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

# CONTROL Y MONITOREO PARA SISTEMA DE CAPTACIÓN Y TRANSPORTE DE AGUA

Luis Miguel Muñoz Gómez

Jorge Andres Henao

Programa Académico

Ingeniería Mecatrónica

Director(es) del trabajo de grado

**Juliana Valencia Aguirre**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

**Enero de 2017**

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RESUMEN

---

Sierra Verde es un condominio ubicado en el Municipio del Retiro Antioquia, que actualmente presenta inconvenientes para monitorear y controlar del sistema de captación y transporte de agua, el cual es el encargado de proveer del líquido a la urbanización. Dicho proceso se inicia con la recolección de agua que se hace desde un nacimiento, siendo esta la etapa de captación y posteriormente se transporta el fluido a través de 3 cuartos de bombeo y se finaliza en la fase de almacenamiento y distribución. La traslación del agua fue realizada a través de una montaña la cual posee condiciones muy adversas, adicionalmente este terreno cuenta con una distancia de 4 Km a lo largo de una colina. Debido al mal funcionamiento de los equipos que contemplaban el sistema y atendiendo a la necesidad del usuario, fue diseñado un algoritmo de control y una interfaz de usuario hombre - máquina, lo cual permite monitorear, controlar e interactuar con la operación de las bombas, con los tableros de energía, con el nivel bajo, alto y rebose de los tanques y con el control de apagado del bombeo anterior de acuerdo al nivel del bombeo actual. Dicha automatización permite reducir los daños y las fallas de las bombas, además, se disminuyen los mantenimientos, se minimizan las visitas reactivas, se eliminan los razonamientos y se aporta al buen uso del agua y del medio ambiente.

Palabras claves: Bombeo, captación, interfaz, PLC, automatización, control, agua, siemens, wincc, scada.

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

## RECONOCIMIENTOS

---

A la compañía **TECNELEC DE ANTIOQUIA S.A.** por permitirnos llevar a cabo el proyecto, al Ingeniero Rodrigo Flórez, quien nos dio las pautas del requerimiento del cliente final.

A la docente Juliana Valencia Aguirre, Asesora Metodológica, por su apoyo, interés, orientación y colaboración brindada durante el desarrollo del presente proyecto.

Al evaluador Wimar Alberto Moreno que por sus observaciones permitieron desarrollar un mejor trabajo.

A todos aquellos que directa o indirectamente colaboraron durante el proceso investigativo de nuestro trabajo de grado.

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

## ACRÓNIMOS

---

*PLC*: Controlador Lógico Programable

*KOP*: Lenguaje de programación de contactos

*HMI*: Interfaz Hombre-Maquina

*PTAP*: Planta de tratamiento

*STEP7*: Software de programación de PLC de Siemens

*WINCC*: Control de supervisión y adquisición de datos (SCADA)

*AUTÓMATA*: Dispositivo electrónico programable diseñado para controlar.

*RLO*: Resultado Logico

*SP*: Set Point

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

## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN .....	6
1.1	Objetivo general .....	8
1.2	Objetivos Específicos .....	9
2.	MARCO TEÓRICO .....	10
2.1	Importancia del Agua.....	10
2.2	Automatización de Procesos.....	11
2.3	Razones para automatizar procesos de captación y transporte de agua.....	12
2.4	¿Que es un PLC?.....	12
2.5	¿Que es una Pantalla HMI?.....	13
2.6	Algoritmo de Control .....	14
2.7	Lenguaje de Programación .....	14
2.8	WinCC Flexible Siemens.....	15
2	METODOLOGÍA.....	16
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO .....	49
	REFERENCIAS .....	54
	APÉNDICE.....	58

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

# 1. INTRODUCCIÓN

---

Las relaciones que existen hoy en día entre la oferta y la demanda de acuerdo a los informes entregados por el Instituto de la Hidrología, Metrología y Estudios Ambientales de Colombia IDEAM, ratifican que a pesar de que Colombia es uno de los países del mundo con mayor riqueza hídrica, buena parte de la población en todo el territorio del país posee problemas de abastecimiento de agua. De hecho, para los próximos años el 65% y 68% de la población de las cabeceras municipales, se encontrarán en riesgo de desabastecimiento. (Gobernación de Antioquia, 2010).

Las nuevas tecnologías con las que se cuentan actualmente ayudan a un mejor aprovechamiento de los nacimientos de agua que tiene como finalidad el suministro para el sector doméstico e industrial. Pero en nuestro medio no se es muy consciente del buen manejo del recurso en materia de ahorro y del uso eficiente del mismo. (Palacio, 2010).

En particular, Sierra Verde es un proyecto compuesto por 14 chalets que tienen 93 apartamentos, ubicado en el municipio del Retiro Antioquia que se encuentra en la etapa final de su desarrollo. Por otra parte, como fue mencionado anteriormente esta es una de las zonas que no cuenta con cobertura para el abastecimiento de agua y por tal razón el constructor se vio obligado al desarrollo de su propio sistema para la captación y transporte de esta.

En la siguiente Imagen se muestra la arquitectura del sistema, características del terreno y una vista de las distancias entre cuartos de captación, bombeo y almacenamiento.

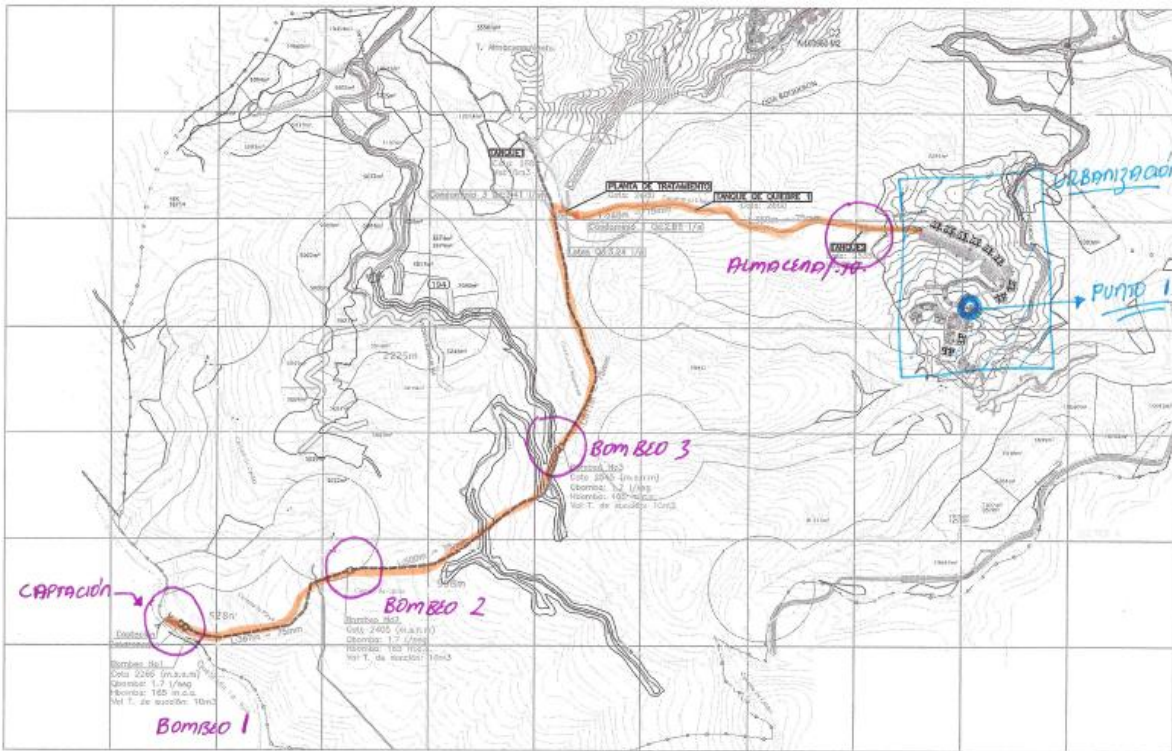


Imagen 1. Vista Satélite Sistema de Captación y Transporte de agua. (Propia)

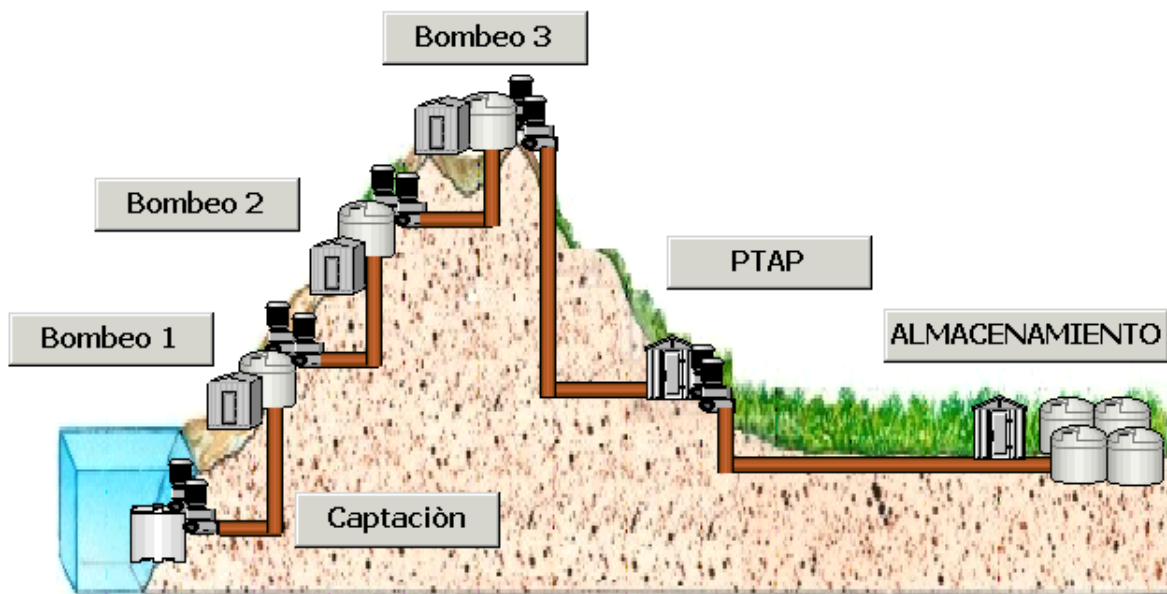


Imagen 2. Automatización del Sistema de Captación y Transporte de agua. (Propia)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Dicho proceso se inicia con la recolección de agua desde un nacimiento siendo esta la etapa de captación que a través de 2 bombas en configuración paralelo-redúndate envían el líquido hasta los cuartos de bombeo. Las condiciones del terreno demandan de 3 cuartos ya que se requiere desplazar el fluido a través de una montaña la cual tiene una distancia de 4 KM, empezando en la recolección hasta la distribución, después de este desplazamiento, el agua se almacena en los tanques y posterior a ello se distribuye de acuerdo a la demanda de los usuarios. No obstante, el procedimiento carece de una estructura completa que permita supervisar y dirigir la operación de las bombas, los tableros eléctricos y los tanques de almacenamiento. Debido a la necesidad antes mencionada se presentan reiterativamente daños y fallas en las bombas, cortes de suministro de agua muy prolongados sin previo anuncio, derrame de agua por rebose en el almacenamiento y desconocimiento del nivel actual en los tanques. Atendiendo a la problemática se diseñó un algoritmo que garantiza el debido desempeño y monitoreo de la estructura, el cual permite reducir los daños y las fallas de las bombas, además, se disminuyen los mantenimientos, se minimizan las visitas reactivas, se eliminan los razonamientos y se aporta al buen uso del agua y del medio ambiente.

Teniendo en cuenta la necesidad del usuario y a los requerimientos solicitados fueron planteados los siguientes objetivos con el fin de dar una correcta y eficiente solución.

## **1.1 Objetivo general**

Diseñar un controlador que permita supervisar y maniobrar el sistema de captación y transporte de agua en el condominio Sierra Verde ubicado en el Municipio del Retiro Antioquia haciendo uso de un PLC- HMI de la herramienta Simatic y Wincc de Siemens.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 1.2 Objetivos Específicos

- Identificar las condiciones y la estructura adecuada del sistema de captación y transporte de agua.
- Diseñar la arquitectura de control para garantizar la operación y el buen funcionamiento de la automatización.
- Evaluar los protocolos y los enlaces de comunicación entre los dispositivos de supervisión y la red principal PLC-HMI.
- Diseñar la interfaz hombre máquina para la supervisión del proceso y tratamiento de la información de los equipos.
- Validar el funcionamiento adecuado del algoritmo de control y de la interfaz de usuario a través de las simulaciones con las herramientas Simatic y WinCC de Siemens.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 2. MARCO TEÓRICO

---

### 2.1 Importancia del Agua

El agua es uno de los elementos naturales que encontramos con alta frecuencia en el planeta. Además, que es uno de los elementos que mayor relación tiene con la posibilidad del desarrollo de las distintas formas de vida. En el caso particular del ser humano, el agua es esencial para sobrevivir y esta hace que el organismo pueda funcionar de manera correcta trayendo como resultado una mejor calidad de vida.

El bienestar humano depende directamente del agua que es un recurso insustituible, por tal motivo el manejo de este debe ser bien gestionado. Hoy en día, más de 1.700 millones de personas viven en cuencas fluviales en las que su uso supera la carga natural, una tendencia que indica que dos tercios de la población mundial podrían vivir en países con escases de agua para 2025. (Naciones Unidas, DAES, 2014)

El hombre tiene la necesidad de un adecuado y continuo suministro de agua para su alimentación y bienestar. Últimamente la escasez de agua se ha incrementado por la destrucción de los bosques y la contaminación de las cuencas hídricas, haciendo cada vez más difícil abastecerse de esta. La captación ha sido una tecnología que se ha venido desarrollando con gran acogida para garantizar el abastecimiento del agua en las poblaciones que están aisladas de las cuencas fluviales. En los principios de la historia las personas se desplazaban grandes distancias para abastecerse de agua de los arroyos y de los pozos, este tipo de sistemas aún se ven en algunas comunidades con escasos recursos al no poder adecuar una infraestructura para su transporte.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El transporte o abastecimiento de agua es un medio de vital importancia para cualquier comunidad, si bien es verdad de que no son muchos quienes mueren de sed, millones de personas mueren como consecuencia de las enfermedades prevenibles transmitidas por el agua. Por tal motivo, es importante implementar nuevos medios de captación y transporte de agua para llevar de un lugar a otro y promover los buenos hábitos de consumo e higiene.

En (Feijoo, Piero, & Saravia, 2008) se menciona la importancia que tiene el transporte del agua desde el punto de donde se capta hasta donde se quiere llevar, y teniendo en cuenta esto podremos encontrar dos tipos de abastecimiento para este sistema que varían dependiendo de la altura de donde se obtendrá el agua con respecto al tanque de almacenamiento. El primer método es por bombeo, este se hace a través de una bomba que impulsa el líquido de un punto a otro, el segundo método es el transporte a través de canaletas donde el agua fluye por gravedad. Dependiendo de las condiciones del terreno y del método utilizado se prestará un servicio de mejor calidad y se busca evitar posibles fallas en los procesos.

## **2.2 Automatización de Procesos**

Es la sustitución de tareas tradicionalmente manuales por las mismas realizadas de manera automática por máquinas o cualquier otro tipo de automatismos. En (Velásquez, 2004) se hace referencia a los procesos automatizados y dice que la automatización industrial es un conjunto de técnicas basadas en sistemas capaces de recibir información del proceso sobre el cual actúan, realizar acciones de análisis, organizarlas y controlarlas apropiadamente con el objetivo de optimizar los recursos de producción, como los materiales, humanos, económicos, financieros, etc. La automatización de una empresa dependiendo del proyecto puede ser parcial o total, y se puede ajustar a procesos manuales o automáticos.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La automatización de sistemas de captación y transporte de agua en general busca que por medio de herramientas computacionales le permita al usuario visualizar y efectuar operaciones con la información del sistema, mejorar el diagnóstico, la supervisión y el control del proceso.

### **2.3 Razones para automatizar procesos de captación y transporte de agua**

La automatización de procesos de captación y transporte de agua es un control de las variables y señales que se dan y garantiza la calidad en la ejecución y la disponibilidad en el suministro de agua, disminuyendo las ausencias del líquido y las posibles fallas en los equipos del sistema. De esa forma, se fijan diferentes estándares de programación y ejecución, a continuación, se mencionan algunas ventajas de la automatización en general.

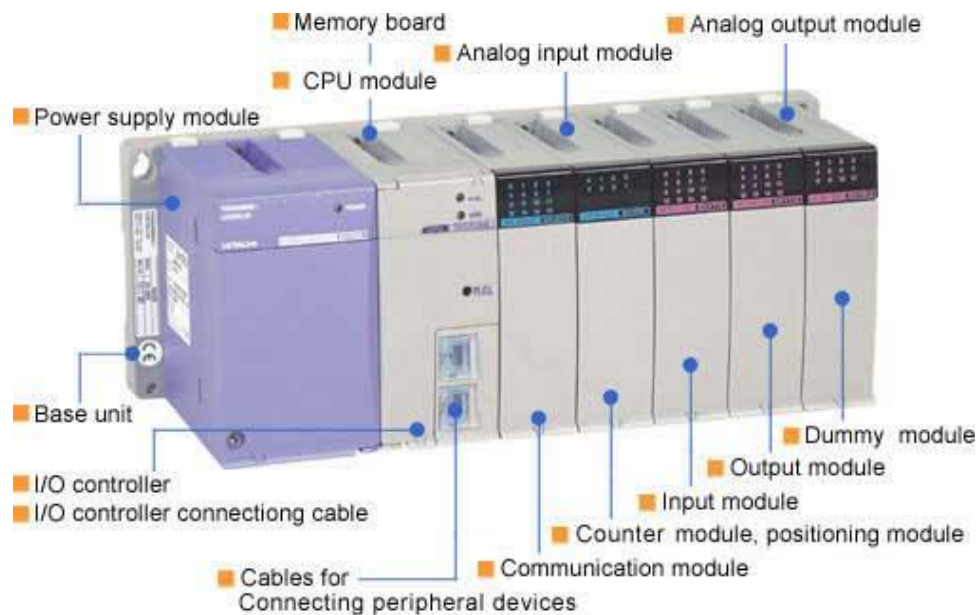
- Logra una disminución en los tiempos de procesamiento de información del sistema
- Obtiene un mejor conocimiento del funcionamiento y el desempeño de los equipos y máquinas que intervienen en los procesos. Lo que hace posible la implementación de funciones de análisis, optimización y autodiagnóstico
- Aumenta el rendimiento de los equipos y la facilidad para incorporar nuevas tecnologías y sistemas de información
- Permite al usuario monitorear, supervisar y tomar decisiones en el sistema
- Disminuye la contaminación y el daño ambiental (Copadata, 2008)

### **2.4 ¿Que es un PLC?**

Los Controladores Lógicos Programables son máquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

memoria, generando unas órdenes o señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la planta (aplicación). Al detectarse cambios en las señales, el autómata reacciona según el programa hasta obtener las órdenes de salida necesarias. Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso. La secuencia básica de operación del autómata se puede dividir en tres fases principales: Lectura de señales desde la interfaz de entradas, ejecución del programa para obtención de las señales de control y escritura de las señales en la interfaz de salidas. En la Imagen 3 se presentan las partes que conforman un PLC.



*Imagen 3. Descripción del PLC (Rocatek, 2010)*

## 2.5 ¿Que es una Pantalla HMI?

Una HMI es una interfaz de usuario asistida por ordenador. Forma parte del programa informático que permite la interacción entre máquina y usuario. Es el punto de acción en que un hombre entra en contacto con la máquina, el caso más simple es el del interruptor: no se trata de un humano ni de una máquina, sino de una interfaz para los dos. Permite que

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

un operador vaya más allá del manejo de la máquina y pueda observar el estado del equipo que intervenga en el proceso. La información se proporciona por medio de paneles de control, campos de visualización, botones o por medio del software que utiliza un sistema de visualización y se ejecuta en una terminal. (Copadata, 2008).

## 2.6 Algoritmo de Control

En este tipo de control “ON - OFF”, el elemento final de control se mueve rápidamente entre una de dos posiciones fijas a la otra, para un valor único de la variable controlada. Un controlador On – Off opera sobre la variable manipulada solo cuando señal cruza la deseada SP. La salida tiene solo dos estados, completamente activado (on) y completamente desactivado (off). El control *todo – nada* se aplica en procesos que tienen una velocidad de reacción lenta o gran capacidad, y poseen un tiempo de retardo mínimo. Usualmente son usados en control de nivel o temperatura de gran capacidad.

## 2.7 Lenguaje de Programación

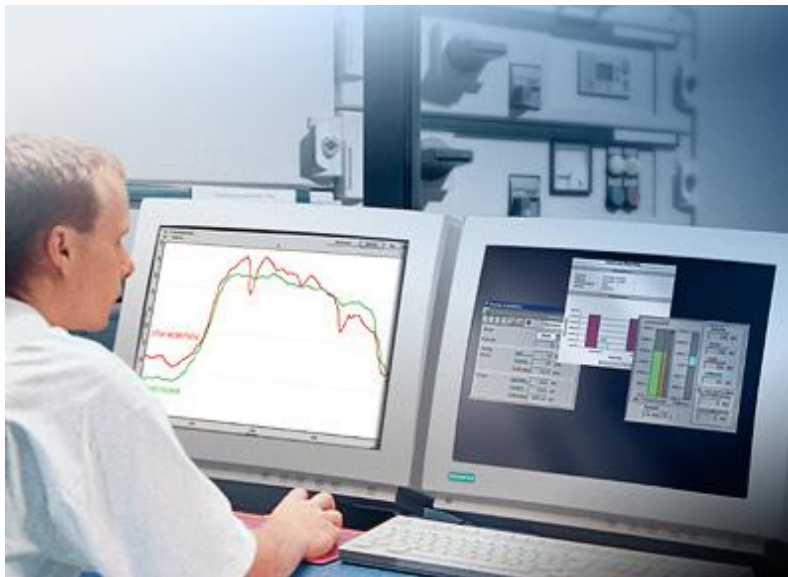
Un lenguaje de programación es básicamente un sistema estructurado de comunicación, similar al humano, el cual nos permite comunicarnos por medio de signos, ya sean palabras, sonidos o gestos. Refiriéndonos a los equipos, este sistema está organizado para que se entiendan entre sí y a su vez interprete las instrucciones que debe ejecutar.

El término programación se define como un conjunto de instrucciones consecutivas y ordenadas que llevan a ejecutar una tarea en particular. Estas instrucciones se denominan “código fuente”, el cual es único para cada lenguaje y está diseñado para cumplir una función o propósito específico. Usan diferentes normas o bases para controlar el comportamiento de un dispositivo y también pueden ser usados para crear programas informáticos. En la actualidad, existen una gran variedad de lenguajes de programación para todo tipo de aplicaciones.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 2.8 WinCC Flexible Siemens

SIMATIC WinCC flexible es un software HMI ejecutable en Windows para todas las aplicaciones a pie de máquina, útil para el manejo y visualización a pie de máquina y a pie de proceso. Especialmente diseñado para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo y proporcionan comunicación con los dispositivos de campo. WinCC constituye el entorno de desarrollo de Siemens en el marco de los SCADA para visualización y control de procesos industriales.



*Imagen 4. Software WinCC Flexible Siemens. (Siemens , 2006)*

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 2 METODOLOGÍA

---

Para alcanzar la solución del proyecto fue necesario desarrollar las siguientes etapas:

### **1. Reconocimiento de las condiciones y la estructura del sistema.**

Inicialmente se hizo el reconocimiento de las condiciones y de la estructura actual del sistema de captación y transporte de agua en el condominio Sierra Verde ubicado en el Retiro Antioquia. En dicha visita se realizó la inspección de las condiciones del terreno el cual tiene una distancia total de 4Km a lo largo de una colina, empezando con el cuarto de captación y pasando por los cuartos de bombeo 1, bombeo 2, bombeo 3 y termina en el cuarto de almacenamiento y distribución.

Se conocieron las necesidades del usuario final con relación a la problemática existente que comprende la falta constante del suministro de agua, como también la supervisión y notificación del funcionamiento del sistema, que conlleva al deterioro de los equipos y al razonamiento de agua prolongado para los usuarios.

Se conocieron los equipos que comprende el sistema actual, los cuales son: 2 Bombas sumergibles de 2Hp ubicadas en el cuarto de captación, 6 bombas bifásicas de 8 Hp para la traslación de cuarto a cuarto, tableros eléctricos, válvulas, tanques de almacenamiento y distribución como se presenta en la Imagen 5.





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



Imagen 5. Reconocimiento del Sitio y Equipos actuales. (Propia)

## 2. Desarrollo de la topología y protocolos de Red

La inspección del terreno sirvió para validar las condiciones de este y determinar la topología de red.

La topología de red que se trabajo es la Fibra Óptica Multimodo para la interconexión de los switch ópticos y la red Ethernet para la interacción de los switch de red y los módulos de periferia descentralizada, los cuales reciben las señales de los sensores. La topología y los protocolos de red fueron elegidos de acuerdo a las condiciones del terreno, a las distancias entre etapas, a la transferencia de datos, al direccionamiento de equipos, al mantenimiento y a la flexibilidad de los equipos actuales como se presenta en la Imagen 6.

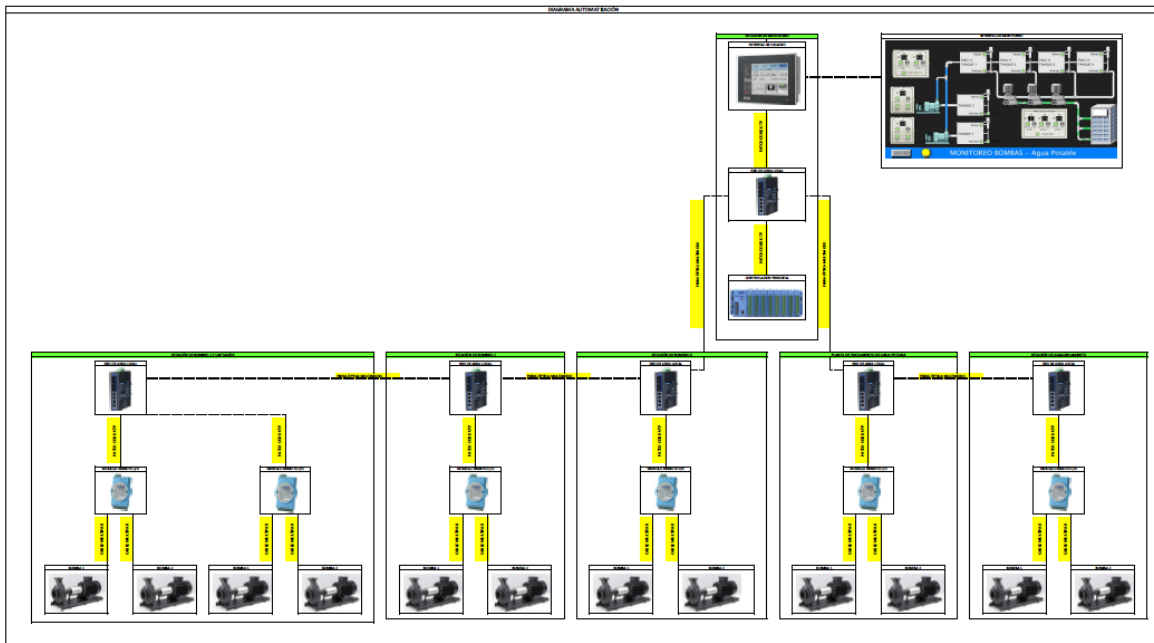


Imagen 6. Topología de Red (Propia)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3. Diseño del algoritmo de control:

Para la realización del algoritmo es necesario el pleno conocimiento del sistema, el requerimiento del usuario y la identificación de los equipos. Este sistema NO requiere un tipo de control muy preciso debido a que las variables del proceso soportan oscilaciones, por tal razón se realizó un control “ON - OFF” basado en operaciones lógicas, donde el elemento final de control son las bombas, las cuales se encienden y se apagan dependiendo las variables de entrada que miden el nivel de agua en los diferentes tanques. Los niveles en los tanques varían en los rangos de: Nivel bajo, Nivel alto y Nivel de rebose.

El usuario debe ser capaz de elegir el modo de funcionamiento (manual – automático) que desea para el sistema de captación y transporte. La programación rige cómo y cuándo se entra en un modo de operación u otro y, cómo y cuándo se desea salir; esto es de vital importancia para el correcto funcionamiento de la automatización del proceso. Esta tarea se desempeña a través de la variable declarada en la pantalla HMI y en el algoritmo KOP llamada “Modo\_Operación”.

El control del sistema de captación y transporte funciona de la siguiente manera: La bomba se enciende cuando detecta un nivel bajo de agua en los tanques, y se mantiene encendida hasta que el nivel de agua alcanza el “rebose”. Al bajar el nivel del agua en el tanque, la bomba no se vuelve a encender hasta que se garantice que llego al “nivel alto”, esto con el fin de evitar daños en los dispositivos debido a la oscilación extrema causada por el llenado del tanque, ya que si no se tuviera estos dos estados de nivel la oscilación extrema del agua en el nivel de rebose nos causaría el encendido y apagado involuntario de la bomba y como consecuencia su desgaste prematuro. Para el desarrollo de este control fue necesario realizar el diagrama de Petri que se presenta en la Imagen 7.

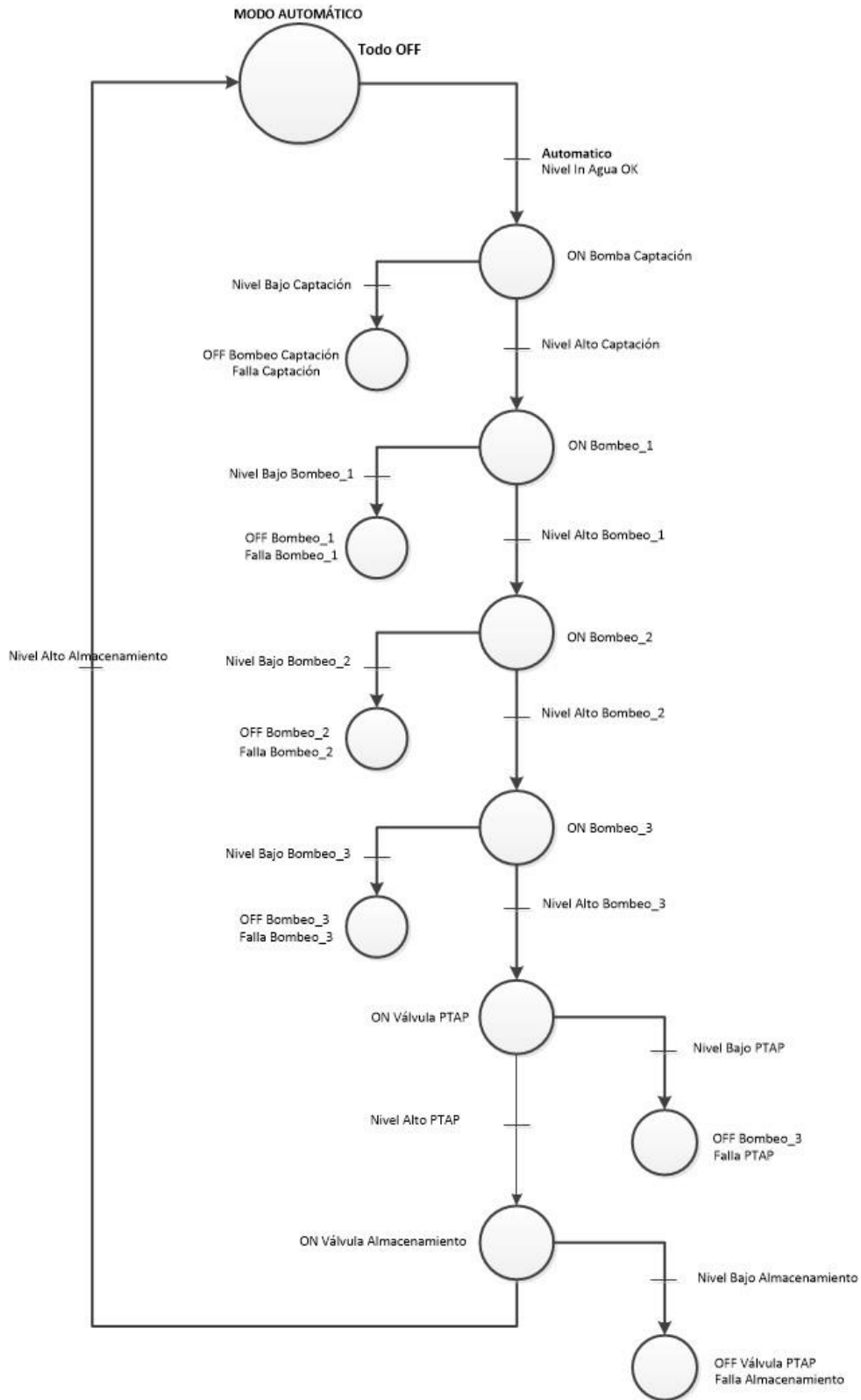
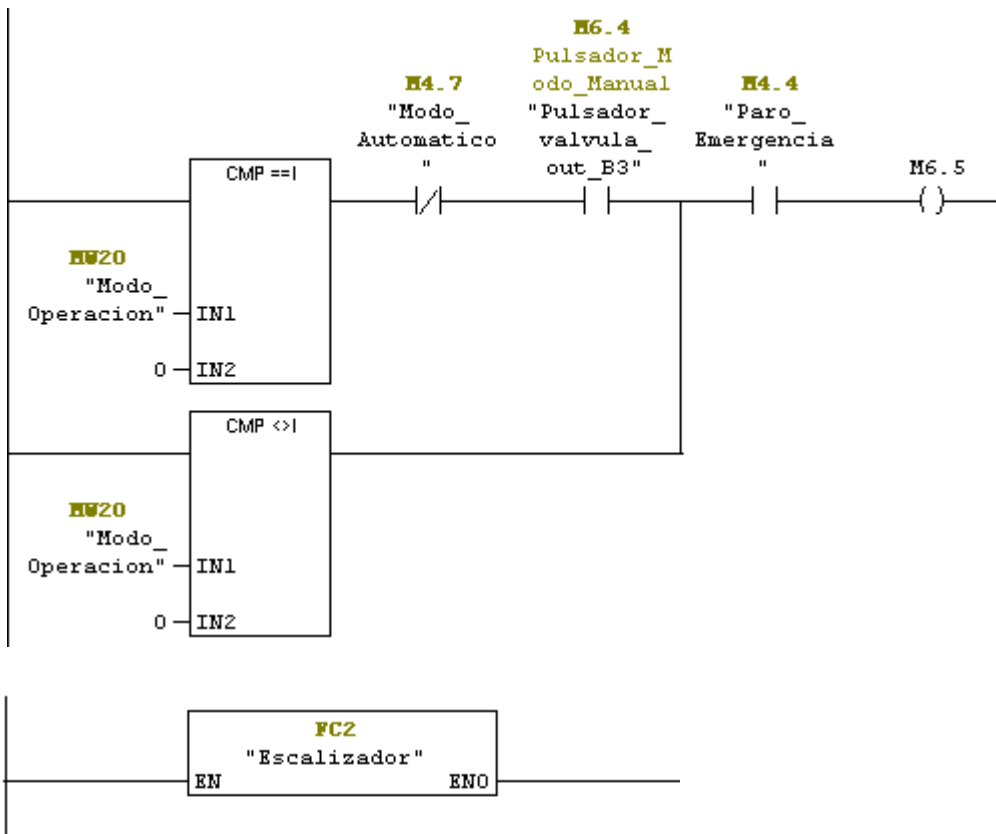


Imagen 7. Diagrama PETRI. (Propia)

Teniendo en cuenta el diagrama de Petri mostrado anteriormente se realizó el algoritmo que controla el sistema de captación y transporte de agua. Dicho algoritmo se diseñó en lenguaje KOP con la herramienta Step 7 de Siemens. En las Imágenes 8 a 10 se presentan algunos segmentos del algoritmo.



**Segm. 11: Captacion**

Comentario:

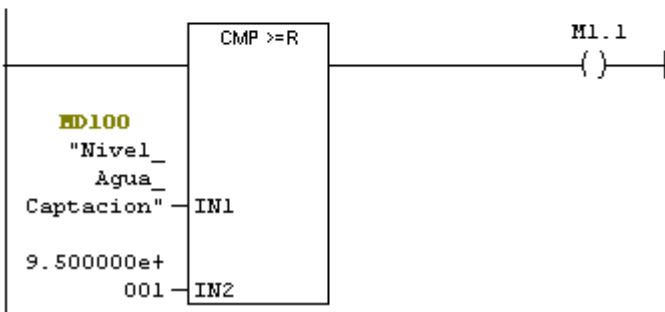
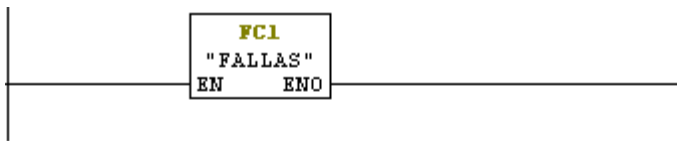


Imagen 8. Algoritmo lenguaje KOP. (Propia)



**Segm. 18** : Título:

Comentario:

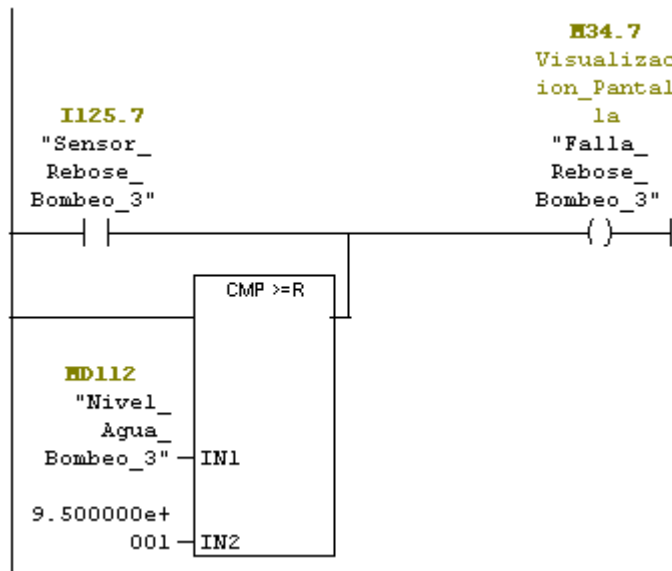
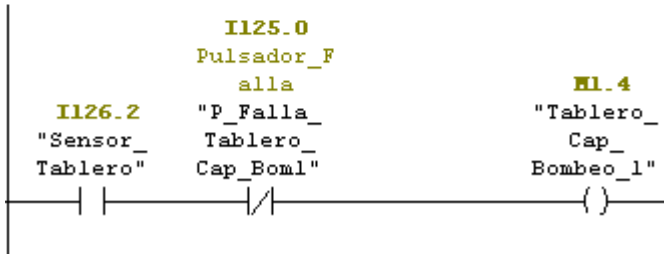


Imagen 9. Algoritmo lenguaje KOP. (Propia)

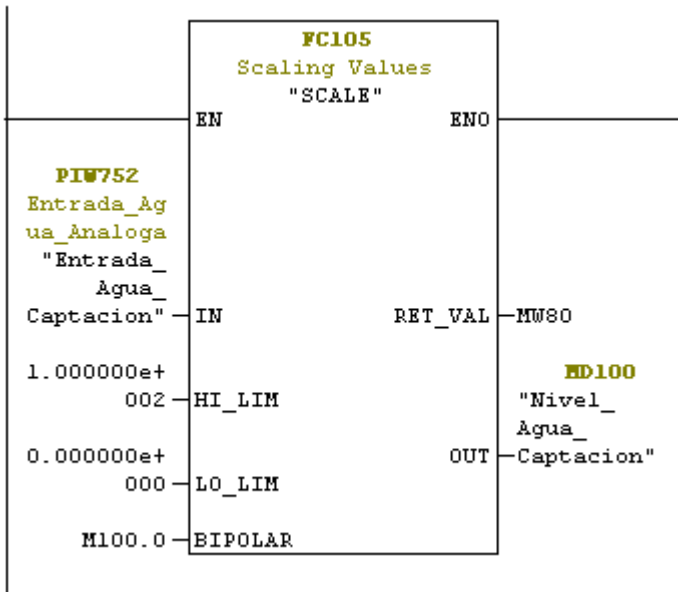


Imagen 10. Algoritmo lenguaje KOP. (Propia)

A continuación, se muestran los 2 tipos de operación (Manual – Automático) que se diseñó para el funcionamiento del sistema.

### Modo Manual

El sistema en modo manual se proporciona de manera directa por el usuario, esto se da por medio de los pulsadores configurados en cada uno de los subprocessos los cuales permiten prender o apagar cada uno de los elementos, además es el estado en el cual deberá estar por seguridad el proceso en el momento de realizar los mantenimientos.

### Modo Automático

El usuario dispone de la selección del modo automático en la pantalla HMI, esto permitirá la secuencia del sistema y la activación de los actuadores, esto se da siempre y cuando se garantice que están activos los sensores de tablero energizado, entrada de agua, de nivel



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

no alto en cada uno de los subprocesos, no se encuentre ninguna falla activa, no este activado el paro de emergencia. Con la finalidad de que el sistema sea más eficiente se diseñó el algoritmo para que funcione en modo paralelo-redundante, esto permite que en el momento de que una de las bombas presente fallas la otra continúe con el proceso dándole redundancia al sistema.

Para el desarrollo del algoritmo en el software Step 7 fue necesario agregar 2 módulos adicionales de entradas análogas con respecto a los que trae la CPU S7-300 por defecto, se crearon 108 variables, 1 bloque OB, 3 bloques FC y 6 bloques de escalización. En las Imágenes 11, 12 y 13 se presenta la tabla de variables que fueron usadas.

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

	Estado	Símbolo	Direcció <sup>Δ</sup>	Tipo de dato	Comentario
1		FALLAS	FC 1	FC 1	
2		Escalizador	FC 2	FC 2	
3		Automatico	FC 3	FC 3	
4		SCALE	FC 105	FC 105	Scaling Values
5		Pulsador_Falla_Cap_B1	I 124.0	BOOL	
6		Pulsador_Falla_Cap_B2	I 124.1	BOOL	
7		P_Falla_Bombeo1_B1	I 124.2	BOOL	Pulsador_Falla
8		P_Falla_Bombeo1_B2	I 124.3	BOOL	Pulsador_Falla
9		P_Falla_Bombeo2_B1	I 124.4	BOOL	Pulsador_Falla
10		P_Falla_Bombeo2_B2	I 124.5	BOOL	Pulsador_Falla
11		P_Falla_Bombeo3_B1	I 124.6	BOOL	Pulsador_Falla
12		P_Falla_Bombeo3_B2	I 124.7	BOOL	Pulsador_Falla
13		P_Falla_Tablero_Cap_Bom1	I 125.0	BOOL	Pulsador_Falla
14		P_Falla_Tablero_Bombeo2	I 125.2	BOOL	Pulsador_Falla
15		P_Falla_Tablero_Bombeo3	I 125.3	BOOL	Pulsador_Falla
16		Sensor_Rebose_Capta	I 125.4	BOOL	
17		Sensor_Rebose_Bombeo_1	I 125.5	BOOL	
18		Sensor_Rebose_Bombeo_2	I 125.6	BOOL	
19		Sensor_Rebose_Bombeo_3	I 125.7	BOOL	
20		Sensor_Rebose_Almac	I 126.0	BOOL	
21		Sensor_Rebose_PTAP	I 126.1	BOOL	
22		Sensor_Tablero	I 126.2	BOOL	
23		Marca_Inicio	M 0.0	BOOL	
24		Auto_Cap_B1	M 0.1	BOOL	
25		Auto_Cap_B2	M 0.2	BOOL	
26		Auto_Bom1_B1	M 0.3	BOOL	
27		Auto_Bom1_B2	M 0.4	BOOL	
28		Auto_Bom2_B1	M 0.5	BOOL	
29		Auto_Bom2_B2	M 0.6	BOOL	
30		Auto_Bom3_B1	M 0.7	BOOL	
31		Auto_Bom3_B2	M 1.0	BOOL	
32		Tablero_Cap_Bombeo_1	M 1.4	BOOL	
33		Tablero_Bombeo2	M 3.1	BOOL	

*Imagen 11. Listado de Variables (Propia)*

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

34	Tablero_Bombeo3	M	4.0	BOOL	
35	Fibra Optica	M	4.3	BOOL	PTAP
36	Paro_Emergencia	M	4.4	BOOL	
37	Modo_Automatico	M	4.7	BOOL	
38	Nivel_IN_Cap	M	5.1	BOOL	
39	Pulsador_Cap_B1	M	5.2	BOOL	Pulsador_Modo_Manual
40	Pulsador_Cap_B2	M	5.3	BOOL	Pulsador_Modo_Manual
41	Pulsador_Bombeo1_B1	M	5.4	BOOL	Pulsador_Modo_Manual
42	Pulsador_Bombeo1_B2	M	5.5	BOOL	Pulsador_Modo_Manual
43	Nivel_OUT_Cap	M	5.6	BOOL	
44	Nivel_OUT_Bombeo1	M	5.7	BOOL	
45	Pulsador_Bombeo2_B1	M	6.0	BOOL	Pulsador_Modo_Manual
46	Pulsador_Bombeo2_B2	M	6.1	BOOL	Pulsador_Modo_Manual
47	Nivel_OUT_Bombeo2	M	6.2	BOOL	
48	Pulsador_Bombeo3_B1	M	6.3	BOOL	Pulsador_Modo_Manual
49	Pulsador_valvula_out_B3	M	6.4	BOOL	Pulsador_Modo_Manual
50	Pulsador_Bombeo3_B2	M	6.6	BOOL	Pulsador_Modo_Manual
51	Start	M	7.0	BOOL	
52	Reset	M	7.1	BOOL	
53	Falla_Tablero_No_Energ_C	M	34.0	BOOL	Visualizacion_Pantalla
54	Falla_Table_No_Energ_Bo2	M	34.2	BOOL	Visualizacion_Pantalla
55	Falla_Table_No_Energ_Bo3	M	34.3	BOOL	Visualizacion_Pantalla
56	Falla_Rebose_Captacion	M	34.4	BOOL	Visualizacion_Pantalla
57	Falla_Rebose_Bombeo_1	M	34.5	BOOL	Visualizacion_Pantalla
58	Falla_Rebose_Bombeo_2	M	34.6	BOOL	Visualizacion_Pantalla
59	Falla_Rebose_Bombeo_3	M	34.7	BOOL	Visualizacion_Pantalla
60	Falla_Bomba_B1_Captacion	M	35.0	BOOL	Visualizacion_Pantalla
61	Falla_Bomba_B2_Captacion	M	35.1	BOOL	Visualizacion_Pantalla
62	Falla_Bomba_B1_Bombeo_1	M	35.2	BOOL	Visualizacion_Pantalla
63	Falla_Bomba_B2_Bombeo_1	M	35.3	BOOL	Visualizacion_Pantalla
64	Falla_Bomba_B1_Bombeo_2	M	35.4	BOOL	Visualizacion_Pantalla
65	Falla_Bomba_B2_Bombeo_2	M	35.5	BOOL	Visualizacion_Pantalla
66	Falla_Bomba_B1_Bombeo_3	M	35.6	BOOL	Visualizacion_Pantalla

*Imagen 12. Listado de Variables (Propia)*

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

67	Falla_Bomba_B2_Bombeo_3	M	35.7	BOOL	Visualizacion_Pantalla
68	Nivel_Bajo_Bombeo_2	M	36.0	BOOL	Monitoreo de fugas en tuberías
69	Nivel_Alto_Bombeo_2	M	36.1	BOOL	Para Apagado Bombeo 1
70	Nivel_Bajo_Bombeo_3	M	36.2	BOOL	Monitoreo de fugas en tuberías
71	Nivel_Alto_Bombeo_3	M	36.3	BOOL	Para Apagado Bombeo 2
72	Nivel_Bajo_PTAP	M	36.4	BOOL	Visualizacion_Pantalla
73	Nivel_Alto_PTAP	M	36.5	BOOL	Visualizacion_Pantalla
74	Falla_Rebose_Almacen	M	37.0	BOOL	Visualizacion_Pantalla
75	Falla_Rebose_PTAP	M	37.1	BOOL	Visualizacion_Pantalla
76	Nivel_Alto_Almacenam	M	37.2	BOOL	Almacenamiento
77	Nivel_Bajo_Almacenam	M	37.3	BOOL	
78	Nivel_Bajo_Captacion	M	37.4	BOOL	
79	Nivel_Alto_Captacion	M	37.5	BOOL	
80	Nivel_Bajo_Bombeo_1	M	37.6	BOOL	Monitoreo de fugas en tuberías
81	Nivel_Alto_Bombeo_1	M	37.7	BOOL	
82	Nivel_Agua_Captacion	MD	100	REAL	
83	Nivel_Agua_Bombeo_1	MD	104	REAL	
84	Nivel_Agua_Bombeo_2	MD	108	REAL	
85	Nivel_Agua_Bombeo_3	MD	112	REAL	
86	Nivel_Agua_Almacenam	MD	116	REAL	
87	Nivel_Agua_PTAP	MD	120	REAL	
88	Modo_Operacion	M/W	20	INT	
89	Textos_Alarmas	M/W	34	WORD	Textos_Alarmas
90	Textos_Alarmas_2	M/W	36	WORD	Textos_Alarmas_Alertas
91	Agua	M/W	40	WORD	
92	Cycle Execution	OB	1	OB 1	
93	Entrada_Agua_PTAP	PIW	272	INT	Entrada_Agua_Analoga
94	Entrada_Agua_Captacion	PIW	752	INT	Entrada_Agua_Analoga
95	Entrada_Agua_Bombeo_1	PIW	754	INT	Entrada_Agua_Analoga
96	Entrada_Agua_Bombeo_2	PIW	756	INT	Entrada_Agua_Analoga
97	Entrada_Agua_Bombeo_3	PIW	758	INT	Entrada_Agua_Analoga
98	Entrada_Agua_Almacene	PIW	760	INT	Entrada_Agua_Analoga
99	Operacion_Bombeo3_B2	Q	124.0	BOOL	Bombeo_3
100	Operacion_Cap_B1	Q	124.1	BOOL	Captacion
101	Operacion_Cap_B2	Q	124.2	BOOL	Captacion
102	Operacion_Bombeo1_B1	Q	124.3	BOOL	Bombeo_1
103	Operacion_Bombeo1_B2	Q	124.4	BOOL	Bombeo_1
104	Operacion_Bombeo2_B1	Q	124.5	BOOL	Bombeo_2
105	Operacion_Bombeo2_B2	Q	124.6	BOOL	Bombeo_2
106	Operacion_Bombeo3_B1	Q	124.7	BOOL	Bombeo_3
107	Valvula_IN_Almacenam	Q	125.0	BOOL	Valvula_Alimentacion_Almacenamiento
108	Valvula_IN_PTAP	Q	125.1	BOOL	Valvula_Alimentacion_PTAP
109					

Imagen 13. Listado de Variables (Propia)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### Equipos que requiere el sistema

**PLC Maestro:** Control Universal Siemens **SIMATIC S7-300** (Imagen 14). Es el PLC principal el cual tiene el mando de la automatización para el sistema de forma centralizada y se ubica en la etapa de bombeo 3, capta las señales de los 3 módulos remotos de periferia descentralizada los cuales validan el funcionamiento de los sensores ya sea de las bombas, de los tableros eléctricos y de los tanques, además permite la conexión con la pantalla HMI.



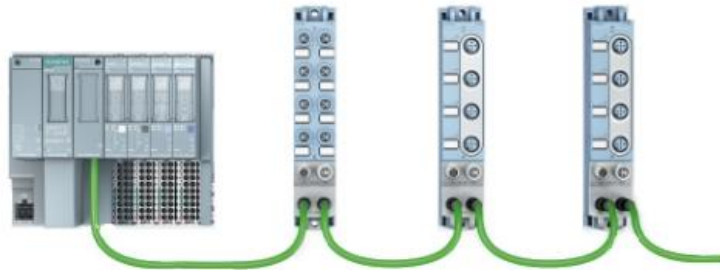
*Imagen 14. Controlador Siemens S7-300 (Siemens , 2005)*

**Estación HMI:** Pantalla **SIEMENS MP 277 8" TOUCH** (Imagen 15). Es la interfaz (Scada) asistida por ordenador la cual permite una mejor visualización e interacción entre el sistema y el usuario, facilitando la pronta identificación de las fallas y del estado actual. Esta se encuentra ubicada en la etapa de bombeo 3.



*Imagen 15. Estación HMI MP 277 8" Touch (Siemens , 2002)*

**Módulos de periferia descentralizada (Esclavos):** Controlador **SIEMENS ET200** (Imagen 16). Están ubicados en las etapas de captación, bombeo 1 y 2, estos dispositivos reciben las señales de los sensores de las bombas, de los tableros eléctricos y de los niveles de los tanques, dichos módulos permiten la interconexión de los procesos y el PLC maestro.



*Imagen 16. Controlador Siemens ET200. (Siemens , 2007)*

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Switch Ethernet:** Conmutador de Ethernet administrable **SIEMENS RS940G** (Imagen 17). Es el estándar de red para campo abierto, el cual genera la red de área local para la interconexión de los diferentes dispositivos.



*Imagen 17. Switch Ethernet RS940G. (Siemens , 2010)*

### 1. Diseño de la interfaz HMI:

Con la ayuda de la herramienta WinCC Flexible se creó una interfaz asistida por ordenador que permite la interacción hombre-máquina a pie de proceso, para proporcionar al usuario una visualización más clara de las variables. La pantalla HMI esta comunicada con el PLC maestro facilitando la lectura de la información de los diferentes estados y de las alertas del sistema obteniendo el estado actual de las variables que conforman la estructura, de manera que el usuario pueda intervenir el proceso en tiempo real.

Con las Imágenes 18 a 19 se presenta la configuración inicial en WinCC del panel Siemens de 8" Touch que se eligió para la interacción y monitoreo del sistema.

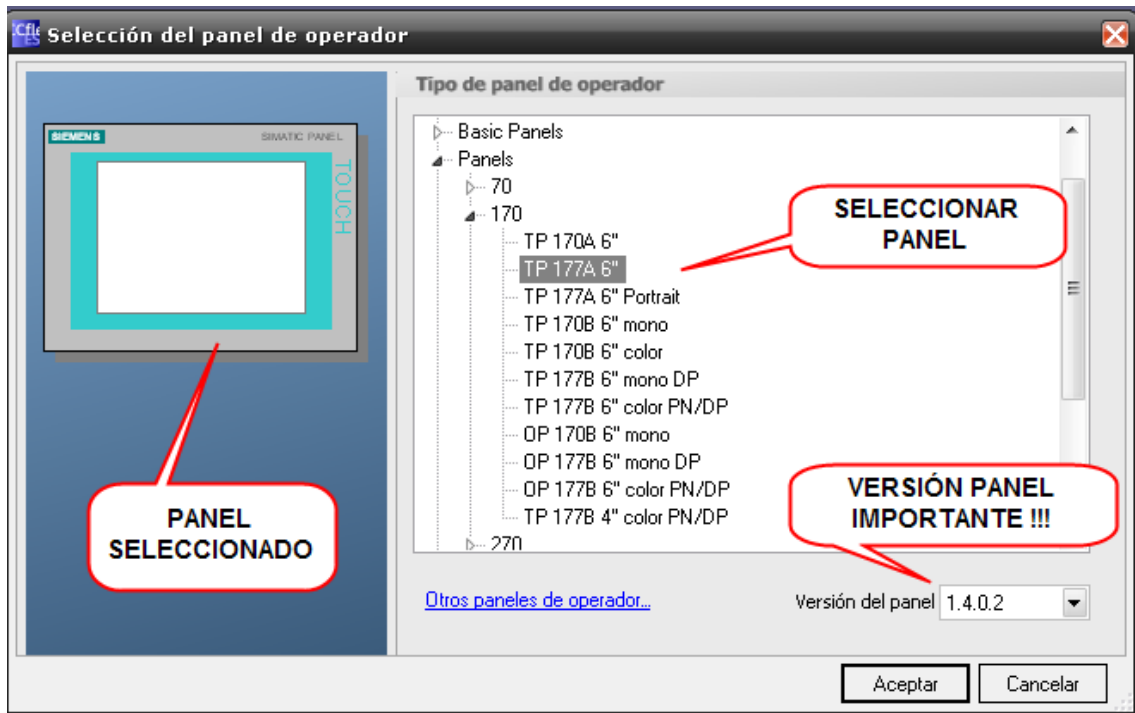


Imagen 18. Configuración Inicial de HMI (Siemens , 2010)

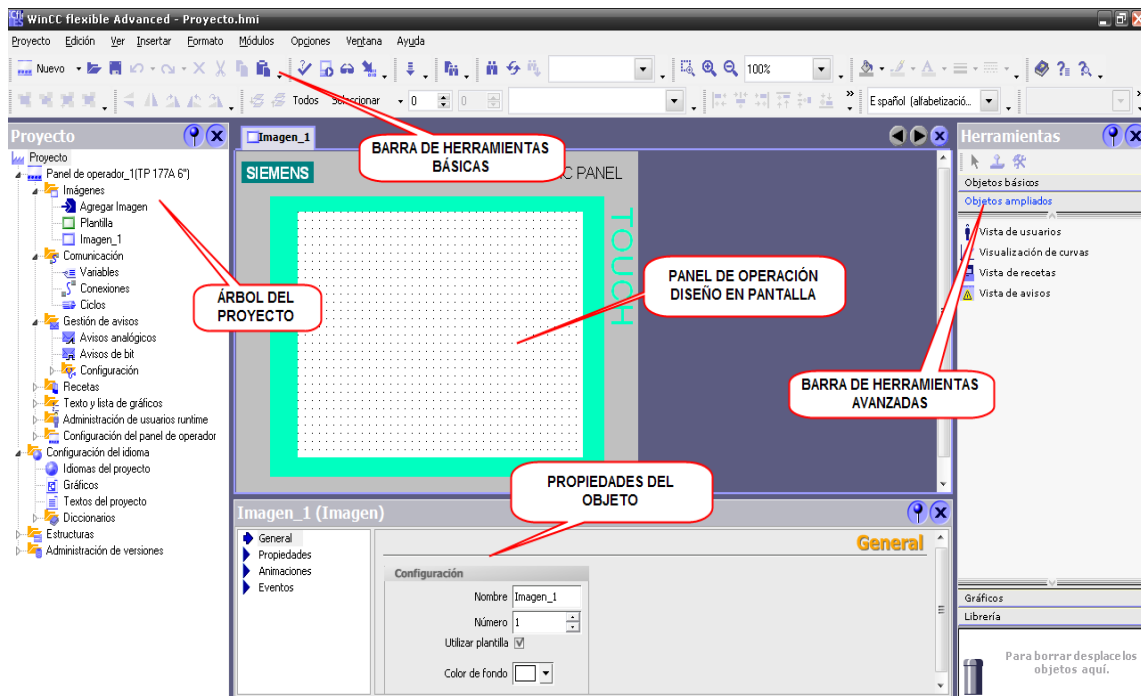


Imagen 19. Configuración Inicial de HMI. (Siemens , 2010)



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

En las Imágenes 20 a 21 se presenta la forma en que se seleccionaron los diferentes elementos que integran la pantalla tales como: pulsadores, válvulas, bombas, pilotos, tanques de almacenamiento, etc.

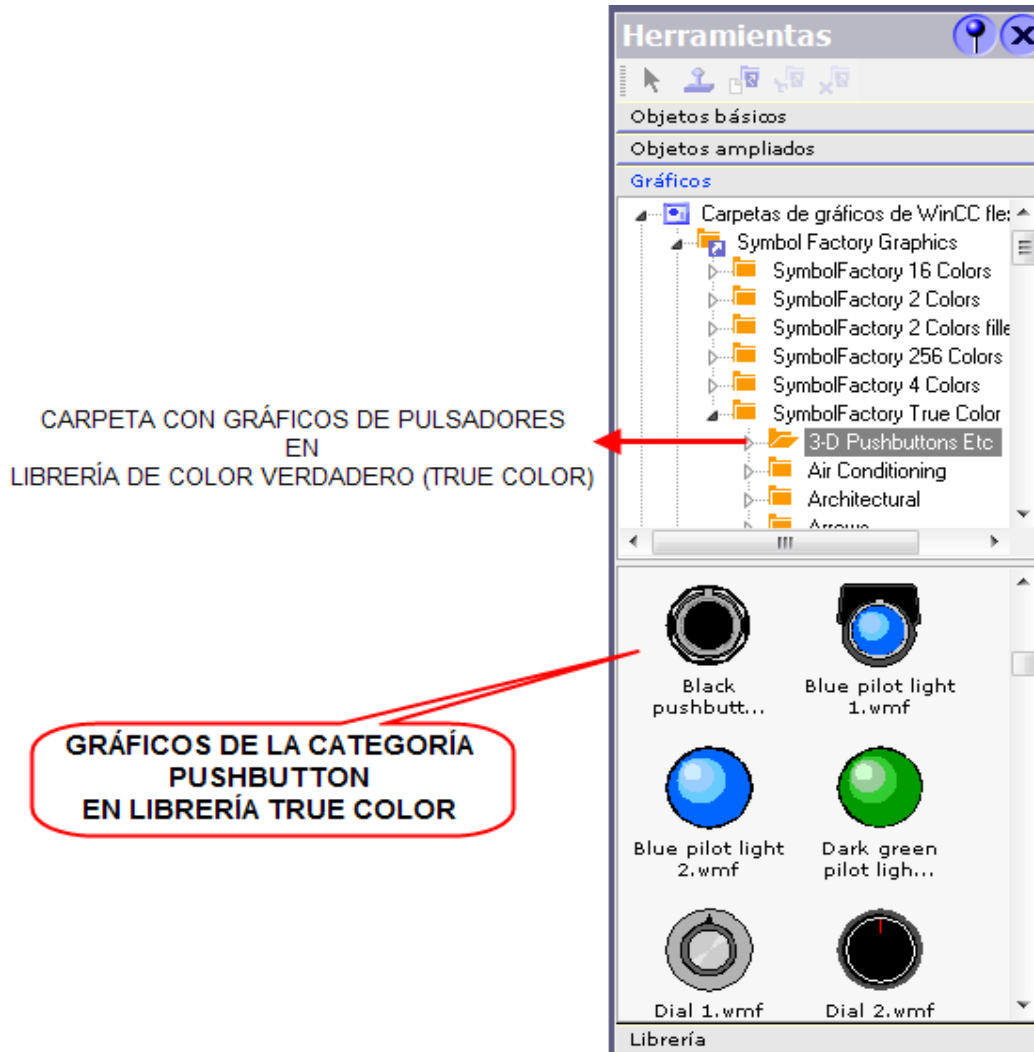


Imagen 20. Configuración de HMI con asistente (Siemens , 2010)

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

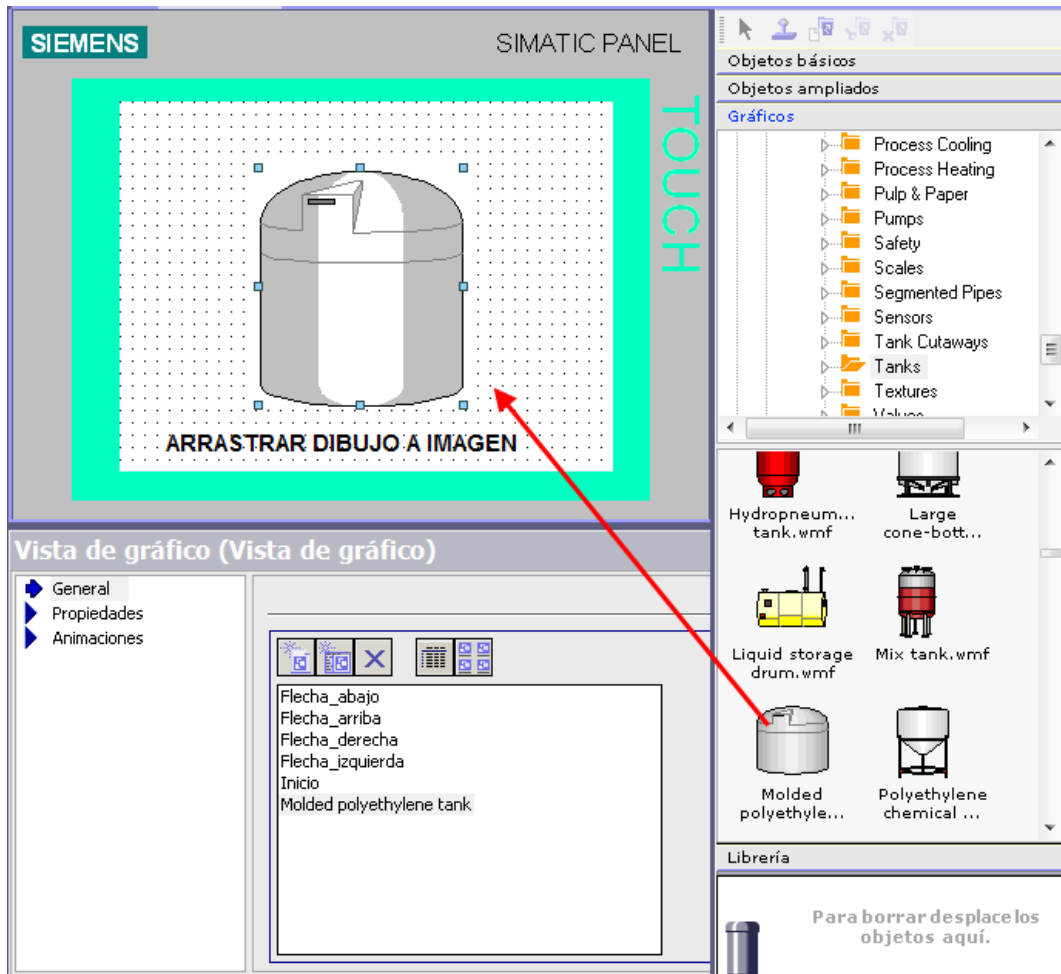


Imagen 21. Configuración de HMI con asistente. (Siemens , 2010)

Con la interfaz finalizada se realizó la conexión entre la pantalla y el PLC lo cual se presenta en la Imagen 22, con el fin de enlazar las variables usadas en la programación del KOP con las variables locales de la pantalla.

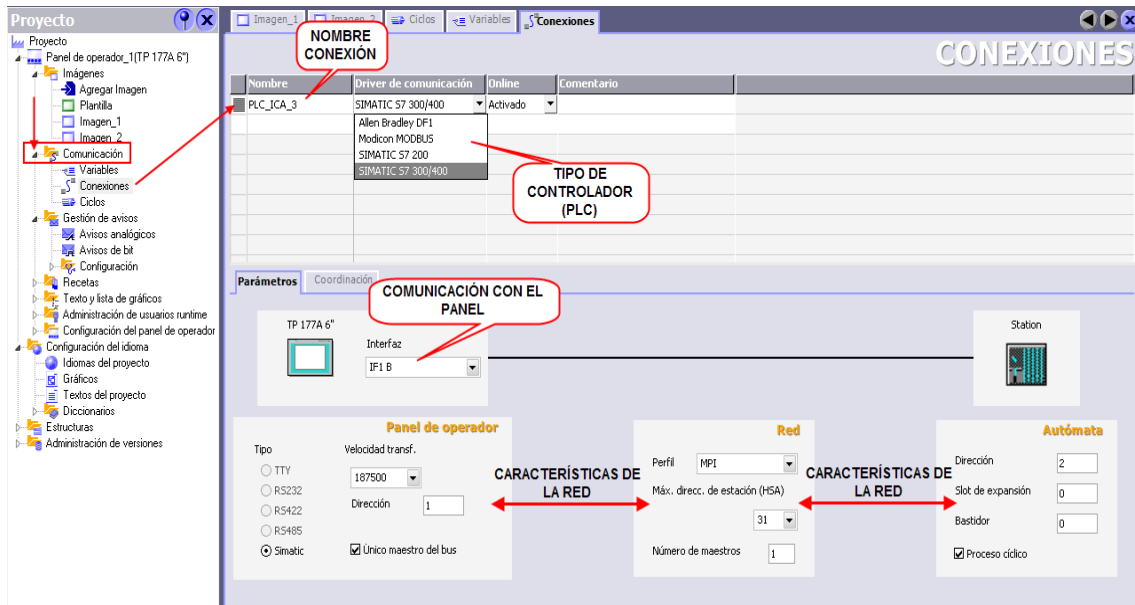


Imagen 22. Configuración de Step 7 y Wincc. (Siemens , 2010)

Con el siguiente grupo de Imágenes se muestra la interfaz de usuario y todos los subprocessos (Captación – Bombeo 1, 2 y 3 – Ptap – Almacenamiento y Bitácora de Eventos)

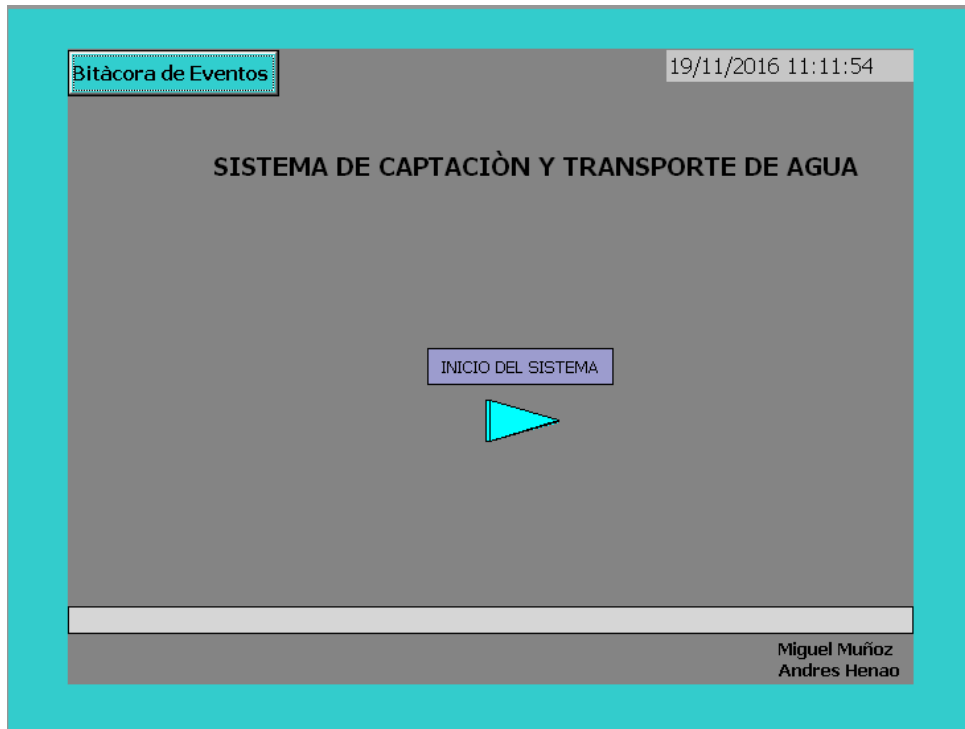


Imagen 23. Inicio del Sistema Pantalla HMI. (Propia)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

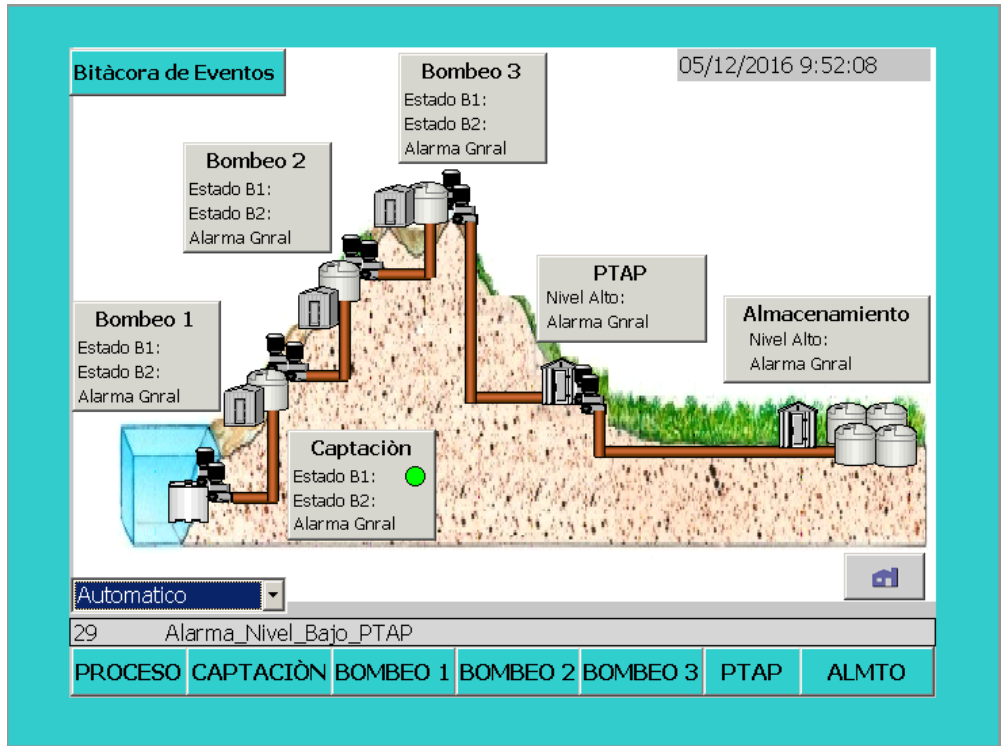


Imagen 24. Pantalla HMI - Modo Operación (Propia)

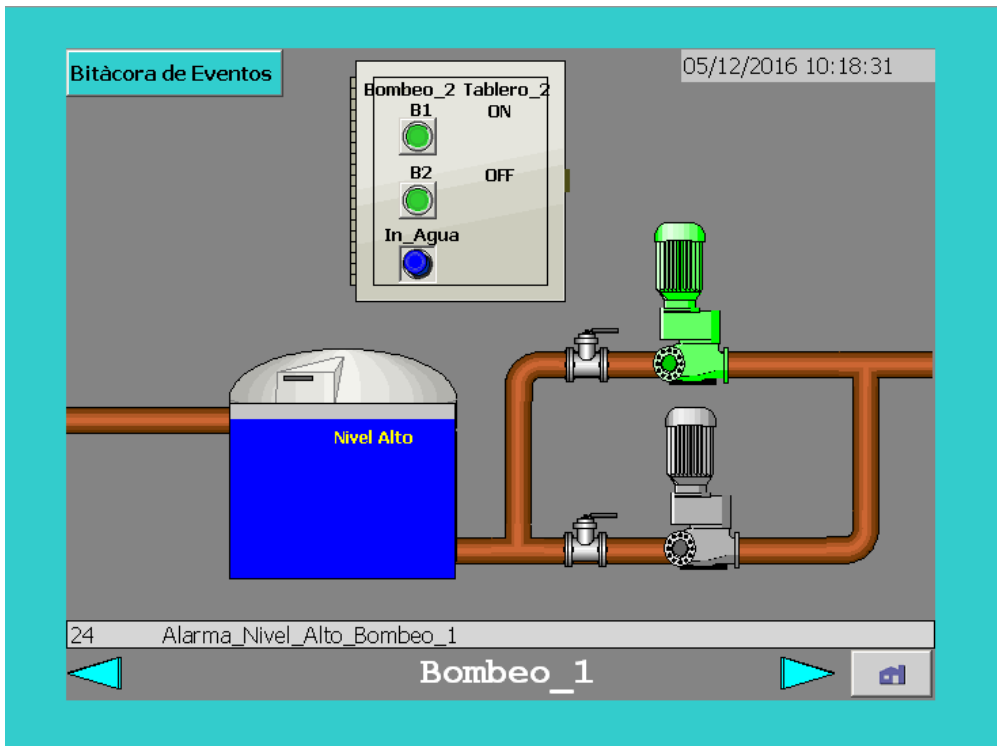
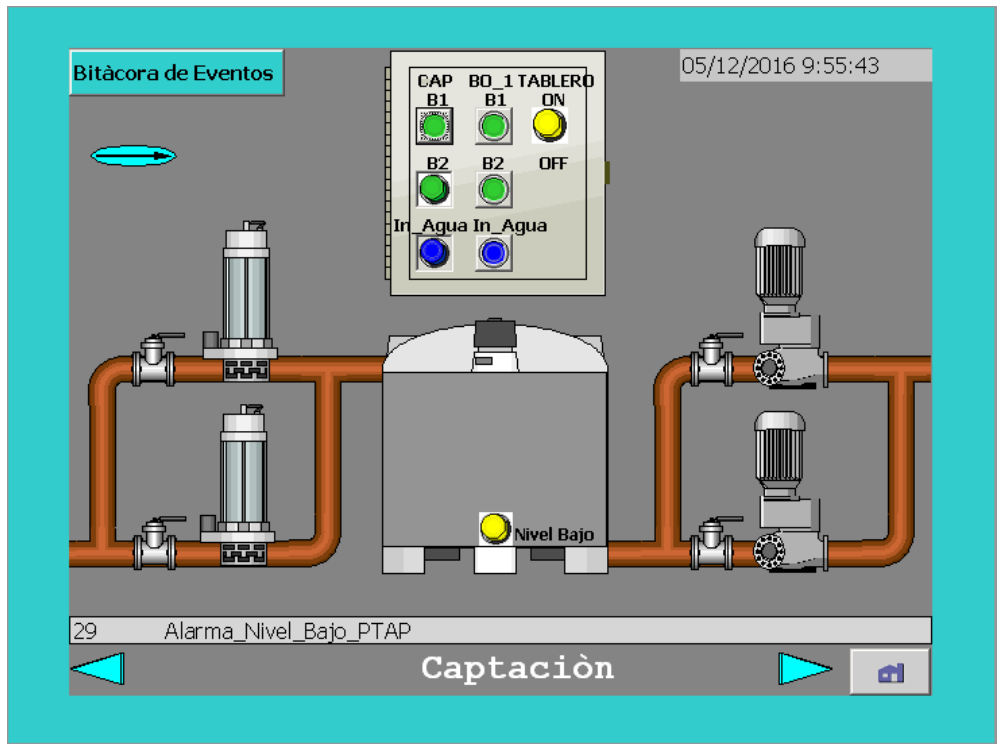


Imagen 25. Pantalla HMI – Subproceso Captación – Bombeo\_1. (Propia)

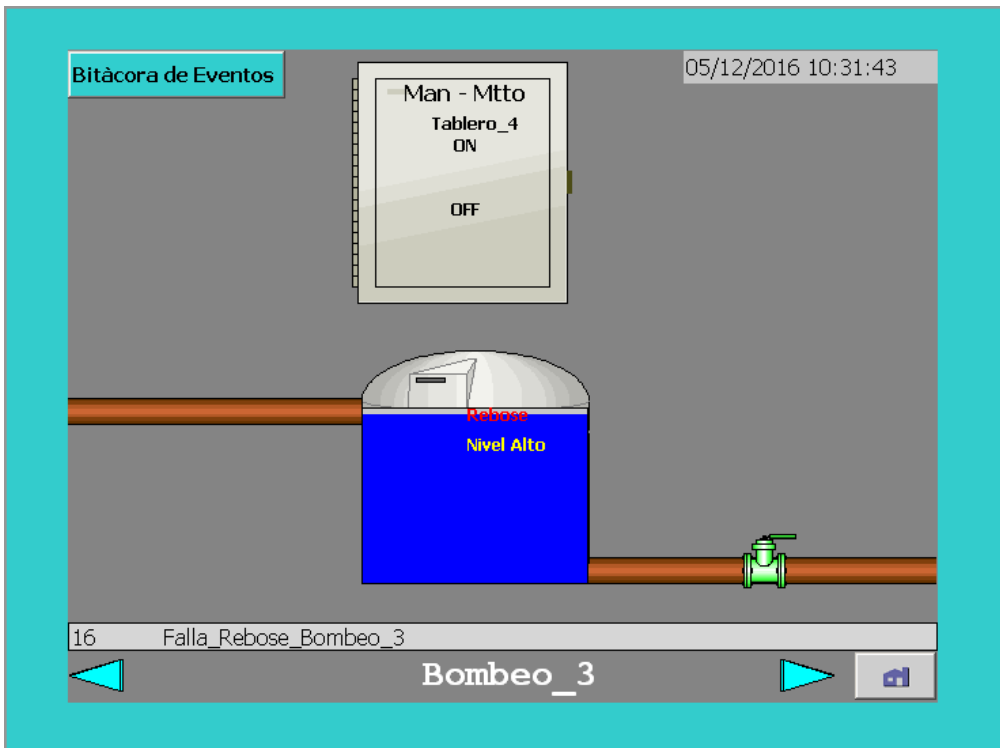
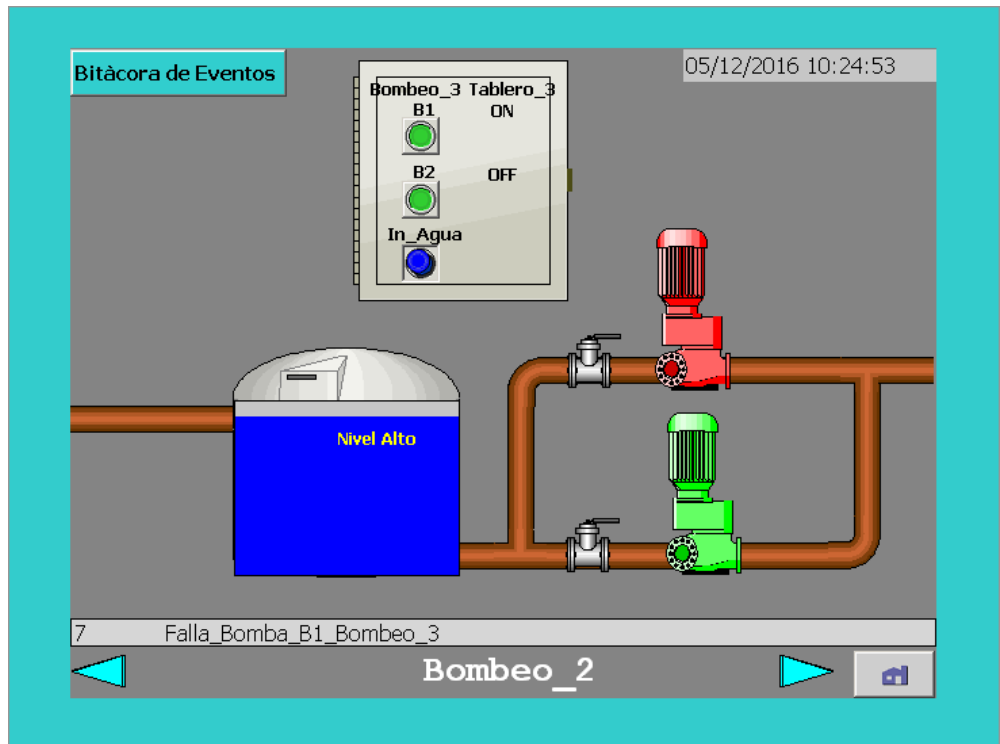


Imagen 26. Pantalla HMI – Subprocesos Bombeo\_2 y 3. (Propia)

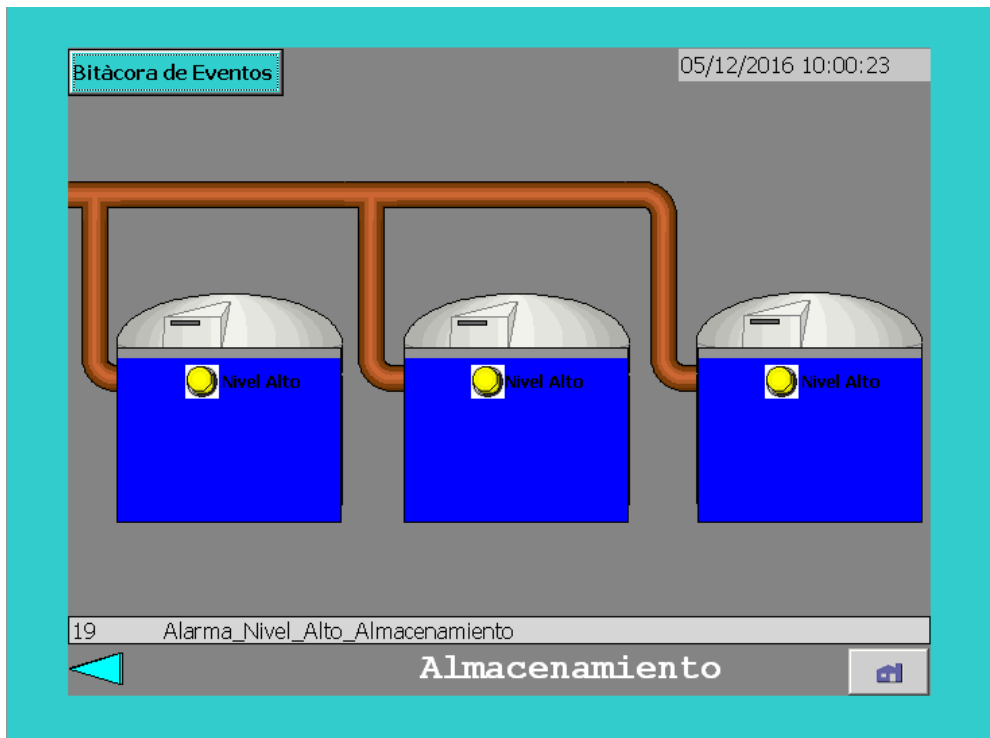
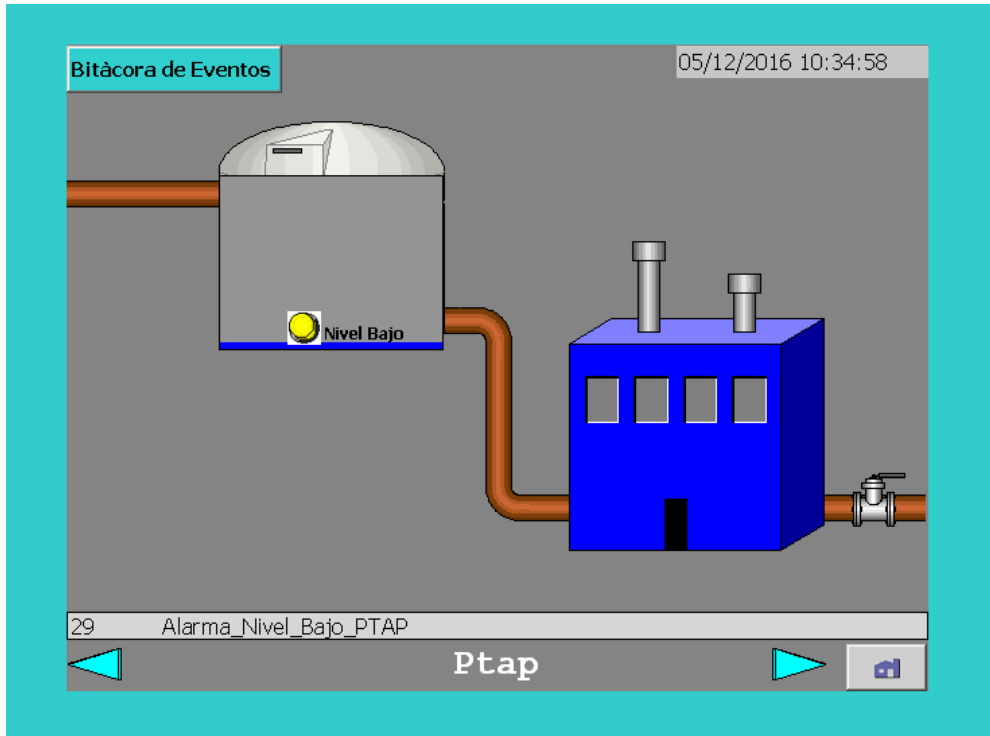
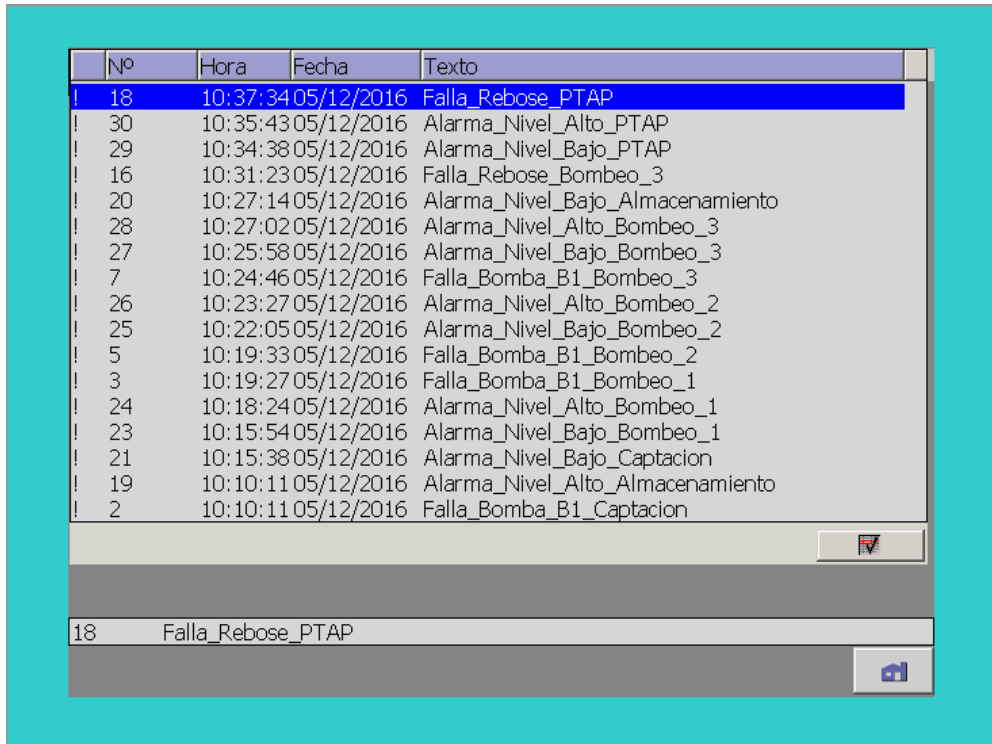


Imagen 27. Pantalla HMI - Subprocesos Ptap y Almacenamiento. (Propia)



Nº	Hora	Fecha	Texto
18	10:37:34	05/12/2016	Falla_Rebose_PTAP
30	10:35:43	05/12/2016	Alarma_Nivel_Alto_PTAP
29	10:34:38	05/12/2016	Alarma_Nivel_Bajo_PTAP
16	10:31:23	05/12/2016	Falla_Rebose_Bombeo_3
20	10:27:14	05/12/2016	Alarma_Nivel_Bajo_Almacenamiento
28	10:27:02	05/12/2016	Alarma_Nivel_Alto_Bombeo_3
27	10:25:58	05/12/2016	Alarma_Nivel_Bajo_Bombeo_3
7	10:24:46	05/12/2016	Falla_Bomba_B1_Bombeo_3
26	10:23:27	05/12/2016	Alarma_Nivel_Alto_Bombeo_2
25	10:22:05	05/12/2016	Alarma_Nivel_Bajo_Bombeo_2
5	10:19:33	05/12/2016	Falla_Bomba_B1_Bombeo_2
3	10:19:27	05/12/2016	Falla_Bomba_B1_Bombeo_1
24	10:18:24	05/12/2016	Alarma_Nivel_Alto_Bombeo_1
23	10:15:54	05/12/2016	Alarma_Nivel_Bajo_Bombeo_1
21	10:15:38	05/12/2016	Alarma_Nivel_Bajo_Captacion
19	10:10:11	05/12/2016	Alarma_Nivel_Alto_Almacenamiento
2	10:10:11	05/12/2016	Falla_Bomba_B1_Captacion

Imagen 28. Pantalla HMI – Bitácora de Eventos (Propia)



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## **2. Verificación del funcionamiento del sistema:**

La simulación permite la validación del sistema en general y su respectivo funcionamiento a través de la configuración y la unificación de los softwares Simatic STEP 7 y WinCC Flexible en los que se crearon el algoritmo de control y la interfaz de usuario respectivamente. Para la organización de este y para la fácil manipulación se creó un bloque de operación del modo automático, otro bloque para la operación manual, otro de fallas y por último los bloques de escalización para los niveles en los tanques.

Para verificar la simulación fue necesario asumir los sensores de entrada de agua en los subprocesos, sensores de tableros energizados, fallas en los dispositivos, alarmas de nivel bajo, alto y rebose en los tanques, paro de emergencia y alterar los valores de las entradas análogas que a través de los bloques de escalización convierten de valor PLC a litros de agua que se almacenan en los tanques de distribución.

Se realizaron varias simulaciones para el modo de operación tanto manual como para el modo automático, debido a las diferentes variables que se controlaron y a los errores que cada uno generaban.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

El trabajo que se realizó es la automatización completa de todas las funciones del proceso de captación y transporte de agua en el condominio Sierra Verde el cual vigila y toma decisiones del sistema. El operador está excluido de la automatización de manera directa en el modo automático, pero tiene la posibilidad de operarlo en modo manual permitiendo su interacción.

La etapa final del proyecto comprende su respectiva validación después de unificar el algoritmo de control y la interfaz de usuario para evaluar su respectivo comportamiento y visualizar las variables controladas. En las Imágenes 29 a 35 se muestra el resultado final, siendo este lo esperado tanto de la interfaz de usuario como el algoritmo de control.

**Sistema de Captación, se controlaron las siguientes variables:**

Operación bomba 1

Operación bomba 2

Falla bomba 1

Falla bomba 2

Tablero energizado

Nivel bajo (Monitoreo de fugas en tuberías)

Control para apagado de captación según nivel alto de bombeo 1

Rebose

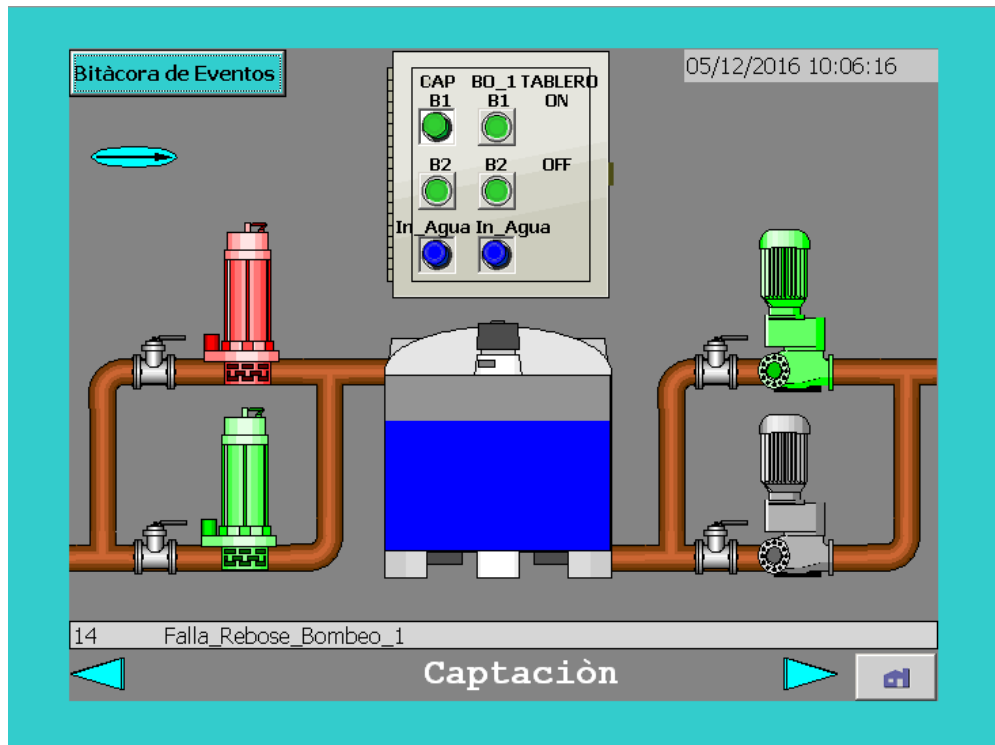
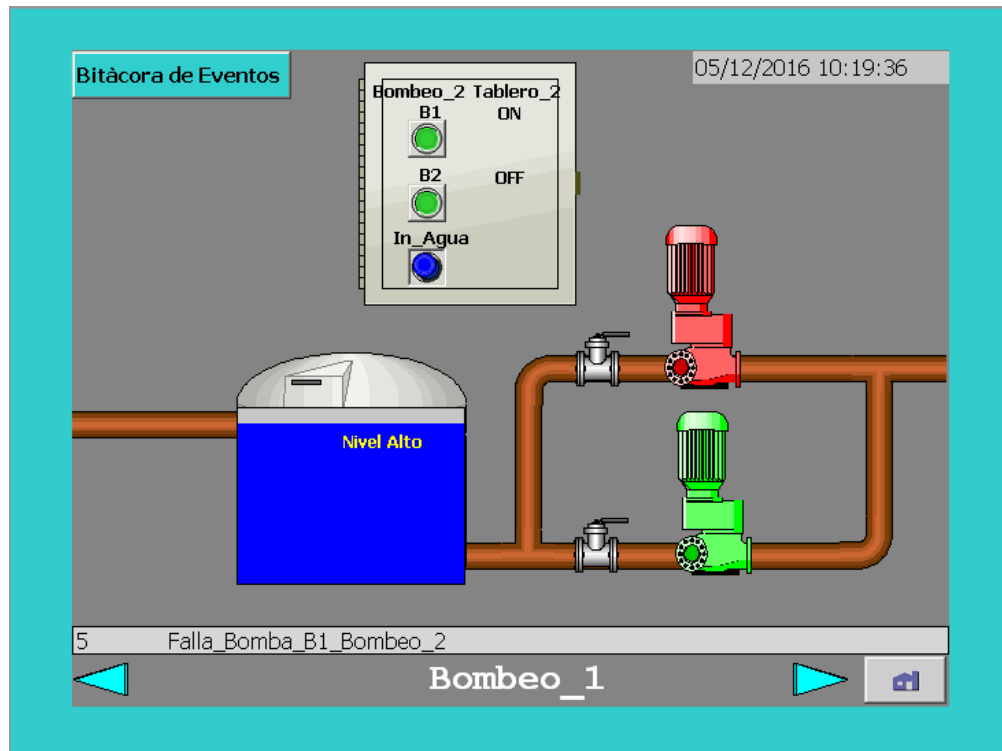


Imagen 29. Interfaz de Usuario para el Sistema de Captación y Transporte de agua. (Propia)

**Sistema de Bombeo 1, se controlaron las siguientes variables:**

- Operación bomba 1
- Operación bomba 2
- Falla bomba 1
- Falla bomba 2
- Tablero energizado
- Rebose
- Nivel bajo (Monitoreo de fugas en tuberías)
- Control para apagado de bombeo 1 según nivel alto de bombeo 2

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



*Imagen 30. Interfaz de Usuario para el Sistema de Captación y Transporte de agua. (Propia)*

**Sistema de Bombeo 2, se controlaron las siguientes variables:**

Operación bomba 1

Operación bomba 2

Falla bomba 1

Falla bomba 2

Tablero energizado

Rebose

Nivel bajo (monitoreo de fugas en tuberías)

Nivel alto (Para apagado de bombeo 1)

Control para apagado de bombeo 2 según nivel alto de bombeo 3

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

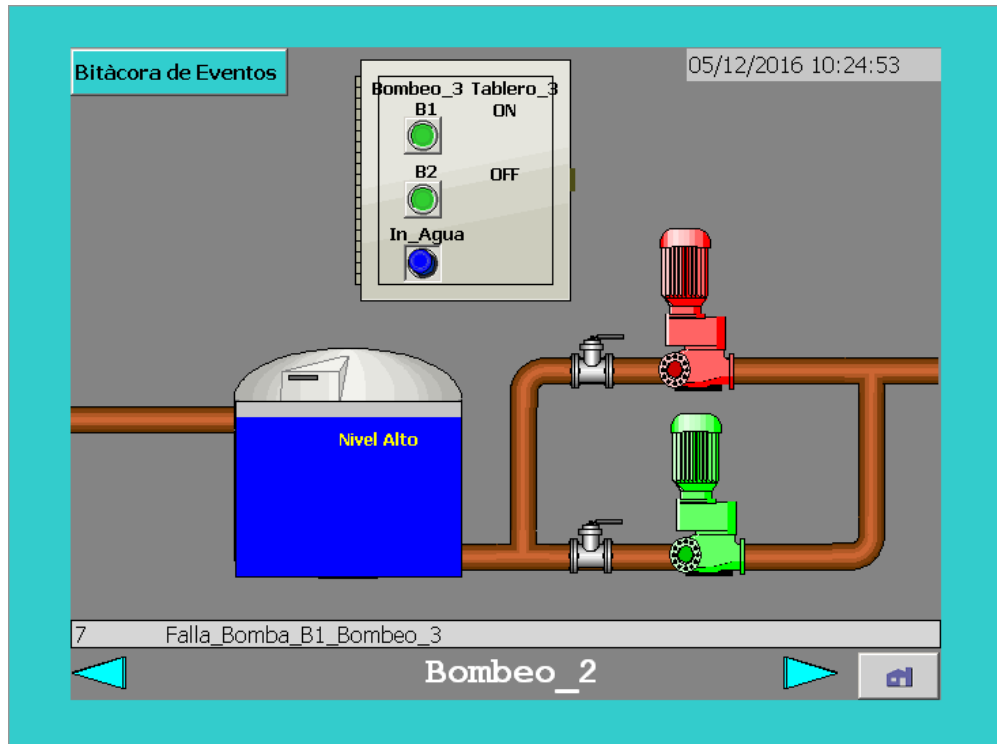
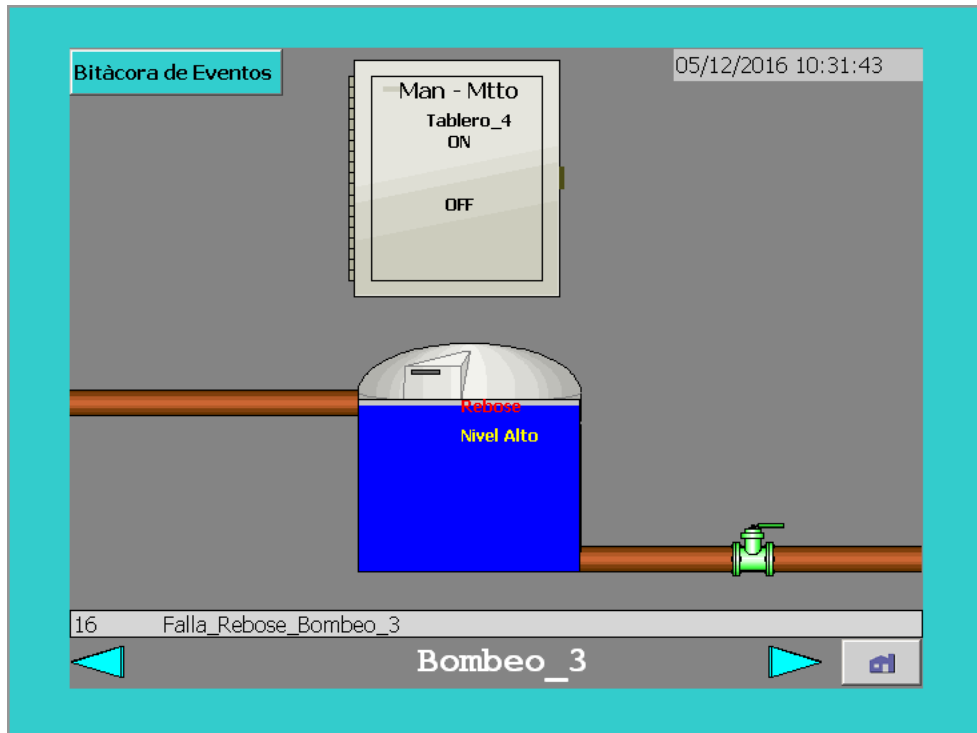


Imagen 31. Interfaz de Usuario para el Sistema de Captación y Transporte de agua. (Propia)

**Sistema de Bombeo 3, se controlaron las siguientes variables:**

- Operación bomba 1
- Operación bomba 2
- Falla bomba 1
- Falla bomba 2
- Tablero energizado
- Rebose
- Nivel bajo (monitoreo de fugas en tuberías)
- Nivel alto (Para apagado de bombeo 2)
- Control para apagado de bombeo 3 según nivel alto de PTAP

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



*Imagen 32. Interfaz de Usuario para el Sistema de Captación y Transporte de agua. (Propia)*

**Sistema de PTAP, se controlaron las siguientes variables:**

Switch de Fibra Óptica

Rebose

Nivel bajo (monitoreo de fugas en tuberías)

Nivel alto (Para apagado de bombeo 3)

Control para apagado de bombeo 3 según nivel alto de almacenamiento

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

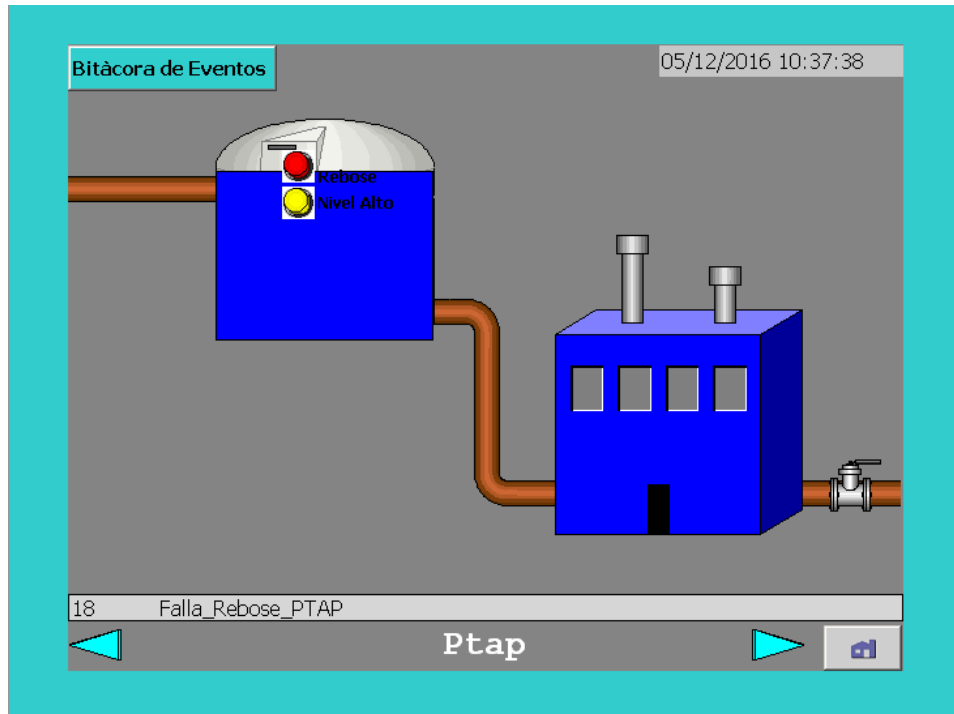


Imagen 33. Interfaz de Usuario para el Sistema de Captación y Transporte de agua. (Propia)

**Sistema de Almacenamiento, se controlaron las siguientes variables:**

Monitoreo Nivel

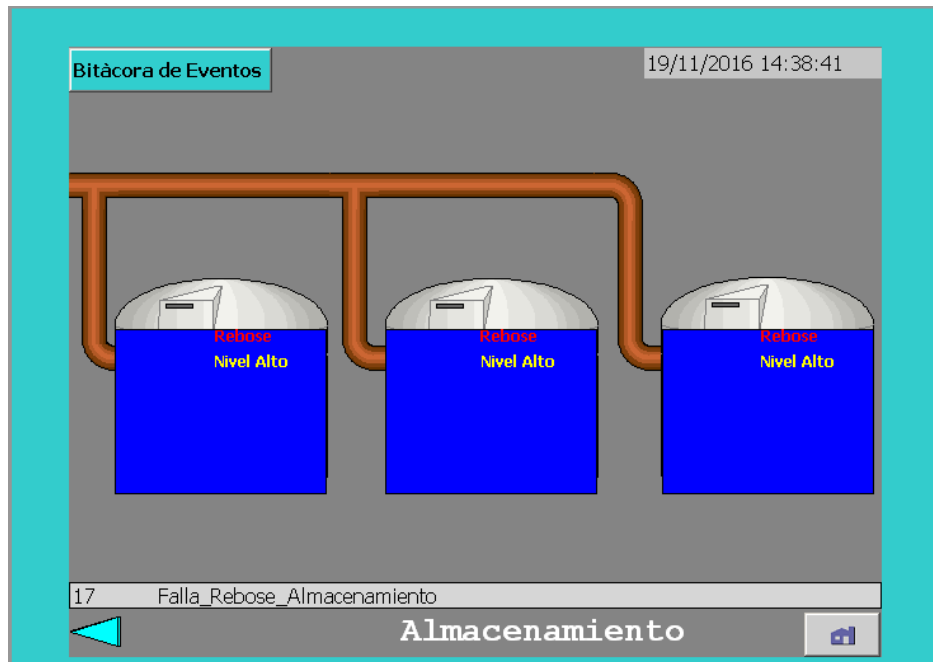


Imagen 34. Interfaz de Usuario para el Sistema de Captación y Transporte de agua. (Propia)

### Bitácora de Eventos del sistema en general

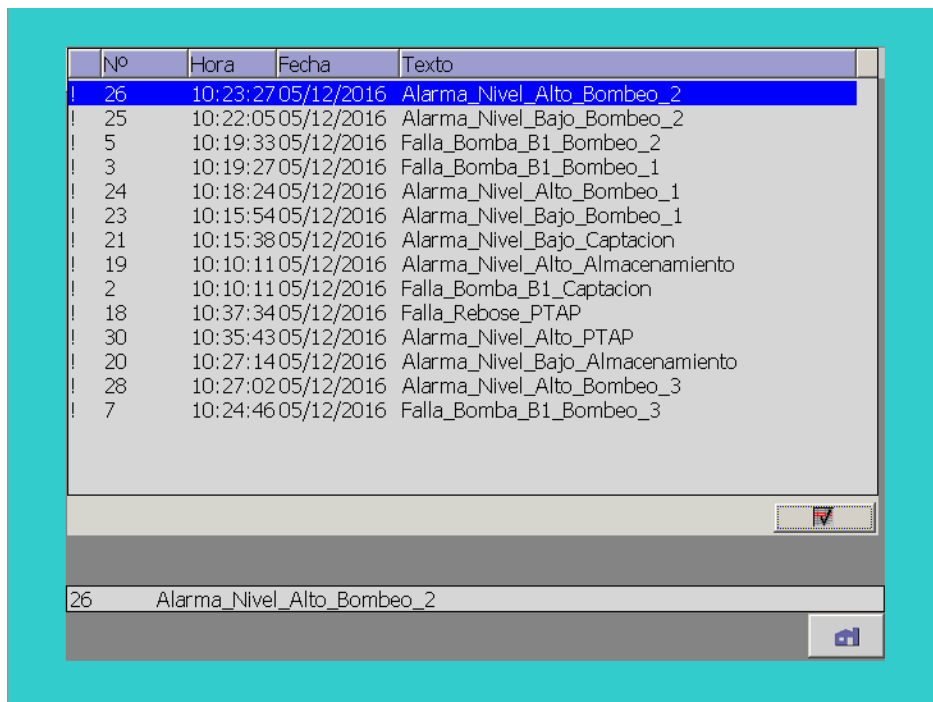


Imagen 35. Bitácora de eventos del Sistema de Captación y Transporte de agua. (Propia)



	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 4 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

---

1. Se diseñó algoritmo de control e interfaz de usuario del proceso de captación y transporte de agua en el Condominio Sierra Verde con la finalidad de monitorear, supervisar y controlar el sistema, permitiendo mejorar el rendimiento a través de un autómata (PLC), atendiendo a la problemática que se genera constantemente en la captación y transporte de agua, y a las falencias del sistema implementado actualmente, tales como: Racionamientos de agua que se da entre tres y cuatro veces al mes, fallas de bombas y equipos quemados, presentándose esto inconformidades en los usuarios.
  
2. Se demuestra la importancia de monitorear todos los procesos de captación y transporte con el fin de garantizar el buen funcionamiento del sistema. También, se facilita el monitoreo con la implementación de las pantallas HMI, ofreciéndole al usuario un ambiente amigable de visualización de toda la operación que se está realizando en tiempo real.
  
3. Con esta automatización se disminuyeron las paradas reiterativas y los tiempos de la ausencia del suministro de agua. Además, se minimizaron los daños y fallas en los equipos que conforman el sistema.
  
4. Se cumplió a satisfacción con el diseño que se pretendía inicialmente de acuerdo al requerimiento, llevándose a cabo la simulación y el monitoreo de todos los elementos y las variables del sistema.

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

### Trabajo Futuro

Como trabajo futuro para el presente proyecto, está el respectivo suministro, implementación y puesta a punto en el sitio. A continuación, se suministran los correspondientes costos en las Imágenes 36 a 39 que tendría llevar a cabo la ejecución del sistema de captación y transporte de agua. Dicho presupuestado fue realizado por la compañía Tecnelec S.A.

RESUMEN DE LA OFERTA				
1	CUADRO # 1 SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PORTERIA			USD 4.501,57
2	CUADRO # 2 SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN DE BOMBEO 1			USD 1.715,53
3	CUADRO # 3 SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN DE BOMBEO 2			USD 1.715,53
4	CUADRO # 4 SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN DE BOMBEO 3			USD 1.715,53
5	CUADRO # 5 SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO			USD 1.715,53
6	CUADRO # 6 SISTEMA DE RED DE FIBRA OPTICA PARA COMUNICACIÓN DE ESTACIONES			USD 8.095,99
7	CUADRO # 7 SISTEMA DE ENERGIA REGULADA (UPSs TIPO INTERACTIVA) @ 110 VAC PARA 5 ESTACIONES			USD 1.140,00
<b>NOTAS:</b>				
El proveedor de las bombas debe dejar las señales solicitadas de cada uno de sus equipos en bornera.				
El cliente debe dejar una salida eléctrica @ 110VAC junto a cada PLC proveniente de una UPS.				
<b>SUBTOTAL INICIAL</b>				<b>USD 20.599,69</b>
<b>SUBTOTAL EN PESOS TRM #####</b>				<b>\$ 63.796.842,56</b>
<b>IVA 16%</b>				<b>\$ 10.207.494,81</b>
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 74.004.337,37</b>

Imagen 36. Resumen oferta implementación. (Tecnelec de Antioquia S.A., 2016)

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

AUTOMATIZACION PORTERIA						
<b>CONSISTE EN:</b>						
<b>SEÑALES DE MONITOREO DIGITAL:</b>						
	Bomba ON-OFF		1			
	Bomba NO AUTO		1			
	Bomba FALLA-NORMAL		1			
	Bomba PRESOSTATO PRESION BAJA		1			
	Tablero energizado		1			
	Tanque NIVEL BAJO		1			
	Tanque REBOSE		1			
<b>SEÑALES DE CONTROL DIGITAL:</b>						
	Control Bomba ON-OFF		1			
<b>SEÑALES DE COMUNICACION POR PROTOCOLO:</b>						
	Modbus		1			
<b>TOTAL DE SEÑALES:</b>						
			9			
<b>CONTROLADORES</b>						
1	PLC 5510 con puerto ethernet y puerto RS-485 marca ADVANTECH ref. 5510EKW/TP	Un	1	USD 1.098,44	USD 1.098,44	
2	Switch de 2 puertos de fibra multimodo y 4 puertos ethernet marca ADVANTECH ref. EKI-2526M	Un	1	USD 583,85	USD 583,85	
3	Módulo local de 16 entradas digitales marca ADVANTECH ref. 5051D	Un	0	USD 121,13	USD 0,00	
4	Módulo local de 16 salidas marca digitales ADVANTECH ref. 5056D	Un	0	USD 171,18	USD 0,00	
5	Fuente 24 VDC/5 A marca MEAN WELL ref. DR-120-24.	Un	1	USD 104,17	USD 104,17	
6	Tarjeta de 8 relevos	Un	0	USD 52,08	USD 0,00	
7	Interfaz HMI táctil SVGA TFT LCD de 12" con puerto serial RS-232/422/485, USB y puerto ethernet marca ADVANTECH ref. WOP-3120T	Un	1	USD 2.167,19	USD 2.167,19	
8	Gabinete para instalación de equipos con kit de ventilación y accesorios	Un	1	USD 187,50	USD 187,50	
9	Instalación y puesta en marcha	GI	1	USD 349,18	USD 349,18	
<b>CABLEADO</b>						
10	Cable UTP categoría 5e (Metro lineal estimado)	MI	18	USD 0,35	USD 6,25	

AUTOMATIZACION SISTEMA DE BOMBEO 1						
<b>CONSISTE EN:</b>						
<b>SEÑALES DE MONITOREO DIGITAL:</b>						
	Bomba ON-OFF		1			
	Bomba NO AUTO		1			
	Bomba FALLA-NORMAL		1			
	Bomba PRESOSTATO PRESION BAJA		1			
	Tablero energizado		1			
	Tanque NIVEL BAJO		1			
	Tanque REBOSE		1			
<b>SEÑALES DE CONTROL DIGITAL:</b>						
	Control Bomba ON-OFF		1			
<b>SEÑALES DE COMUNICACION POR PROTOCOLO:</b>						
	Modbus		1			
<b>TOTAL DE SEÑALES:</b>						
			9			
<b>CONTROLADORES</b>						
1	Módulo remoto de 2 puertos ethernet, 8 entradas digitales y 7 salidas digitales marca ADVANTECH ref. 6250	Un	1	USD 427,50	USD 427,50	
2	Switch de 2 puertos de fibra multimodo y 4 puertos ethernet marca ADVANTECH ref. EKI-2526M	Un	1	USD 583,85	USD 583,85	
3	Fuente 24 VDC/5 A marca MEAN WELL ref. DR-120-24.	Un	1	USD 104,17	USD 104,17	
4	Tarjeta de 8 relevos	Un	1	USD 52,08	USD 52,08	
5	Gabinete para instalación de equipos con kit de ventilación y accesorios	Un	1	USD 187,50	USD 187,50	
6	Instalación y puesta en marcha	GI	1	USD 349,18	USD 349,18	
<b>CABLEADO</b>						
7	Cable UTP categoría 5e (Metro lineal estimado)	MI	18	USD 0,35	USD 6,25	
8	Cable Vehículo calibre 18 (Metro lineal estimado)	MI	45	USD 0,11	USD 5,00	

Imagen 37. Resumen oferta implementación. (Tecnelec de Antioquia S.A., 2016)

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

AUTOMATIZACION SISTEMA DE BOMBEO 2						
<b>CONSISTE EN:</b>						
<b>SENALES DE MONITOREO DIGITAL:</b>						
	Bomba ON-OFF		1			
	Bomba NO AUTO		1			
	Bomba FALLA-NORMAL		1			
	Bomba PRESOSTATO PRESION BAJA		1			
	Tablero energizado		1			
	Tanque NIVEL BAJO		1			
	Tanque REBOSE		1			
<b>SENALES DE CONTROL DIGITAL:</b>						
	Control Bomba ON-OFF		1			
<b>SENALES DE COMUNICACION POR PROTOCOLO:</b>						
	Modbus		1			
	<b>TOTAL DE SENALES:</b>		9			
<b>CONTROLADORES</b>						
1	Módulo remoto de 2 puertos ethernet 8 entradas digitales y 7 salidas digitales marca ADVANTECH ref. 6250	Un	1	USD 427,50		USD 427,50
2	Switch de 2 puertos de fibra multimodo y 4 puertos ethernet marca ADVANTECH ref. EKI-2526M	Un	1	USD 583,85		USD 583,85
3	Fuente 24 VDC/5 A marca MEAN WELL ref. DR-120-24	Un	1	USD 104,17		USD 104,17
4	Tarjeta de 8 relevos	Un	1	USD 52,08		USD 52,08
5	Gabinete para instalación de equipos con kit de ventilación y accesorios	Un	1	USD 187,50		USD 187,50
6	Instalación y puesta en marcha	GI	1	USD 349,18		USD 349,18
<b>CABLEADO</b>						
7	Cable UTP categoria 5e (Metro lineal estimado)	MI	18	USD 0,35		USD 6,25
8	Cable Vehículo calibre 18 (Metro lineal estimado)	MI	45	USD 0,11		USD 5,00
AUTOMATIZACION SISTEMA DE BOMBEO 3						
<b>CONSISTE EN:</b>						
<b>SENALES DE MONITOREO DIGITAL:</b>						
	Bomba ON-OFF		1			
	Bomba NO AUTO		1			
	Bomba FALLA-NORMAL		1			
	Bomba PRESOSTATO PRESION BAJA		1			
	Tablero energizado		1			
	Tanque NIVEL BAJO		1			
	Tanque REBOSE		1			
<b>SENALES DE CONTROL DIGITAL:</b>						
	Control Bomba ON-OFF		1			
<b>SENALES DE COMUNICACION POR PROTOCOLO:</b>						
	Modbus		1			
	<b>TOTAL DE SENALES:</b>		9			
<b>CONTROLADORES</b>						
1	Módulo remoto de 2 puertos ethernet 8 entradas digitales y 7 salidas digitales marca ADVANTECH ref. 6250	Un	1	USD 427,50		USD 427,50
2	Switch de 2 puertos de fibra multimodo y 4 puertos ethernet marca ADVANTECH ref. EKI-2526M	Un	1	USD 583,85		USD 583,85
3	Fuente 24 VDC/5 A marca MEAN WELL ref. DR-120-24	Un	1	USD 104,17		USD 104,17
4	Tarjeta de 8 relevos	Un	1	USD 52,08		USD 52,08
5	Gabinete para instalación de equipos con kit de ventilación y accesorios	Un	1	USD 187,50		USD 187,50
6	Instalación y puesta en marcha	GI	1	USD 349,18		USD 349,18
<b>CABLEADO</b>						
7	Cable UTP categoria 5e (Metro lineal estimado)	MI	18	USD 0,35		USD 6,25
8	Cable Vehículo calibre 18 (Metro lineal estimado)	MI	45	USD 0,11		USD 5,00

Imagen 38. Resumen oferta implementación. (Tecnelec de Antioquia S.A., 2016)

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

AUTOMATIZACION SISTEMA DE ALMACENAMIENTO						
<b>CONSIESTE EN:</b>						
<b>SENALES DE MONITOREO DIGITAL:</b>						
	Bomba ON-OFF		1			
	Bomba NO AUTO		1			
	Bomba FALLA-NORMAL		1			
	Bomba PRESOSTATO PRESION BAJA		1			
	Tablero energizado		1			
	Tanque NIVEL BAJO		1			
	Tanque REBOSE		1			
<b>SENALES DE CONTROL DIGITAL:</b>						
	Control Bomba ON-OFF		1			
<b>SENALES DE COMUNICACION POR PROTOCOLO:</b>						
	Modbus		1			
<b>TOTAL DE SENALES:</b>						
<b>CONTROLADORES</b>						
1	Módulo remoto de 2 puertos ethernet, 8 entradas digitales y 7 salidas digitales marca ADVANTECH ref. 6250	Un	1		USD 427,50	USD 427,50
2	Switch de 2 puertos de fibra multimodo y 4 puertos ethernet marca ADVANTECH ref. EKI-2526M	Un	1		USD 583,85	USD 583,85
3	Fuente 24 VDC/5 A marca MEAN WELL ref. DR-120-24.	Un	1		USD 104,17	USD 104,17
4	Tarjeta de 8 relevos	Un	1		USD 52,08	USD 52,08
5	Gabinete para instalación de equipos con kit de ventilación y accesorios	Un	1		USD 187,50	USD 187,50
6	Instalación y puesta en marcha	GI	1		USD 349,18	USD 349,18
<b>CABLEADO</b>						
7	Cable UTP categoría 5e (Metro lineal estimado)	MI	18		USD 0,35	USD 6,25
8	Cable Vehículo calibre 18 (Metro lineal estimado)	MI	45		USD 0,11	USD 5,00

Imagen 39. Resumen oferta implementación. (Tecnelec de Antioquia S.A., 2016)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## REFERENCIAS

---

- Bocek, A. (2010). *Acuicultura y Aprovechamiento del agua para el desarrollo rural* . Obtenido de <http://www.auburn.edu/~clinedj/Spanish%20Publications%20Website/publications/Spanish%20WHAP/GT3%20Water%20Harvesting.pdf>
- Captación de Agua. (2008). *Sistemas de Captación o Cosecha de Agua Lluvia*. Obtenido de <http://captaciondeagua.blogspot.com.co>
- Castañeda, N. P. (2010). *Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institucion educativa Maria Auxiliadora de Caldas, Antioquia*. Obtenido de <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/1325/1/PropuestaSistemaAprovechamientoAguaLluviaAlternativaAhorroAguaPotableInstitucionEducativaMariaAuxiliadoraCaldas.pdf>
- Copadata. (2008). *Interfaz hombre máquina (HMI)*. Obtenido de <https://www.copadata.com/es-es/soluciones-hmi-scada/interfaz-hombre-maquina-hmi>
- Feijoo, O., Piero, O., & Saravia, R. (2008). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua y alcantarillado del Centro Poblado Cruz de Médano - Lambayeque*. Obtenido de [http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/111/1/olivari\\_op-castro\\_r.pdf](http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/111/1/olivari_op-castro_r.pdf)
- Gobernación de Antioquia. (Febrero de 2010). *Condiciones del agua para el consumo humano y saneamiento básico*. Obtenido de <https://www.dsa.gov.co/index.php/descargas/461-condicionessumiagua/file>
- Naciones Unidas, DAES. (2014). *El Agua, Fuente de Vida*. Obtenido de [http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water\\_and\\_sustainable\\_development.shtml](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml)
- Palacio, N. (Abril de 2010). *Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable*. Obtenido de <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/1325/1/PropuestaSistemaAprovechamientoAguaLluviaAlternativaAhorroAguaPotableInstitucionEducativaMariaAuxiliadoraCaldas.pdf>

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Propia, F. (s.f.).

Rocatek. (2010). *Que es un PLC (Basico)*. Obtenido de [http://www.rocatek.com/forum\\_plc1.php](http://www.rocatek.com/forum_plc1.php)

Siemens . (2002). *Resources* . Obtenido de [c4b.gss.siemens.com/resources/images/articles/dffa-b10135-00-7600.pdf](http://c4b.gss.siemens.com/resources/images/articles/dffa-b10135-00-7600.pdf)

Siemens . (2005). *Advanced Controllers*. Obtenido de <http://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/advanced-controller/s7-300/pages/default.aspx>

Siemens . (Marzo de 2006). *Esquema de contactos KOP para S7-300 y S7-4000*. Obtenido de [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/395/18654395/att\\_33367/v1/KOP\\_s.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/395/18654395/att_33367/v1/KOP_s.pdf)

Siemens . (2007). *Automatizacion* . Obtenido de [http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/periferia\\_descentralizada\\_et200/et200al/pages/default.aspx](http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/periferia_descentralizada_et200/et200al/pages/default.aspx)

Siemens . (2010). *Industry*. Obtenido de <https://support.industry.siemens.com/cs/pd/484407?ptdi=td&lc=en-WW>

Siemens, P. (2010). *Step 7, Awl, Fup o Kop*. Obtenido de <https://programacionsiemens.com/step-7-awl-fup-kop-cual-elijo/>

Skog, R. D. (2012). *Introducción a la Programación de Controladores Lógicos (P L C)*. Obtenido de [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/65/Programacion\\_de\\_controladores\\_logicos\\_\(PLC\).pdf](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/65/Programacion_de_controladores_logicos_(PLC).pdf)

Tecnelec de Antioquia S.A. (Octubre de 2016). *Proyectos*. Medellín.

Velásquez, J. (2004). *Como Justificar Proyectos de Automatización*. 7. Obtenido de [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/Vol7\\_n1/pdf/justificar.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/Vol7_n1/pdf/justificar.pdf)

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

## TABLA DE IMÁGENES

Imagen 1. Vista Satélite Sistema de Captación y Transporte de agua. (Propia) .....	7
Imagen 2. Automatización del Sistema de Captación y Transporte de agua. (Propia) .....	7
Imagen 3. Descripción del PLC (Rocatek, 2010) .....	13
Imagen 4. Software WinCC Flexible Siemens. (Siemens , 2006) .....	15
Imagen 5. Reconocimiento del Sitio y Equipos actuales. (Propia) .....	18
Imagen 6. Topología de Red (Propia) .....	19
Imagen 7. Diagrama PETRI. (Propia).....	21
Imagen 8. Algoritmo lenguaje KOP. (Propia).....	22
Imagen 9. Algoritmo lenguaje KOP. (Propia).....	23
Imagen 10. Algoritmo lenguaje KOP. (Propia).....	24
Imagen 11. Listado de Variables (Propia).....	26
Imagen 12. Listado de Variables (Propia).....	27
Imagen 13. Listado de Variables (Propia).....	28
Imagen 14. Controlador Siemens S7-300 (Siemens , 2005) .....	29
Imagen 15. Estación HMI MP 277 8" Touch (Siemens , 2002) .....	30
Imagen 16. Controlador Siemens ET200. (Siemens , 2007) .....	30
Imagen 17. Switch Ethernet RS940G. (Siemens , 2010).....	31
Imagen 18. Configuración Inicial de HMI (Siemens , 2010).....	32
Imagen 19. Configuración Inicial de HMI. (Siemens , 2010).....	32
Imagen 20. Configuración de HMI con asistente (Siemens , 2010) .....	33
Imagen 21. Configuración de HMI con asistente. (Siemens , 2010) .....	34
Imagen 22. Configuración de Step 7 y Wincc. (Siemens , 2010) .....	35
Imagen 23. Inicio del Sistema Pantalla HMI. (Propia) .....	35
Imagen 24. Pantalla HMI - Modo Operación (Propia).....	36
Imagen 25. Pantalla HMI – Subproceso Captación – Bombeo_1. (Propia).....	37
Imagen 26. Pantalla HMI – Subprocesos Bombeo_2 y 3. (Propia).....	38
Imagen 27. Pantalla HMI - Subprocesos Ptap y Almacenamiento. (Propia) .....	39
Imagen 28. Pantalla HMI – Bitácora de Eventos (Propia) .....	40
Imagen 29. Interfaz de Usuario para el Sistema de Captación y Transporte de agua. (Propia) .....	43
Imagen 30. Interfaz de Usuario para el Sistema de Captación y Transporte de agua. (Propia) .....	44
Imagen 31. Interfaz de Usuario para el Sistema de Captación y Transporte de agua. (Propia) .....	45
Imagen 32. Interfaz de Usuario para el Sistema de Captación y Transporte de agua. (Propia) .....	46
Imagen 33. Interfaz de Usuario para el Sistema de Captación y Transporte de agua. (Propia) .....	47
Imagen 34. Interfaz de Usuario para el Sistema de Captación y Transporte de agua. (Propia) .....	48
Imagen 35. Bitácora de eventos del Sistema de Captación y Transporte de agua. (Propia) .....	48
Imagen 36. Resumen oferta implementación. (Tecnelec de Antioquia S.A., 2016) .....	50
Imagen 37. Resumen oferta implementación. (Tecnelec de Antioquia S.A., 2016) .....	51
Imagen 38. Resumen oferta implementación. (Tecnelec de Antioquia S.A., 2016) .....	52



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

Imagen 39. Resumen oferta implementación. (Tecnelec de Antioquia S.A., 2016) ..... 53

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

## APÉNDICE

---

*Anexo 1. Datasheet PLC Siemens S7-300*

*Anexo 2. Datasheet Pantalla Touch Siemens*

*Anexo 3. Datasheet Módulos de Periferia Descentralizada*

*Anexo 4. Datasheet de Switch Etehernet*

*Anexo 5. Datasheet de Bombas Sumergibles*

*Anexo 6. Datasheet de Bombas de Traslación*

*Anexo 7. Datasheet de Tanques de Almacenamiento*

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Miguel Muñoz G.  
1033336492

FIRMA ESTUDIANTES \_\_\_\_\_

Jorge Andres Henao E.

---

Juliana Valencia A.

FIRMA ASESOR \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: 13/01/2017 \_\_\_\_\_

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: \_\_\_\_\_