suministro y elevados precios generados por proveedores monopolísticos de elementos e insumos para el tratamiento de aguas en sus plantas, esta situación impulsó y consolidó la creación de la empresa en unión y con el apoyo de algunos inversionistas privados.

En el año de 1.992 se dio inicio a la actividad productiva de la empresa con la elaboración del Sulfato de Aluminio Granulado tipo B, quedando ubicada la planta de producción en el municipio de Aipe, en el kilómetro 34 de la vía Neiva - Bogotá; hacia el año 2005 esta sociedad fue certificada por el ICONTEC, en el Sistema de Gestión de la Calidad con la norma ISO 9001 versión 2000, en la producción y comercialización del Sulfato de Aluminio Granulado y Líquido tipo B e Hidroxicloruro de aluminio, para el tratamiento de aguas y continúa con esta certificación en la versión 2008².

¹ QUÍMICA INTEGRADA S.A., QUINSA. (En Línea). Disponible en: <
<http://quinsa.com.co/modulos/pagina/vista/index/>>, [Consulta: 11 de Marzo del 2015]

² QUÍMICA INTEGRADA S.A., QUINSA. (En Línea). Disponible en: <
<http://quinsa.com.co/modulos/pagina/vista/resena/>>, [Consulta: 11 de Marzo del 2015]

2.3 PRODUCTOS Y SERVICIOS

QUINSA, hace más de 20 años está posicionada en el mercado nacional, atendiendo clientes institucionales e industriales, en su mayoría acueductos de los municipios de la zona de influencia de la empresa, caracterizándose por la calidad de sus productos y servicios, el cumplimiento en la entrega y la asistencia técnica. En la actualidad QUINSA comercializa más de 15 productos, innovando en el mercado con algunos de ellos que han sido especialmente diseñados y fabricados acorde a las características de las aguas a tratar², dentro de los principales productos se pueden destacar:

- Policloruro de aluminio granular (PAC).
- Sulfato de aluminio granulado tipo B.
- Sulfato de aluminio líquido tipo B.
- Sulfato de aluminio líquido tipo A.
- Sulfato de aluminio granulado tipo A.
- Quinsafloc.
- Mackenfloc.
- Hidroxicloruro de aluminio líquido.
- Polsulquin - IB.
- Red-al-quin y Fer-al-quin³.

Además cuenta con el personal técnico especializado y la infraestructura tecnológica necesaria, para ofrecer el servicio de maquila de productos para la industria, las cuales son: sólido-sólido, sólido-líquido y líquido-líquido⁴. También ofrece el servicio de asesoramiento postventa por medio del cual se ofrece la asistencia técnica y el análisis de las aguas a tratar, para determinar las necesidades específicas de cada planta, buscando la adecuada aplicación de cada producto⁵.

³ QUÍMICA INTEGRADA S.A., QUINSA. (En Línea). Disponible en: <
<http://quinsa.com.co/modulos/pagina/vista/producto/listado.php#>>, [Consulta: 11 de Marzo del 2015]

⁴ QUÍMICA INTEGRADA S.A., QUINSA. (En Línea). Disponible en: <
<http://quinsa.com.co/modulos/pagina/vista/maquila/>>, [Consulta: 11 de Marzo del 2015]

⁵ QUÍMICA INTEGRADA S.A., QUINSA. (En Línea). Disponible en: <
<http://quinsa.com.co/modulos/pagina/vista/postventa/>>, [Consulta: 11 de Marzo del 2015]

2.4 MEDICIÓN DE NIVEL EN LA ZONA DE ALMACENAMIENTO Y DOSIFICACIÓN DEL ÁCIDO SULFÚRICO ANTES DEL PROYECTO

La empresa Quinsa en sus instalaciones cuenta con la zona de almacenamiento de ácido sulfúrico la cual tiene 10 tanques de almacenamiento cada uno con la capacidad de almacenar aproximadamente 20000 litros de dicho líquido, en la Figura 1 se aprecia la zona de almacenamiento. En la zona de reacción se encuentran dos dosificadores de ácido sulfúrico, cada uno con capacidad de 1850 litros aproximadamente, en la Figura 2 es visualizado un dosificador de ácido sulfúrico.

Figura 1. Zona de almacenamiento del ácido sulfúrico empresa Quinsa.



Fuente: Química Integrada S.A. Zona de almacenamiento ácido sulfúrico. 2015.

Figura 2. Dosificador 1 de ácido sulfúrico empresa Quinsa.



Fuente: Química Integrada S.A. Tanque dosificador 1. 2015.

La medición del nivel de los tanques de almacenamiento y dosificadores del ácido sulfúrico se realizan por medición directa, empleando un flotador el cual está atado a una cuerda y está a un contrapeso en la parte externa de los tanque y mediante el desplazamiento del contrapeso por un metro extendido a lo largo del tanque se determina el volumen del tanque, en la Figura 3 se muestra el tanque 5 como ejemplo del sistema de medición de nivel.

Figura 3. Medición nivel de los tanques de almacenamiento y dosificación.



Fuente: Química Integrada S.A. Tanque almacenamiento 5. 2015.

El control de llenado de los tanques y dosificadores del ácido sulfúrico se realiza a través del encendido y apagado de la bomba por parte del operario, después de haber armado el circuito mediante la apertura y cierre de las válvulas tipo bola para la acción que desea realizar ya sea almacenar o dosificar.

2.5 INDUCCIÓN A LA EMPRESA QUINSA

Al iniciar el desarrollo del proyecto de automatización el departamento de HSEQ realizo una charla sobre los elementos de protección, indumentaria, riesgos y acciones a tener en cuenta cuando se está en el área de producción, para evitar accidentes con los líquidos y elementos que se manejan allí como lo son el ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, entre otros. También se suministró la dotación y los elementos de protección para cuando se realiza trabajos en las zonas de almacenamiento y dosificación del ácido sulfúrico. Además de contar con el asesoramiento y supervisión del Ingeniero Cesar A. Rojas Jefe del departamento de desarrollo y producción, y la total disponibilidad de los empleados para realizar trabajos adjuntos al proyecto.

3. DESCRIPCIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL PROYECTO

Los componentes utilizados para realizar la automatización del control de llenado en los procesos de almacenamiento y dosificación del ácido sulfúrico son: un equipo de medición de caudal compuesto por un sensor MAG 3100 y un transmisor MAG 5000, un PLC V120-22-T2C, un HMI Maxtech MT070, una fuente de 24 VDC, válvulas solenoides de 1 ¼" y 2", relés, pulsadores, leds, switches, entre otros.

3.1 SENSOR MAG 3100 Y TRANSMISOR MAG 5000

El sensor MAG 3100 y transmisor MAG 5000 pertenecen a la familia SITRANS F M la cual es la que mide el flujo por medio electromagnético. En la zona de almacenamiento del ácido sulfúrico, la empresa tiene instalado un sensor MAG 3100 en la salida de la bomba centrífuga como se puede ver en la Figura 4 y por este sensor pasa el líquido para almacenar en los 10 tanques y los dos dosificadores.

Figura 4. Sensor MAG 3100 ubicado en la salida de la bomba centrífuga.

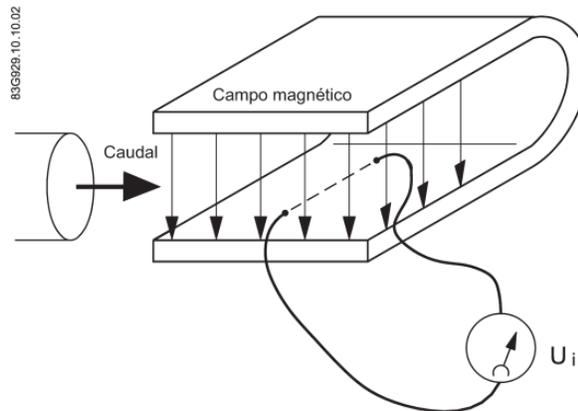


Fuente: Química Integrada S.A. Bomba centrífuga y sensor MAG 3100. 2015.

3.1.1 Principio de medición del sensor MAG 3100

El principio de medición de caudal se basa en la ley de Faraday de la inducción electromagnética, ilustrado en la Figura 5.

Figura 5. Principio de medición del sensor MAG 3000.



Fuente: Sensor SITRANS F M MAG 3100. Instrucciones de servicio. Edición 9/2012.

U_i = Cuando un conductor eléctrico de longitud L se mueve a velocidad v perpendicularmente a las líneas de flujo, a través de un campo magnético de intensidad B , se induce una tensión U_i en los extremos del conductor, donde

$$U_i = L \times B \times v$$

- U_i = Tensión inducida
- L = Longitud del conductor = Diámetro interior de la tubería = k_1
- B = Intensidad del campo magnético = k_2
- v = Velocidad del conductor (medio)
- $k = k_1 \times k_2$

$U_i = k \times v$, la señal del electrodo es directamente proporcional a la velocidad del fluido⁶.

⁶ Sensor SITRANS F M MAG 3100. Instrucciones de servicio. Edición 9/2012.

3.1.2 Principio de funcionamiento del sensor MAG 3100 y transmisor MAG 5000

El módulo de corriente de las bobinas en el transmisor genera una corriente pulsante magnetizante que activa las bobinas del sensor, la corriente se vigila y corrige permanentemente, en el transmisor un circuito de autovigilancia registra los errores o fallos de cable. Las bobinas en el sensor están montadas diametralmente en el tubo a medir generando un campo electromagnético pulsado, cuando el líquido fluye a través de este campo electromagnético induce un voltaje. El circuito de entrada del transmisor amplifica la señal de tensión inducida proporcional al flujo proveniente de los electrodos. La impedancia de entrada es extremadamente alta: $>10^{14}\Omega$, permitiendo medir el caudal de fluidos con una conductividad mínima de $5\ \mu\text{S}/\text{cm}$. Los errores de medición producidos por la capacitancia del cable quedan excluidos gracias al apantallado activo del cable⁷. En el transmisor el procesador digital de señales convierte la señal analógica de flujo en una señal digital y suprime los ruidos del electrodo mediante un filtro digital. Cualquier inexactitud del transmisor, como resultado de derivas a largo plazo y de temperatura, se vigila y compensa continuamente a través del circuito de autovigilancia. La conversión de señal analógica a digital tiene lugar en un ASIC de ruido ultra bajo, con una resolución de señal de 23 bits. Esto permite prescindir de una conmutación de rango. Por lo tanto, el rango dinámico del transmisor no es rebasado por una rangeabilidad de mínimo 3000:1.

Los transmisores están basados en un microprocesador y disponen de una pantalla alfanumérica en varios idiomas, evalúan las señales de los sensores electromagnéticos, luego las convierten en señales estándar apropiadas (p. ej. 4... 20 mA) y realizan también la función de una unidad de alimentación que proporciona una corriente constante a las bobinas y por último consta de una serie de bloques de función que convierte el voltaje del sensor en lectura de caudal mostrándola en la pantalla⁸.

3.1.3 Datos técnicos del sensor MAG 3100 y transmisor MAG 5000

Los datos técnicos del sensor MAG 3100 son mostrados en la Tabla 1.

⁷ Sensor SITRANS F M MAG 3100. Instrucciones de servicio. Edición 9/2012.

⁸ SITRANS F M MAG 5000/6000. Instrucciones de servicio. Edición 12/2013.

Tabla 1. Datos técnicos sensor MAG 3000.

| CARACTERÍSTICAS | MAG 3000 |
|---|---|
| Características del producto | Gama de productos flexible |
| Tamaño nominal | DN 15 ... DN 2000 (½ " ... 78") |
| Principio de medida | Inducción electromagnética |
| Frecuencia de excitación | DN 15 ... 65 (½ " ... 2 ½") 12.5 Hz/15 Hz |
| Grado de protección de la caja | IP67 (EN/IEC 60529) / NEMA 4X/6, 1 mH2O durante 30 min |
| Material de bridas y caja | <ul style="list-style-type: none"> - Acero al carbono ASTM A 105 con revestimiento de epoxi de dos componentes resistente a la corrosión (mín. 150 µm). - Bridas AISI 304 (1.4301) y caja de acero al carbono, con revestimiento de epoxi de dos componentes resistente a la corrosión (mín. 150 µm). - Bridas y caja AISI 316 L (1,4404), pulidas |
| Material del electrodo | AISI 316 Ti (1.4571) |
| Material de los electrodos de puesta a tierra | Material como electrodos de medida |
| Caja de bornes | Acero inoxidable AISI 316 (1.4436) |

Fuente: Sensor SITRANS F M MAG 3100. Instrucciones de servicio. Edición 9/2012.

Los datos técnicos del transmisor MAG 3100 son mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2. Datos técnicos transmisor MAG 5000.

| CARACTERÍSTICAS | MAG 5000 | |
|----------------------------|-------------------------------------|--|
| Modo de operación y diseño | Principio de medición | Electromagnético con campo constante pulsado |
| | Tubería vacía | Detección de tubería vacía (se requiere un cable especial en caso de instalación remota) |
| | Frecuencia excitación | Depende del tamaño del sensor |
| | Impedancia de entrada del electrodo | > 1 x 10 ¹⁴ Ω |

| | | |
|---|---|---|
| Entrada | Entrada digital | 11 ... 30 V DC, $R_L = 4,4 \text{ K}\Omega$ |
| | Tiempo de activación | 50 ms |
| | Intensidad | $I_{DC \text{ 11V}} = 2,5 \text{ mA}$, $I_{DC \text{ 30V}} = 7 \text{ mA}$ |
| Salida | Salida de corriente | |
| | Rango de señales | 0 ... 20 mA ó 4 ... 20 mA, alarma |
| | Carga | < 800 Ω |
| | Constante de tiempo | 0,1 ... 30 s, ajustable (para lote: fijo en 0,1 s) |
| | Salida digital | |
| | Frecuencia | 0 ... 10 KHZ, ciclo de servicio del 50% (uni/bidireccional) |
| | Impulso (activo) | DC 24 V, 30 mA, $1 \text{ K}\Omega \leq R_L \leq 10 \text{ K}\Omega$, protegida contra cortocircuitos (el equipo caudalímetro suministra la energía) |
| | Impulso (pasivo) | DC 3 ... 30 V, máx. 110 mA, $200 \Omega \leq R_L \leq 10 \text{ K}\Omega$ (el equipo conectado suministra la energía) |
| | Constante de tiempo | 0,1 ... 30 s, ajustable (para lote: fijo en 0,1 s) |
| | Salida de relé | |
| Constante de tiempo | Relé de conmutación, igual que la salida de corriente | |
| Carga | 42 V AC/2 A, 24 V DC/1 A | |
| Supresión de bajos caudales | 0 ... 9,9% del caudal máximo | |
| Aislamiento galvánico | Todas las entradas y salidas están aisladas galvánicamente | |
| Error de medición máx. (inc. Sensor y punto cero) | 0,4% \pm 1 mm/s (para $v > 0,1 \text{ m/s}$) | |
| Condiciones nominales utilización | Temperatura ambiente: Operación -20 ... +60 °C (-4 ... +140 °F) | |
| Fuente de alimentación | 115 ... 230 V AC +10% -15%, 50 ... 60 Hz, fusible: 500 mA T 11 ... 30 V DC ó 11 ... 24 V AC; fusible 2 A T | |
| Consumo de corriente | 115 ... 230 V AC; 17 VA 24 v AC; 9 VA, $I_N = 380 \text{ mA}$, $I_{ST} = 8 \text{ A}$ (30 ms) 12 v DC; 11 W, $I_N = 920 \text{ mA}$, $I_{ST} = 4 \text{ A}$ (30 ms) | |
| Comunicación | Sin comunicación o HART como opción | |

Fuente: SITRANS F M MAG 5000/6000. Instrucciones de servicio. Edición 12/2013.

De acuerdo con los datos técnicos del transmisor MAG 5000 este cuenta con una salida de corriente la cual se puede configurar para que entregue en dicha salida una señal de 4 a 20 mA, por consiguiente se parte el diseño del sistema de esta salida, conllevando a que se busque un PLC que tenga como entrada una entrada analógica.

3.1.4 Configuración del transmisor MAG 5000

Con la lectura del PDF “Quick Start MAG 5000 & MAG 6000 IP 67, 19”⁹” se realiza la correcta conexión entre el sensor MAG 3000 y el transmisor MAG 5000, donde el MAG 5000 está instalado de forma remota, además habilitando la función de detección de tubería vacía.

Con la guía del PDF “Instrucciones de servicio” del MAG 5000 se configuró este dispositivo de la siguiente forma:

Ajustes Básicos:

- Frecuencia principal: 60 Hz.
- Dirección Flujo: Positivo.
- Qmax: 10 l/s.
- Corte por bajo caudal: 1.5%.
- Tubería-vacía: Encendido.

Salida:

- Salida corriente: Conectado.
- Salida corriente: Unidireccional.
- Salida corriente: 4-20 mA.
- Salida corriente: Cte. De tiempo 5 s.
- Salida digital: Apagado.
- Salida relé: Apagado.

Entrada externa:

- Borrar totalizador: Total 1

Modo servicio:

- Velocidad de flujo: m/s.
- Excitación: Encendido.
- Límite superior: Total 1.
- Texto: Caudal.

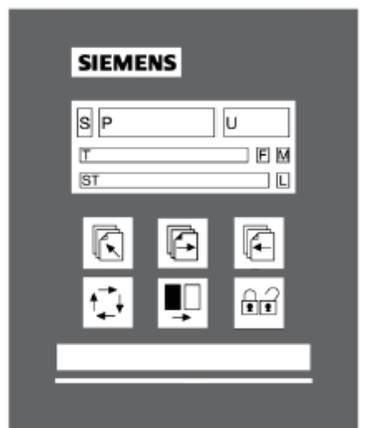
⁹ SITRANS F M MAG 5000/6000. Quick Start. Edición 10/2009.

- Texto: Borrar totalizador 1.
- Texto: Borrar totalizador 2.

De lo anterior se establece que el caudal máximo establecido en la configuración es 10 l/s, y la salida de corriente se configura en una señal de 4-20 mA.

La interfaz del usuario consta de una pantalla de tres líneas y un teclado de 6 teclas como se ven en la Figura 6.

Figura 6. Descripción de la interfaz del usuario MAG 5000.



Fuente: SITRANS F M MAG 5000/6000. Instrucciones de servicio. Edición 12/2013.

- S Campo para signo.
- P Campo primario para valor numérico del caudal, totalizador 1 ó totalizador 2
- U Unidad de medida.
- T Línea de títulos con información individual según el menú de operador o de configuración.
- ST Línea de subtítulos la cual tiene la información de la línea de títulos o bien información.
- F Campo de alarma. Dos triángulos intermitentes aparecen cuando se manifiesta una alarma.
- M Campo del modo de menú.
- L Campo del candado.

De acuerdo con la configuración realizada al MAG 5000 la interfaz del usuario queda dispuesta así en los campos:

- P El valor del caudal.
T Borra tot 1, borra tot 2 y Pte.
ST Totalizador 1, totalizador 2 y el código del error, respectivamente a lo que se visualice en el campo T.

La interfaz del usuario principal esta visualizada en la Figura 7.

Figura 7. Interfaz del usuario MAG 5000.



Fuente: Química Integrada S.A. Transmisor MAG 5000. 2015.

Al presionar el botón  se pasa al totalizador 1, y al presionar el botón  este reiniciará en cero el totalizador 1, la misma combinación ocurre con el totalizador 2. Dando el poder al operario de reiniciar los totalizadores de forma manual para realizar algunas mediciones específicas como puede ser, medir el volumen del ácido sulfúrico utilizado en un día de producción, entre otros.

Al utilizar la función de tubería vacía, el transmisor MAG 5000 al detectar una corriente por debajo de los 4 mA, presume una ausencia de líquido en el sensor por lo tanto sus salidas se vuelven cero y bajo esta condición el sistema apaga la bomba, evitando funcionamiento de la bomba al vacío.

3.2 PLC VISION V120-22-T2C

Es un PLC de tamaño pequeño y compacto con buenas prestaciones para ser utilizado en trabajos de no mucho esfuerzo, también al venir con una pantalla y teclado puede ser utilizado como un HMI, en la Figura 8 se puede apreciar el PLC.

Figura 8. PLC Vision V120-22-T2C.



Fuente: UNITRONICS. <http://www.unitronics.com/plc-hmi/plc-vision/v120-#tab11>.

3.2.1 Datos técnicos y configuración del PLC Vision V120-22-T2C

Las especificaciones del PLC son:

- 10 entradas digitales, incluyendo 3 entradas que pueden funcionar como contadores ya sea de alta velocidad, codificadores de eje, medidores de frecuencia o entradas digitales normales.
- 2 entradas análogas/digitales, las entradas análogas son multirango: 0-10V, 0-20 mA, 4-20 mA. Las cuales pueden ser configuradas mediante un switch interno.
- 12 salidas digitales tipo P-MOSFET.
- Fuente de alimentación: 12/24 VDC, las salidas y entradas digitales son iguales al de la fuente de alimentación, su rango de permisibilidad es de 10.2 VDC hasta 28.8 VDC.
- 128 I/O adicionales con módulos de expansión.
- Memoria de programación: 448k.
- Display grafico de LCD, con resolución de 128X64 pixeles.
- 16 teclas.
- 2 RS232/RS485 puertos de comunicación seleccionable.
- CANbus.
- UniCAN (Multi-master CANbus en la red hasta 60 controladores).

- MODbus.
- Soporta GSM y se puede enviar/recibir mensajes SMS¹⁰.

La configuración realizada al PLC es la descrita a continuación: la fuente de alimentación es de 24 V DC por lo tanto las entradas y salidas son a 24 V DC, la configuración de las entradas son pnp y de acuerdo a las especificaciones el cero lógico esta entre 0-5 V DC y el uno lógico entre 17-28.4 V DC. La entrada I10 se configura como entrada analógica de corriente esto se realiza moviendo los switch como indica el PDF “DSP-V120-T2C”¹⁰.

3.2.2 Programación del PLC V120-22-T2C

La programación se realizó en el software VisiLogic versión 9.4.0 el cual fue suministrado con el sensor y transmisor, también se puede descargar del siguiente enlace de la página de Unitronics <http://www.unitronics.com/support/downloads>. Los operandos utilizables en VisiLogic son mostrados en la Tabla 3.

Tabla 3. Operandos de VisiLogic.

| Tipo | Símbolo | Cantidad | Valor | Rango de dirección |
|--------------------------------------|---------|----------|---------|--------------------|
| Entrada | I | 544 | Bit | I0 – I543 |
| Salida | O | 544 | Bit | O0 – O543 |
| Temporizador | T | 192 | 32 bits | T0 – T191 |
| Contadores | C | 24 | 16 bits | C0 – C24 |
| Bit de memoria | MB | 4096 | Bit | MB0 – MB 4095 |
| Entero de memoria | MI | 2048 | 16 bits | MI0 – MI2047 |
| Entero de memoria largo | ML | 256 | 32 bits | ML0 – ML255 |
| Palabra doble (sin signo) | DW | 64 | 32 bits | DW0 – DW63 |
| Entero de memoria con punto flotante | MF | 24 | 32 bits | MF0 – MF124 |
| Valor constante | # | Dinámico | | Dinámico |

Fuente: VisiLogic. Menú HELP, Operandos.

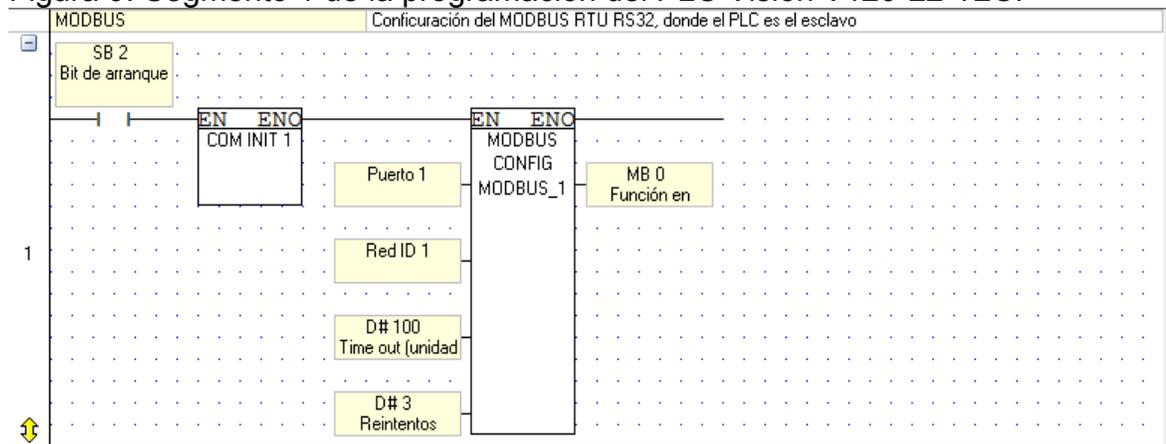
¹⁰ UNITRONICS. DSP-V 120-T2C. Edición 10/2007. (En Línea). Disponible en: http://www.unitronics.com/Downloads/Support/Technical%20Library/Vision%20Hardware/Vision120%20-%20Specifications/V120-22-T2C_1.pdf, [Consulta: 31 de Marzo del 2015]

La programación se realiza mediante el método LADDER y está dividida en 11 segmentos los cuales se describen a continuación:

- Segmento 1 y 2

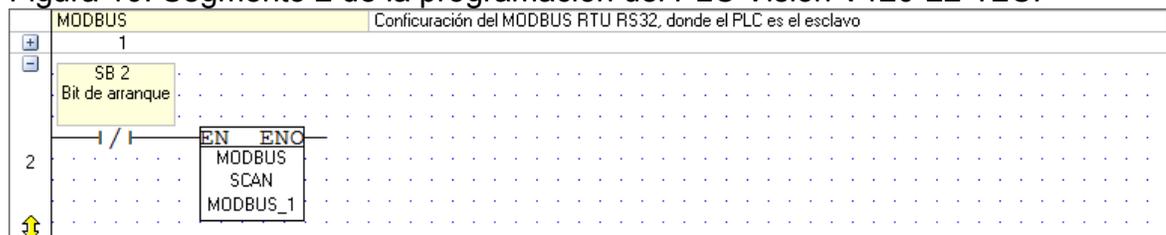
En estos dos segmentos se establece los parámetros de la comunicación entre el PLC y el HMI por medio del protocolo MODBUS RTU a través de un cable utp, utilizando los puertos RS232 del PLC y HMI, configurando el HMI como maestro y el PLC como esclavo. La configuración es ilustrada en las Figuras 9 y 10.

Figura 9. Segmento 1 de la programación del PLC Vision V120-22-T2C.



Fuente: Autor del proyecto.

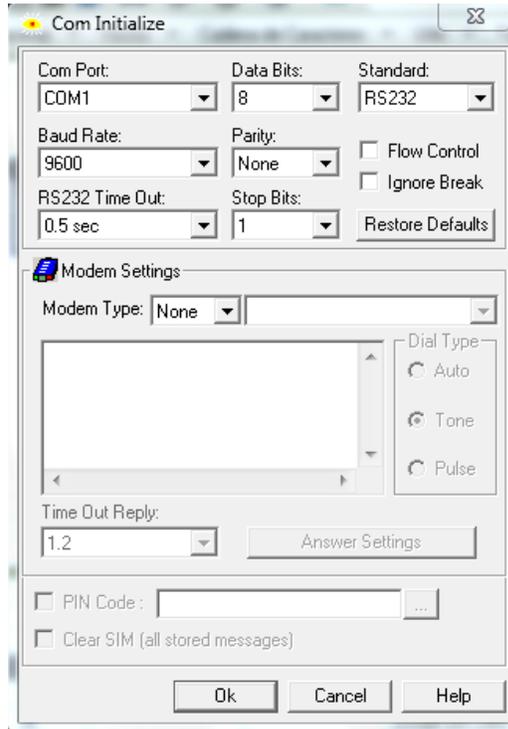
Figura 10. Segmento 2 de la programación del PLC Vision V120-22-T2C.



Fuente: Autor del proyecto.

En el segmento 1 con el bit de arranque SB 2, el momentáneamente se coloca en ON indicando que se ha energizado el PLC, habilita el COM INIT 1 el cual inicializa un puerto COM cuya configuración es ilustrada en la Figura 11.

Figura 11. Configuración COM INIT 1



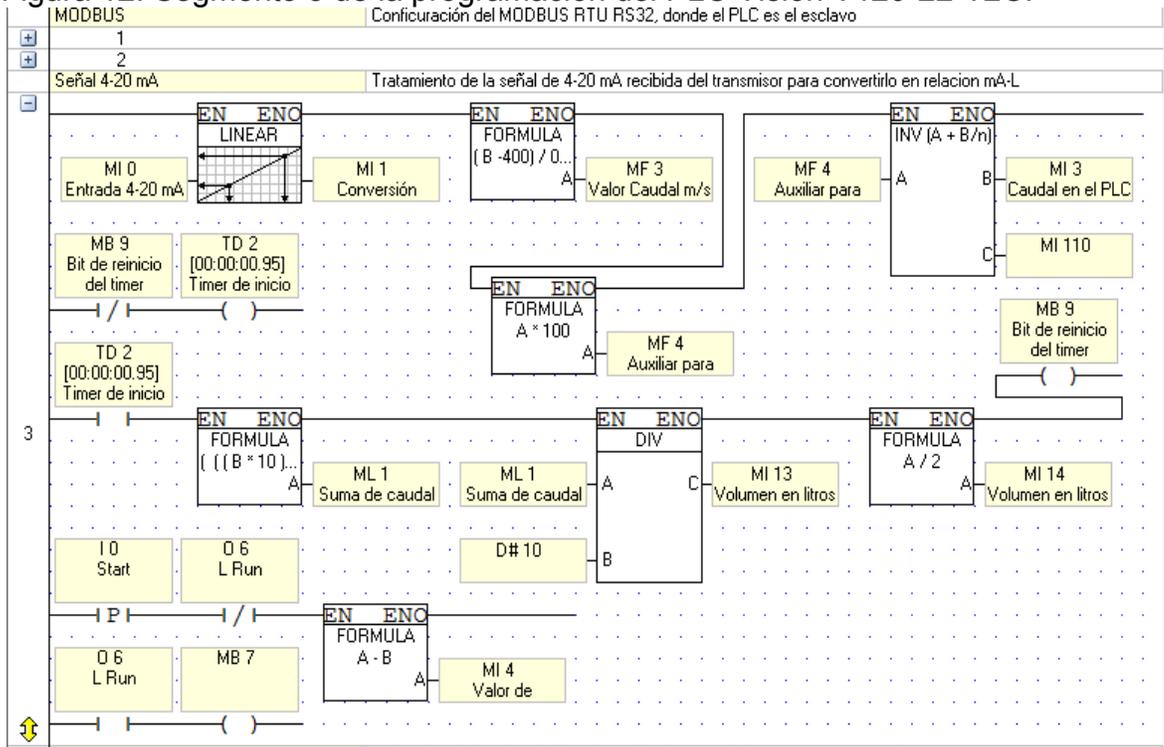
Fuente: Autor del proyecto.

Luego en el MODBUS CONFIG MODBUS_1 se realiza la configuración del MODBUS. En el segmento 2 el bit SB2 esta negado por lo tanto siempre está habilitando el MODBUS SCAN MODBUS_1, el cual está siempre a la espera de las instrucciones del maestro.

- Segmento 3

Se realiza el tratamiento a la señal analógica de corriente de 4-20 mA, la cual trae la información del caudal que suministra el transmisor MAG 5000. Tal tratamiento es ilustrado en la Figura 12.

Figura 12. Segmento 3 de la programación del PLC Vision V120-22-T2C.



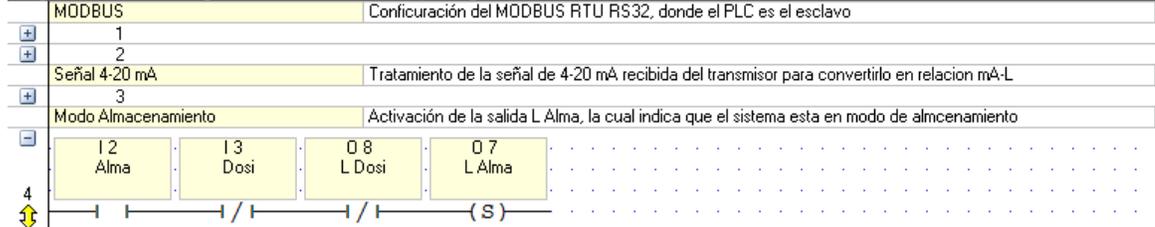
Fuente: Autor del proyecto.

El operando MI 0 recibe la señal analógica entrante en la entrada I10, se linealiza y es almacenada en el operando MI 1, luego aplicamos la fórmula para colocar el valor en formato flotante y es almacenado en MF 3, luego a MF 3 se multiplica por 100 para visualizarlo en el HMI del PLC ya que sus variables no son de tipo flotante, y el operando MI 3 es el que se visualiza en PLC. Luego realiza un timer para sacar el volumen ya que lo suministrado es caudal, por ello cada 1 segundo se realiza una sumatoria y esta es almacenada en el operando MI 14, en la transición positiva del pulsador Start se realiza una resta entre el volumen anterior existente y el actual que se almacena en MI 4. MB 7 es un bit el cual indica que se está realizando una acción de proceso, esto es utilizado en otra parte del programa.

- Segmento 4 y 5

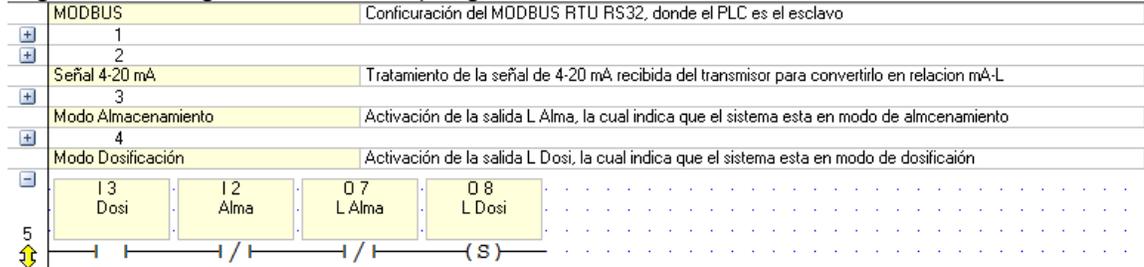
Se establece las condiciones para activar la salida modo alma y la salida modo dosi, los cuales determinan el tipo de acción a realizar almacenar o dosificar. Dichas condiciones se muestran en las Figuras 13 y 14.

Figura 13. Segmento 4 de la programación del PLC Vision V120-22-T2C



Fuente: Autor del proyecto.

Figura 14. Segmento 5 de la programación del PLC Vision V120-22-T2C

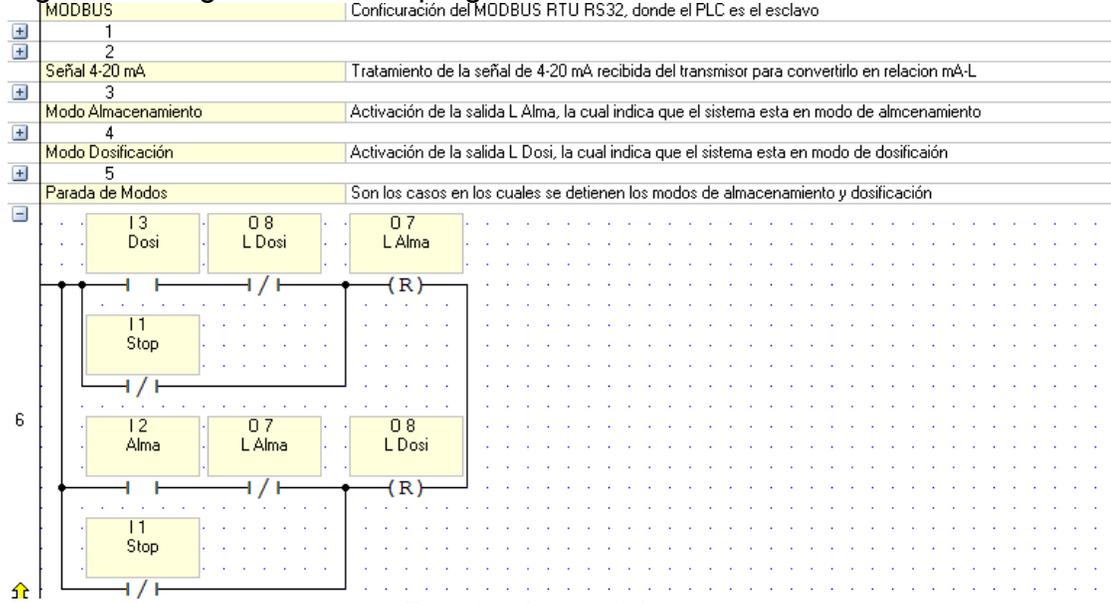


Fuente: Autor del proyecto.

- Segmento 6

Se establece las condiciones para desactivar el modo alma y el modo dosi, ilustrado en la Figura 15.

Figura 15. Segmento 6 de la programación del PLC Vision V120-22-T2C

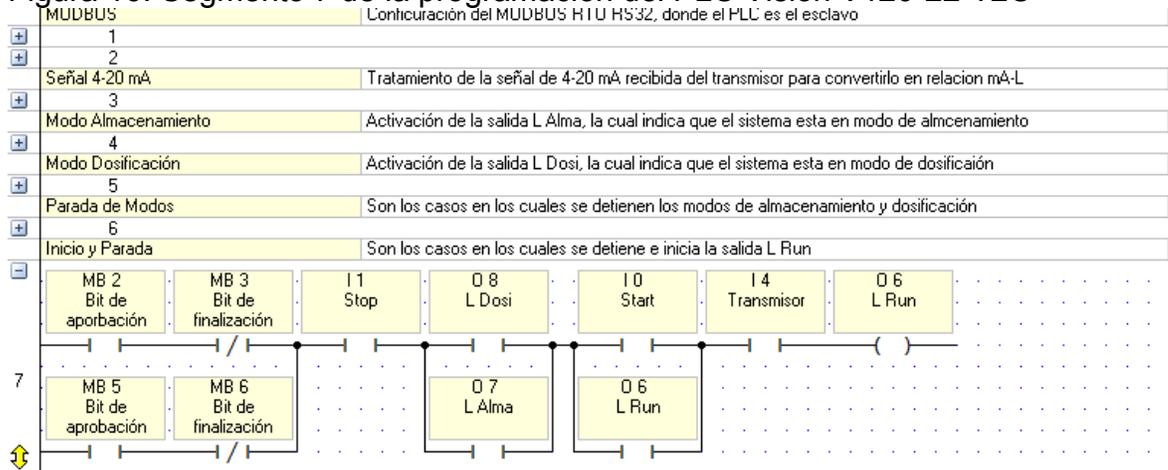


Fuente: Autor del proyecto.

- Segmento 7

Se establece las condiciones para activar la salida run, la cual indica que se está llevando a cabo uno de los dos procesos almacenar o dosificar, estas condiciones se muestran en la Figura 16.

Figura 16. Segmento 7 de la programación del PLC Vision V120-22-T2C



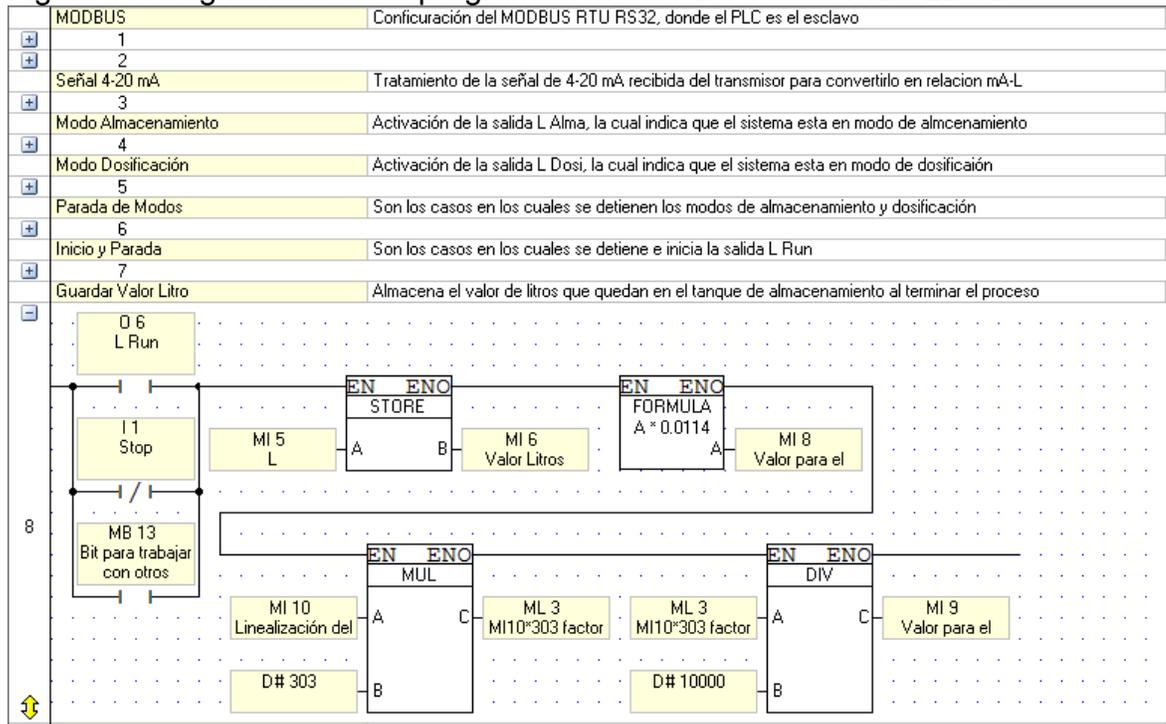
Fuente: Autor del proyecto.

Los operandos MB 2 y MB 5 indican que está listo para iniciar el proceso de almacenar o dosificar respectivamente, los MB 3 y 6 indican que se ha finalizado el proceso de almacenar o dosificar respectivamente, los 4 anteriores MB son controlados por el HMI. Como condición también se encuentra que el transmisor debe estar energizado para poder iniciar algún proceso.

- Segmento 8

Se realiza el proceso de almacenar el valor de litros que posee el tanque número 1 de ácido sulfúrico. Está ilustrado en la Figura 17.

Figura 17. Segmento 8 de la programación del PLC Vision V120-22-T2C



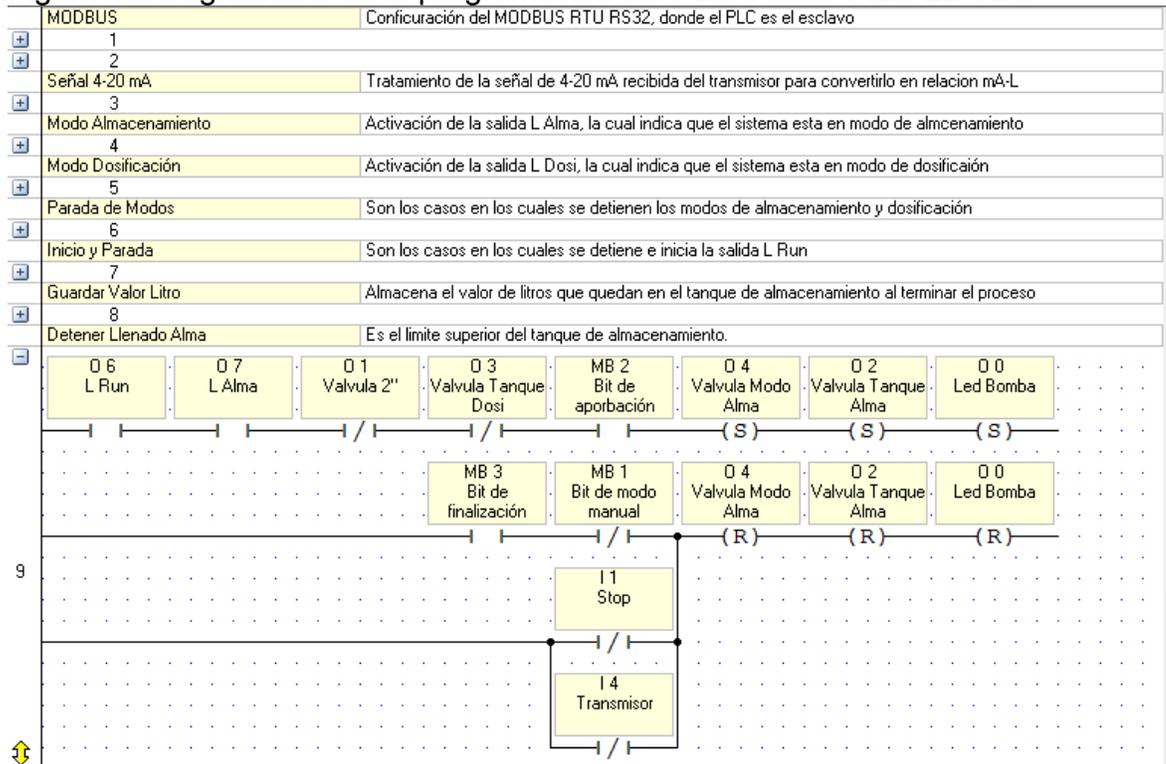
Fuente: Autor del proyecto.

MB 13 es un bit para trabajar con otros tanques de almacenamiento sin afectar el valor del tanque 1, MI 5 es el operando que almacena el valor de litros del tanque en el HMI, ya que allí es donde se realiza el cálculo de los litros que son introducidos o extraídos dependiendo del proceso, y luego se guarda en el MI 6 del PLC. La FORMULA, MUL y DIV son utilizado para graficar los rectángulos dinámicos que ilustra el volumen que posee el tanque y el dosificador.

- Segmento 9

Se establece las condiciones para activar las salidas para llevar a cabo el llenado del tanque 1 así como las condiciones para detenerlo, ilustrado en la Figura 18.

Figura 18. Segmento 9 de la programación del PLC Vision V120-22-T2C



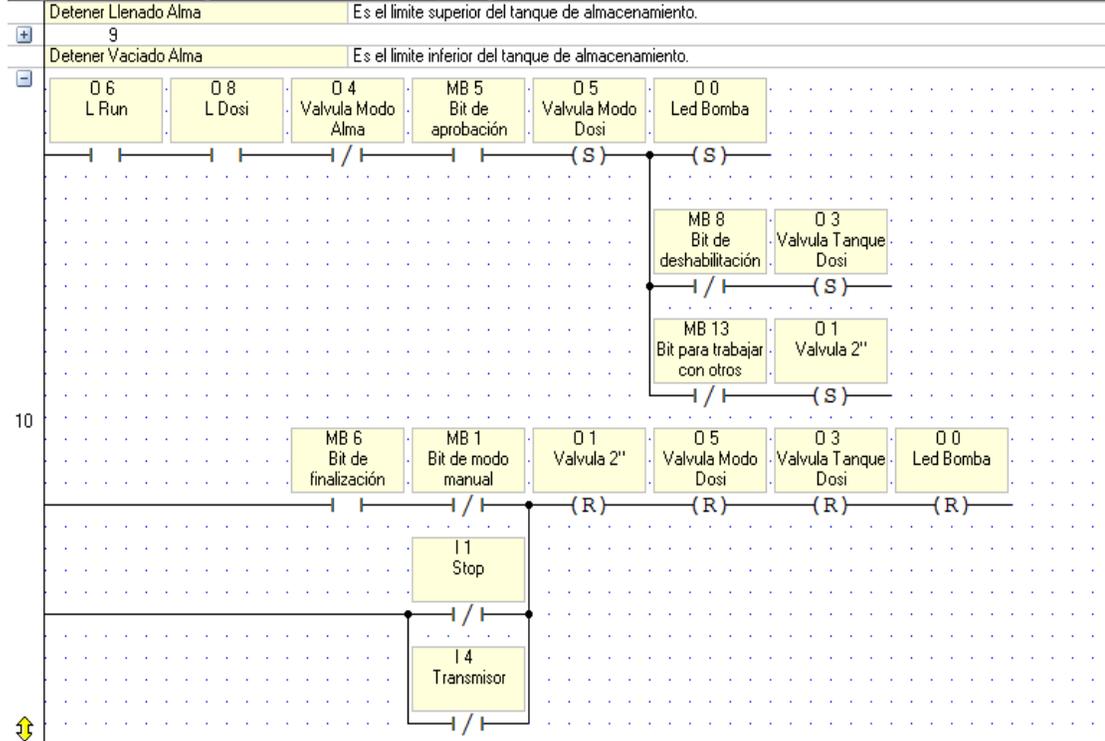
Fuente: Autor del proyecto.

Cuando se ingresa a la pantalla Modo almacenamiento en el HMI se tiene todo listo para iniciar el proceso de llenado del tanque, resta solo presionar el botón de inicio para activar la salida O6 e iniciar el proceso, al cumplirse las condiciones para detener el proceso de llenado en el HMI este activa el operando MB 3 para detener el proceso, también si se apaga el transmisor se detiene el llenado. El MB 1 es para diferenciar en qué modo se realiza el proceso si en modo manual o automático.

- Segmento 10

Se establece las condiciones para activar las salidas para llevar a cabo el proceso de dosificación así como las condiciones para detenerlo, ilustrado en la Figura 19.

Figura 19. Segmento 10 de la programación del PLC Vision V120-22-T2C



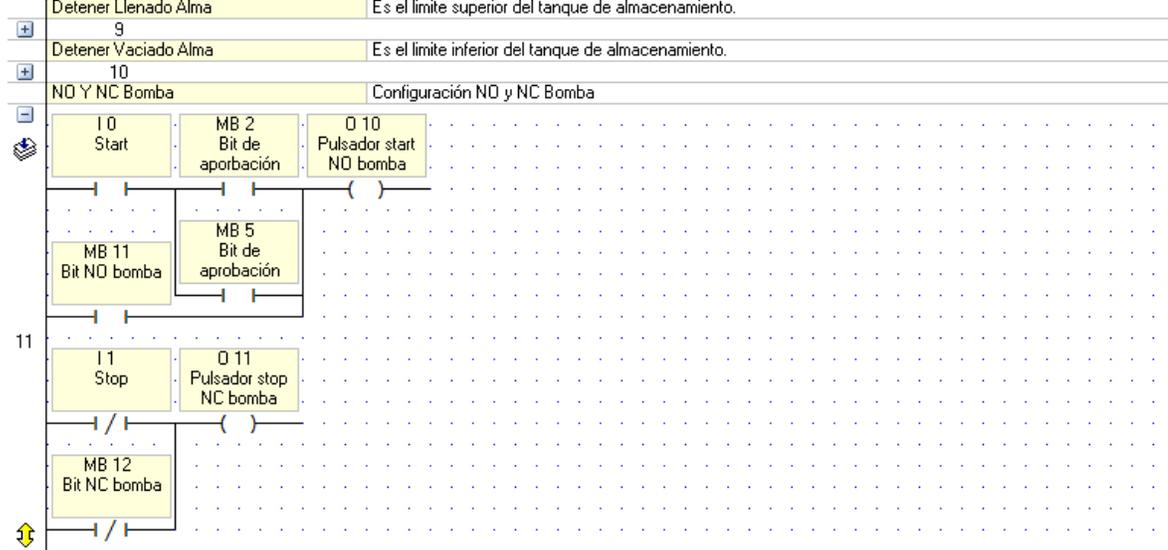
Fuente: Autor del proyecto.

El operando MB 8 al ser activado no permite la apertura de la válvula del dosificador, de esta forma al abrir la válvula del dosificador 2 se puede realizar la misma acción de dosificación. El MB 13 al ser activado no permite la apertura de la válvula de salida del tanque 1, de esta forma se puede realizar dosificación de cualquier tanque. Los operandos MB 5 y 6 cumplen la misma función que MB 2 y 3 en el segmento 9. Si el transmisor es apagado se detiene la dosificación.

- Segmento 11

Al existir varios puntos de encendido y apagado de la bomba se realiza una imitación de dicha configuración la cual consiste de dos pulsadores que funcionan como un STAR y STOP siendo el primero normalmente abierto y el segundo normalmente cerrado. Dicha simulación se ilustra en la Figura 20.

Figura 20. Segmento 11 de la programación del PLC Vision V120-22-T2C



Fuente: Autor del proyecto.

La salida O10 se comporta igual a la entrada I0 siempre y cuando esté preparado algún modo, esto es indicado por medio de los operandos MB 2 y MB 5, para el modo manual se utiliza el operando MB 11. Al activarse la entrada I1 o el operando MB12 del modo manual, energiza la salida O11, está al energizarse energiza el relé el cual actúa como un pulsador normalmente cerrado, cortando el flujo eléctrico de la bomba apagándola.

3.3 HMI MAXTECH MT070

Es un HMI de 7" con una resolución de 800x480 pixeles, en el cual se programa varias pantallas para entablar la comunicación entre el operario y el sistema, y así llevar acabo las acciones que desea realizar el operario ya sea almacenar, dosificar o encender y apagar algún elemento conectado al sistema como las válvulas o la bomba. En la Figura 21 se aprecia el HMI MAXTECH MT070.

Figura 21. HMI MAXTECH MT070.



Fuente: Catalog_MTHMI_070_121.pdf. MAXTHERMO-GITTA GROUP CORPORATION. 2011.

3.3.1 Datos técnicos y configuración del HMI MAXTECH MT070

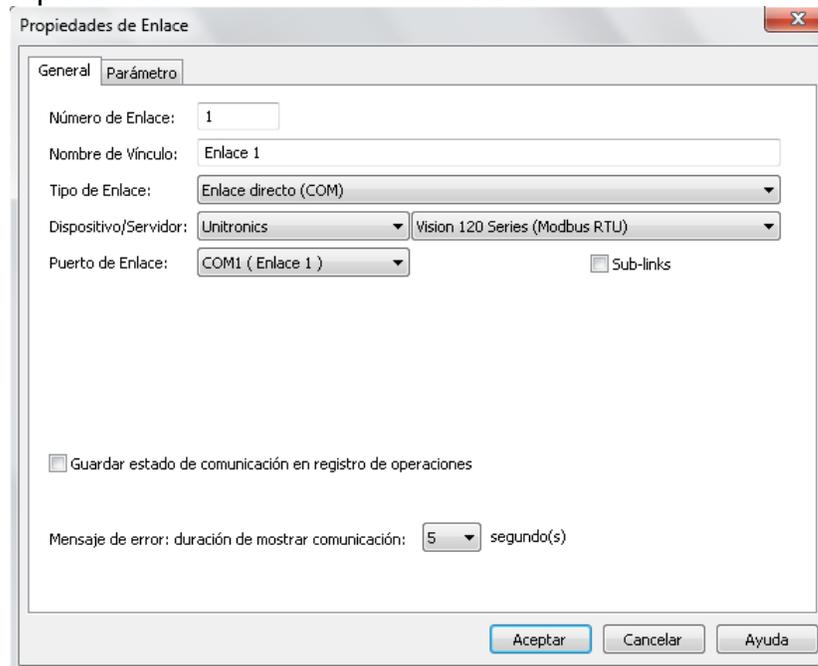
En la dirección web de la empresa Maxthermo-Gitta Gropu Corporation http://www.maxthermo.com/ENG/upload/file/Catalog_MTHMI_070_121.pdf, se encuentra el catálogo de HMI que ofrece la empresa MAXTECH, de este catálogo podemos extraer las especificaciones del HMI MAXTECH MT070, las cuales son:

- Tamaño de pantalla: 7".
- Tipo de display: TFT LCD.
- Colores: 65535 colores.
- Resolución: 800X480.
- Operación: tipo touch.
- CPU: RISC 32 bit, 2D graphic engine.
- Memoria flash: 16 MB.
- Memoria batería copia de seguridad: 128 KB.
- Memoria trabajo del sistema: 64 MB.
- Puertos seriales: COM1/COM2: RS232/422/485.
- Puerto Ethernet: 10/100 M
- Voltaje: 20-28 V DC.
- Potencia: 10 W¹¹.

¹¹ MAXTHERMO. Catalog_MTHMI_070_121.pdf. 2011. (En Línea). Disponible en: http://www.maxthermo.com/ENG/upload/file/Catalog_MTHMI_070_121.pdf, [Consulta: 8 de Abril del 2015]

Para realizar la comunicación entre el PLC y el HMI se conecta un cable utp desde el puerto COM 1 del HMI al puerto 2 del PLC configurado en rs232, en la parte de software se configura un enlace en la pestaña enlaces del programa Maxtech Designer, desplegando un cuadro de propiedades del enlace ilustrado en la Figura 22.

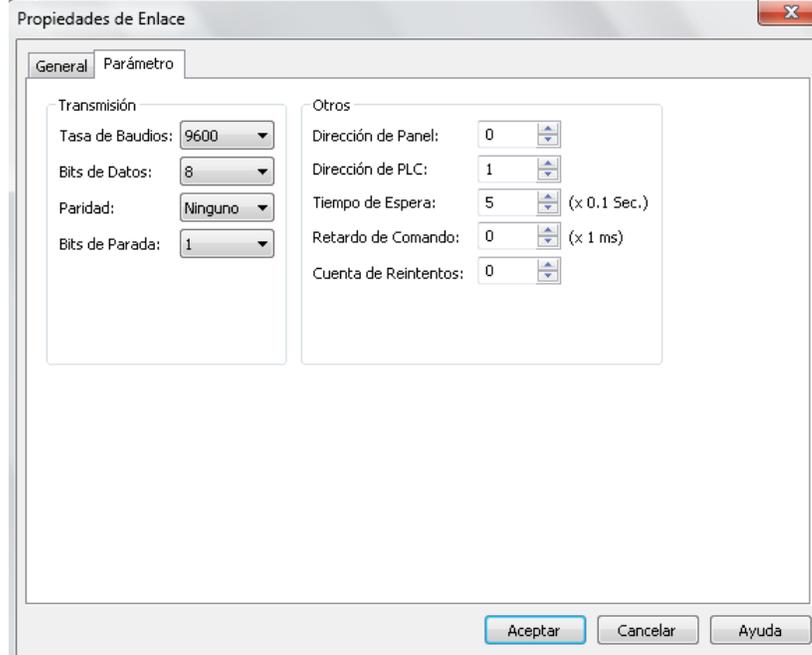
Figura 22. Propiedades del enlace. Pestaña General



Fuente: Maxtech Designer. Administrador de proyecto. Enlace. Propiedades de Enlace.

El programa Maxtech Designer tiene en sus librerías la configuración de la marca Unitronics y su versión de Vision 120, facilitando la configuración como se aprecia en la Figura 3-24, además en la pestaña parámetros ilustrada en la Figura 23, se establece que el HMI será el maestro y el PLC el esclavo, entre otros parámetros como tasa de baudios, bits de parada etc...

Figura 23. Propiedades del enlace. Pestaña Parámetros



Fuente: Maxtech Designer. Administrador de proyecto. Enlace. Propiedades de Enlace.

3.3.2 Programación del HMI MAXTECH MT070

La programación se realizó en el software Maxtech Designer versión 1.2.98.00, se puede descargar del siguiente enlace de la página de Maxthermo-Gitta Group Corporation <http://www.maxthermo.com/ENG/html/download/104.html>. La programación se realiza creando pantallas, botones y macros, y relacionándolos entre ellos. En los macros se realiza la programación y estos se pueden asociar a las pantallas y los botones, los botones poseen direcciones los cuales se utilizan para operar en los macros. A continuación se describen las pantallas que se crearon para el sistema.

- Pantalla Modos

La Figura 24 ilustra la pantalla modos, la función de esta pantalla es permitirle al operario seleccionar el modo de operación del sistema ya sea manual o automático.

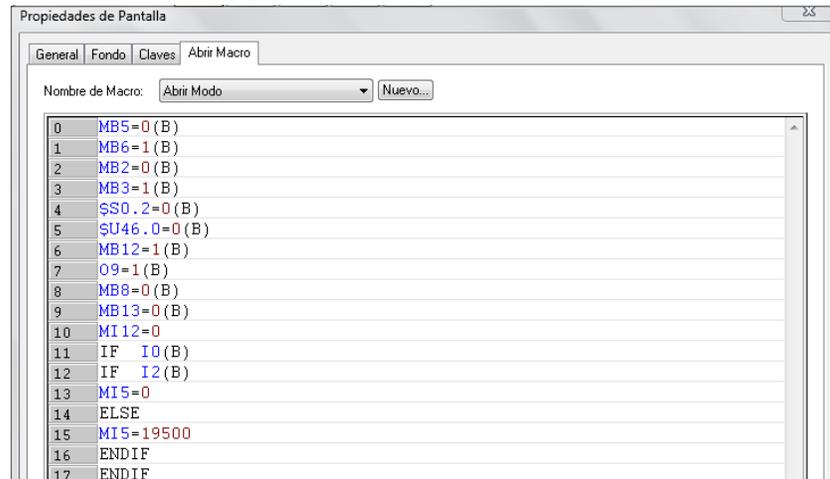
Figura 24. Pantalla Modos



Fuente: Autor del proyecto.

La pantalla modos cuenta con el título del proyecto, la fecha y hora, un botón AYUDA y dos botones de pantallas: OPERACIÓN MANUAL y OPERACIÓN AUTOMÁTICO, los cuales al ser presionados muestran las pantallas del mismo nombre respectivamente. Además cada vez que se abre esta pantalla se carga la macro “Abrir Modo” visualizada en la Figura 25, la cual reinicia variables a cero, y con cierta combinación de botones permite colocar el valor del volumen del tanque de almacenamiento en 0 o 19500 litros.

Figura 25. Macro abrir modos

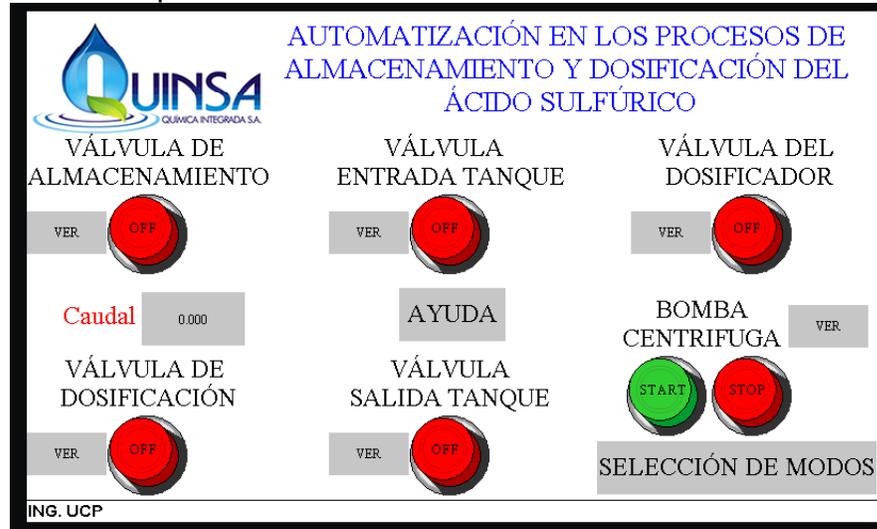


Fuente: Autor del proyecto.

- Pantalla operación manual

La Figura 26 ilustra la pantalla operación manual, la función de esta pantalla es energizar y apagar las válvulas solenoides y la bomba centrífuga una por una, presionando un botón en la pantalla.

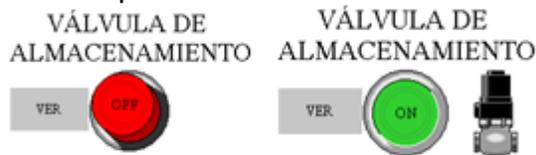
Figura 26. Pantalla operación manual



Fuente: Autor del proyecto.

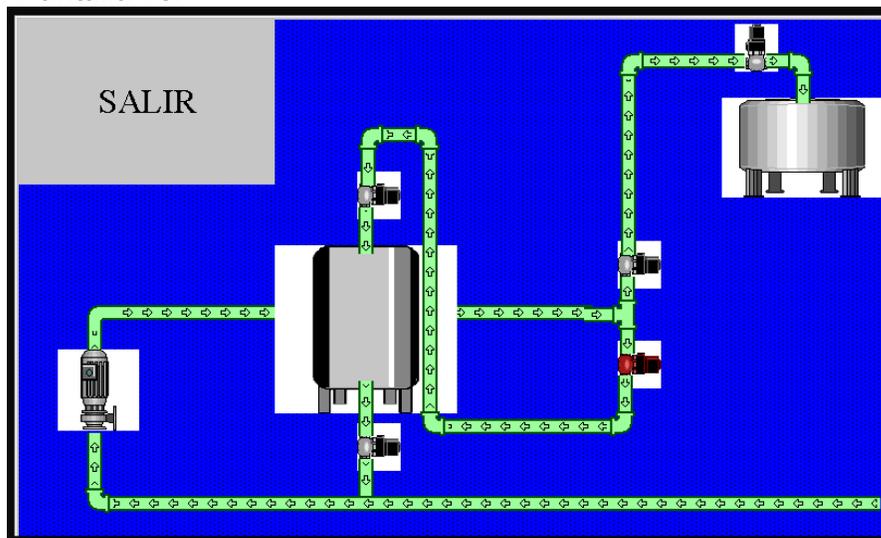
La pantalla operación manual se puede dividir en tres secciones: 1. Válvulas: son 5 válvulas cada una cuenta con un botón tipo ON-OFF, una imagen de válvula y un botón de pantalla, cuando el botón está en OFF, la válvula está apagada y la imagen de la válvula oculta, cuando el botón está en ON, la válvula se energiza y aparece la imagen de válvula, esto se puede ver en la Figura 27, el botón de pantalla VER su función es indicar en el esquema del sistema la ubicación del elemento resaltándolo en color rojo en la pantalla “ver” ilustrada en la Figura 28. 2. Bomba: tiene dos botones tipos pulsadores, una imagen de bomba y un botón de pantalla, ocurre lo mismo que con las válvulas solo cambiando que son dos pulsadores y no un botón ON-OFF. 3. Botón de pantalla selección de modos: al ser presionado regresa a la pantalla de modos ilustrada en la Figura 24, desactivando cualquier elemento que este energizado en ese momento.

Figura 27. Ejemplo del botón tipo ON-OFF



Fuente: Autor del proyecto.

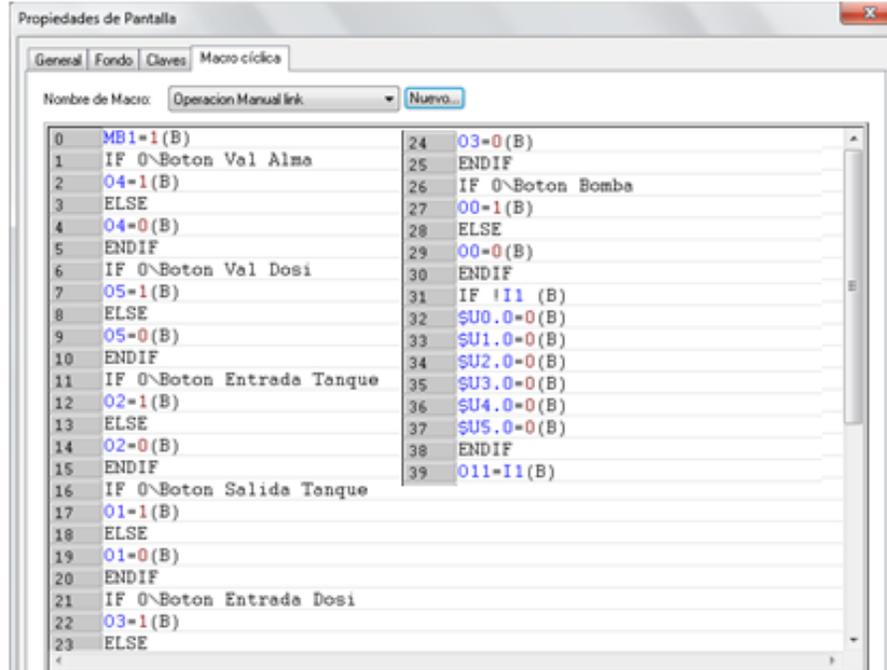
Figura 28. Pantalla ver



Fuente: Autor del proyecto.

La macro “operación manual” es la macro asociada a la pantalla operación manual, es una macro tipo cíclica lo cual cada 0,05 segundos se ejecuta, su función es testear el estado de los botones tipo ON-OFF de las válvulas y los pulsadores de la bomba, para asignar en el PLC el mismo estado a las salidas correspondientes. También cambiar al estado OFF a las válvulas y la bomba si se presiona el pulsador físico STOP. La macro operación manual es ilustrada en la Figura 29.

Figura 29. Macro operación manual

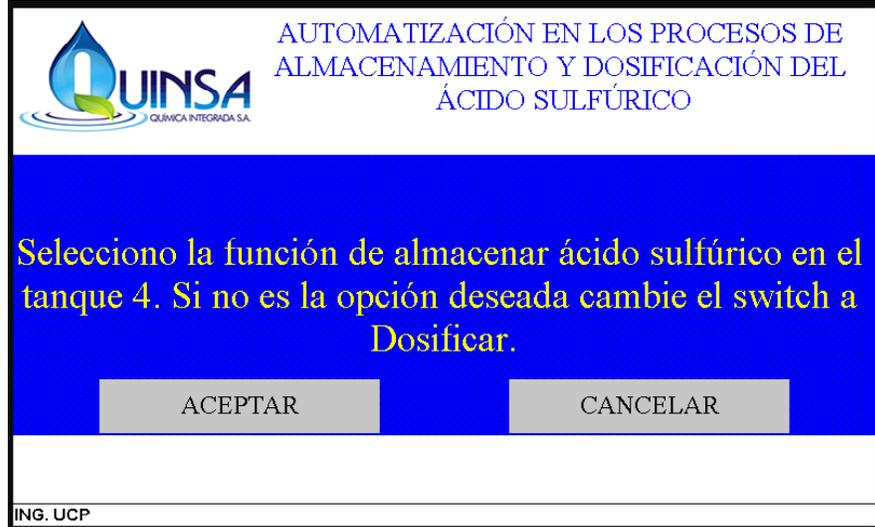


Fuente: Autor del proyecto.

- Pantalla operación automático

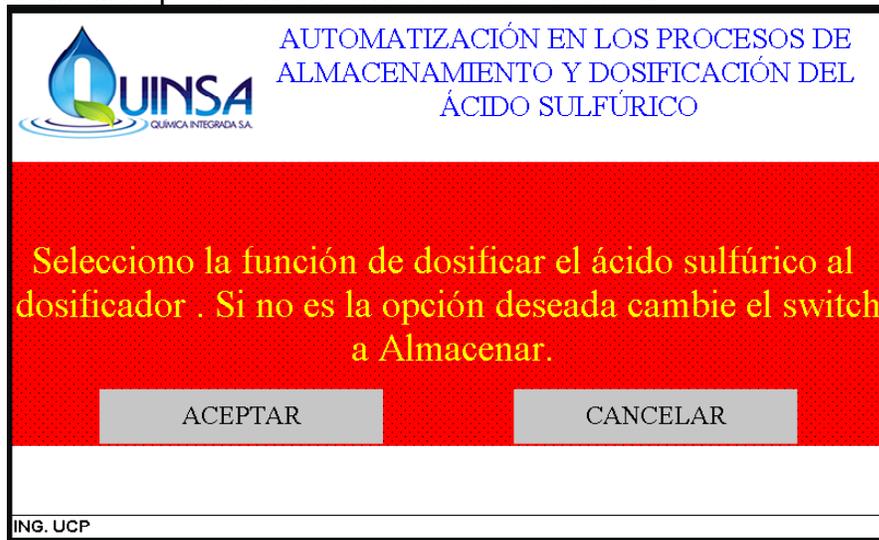
La función de esta pantalla es permitir al operario seleccionar el proceso a realizar, almacenar o dosificar. De acuerdo a la posición que se encuentre el switch de modos se mostrara la respectiva pantalla, si está en la posición de almacenar la pantalla mostrada será la de la Figura 30 y si el switch está en la posición dosificar la pantalla mostrada será la de la Figura 31.

Figura 30. Pantalla operación automático modo almacenar



Fuente: Autor del proyecto.

Figura 31. Pantalla operación automático modo dosificar

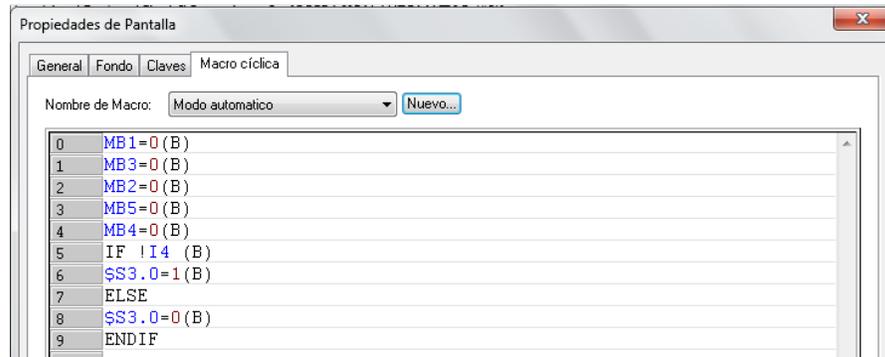


Fuente: Autor del proyecto.

Modo automático es la macro asociada a la pantalla operación automático, es ilustrada en la Figura 32. En esta macro se resetea variables y se tiene como condición que el transmisor este energizado, de lo contrario se muestra un cuadro que ocupa todo la pantalla en el cual se pide que se energice el transmisor como lo muestra la Figura 33, también para realizar el cambio de pantalla se utiliza la propiedad de visibilidad por bit que tienen los objetos en pantalla, por lo tanto cuando el switch de modos está en la posición de almacenar se utiliza este bit

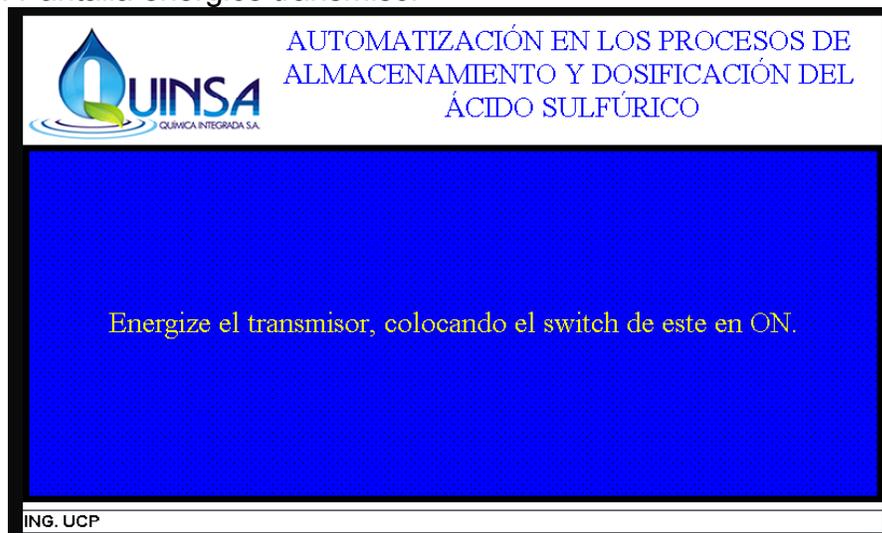
para ocultar el recuadro y el botón aceptar del modo dosificar, del mismo modo cuando el switch de modos está en la posición dosificar se utiliza este bit para ocultar el recuadro y el botón aceptar del modo almacenar. Los botones aceptar del modo almacenar y dosificar están sobrepuestos por lo tanto no se nota el cambio.

Figura 32. Macro modo automático



Fuente: Autor del proyecto.

Figura 33. Pantalla energice transmisor

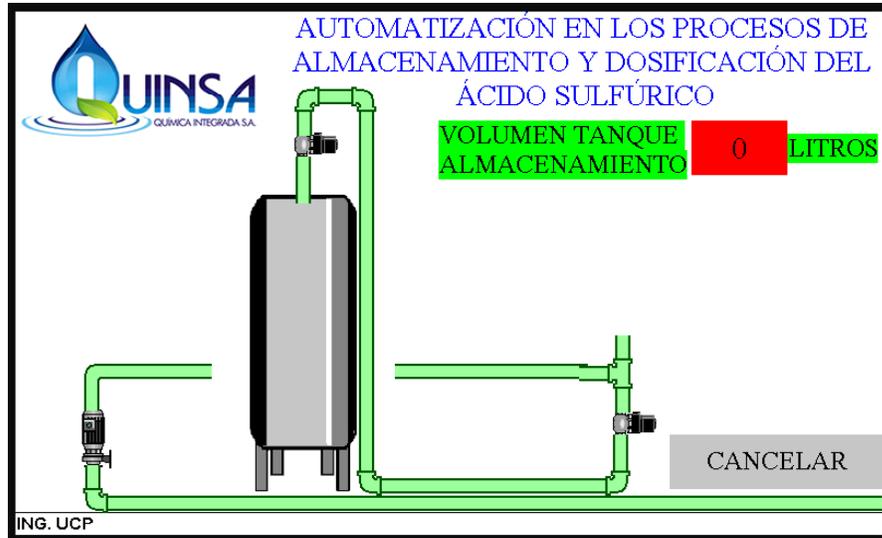


Fuente: Autor del proyecto.

- Pantalla modo almacenamiento

La función de esta pantalla es mostrar al operario el desarrollo de la acción de almacenar el ácido sulfúrico del carro tanque al tanque número 4 de almacenamiento, la pantalla modo almacenamiento es ilustrada en la Figura 34.

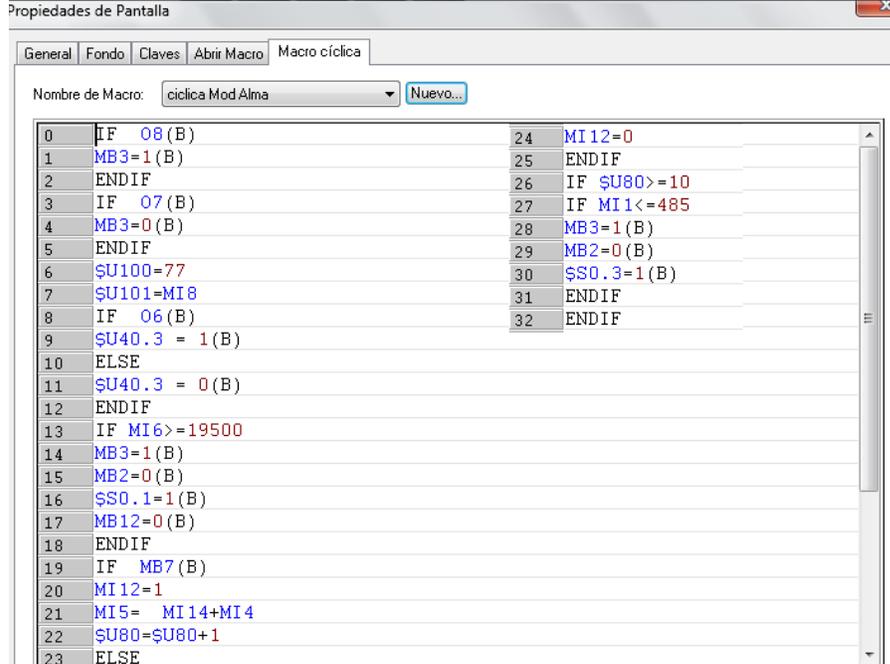
Figura 34. Pantalla modo almacenamiento



Fuente: Autor del proyecto.

La pantalla modo almacenamiento ejecuta una macro cíclica llamada cíclica modo almacenamiento en la cual se verifica el estado del switch de modos, ya que si es cambiado de posición durante la ejecución de la acción de almacenar se detendrá el proceso. Se programa los parámetros del cuadro dinámico que crece y decrece para indicar gráficamente el volumen del tanque. Cuando se alcanza la capacidad de 19500 litros se detiene la acción de almacenar. Se realiza la suma del volumen del tanque en cada ciclo y se tiene un contador. Cuando este contador alcanza los 10 conteos y el caudal no es alto se detiene el proceso porque se entiende que la bomba no está bombeando. La macro cíclica modo almacenamiento es ilustrada en la Figura 35.

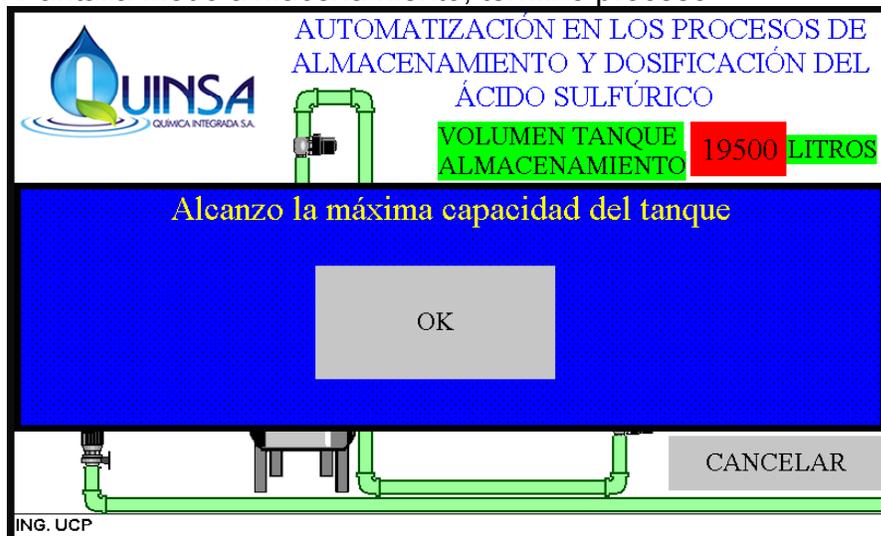
Figura 35. Macro cíclica modo almacenamiento



Fuente: Autor del proyecto.

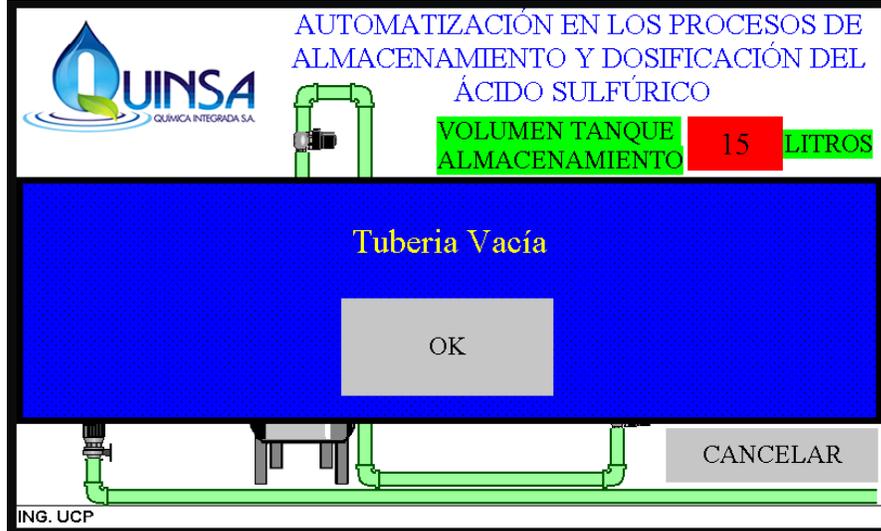
Las Figuras 36 y 37 muestran la pantalla cuando ocurre el evento de terminar el proceso y el de bomba airada respectivamente.

Figura 36. Pantalla modo almacenamiento, termino proceso



Fuente: Autor del proyecto.

Figura 37. Pantalla modo almacenamiento, bomba airada

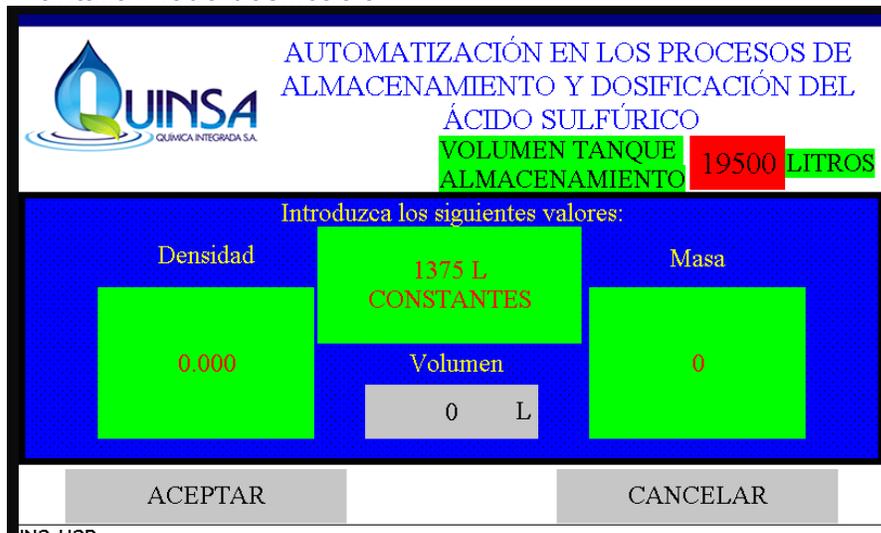


Fuente: Autor del proyecto.

- Pantalla modo dosificación

La función de esta pantalla es seleccionar el volumen a dosificar del tanque de almacenamiento al dosificador, para ello se tiene un botón que tiene un volumen constante de 1375 litros, también cuenta con la obtención del volumen de forma indirecta utilizando los datos de masa y densidad del ácido sulfúrico para determinar el volumen a dosificar. La pantalla modo dosificación es ilustrada en la Figura 38.

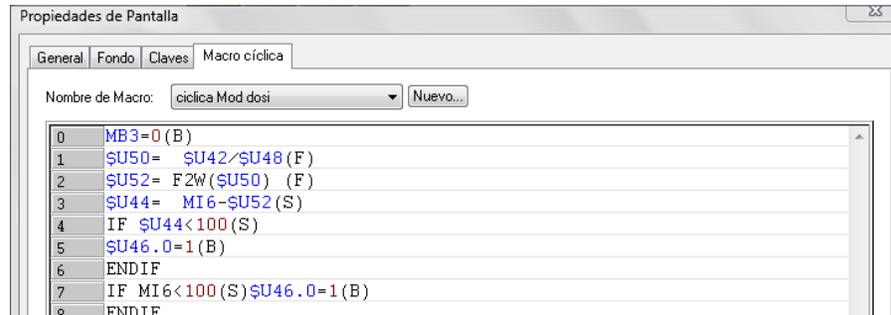
Figura 38. Pantalla modo dosificación



Fuente: Autor del proyecto.

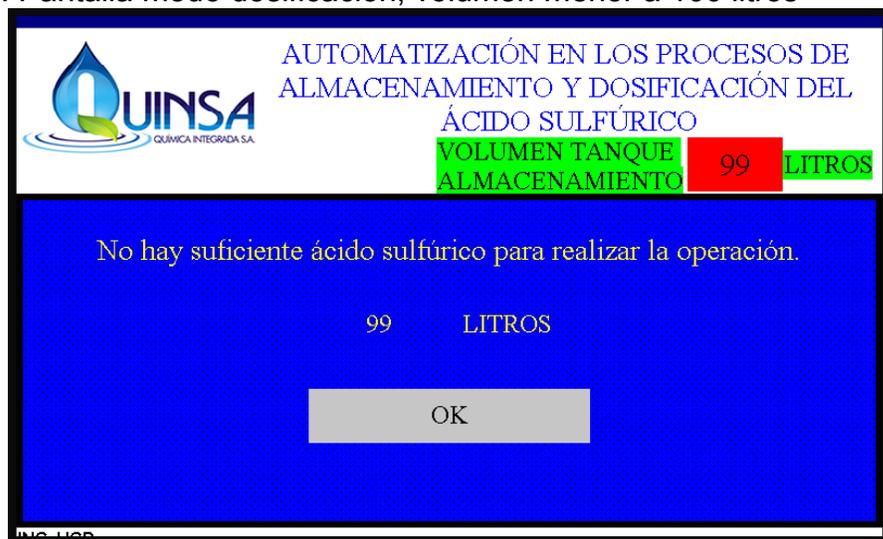
La macro cíclica modo dosificación es la macro cíclica de la pantalla modo dosificación ilustrada en la Figura 39 en la cual se realiza el proceso de la división para obtener el volumen a dosificar de forma indirecta, y se tiene como condición que si el tanque tiene menos de 100 litros como volumen no se lleve a cabo el proceso de dosificar, además en la pantalla modo dosificación se le informa al operario con el recuadro que aparece en la Figura 40.

Figura 39. Macro cíclica modo dosificación



Fuente: Autor del proyecto.

Figura 40. Pantalla modo dosificación, volumen menor a 100 litros

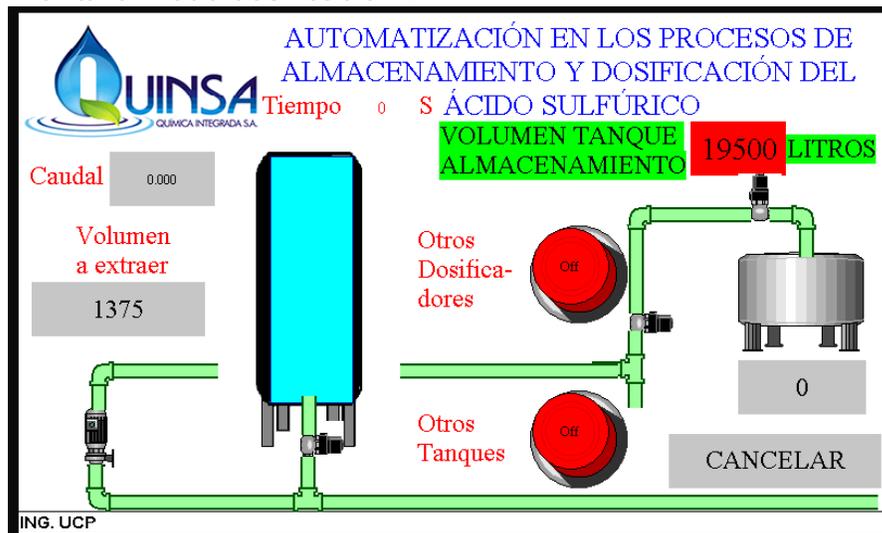


Fuente: Autor del proyecto.

- Pantalla modo dosificación 2

La función de esta pantalla es mostrar al operario el desarrollo de la acción de dosificar. Al presionar el botón otros tanques este no permite la activación de la válvula salida tanque ofreciendo el flujo de ácido sulfúrico de otros tanques realizando el control de llenado de la misma forma como si fuera del tanque de almacenamiento 4. Al presionar el botón otros dosificadores este no permite la activación de la válvula entrada dosificador ofreciendo determinar el volumen en la pantalla modo dosificación y enviar este volumen al dosificador 2. La pantalla modo dosificación 2 es ilustrada en la Figura 41. También cuenta con los recuadros de término proceso y bomba airada que aparecen en el proceso de almacenamiento ilustrados en las Figuras 36 y 37.

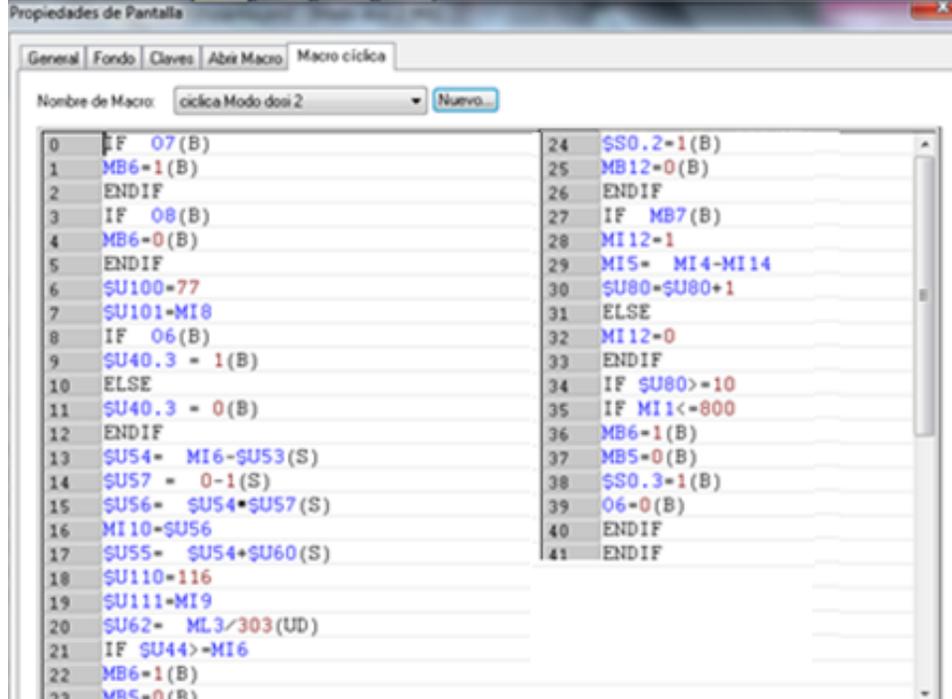
Figura 41. Pantalla modo dosificación 2



Fuente: Autor del proyecto.

La macro cíclica de la pantalla modo dosificación 2 es la macro llamada cíclica modo dosi 2, en la cual se maneja la parada del sistema para cuando se inicia el proceso y se cambia el switch de modos. Se maneja dos rectángulos dinámicos, uno para el tanque y el otro para el dosificador. Se realiza el cálculo de disminución del volumen almacenado en el tanque y el crecimiento del volumen en el dosificador. Cuando alcanza el volumen especificado de dosificación el sistema se detiene. Se especifica la función de tubería vacía. La macro cíclica modo dosi 2 es ilustrada en la Figura 42.

Figura 42. Macro cíclica modo dosi 2



Fuente: Autor del proyecto.

3.4 VÁLVULAS SOLENOIDES

Mediante la apertura y cierre de las válvulas se arman los circuitos por donde se quiere hacer circular ácido sulfúrico desde un punto A hasta un punto B, por este motivo se colocan válvulas solenoides en puntos esenciales para cuando se desee realizar la acción de almacenar o dosificar, estas válvulas solenoides permiten el paso del ácido sulfúrico por las tuberías que llevan a realizar dichas acciones. El sistema cuenta con 1 válvula solenoide de 2" y 4 válvulas solenoides de 1 1/2", ubicadas en los siguientes puntos:

- válvula de 2": - Salida del tanque de almacenamiento número 4.
- válvulas de 1 1/2": - Entrada del tanque de almacenamiento número 4.
 - Entrada del dosificador 1.
 - En el inicio de la sección de tubería conectada a la entrada de los tanques de almacenamiento, esta válvula llamada válvula modo almacenamiento.
 - En el inicio de la sección de tubería conectada a la entrada de los dosificadores, está la válvula llamada válvula modo dosificación.

En la Figura 3-45 se aprecia la válvula solenoide de 1 ½” ubicada en la parte izquierda y la válvula solenoide de 2” ubicada en la parte derecha.

Figura 43. Válvulas solenoides de 1 ½” y 2”



Fuente: Valvulas_solenoideas_Acero_inoxidable_2_vias_110_VAC_SUW-35_316_UNI-D_Catalogo_Ingles.pdf

3.4.1 Datos técnicos válvulas solenoides

En la siguiente dirección web de la empresa Vía industrial http://www.viaindustrial.com/catalogos_pdf/Valvulas_solenoideas_Acero_inoxidable_2_vias_110_VAC_SUW-40_316_UNI-D_Catalogo_Ingles.pdf¹², se encuentra el catálogo de válvulas solenoides serie SUW de la marca UNI-D, del cual podemos extraer las especificaciones de las válvulas, mostradas en la Tabla 4.

Tabla 4. Características válvulas solenoides de 1 ½” y 2”.

| Características | Modelo | |
|-------------------------|----------------------|----------------------|
| | SUW- 40 #316 | SUW- 50 #316 |
| Tamaño tubería | 1 ½” | 2” |
| Posición del diafragma | Normalmente cerrado | Normalmente cerrado |
| Material | Acero inoxidable 316 | Acero inoxidable 316 |
| Voltaje de alimentación | 110 V AC | 110 V AC |

¹² Viaindustrial. Valvulas_solenoideas_Acero_inoxidable_2_vias_110_VAC_SUW-35_316_UNI-D_Catalogo_Ingles.pdf (En Línea). Disponible en: http://www.viaindustrial.com/catalogos_pdf/Valvulas_solenoideas_Acero_inoxidable_2_vias_110_VA_C_SUW-40_316_UNI-D_Catalogo_Ingles.pdf >, [Consulta: 13 de Abril del 2015]

| | | | |
|--|-------|---------------|---------------|
| Tipo de rosca | | NPT | NPT |
| Cv | | 28 | 48 |
| Orificio (mm) | | 40 | 50 |
| Temperatura del fluido (°C) | | -5 °C – 80 °C | -5 °C – 80 °C |
| Max. Presión diferencial de operación (KGF/CM ²) | Agua | 0-5 | 0-5 |
| | Aire | 0-7 | 0-7 |
| | Gas | 0-5 | 0-5 |
| Dimensión | Largo | 125 | 167 |
| | Alto | 140 | 170 |
| | Ancho | 58 | 58 |
| Peso (Kg) | | 3,4 | 5,8 |

Fuente: Valvulas_solenoides_Acero_inoxidable_2_vias_110_VAC_SUW-35_316_UNI-D_Catalogo_Ingles.pdf

3.5 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Se instala en el sistema una fuente de alimentación la cual transforma los 110 V AC de la red a 24 V DC para energizar el PLC y HMI, ya que los dos pueden operar en este valor de voltaje. En la Figura 44 se muestra la fuente de alimentación.

Figura 44. Fuente de alimentación



Fuente: Fuentes-de-alimentacion-switcheadas-24-vdc-43380-ebchq-catalogo-ingles.pdf

3.5.1 Datos técnicos fuente de alimentación

En la siguiente dirección web de la empresa Vía industrial http://www.viaindustrial.com/catalogos_pdf/Fuentes-de-alimentacion-switcheadas-24-vdc-43380-ebchq-catalogo-ingles.pdf¹³, se encuentra las especificaciones técnicas de la fuente de alimentación switchcada 24 V DC a 60 W de la marca EBCHQ, del cual se extrae la siguiente información:

INPUT:

- Rango de voltaje: 85-264 VAC o 120-370 VDC.
- Rango de frecuencia: 47-63 Hz.
- Eficiencia: 79%.
- Corriente AC: 2A/115VAC o 1A/230VAC.
- Máxima corriente: 20A/115VAC o 40A/230VAC.

OUTPUT:

- Voltaje DC: 24 V.
- Corriente: 2.5 A.
- Rango de corriente: 0-2.5 A.
- Potencia: 60 W.
- Máximo Ripple&Noise: 150mV_{p-p}.
- Rango variación voltaje: 21.6 - 26.4 V.
- Tolerancia voltaje: ±1%.

3.6 RELÉ HF115F 024-1ZS1B (257)

Las salidas del PLC son de tipo P-MOSFET (open drain) o sea en transistor a 24 V DC, la cual no puede controlar las válvulas directamente, por ello se instala en las salidas del PLC los relés HF115F 024-1ZS1B (257), los cuales para activar la salida deben tener en la entrada 24 V DC. En la Figura 3-48 se visualiza un relé.

¹³ Viaindustrial. Fuentes-de-alimentacion-switcheadas-24-vdc-43380-ebchq-catalogo-ingles.pdf (En Línea). Disponible en: http://www.viaindustrial.com/catalogos_pdf/Fuentes-de-alimentacion-switcheadas-24-vdc-43380-ebchq-catalogo-ingles.pdf, [Consulta: 13 de Abril del 2015]

Figura 45. Relé HF115F 024-1ZS1B (257)



Fuente: HF115F_en.pdf

3.6.1 Datos técnicos relé HF115F

En la siguiente dirección web se encuentra la datasheet de la serie de relés HF115F de la marca HONGFA RELAYS http://www.hongfa.com/pro/pdf/HF115F_en.pdf¹⁴, se encuentra las especificaciones técnicas de la serie de relés HF115F, del cual se extrae la siguiente información:

Datos bobina:

- Voltaje nominal DC: 24 V.
- Rango de voltaje: 16.8 – 36 V.
- Resistencia: 1440 x (1±10%) Ω.
- Potencia: 400 mW.

Datos contacto:

- Resistencia: 100mΩ.
- Rango: 12A/16A 250VAC.
- Máximo voltaje switching: 440VAC/125VDC.
- Máximo corriente switching: 12A/16A.
- Máximo potencia switching: 3000VA/4000VA.

Características:

- Resistencia de aislamiento: 1000MΩ.
- Ruptura del dieléctrico: entre bobina y contactos: 5000VAC.
entre contactos abiertos: 1000VAC.
entre contactos setiados: 2500VAC.
- Sobrecarga de voltaje entre bobina y contactos: 10 kV.

¹⁴ HONGFA RELAYS. HF115F_en.pdf (En Línea). Disponible en: http://www.hongfa.com/pro/pdf/HF115F_en.pdf, [Consulta: 13 de Abril del 2015]

4. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

Las funciones principales del sistema son controlar el volumen del tanque de almacenamiento número 4 con capacidad de 20000 litros para que este no se rebose, cuando se está realizando el descargue del ácido sulfúrico desde el carrotanque. La otra función es realizar la dosificación del ácido sulfúrico desde el tanque de almacenamiento número 4 al dosificador número 1, donde este volumen del dosificador es constante para realizar la reacción.

4.1 SECCIONES DEL SISTEMA

El sistema cuenta con tres secciones las cuales son tablero de operación, tablero de respaldo y elementos terminales.

4.1.1 Tablero de operación

En el tablero de operación encontramos el PLC, HMI, fuente de alimentación, entre otros, todo acomodado en una caja plástica con sello hermético para proteger estos elementos del vapor de ácido y otros agentes externos que pueden corroer y dañar los elementos. En la Figura 4-1 se ilustra la ubicación de la caja del tablero de operación.

Figura 46. Caja del tablero de operación



Fuente: Química Integrada S.A. Caja del tablero de operación. 2015.

En la Figura 47 se muestra la distribución del tablero de operación, el cual consta de 5 secciones HMI, PLC, switches, leds y pulsadores.

Figura 47. Tablero de operación



Fuente: Autor del proyecto.

Las secciones HMI y PLC ya fueron descritos en capítulos anteriores, en la Figura 48 se ilustra la sección switches del tablero de operación.

Figura 48. Sección switches tablero de operación



Fuente: Autor del proyecto.

1 Switch ON/OFF del sistema: este switch energiza y apaga el sistema dependiendo de la posición del switch.

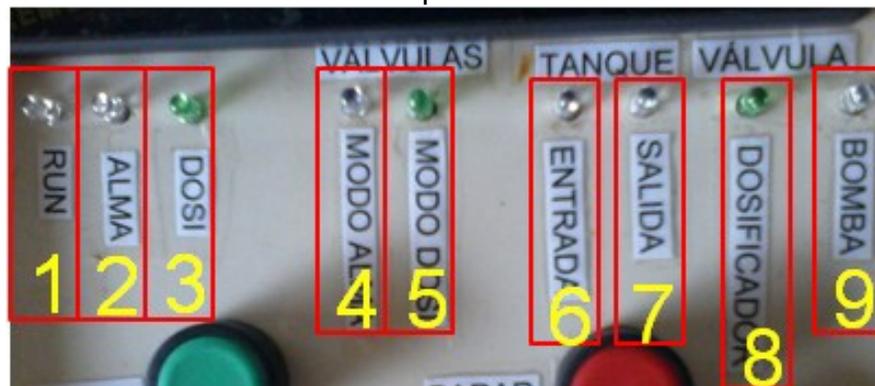
2 Switch de modos: este switch determina la acción del sistema a realizar en el modo automático. Dependiendo la posición del switch se realizara la acción de almacenar o dosificar.

3 Switch ON/OFF del transmisor: este switch energiza y apaga el transmisor dependiendo de la posición del switch.

4 LED transmisor: este led indica el estado del transmisor, energizado o apagado.

En la Figura 49 se ilustra la sección leds del tablero de operación.

Figura 49. Sección leds del tablero de operación



Fuente: Autor del proyecto.

1 LED RUN: este led al iluminarse indica que el sistema está ejecutando alguna acción ya sea almacenar o dosificar.

2 LED ALMA: este led al iluminarse indica que el switch de modos está en la posición de ALMACENAMIENTO.

3 LED DOSI: este led al iluminarse indica que el switch de modos está en la posición de DOSIFICACIÓN.

4 LED VÁLVULA MODO ALMA: este led al iluminarse indica que la válvula de almacenamiento esta energizada permitiendo el paso del flujo del ácido sulfúrico.

5 LED VÁLVULA MODO DOSI: este led al iluminarse indica que la válvula de dosificación esta energizada permitiendo el paso del flujo del ácido sulfúrico.

6 LED VÁLVULA ENTRADA TANQUE: este led al iluminarse indica que la válvula de entrada del tanque número 1 de almacenamiento esta energizada permitiendo el paso del flujo del ácido sulfúrico.

7 LED VÁLVULA SALIDA TANQUE: este led al iluminarse indica que la válvula de salida del tanque número 1 de almacenamiento esta energizada permitiendo el paso del flujo del ácido sulfúrico.

8 LED VÁLVULA DOSIFICADOR: este led al iluminarse indica que la válvula de entrada del dosificador 1 esta energizada permitiendo el flujo del ácido sulfúrico.

9 LED BOMBA: este led al iluminarse indica que la bomba esta energizada.

En la Figura 50 se ilustra la sección pulsadores del tablero de operación.

Figura 50. Sección pulsadores del tablero de operación



Fuente: Autor del proyecto.

1 START: al presionar este pulsador inicia la acción seleccionada ya se ha almacenar o dosificar.

2 STOP: al presionar este pulsador se detiene la acción que se esté llevando a cabo ya se ha almacenar o dosificar, y en el modo manual apaga las elementos que estén energizados.

4.1.2 Tablero de respaldo.

El tablero de respaldo tiene como función energizar las válvulas y el transmisor por medio del switcheo de los tacos eléctricos que está asignado a cada elemento, y permitir la habilitación de estos mismos elementos al sistema, esto para cuando el sistema este dañado o necesite reprogramación, en la Figura 51 está la ubicación del tablero de distribución.

Figura 51. Tablero de respaldo



Fuente: Química Integrada S.A. Tablero de respaldo. 2015.

El tablero de respaldo se divide en dos secciones, modo manual y modo sistema, demarcadas en la Figura 52.

Figura 52. Secciones del tablero de respaldo



Fuente: Autor del proyecto.

1 Modo manual: La posición del taco eléctrico determina el estado eléctrico (ON-OFF) de las válvulas y el transmisor, siguiendo la relación número-dispositivo descrita en la Tabla 5.

Tabla 5. Relación número-dispositivo sección modo manual del tablero de respaldo.

| Numero | Dispositivo |
|---------------|---------------------------------|
| 1 | Vacío |
| 2 | Válvula del modo almacenamiento |
| 3 | Válvula del modo dosificación |
| 4 | Válvula entrada del tanque 1 |
| 5 | Válvula salida del tanque 1 |
| 6 | Válvula del dosificador 1 |
| 7 | Transmisor |

Fuente: Autor del proyecto.

2 Modo sistema: De acuerdo a la relación número-dispositivo descrita en la Tabla 6, cada taco eléctrico al colocarse en ON habilita el paso para que el sistema pueda controlar el encendido y apagado de las válvulas y el transmisor de acuerdo a la programación establecida del sistema.

Tabla 6. Relación número-dispositivo sección modo sistema del tablero de respaldo

| Numero | Dispositivo |
|---------------|---------------------------------|
| 1 | Pulsador Start bomba |
| 2 | Válvula del modo almacenamiento |
| 3 | Válvula del modo dosificación |
| 4 | Válvula entrada del tanque 1 |
| 5 | Válvula salida del tanque 1 |
| 6 | Válvula del dosificador 1 |
| 7 | Transmisor |

Fuente: Autor del proyecto.

4.1.3 Elementos terminales.

Los elementos terminales son aquellos a los cuales se les controlan mediante programación el encendido y apagado, para llevar a cabo las acciones que se ordenan desde el HMI. Tales elementos son bomba centrífuga, válvula modo almacenamiento, válvula modo dosificación, válvula entrada tanque, válvula salida tanque, válvula entrada dosificador.

4.2 EJECUCIÓN DEL SISTEMA

El tablero de respaldo debe estar configurado de la siguiente forma: todos los tacos eléctricos de la sección manual en OFF, todos los tacos eléctricos de la sección sistema en ON, de esta forma habilitando la manipulación de los elementos terminales por parte del sistema. Se coloca el switch ON/OFF del sistema en la posición ENERGIZAR lo cual energiza el PLC y HMI mostrando en el HMI la pantalla de configuración del HMI, en esta pantalla se debe presionar solamente el botón RUN.

Al presionar el botón RUN se cargará la programación del HMI la cual muestra la pantalla Modos ilustrada previamente en la Figura 24, presionando el botón de pantalla OPERACIÓN MANUAL cargará la pantalla del mismo nombre ilustrada en la Figura 26, en la cual se puede energizar cada elemento al presionar el botón OFF del elemento deseado, de la misma forma cada elemento cuenta con un botón VER el cual muestra en la pantalla ver ilustrada en la Figura 28 el elemento resaltado en color rojo, de esta pantalla se sale al presionar el botón SALIR volviendo a cargar la pantalla operación manual. Con el pulsador STOP y el botón SELECCIÓN DE MODOS se puede detener los elementos que estén energizados en ese momento, también el botón SELECCIÓN DE MODOS carga la pantalla Modos.

En la pantalla Modos al presionar el botón OPERACIÓN AUTOMATICO carga la pantalla del mismo nombre pero dependiendo de la posición del switch de modos carga la pantalla operación automático modo almacenar de la Figura 30 si el switch está en la posición ALMACENAR, si el switch está en la posición DOSIFICAR cargará la pantalla operación automático modo dosificar de la Figura 31. En ambas pantallas el botón CANCELAR carga nuevamente la pantalla Modos, al cambiar el switch de posición también cambiará la pantalla. Como el transmisor es parte fundamental de estos procesos, si este no está energizado aparecerá la pantalla energice transmisor de la Figura 34.

Al presionar el botón ACEPTAR en la pantalla operación automático modo almacenar cargará la pantalla modo almacenamiento de la Figura 34, en la cual al presionar el pulsador START se iniciará el proceso de almacenar, activando los led RUN, ALMA, VÁLVULA MODO ALMA, VÁLVULA ENTRADA TANQUE y BOMBA, energizando los elementos con el mismo nombre que iluminan los leds. Al alcanzar la capacidad del tanque aparecerá la pantalla modo almacenamiento término proceso, de la Figura 36, además cuenta con detección de bomba airada ya que si al iniciar el proceso durante 3 segundos no supera el caudal 0.5 l/s se detendrá la operación y aparecerá la pantalla modo almacenamiento bomba

airada de la Figura 37. Los botones OK de las pantallas modo almacenamiento término proceso y bomba airada, con el botón CANCELAR regresan a la pantalla Modos.

Al presionar el botón ACEPTAR en la pantalla operación automático modo dosificar cargará la pantalla modo dosificación de la Figura 38, en la cual se escoge el volumen a dosificar. Presionando el botón 1375 L CONSTANTES se cargará la pantalla modo dosificación 2 con el volumen a extraer en 1375 L, esta forma es directa, la forma indirecta es introduciendo los valores de Densidad y Masa del ácido sulfúrico en sus respectivas casillas, y saldrá en el casilla de texto Volumen el volumen que da la operación, con el botón ACEPTAR se cargara la pantalla modo dosificación 2 con el volumen a extraer igual al resultado de la operación de forma indirecta. También al colocar el valor de densidad en 1 y colocando en masa el volumen que se desee extraer, se puede dosificar cualquier volumen. Si en el tanque de almacenamiento número 4 el valor de volumen es inferior a 100 litros el sistema no permitirá realizar la dosificación mostrando la pantalla modo dosificación volumen menor a 100 litros de la Figura 39. El botón OK de esta pantalla y el botón CANCELAR cargaran la pantalla Modos.

En la pantalla modo dosificación 2 se puede escoger si el ácido sulfúrico a dosificar saldrá del tanque de almacenamiento número 4 o de otro tanque, por medio de la activación del botón Otros tanques, el cual no permite la apertura de la válvula salida tanque, de la misma forma se puede escoger no abrir la válvula entrada dosificador por medio de la activación del botón Otros dosificadores para dosificar el volumen seleccionado al otro dosificador. Estableciendo ya las configuraciones se pulsa el pulsador START iniciando la dosificación, en la cual se activaran los leds de acuerdo a dicha configuración: RUN, DOSI, VÁLVULA MODO DOSI, VÁLVULA SALIDA TANQUE, VÁLVULA ENTRADA DOSIFICADOR y BOMBA, de la misma forma se activan los elementos con el mismo nombre. En esta pantalla el cuadro Volumen a extraer ira decreciendo hasta llegar a cero, mientras el cuadro del dosificador ira creciendo hasta llegar al volumen seleccionado a dosificar, de la misma forma los rectángulos dinámicos del tanque y el dosificador ilustraran el volumen que tienen. Igualmente en esta pantalla cuenta con los recuadros de termino proceso y bomba airada del proceso almacenar y los botones OK de estos recuadros y el botón CANCELAR se cargar la pantalla Modos.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó un sistema automático de control de llenado a un tanque de almacenamiento y un dosificador de ácido sulfúrico en la empresa QUINSA de Aipe Huila, iniciando el diseño a partir de un sensor y transmisor MAG 3100 y MAG 5000 respectivamente, dando solución a un riesgo de operación en la empresa, debido a que en un descuido del operario puede ocurrir el rebosamiento del tanque de almacenamiento o el tanque dosificador, conllevando riesgos de lesiones humanas por el tipo de líquido.
- El sistema posee la capacidad de realizar la dosificación al dosificador número 2, mediante su debida configuración. Cuenta con recuadros de información cuando se presente algunos eventos tales como bomba airada, transmisor apagado, entre otros. Mediante la programación realizada se asegura que el valor de litros del tanque de almacenamiento y el valor de litros del dosificador cuando se están realizando las acciones de almacenar y dosificar no se pierdan ante un corte de energía eléctrica inesperado.
- El software utilizado para realizar la programación del PLC y HMI son el VisiLogic y el Maxtech Designer respectivamente, como ventaja es que no necesitan licencia y se pueden descargar de las páginas web de sus fabricantes, además son de fácil manejo y se pueden configurar en lenguaje español. La comunicación entre los dos elementos se realiza por rs232 MODBUS RTU de forma fácil, ya que el Maxtech Designer cuenta con librerías de la serie Vision120 para realizar la transmisión de datos. Ambos cuentan con ejemplos de sus funciones y configuraciones brindando una familiarización con su entorno de programación. El inconveniente que se presentó fue que el PLC no tiene como opción la descarga de programación por puerto USB y no se logró descargar la programación desde un portátil al PLC mediante la conversión de cables de USB a DB9 ya que el portátil no reconoció el PLC bajo esta configuración, obligando utilizar un computador de mesa para realizar la descarga de programación, limitando la movilidad del proyecto.
- Ante alguna eventualidad donde el sistema deba ser detenido ya sea por daño o reprogramación, el tablero de respaldo proporciona que los

procesos de almacenamiento y dosificación no sean detenidos, ya que en este tablero se puede manipular los elementos terminales de forma directa, asegurando que el sistema instalado no presente inconvenientes de producción a la empresa.

- El sistema sirve como base para aplicar la automatización a todo el proceso de almacenamiento y dosificación, además de abrir las posibilidades de llevar a cabo automatización en otros procesos de la empresa.

5.2 RECOMENDACIONES

- Al realizar la compra e instalación de válvulas eléctricas en todos los tanques de almacenamiento y dosificadores, además de una reprogramación al sistema, se lograría implementar un sistema el cual permitiría controlar y manipular el ácido sulfúrico de forma muy segura.
- Se puede implementar el mismo sistema en el almacenaje y dosificación de otros tipos de líquidos como lo son el ácido clorhídrico, ya que en estos líquidos se opera de forma muy similar al ácido sulfúrico.
- En las líneas de producción de la empresa se puede automatizar y optimizar muchos procesos, ya que en su mayoría es de forma manual y dependen mucho del criterio humano.

BIBLIOGRAFÍA

[1] QUÍMICA INTEGRADA S.A., QUINSA. (En Línea). Disponible en: <<http://quinsa.com.co/modulos/pagina/vista/index/>>, [Consulta: 11 de Marzo del 2015].

[2] QUÍMICA INTEGRADA S.A., QUINSA. (En Línea). Disponible en: <<http://quinsa.com.co/modulos/pagina/vista/resena/>>, [Consulta: 11 de Marzo del 2015].

[3] QUÍMICA INTEGRADA S.A., QUINSA. (En Línea). Disponible en: <<http://quinsa.com.co/modulos/pagina/vista/producto/listado.php#>>, [Consulta: 11 de Marzo del 2015].

[4] QUÍMICA INTEGRADA S.A., QUINSA. (En Línea). Disponible en: <<http://quinsa.com.co/modulos/pagina/vista/maquila/>>, [Consulta: 11 de Marzo del 2015].

[5] QUÍMICA INTEGRADA S.A., QUINSA. (En Línea). Disponible en: <<http://quinsa.com.co/modulos/pagina/vista/postventa/>>, [Consulta: 11 de Marzo del 2015].

[6] Sensor SITRANS F M MAG 3100. Instrucciones de servicio. Edición 9/2012. p. 9-11.

[7] Sensor SITRANS F M MAG 3100. Instrucciones de servicio. Edición 9/2012. p. 9-11.

[8] SITRANS F M MAG 5000/6000. Instrucciones de servicio. Edición 12/2013. p. 15.

[9] SITRANS F M MAG 5000/6000. Quick Start. Edición 10/2009.

[10] UNITRONICS. DSP-V 120-T2C. Edición 10/2007. (En Línea). Disponible en: <http://www.unitronics.com/Downloads/Support/Technical%20Library/Vision%20Har>

dware/Vision120%20-%20Specifications/V120-22-T2C_1.pdf>, [Consulta: 31 de Marzo del 2015].

[11] MAXTHERMO. Catalog_MTHMI_070_121.pdf. 2011. (En Línea). Disponible en: http://www.maxthermo.com/ENG/upload/file/Catalog_MTHMI_070_121.pdf>, [Consulta: 8 de Abril del 2015].

[12] Viaindustrial. Valvulas_solenoideas_Acero_inoxidable_2_vias_110_VAC_SUW-35_316_UNI-D_Catalogo_Ingles.pdf (En Línea). Disponible en: http://www.viaindustrial.com/catalogos_pdf/Valvulas_solenoideas_Acero_inoxidable_2_vias_110_VAC_SUW-40_316_UNI-D_Catalogo_Ingles.pdf >, [Consulta: 13 de Abril del 2015].

[13] Viaindustrial. Fuentes-de-alimentacion-switcheadas-24-vdc-43380-ebchq-catalogo-ingles.pdf (En Línea). Disponible en: http://www.viaindustrial.com/catalogos_pdf/Fuentes-de-alimentacion-switcheadas-24-vdc-43380-ebchq-catalogo-ingles.pdf>, [Consulta: 13 de Abril del 2015]

[14] HONGFA RELAYS. HF115F_en.pdf (En Línea). Disponible en: http://www.hongfa.com/pro/pdf/HF115F_en.pdf>, [Consulta: 13 de Abril del 2015]