 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

**DISEÑO Y MONTAJE DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL Y
SUPERVISIÓN DE NIVEL DE AGUA EN LOS TANQUES QUE SURTEN LA RED
CONTRA INCENDIO DEL TÚNEL FERNANDO GÓMEZ MARTÍNEZ.**

JORGE IVAN QUINCHIA RODRIGUEZ

DIEGO ARMANDO HERREÑO DUARTE

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electromecánico

Director

Manuel Alejandro Ospina Alarcón

Docente Ocasional

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

MEDELLÍN-COLOMBIA

2017

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

RESUMEN

El Túnel Fernando Gómez Martínez está dotado con una infraestructura y tecnología de punta en todos sus sistemas (ventilación, iluminación, detección de incendios, tráfico, energía, etc.). Pero su sistema contra incendios no está tecnificado, por tal motivo, se hace indispensable automatizar el sistema contra incendios, debido a que en algunas ocasiones, la falta de un sistema automático, permite que el nivel máximo de agua de los tanques sea superado, provocando pérdidas de agua; en otras ocasiones las válvulas de alimentación de los tanques, no se abren oportunamente, ocasionando que el nivel de los tanques permanezca por debajo del nivel mínimo permitido, esta responsabilidad recae sobre el personal de turno, ya que este proceso se realiza de forma manual.

Teniendo en cuenta lo anterior, en este trabajo se diseñó e implementó un sistema automático para el control de nivel en los tanques, que ayude a su funcionamiento de manera eficaz, esto se logró con la adición de electroválvulas en cada una de las redes de llenado de los tanques y se implementó un sensor de ultrasonido encargado de monitorear el nivel de agua a cada instante, el cual se programó con el software de programación SIMATIC-S7 de Siemens por medio de un PLC S7-400.

Con la automatización del sistema contra incendios del túnel Fernando Gómez Martínez, se disminuye el impacto ambiental generado por acabar con el desperdicio de agua existente, se aumenta la confiabilidad y tiempo de respuesta en caso de incendio y de ahora en adelante se puede asegurar que es uno de los túneles más tecnificado y seguro de Colombia.

Palabras claves: Control, programación, monitoreo, interfaz, prevención, Red contra incendios.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

RECONOCIMIENTOS

El agradecimiento especialmente a Dios, que nos dio la sabiduría y la oportunidad de obtener el conocimiento a través de nuestros docentes y años de estudio, además de los instrumentos necesarios para aplicar ese conocimiento con este proyecto.

Agradecemos a los docentes del Instituto Tecnológico Metropolitano que nos brindaron sus conocimientos durante el proceso de nuestra formación profesional y que de una u otra manera han contribuido para que este proyecto se haga realidad.

También agradecemos a nuestras familias por el apoyo brindado durante toda la carrera, por sus consejos de aliento y de confianza.

Finalmente agradecemos a la dirección del túnel Fernando Gómez Martínez, la cual ha sido un gran apoyo en la ejecución de este proyecto.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

ACRONIMOS

CCTV (Circuito cerrado de televisión)

HMI (Interfaz hombre maquina)

m.s.m.n (metros sobre el nivel del mar)

RTU (Unidad Terminal remota)

SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos)

STEP 7 (Software de programación de PLC SIMATIC-S7 de Siemens)

UPS (Sistema de alimentación ininterrumpida)

WINCC (Sistema de supervisión sobre PC)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	8
1.1 Objetivo General	10
1.2 Objetivos Específicos.....	10
2. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 Historia de los Controladores de Nivel.....	11
2.2 Electroválvulas	16
2.3 Sensor de Nivel.....	18
2.4 Controlador Automata Programable o PLC.....	21
2.5 Software SCADA	22
3. METODOLOGÍA.....	25
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	50
6. BIBLIOGRAFIA	51

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Alarma de Platón. Fuente: (Moreno R. P., 1999).</i>	12
<i>Figura 2. Lámpara de Philon. Fuente: (Moreno R. P., 1999).</i>	12
<i>Figura 3. Dispensador de vino. Fuente: (Moreno R. P., 1999).</i>	13
<i>Figura 4. Sistema de Bombeo de la Red Contra Incendios, Cuarto de Bombas. Fuente: Propia.</i>	14
<i>Figura 5. Hidrantes Ubicados en la Parte Interna. Fuente: (Systems, 2016).</i>	15
<i>Figura 6. Valvula Riser Ubicada en la Entrada Y Salida del Túnel. Fuente: (Firehose, 2011).</i>	15
<i>Figura 7. Válvula de Accionamiento Directo. Fuente: (SMC, 2017).</i>	16
<i>Figura 8. Válvula de Accionamiento Indirecto. Fuente: (SMC, 2017).</i>	16
<i>Figura 9. Válvula de Accionamiento Mixto. Fuente: (valvulas, 2013).</i>	17
<i>Figura 10. Identificación de una Válvula. Fuente: (Hidranaven, 2017).</i>	18
<i>Figura 11. Sensores de Nivel. Fuente: (Leal, 2014).</i>	20
<i>Figura 12. Controlador Autónomo Programable. Fuente: (Wikipedia, 2017).</i>	22
<i>Figura 13. Software Simatic Wincc. Fuente: (siemens, 2012).</i>	24
<i>Figura 14. Sensores en los Tanques, Niveles Alto, Medio y Bajo. Fuente: Propia</i>	26
<i>Figura 15. Sistema de Bombeo de la Red Contra Incendios. Fuente: Propia.</i>	27
<i>Figura 16. Diagrama P&D del sistema antes del proyecto. Fuente: Propia.</i>	28
<i>Figura 17. Nuevo Diagrama P&D del Sistema Automatizado. Fuente: Propia.</i>	29
<i>Figura 18. Tipo de Válvula Instalada. Fuente:(Danfoss).</i>	30
<i>Figura 19. Válvula Instalada en la Red del Tanque 1. Fuente: Propia.</i>	30
<i>Figura 20. Válvula Instalada en la Red del Tanque 2. Fuente: Propia.</i>	31
<i>Figura 21. Ubicación Correcta del Sensor de Ultrasonido. Fuente: (Orion, 2017).</i>	32
<i>Figura 22. Parámetros del Sensor de Ultrasonido. Fuente: Propia</i>	33
<i>Figura 23. Pantalla del Sensor Instalado. Fuente: Propia</i>	33
<i>Figura 24. Sensor de Ultrasonido Utilizado. Fuente: Propia</i>	34
<i>Figura 25. PLC con Conexiones. Fuente: Propia.</i>	35
<i>Figura 26. PLC con sus Conexiones. Fuente: Propia.</i>	35
<i>Figura 27. Diagrama de flujo. Fuente: Propia</i>	37
<i>Figura 28. Diagrama de bloques. Fuente: Propia</i>	38

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

Figura 29. Programa para el funcionamiento de las válvulas. Fuente: Propia. _____ 39

Figura 30. Programa para el funcionamiento del tanque 1. Fuente: Propia. _____ 40

Figura 31. Programa para el funcionamiento del tanque 2. Fuente: Propia. _____ 42

Figura 32. Programa para definir parámetros de volumen del tanque 1. Fuente: Propia. _____ 43

Figura 33. Programa para definir parámetros de volumen del tanque 2. Fuente: Propia. _____ 45

Figura 34. Diagrama SCADA del Sistema Mejorado. Fuente: Propia. _____ 47

Figura 35. Opciones de Funcionamiento. Fuente: Propia. _____ 48

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

1. INTRODUCCIÓN

El Túnel de Occidente "Fernando Gómez Martínez" es de los más prolongados en toda América Latina, con una extensión de 4.600 metros, este se halla situado entre las ciudades de Medellín y Santa Fe de Antioquia, y su construcción demoró ocho años, lo cual permitió que en este tiempo se generaran unos mil empleos directos y el 20 de enero del año 2006 se realizó su inauguración, el túnel cuenta con los más avanzados recursos tecnológicos utilizados en macro proyectos de este tipo, entre los cuales podemos enumerar 50 cámaras de televisión para la vigilancia y monitoreo, sistema de iluminación de 800 lámparas, sistema de ventilación, cuenta con emisora propia que opera desde el sistema central en la 106.9 en el dial y ésta solo funciona al interior del túnel, ofreciendo al usuario información pertinente a su recorrido que tiene una duración aproximada de 5 a 6 minutos de extremo a extremo. Además, cuenta con salas de mando donde se está monitoreando constantemente el interior y exterior del túnel para prevenir o actuar en cualquier evento que se pueda presentar.

También tiene un sistema de señalización general y modernos equipos de comunicación. Por otro lado posee un sistema contra incendios, el cual está compuesto por 2 tanques con una capacidad de almacenamiento de 142.000 litros, estos poseen válvulas de flotador y sensores de nivel ubicados en tres puntos diferentes dentro de cada tanque, los dispositivos funcionan esporádicamente y el llenado de los tanques está dispuesto al cierre y abertura de 2 válvulas de globo manuales, delegando esta responsabilidad al operario de turno, quienes algunas veces pasan por alto sus instrucciones ocasionando muchos problemas como: desperdicio de agua, aumento en los costos de funcionamiento, poca confiabilidad del sistema, ya que los tanques pueden estar por debajo del nivel mínimo requerido en el caso de una contingencia.

Debido a esto se diseñó e implementó un sistema automático para el control y monitoreo del nivel en los tanques de la red contra incendios, que ayude a su funcionamiento de manera eficaz. El trabajo estará compuesto por cinco capítulos distribuidos de la siguiente manera: en el primer capítulo, se realiza una breve explicación de las características y problemas que presenta el túnel Fernando Gómez Martínez en lo relacionado con el sistema de la red contra

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

incendios. En el capítulo dos, se realizó una investigación profunda sobre sistemas de control de nivel utilizados para este propósito y sobre equipos de nueva tecnología que podrían ser utilizados; además se plantearon los objetivos específicos que llevaran al cumplimiento del objetivo principal (la automatización del sistema de llenado de los tanques de la red contra incendios).

Posteriormente en el capítulo tres, se planteó la metodología a seguir que está compuesta por tres pasos: (i) selección del tipo de control a utilizar (lazo cerrado o abierto), (ii) escoger los componentes a implementar (electroválvulas, sensor de ultrasonido y PLC) y (iii) se seleccionó el programa de control a utilizar (SIMATIC-S7 de Siemens), basados en su versatilidad y compatibilidad con los demás sistemas ya implementados, con los cuales se logró el objetivo principal de automatizar el sistema contra incendios del túnel Fernando Gómez Martínez.

En el capítulo cuatro, se dan los resultados y además se realiza la instalación de los elementos necesarios para llevar a cabo el montaje del nuevo sistema, entre ellos, las electroválvulas y los sensores seleccionados con sus respectivas conexiones al PLC también se diseña el programa adecuado para el funcionamiento del nuevo sistema y se realizan las pruebas de funcionamiento desde la sala de control. Por último, en el capítulo cinco se presentan las principales conclusiones de este proyecto y se dan algunas recomendaciones y trabajos futuros.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

1.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema automático de control y supervisión del nivel de agua en los tanques que surten la red contra incendio del túnel Fernando Gómez Martínez.

1.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema de control automático que regule el nivel de los tanques 1 y 2 de la red contra incendio del túnel Fernando Gómez Martínez.
- Elaborar el diagrama de proceso e instrumentos de los tanques 1 y 2 con el sistema de control a implementar.
- Seleccionar los sensores y elementos finales de control, que van a ser implementados y controlados mediante un autómata programable.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

2. MARCO TEÓRICO

A través de los años el ser humano ha diseñado dispositivos mecánicos, eléctricos, electrónicos, neumáticos e hidráulicos, encargados de realizar funciones específicas permitiendo que desaparezcan las tareas repetitivas que eran realizadas manualmente. La implementación de esta tecnología nos permite una mejor disposición del proceso, y mejora el tiempo de respuesta ya que estos sistemas permiten controlar variables que anteriormente solo eran manipuladas por personas durante todo el proceso, al momento de cambiar personas por un conjunto de instrumentos que conforman un dispositivo o máquina, esto se conoce como automatización de proceso, y es llevado a cabo desde la antigua Grecia permitiendo el desarrollo de la industria y que ésta cada vez creciera más. Algunas de las personas involucradas más influyentes o importantes de la época en este ámbito eran los tres mecánicos Ktesibios, Philon y Herón (Moreno R. P., 1999).

2.1 Historia de los Controladores de Nivel

Se dice que el primer dispositivo encargado de controlar el nivel de un fluido fue creado en el siglo III antes de Cristo, Este recibió el nombre de clepsidra; era una especie de reloj que funcionaba con agua y fue creado por el mecánico Ktesibios (Moreno R. P., 1999), su funcionamiento se basaba en un flotador que permitía controlar la cantidad de agua que entraba a un depósito auxiliar haciendo que el nivel subiera a una velocidad constante manteniendo constante el caudal de salida al depósito principal; este era un sistema muy novedoso para la época y era utilizado en los juicios de personas ya que permitía controlar el tiempo de justificación de las partes involucradas.

Platón en el 378 A.C tenía ciertas dificultades para levantar por las mañanas a sus alumnos de la academia fundada por él, lo cual era fuente de discusión todos los días, Platón decide diseñar un dispositivo basándose en una clepsidra. En el tanque de esta se ubicó un flotador como se observa en la figura 1 denominado con la letra “a” al cual le agregaban unas pelotas o esferas de acero, durante la noche se ponía a llenar el tanque y al amanecer este alcanzaba

su máximo nivel permitiendo que las esferas de acero cayeran en un recipiente de cobre generando un ruido, es de suponer que ante tal ruido de la caída de las esferas los alumnos se despertarían y así terminarían por levantarse. Hoy en día, se dice que fue la primera alarma despertadora, ver Figura 1 (Moreno, 1999).

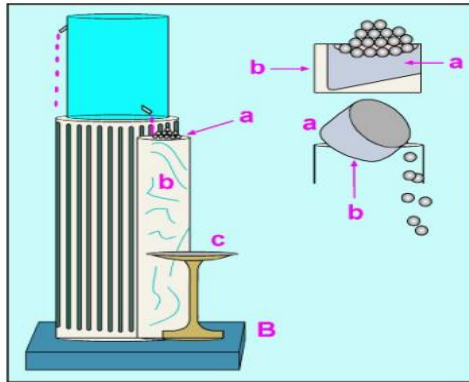


Figura 1. Alarma de Platón. Fuente: (Moreno R. P., 1999).

En el siglo II antes de Cristo, se construyó un sistema de regulación de nivel, diseñado por Filon de Bizancio, para una lámpara de aceite (Moreno R. P., 1999), este dispositivo funcionaba de la siguiente manera: se tenía un depósito con aceite que se iba consumiendo y a su vez permitía la entrada de aire, aumentando la presión dentro de un recipiente, luego por medio de un orificio el aire se trasladaba a otro depósito con aceite pero con menor presión, provocando que su nivel subiera hasta rebozarse y finalmente el aceite pasara al depósito inicial para su reabastecimiento, ver Figura 2 (Moreno R. P., 1999).

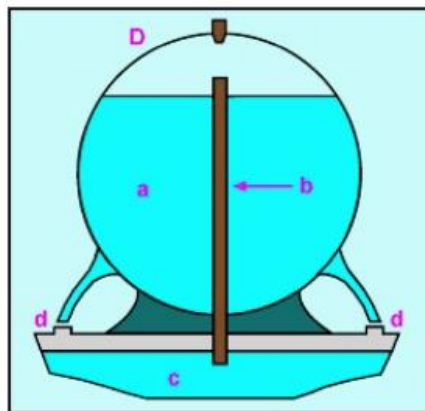


Figura 2. Lámpara de Filon. Fuente: (Moreno R. P., 1999).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

Posteriormente Herón de Alejandría en el siglo I antes de Cristo, escribió una enciclopedia técnica, donde habla sobre las prácticas de “Pneumatica” y “Autómata”, en la cual aparece un dispensador de vino, ver Figura 3 (Uson, 2001).

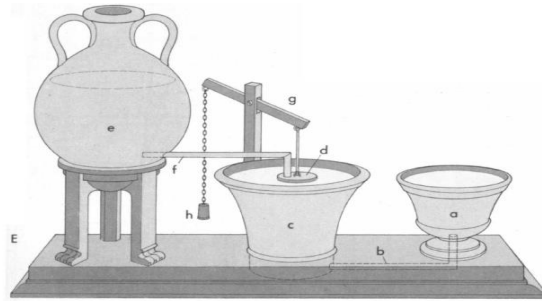


Figura 3. *Dispensador de vino. Fuente: (Moreno R. P., 1999).*

Todos los dispositivos anteriormente mencionados eran controladores de nivel de la época. Estos controles de nivel son dispositivos cuya función era garantizar que un fluido esté en un rango pre-establecido (entre un máximo y un mínimo).

El control de nivel máximo en el sistema de tanques contra incendios, desempeña dos funciones primordiales: (i) garantizar la seguridad de la estructura y (ii) evitar por completo el desperdicio de agua. El control mínimo de agua garantiza que los tanques no se encuentren a un nivel por debajo del requerido del sistema (Castro, 2014).

Para nuestro caso la variable a controlar en el sistema, será el nivel de agua al interior de los tanques, todo sistema de control de nivel debe poseer como mínimo los siguientes elementos básicos:

- Suministro de agua
- Tubería de conducción
- Electroválvulas
- Tanques
- Sensores de nivel
- Controladores

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

Actualmente la red contra incendio del túnel Fernando Gómez Martínez, cuenta con dos tanques con capacidad de 75 m³ o 142000 Litros cada uno, encargados de surtir de agua toda la red del sistema contra incendios, este sistema está compuesto: por una bomba centrífuga de 500 gpm encargada de impulsar el agua desde el cuarto de bombas hasta los puntos importantes del sistema (ver Figura 4), estos puntos se encuentran ubicados por dentro y fuera del túnel. En la parte interna surte a 45 hidrantes (ver Figura 5), ubicados cada 100 metros; en la parte externa del túnel, en cada entrada, surte a dos válvulas Riser (ver Figura 6), ubicadas en los portales oriental y occidental del túnel, abasteciendo los gabinetes contra incendio de los edificios de control.

Además de la bomba principal existe la bomba jockey, es una bomba auxiliar de pequeño caudal diseñada para mantener la presión en la red contraincendios y evitar la puesta en marcha de la bomba principal en caso de pequeñas caídas de presión generadas en la red. A diferencia de las bombas principales contraincendios, la bomba jockey tiene parada de funcionamiento automático una vez se haya obtenido la presión de trabajo máxima. De ahí la importancia de esta bomba, ya que mantiene una presión constante en el sistema.



Figura 4. Sistema de Bombeo de la Red Contra Incendios, Cuarto de Bombas.

Fuente: Propia.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10



Figura 5. *Hidrantes Ubicados en la Parte Interna. Fuente: (Systems, 2016).*



Figura 6. *Válvula Riser Ubicada en la Entrada Y Salida del Túnel. Fuente: (Firehose, 2011).*

El uso más común que se le da a los sistemas de control de nivel es en procesos industriales (Castro, 2014), además existen pocos túneles que posean una longitud considerable, para requerir una red contra incendios. Sin embargo, existen dos en construcción (túnel de Buenavista y Sumapaz), estos tendrán un sistema de red contra incendios semiautomática.

En Colombia no existe reglamentación para los sistemas de red contra incendios en túneles, pero en Europa existe la directiva 2004/54/CE, del 24 de abril del 2004, en nuestro país nos guiamos por esta norma. La realización del proyecto se siguió por dicha reglamentación (Europeo, 2004). En esta normativa se habla de los factores de riesgo que se deben tener en cuenta a la hora de diseñar este tipo de sistemas, como son su longitud, ancho y ubicación, esto con el fin de brindar la mayor seguridad posible a los usuarios del túnel.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

2.2 Electroválvulas

Son instrumentos diseñados para regular el flujo de fluidos, estas mantienen dos estados (ON – OFF) lo que permiten dar paso o restringirlo, Se fabrican de diferentes materiales, pero los más comunes son de latón, acero inoxidable o PVC, sus tamaños y formas dependen del tipo de industria donde van a ser utilizadas (Danfoss, 2003).

Estas válvulas pueden trabajar o ser accionadas de tres formas distintas, dependiendo de la necesidad que se tenga en el sistema donde van a ser instaladas. Las primeras pueden ser de acción directa (Figura 7), las segundas de acción indirecta (Figura 8) y las terceras de acción mixta (Figura 9).

Cada una de estas válvulas presentan dos estados iniciales que pueden ser normalmente cerradas (NC) o normalmente abiertas (NA), su selección la realiza el diseñador dependiendo de la necesidad que tenga en el proceso que va a ser controlado.



Figura 7. *Válvula de Accionamiento Directo. Fuente: (SMC, 2017).*



Figura 8. *Válvula de Accionamiento Indirecto. Fuente: (SMC, 2017).*

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10



Figura 9. *Válvula de Accionamiento Mixto. Fuente: (valvulas, 2013).*

En el mercado las válvulas más comunes son las de accionamiento directo e indirecto:

En las válvulas de accionamiento directo, tanto la apertura como el cierre es realizada por medio de un émbolo. Hay una diferencia entre la válvula normalmente cerrada (NC) y la válvula normalmente abierta (NA) de accionamiento directo, y es que cuando la válvula NC no está activada o energizada, el émbolo permanece en una posición donde obstruye el orificio por donde pasa el fluido, pero cuando es energizada la bobina, el émbolo se retrae permitiendo el paso del fluido. En la válvula NA ocurre lo contrario, cuando no está energizada el émbolo permanece en una posición donde permite el paso del fluido, pero cuando se energiza la bobina, el émbolo baja y restringe el paso del fluido (Hidranaven, 2017).

Las válvulas de accionamiento indirecto son activadas o energizadas, pero requieren de una presión mínima para su funcionamiento, permitiendo que el diafragma se expanda o contraiga en una acción indirecta. Las válvulas de accionamiento mixto se diferencian de las anteriores porque no necesitan esa presión mínima de operación.

La activación de la válvula depende de una señal que recibe su solenoide, entonces para la válvula normalmente abierta (NA) en su estado inicial está cerrada, al ser activada queda abierta por un tiempo determinado y controlado que permite el paso del fluido, en cambio para la válvula normalmente cerrada (NC) es al contrario esta se encuentra en estado inicial abierta, y al ser activada queda cerrada por un tiempo determinado y restringe así el paso del fluido (Sirai, 2006).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

Para la identificación de una válvula se siguen los siguientes parámetros, ver Figura 10:

- Numero de posiciones
- Números de vías
- Posición inicial
- Tipo de accionamiento

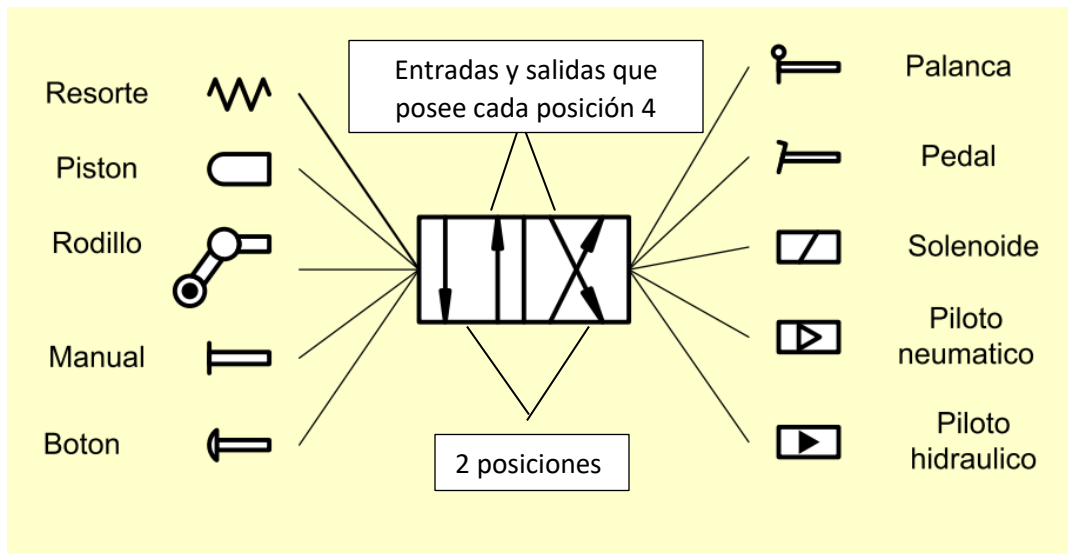


Figura 10. Identificación de una Válvula. Fuente: (Hidranaven, 2017).

En la Figura 10 se puede apreciar las posibles características que puede tener una válvula. Se aprecia una válvula de 4 vías y 2 posiciones (cerrada o abierta), pero su accionamiento puede ser manual (pedal, rodillo, botón, pistón, resorte o palanca), neumático (aire), hidráulico (aceite) o eléctrico (solenoide); además podría tener una combinación de estos accionamientos en su montaje, normalmente como respaldo.

2.3 Sensor de Nivel

Es un instrumento electrónico encargado de transmitir y recibir una señal, indicadora del nivel de un flujo que posee un contenedor o recipiente, muy utilizados en diferentes procesos

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

industriales, pueden emitir diferentes tipos de señales y pueden tener también diferentes tipos de accionamientos. Los más conocidos son los de punto y los continuos: los de punto son utilizados en sistemas donde solo se necesita tener una cantidad de fluido específica, generalmente este modelo de sensor, funciona como alarma, indicando un nivel de sobre llenado cuando el nivel definido ha sido adquirido, o al contrario cuando el nivel está por debajo (Altec, 2017).

Los sensores de nivel continuos son más completos y éstos pueden ejecutar el seguimiento del nivel de todo un sistema. Estos toman la medida de un nivel de fluido dentro de un rango determinado, en lugar de tomar solo una medida, éste genera una señal analógica y recibe una señal digital, la señal de salida está vinculada a un bucle o lazo de control, permitiendo controlar los niveles de operación e indicando el valor, y permitiendo reproducirlo en un indicador visual para saber su nivel en tiempo real (Leal, 2014).

Existe una subdivisión de los sensores de nivel que los clasifica en cuatro tipos de sensores muy utilizados en la industria (ver Figura 11):

- Flotador
- Capacitivo
- Ultrasonido
- Radar

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10



Figura 11. Sensores de Nivel. Fuente: (Leal, 2014).

Los sensores de nivel con flotador magnético, son instalados sobre la superficie del fluido y por lo tanto se encuentran en constante movimiento, es el encargado de activar el cierre o la apertura del conducto de entrada del fluido y son utilizados en sistemas donde no se necesita conocer a cada instante el nivel del fluido (Sapiensman, 2017).

Los sensores de ultrasonido, se caracterizan por tener un procesador de señal analógica, un microprocesador, suiches de rango y un circuito de salida al controlador. Poseen sensores de capacitancia, permitiendo realizar una medición puntual o continua; para la medición continua, utilizan una sonda que monitorea los diferentes cambios de nivel del líquido en el tanque, además adecuan electrónicamente su salida a los diferentes valores capacitivos y resistivos, estas señales a la vez son convertidas en señales analógicas (Leal, 2014).

En las diferentes aplicaciones donde se requiere la medición de niveles de líquido sin tener contacto con este, se utilizan los sensores o transmisores de radar, como el LVRD500, estos son ideales cuando hay distintas sustancias en la superficie del agua o material particulado (espuma, polvo, etc.), impidiendo una buena medición ultrasónica.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

El sensor utilizado en este proyecto fue ultrasónico, para medición continua, con el que se mide los diferentes niveles del fluido en el tanque, enviando una señal al lazo de control del proceso y éste a un indicador visual.

El sensor de ultrasonido fue el más indicado para el proyecto, ya que es de gran precisión y además es compatible con la instrumentación existente en los diferentes sistemas del túnel, fuera de ello no requiere contacto con el fluido que se va a medir. Finalmente, el voltaje de trabajo es de 0 a 24 voltios, tal como lo requiere el PLC.

2.4 Controlador Autómata Programable o PLC

Es toda aquella máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real un proceso secuencial, los PLC son muy utilizados en todo tipo de industria, están diseñados tanto para recibir o enviar múltiples señales, estas pueden ser discretas o continuas, pueden trabajar a diferentes temperaturas sin ser afectados, son inmunes al ruido eléctrico y resisten vibraciones e impactos, se utilizan en la industria para resolver problemas de secuencias en la maquinaria o procesos, ahorrando costos en mantenimiento y aumentando la confiabilidad de los equipos (Schneider-electric). En la actualidad el campo de aplicación de un PLC es muy extenso, se utilizan fundamentalmente en procesos de maniobras de máquinas, control, señalización, etc. La aplicación de un PLC abarca procesos industriales de cualquier tipo y ofrecen conexión a red; esto te permite tener comunicado un PLC con una PC y otros dispositivos al mismo tiempo, permitiendo hacer monitoreo, estadísticas y reportes. En la Figura 12 puede ver un modelo de PLC DIRECTLOGIC - KOYO DL06, Micro PLC expandible es un equipo compacto de 20 entradas y 16 salidas digitales con 4 slots para instalar, en el mismo equipo, módulos opcionales de E/S (entradas/salidas) digitales, E/S analógicas o módulos de comunicaciones. Existen distintas marcas de PLC como lo son Siemens, Allen Bradley, Invensys, Telvent, Emerson y muchas más.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10



Figura 12. Controlador Autónomo Programable. Fuente: (Wikipedia, 2017).

2.5 Software SCADA

SCADA es el acrónimo en inglés de Supervisory Control And Data Adquisición (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) se emplea para realizar un software para ordenadores, que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia, adquiriendo datos en tiempo real de las diferentes variables de un proceso.

El término SCADA usualmente se refiere a un sistema central que supervisa y controla un sitio completo, una parte de un sitio que nos interesa controlar o un sistema que se encuentra a una gran distancia. La mayor parte del control del sitio es realizada automáticamente por una Unidad Terminal Remota (RTU, por sus siglas en ingles) y por un Controlador Lógico Programable (PLC). El sistema SCADA supervisa el desempeño general de un proceso y también puede mostrar gráficos históricos, tendencias, tablas con alarmas y eventos entre otras funciones. Puede estar sujeto a permisos y accesos de los usuarios y desarrolladores, de acuerdo a su nivel jerárquico en la organización y la función que cumple dentro de ésta.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

Los tres componentes de un sistema SCADA son:

- Múltiples Unidades de Terminal Remota, también conocida como RTU o estaciones externas.
- Estación maestra y computador con HMI (interfaz hombre-máquina).
- Infraestructura de comunicación (redes de comunicación).

Para el proyecto que se desarrolló, el SCADA es el sistema que efectúa el control y la toma de decisiones mediante rutinas de software programadas que se ejecutan dependiendo de las condiciones específicas del túnel. Todos los sistemas del túnel tienen conexión al sistema SCADA ya sea mediante redes de comunicaciones o señales digitales/analógicas. Estas señales son el punto de entrada al sistema mediante el cual se determina la acción a tomar en cada caso.

El sistema SCADA existente está compuesto por dos PLC redundantes de alta disponibilidad, tolerante a fallas, módulos de entrada/salida distribuidos en 5 RTU's a lo largo del túnel, interfaces de comunicaciones, dos servidores de datos y dos interfaces gráficas en configuración cliente-servidor que le permiten al operador tener toda la información en tiempo real del estado de cada uno de los sistemas del túnel.

Redes de datos para comunicar el sistema SCADA

Todas las redes son en fibra óptica y de acuerdo a la jerarquía se clasifican de la siguiente forma:

- Bus de campo Profibus: es una red en fibra óptica en configuración anillo redundante, del sistema SCADA que comunica las unidades de adquisición de datos (RTU) y el PLC redundante
- Red de datos Ethernet Industrial: Es una red en fibra óptica en configuración anillo redundante para el intercambio de información entre el PLC redundante y el sistema HMI (Human Machine interface)

 ITM Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

- Red de datos Ethernet: es una red de fibra óptica para el intercambio de información entre los servidores SCADA y las estaciones de operación.

Para la supervisión y visualización del proceso, se utilizó el software SIMATIC Spet 7 de Siemens, por su versatilidad y economía; además ya es utilizado en otros procesos del túnel, su entorno grafico se puede apreciar en la Figura 13. (siemens, 2012).

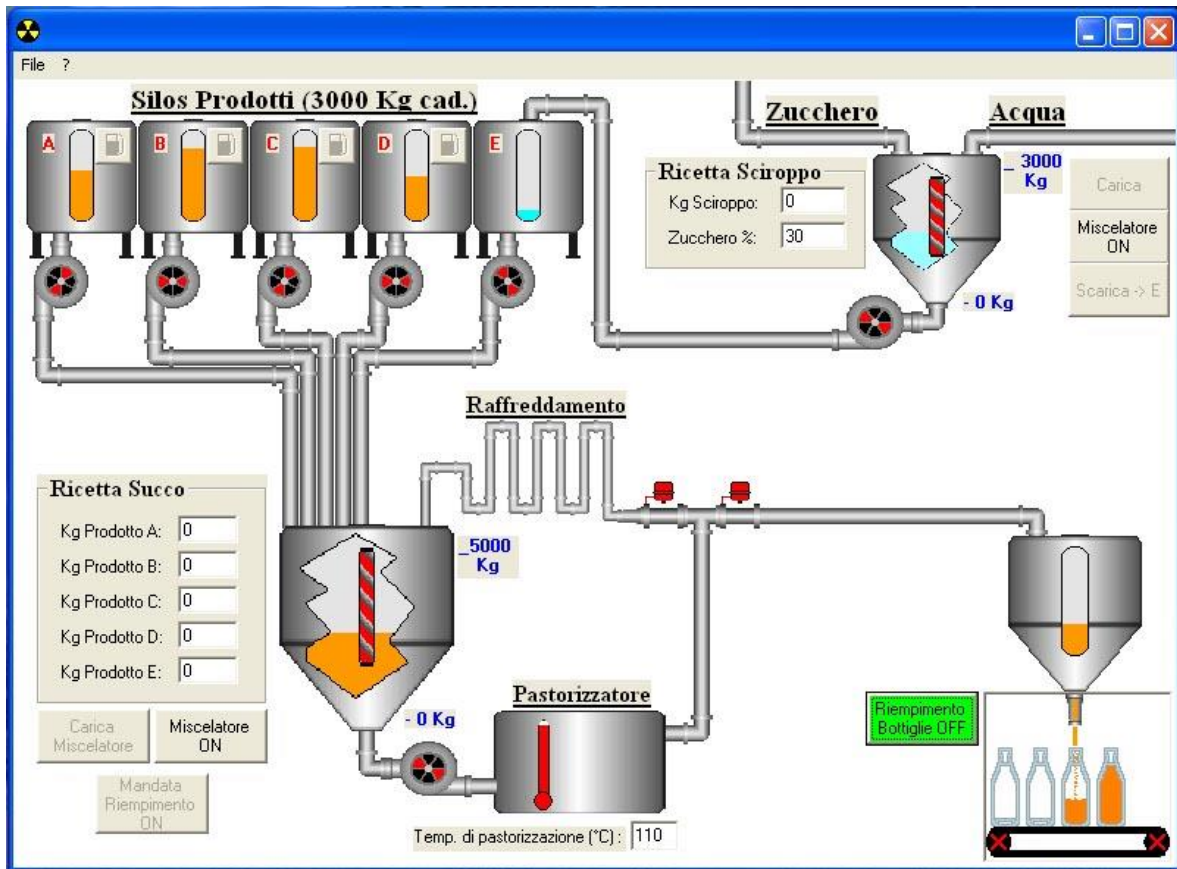


Figura 13. Software Simatic Wincc. Fuente: (siemens, 2012).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

3. METODOLOGÍA

La automatización del sistema de llenado de los tanques de la red contra incendios del túnel Fernández Gómez Martínez, se realizó en las siguientes etapas:

- En la primera etapa se pensó como automatizar el sistema de llenado de los tanques, lo que permitió identificar los componentes que se debían adicionar al sistema (sensor de ultrasonido, electroválvulas, PLC, codos, uniones, etc.), luego se realizó el diagrama de tubería e instrumentación (P&ID) representativo del sistema a implementar, verificando que las variables a controlar fueran las mismas del sistema actual.
- En la segunda etapa se seleccionaron todos los componentes de la tubería de PVC de entrada a los tanques, según su versatilidad, costo y beneficio. Para esto se consultaron diferentes distribuidores de la ciudad.
- Para la tercera etapa se seleccionó el sensor de ultrasonido, basados en las dimensiones de los tanques y su capacidad, este debía garantizar el correcto funcionamiento de la señal requerida, permitiendo comprobar el nivel del fluido en todo instante.
- En la cuarta etapa se seleccionó la tubería y elementos que alojaran el cableado de control y el cableado de potencia del sistema, se calculó la longitud de éstos desde el RTU (unidad terminal remota) pasando por el cuarto de bombas hasta los tanques. Luego se conectaron las electroválvulas a la tubería y se instalaron los sensores de ultrasonido en los tanques, para ser calibrados.
- Posteriormente se realizaron las pruebas de funcionamiento de los sensores, para verificar que estos estuvieran bien calibrados, luego se realizó el programa en el PLC que controlara los sensores y las electroválvulas, y se realizan los gráficos requeridos en Wincc.
- Para finalizar se realizan pruebas desde la sala control, con el software instalado (SCADA), verificando que el sistema esté funcionando correctamente.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sistema de llenado de tanques antes de la automatización, era activado por un operario que en su turno debía ir hasta los tanques y mirar su nivel, posteriormente abrir o cerrar una válvula de globo que permitía u obstruía el paso de agua hacia los tanques, pero algunas veces esta labor era olvidada, el sistema anterior contaba con tres sensores tipo flotador ubicados a diferentes profundidades, para saber el nivel del agua, ver Figura 14.

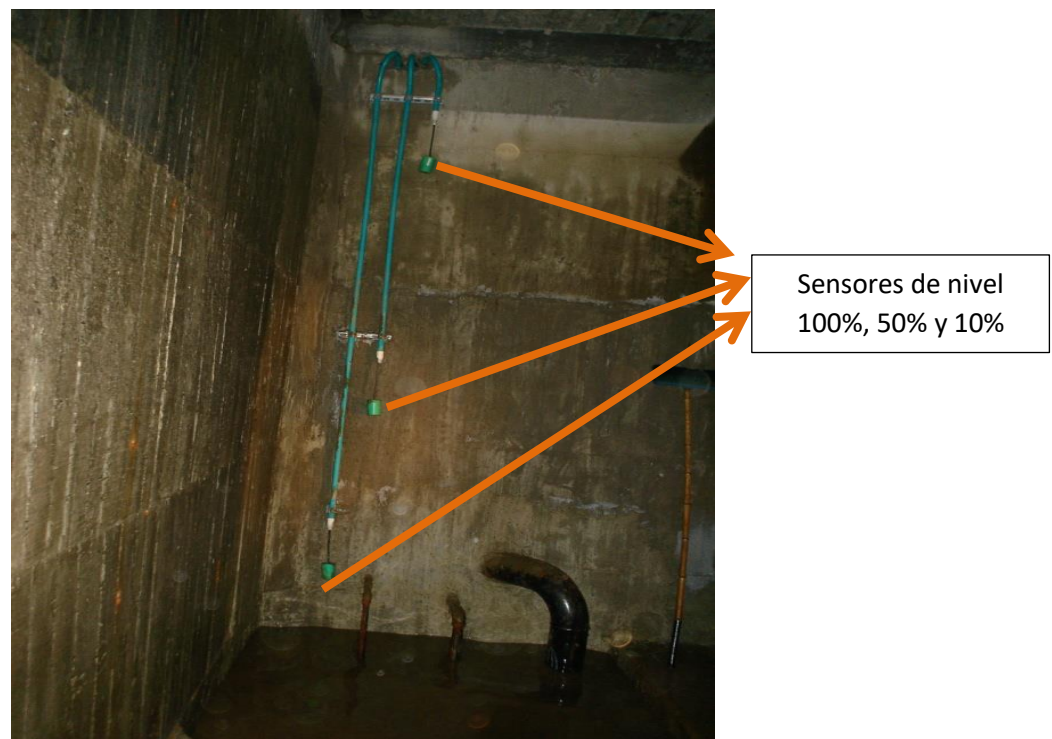


Figura 14. Sensores en los Tanques, Niveles Alto, Medio y Bajo. Fuente: Propia

El agua de los tanques es enviada a la red contra incendios, por medio de una bomba centrífuga que arroja un caudal de 500 gpm, la bomba posee dos conductos de succión en tubería de cuatro pulgadas, uno por cada tanque, y uno solo de descarga de seis pulgadas, distribuida de la siguiente manera (ver Figura 15):

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10



Figura 15. Sistema de Bombeo de la Red Contra Incendios. Fuente: Propia.

La simbología del sistema actual era la siguiente (ver Figura 16): estaba compuesto por dos válvulas de globo de 1½ pulgada encargadas de permitir el paso de agua hacia los tanques con activación manual (líneas azules), tres sensores a diferentes niveles, encargados de enviar una señal al PLC (líneas rojas punteadas); También existen dos tuberías de succión, conectadas a una bomba encargadas de abastecer la red contra incendios.

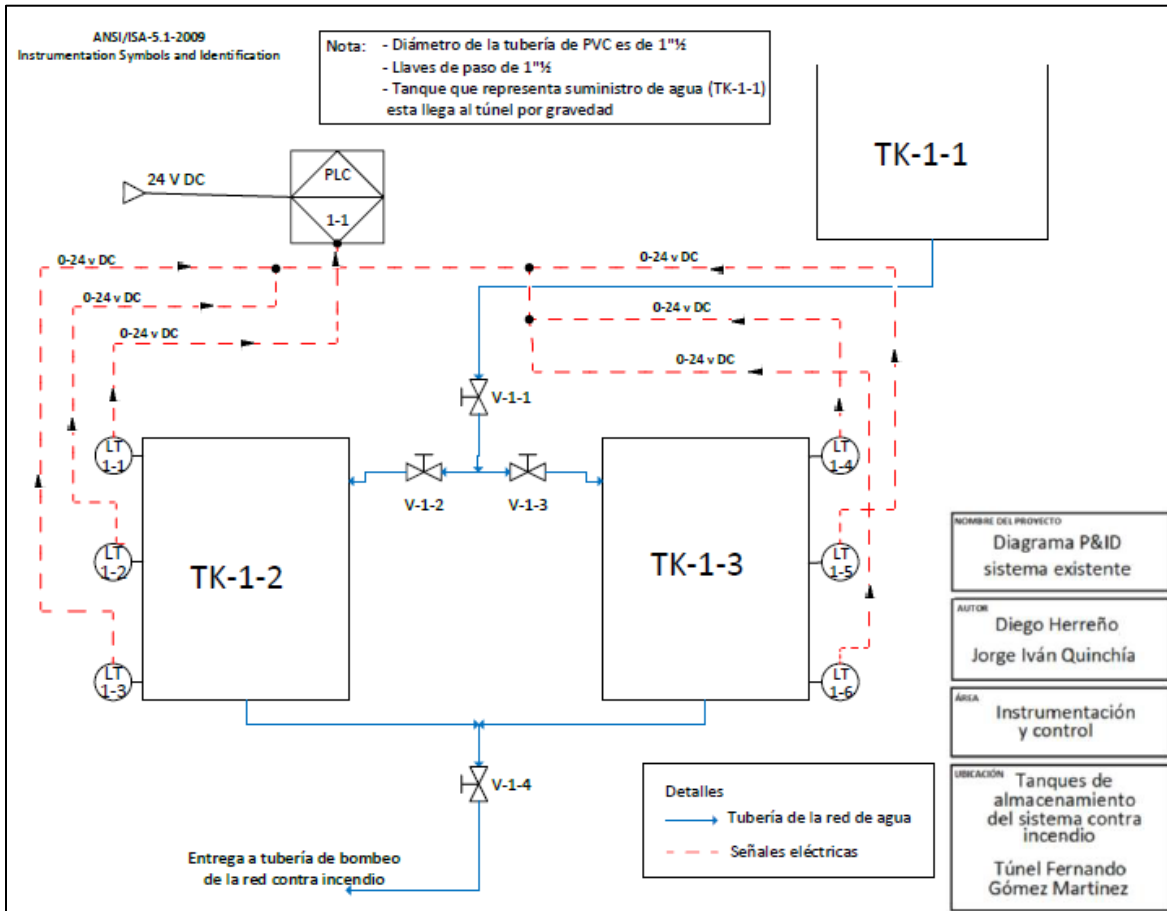


Figura 16. Diagrama P&ID del sistema antes del proyecto. Fuente: Propia.

El proyecto comienza con la realización del diagrama P&ID representativo del sistema a implementar, el sistema automatizado quedó de la siguiente manera:

Los tres sensores dentro del tanque fueron extraídos y cambiados por un sensor de ultrasonido en cada tanque, además se le adicionaron dos válvulas electromecánicas con accionamiento secundario, encargadas de permitir o impedir el paso de agua hacia los tanques, después de recibir una señal del PLC, según las indicaciones del sensor de ultrasonido (ver Figura 17), los demás componentes de la red contra incendios quedan como estaban.

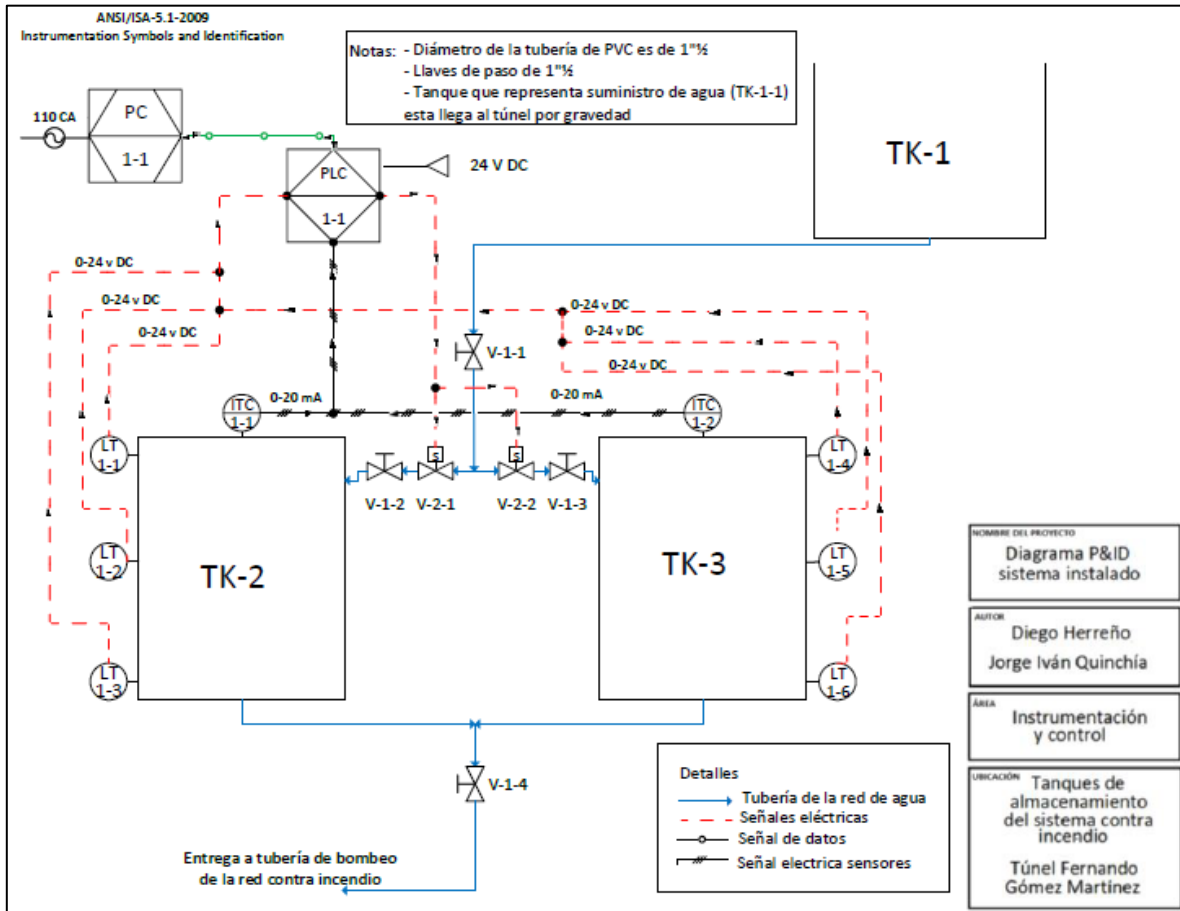


Figura 17. Nuevo Diagrama P&D del Sistema Automatizado. Fuente: Propia.

Posteriormente se realizó la intervención de la tubería de pulgada y media, por la cual pasa el agua que surte los tanques; para realizarle algunas modificaciones se ejecuta la instalación de la electroválvula que se representa en la figura 18 para ambos tanques. y demás accesorios de PVC. Las válvulas de globo manuales existentes se dejaron instaladas en el mismo sitio por seguridad ya que si alguna de las electroválvulas llegase a fallar, se pueda realizar un cierre o apertura manual.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10



Figura 18. Tipo de Válvula Instalada. Fuente:(Danfoss).

Se procedió al cierre del suministro de agua, el cual se realiza por medio de una válvula instalada a la salida del tanque de almacenamiento, ubicado en la montaña, cuyo flujo llega a los tanques por gravedad, con una presión promedio de 70 psi. Después se seleccionó cuidadosamente el punto de ubicación de las electroválvulas, las cuales se instalaron entre dos uniones universales para facilitar su mantenimiento o cambio (de ser necesario), para esto se procedió a realizar una marcación en los puntos seleccionados, se realizó el corte y se instalaron las electroválvulas verificando que no quedaran fugas, ver Figuras 18 a 20.



Figura 19. Válvula Instalada en la Red del Tanque 1. Fuente: Propia.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10



Figura 20. Válvula Instalada en la Red del Tanque 2. Fuente: Propia.

Características de las válvulas instaladas en el proyecto:

Para agua, aceite, aire comprimido y otros medios neutros similares

- Rango de caudal: 0,2 – 19 m³/h
- Presión diferencial: 0,1 – 30 bar
- Temperatura del medio: -30 – 100 °C
- Temperatura ambiente: 80 °C, máx.
- Grado de protección de la carcasa de la bobina: IP67.

Funcionamiento válvulas solenoides Danfoss 2 vías Tipo EV220B 6 NC

Cuando la bobina no recibe tensión, el muelle del inducido presiona el disco de la válvula contra el orificio piloto. La presión en el diafragma aumenta a través del orificio de compensación. El diafragma cierra el orificio principal en el momento en el que la presión en el diafragma se iguala con la presión de entrada. La válvula permanecerá cerrada mientras la bobina no reciba tensión.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

Las válvulas instaladas en el proyecto serán marca Danfoss Tipo EV220B 6 NC, cuyas características son las más adecuadas para el sistema.

Para controlar el nivel de agua en los tanques, se utilizaron sensores de ultrasonido **Orión-Echo 306**, Estos dispositivos funcionan de la siguiente forma: el transmisor se encarga de enviar una señal, la cual se desplaza por el tanque hasta que choca con una superficie y revota, siendo captada por el receptor indicando el tiempo en que esta tarda en volver al transmisor, permitiendo calcular la distancia a la que se encuentra esta superficie, ver Figura 21.

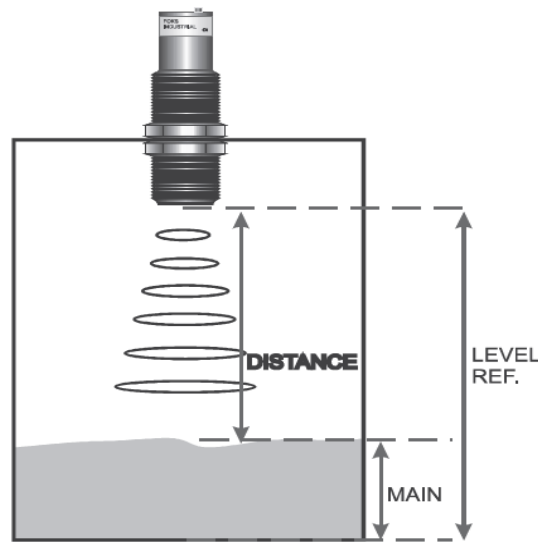


Figura 21. Ubicación Correcta del Sensor de Ultrasonido. Fuente: (Orion, 2017).

En la Figura 21 se puede apreciar la correcta ubicación del sensor y como mide el nivel de líquido en el tanque, la distancia será:

$$d = \frac{1}{2} V * t \quad (1)$$

Dónde:

d= distancia

V= velocidad del sonido en el aire

t= tiempo de respuesta entre la emisión y recepción del pulso

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

En la Figura 22, se puede apreciar sus parámetros de funcionamiento como: temperatura de trabajo del fluido, corriente a la cual trabaja el sensor, profundidad total del tanque, rangos de nivel de agua con los cuales va a trabajar el sensor de ultrasonido.

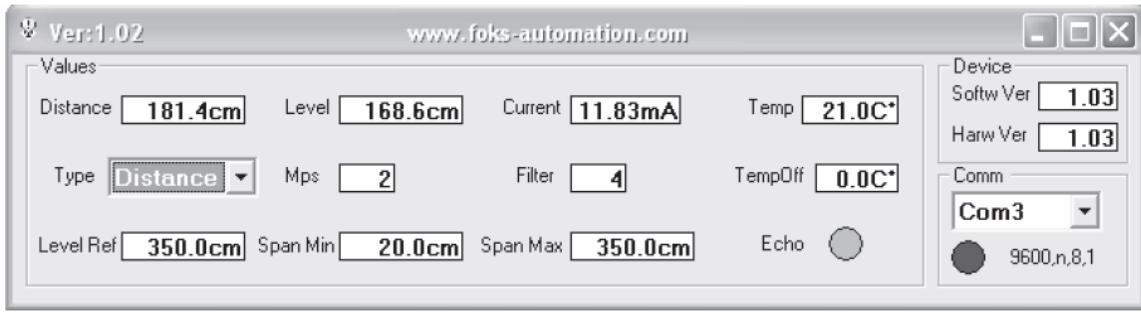


Figura 22. Parámetros del Sensor de Ultrasonido. Fuente: Propia

En la Figura 23, se puede observar el panel donde se ingresan los parámetros necesarios dependiendo de las necesidades específicas del sitio donde se va a instalar el sensor, como también se observa la bornera de conexión del cableado.



Figura 23. Pantalla del Sensor Instalado. Fuente: Propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

La Figura 24, es una imagen del cuerpo del sensor, se puede identificar la parte roscada superior donde se aloja la tapa del panel y la rosca inferior que se utiliza para su instalación y donde se emiten las señales de ondas del sensor hacia el fluido.



Figura 24. Sensor de Ultrasonido Utilizado. Fuente: Propia

Después de instalados los sensores se realizaron pruebas de funcionamiento durante una semana, brindando la señal real del nivel de cada tanque.

Posteriormente se procedió a realizar la instalación del cableado de potencia y el cableado de control necesarios para conectar las electroválvulas y los sensores de ultrasonido; dicho cableado se lleva desde la RTU (unidad terminal remota), ubicada en el quinto piso del edificio de control, hasta los tanques. Para economizar dinero se utilizó tubería metálica de $\frac{3}{4}$ de pulgada existente en el almacén. Por último se chequea continuidad a cada cable con un multímetro, para verificar que no queden cables abiertos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

A continuación, se realizaron las conexiones del cableado con los diferentes módulos del PLC, y se procedió a su respectiva marcación (ver Figuras 25 y 26).

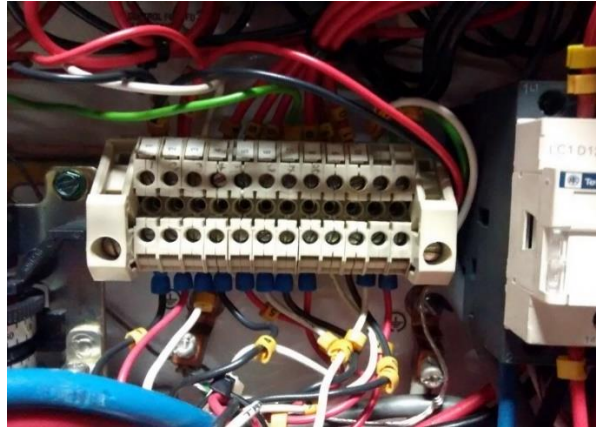


Figura 25. PLC con Conexiones. Fuente: Propia.



Figura 26. PLC con sus Conexiones. Fuente: Propia.

Luego de dejar instalado, verificado y realizar las conexiones necesarias del cableado, se realizó el programa, para el control de las electroválvulas y los sensores de ultrasonido, con el Simatic Step 7, y se utiliza el lenguaje AWL, quedando como se observa en las Figuras 27, 28, 29, 30 y 31.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

En la Figura 27 se observa el diagrama de flujo del sistema y en la Figura 28 se observa el diagrama de bloques. Ambas figuras ilustran las diferentes secuencias que debe seguir el programa, dependiendo del estado en que se encuentre.

DIAGRAMA DE FLUJO SISTEMA DE LLANADO DE TANQUES RED CONTRA INCENDIO

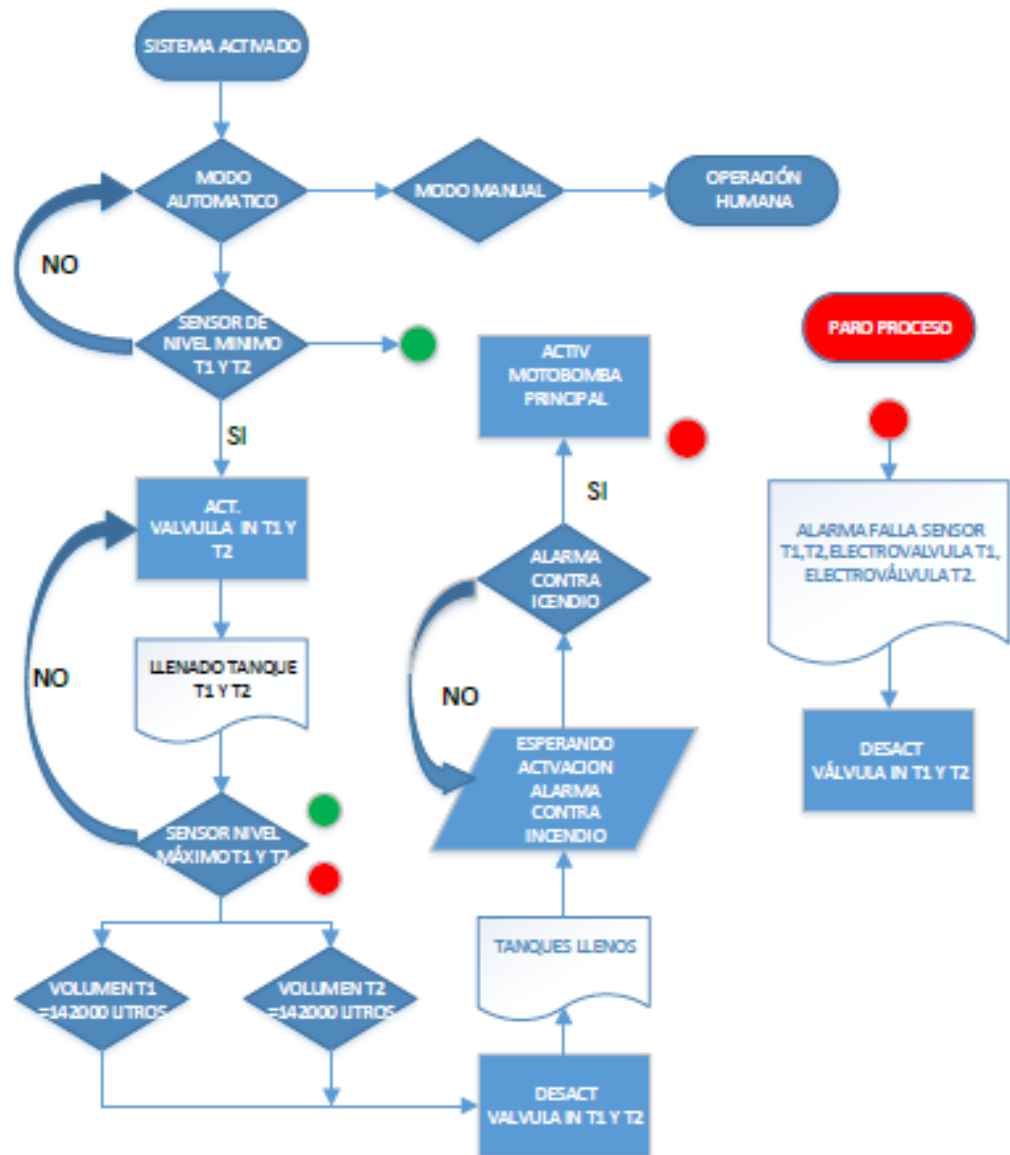


Figura 27. Diagrama de flujo. Fuente: Propia

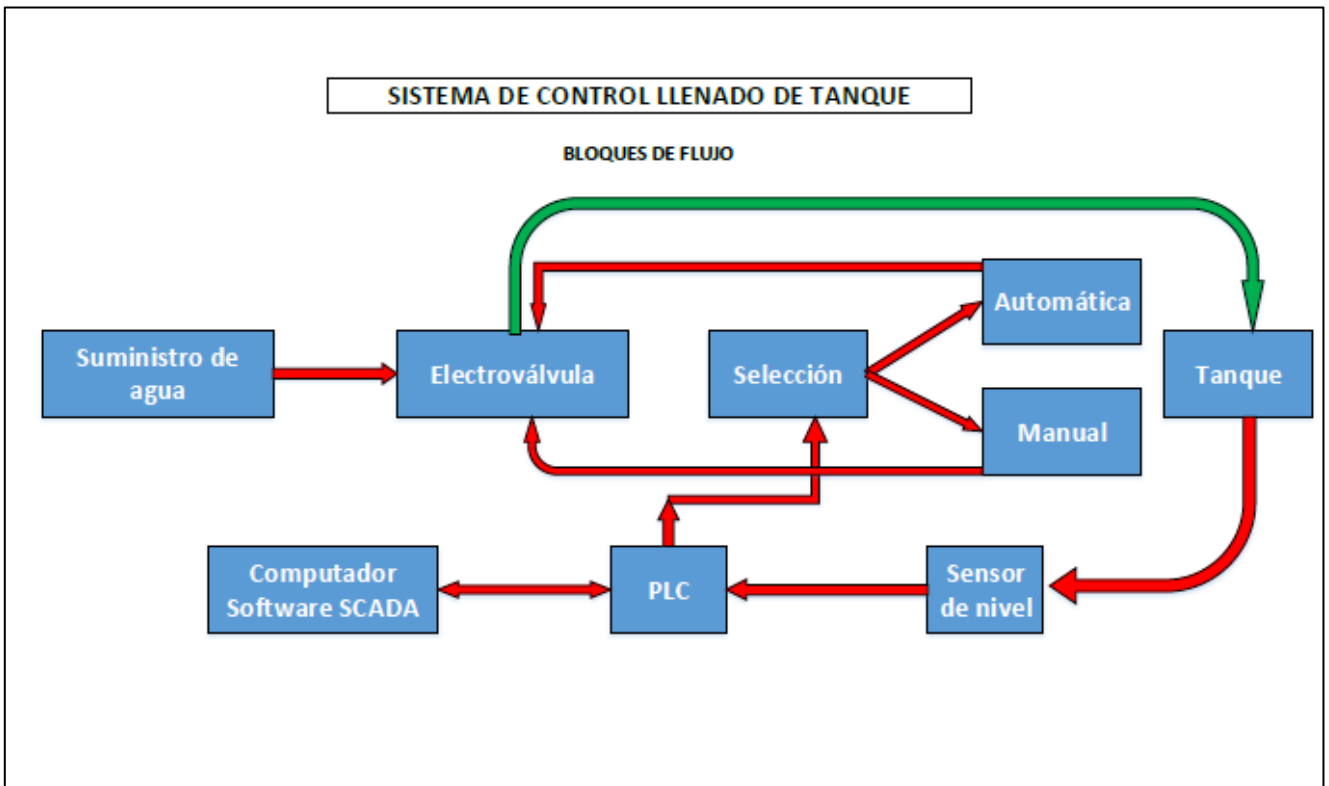


Figura 28. Diagrama de bloques. Fuente: Propia

Para lograr un programa bien estructurado en el PLC, se debe elaborar por segmentos. A continuación, se explican las funciones de cada segmento del programa.

En la Figura 29, se observan los bloques del programa, que se realizaron con el fin de definir los parámetros necesarios para el funcionamiento de las válvulas, dándole los valores adecuados a las entradas, salidas, bloques de datos y marcas que se utilizaron en el PLC.

Por ejemplo, en el bloque: DB371.DBX 64.1 quedan guardados todos los datos necesarios para que en el modo automático se active una alarma cuando el nivel del tanque uno está bajo.

Este segmento tiene que ver con el estado de las válvulas, como son: si están abiertas o cerradas, si están en modo manual o automático, cuando se deben abrir o cerrar, cual tanque es el que surte cada válvula.

Todos esos datos quedan guardados en el segmento 57.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

```

Segm. 57: valvulas
UN DB371.DBX 64.0 // manual o automantico
SPB M018
U DB371.DBX 11.6 // senal valvula l manual
= A 24.0
U DB371.DBX 11.7 // senal valvula l manual
= A 24.1
SPA s1
M018: U DB80.DBX 254.0 // cierre valvulas si hay cualquier senal de las flotas
O DB80.DBX 255.0
SPB cie
U DB371.DBX 64.2 //operacion en automatico alarma nivel bajo tanque 2
= DB371.DBX 11.7
= A 24.1
U DB371.DBX 64.1 //operacion en automatico alarma nivel bajo tanque 1
= DB371.DBX 11.6
= A 24.0
SPA s1
cie: R A 24.1 // cierra ambas valvulas
R A 24.0
s1: NOP 0

```

Figura 29. Programa para el funcionamiento de las válvulas. Fuente: Propia.

En la Figura 30, se observan los bloques del programa, que se realizaron con el fin de definir los parámetros necesarios para el funcionamiento del tanque uno, dándole los valores adecuados a las entradas, salidas, bloques de datos y marcas que se utilizaron en el PLC.

Por ejemplo, en el bloque: DB371.DBX 64.4 quedan guardados todos los datos necesarios para que se active una alarma cuando el nivel del tanque uno está lleno, es decir, en 75 metros cúbicos.

Este segmento tiene que ver con el estado del tanque dos, como son: si está lleno o por debajo del 100% de su capacidad, que cantidad de agua tiene el tanque en todo momento, que

alarmas se deben activar dependiendo de su nivel y que operación se debe realizar dependiendo de su estado.

Todos esos datos quedan guardados en el segmento 59.

```

▣ Segm. 59: tanque 1 rutina para generar las alarmas

      L      DB371.DBD  101          // TANQUE 1
      L      7.390000e+001
      >=R
      L      S5T#5S
      SE     T      98
      U      T      98
      SPB    M01c

      L      DB371.DBD  101
      L      6.900000e+001
      <=R
      L      S5T#2M
      SE     T      99
      U      T      99
      SPB    M023

      SPA    M01d

      SPA    M01d
M023: S      DB371.DBX  64.1
      R      DB371.DBX  64.4
      SPA    M01d
M01c: R      DB371.DBX  64.1
      S      DB371.DBX  64.4
M01d: NOP    0
  
```

Figura 30. Programa para el funcionamiento del tanque 1. Fuente: Propia.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

En la Figura 31, se observan los bloques del programa, que se realizaron con el fin de definir los parámetros necesarios para el funcionamiento del tanque dos, se dan los valores adecuados a las entradas, salidas, bloques de datos y marcas que se utilizaron en el PLC.

Por ejemplo, en el bloque: DB371.DBX 64.3 quedan guardados todos los datos necesarios para que se active una alarma cuando el nivel del tanque dos está por debajo de 70 metros cúbicos.

Este segmento tiene que ver con el estado del tanque dos, como son: si está lleno o por debajo del 100% de su capacidad, que cantidad de agua tiene el tanque en todo momento, que alarmas se deben activar dependiendo de su nivel y que operación debe realizar el PLC dependiendo de su estado.

Todos esos datos quedan guardados en el segmento 58.

Como se puede observar, ambos tanques tienen las mismas rutinas de programa, pero con datos diferentes. Para dar un ejemplo: en el tanque uno, su bloque de identificación es el DB371.DBD 101, mientras para el tanque dos, su bloque de identificación es DB371.DBD 90.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

```

Segm. 58: TANQUES CONTRA INCENDIO

// tanque 2  rutina para generar las alarmas

L    DB371.DBD  90          // TANQUE 2
L    7.390000e+001
>=R
FR   T    96
L    S5T#5S
SE   T    96
U    T    96
SPB  M01b

L    DB371.DBD  90
L    6.900000e+001
<=R
FR   T    97
L    S5T#2M
SE   T    97
U    T    97
SPB  M021

SPA  M01e

M021: S    DB371.DBX  64.2    // alarma nivel alto sensor
R    DB371.DBX  64.3    // alarma debajo 70 mt sensor
SPA  M01e
M01b: R    DB371.DBX  64.2    // alarma nivel alto sensor cierra bomba 2
S    DB371.DBX  64.3    // alarma debajo 70 mt sensor

M01e: NOP  0

```

Figura 31. Programa para el funcionamiento del tanque 2. Fuente: Propia.

En la Figura 32, se observan los bloques del programa, que se realizaron con el fin de definir los parámetros necesarios para el área del tanque uno, dándole los valores adecuados a las entradas, salidas, bloques de datos y marcas, entre otros, que se utilizaron en el PLC.

En un bloque de funciones (FC) se ingresan los datos de las medidas del tanque uno, para definir el volumen de agua, bien sea en metros cúbicos o en porcentaje. También se tiene en cuenta la irregularidad que existe en algunas de sus paredes internas, pues los tanques no están enchapados.

Por ejemplo, en el bloque: DB80.DBD 713.7 quedan guardados todos los datos que envía el sensor ultrasónico y los convierte en unidad de volumen.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

Los datos guardados en este segmento tienen que ver con las medidas del tanque uno y las señales que envía el sensor ultrasónico, dichas señales las procesa el PLC, y envía al SCADA el valor de su contenido, bien sea en porcentaje o en metros cúbicos.

Todos esos datos quedan guardados en el segmento 60.

```

CALL FC 12 //TANQUE 1
INO :=PEW262
IN1 :=4.000000e+002
IN2 :=4.000000e+001
OUT3:=DB80.DBD134
OUT4:=L40.2

U L 40.2
L S5T#5S
SE T 282
U T 282
= DB80.DBX 713.7

L 3.421800e+002 //DIFERENCIA POR LA PLANCHA IRREGULAR
L DB80.DBD 134
-R
T DB371.DBD 97 // MEDIDA DE ALTO

L 2.500000e+005 //ANCHO X LARGO
L DB371.DBD 97 //MEDIDA DE ALTO
*R
T DB371.DBD 84

L DB371.DBD 84
L 1.000000e+006
/R
T DB371.DBD 101 // METROS CUBICOS

L DB371.DBD 101
L 1.350000e+000
*R
T DB371.DBD 104 //PORCENTAJE

```

Figura 32. Programa para definir parámetros de volumen del tanque 1. Fuente: Propia.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

En la Figura 33, se observan los bloques del programa, que se realizaron con el fin de definir los parámetros necesarios para definir el área del tanque dos, dándole los valores adecuados a las entradas, salidas, bloques de datos y marcas que se utilizaron en el PLC.

En un bloque de funciones (FC) se ingresan los datos de las medidas del tanque dos, para definir el volumen de agua, bien sea en metros cúbicos o en porcentaje. También se tiene en cuenta la irregularidad que existe en algunas de sus paredes, pues los tanques no están enchapados.

Por ejemplo, en el bloque: DB80.DBD 713.6 quedan guardados todos los datos que envía el sensor ultrasónico y los convierte en unidad de volumen.

Todos esos datos quedan guardados en el segmento 59.

Los datos guardados en este segmento tienen que ver con las medidas del tanque dos y las señales que envía el sensor ultrasónico, dichas señales las procesa el PLC, y envía al SCADA el valor de su contenido, bien sea en porcentaje o en metros cúbicos.

Todos esos datos quedan guardados en el segmento 61.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

```

CALL FC 12 //TANQUE 2
INO :=PEW260
IN1 :=4.000000e+002
IN2 :=4.000000e+001
OUT3:=DB80.DBD130
OUT4:=L40.1

U L 40.1
L S5T#5S
SE T 281
U T 281
= DB80.DBX 713.6

L 3.400000e+002
L DB80.DBD 130
-R
T DB371.DBD 70 // MEDIDA DE ALTO

L 2.500000e+005 //ANCHO X LARGO
L DB371.DBD 70 //MEDIDA DE ALTO
*R
T DB371.DBD 80

L DB371.DBD 80
L 1.000000e+006
/R
T DB371.DBD 90 //VOLUMEN MT3

L DB371.DBD 90
L 1.350000e+000
*R
T DB371.DBD 93 //PORCENTAJE

```

Figura 33. Programa para definir parámetros de volumen del tanque 2. Fuente: Propia.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

Terminada la programación del PLC, se continúa con la instalación y calibración de los sensores de ultrasonido, y se procede a realizar el entorno gráfico en el Wincc, para que el operador de la sala de control pueda de forma fácil manipular el sistema.

El gráfico en el SCADA queda como se muestra en la en la Figura 34, donde se puede observar el nivel actual de los tanques, bien sea en porcentaje o en metros cúbicos. También se observa una ilustración gráfica de la tubería, de la bomba principal y la bomba reforzadora de presión (bomba Jockey), el operador puede verificar si las bombas están encendidas o apagadas y por último ver la presión actual del sistema.

Se pueden guardar gráficos históricos del nivel de los tanques, con el fin de poder llevar datos estadísticos del comportamiento del nivel en el momento que se requieran o simplemente como monitoreo de los mismos.

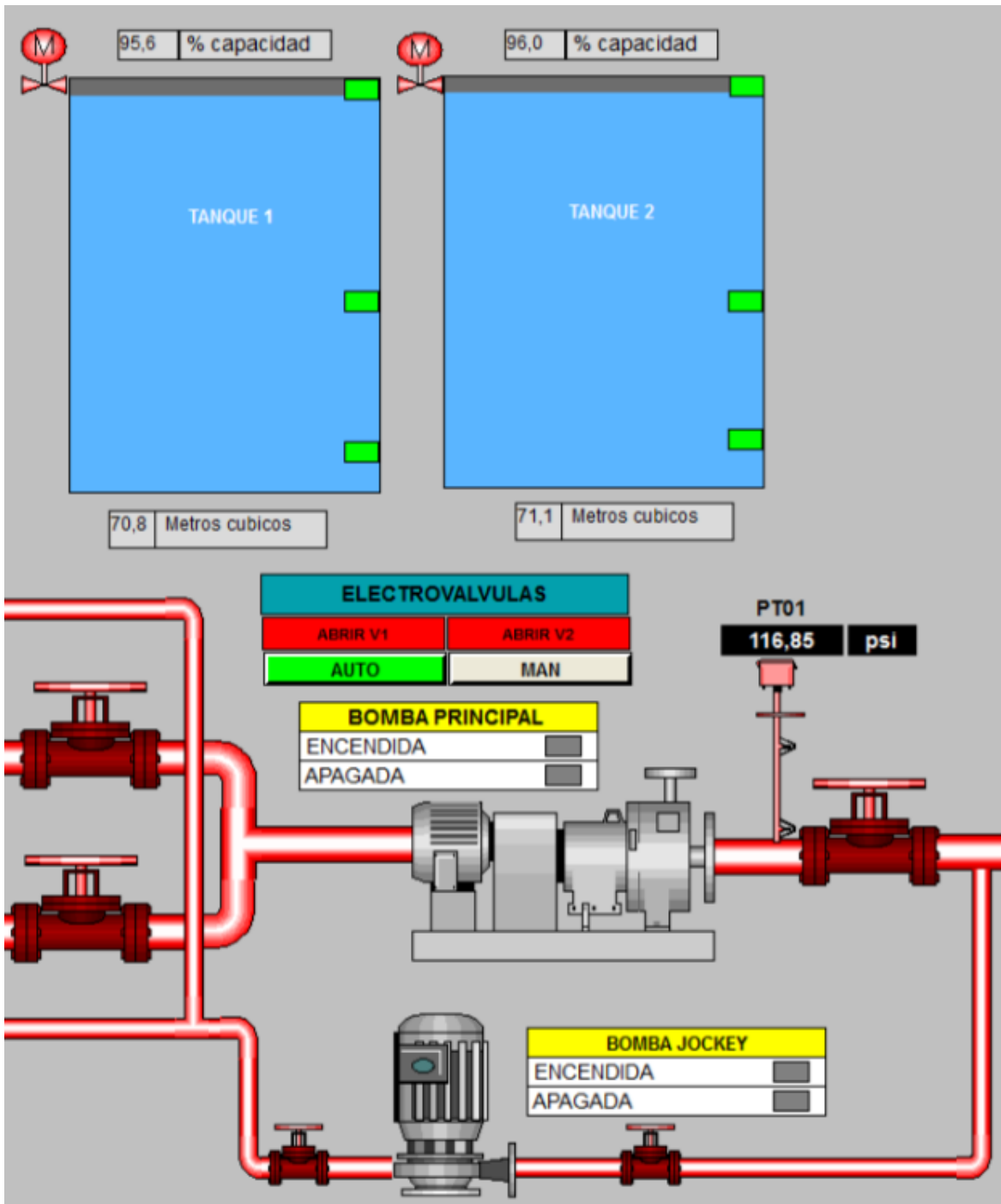


Figura 34. Diagrama SCADA del Sistema Mejorado. Fuente: Propia.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

El sistema puede funcionar de dos formas: manual y automático. En el estado manual el operador decide en que momento abrir o cerrar las electroválvulas con sólo dar un clic a la casilla indicada, bien sea del tanque uno o del tanque dos, Ver Figura 35.

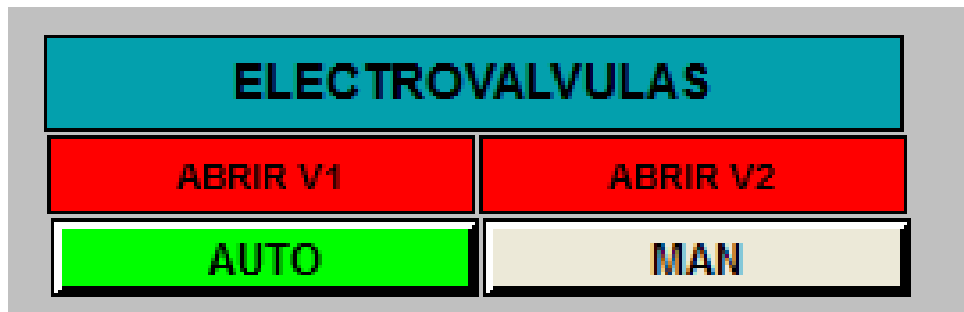


Figura 35. Opciones de Funcionamiento. Fuente: Propia.

En la Figura 35 se observa el estado de las electroválvulas en el SCADA:

ABRIR V1: indica que al dar clic aquí se abre la electroválvula correspondiente al tanque 1 y entonces el aviso cambia a cerrar.

ABRIR V2: indica que al dar clic aquí se abre la electroválvula correspondiente al tanque 2 y entonces el aviso cambia a cerrar.

AUTO: indica que se encuentra en modo automático, si está de color verde.

MAN: indica que se encuentra en modo manual, si está de color verde.

Cuando el sistema opera en modo automático, es el PLC quien ejecuta la apertura o cierre de las válvulas, dependiendo de la señal que llegue a través de los sensores de ultrasonido y que hacen referencia al nivel en que se encuentra cada tanque en determinado instante.

En el modo automático el operador podrá visualizar en el SCADA si las válvulas están abiertas o cerradas, también si el tanque está al 100% de su capacidad o por debajo este.

Con la implementación de este proyecto las ventajas obtenidas son evidentes, por ejemplo, los tanques permanecen siempre al 100% de su capacidad y no se requiere de una persona

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

que abra o cierre las válvulas en determinado momento, más importante aún: no existen derrames de agua, algo muy positivo para el medio ambiente.

El proyecto ya está en funcionamiento y hasta la fecha ha operado correctamente. Los directivos del túnel han quedado satisfechos con la automatización del sistema, de tal forma que será implementado en el nuevo túnel que se construirá próximamente.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- Con la automatización del sistema de llenado de los tanques, se aumentó la confiabilidad de la red contra incendio, permitiendo que en caso de una conflagración su respuesta sea inmediata.
- Por medio del entorno gráfico se puede conocer el nivel de agua con seguridad, sin necesidad de ir a realizar una inspección visual, además se puede abrir o cerrar el paso del agua para su llenado.
- Con la implementación del sistema de control y la información almacenada en el PLC se puede obtener información detallada de la frecuencia con que estos se llenan, además de la cantidad precisa de agua consumida.
- La modificación realizada al sistema contra incendios, permitirá sentar la base de proyectos futuros, como el túnel de oriente, Toyo y la ampliación programada del túnel Fernando Gómez Martínez.
- Es muy importante la utilización de tecnología de punta, en sistemas contra incendio que garanticen su correcto funcionamiento y en caso de falla sea indicada esta, garantizando un alto grado de confiabilidad y seguridad.
- Ver el proyecto terminado y funcionando es muy grato, pues es una muestra clara de cómo se pueden implementar los conocimientos adquiridos en la industria.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

6. BIBLIOGRAFIA

- Altec. (2017). Obtenido de http://www.altecdust.com/productos/controles-de-nivel/liquidados/?gclid=EAIaIQobChMI0qK685XN1QIVRUwNCh2MUAWrEAAAYASAAEgIJvPD_BwE
- Castro, K. N. (19 de agosto de 2014). Obtenido de <https://alvarogaitanuni.files.wordpress.com/2014/09/control-de-nivel-de-tanque-kelvin-r-kevin-b-marvin-v.pdf>
- Danfoss. (2003). Obtenido de <http://files.danfoss.com/TechnicalInfo/Dila/04/PS600A305.pdf>
- Europeo, P. (2004). Obtenido de <https://www.boe.es/doue/2004/167/L00039-00091.pdf>
- Firehose. (2011). *seguridad contra incendios*. Obtenido de http://www.firehose.com.ar/productos.php?id_categoria=38
- Hidranaven. (2017). Obtenido de <http://www.hidranaven.com/pdf/direccionales.pdf>
- Imbol Rúa, V. (2015). *Construcción y evaluación de un prototipo de recuperador de calor residual de lecho empacado de caliza y carbón*. Medellín, Colombia.
- Leal, E. (abril de 2014). Obtenido de <https://angelarenaspariona.files.wordpress.com/2014/04/sensores-de-nivel.pdf>
- Moreno, M. (24 de julio de 2017). Obtenido de <http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>
- Moreno, R. P. (diciembre de 1999). *Evolucion Historia de la Ingenieria de Ingenieria de control*. Obtenido de ftp://ftp.unicauca.edu.co/Documentos_Publicos/.backup_20062011/.DEIC.back/docs/Materias/Instrumentacion%20Industrial/Historia_de_la_Ingenieria_de_Control.pdf
- Orion. (2017). Obtenido de <http://ensim.com.tr/uploads/urun-belgeyukle-dosyalar/862.pdf>
- Sapiensman. (2017). Obtenido de <http://www.sapiensman.com/tecnoficio/docs/doc62.php>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

siemens. (2012). Recuperado el 24 de junio de 2017, de

https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure_simatic-wincc_es.pdf

siemens. (2016). Obtenido de

http://instrumentacionycontrol.net/Descargas/Descargas/SIEMENS/HMI_SCADA/lyCnet_introcucion_ScadaWinCC.pdf

Sirai. (2006). Obtenido de <http://www.panelserver.net/pertegazsl/ElectroValvulas.pdf>

SMC. (2017). Obtenido de <http://www.smctraining.com/es/webpage/indexpage/129>

Systems, A. F. (2016). *equipos contra incendios*. Obtenido de

<http://monitorescontraincendio.com/>

Uson. (2001). *Historia de la Automatizacion*. Obtenido de

<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/21319/capitulo1.pdf>

valvulas. (2013). Obtenido de <http://e->

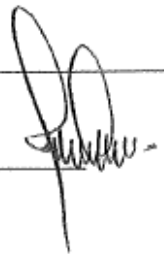
educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4917/html/3_tipos_de_valvulas_distribuidoras_y_su_identificacin.html

Wikipedia. (10 de febrero de 2010). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/SCADA>

Wikipedia. (3 de 6 de 2017). Obtenido de

https://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_l%C3%B3gico_programable

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

FIRMA ESTUDIANTES Jorge Iván Quinchra R 
Dreye Armando Vaino R

FIRMA ASESOR Manuel A. Osella A.

FECHA ENTREGA: Agosto 29 de 2017

se aprueba para
 1ra revisión por
 parte del Jurado
 Evaluador: 8:00am

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO _____ ACEPTADO _____ ACEPTADO CON
 MODIFICACIONES _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-10

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____