

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Diseño de control de nivel por medio de una medición continua en los tanques de almacenamiento de ACPM en la empresa de Colcafe S.A.

Andersson Arbeláez Naranjo

Ingeniería Mecatrónica

Elkin Edilberto Henao Bravo

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

2018

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

El siguiente trabajo de grado pretende dar solución a una problemática en Colcafe S.A Medellín. Los tanques de almacenamiento de ACPM que hay distribuidos en distintos puntos de la fábrica, abastecen elementos fundamentales dentro del correcto funcionamiento de la empresa como lo son: calderas, postquemadores, bombas, plantas diésel entre otras. Pero el sistema de llenado de dichos tanques presenta fallos y muchas veces hay derrame del líquido o en caso contrario ausencia del mismo cuando se necesita.

Se pretende automatizar el sistema de llenado utilizando un sensor que permita una medición de forma continua y a su vez cumpla con la normativa ATEX, ofreciendo mayor seguridad a los trabajadores que laboran en espacios donde se almacenan sustancias altamente inflamables.

Se propone además la programación en PLC y su respectiva simulación con el fin de mostrar la ventaja que presenta tener una medición en tiempo real con el sensor elegido Torrix. Adicionalmente se especifican las condiciones para el montaje mecánico del sensor incluyendo tipo de brida para el acople y material.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Primero que todo expresar mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que me acompañaron y aportaron de una y otra forma en mi vida académica universitaria, tanto profesores como compañeros y amigos.

Agradecer a mi familia, por su apoyo y comprensión, especialmente a mi hermana Greys Zahira Arbeláez N que ha sido un espejo y ejemplo a seguir durante toda mi vida académica.

Por último, agradecer a la facultad de ingenierías del Instituto Tecnológico Metropolitano.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

Los siguientes acrónimos hacen parte de la programación para el PLC, son necesarios para no hacer extensiva el nombramiento de los símbolos en el programa.

Además, se agregan términos que son utilizados con frecuencia en el contexto del trabajo.

TANK_LLENO: tanque lleno.

SET_ELEC: Seteo de la electroválvula.

SET_COND_INI: Seteo de condición inicial.

MC: marca de ciclo.

M_ACTI_MC: marca que actica marca de ciclo.

ALARMA_TANK_MED: alarma tanque medio lleno.

ON/OFF_ELEC: Encendida/apagada electroválvula.

HMI: Interfaz humano-máquina.

PLC: Controlador lógico programable.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	9
3. METODOLOGÍA.....	14
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	35
REFERENCIAS	36

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

A comienzos y mediados del siglo XX, la automatización ya hacia parte de la industria, claro está, a una pequeña escala donde se utilizaban mecanismos pequeños y sumamente sencillos para automatizar tareas en el área de manufactura. El paso el tiempo y el desarrollo de las computadoras digitales permitieron que la automatización diera un paso fundamental en la industria logrando que estas pudieran controlar casi cualquier tarea para la época (Industrial-automática, 2010).

Para el siglo XXI donde se busca día a día innovar y desarrollar tecnología para ir más allá de la simple mecanización de los procesos, entran a ser fundamentales la instrumentación industrial con el fin de asistir a las personas en los trabajos repetitivos y de mayor esfuerzo y no solo buscando como muchas personas piensan, en la sustitución del trabajo humano dentro de las empresas (Industrial-automática, 2010).

En los dos últimos años Colombia se ha visto afectada por el fenómeno de la niña llevando al país a racionalizar la energía eléctrica y obligando a las grandes industrias a utilizar combustibles fósiles para continuar con el funcionamiento normal de la empresa. En este punto, entra a ser fundamental el control interno de la cantidad de ACPM almacenado en el tanque principal como en los tanques de distribución en el interior de la empresa.

En el caso de la empresa Colcafe S.A, actualmente el sistema de medición de nivel empleado en los tanques de almacenamiento de ACPM es por medio de flotadores, este sistema es rudimentario y poco confiable: primero porque es necesario que el técnico realice una inspección local del nivel de los tanques, segundo porque los sensores tipo flotador no entregan una señal confiable a la electroválvula y por esta razón se generan derrames en algunos de los tanques de almacenamiento. Lo anterior genera diversos inconvenientes tales como la pérdida de tiempo del personal encargado de revisar el estado de nivel de cada uno de los tanques de almacenamiento, además si es necesario llenar uno de estos,

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

una persona debe estar presente para evitar un derrame. Pérdida de tiempo en los desplazamientos del personal, ya que los tanques se encuentran a una distancia muy considerable unos de otros. Además, esta problemática también puede generar gastos adicionales si se presenta derrame de ACPM.

La idea de automatizar el proceso de llenado de los tanques surgió del programa interno *éxitos Innovadores* de la empresa, donde se planteó utilizar sensores de nivel, los cuales permitieran obtener mediciones de un punto máximo, medio y mínimo. Sin embargo, los sensores planteados en la idea original (**Liquiphant**) no cumplen con la normativa ATEX, la cual reglamenta las normas mínimas para la seguridad y protección de los trabajadores en ambientes explosivos (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2003).

- ***Objetivo general***

Diseñar un sistema de control de nivel por medio de una medición en tiempo real que permita controlar la cantidad de combustible almacenado en los tanques de ACPM de la empresa Colcafe S.A.

- ***Objetivos específicos***

- Seleccionar la instrumentación necesaria para realizar una adecuada medición en los tanques y así poder controlar la cantidad de combustible almacenado. Lo anterior, teniendo en cuenta la normativa contra ambientes explosivos.
- Definir la ubicación del elemento de medición en el tanque de almacenamiento de ACPM.
- Diseñar la programación del PLC que permita controlar el nivel de combustible en el tanque.
- Simular el programa propuesto para comprobar el comportamiento y diseño del sistema de medición, emulando la señal entregada por el sensor.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El siguiente trabajo se desarrolla de la siguiente manera: se plantea y describe la problemática de la empresa, se presenta la justificación acompañada de los objetivos. Se desarrolla el marco teórico con los conceptos necesarios para dar claridad y mayor entendimiento al trabajo, a continuación, en el capítulo de la metodología se da a conocer como se hizo paso a paso este trabajo, desde la selección de la instrumentación hasta la propuesta de automatización de la línea de ACPM. Por último, se tienen las conclusiones acompañado con los anexos del trabajo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

Para la realización de este trabajo de grado, la base principal, son dos tesis referentes al tema de medición y control de nivel en tanques de almacenamiento de petróleo o ACPM.

El primero, fue realizado en la Universidad Magallanes, Chile, para la facultad de ingeniería. En este se realizó un sistema de control de nivel para el suministro de petróleo de grupos electrógenos. Básicamente se busca la automatización del proceso para el abastecimiento constante de los tanques, el control lo proponen por medio de sensores tipo on-off de bajo costo, utilizando una medida entre dos puntos. Lo interesante de este trabajo es como abordan el tema y las consideraciones pertinentes de seguridad ante la presencia de combustible o petróleo diésel (Acuña, 2006).

El segundo trabajo fue realizado en la Universidad de Occidente, Santiago de Cali-Colombia, para la facultad de ingeniería. Se desarrolló un sistema de monitoreo de nivel en los tanques de emergencia de Emcali telecomunicaciones. En este proyecto se buscaba la medición en tiempo real de los niveles de gasolina en los diferentes tanques de almacenamiento por medio de la cual se pudiera llevar un registro y visualización de los niveles de los tanques. Al ser requerida una medición en tiempo real, los sensores que se utilizaron permiten una medición continua de los niveles de los 31 tanques que hacen parte de la empresa (Valencia, 2013).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la siguiente sección se presentarán algunos términos importantes para la comprensión del siguiente trabajo.

Medición de nivel. Normalmente se define medición de nivel como la forma de comparar un punto de referencia respecto a un punto que ocupe un líquido o sólido en un determinado recipiente. El tipo de medición puede ser fijo o de nivel continuo (Instrumentación industrial, medición de las principales magnitudes presentes en la industria: nivel y flujo, 2011).

Sensores de nivel. Son dispositivos diseñados para captar señales y ser llevadas a un controlador, el cual, primero que todo interpreta la señal para luego poder ser manipulada (Valencia, 2013).

Tipos de sensores para medición de nivel.

Sensor capacitivo. Este tipo de sensor basa su funcionamiento en la capacidad de variación del campo eléctrico que genera un condensador interno cuando entra en presencia de un objeto (Sensor de proximidad capacitivo, 2018).

Sensor ultrasónico. Este tipo de sensor basa su funcionamiento en la generación de ondas sonoras, por lo general de alta frecuencia, las cuales se propagan hasta que se genera un choque con un líquido o sólido, dependiendo la distancia o el tiempo que se demora en rebotar la señal hasta su receptor, este sensor puede calcular el nivel de dicho elemento dentro de un recipiente. En la medición se deben evitar obstáculos en el recorrido de las ondas (Eumar Leal, 2018).

Sensor de presión diferencial. Este tipo de sensor basa su funcionamiento en la medida de presión entre dos puntos, generando una señal eléctrica; el sensor de encarga de

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

interpretarla y dependiendo de la magnitud de la señal se podrá decir que la presión es negativa o positiva (Sensores de presión diferencial, 2018).

Interruptor de nivel. Este es un dispositivo tiene un funcionamiento tipo switch, el cual puede determinar si la altura que presenta el elemento dentro del recipiente es inferior o superior a un nivel anteriormente predeterminado, casi siempre por la posición del sensor.

Principios de funcionamiento.

Principio de funcionamiento de un sensor magnetostrictivo. El sensor funciona siguiendo el principio magnetostrictivo, el cual, funciona independientemente de la temperatura.

En la **Figura 1**, se muestra el principio de funcionamiento de un sensor magnetostrictivo. Con la numeración, se indican partes y ubicación de algunos elementos que hacen parte del sensor, además, efectos generados por el funcionamiento.

Dentro del tubo sonda hay un cable (1) de material magnetostrictivo, el sensor (2) emite pulsos eléctricos a lo largo de la sonda creando un campo (3) magnético circular, este campo magnetiza el cable de una manera axial. El transmisor de nivel que utiliza este sensor es un iman (4). Como los campos magnéticos están superpuestos se genera en el transmisor de nivel una onda de torsión (5) que va en ambas direcciones a lo largo del cable, una en sentido de la cabeza del sensor y la otra rebota contra el fondo de la sonda (Torrix, n.d.).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

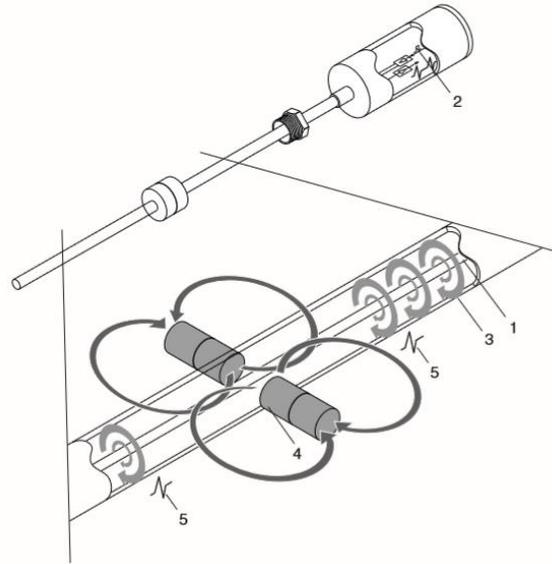


Figura 1. Principio de funcionamiento magnetostrictivo. Fuente: (Torrix, n.d.)

Protocolos de comunicación.

Protocolo HART. Este es solo uno de la gran cantidad de protocolos de comunicación que se suelen usar en el entorno de la automatización industrial. El protocolo Hart es un estándar para recibir información digital a través de señales análogas, presenta además una ventaja importante como es la comunicación bidireccional entre los dispositivos de campo y los mandos de control (Miguel Contreras, Jhon Arzuar, 2018).

Controlador a utilizar.

PLC. Controlador lógico programable. En el ambiente de ingeniería, es muy utilizado en la automatización de procesos industriales gracias a la gran capacidad de procesamiento, siendo más potente que otros controladores. Este recibe señales digitales y análogas, las cuales pueden ser procesadas y gracias a estas se puede aplicar una lógica de control sobre algún proceso (Logicbus, 2018).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Normativas presentes en el trabajo.

Normativa ATEX. Es un real decreto en el cual se establecen las condiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores que pueden llegar a estar expuestos a riesgos derivados de atmosferas explosivas (ATEX) en el lugar de trabajo. Se debe tener presente que esta norma solo está dirigida a la protección de los trabajadores y no a la protección del patrimonio, la salud pública o cuidado del medio ambiente (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2003).

Algunas de las actividades que a continuación de mencionan se ven afectadas por los riesgos de explosión:

- Industria química
- Industria farmacéutica
- Refinerías
- Empresas de tratamiento de aguas residuales
- Compañías de suministro de gas
- Industria alimentaria
- Industria de trabajo de madera
- Talleres de pintura y esmaltado
- Industrias agropecuarias
- Compañías productoras de energía (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2003).

3. METODOLOGÍA

DIAGRAMA P&ID

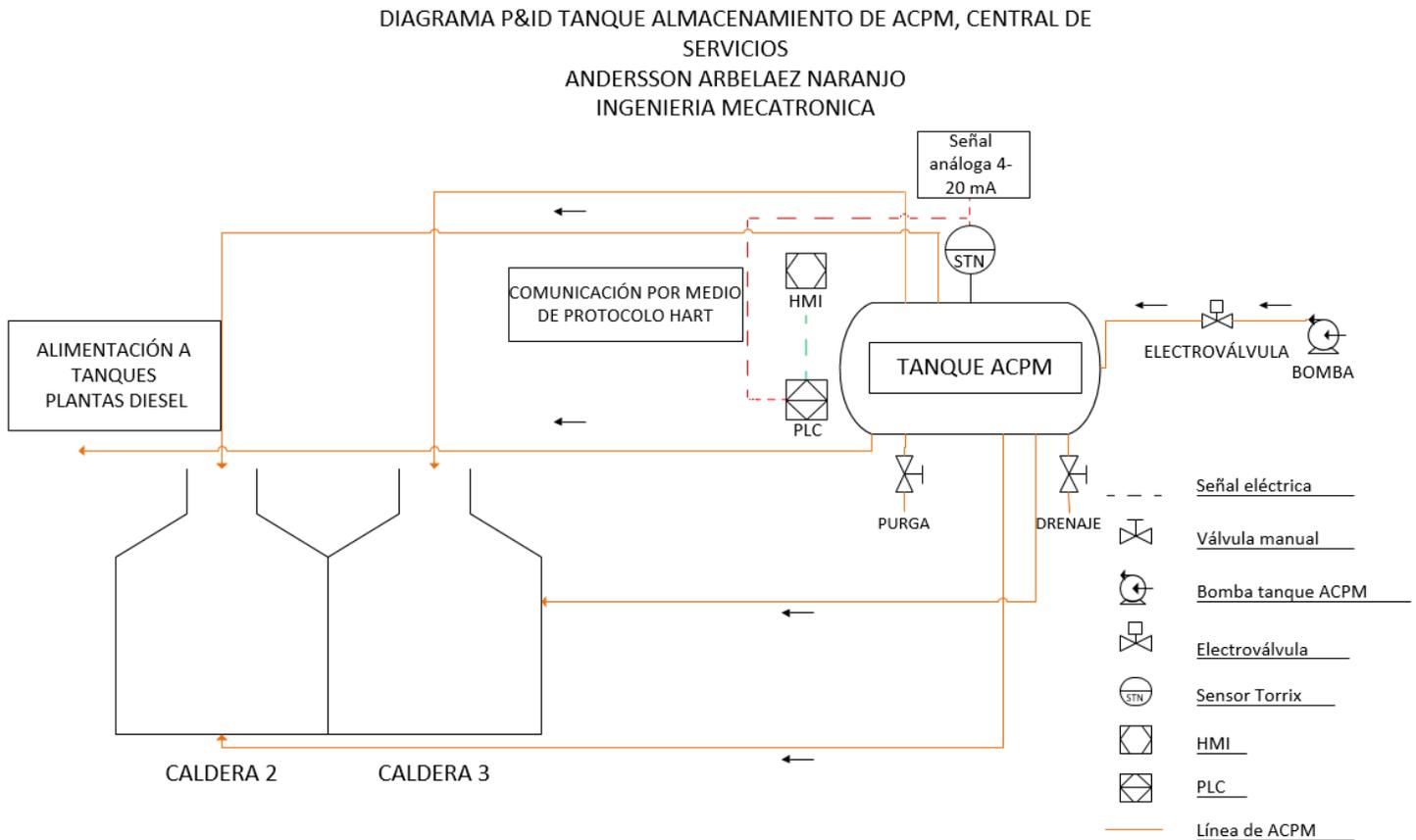


Figura 2. Diagrama P&ID tanque de almacenamiento de ACPM, central de servicios.

Realizado en Visio Profesional

En la Figura 2, se observa el diagrama P&ID que representa el sistema automático de llenado del tanque de almacenamiento de ACPM, ubicado en la central de servicios.

Cuando el tanque que alimenta las calderas se encuentra con el nivel bajo, se enciende la **bomba** que impulsa el ACPM y a su vez se acciona la **electroválvula** que permite el paso

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

hacia el tanque. Este cuenta con un **drenaje** y una **purga**, accionadas manualmente, las cuales se pueden apreciar en la parte inferior del tanque. En la parte superior, el tanque tiene una entrada disponible, la cual se plantea usar para conectar el **transmisor de nivel** a proceso. Tanto en la parte superior como inferior, se derivan las líneas que alimentan las **calderas 2 y 3**. La última línea que se deriva del tanque es aquella de la cual se alimenta los tanques de ACPM de las plantas diésel. Eléctricamente, en el diagrama se identifica una **señal análoga** de 4-20 mA entregada por el sensor y enviada al PLC por medio del protocolo HART y **una señal de comunicación** ethernet entre el PLC y la pantalla HMI, y **dos equipos de control** (PLC y pantalla HMI)

Para la selección del sensor que permita medir el nivel de combustible en los tanques de la línea de ACPM de la empresa Colcafe S.A se consultaron cuatro empresas con experiencia en instrumentación para medición en entornos industriales. Basados en las restricciones del sistema a implementar y teniendo en mente la norma ATEX, a continuación, se resumen las propuestas hechas por cada una de las empresas.

La primera empresa consultada planteo el uso de un sensor **Flo-Dar**, se puede observar en la **Figura 3**, el cual es utilizado principalmente en medición de canales abiertos. Este funciona por medio de un sensor de ultrasonido, el cual es programado teniendo en cuenta las dimensiones del canal, tomadas previamente antes de su instalación. El sensor tiene un costo de **13.000 USD**.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

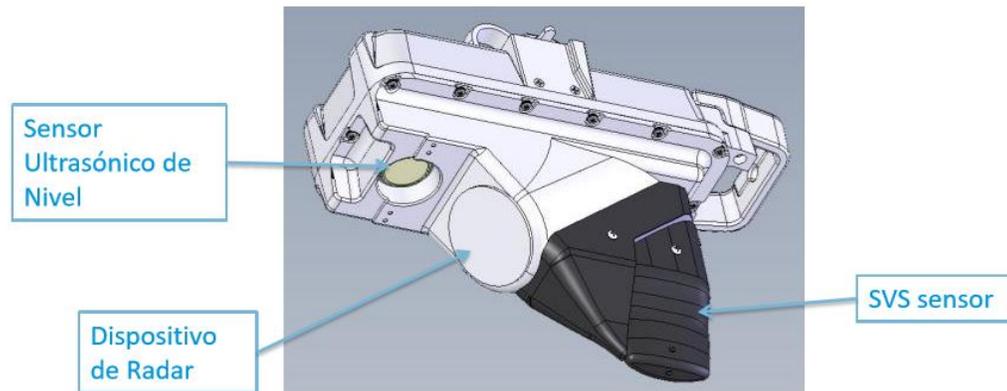


Figura 3. Sensor Flo-Dar. Fuente: (HACH, 2017)

La segunda empresa consultada, propone tres tipos de sensores:

- Sensor de nivel. El cual se puede observar en la **Figura 4.**
 - Tipo de sensado: ultrasónico
 - Marca: Siemens,
 - Este cuenta con protección NEMA 4x.
 - Precio: \$ 2.360.350



Figura 4. Sensor de nivel ultrasónico. Fuente: (DASTEC SRL, 2018)

- Transmisor de nivel. El cual se puede observar en la **Figura 5.**
 - Tipo de sensado: por medio de presión diferencial

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Marca: Siemens
- Cuenta con protección anti explosión
- Precio: \$ 3.032.400



Figura 5. Sensor de nivel de presión diferencial. Fuente: (Direct Industry, 2018)

- Sensor de nivel Torrix. El cual se puede apreciar en la **Figura 6**.
 - Tipo de medición: continua
 - Material: material de sonda en acero inoxidable
 - Aprobación ATEX.
 - Precio: 1.143 €



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Figura 6. Sensor de nivel Torrix. Fuente: (Torrix, n.d.)

El tercer proveedor propone tres sensores:

- Sensor de nivel. El cual se puede apreciar en la **Figura 7**.
 - Tipo de sensado: capacitivo.
 - Explosion-proof para combustible o aceite.
 - Marca: Imtepeco.
 - Precio: \$ 5.001.920



Figura 7. Sensor de nivel capacitivo. Fuente: (Instrumart, 2018)

- Sensor de nivel. El cual se puede observar en la **Figura 8**.
 - Tipo: flotador
 - Tipo de sensado: puntual con hasta 6 puntos de control de acuerdo a las dimensiones del sensor.
 - Marca: Kelvin.
 - Precio: \$ 640.000

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 8. Sensor de nivel tipo flotador. Fuente: (Sensors, 2013)

- Sensor de nivel Torrix. El cual se puede observar en la **Figura 9**.
 - Tipo de medición: continua
 - Marca: Fafnir
 - Precio: \$ 5.159.840



Figura 9. Sensor de nivel Torrix. Fuente: (Torrix, n.d.)

La última empresa consultada propone la siguiente solución:

- Sensor liquiphant FTL50 **Figura 10** + Nivotester FTL 325N **Figura 11**. Los cuales se aprecian en las siguientes figuras.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Tipo de censado: interruptor de nivel para todo tipo de líquidos y el Nivotester cumple como detector de nivel intrínsecamente seguro.



Figura 10. Sensor liquiphant FTL50. Fuente: (Hauser, 2017a)



Figura 11. Nivotester FTL 325N. Fuente (Hauser, 2017b)

Basado en las recomendaciones que cada una de las empresas hizo respecto a las características de los sensores antes mencionados, se escoge el sensor Torrix, ya que cumple con ambas características, permite una medición continua y cuenta con aprobación ATEX. En la Tabla 1 se observan las principales características del sensor seleccionado.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 1.

Sensor de medición continua Torrix.

SENSOR DE MEDICION CONTINA TORRIX	
PRECISION DE MEDICION SUPERIOR A +/-0.2mm.	
RESOLUCION SUPERIOR A 0.1 mm.	
MEDICION CON PRINCIPIO DE COMPENSACION DE TEMPERATURA.	
2 HILOS (4-20 mA).	
PROTOCOLO HART. 	
CERTIFICADO ATEX, IECEX.	
A PRUEBA DE GOLPES Y VIBRACION.	
RANGO DE MEDIDA AJUSTABLE A LO LARGO DE TODA LA SONDA .	
FACIL Y PUESTA EN MARCHA	

Propuesta para piloto de automatización de la línea de ACPM de la empresa Colcafe S.A. Medellín.

En la **Figura 12** se observa el tanque de ACPM que abastece las calderas de la empresa. Para el diseño propuesto, se seleccionó el tanque mencionado por dos motivos principales: es el tanque en el cual se pueden realizar menos modificaciones mecánicas, ya que cuenta con una entrada disponible para conexión a proceso del sensor. Cerca de este tanque hay un tablero de control, con un PLC que cuenta con slot de entradas y salidas digitales con disponibilidad para nuevas conexiones.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 12. Tanque de almacenamiento de ACPM en central de servicios. Fuente: Autor

Para el montaje mecánico del sensor en el tanque, se aprovechará una entrada disponible que tiene el tanque de almacenamiento de ACPM. Esta entrada se le debe hacer una reducción de 2" a 1½" y acoplar una brida. En la **Figura 13**, se observa el punto seleccionado para realizar la conexión a proceso del sensor de nivel.



Figura 13. Entrada de tanque para conexión a proceso de sensor Torrix. Fuente: Autor

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La programación que a continuación se presenta, se recomienda realizar en un PLC, por su capacidad de procesamiento, autonomía y facilidad que presenta para el manejo de señales tanto análogas como digitales, el entorno de programación es SIMATIC de la empresa SIEMENS, en lenguaje ladder o tipo escalera, el cual presenta la ventaja que es universal para cualquier PLC. Para diferentes marcas puede variar el entorno programador o los bloques de programación, pero la lógica seguirá siendo la misma.

Sabiendo que la señal que entrega el sensor es una señal analógica de 4-20 mA, es necesario que el PLC tenga disponible una entrada analógica en su módulo de entradas analógicas. Para enviar la señal de encendido o apagado a la electroválvula es necesario tener disponibilidad de una salida digital del módulo de salidas digitales del PLC.

Para el caso de la empresa Colcafe S.A, en la central de servicios donde se haría el piloto de esta automatización, el PLC al cual se va a mandar las señales del sensor Torrix, tiene disponibilidad de entrada analógica, lo cual facilita el trabajo porque no se debe hacer un gasto adicional en un módulo de entrada analógicas. Para enviar las señales a la electroválvula, este PLC también cuenta con salidas digitales disponibles.

1. Lo primero que se debe hacer en la programación, es llevar la señal de 4-20 mA que entrega el sensor a una señal conocida para el PLC. A lo anterior se le llama escalar una señal analógica. Como se observa en la **Figura 14**, la señal se escalará al volumen del tanque (0-2000 Lt), donde la señal de 4 mA es el nivel más bajo del tanque y la señal de 20 mA es el nivel más alto del tanque.

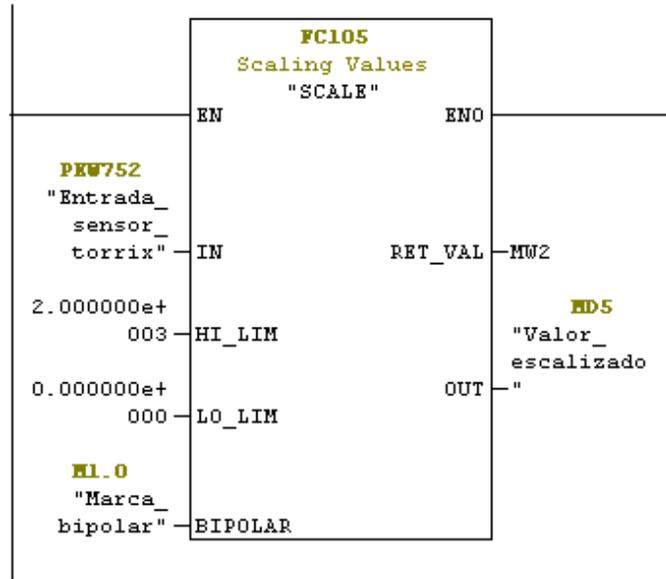


Figura 14. Bloque de escalización en Simatic. Fuente: Autor

Si el tanque donde se almacena ACPM, está por encima de los 1800 lt, se encenderá una marca indicando que el tanque se encuentra lleno. **Figura 15.**

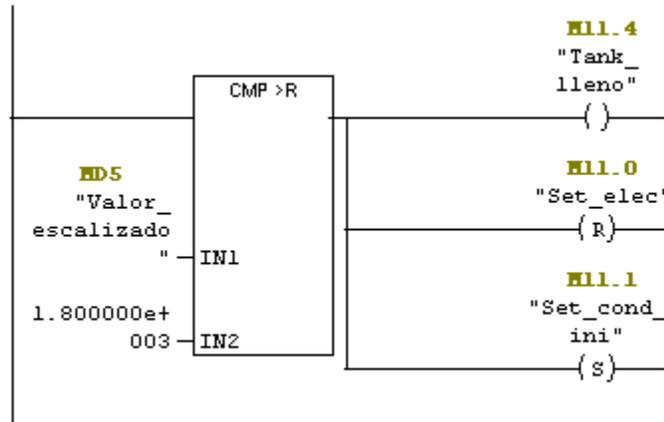


Figura 15. Bloque comparador para tanque lleno. Fuente: Autor

Si el tanque donde se almacena ACPM, está en un nivel medio entre 700 y 1000 lt, se encenderá una marca parpadeante, la cual servirá de alarma. **Figuras 16 y 17.**

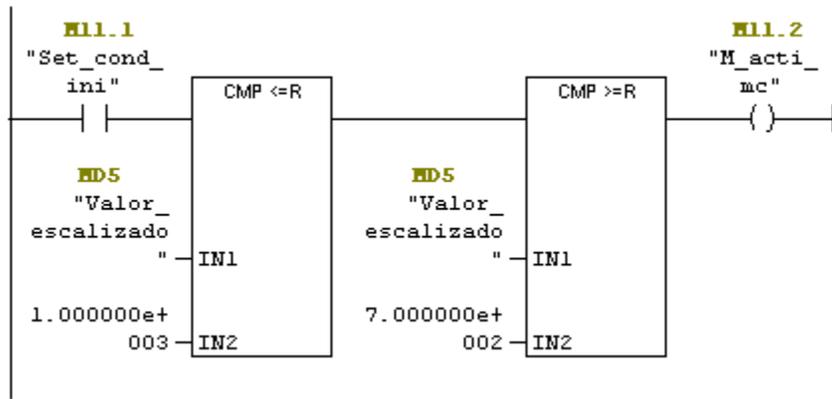


Figura 16. Bloques comparadores para tanque a medio nivel de capacidad. Fuente:

Autor

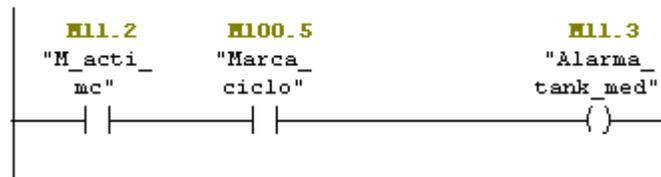


Figura 17. Segmento para activar la alarma parpadeante. Fuente: Autor

Si el tanque donde se almacena ACPM se encuentra en un nivel por debajo de los 699 lt, se encenderá la electroválvula, la cual permanecerá encendida hasta que el tanque se encuentre en un nivel lleno de nuevo. **Figuras 18 y 19.**

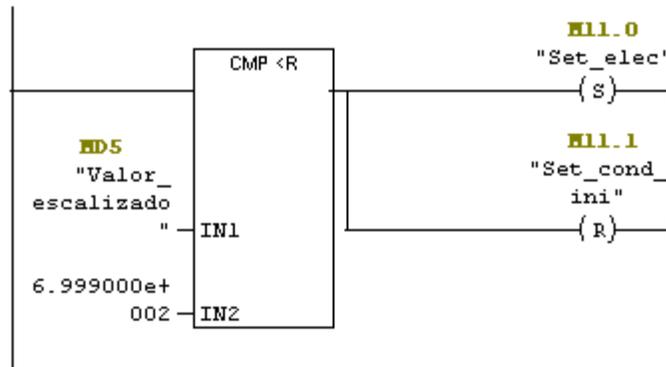


Figura 18. Bloque comparador para tanque en nivel bajo. Fuente: Autor

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

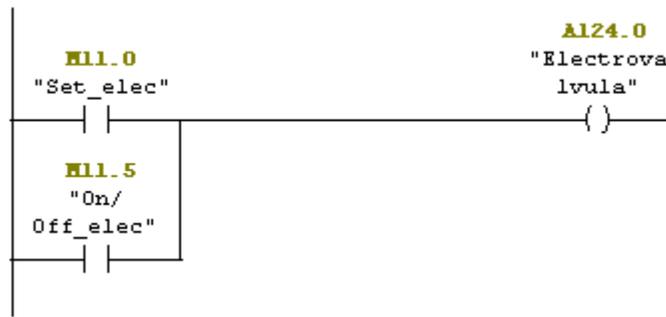


Figura 19. Segmento para activar la electroválvula si el tanque está en nivel bajo.

Fuente: Autor

Se crea además una marca adicional para activar o desactivar manualmente la electroválvula, sin importar el nivel del tanque. Lo anterior con el fin de no tener que crear toda una rutina para el manejo manual de la electroválvula.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para efectos de la simulación, se aclara que en el programa simatic, las líneas interrumpidas indican que la señal no se está dando en ese momento. Las líneas continuas, indican que la señal en ese momento se está dando y por lo tanto está energizando una marca, un bloque o una bobina.

Conociendo un poco el entorno de simulación del programa simatic, tenemos el bloque de la CPU, donde están los respectivos indicadores que tiene un PLC. Con la opción de RUN-P, se pueden generar cambios en el programa sin detener la simulación, en la opción RUN, se corre el programa, pero este no permite realizar cambios en el momento que está corriendo la simulación, por último, con la opción STOP, se detiene la simulación.

Los demás bloques se pueden ir generando a medida que sean necesarios para la simulación. Para este caso se utilizaron los siguientes bloques: entrada analógica generada por el sensor (PEW752), señal escalizada (MD 5), slot de marcas (MB 11) y slot de salidas (AB 124).

La metodología a seguir para llevar a cabo la simulación, será forzar el valor de la señal analógica al nivel máximo para luego empezar a variar descendentemente el deslizador que controla la señal, así, observar y analizar el comportamiento de los segmentos y condicionales que se presentan en cada uno de los bloques de programación, pasando por el nivel medio y nivel bajo. Por ultimo analizar el comportamiento de la marca que se creó para activar la electroválvula de forma manual.

Teniendo en cuenta la programación planteada, la simulación del sistema diseñado, presentada a continuación:

Si el tanque está lleno, por encima de los 1800 lt, se enciende la marca que indica el estado del tanque, como se ve en las Figuras 20 y 21. En la Figura 20, se observa como la señal analógica es forzada al máximo valor (20 mA), por lo tanto, la señal escalizada estará en su máximo valor (2000 Lt), se enciende las marcas de condición inicial y la que indica que el tanque está lleno.



Figura 20. Simulación en equipo simatic. Fuente: Autor

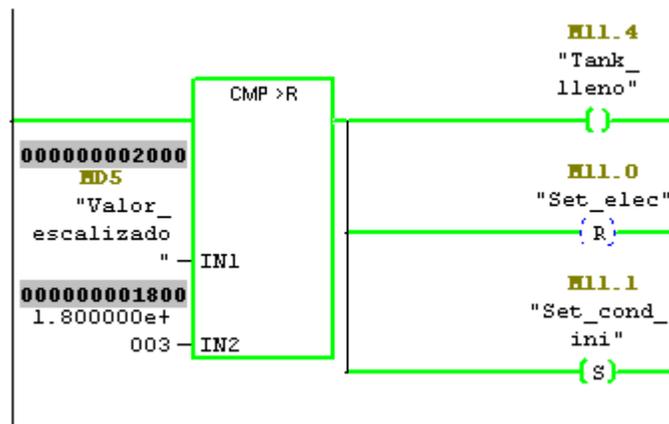


Figura 21. Simulación en programa. Fuente: Autor

Como se observa en las **Figuras 22 y 23**, con el deslizador se forzó la señal análoga a un valor menor, con el fin de mostrar que al bajar de nivel el tanque sin llegar a un nivel medio, la marca que indica que el tanque está lleno se apaga y no se debe estar cumpliendo ninguna otra condición excepto la de Set_cond_ini, esta permanece prendida hasta que el tanque está en una cantidad menor a los 699 lt.

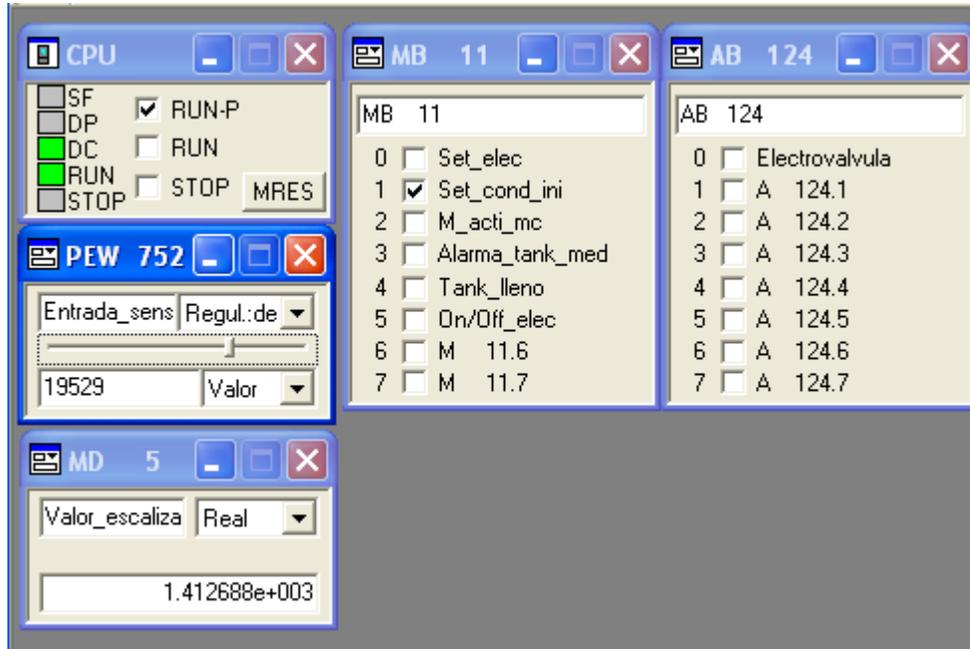


Figura 22. Simulación en equipo simatic. Fuente: Autor

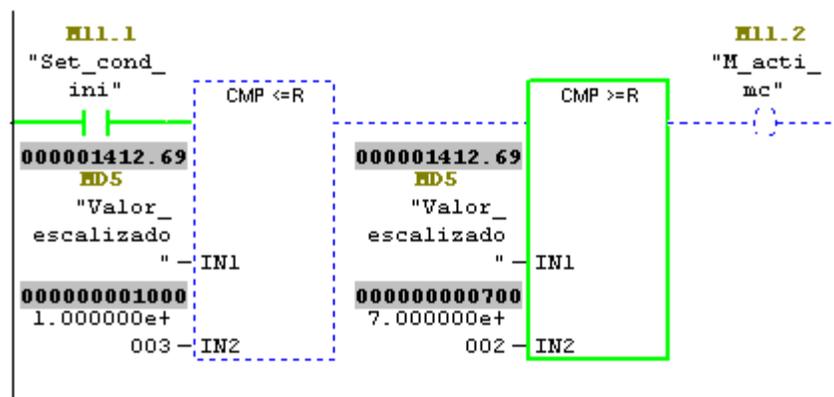


Figura 23. Simulación en programa. Fuente: Autor

En las figuras **Figuras 24, 25, 26, 27 y 28** se observa como al forzar la señal análoga a un nivel intermedio previamente definido, un nivel entre 700 lt y 1000 lt, se enciende una alarma parpadeante, la cual indica que el nivel de ACPM almacenado en el tanque está disminuyendo. Lo anterior se logra gracias a que desde la configuración de hardware se crea una marca de ciclo.



Figura 24. Simulación en equipo simatic. Fuente: Autor



Figura 25. Simulación en equipo simatic. Fuente: Autor

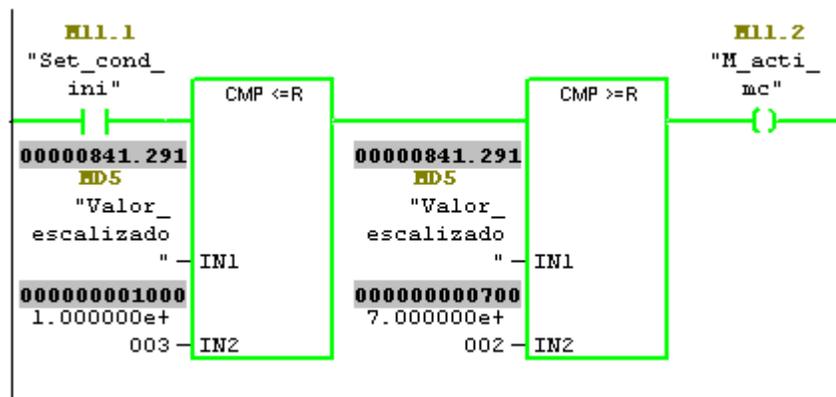


Figura 26. Simulación en programa.

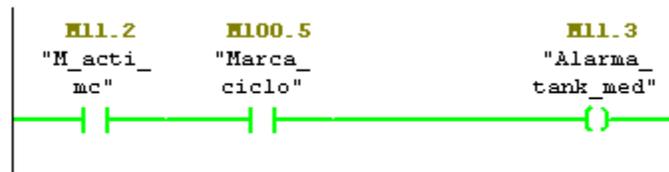


Figura 27. Simulación en programa. Fuente: Autor

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

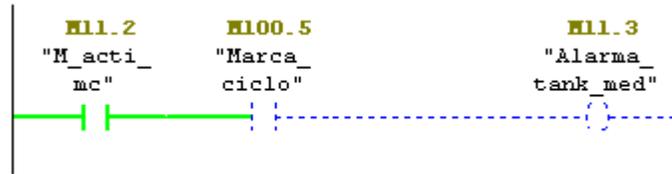


Figura 28. Simulación en programa. Fuente: Autor

Como se observa en las **Figuras 29, 30 y 31**, Cuando el tanque está en un nivel inferior a los 699 lt, se apaga la alarma que indica que el tanque está en un nivel medio y se prende la salida de digital de PLC que enciende la electroválvula. Esta permanece prendida hasta que el tanque está lleno de nuevo.



Figura 29. Simulación en equipo simatic. Fuente: Autor

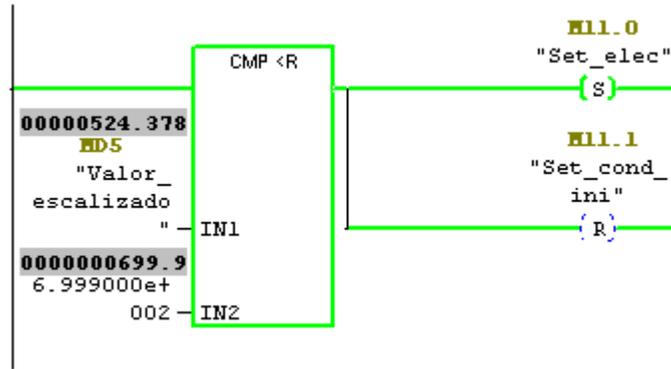


Figura 30. Simulación en programa. Fuente: Autor

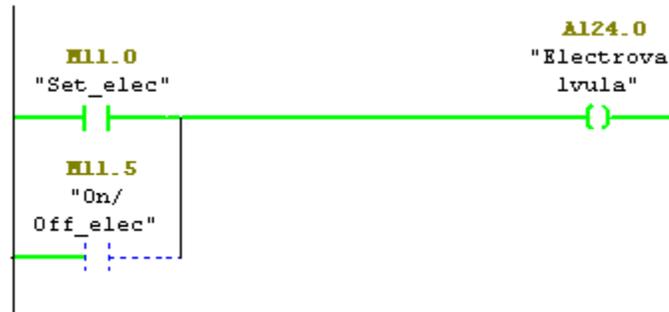


Figura 31. Simulación en programa. Fuente: Autor

Al no ser necesario crear una rutina para trabajar en manual el accionamiento de la electroválvula, se crea una marca (M11.5) que cumple esta función y puede ser activada en cualquier momento. **Figuras 32 y 33.**



Figura 32. Simulación en equipo simatic. Fuente: Autor

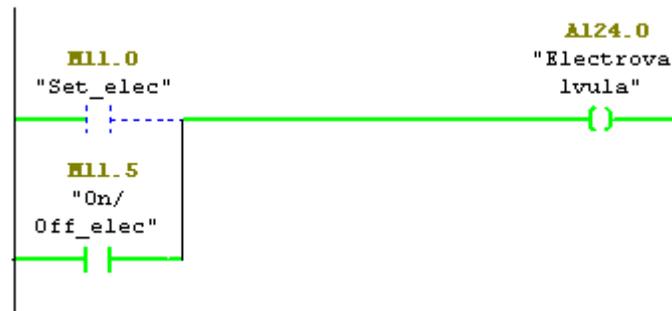


Figura 33. Simulación en programa. Fuente: Autor

Corriendo el programa en el simulador de simatic, se puede mostrar que el programa funciona de acuerdo a los requerimientos planteados en un principio. Sin importar la capacidad del tanque o los niveles de control que le queramos asignar, el programa es idóneo para realizar un control en tiempo real de nivel de ACPM en cada tanque.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- Se logró diseñar un sistema automático de control de nivel para los tanques de almacenamiento de ACPM en la empresa Colcafe S.A.
- Se logró seleccionar el sensor adecuado para la aplicación, teniendo en cuenta las dos principales características que debía cumplir: medición continua y aprobación ATEX.
- Se pudo identificar en el tanque el mejor espacio para la conexión a proceso del sensor, teniendo en cuenta que se le deben hacer la menor cantidad de adecuaciones mecánicas.

Trabajo futuro.

- A futuro, ya teniendo planteado el diseño del control de nivel, se propone implementar y poner en marcha este trabajo.
- A nivel de programación, se debería realizar el diseño de la pantalla HMI, incluyendo un cuadro de salida para mostrar la medición de nivel en tiempo real, un pulsador para activar la electroválvula de forma manual y animaciones en general que muestre los elementos que están activos.
- Además del sensor Torrix, en este trabajo se mencionan muchos más sensores y algunas de sus principales características, los cuales pueden ser importantes y tenidos en cuenta en el desarrollo global de todo el proyecto.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

Acuña, C. (2006). “ Implementación De Un Sistema De Control De Nivel Para El Suministro De Petróleo De Grupos Electrónicos “.

DASTEC SRL. Sitrans Probe LU | Transmisor de nivel ultrasónico. 2018, de DASTEC SRL Sitio web: <https://www.dastecsrl.com.ar/industrias/energia/nivel-transmisores-ultrasonicos-e-interruptores/sitrans-probe-lu-transmisor-de-nivel-ultrasonico>.

Direct Industry. Transmisor de presión relativa / diferencial / absoluta / PROFIBUS SITRANS P DS III. 2018, de Direct Industry Sitio web: <http://www.directindustry.es/prod/siemens-process-instrumentation/product-18343-933831.html>

Eumar Leal. Sensores de nivel. 2018, de Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda" Sitio web: <https://angelarenaspariona.files.wordpress.com/2014/04/sensores-de-nivel.pdf>

HACH. (2017). Guía para la medición exitosa de flujo en canal abierto. Archivo suministrado por el representante de la empresa Equipos y controles industriales (ECI) para la empresa Colcafe S.A. Archivo relacionado: <https://www.hachflow.com/pdf/Flo-Dar-int-safe-Spanish.pdf>

Hauser, E. +. (2017a). Liquiphant M FTL50, FTL51, FTL50H, FTL51H. Archivo suministrado por el representante de la empresa Endress + Hauser para Colcafe S.A. Archivo relacionado: https://cms.esi.info/Media/documents/78160_1461321471605.pdf

Hauser, E. +. (2017b). Technical Information Nivotester FTL325N. Archivo suministrado por el representante de la empresa Endress + Hauser para Colcafe S.A. Archivo relacionado: <http://www.merteh.lv/eh/pdf/TI353FEN.PDF>

Industrial-automática. (2010). Automatización industrial. 2018, de Industrial-automática Sitio web: <http://industrial-automatica.blogspot.com/2010/08/los-origenes.html>.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2003). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. Real Decreto 681/2003, de 12 de junio. Instituto Nacional de Seguridad E Higiene En El Trabajo., 1–103. Recuperado de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/ATM_05FERAS_EXPLOSIVAS.pdf

Instrumart. Intempco LTX20 Fuel & Oil Level Transmitter. 2018, de Instrumart Sitio web: <https://www.instrumart.com/products/5093/intempco-ltx20-fuel-oil-level-transmitter>

Instrumentación industrial, (2011). Instrumentación industrial, medición de las principales magnitudes presentes en la industria. SlideShare Sitio web:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

<https://es.slideshare.net/quasar.0360.7912/semana-6-medicion-de-las-principales-magnitudes-presentes-en-la-industria-nivel-y-flujoutpleetseptiembre-2011>.

Logicbus. PLC (Controlador Lógico Programable). 2018, de Logicbus Sitio web: <http://www.logicbus.com.mx/plc.php>

Mecafenix. Sensor de proximidad capacitivo. 2018, de Ingeniería mecafenix Sitio web: <http://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensor-proximidad-capacitivo/>

Miguel Contreras, Jhon Arzuzar. Redes y comunicaciones industriales. 2018, de Universidad de Pamplona Sitio web: <https://es.slideshare.net/mcontrerasglez/protocolo-hart-37507790>

Sensing. Sensores de presión diferencial. 2018, de Sensing Sitio web: http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Sensores-de-presi%C3%B3n_107/Sensores-de-presi%C3%B3n-diferencial_165/

Sensors, K. industrial process. (2013). SENSOR DE NIVEL TIPO FLOTADOR.

Torrix, C. (n.d.). Sensor de Nivel de Medición Continua TORRIX 1.3 3.

Valencia, C. (2013). DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE NIVEL DE LOS TANQUES DE EMERGENCIA DE EMCALI TELECOMUNICACIONES.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Anderson A.

FIRMA ESTUDIANTES _____

Elkin E Herco B

Fecha: 07-Mar-2018

Entrego Informe final

práctica profesional.

FIRMA ASESOR _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO___ ACEPTADO___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES___

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____