



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO  
FACULTAD CIENCIAS E INGENIERÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO(A) INDUSTRIAL**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**TEMA: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELEMETRIA Y TELECONTROL EN LAS  
ESTACIONES DE BOMBEO Y TANQUES DE RESERVA DE AGUA EN LA CIUDAD DE  
MILAGRO."**

**Autores:**

Sr. VELEZ RUIZ JORGE WASHINGTON

Sra. TAGUA GRANIZO JESENNIA GUADALUPE

**Acompañante:**

Mgtr. BYRONE ANTONIO ALMEIDA SALAZAR

**Milagro, Octubre 2019**

**ECUADOR**

## DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.

Fabricio Guevara Viejó, PhD.

**RECTOR**

**Universidad Estatal de Milagro**

Presente.

Yo, VÉLEZ RUIZ JORGE WASHINGTON, como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Línea de Investigación DESAROLLO Y ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION, de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de esta propuesta practica en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 29 de agosto de 2019



VELEZ RUIZ JORGE WASHINGTON

Autor 1

CI: 0917047383

## DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.

Fabricio Guevara Viejó, PhD.

**RECTOR**

**Universidad Estatal de Milagro**


Presente.

Yo, TAGUA GRANIZO JESENNIA GUADALUPE, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de la alternativa de Titulación – Propuesta Tecnológica, modalidad presencial, mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor de la Propuesta Tecnológica realizado como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Línea de Investigación DESAROLLO Y ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION, de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de esta propuesta practica en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 29 de agosto de 2019



TAGUA GRANIZO JESENNIA GUADALUPE

Autor 2

CI: 0928364041

## APROBACIÓN DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Yo, ALMEIDA SALAZAR BYRONE ANTONIO. en mi calidad de tutor de la Propuesta Tecnológica, elaborado por VELEZ RUIZ JORGE WASHINGTON y TAGUA GRANIZO JESENNIA GUADALUPE., cuyo título es "DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELEMETRIA Y TELECONTROL EN LAS ESTACIONES DE BOMBEO Y TANQUES DE RESERVA DE AGUA EN LA CIUDAD DE MILAGRO.", que aporta a la Línea de Investigación DESARROLLO Y ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN previo a la obtención del Grado INGENIERÍA INDUSTRIAL; considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios en el campo metodológico y epistemológico, para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo APRUEBO, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Propuesta Tecnológica de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, 14 octubre de 2019.



---

ALMEIDA SALAZAR BYRONE ANTONIO

Tutor

C.I:1201858972

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

Presidente. ALMEIDA SALAZAR BYRONE ANTONIO.

Secretario. LEON BATALLAS ALBERTO ANDRES

Delegado. SORNOZA BRIONES KLEBER JOEL

Luego de realizar la revisión de la Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del título (o grado académico) de INGENIERÍA INDUSTRIAL, presentado por VELEZ RUIZ JORGE WASHINGTON.

Con el tema de trabajo de Titulación: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELEMETRIA Y TELECONTROL EN LAS ESTACIONES DE BOMBEO Y TANQUES DE RESERVA DE AGUA EN LA CIUDAD DE MILAGRO.",

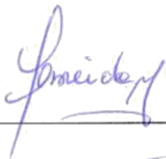


Otorga a la presente propuesta tecnológica, las siguientes calificaciones:

Propuesta Tecnológica	[77]
Defensa oral	[20]
Total	[97]

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado) aprobado

Fecha: 14 de octubre de 2019.

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos	Firma
Presidente	ALMEIDA SALAZAR BYRONE ANTONIO.	
Secretario	LEON BATALLAS ALBERTO	
/a	ANDRES	
Integrante	SORNOZA BRIONES KLEBER JOEL.	

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

Presidente. ALMEIDA SALAZAR BYRONE ANTONIO.

Secretario. LEON BATALLAS ALBERTO ANDRES.

Delegado. SORNOZA BRIONES KLEBER JOEL.

Luego de realizar la revisión de la Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del título (o grado académico) de INGENIERÍA INDUSTRIAL, presentado por TAGUA GRANIZO JESENNIA GUADALUPE

Con el tema de trabajo de Titulación: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELEMETRIA Y TELECONTROL EN LAS ESTACIONES DE BOMBEO Y TANQUES DE RESERVA DE AGUA EN LA CIUDAD DE MILAGRO.",

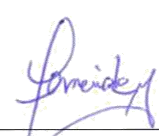


Otorga a la presente propuesta tecnológica, las siguientes calificaciones:

Propuesta Tecnológica	[ 77 ]
Defensa oral	[ 20 ]
Total	[ 97 ]

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado) aprobado

Fecha: 14 de octubre de 2019

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos	Firma
Presidente	ALMEIDA SALAZAR BYRONE ANTONIO.	
Secretario	LEON BATALLAS ALBERTO ANDRES.	
/a Integrante	SORNOZA BRIONES KLEBER JOEL. .	

## DEDICATORIA

A Dios

Por darme la vida y estar siempre conmigo, guiándome en mi camino.

A mis Padres

El esfuerzo y las metas alcanzadas, refleja la dedicación, el amor que invierten sus padres en sus hijos. Gracias a ellos son quien somos, mi mayor inspiración, gracias a mis padres he concluido con mi mayor meta.

Ing. Bayron Almeida

Más que un Ingeniero, un gran amigo, los docentes son un pilar fundamental para tu aprendizaje. Agradezco a mi director de tesis, quien, con sus conocimientos y su gran trayectoria, ha logrado en mí culminar mis estudios con éxito.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con mi objetivo.

A mis padres quienes son mi motor y mi mayor inspiración, que, a través de su amor, paciencia, buenos valores, ayudan a trazar mi camino.

Y por supuesto a mi querida Universidad y a todas las autoridades, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de esta investigación.



## ÍNDICE GENERAL

	PAG.
DERECHOS DE AUTOR.....	ii
DERECHOS DE AUTOR.....	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR.....	v
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR.....	vi
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
PROBLEMA.....	3
ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO.....	7
ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	30
DESARROLLO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	32
ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	59
CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES.....	62
ANEXOS.....	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figure 1.-Tubería de succión y descarga EB María Teresa .....	10
Figure 2.-Tablero de control EB María Teresa .....	11
Figure 3.- Elementos de tablero de control EB María Teresa .....	12
Figure 4.- Bomba de dosificación de cloro EB María Teresa .....	13
Figure 5.- Tubería de succión y descarga EB Banco de Arena #3 .....	14
Figure 6.-Tablero de control EB Banco de Arena #3 .....	15
Figure 7.-Elementos de tablero de control EB Banco de Arena #3 .....	16
Figure 8.-Tubería de succión y descarga EB Norte.....	17
Figure 9.- Elementos de tablero de control EB Norte .....	18
Figure 10.- Reservorio elevado EB Norte .....	19
Figure 11.-Tablero de control Reservorio EB Norte .....	20
Figure 12.-Tubería de succión y descarga EB Sur .....	21
Figure 13.-Elementos de tablero de control EB Sur.....	22
Figure 14.-Reservorio elevado EB Norte .....	23
Figure 15.-Elementos de tablero de control Reservorio EB Sur .....	24
Figure 16.-Bomba de carcaza partida Reservorio EB Sur.....	24
Figure 17.- Arquitectura de comunicación Eb Banco de Arena 3.....	56
Figure 18.-Arquitectura de comunicación Eb María Tersa.....	56
Figure 19.- Arquitectura de comunicación EB y Reservorio Norte .....	
Figure 20.-Arquitectura de comunicación EB y Reservorio Sur.....	57
Figure 21.- Arquitectura integrada de las estaciones de bombeo y reservorios .....	58

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Costos de automatización y conexión a sistema SCADA .....	60
---	----

## **Título de la Propuesta Tecnológica**

"DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELEMETRIA Y TELECONTROL EN LAS ESTACIONES DE BOMBEO Y TANQUES DE RESERVA DE AGUA EN LA CIUDAD DE MILAGRO."

### **RESUMEN**

El presente trabajo corresponde al estudio de factibilidad y de diseño del sistema de telemetría y telecontrol para las cuatro estaciones de bombeo principales de la ciudad de Milagro, las cuales se encuentran dispuestas en diferentes puntos de la ciudad, estas estaciones de bombeo son: Estación de Bombeo Norte, Estación de Bombeo Sur, Estación de Bombeo María Teresa y Estación de Bombeo Banco de Arena #3. Se realizará una fase de introducción de los principios teóricos, para luego realizar el diagnóstico del estado actual de cada una de las estaciones de bombeo y detallar cuáles serán los equipos y protocolos de comunicación para las redes internas y la de telemetría. Se realizará la propuesta de diseño de acuerdo a los niveles de la pirámide de automatización de sistemas CIM, en cada uno de los niveles especificará el tipo de equipos y accionamientos requeridos para cumplir con cada nivel, se detallarán las especificaciones de los equipos de comunicación e instrumentación y automatización necesarias para cada caso. Se buscará cotizaciones para tener precios referenciales de la posible implementación; además de que en el último capítulo se realiza el análisis económico en cuanto a las ventajas cuantitativas que traería la implantación del presente proyecto.

**PALABRAS CLAVE:** TELEMETRIA, TELECONTROL, SCADA

## **Título de la Propuesta Tecnológica**

"DESIGN OF A TELEMETRY AND TELECONTROL SYSTEM IN THE PUMPING STATIONS AND WATER RESERVE TANKS IN THE CITY OF MILAGRO."

### **ABSTRACT**

The present work corresponding to the feasibility study and design of the telemetry and remote control system for the four main pumping stations of the city of Milagro, which are arranged in different parts of the city, these pumping stations are: Pumping Station North, South Pumping Station, María Teresa Pumping Station and Banco de Arena # 3 Pumping Station. An introduction phase of the theoretical principles will be carried out, and then the diagnosis of the current status of each of the pumping stations will be carried out and They will detail the communication devices and protocols for internal networks and telemetry. The design proposal will be executed according to the levels of the CIM system automation pyramid, in each of the levels it will specify the type of equipment and drives required to meet each level, the specifications of the communication equipment will be detailed and necessary instrumentation and automation for each case. Quotes will be sought to have referential prices of the possible implementation; In addition to the last chapter, the economic analysis is carried out regarding the quantitative advantages that the implementation of this project would bring.

**KEY WORDS:** TELEMETRY, TELECONTROL, SCADA

## **CAPÍTULO 1**

### **PROBLEMA**

#### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Debido a que en la actualidad existen herramientas que nos permiten tomar decisiones de forma inmediata y sobre todo cuando se trata de la distribución de agua para el consumo humano, lo cual tiene un impacto en la calidad de vida de los habitantes de la ciudad de Milagro, se requiere mejorar la eficiencia y garantizar sobre todo que no se desperdicie este recurso que es limitado, la Empresa Municipal de Aguas de la Ciudad Milagro EPAMIL requiere mejorar metodología de monitoreo y control de la distribución de agua; de tal forma que se realizara el diseño de un sistema de monitoreo y control de las variables de nivel, caudal y presión de cada una de las estaciones de bombeo de forma local y un sistema de monitoreo de forma remota el cual será un sistema SCADA. La falta de monitoreo de las variables antes mencionadas ha afectado la continuidad de servicio de agua impidiendo que exista un servicio de calidad en la ciudad de Milagro y distribución del líquido vital durante las veinticuatro horas del día.

EPAMIL realiza el monitoreo y control de sus estaciones de bombeo de forma manual, es decir existe un operador en cada una de las estaciones, quienes realizan el encendido y apagado de cada uno de los grupos de bombeo desde las botoneras de marcha y paro dispuestas en la puerta del tablero de control eléctrico sin existir ningún tipo de control o advertencia para detener o encender el bombeo.

Las estaciones de bombeo por su forma de trabajar, es decir, por tener una operación manual puede ocasionar pérdidas del líquido vital, lo cual generan costos por operación y desperdicio de energía que se o puede ver reflejado en la planilla del servicio eléctrico, además de que una mala decisión por parte del operador puede dejar desabastecidos sectores de la ciudad y generar un impacto negativo con respecto a la perspectiva de EPAMIL en la comunidad.

La implementación de sistemas de control y monitoreo remotos (SCADA) reduce las probabilidades de fallas, desperdicios de agua, costos por mantener operadores, detección temprana de fugas y evitar desperdicios de energía por la mala operación de los grupos electromecánicos; por lo antes mencionado se considera realizar un diseño de un sistema de telemetría y telecontrol para que la empresa EPAMIL pueda actuar de forma inmediata y evitar desperdicios y sobre todo evitar malestar por el desabastecimiento de agua.

#### **FORMULACION DEL PROBLEMA.**

¿En que afecta no tener los sistemas de bombeo automatizados y un sistema de telemetría y telecontrol para el monitoreo de las estaciones de bombeo de agua de la ciudad de Milagro por parte de la EPAMIL?

#### **SISTEMATIZACION DEL PROBLEMA.**

- ¿Cuáles son los problemas e inconvenientes de mantener la operación manual de las estaciones de bombeo de agua?
- ¿Cuál es la forma de acceder al monitoreo de las variables del proceso de forma remota?
- ¿Cuál es la arquitectura de control adecuada para la monitorización de las variables de proceso?
- ¿Cómo mejorar el servicio de agua en la ciudad de Milagro?

#### **JUSTIFICACION**

En la actualidad existen cambios de forma acelerada en las tecnologías, arquitecturas, modos y medios de comunicación, lo cual ayuda a mejorar y tener un mejor control de cada una de las variables y de los procesos que se requieren controlar, este cambio acelerado también obliga al

sector industrial modernizar sus plantas para mejorar sus procesos y ser competitivos y este debe ser el caso de la EPAMIL.

En el sector industrial los sistemas SCADA constituyen una herramienta sumamente importante para conocer el estado de sus procesos.

El presente proyecto será una guía útil para EPAMIL debido a que los encargados tendrán una visión de una posible solución en cuanto a los temas de automatización de cada una de las estaciones de bombeo, selección de la instrumentación adecuada para la medición de las variables fundamentales en este negocio que son niveles, presiones y caudales. Se propondrá un sistema de telemetría y telecontrol (SCADA) especializado en aguas y se seleccionará la arquitectura adecuada para evitar conflictos con los diferentes niveles de la pirámide de automatización.

EPAMIL se encuentra interesada en mejorar sus procesos, tanto en automatización como en el monitoreo de cada una de las estaciones de bombeo principales de la ciudad, por tal razón se les proporcionará la información necesaria de este proyecto en cuanto al diseño de un sistema de telemetría y telecontrol de las estaciones de bombeo de agua, para que puedan tener una guía y solicitar los recursos para mejorar la distribución de agua en la ciudad de Milagro, teniendo en cuenta que el agua representa un patrimonio de uso público que es esencial para la vida y además es un recurso limitado.

En primera instancia se realizará el análisis de la situación actual de las estaciones de bombeo principales y posteriormente se desarrollará el diseño de la arquitectura de control y de comunicación con el sistema SCADA.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVOS GENERALES**

Diseñar un sistema de control y monitoreo para cada una de las estaciones de bombeo y tanques elevados, que permita el enlace con un sistema SCADA para poder visualizar el proceso de distribución de agua por parte de EPAMIL.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**



- Diseño de la arquitectura de control local
- Diseño de la arquitectura de comunicación con el sistema Scada.
- Diseño del programa de control del controlador.
- Diseño de la aplicación del HMI local.
- Diseño de la aplicación para el monitoreo y control en el SCADA.
- Selección de la instrumentación para la medición de caudal, presión y nivel.
- Selección del sistema de conexión inalámbrica.

### **DELIMITACION DEL PROBLEMA**

El diseño del sistema de control y monitoreo se lo realizará solo para las estaciones de bombeo y reservorios principales de la ciudad de Milagro las cuales son las siguientes:

- Estación de Bombeo María Teresa.
- Estación de Bombeo Banco De Arena #3.
- Estación de Bombeo Sur
- Reservorio Elevado Sur
- Estación de Bombeo Norte
- Reservorio Elevado Norte

Para la automatización de cada una de las estaciones de bombeo el control del proceso se lo realizará mediante controladores lógicos que tengan la capacidad de comunicarse con el sistema de monitoreo mediante DNP3, la visualización local mediante HMI se lo realizará mediante equipos que tengan la capacidad de replicar sus displays o pantallas a dispositivos móviles tanto Android como IOS, el medio de enlace entre para el monitoreo de forma remota de las estaciones de bombeo y reservorios será de tipo inalámbrico y que opere en frecuencias de 2,4Ghz, para la visualización y control de forma remota se propondrá un sistema SCADA que sea especialista en sistemas de aguas, el Protocolo de comunicación para enviar los datos desde cada uno de los sistemas de bombeo al SCADA será DNP3, la red de comunicación local se la realizara mediante Modbus TCP.

## **CAPÍTULO 2**

### **ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO**

En el presente capítulo se realizará la descripción de las diferentes tecnologías que se propondrán para el diseño, las cuales comprenderán desde los tipos de instrumentos de medición en línea, redes de comunicación local y de telemetría hasta la selección de accionamientos para mejorar la operatividad y mantenibilidad de los equipos electromecánicos.

#### **ANTECEDENTES**

A nivel mundial el consumo de agua ha aumentado debido al crecimiento sostenido de la población a nivel mundial, en ciertos casos la distribución y obtención del líquido vital es complicado y en otros casos se desperdicia debido a pérdidas en la red porque no existen controles para mitigar las pérdidas. Con respecto a los controles en la actualidad ya existen sistemas de telemetría y telecontrol que ayudan a mejorar la gestión de este recurso limitado.

A nivel latinoamericano se han implementado e implantado sistemas de distribución eficientes y mejores controles para la distribución de agua y no solo eso, sino que mantienen a los equipos electromecánicos trabajando de forma eficiente, es decir, los hacen operar a los grupos de bombeo en el punto de eficiencia óptimo.

En nuestro país no existen controles eficientes sobre la distribución de agua para el consumo, además que tenemos en muchas ciudades y provincias infraestructuras deficientes y sumadas a esto no existen controles de calidad para mejorar estas situaciones.

Alrededor de los años setenta, la tendencia de la automatización radicaba en que cada fabricante realizaba su propia solución a su problema, durante esa época cada marca creaba un elemento de control específico para solventarse. Durante esta misma época las grandes marcas de automatización comenzaron a desarrollar las primeras generaciones de autómatas los cuales para la época eran bastantes costosos y los entornos de programación eran poco amigables. (Rodríguez Penin, 2008)

Con el pasar del tiempo y con la reducción de los elementos electrónicos los autómatas y los sistemas automatizados han ido creciendo en todas las industrias y más aun con la aparición de la informática que ha permitido enlazar los procesos de campo y permitir visualizarlos en un ordenador se han ido integrando todo tipo de tecnologías y herramientas digitales capaces de procesar grandes cantidades de datos. (Rodríguez Penin, 2008)

Con el pasar de los años han surgido dispositivos inteligentes otra área que ha crecido y mejorado son los protocolos de comunicación con los cuales podemos comunicar los diferentes dispositivos de campo o transmitir datos hacia un SCADA, el objetivo principal de los protocolos de comunicación es enlazar y mantener disponibles los datos entre los diferentes terminales. (Rodríguez Penin, 2008)

## **DESCRIPCION DEL PROCESO DE FUNCIONAMIENTO**

### **ESTACION MARIA TERESA**

La estación de Bombeo María Teresa es una estación de bombeo que toma agua de un pozo profundo, esta estación cuenta con una bomba sumergible tipo lápiz de y se encuentra sumergida aproximadamente a 120 metros de profundidad, este equipo electromecánico es controlado por un variador de frecuencia, la estación cuenta con sensores de presión y medidor de caudal los cuales están dispuestos en la superficie y se encuentran instalados sobre la tubería de ocho pulgadas. En

esta estación también existe un controlador programable de la marca Schneider modelo M241 y una terminal de visualización HMI de la misma marca y el modelo es Magelis.

La estación es operada de forma manual y trabaja al cien por ciento de sus capacidades, la descarga de esta estación va hacia una tubería de veintidós pulgadas la cual según lo indicado forma un anillo hidráulico en la ciudad de Milagro.

En esta estación también se realiza la inyección de Cloro que de la misma manera es operada de forma manual y no existe algún tipo de medición en línea para conocer si los niveles de cloro inyectados directamente a la red son los adecuados.



*Figure 1.-Tubería de succión y descarga EB María Teresa*

Fuente: Tomada por los autores



*Figure 2.-Tablero de control EB María Teresa*

Fuente: Tomada por los autores



*Figure 3.- Elementos de tablero de control EB María Teresa*

Fuente: Tomada por los autores



*Figure 4.- Bomba de dosificación de cloro EB María Teresa*

Fuente: Tomada por los autores

### **ESTACION DE BOMBEO BANCO DE ARENA#3**

La estación de Bombeo Banco de Arena#3 es idéntica a la estación de Bombeo María Teresa, de la misma forma es una estación de bombeo que toma agua de un pozo profundo, esta estación cuenta con una bomba sumergible tipo lápiz de y se encuentra sumergida aproximadamente a 120 metros de profundidad, este equipo electromecánico es controlado por un variador de frecuencia, la estación cuenta con sensores de presión y medidor de caudal los cuales están dispuestos en la superficie y se encuentran instalados sobre la tubería de ocho pulgadas. En esta estación también existe un controlador programable de la marca Siemens modelo S71200 y una terminal de visualización HMI de la misma marca y el modelo es TP700.



La estación es operada de forma manual y trabaja al cien por ciento de sus capacidades, la descarga de esta estación va hacia una tubería de veintidós pulgadas la cual según lo indicado forma un anillo hidráulico en la ciudad de Milagro.

En esta estación también se realiza la inyección de Cloro que de la misma manera es operada de forma manual y no existe algún tipo de medición en línea para conocer si los niveles de cloro inyectados directamente a la red son los adecuados.



*Figure 5.- Tubería de succión y descarga EB Banco de Arena #3*

Fuente: Tomada por los autores



*Figure 6.-Tablero de control EB Banco de Arena #3*

Fuente: Tomada por los autores



*Figure 7.-Elementos de tablero de control EB Banco de Arena #3*

Fuente: Tomada por los autores

## **ESTACIÓN DE BOMBEO NORTE**

La estación de Bombeo Norte de igual forma es una estación de bombeo que toma agua de un pozo profundo, esta estación cuenta con una bomba sumergible tipo lápiz de y se encuentra sumergida aproximadamente a 110 metros de profundidad, este equipo electromecánico es controlado por un arrancador suave, esta no cuenta con instrumentos de medición para caudal ni presión. En esta estación también existe un controlador programable de la marca Siemens modelo S71200 y no posee terminal de visualización.

La estación es operada de forma manual y trabaja al cien por ciento de sus capacidades por el tipo de arranque existente, a diferencia de las anteriores la descarga de esta estación va hacia la

cisterna del Reservorio elevado Norte, sobre el cual no existe ningún tipo de control para evitar el rebose de la cisterna.

En esta estación también se realiza la inyección de Cloro que de la misma manera es operada de forma manual y no existe algún tipo de medición en línea para conocer si los niveles de cloro inyectados a la cisterna son los óptimos.



*Figure 8.-Tubería de succión y descarga EB Norte*

Fuente: Tomada por los autores



*Figure 9.- Elementos de tablero de control EB Norte*

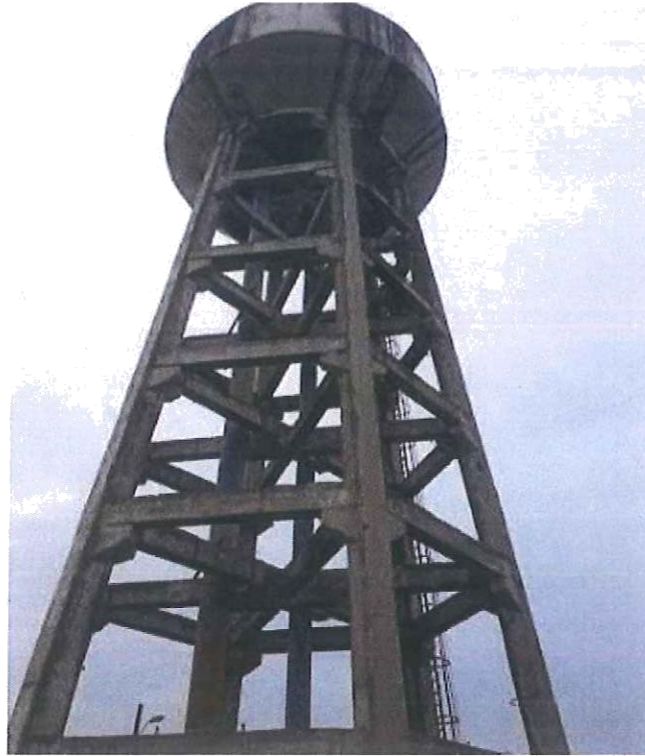
Fuente: Tomada por los autores

## **ESTACION DE BOMBEO Y RESERVORIO NORTE**

Esta estación cuenta con una cisterna la cual es llenada por la bomba instalada en la estación de bombeo Norte, desde esta cisterna se alimentan 3 bombas de 60 hp de carcasa partida cabe aclarar que la succión de estas bombas es negativa por encontrarse a un nivel superior de la cisterna. Estas bombas son arrancadas mediante tres arrancadores suaves, adicional a estas tres bombas existe otra bomba de menor capacidad la cual que sirve para cebar las bombas en caso de que exista algún tipo de falla con la válvula de pie o check.

Estas tres bombas sirven para llenar el Reservorio elevado que está a una altura aproximadamente de 30 metros, el encendido y apagado de estas bombas es de forma manual y es

realizada por el operador de turno. En esta estación no se cuenta con equipos de medición ni con un controlador para el encendido de los grupos de bombeo.



*Figure 10.- Reservorio elevado EB Norte*

Fuente: Tomada por los autores



*Figure 11.-Tablero de control Reservorio EB Norte*

Fuente: Tomada por los autores

## **ESTACIÓN DE BOMBEO SUR**

La estación de Bombeo Sur de igual forma es una estación de bombeo que toma agua de un pozo profundo, esta estación cuenta con una bomba sumergible tipo lápiz de y se encuentra sumergida aproximadamente a 110 metros de profundidad, este equipo electromecánico es controlado por un arrancador suave, esta no cuenta con instrumentos de medición para caudal ni presión. En esta estación también existe un controlador programable de la marca Siemens modelo S71200 y no posee terminal de visualización.

La estación es operada de forma manual y trabaja al cien por ciento de sus capacidades por el tipo de arranque existente, a diferencia de las anteriores la descarga de esta estación va hacia la

cisterna del Reservorio elevado Norte, sobre el cual no existe ningún tipo de control para evitar el rebose de la cisterna.

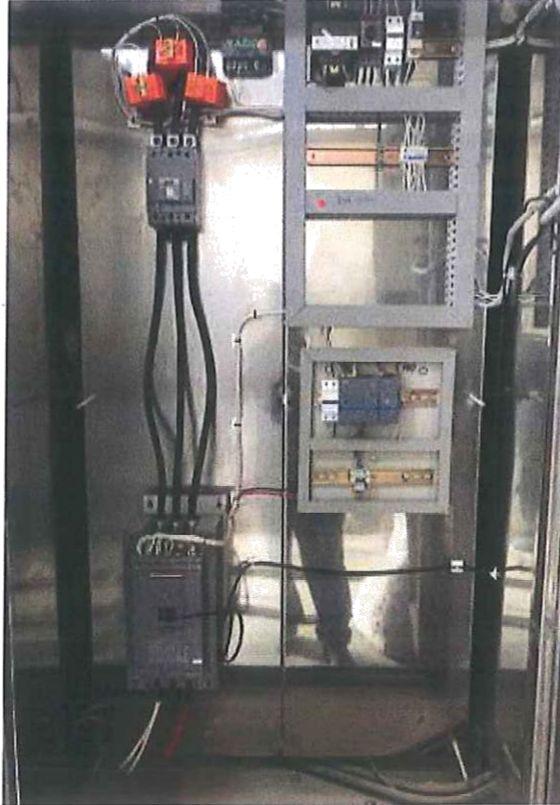
En esta estación también se realiza la inyección de Cloro que de la misma manera es operada de forma manual y no existe algún tipo de medición en línea para conocer si los niveles de cloro inyectados a la cisterna son los óptimos.



*Figure 12.-Tubería de succión y descarga EB Sur*

Fuente: Tomada por los autores





*Figure 13.-Elementos de tablero de control EB Sur*

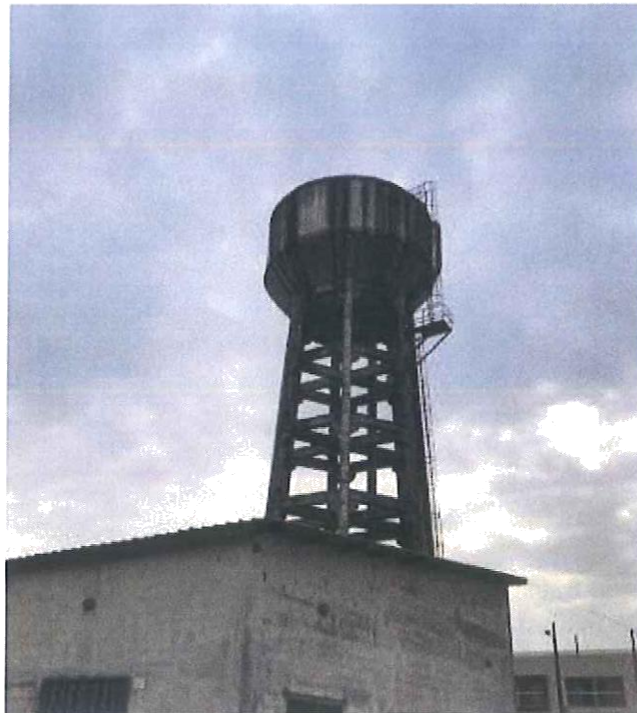
Fuente: Tomada por los autores

## **ESTACION DE BOMBEO Y RESERVORIO SUR**

Esta estación cuenta con una cisterna la cual es llenada por la bomba instalada en la estación de bombeo Norte, desde esta cisterna se alimentan 3 bombas de 60 hp de carcasa partida cabe aclarar que la succión de estas bombas es negativa por encontrarse a un nivel superior de la cisterna. Estas bombas son arrancadas mediante tres arrancadores suaves, adicional a estas tres bombas existe otra bomba de menor capacidad la cual que sirve para cebar las bombas en caso de que exista algún tipo de falla con la válvula de pie o check.

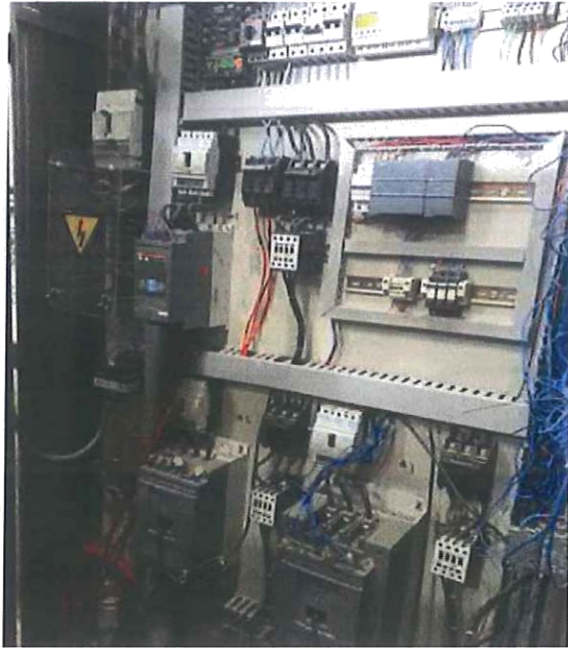
Estas tres bombas sirven para llenar el Reservorio elevado que está a una altura aproximadamente de 30 metros, el encendido y apagado de estas bombas es de forma manual y es realizada por el operador de turno. En esta estación no se cuenta con equipos de medición ni con un controlador para el encendido de los grupos de bombeo.

Las estaciones de bombeo y reservorio sur son completamente idénticas,



*Figure 14.-Reservorio elevado EB Norte*

Fuente: Tomada por los autores



*Figure 15.-Elementos de tablero de control Reservorio EB Sur*

Fuente: Tomada por los autores



*Figure 16.-Bomba de carcasa partida Reservorio EB Sur*

Fuente: Tomada por los autores

## **DEFINICIONES**

### **AUTOMATISMOS INDUSTRIALES**

Se considera un automatismo a un circuito eléctrico que es capaz de realizar secuencias lógicas sin que intervenga la mano del hombre, los automatismos se utilizan tanto en el sector industrial como en el sector doméstico donde en la actualidad ha obtenido gran acogida, los automatismos dependiendo de la concepción pueden ser cableados o pueden ser realizados mediante un controlador lógico. Los elementos que normalmente se usan para realizar algún tipo de automatismo son: relés, contactores, elementos de mando y señalización, sensores de tipo inductivo, capacitivo, etc. (Martín Catillo & García García, 2016)

#### **PLC**

Los controladores lógicos programables son aquellos equipos que realizan funciones lógicas y secuenciales, los cuales generalmente se los programa mediante un computador, estos equipos se los usan para automatizar elementos básicos hasta maquinarias complejas. Los controladores Lógicos programables en la actualidad tienen diferentes formas de programación ya sea mediante compuertas lógicas o diagramas tipo escaleras. Los equipos de alta gama utilizan software de programación e incorporan lenguajes como texto estructurado, graficet etc. (Alvarez Pulido, Controladores Lógicos, 2004)

Los controladores lógicos programables o PLC inicialmente fueron equipos que inicialmente eran de control exclusivo al control de las instalaciones de máquinas o procesos, en su evolución a través del tiempo han ido incorporando cada vez más prestaciones en forma de módulos de ampliación. (Rodríguez Penin, 2008)

#### **RTU**

Las unidades remotas son las que se encargan de almacenar la información de los instrumentos de campo procesarlos y transmitirlos hacia los sistemas de monitoreo ya sean locales como remotos, una RTU puede ser considerada también como un autómata programable, los cuales

generalmente poseen menor capacidad de procesamiento y a su vez tienen un menor consumo de energía. (Rodríguez Penin, 2008)

## MEDICIÓN DE NIVEL DE LÍQUIDOS

A nivel industrial, la medición de nivel es sumamente importante debido a que podemos controlar nivel volumen de tanques, podremos conocer niveles adecuados para controlar la operación y conocer en mucho de los casos la cantidad de materia prima que mantenemos reservada, en la actualidad existe muchísimas formas de medir el nivel de los líquidos ya sea de tipo intrusivo y no intrusivos. (Creus Solé, 2011)

## MEDIDORES DE NIVEL BASADOS EN PRESIÓN HIDROSTÁTICA.

Este tipo de equipos de medición de nivel de líquidos regularmente se los selecciona con un sensor piezoresistivo, este tipo de sensores son útiles cuando no es posible realizar mediciones por ejemplo con equipos ultrasónicos y de radar, los sensores de este tipo miden la presión manométrica que ejerce la columna de agua sobre la membrana del sensor, es decir que estarán en el fondo del tanque o reservorio, para poder soportar la sumersión durante el tiempo que dure su vida útil se debe de garantizar o seleccionar que el equipo cumpla con la certificaciones IP68. (Creus Solé, 2011)

## MEDIDORES DE NIVEL TIPO RADAR

Este tipo de sensores no son de tipo intrusivo, es decir, no se encuentran en contacto con el líquido, este tipo de equipo generalmente emite un pulso electromagnético que ronda entre los ocho y diez Ghz. Este tipo de equipos al igual que los de tipo ultrasónico calculan la medición de nivel en base al tiempo de vuelo de onda, esta técnica se mide el tiempo que le toma a la onda regresar a su punto de origen una vez que haya rebotado sobre la superficie del líquido medido. (Creus Solé, 2011)

## MEDIDORES DE PRESIÓN

Los medidores de presión para la aplicación propuesta serán para medir la presión manométrica y de tipo piezoeléctricos, este tipo de equipos son intrusivos y que su principal desventaja es que

por el contacto y las constantes variaciones de presión sufren desgaste y la medición se ve afectada, este tipo de equipos se encuentran con facilidad en el mercado. (Creus Solé, 2011)

## MEDIDORES DE CAUDAL

### MEDIDORES DE CAUDAL ULTRASÓNICO

Este tipo de tecnología se basa en la medición del tiempo de tránsito, normalmente usan dos transductores que se colocan a los costados de la tubería y estos emiten ecos uno en sentido del agua y otro en contra del sentido del agua, el eco que se emite en la dirección que va el agua llegará más rápido que el eco que va en contra esta diferencia permite calcular la velocidad del líquido y al conocer la sección se puede calcular el caudal. (Creus Solé, 2011)

### MEDIDORES DE CAUDAL ELECTROMAGNÉTICO

Este tipo de tecnología es intrusiva, el principio de funcionamiento de estos medidores es en base a la ley de Faraday que dice la tensión inducida a través de cualquier conductor, al moverse este perpendicularmente a través de un campo magnético, es proporcional a la velocidad del conductor. Para el caso del medidor de caudal este tiene dispuesto dos bobinas con las cuales se generará el campo magnético y este campo será cortado perpendicularmente por el flujo de agua, de esta forma podemos calcular la velocidad del flujo y dependiendo del diámetro del medidor de caudal y de la cantidad de agua en la brida el equipo puede calcular el caudal. (Creus Solé, 2011)

## VARIADORES DE VELOCIDAD

Los variadores de frecuencia son equipos que regulan o modifican la velocidad de rotación de los motores, modificando la frecuencia y el voltaje. Estos equipos poseen elementos de electrónicos de potencia. Otra forma de variar la velocidad de un motor de corriente alterna se consigue cambiando la frecuencia de su alimentación, mediante los denominados variadores de frecuencias o variadores de velocidad. Un variador de frecuencia es un dispositivo de electrónica de potencia, que como su propio nombre dice, es capaz de modificar la frecuencia en hercios de la alimentación de un motor. Los variadores de frecuencia se utilizan con máquinas convencionales,

que no necesitan ningún devanado especial. Trabajan entre una frecuencia mínima y una máxima, pudiéndose regular en todo el rango con suma facilidad. (Alvarez Pulido, 2000)

## ARRANCADORES SUAVES

Los arrancadores suaves o arrancadores progresivos, son dispositivos cuya electrónica es de potencia y permiten arrancar motores de inducción asíncrona de forma progresiva de tal manera que se evitan grandes picos de corriente durante el arranque. Este tipo de arrancadores permite gestionar la operación del motor, desde el arranque, plena operación y parada del mismo, este tipo de dispositivos se encuentran en el mercado con control en dos o tres de las fases activas. Se diferencian del resto de arranques ya que tenemos la posibilidad de limitar la corriente de arranque, y el motor no es llevado a carga plena de manera drástica como en un arranque directo, el arranque suave extiende el tiempo de vida útil de los equipos debido a que existe menor fatiga de los elementos mecánicos porque rompe la inercia de forma paulatina; adicional y como punto relevante para este tipo de equipos es que podemos configurar los límites de falla para la baja carga, lo cual no se puede controlar con un arranque directo o estrella triángulo que son los tipos de arranque más comunes en la industria. (Alvarez Pulido, 2000)

## SCADA

El sistema de control de supervisión y de adquisición de datos hace referencia a la combinación de adquisición de datos y telemetría y telecontrol, el SCADA recopila toda información enviada desde el PLC o RTU para ser procesada mostrando tendencias, alarmas, estado de equipo y variables requeridas para la administración de un sistema complejo. Los sistemas SCADA los encontramos abiertos o propietarios, los SCADA propietarios tienen soluciones completas de interoperabilidad entre equipos es decir con un simple click puedo llegar a observar el comportamiento de un sensor, es decir, podemos llegar hasta los niveles más bajos de la pirámide de automatización, muy diferente a los que son de tipo abiertos que se requiere de algún protocolo en específico para poder observar determinadas variables de los equipos. (Rodríguez Penin, 2013)

## COMUNICACIONES INDUSTRIALES

### ETHERNET IP

Aparece en los años 60 con el nombre de ARAPNET y se usaba para conectar ordenadores, entre los años setenta y ochenta aparece TCP/IP, el cual era un estándar para el departamento de defensa de Estados Unidos. El éxito de este tipo de redes se debió al trabajo en conjunto de empresas como IBM, AT&T, HP, cuyo desarrollo ayudo a que la identificación de fallas sea más fácil debido a l uso de la topología tipo estrella, además de abaratar los costos y simplificación del cableado. En las redes Ethernet se puede transmitir a velocidades de 10/100Mbps y hasta 1Gbps, en la actualidad es el tipo de red de mayor uso en el mundo, tanto es así que los protocolos industriales tienen su versión bajo el entorno TCP, por ejemplo, tenemos los caso de Modbus TCP, Profinet, Dnp3 TCP, Controlnet, y otras. (Rodriguez Penin, 2013)



## **CAPÍTULO 3**

### **ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

Existen diferentes tipos de tecnologías para desarrollar el diseño de la automatización y la tele gestión de cada una de las estaciones de bombeo, a continuación, para nuestro caso podemos hacer una descripción de que se necesita de forma general en cada una de las estaciones de bombeo.

Sistema SCADA, se debe de seleccionar un Sistema SCADA que sea especialista en sistemas de telemetría y sobretodo en sistemas de aguas, debe de ser de tipo abierto, es decir que acepte comunicarse con los diferentes tipos de protocolos existentes en el mercado. Los protocolos de comunicación entre el SCADA y las estaciones remotas deben de ser alguno que maneje estampas de tiempo, controlar dispositivos inteligentes, descarga de archivos, sincronización de tiempos, que se pueda transmitir bajo TCP.

El controlador o PLC debe de ser cualquiera que pueda manejar varios protocolos de comunicación y tenga varios puertos de comunicación, se requiere que el bus de campo maneje Modbus TCP o Modbus RTU, y que permita la conexión con el SCADA por otro puerto mediante DNP3 o IEC60870.

Los arrancadores suaves deben de ser del tipo de control en las tres fases y deben de traer embebida la comunicación Modbus.

Los variadores de frecuencia deben de permitir realizar control PID y como dato adicional y fundamental para el proyecto deben de tener también comunicación Modbus.

En cuanto a los sensores de nivel se deberán de usar de dos tipos uno para medir el nivel de agua existente en cada uno de los pozos, lo cual se realizará mediante sensores de nivel de presión hidrostática, cabe mencionar que estos equipos deben de tener como característica principal el grado de protección IP68 el cual le permitirá estar sumergido sin que se afecte la electrónica interna, además se requiere que este instrumento sea de dos hilos y que incluya comunicación hart.

Para la medición en los reservorios y cisternas se pretende usar sensores de nivel de tipo radar el cual debe de incluir comunicación bluetooth y hart de forma embebida, este equipo debe de ser de dos hilos y debe de ser alimentado por 24 voltios Dc.

La medición de caudal se la realizara mediante el sistema de medición clamp on, es decir el medidor de caudal a seleccionar será de tipo ultrasónico, no se sugiere que se realice la instalación de medidores de tipo electromagnético debido a que la instalación acarrearía más gastos por instalación y en algunos de los casos habrá que construir recamaras para poder realizar el montaje.

La presión de descargar se la realizar mediante sensores de tipo manométricos con membranas cerámicas para aportarle robustez al equipo y que sufra menor desgaste, el rango de medición seleccionado será de 0 a 6 bar.

El radio enlace interno entre las estaciones será con una frecuencia de 2,4 Ghz por la cercanía y deben de ser ethernet y deben de soportar la transmisión entre sus canales Modbus TCP.

Para enlazar las estaciones con el sistema SCADA se usarán radio enlaces ethernet que trabajen a la frecuencia de 900 MHz, en este punto no se usa el enlace de 2,4 debido a la distancia existente entre las estaciones de bombeo y el centro de control que estará ubicado en el centro de Milagro.

## CAPÍTULO 4

### DESARROLLO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

En primera instancia se desarrollará el método de operación de cada una de las estaciones de bombeo para luego desarrollar el tipo de equipos e instrumentos necesarios para poder controlar cada uno de los equipos electromecánicos.

#### ESTACION DE BOMBEO MARIA TERESA Y BANCO DE ARENA#3

Estas estaciones son idénticas por tal razón se realizará solo una memoria de operación, cabe recalcar que estas estaciones son de tipo Booster, es decir toma el agua del pozo y directamente lo inyecta a el anillo hidráulico de descarga.

#### **Introducción de operación**

Las estaciones de bombeo se componen de una bomba centrífuga y trifásica, las cuales son comandadas por dos variadores de frecuencia desde un tablero de control y fuerza, el cual además contiene un sin número de dispositivos que garantizan su funcionalidad, los cuales citamos a continuación:

1. Interface Hombre Máquina HMI o panel de operador.
2. Medidor de parámetros eléctricos.
3. Supervisor de voltaje.
4. Supresor de transientes.
5. Enlace de radio para comunicación con la estación de medición de cloro remota.
6. Radio RIPEX para enlace de la estación al Sistema SCADA de EPAMIL.

La estación contará con un medidor de nivel de tipo hidrostático para conocer en todo tiempo el nivel del pozo, una boya o electrodos de nivel bajo que se constituye como la protección contra la operación en vacío de los grupos de bombeo que también se ubicaran dentro del pozo, un interruptor de presión y un transductor de presión que se ubicarán en la línea de descarga de esta estación para evitar la sobre presión en la red, seis sensores de posición o micro switch que permitirán determinar el estado de apertura y cierre de las válvulas de descarga y desagüe de cada grupo de bombeo y un caudalímetro que va ubicado en la línea de descarga de la estación.

La parametrización de todas las variables de presión, nivel y caudal deben poderse ingresar desde el panel del operador o desde el Sistema SCADA y serán definidas por el personal de operaciones de EPAMIL en base a lo requerido por ellos.

### **Modos de Operación**

El control del encendido de los grupos de bombeo es comandado desde el tablero de control y fuerza, siendo los modos de operación los que se definen a continuación:

1. Posición del selector en Modo Apagado o “0”, en el cual no es posible el funcionamiento de la estación.
2. Posición del selector en el Modo Manual, en el cual el encendido y apagado de los grupos es comandado a través de los pulsadores de marcha y paro dispuestos para tal fin dentro del tablero de control para las bombas.
3. Posición del selector en el Modo Automático, en el cual el controlador es quien comanda el encendido y apagado de los grupos de bombeo en función del nivel presente en el pozo y la presión de descarga en la red.

La visualización del estado de operación de la estación es constante y se realiza en forma local en el panel del operador y, en forma remota, en la Sala de Control desde el Sistema SCADA el cual se comunica vía radio con la Estación utilizando una radio RIPEX que emplea el protocolo de comunicación DNP3 TCP para enlazarse al sistema SCADA.

Se aclara que la comunicación entre los elementos internos del tablero de control y fuerza debe hacerse a través del protocolo de comunicaciones Modbus TCP sobre el medio físico Ethernet;

además existe la opción de comandar el encendido y apagado de los grupos de bombeo desde la Sala de Control por medio del Sistema SCADA, opción que llamamos Control Remoto, siempre y cuando el sistema se encuentre en el modo automático de operación.

### **Modo de Operación Apagado**

En el modo de operación Apagado no es factible el funcionamiento de la Estación. Se ingresa al mismo colocando el selector del tablero de control en la posición 0 normalmente cuando se requiere realizar labores de mantenimiento.

### **Modo de Operación Manual**

En el modo de operación Manual, al cual se ingresa colocando el selector del tablero de control en la posición de manual, el arranque o parada de los grupos de bombeo queda a criterio del operador y se realiza a través de los pulsadores de marcha (color verde) y paro (color rojo) dispuestos para cada bomba, dentro del modo Manual de operación las bombas no encenderán o se apagarán de alcanzarse las siguientes condiciones, protecciones y/o restricciones del bombeo:

1. Nivel bajo en el pozo, dada por el electrodo de nivel que restringe la operación de las bombas centrífugas, que constituye la protección contra la operación en vacío de estos grupos de bombeo.
2. Supervisor de voltaje en falla.
3. Supresor de transientes en falla.
4. Pulsador de paro de emergencia activo.
5. Bomba en falla.
6. Cambio del selector de manual – 0 – automático de la posición de manual a la posición de apagado o de automático.

Además, se recuerda que los valores de trabajo serán definidos por el personal de operaciones de EPAMIL.

## **Modo de Operación Automático**

En el modo de operación automático, al cual se ingresa colocando el selector del tablero en la posición de automático, el arranque o parada de los grupos de bombeo, es comandado por el controlador de la Estación en función de la presión de descarga.

Como se indicó anteriormente, todos los parámetros que permiten la operación de estos sistemas de un modo u otro serán definidos por personal de operaciones de EPAMIL y, deben poderse fijar por intermedio tanto del panel del operador como desde la Sala de Control a través del Sistema SCADA.

El funcionamiento de la estación de bombeo está ligado a la medición de presión en la red cuando el selector del tablero de control y fuerza se encuentra en la posición de automático. Si se da la condición de presión baja en la presión de descarga, enciende la bomba la cual permanece encendida hasta cuando se alcance la condición de presión alta.

No obstante, existen otras condiciones y o fallas que hacen que la bomba o bombas en servicio se detengan, las mismas que se indican a continuación:

1. Nivel bajo en pozo, que constituye la protección contra la operación en vacío de los grupos de bombeo.
2. Presión alta en la línea de descarga.
3. Activación del pulsador de paro de emergencia.
4. Falla del supervisor de voltaje.
5. Falla del supresor de transientes.
6. Falla de bomba.
7. Válvulas de descarga y de desagüe del grupo de bombeo en servicio cerradas o en falla. Se recuerda que la posición adecuada de ambas válvulas para la operación del sistema es abierta para la descarga y cerrada para el desagüe.
8. Cambio del selector de manual – 0 – automático de la posición de automático a las posiciones de apagado o manual.

Debe implementarse que la falla pueda ser borrada desde el panel del operador siempre y, desde la Sala de Control a través del Sistema SCADA hasta por una ocasión válida. Es decir que, si el grupo se va a falla por segunda ocasión, ésta solo podrá ser borrada en la Estación desde el panel del operador una vez que personal de mantenimiento haya acudido a revisar la situación particular.

Por otro lado, en la situación de que el control de presión haya sido definido por medición continua y este elemento se encuentre en falla, el bombeo se detendrá cuando el interruptor de presión indique sobrepresión y, volverá a encender, cuando el interruptor de presión indique que se ha alcanzado la condición de presión baja.

En general, todas las condiciones indicadas son analizadas por el controlador de la estación, mientras que los límites operacionales de los parámetros de nivel del pozo y de la presión de descarga y caudal serán definidos y confirmados por el personal de operaciones de EPAMIL, debiendo poder ser ingresados tanto desde el panel del operador y como desde el Sistema SCADA.

Se solicita implementar la alarma “Presión de trabajo anormal”, la cual se da cuando la presión de descarga está por debajo del límite bajo, con esta alarma podremos conocer si el grupo de bombeo se encuentra deficiente o existe alguna fuga en la red de distribución. Esta alarma no genera acción de control ninguna, pero se visualiza tanto a nivel del panel del operador como del Sistema SCADA y generar una alerta.

### **Control Remoto**

Permite el encendido y apagado de los grupos de bombeo desde la Sala de Control a través del Sistema SCADA, siempre y cuando el selector del tablero de control se encuentre en la posición de automático.

Al ingresar a este estado, los grupos de bombeo en operación deben apagarse y esperar por los comandos de encendido y apagado para funcionar o dejar de operar respectivamente.

Dentro de esta forma de control de la estación se deben considerar las siguientes condiciones y / o fallas para detener el bombeo:

1. Supervisor de voltaje en falla.

2. Supresor de transientes en falla.
3. Pulsador de paro de emergencia activo.
4. Nivel bajo en pozo, que constituye la protección contra la operación en vacío de los grupos de bombeo.
5. Nivel de presión de descarga elevada dado por el sensor de presión o por el interruptor de nivel.
6. Falla de Bomba.
7. Cambio del selector de manual – 0 – automático de la posición de automático a las posiciones de apagado o manual.

Se indica que, en la situación de detenerse el bombeo por cualquiera de las razones indicadas, para que la bomba vuelva a encender debe darse nuevamente la orden de encendido desde la Sala de Control a través del Sistema SCADA.

Adicional desde el Sistema SCADA se pueden realizar las acciones que se citan a continuación sin necesidad de tomar obligatoriamente el control remoto de la estación:

1. Habilitar o deshabilitar bombas.
2. Borrar fallas de las bombas hasta una sola vez válida. En el caso de que el grupo entre en falla por segunda ocasión, personal de mantenimiento debe acudir a revisar la situación particular.
3. Cambiar valores máximos, mínimos, operacionales alto y bajo de las señales de presión y caudal, valores máximos, mínimos, presiones máximas, mínimas.

### **Operación del Panel Operador**

El panel del operador es la interface entre el sistema de control y el usuario que permite visualizar en todo momento el estado de operación de la Estación, a la vez que permite introducir datos de calibración como son los valores mínimo, máximo y operacionales alto y bajo de las variables de presión de descarga de las bombas y de caudal, valores mínimo, máximo y operacionales de presión, alto, bajo, normal, anormal, borrar las fallas de los variadores de frecuencia, habilitar y deshabilitar grupos de bombeo, entre otros. Como se había mencionado antes, estas opciones también pueden realizarse desde la Sala de Control por intermedio del Sistema SCADA.



A continuación, se describen las pantallas que deben configurarse para representar este sistema:

1. Pantalla Principal, la cual contiene el acceso directo al resto de pantallas [Vista general del Sistema, Estado del Sistema, Configuración del Sistema, Alarmas y Eventos e Históricos] por un lado y la opción del ingreso de usuario y contraseña que restringe el acceso a la configuración del sistema.
2. Vista General del Sistema, la cual esquematiza el funcionamiento de los grupos de bombeo que toman el agua del pozo y la conducen hacia la descarga. En esta pantalla se distingue visualmente el estado de los grupos de bombeo por colores [Encendidos con color verde; apagados con el color normal de la bomba; en falla con color rojo; y, deshabilitados con una coloración más clara y/o transparencia de la bomba y una X] , se esquematizan las válvulas existentes, se grafican el interruptor y sensor de presión en la línea de descarga de las bombas, los medidores de nivel tanto del pozo y el caudalímetro ubicado en la descarga mostrando los valores medidos en bares, metros y litros por segundo respectivamente, que corresponden a las unidades de medición que se deben emplear.
3. Estado del Sistema es una pantalla que lista la información siguiente: Control de Estación (Local / Remoto), Modo de Operación (Manual / Estación Apagada / Automático), Paro de Emergencia (Activado / Desactivado), Supervisor de Voltaje (Normal / En Falla), Supresor de Transientes (Normal / En falla), , Estado del Enlace de Radio (Normal / En falla).
4. El acceso a la pantalla de configuración se encuentra restringido al ingreso del usuario y contraseña que se realiza en la Pantalla Principal del panel del operador. Este ingreso genera la señal de usuario del panel de operador, que se visualiza tanto localmente en el panel del operador como remotamente en el Sistema SCADA y tiene un límite de tiempo por inactividad de cinco minutos para la situación de que el usuario no cierre su sesión. La pantalla de Configuración lista las siguientes opciones: Presión de Descarga, Nivel del Pozo, Caudal de Descarga, Control de Nivel del Pozo, Condición de Bombas (Habilitación / Deshabilitación), Configuración del Panel de Operador.
5. En la pantalla de Presión de Descarga deben colocarse los campos de Presión Máxima, Presión Alta, Presión Baja, Presión Mínima, Presión Normal, Presión Anormal. En las pantallas de Nivel del pozo Nivel Máximo, Nivel Alto, Nivel Bajo, Nivel Bajo, Nivel Mínimo.

En la pantalla Caudal del Sector Tanque Elevado deben considerarse los campos de Caudal Máximo, Caudal Alto, Caudal Bajo y, Caudal Mínimo.

La pantalla de Condición de Bombas muestra el estado de habilitación de cada bomba e incluye un botón por bomba para cambiar dicho estado. Muestra además una esquematización de las bombas que coincide con la indicada anteriormente en este mismo documento. La última opción, Configuración del Panel del Operador, permite acceder al menú de configuración del panel del operador sin necesidad de utilizar un computador para ello.

6. En la pantalla de Alarmas y Eventos se muestran todas las alarmas y eventos que se generan en la Estación.
7. La pantalla de Históricos lista los parámetros de Presión de Descarga, Nivel del Pozo, Caudal de descarga, Corriente de la Bomba 1, al ingresar a cada submenú se visualiza la gráfica de cada variable en función del tiempo, en la esquina superior derecha se aprecia el valor actual y como asíntotas los límites alto y bajo, condición que aplica únicamente para las variables de presión, nivel y caudal.
8. Las pantallas de Parámetros Eléctricos de cada Bomba muestran los valores de Voltajes de Línea a Línea [V], Corrientes de Línea [A], Potencia Activa [KW], Energía [KW/H], Horómetro del arrancador de las bombas [Horas].

## **ESTACION DE BOMBEO NORTE Y SUR**

Estas estaciones son idénticas por tal razón se realizará solo una memoria de operación y funcionamiento, cabe recalcar que estas estaciones son de tipo Booster, es decir toma el agua del pozo y directamente lo inyecta a el anillo hidráulico de descarga.

### **Introducción de operación**

Las estaciones de bombeo se componen de una bomba centrífuga y trifásica, las cuales son comandadas por dos arrancadores suaves, desde un tablero de control y fuerza, el cual además contiene un sin número de dispositivos que garantizan su funcionalidad, los cuales citamos a continuación:

1. Interface Hombre Máquina HMI o panel de operador.

2. Medidor de parámetros eléctricos.
3. Supervisor de voltaje.
4. Supresor de transientes.
5. Enlace de radio para comunicación con la estación de medición de cloro remota.
6. Enlace de radio para comunicarse con el reservorio norte y sur respectivamente.
7. Radio RIPEX para enlace de la estación al Sistema SCADA de EPAMIL.

La estación contará con un medidor de nivel de tipo hidrostático para conocer en todo tiempo el nivel del pozo, una boya o electrodos de nivel bajo que se constituye como la protección contra la operación en vacío de los grupos de bombeo que también se ubicaran dentro del pozo, un interruptor de presión y un transductor de presión que se ubicarán en la línea de descarga de esta estación para evitar la sobre presión en la red, seis sensores de posición o micro switch que permitirán determinar el estado de apertura y cierre de las válvulas de descarga y desagüe de cada grupo de bombeo y un caudalímetro que va ubicado en la línea de descarga de la estación.

La parametrización de todas las variables de presión, nivel y caudal deben poderse ingresar desde el panel del operador o desde el Sistema SCADA y serán definidas por el personal de operaciones de EPAMIL en base a lo requerido por ellos.

### **Modos de Operación**

El control del encendido de los grupos de bombeo es comandado desde el tablero de control y fuerza, siendo los modos de operación los que se definen a continuación:

1. Posición del selector en Modo Apagado o “0”, en el cual no es posible el funcionamiento de la estación.
2. Posición del selector en el Modo Manual, en el cual el encendido y apagado de los grupos es comandado a través de los pulsadores de marcha y paro dispuestos para tal fin dentro del tablero de control para las bombas.
3. Posición del selector en el Modo Automático, en el cual el controlador es quien comanda el encendido y apagado de los grupos de bombeo en función del nivel presente en el pozo y la presión de descarga en la red.

La visualización del estado de operación de la estación es constante y se realiza en forma local en el panel del operador y, en forma remota, en la Sala de Control desde el Sistema SCADA el cual se comunica vía radio con la Estación utilizando una radio RIPEX que emplea el protocolo de comunicación DNP3 TCP para enlazarse al sistema SCADA. La comunicación entre el Reservorio Norte y Sur con las estaciones de bombeo Norte y Sur se las realizará con radios Datalinc las cuales trabajaran a una frecuencia de 2,4 Ghz.

Se aclara que la comunicación entre los elementos internos del tablero de control y fuerza debe hacerse a través del protocolo de comunicaciones Modbus TCP sobre el medio físico Ethernet; además existe la opción de comandar el encendido y apagado de los grupos de bombeo desde la Sala de Control por medio del Sistema SCADA, opción que llamamos Control Remoto, siempre y cuando el sistema se encuentre en el modo automático de operación.

### **Modo de Operación Apagado**

En el modo de operación Apagado no es factible el funcionamiento de la Estación. Se ingresa al mismo colocando el selector del tablero de control en la posición 0 normalmente cuando se requiere realizar labores de mantenimiento.

### **Modo de Operación Manual**

En el modo de operación Manual, al cual se ingresa colocando el selector del tablero de control en la posición de manual, el arranque o parada de los grupos de bombeo queda a criterio del operador y se realiza a través de los pulsadores de marcha (color verde) y paro (color rojo) dispuestos para cada bomba, dentro del modo Manual de operación las bombas no encenderán o se apagarán de alcanzarse las siguientes condiciones, protecciones y/o restricciones del bombeo:

1. Nivel bajo en el pozo, dada por el electrodo de nivel que restringe la operación de las bombas centrífugas, que constituye la protección contra la operación en vacío de estos grupos de bombeo.
2. Supervisor de voltaje en falla.
3. Supresor de transientes en falla.
4. Pulsador de paro de emergencia activo.

5. Bomba en falla.
6. Cambio del selector de manual – 0 – automático de la posición de manual a la posición de apagado o de automático.

Además, se recuerda que los valores de trabajo serán definidos por el personal de operaciones de EPAMIL.

### **Modo de Operación Automático**

En el modo de operación automático, al cual se ingresa colocando el selector del tablero en la posición de automático, el arranque o parada de los grupos de bombeo, es comandado por el controlador de la Estación en función de la presión de descarga.

Como se indicó anteriormente, todos los parámetros que permiten la operación de estos sistemas de un modo u otro serán definidos por personal de operaciones de EPAMIL y, deben poderse fijar por intermedio tanto del panel del operador como desde la Sala de Control a través del Sistema SCADA.

El funcionamiento de la estación de bombeo está ligado a las cisternas de cada estación cuando el selector del tablero de control y fuerza se encuentra en la posición de automático. Si se da la condición de nivel bajo de las cisternas de los reservorios, enciende la bomba la cual permanece encendida hasta cuando se alcance la condición de nivel alto.

No obstante, existen otras condiciones y o fallas que hacen que la bomba o bombas en servicio se detengan, las mismas que se indican a continuación:

1. Nivel bajo en pozo, que constituye la protección contra la operación en vacío de los grupos de bombeo.
2. Presión alta en la línea de descarga.
3. Activación del pulsador de paro de emergencia.
4. Falla del supervisor de voltaje.
5. Falla del supresor de transientes.
6. Falla de bomba.

7. Válvulas de descarga y de desagüe del grupo de bombeo en servicio cerradas o en falla. Se recuerda que la posición adecuada de ambas válvulas para la operación del sistema es abierta para la descarga y cerrada para el desagüe.
8. Cambio del selector de manual – 0 – automático de la posición de automático a las posiciones de apagado o manual.
9. Nivel alto de la cisterna de los reservorios elevados

Debe implementarse que la falla pueda ser borrada desde el panel del operador siempre y, desde la Sala de Control a través del Sistema SCADA hasta por una ocasión válida. Es decir que, si el grupo se va a falla por segunda ocasión, ésta solo podrá ser borrada en la Estación desde el panel del operador una vez que personal de mantenimiento haya acudido a revisar la situación particular.

Por otro lado, en la situación de que el control de la cisterna del reservorio haya sido definido por medición continua y este elemento se encuentre en falla, el bombeo se detendrá cuando los electrodos de nivel indiquen que el nivel de las cisternas de los reservorios se encuentra en alto, volverá a encender, cuando el electrodo de nivel indique que se ha alcanzado la condición de nivel bajo.

En general, todas las condiciones indicadas son analizadas por el controlador de la estación, mientras que los límites operacionales de los parámetros de nivel de la cisterna y de la presión de descarga y caudal serán definidos y confirmados por el personal de operaciones de EPAMIL, debiendo poder ser ingresados tanto desde el panel del operador y como desde el Sistema SCADA.

Se solicita implementar la alarma “Presión de trabajo anormal”, la cual se da cuando la presión de descarga está por debajo del límite bajo, con esta alarma podremos conocer si el grupo de bombeo se encuentra deficiente o existe alguna fuga. Esta alarma no genera acción de control ninguna, pero se visualiza tanto a nivel del panel del operador como del Sistema SCADA y generar una alerta.

### **Control Remoto**

Permite el encendido y apagado de los grupos de bombeo desde la Sala de Control a través del Sistema SCADA, siempre y cuando el selector del tablero de control se encuentre en la posición de automático.

Al ingresar a este estado, los grupos de bombeo en operación deben apagarse y esperar por los comandos de encendido y apagado para funcionar o dejar de operar respectivamente.

Dentro de esta forma de control de la estación se deben considerar las siguientes condiciones y / o fallas para detener el bombeo:

1. Supervisor de voltaje en falla.
2. Supresor de transientes en falla.
3. Pulsador de paro de emergencia activo.
4. Nivel alto en la cisterna de los reservorios, que constituye la protección contra rebose.
5. Nivel de presión de descarga elevada dado por el sensor de presión o por el interruptor de nivel, en caso de que la válvula de descarga de la estación este cerrado o la válvula de ingreso del reservorio se encuentre cerrada.
6. Falla de Bomba.
7. Cambio del selector de manual – 0 – automático de la posición de automático a las posiciones de apagado o manual.

Se indica que, en la situación de detenerse el bombeo por cualquiera de las razones indicadas, para que la bomba vuelva a encender debe darse nuevamente la orden de encendido desde la Sala de Control a través del Sistema SCADA.

Adicional desde el Sistema SCADA se pueden realizar las acciones que se citan a continuación sin necesidad de tomar obligatoriamente el control remoto de la estación:

1. Habilitar o deshabilitar bombas.
2. Borrar fallas de las bombas hasta una sola vez válida. En el caso de que el grupo entre en falla por segunda ocasión, personal de mantenimiento debe acudir a revisar la situación particular.
3. Cambiar valores máximos, mínimos, operacionales alto y bajo de las señales de presión y caudal, valores máximos, mínimos, presiones máximas, mínimas.

## **Operación del Panel Operador**

El panel del operador es la interface entre el sistema de control y el usuario que permite visualizar en todo momento el estado de operación de la Estación, a la vez que permite introducir datos de calibración como son los valores mínimo, máximo y operacionales alto y bajo de las variables de presión de descarga de las bombas y de caudal, valores mínimo, máximo y operacionales de presión, alto, bajo, normal, anormal, borrar las fallas de los arrancadores suaves, habilitar y deshabilitar grupos de bombeo, entre otros. Como se había mencionado antes, estas opciones también pueden realizarse desde la Sala de Control por intermedio del Sistema SCADA.

A continuación, se describen las pantallas que deben configurarse para representar este sistema:

1. Pantalla Principal, la cual contiene el acceso directo al resto de pantallas [Vista general del Sistema, Estado del Sistema, Configuración del Sistema, Alarmas y Eventos e Históricos] por un lado y la opción del ingreso de usuario y contraseña que restringe el acceso a la configuración del sistema.
2. Vista General del Sistema, la cual esquematiza el funcionamiento de los grupos de bombeo que toman el agua del pozo y la conducen hacia la descarga. En esta pantalla se distingue visualmente el estado de los grupos de bombeo por colores [Encendidos con color verde; apagados con el color normal de la bomba; en falla con color rojo; y, deshabilitados con una coloración más clara y/o transparencia de la bomba y una X] , se esquematizan las válvulas existentes, se grafican el interruptor y sensor de presión en la línea de descarga de las bombas, los medidores de nivel tanto del pozo y el caudalímetro ubicado en la descarga mostrando los valores medidos en bares, metros y litros por segundo respectivamente, que corresponden a las unidades de medición que se deben emplear.
3. Estado del Sistema es una pantalla que lista la información siguiente: Control de Estación (Local / Remoto), Modo de Operación (Manual / Estación Apagada / Automático), Paro de Emergencia (Activado / Desactivado), Supervisor de Voltaje (Normal / En Falla), Supresor de Transientes (Normal / En falla), Estado del Enlace de Radio (Normal / En falla).
4. El acceso a la pantalla de configuración se encuentra restringido al ingreso del usuario y contraseña que se realiza en la Pantalla Principal del panel del operador. Este ingreso genera la señal de usuario del panel de operador, que se visualiza tanto localmente en el panel del



operador como remotamente en el Sistema SCADA y tiene un límite de tiempo por inactividad de cinco minutos para la situación de que el usuario no cierre su sesión. La pantalla de Configuración lista las siguientes opciones: Presión de Descarga, Nivel del Pozo, Caudal de Descarga, Control de Nivel del Pozo, Condición de Bombas (Habilitación / Deshabilitación), Configuración del Panel de Operador.

En la pantalla de Presión de Descarga deben colocarse los campos de Presión Máxima, Presión Alta, Presión Baja, Presión Mínima, Presión Normal, Presión Anormal. En las pantallas de Nivel del pozo Nivel Máximo, Nivel Alto, Nivel Bajo, Nivel Mínimo. En las pantallas de Nivel de la cisterna de los reservorios Nivel Máximo, Nivel Alto, Nivel Bajo, Nivel Mínimo. En la pantalla Caudal del Sector Tanque Elevado deben considerarse los campos de Caudal Máximo, Caudal Alto, Caudal Bajo y, Caudal Mínimo. La pantalla de Condición de Bombas muestra el estado de habilitación de cada bomba e incluye un botón por bomba para cambiar dicho estado. Muestra además una esquematización de las bombas que coincide con la indicada anteriormente en este mismo documento. La última opción, Configuración del Panel del Operador, permite acceder al menú de configuración del panel del operador sin necesidad de utilizar un computador para ello.

5. En la pantalla de Alarmas y Eventos se muestran todas las alarmas y eventos que se generan en la Estación.
6. La pantalla de Históricos lista los parámetros de Presión de Descarga, Nivel del Pozo, Nivel de la Cisterna, Caudal de descarga, Corriente de la Bomba 1, al ingresar a cada submenú se visualiza la gráfica de cada variable en función del tiempo, en la esquina superior derecha se aprecia el valor actual y como asíntotas los límites alto y bajo, condición que aplica únicamente para las variables de presión, nivel y caudal.
7. Las pantallas de Parámetros Eléctricos de cada Bomba muestran los valores de Voltajes de Línea a Línea [V], Corrientes de Línea [A], Potencia Activa [KW], Energía [KW/H], Horómetro del arrancador de las bombas [Horas].

## **ESTACION DE BOMBEO RESERVORIO NORTE Y SUR.**

### Introducción

La estación de bombeo se compone de tres bombas centrífugas trifásicas con succión negativa, las cuales son comandadas por tres arrancadores suaves desde un tablero de control y fuerza, el cual además contiene un sin número de dispositivos que garantizan su funcionalidad, los cuales citamos a continuación:

1. Interface Hombre Máquina HMI o panel de operador.
2. Medidor de parámetros eléctricos.
3. Supervisor de voltaje.
4. Supresor de transientes.
5. Enlace de radio para comunicación con la estación de bombeo sur y norte respectivamente.
6. Radio RIPEX para enlace de la estación al Sistema SCADA de EPAMIL.

Además de instrumentación consistente en dos medidores de nivel que estarán ubicados en la cisterna y en el tanque elevado, una boya de nivel bajo bajo que se constituye como la protección contra la operación en vacío de los grupos de bombeo que se ubicará en la cisterna, dos electrodos de nivel alto y bajo que se colocarán en el tanque elevado, un interruptor de presión y un transductor de presión que se ubicarán en la línea de descarga hacia el reservorio elevado, doce sensores de posición que permitirán determinar el estado de apertura y cierre de las válvulas de succión y de descarga de cada grupo de bombeo, un caudalímetro que va ubicado en la línea de descarga de la estación, aunque también puede ser ubicado en la descarga del tanque elevado.

Para resumir la operación de este sistema, los grupos de bombeo trifásicos de la estación de bombeo toman el agua de la cisterna a través de la tubería de aducción, siendo su objetivo bombearla a través de la tubería de impulsión para llenar el tanque elevado de la estación norte y sur respectivamente. De esta forma se garantiza el suministro de agua potable por gravedad a los moradores del sector. La parametrización de todas las variables de presión, nivel y caudal deben poderse ingresar desde el panel del operador o desde el Sistema SCADA y será definida por el personal de operaciones de EPAMIL en base a las necesidades de la red.

### **Modos de Operación**

El control del encendido de los grupos de bombeo es comandado desde el tablero de control y fuerza, siendo los modos de operación los que se definen a continuación:

1. Posición del selector en Modo Apagado o “0”, en el cual no es posible el funcionamiento de la estación.
2. Posición del selector en el Modo Manual, en el cual el encendido y apagado de los grupos es comandado a través de los pulsadores de marcha y paro dispuestos para tal fin dentro del tablero de control para todas las bombas.
3. Posición del selector en el Modo Automático, en el cual el controlador es quien comanda el encendido y apagado de los grupos de bombeo en función del nivel presente en la cisterna y en el tanque elevado.

La visualización del estado de operación de la estación es constante y se realiza en forma local en el panel del operador y, en forma remota, en la Sala de Control desde el Sistema SCADA el cual se comunica vía radio con la Estación utilizando una radio RIPEX que emplea el protocolo de comunicación DNP3 sobre TCP.

Se aclara que la comunicación entre los elementos internos del tablero de control y fuerza debe hacerse a través del protocolo de comunicaciones Modbus TCP sobre el medio físico Ethernet.

Además, existe la opción de comandar el encendido y apagado de los grupos de bombeo desde la Sala de Control por medio del Sistema SCADA, opción que llamamos Control Remoto, siempre y cuando el sistema se encuentre en el modo automático de operación.

### **Modo de Operación Apagado**

En el modo de operación Apagado no es factible el funcionamiento de la estación. Se ingresa al mismo colocando el selector del tablero de control en la posición 0 normalmente cuando se requiere realizar labores de mantenimiento.

### **Modo de Operación Manual**

En el modo de operación Manual, al cual se ingresa colocando el selector del tablero de control en la posición de manual, el arranque o parada de los grupos de bombeo queda a criterio

del operador y se realiza a través de los pulsadores de marcha (color verde) y paro (color rojo) dispuestos para cada bomba. Dentro del modo Manual de operación las bombas no encenderán o se apagarán de alcanzarse las siguientes condiciones, protecciones y/o restricciones del bombeo:

1. Nivel bajo en la cisterna, dada por la boya respectiva que restringe la operación de las bombas centrífugas, que constituye la protección contra la operación en vacío de estos grupos de bombeo.

2. Supervisor de voltaje en falla.

3. Supresor de transientes en falla.

4. Pulsador de paro de emergencia activo.

5. Bomba en falla.

6. Cambio del selector de manual – 0 – automático de la posición de manual a la posición de apagado o de automático. Además, se recuerda que los valores de trabajo serán definidos por el personal de operaciones de EPAMIL en función de lo que crean conveniente para la operación. También se aclara que de no existir restricciones de carácter eléctrico por la capacidad del transformador y de carácter mecánico por la capacidad de la tubería de impulsión, las tres bombas pueden llegar a estar encendidas en forma simultánea.

### **Modo de Operación Automático**

En el modo de operación automático, al cual se ingresa colocando el selector del tablero en la posición de automático, el arranque o parada de los grupos de bombeo es comandado por el controlador de la Estación en función del nivel en la cisterna y en el tanque elevado de esta estación. Como se indicó anteriormente, todos los parámetros que permiten la operación de estos sistemas de un modo u otro serán definidos por personal de operaciones de EPAMIL y deben poderse fijar por intermedio tanto del panel del operador como desde la Sala de Control a través del Sistema SCADA. Se recalca también que dentro de lo que se refiere al sistema de control de este sistema, se contempla realizar el encendido, apagado, alternancia y protección de los grupos por falla. El funcionamiento de la estación de bombeo está ligado a la medición de nivel del tanque elevado cuando el selector del tablero de control y fuerza se encuentra en la

posición de automático. Si se da la condición de nivel bajo en este tanque, ya sea que nos encontremos trabajando con la opción de control de nivel del tanque elevado por boyas o por sensor de nivel, enciende la bomba con prioridad primaria, la cual permanece encendida hasta cuando se alcance la condición de nivel alto. Si con un grupo de bombeo en funcionamiento no se alcanza la condición de nivel alto y se da la condición de nivel bajo bajo, la cual aplica solo para el control de nivel por sensor de nivel, o si transcurre el tiempo T1 de espera de encendido de la bomba con prioridad secundaria, ésta se pone en operación para ayudar a la bomba primaria. Esto por cuanto con un solo grupo operando no ha sido posible cumplir hasta ese instante el objetivo planteado de llenar el tanque elevado de esta estación, si transcurre un tiempo T2 y aun así con dos bombas encendidas no llegan al nivel alto del tanque elevado entrara en operación la bomba con prioridad terciaria para poder llenar el tanque elevado de la estación. Cabe señalarse que las bombas apagan respetando su prioridad u orden de encendido al alcanzarse la condición de nivel alto en el tanque elevado. No obstante, existen otras condiciones y o fallas que hacen que la bomba o bombas en servicio se detengan, las mismas que se indican a continuación:

1. Nivel bajo bajo en la cisterna, que constituye la protección contra la operación en vacío de los grupos de bombeo.
2. Presión alta en la línea de descarga.
3. Activación del pulsador de paro de emergencia.
4. Falla del supervisor de voltaje.
5. Falla del supresor de transientes.
6. Falla de bomba.
7. Falla del enlace de radio.
8. Válvulas de succión y de descarga del grupo de bombeo en servicio cerradas o en falla. Se recuerda que la posición adecuada de ambas válvulas para la operación del sistema es abierta.
9. Cambio del selector de manual – 0 – automático de la posición de automático a las posiciones de apagado o manual.

Se aclara que una falla de bomba puede ocurrir cuando el arrancador suave detecta una falla. En términos generales, cuando se produce la falla del grupo de bombeo en servicio, éste debe

ser reemplazado por el grupo en reserva. Debe implementarse que la falla pueda ser borrada desde el panel del operador siempre y, desde la Sala de Control a través del Sistema SCADA hasta por una ocasión válida. Es decir que, si el grupo se va a falla por segunda ocasión, ésta solo podrá ser borrada en la Estación desde el panel del operador una vez que personal de mantenimiento haya acudido a revisar la situación particular. Por otro lado, en la situación de que el control de nivel del tanque elevado haya sido definido por medio del medidor de nivel y este elemento se encuentre en falla, el bombeo se detendrá cuando la boya de nivel alto se encuentre activada y, volverá a encender, cuando la boya de nivel bajo indique que se ha alcanzado esta condición. Esto implica un cambio automático del control de nivel del tanque elevado de por sensor de nivel a por boya. En general, todas las condiciones indicadas son analizadas por el controlador de la estación, mientras que los límites operacionales de los parámetros de nivel de la cisterna y del tanque elevado, presión de descarga y caudal serán definidos y confirmados por el personal de operaciones de EPAMIL, debiendo poder ser ingresados tanto desde el panel del operador y como desde el Sistema SCADA. Se solicita implementar la alarma “Presión de trabajo anormal”, la cual se da cuando la presión de descarga está por debajo del límite bajo con uno o dos grupos de bombeo en servicio. Esta alarma no genera acción de control ninguna, pero se visualiza tanto a nivel del panel del operador como del Sistema SCADA

Independientemente del tipo de control de nivel que se encuentre activo, cada vez que se detenga el bombeo, ya sea porque se alcanzó una condición que así lo determine o porque se produjo una falla, se debe alternarse la operación de las bombas para garantizar que estos equipos rindan su vida útil. Esto significa que, al alcanzarse la condición de nivel bajo en el tanque elevado, enciende la bomba con prioridad primaria, bomba 1 por ejemplo. Si transcurre el tiempo T1 antes de alcanzar la condición de nivel alto en el tanque elevado o el nivel se encuentra por debajo del límite bajo, encenderá la bomba con prioridad secundaria, en este caso la bomba 2 y si aun así no llenan el tanque elevado encenderá la bomba 3 luego de transcurrir el tiempo T2 permaneciendo en funcionamiento los tres grupos de bombeo hasta alcanzarse la condición de nivel de alto.

### **Control Remoto**

Permite el encendido y apagado de los grupos de bombeo desde la Sala de Control a través del Sistema SCADA, siempre y cuando el selector del tablero de control se encuentre en la posición de automático. Al ingresar a este estado, los grupos de bombeo en operación deben apagarse y esperar por los comandos de encendido y apagado para funcionar o dejar de operar respectivamente. Dentro de esta forma de control de la estación se deben considerar las siguientes condiciones y / o fallas para detener el bombeo:

1. Supervisor de voltaje en falla.
2. Supresor de transientes en falla.
3. Pulsador de paro de emergencia activo.
4. Nivel bajo en la cisterna, que constituye la protección contra la operación en vacío de los grupos de bombeo.
5. Nivel del tanque elevado alto dado por el sensor de nivel o por la boya respectiva dependiendo del tipo de control de nivel se encuentra activo.
6. Falla de Bomba.
7. Cambio del selector de manual – 0 – automático de la posición de automático a las posiciones de apagado o manual.

Se indica que en la situación de detenerse el bombeo por cualquiera de las razones indicadas, para que la bomba vuelva a encender debe darse nuevamente la orden de encendido desde la Sala de Control a través del Sistema SCADA. Adicional desde el Sistema SCADA se pueden realizar las acciones que se citan a continuación sin necesidad de tomar obligatoriamente el control remoto de la estación:

1. Habilitar o deshabilitar bombas.
2. Borrar fallas de las bombas hasta una sola vez válida. En el caso de que el grupo entre en falla por segunda ocasión, personal de mantenimiento debe acudir a revisar la situación particular.
3. Cambiar valores máximos, mínimos, operacionales alto y bajo de las señales de presión y caudal, valores máximos, mínimos, operacionales de rebose, alto, bajo, tiempo T1 y tiempo T2.

### **Operación del Panel Operador**

4. El panel del operador es la interface entre el sistema de control y el usuario que permite visualizar en todo momento el estado de operación de la Estación, a la vez que permite introducir datos de calibración como son los valores mínimo, máximo y operacionales alto y bajo de las variables de presión de descarga de las bombas y de caudal, valores mínimo, máximo y operacionales de rebose, alto, bajo, borrar las fallas de los arrancadores suaves, habilitar y deshabilitar grupos de bombeo, entre otros. Como se había mencionado antes, estas opciones también pueden realizarse desde la Sala de Control por intermedio del Sistema SCADA. A continuación, se describen las pantallas que deben configurarse para representar este sistema:

1. Pantalla Principal, la cual contiene el acceso directo al resto de pantallas [Vista general del Sistema, Estado del Sistema, Configuración del Sistema, Alarmas y Eventos e Históricos] por un lado y la opción del ingreso de usuario y contraseña que restringe el acceso a la configuración del sistema.

2. Vista General del Sistema, la cual esquematiza el funcionamiento de los grupos de bombeo que toman el agua de la cisterna y la conducen hacia el tanque elevado. En esta pantalla se distingue visualmente el estado de los grupos de bombeo por colores [Encendidos con color verde; apagados con el color normal de la bomba; en falla con color rojo; y, deshabilitados con una coloración más clara y/o transparencia de la bomba y una X] , se esquematizan las válvulas existentes, se grafican el interruptor y sensor de presión en la línea de descarga de las bombas, los medidores de nivel tanto de la cisterna como en el tanque elevado y, el caudalímetro ubicado en la descarga del tanque elevado mostrando los valores medidos en bares, metros y litros por segundo respectivamente, que corresponden a las unidades de medición que se deben emplear. Así también, en esta pantalla se muestra el estado de los interruptores de nivel o boyas tanto de la cisterna como del tanque elevado y, finalmente, en la parte superior izquierda debe colocarse una etiqueta que indica Control Local / Control Remoto, dependiendo de la situación. De esta pantalla se tiene acceso a las pantallas de las Bombas 1, 2 y 3.

3. Estado del Sistema es una pantalla que lista la información siguiente: Control de Estación (Local / Remoto), Modo de Operación (Manual / Estación Apagada / Automático), Paro de Emergencia (Activado / Desactivado), Supervisor de Voltaje (Normal / En Falla), Supresor de



Transientes (Normal / En falla), Control de Nivel del Tanque (Por Boya / Por Sensor de Nivel), Estado del Enlace de Radio (Normal / En falla).

4. El acceso a la pantalla de configuración se encuentra restringido al ingreso del usuario y contraseña que se realiza en la Pantalla Principal del panel del operador. Este ingreso genera la señal de usuario del panel de operador, que se visualiza tanto localmente en el panel del operador como remotamente en el Sistema SCADA y tiene un límite de tiempo por inactividad de cinco minutos para la situación de que el usuario no cierre su sesión. La pantalla de Configuración lista las siguientes opciones: Presión de Descarga, Nivel de la Cisterna, Nivel del Tanque Elevado, Caudal del Sector Tanque Elevado, Control de Nivel del Tanque Elevado, Tiempo T1, Tiempo T2, Condición de Bombas (Habilitación / Deshabilitación), Inicio, Configuración del Panel de Operador. En la pantalla de Presión de Descarga deben colocarse los campos de Presión Máxima, Presión Alta, Presión Baja, Presión Mínima. En las pantallas de Nivel de la Cisterna y, Nivel del Tanque Elevado, deben incluirse los campos de Nivel Máximo, Nivel de Rebose, Nivel Alto, Nivel Bajo, Nivel Bajo, Nivel Mínimo. En la pantalla Caudal deben considerarse los campos de Caudal Máximo, Caudal Alto, Caudal Bajo y, Caudal Mínimo. En la pantalla de Tiempo T1 y T2, debe colocarse a continuación del título una leyenda que diga “Se refiere al tiempo de espera para el arranque de la bomba con prioridad secundaria y terciaria debido a que con una sola operando no se ha conseguido el objetivo de llenar el tanque elevado” y acto seguido, el campo respectivo para el ingreso del valor en segundos. En la pantalla Control de Nivel del Tanque Elevado se muestra el campo del estado del parámetro Control de Nivel del Tanque Elevado (Por Boya / Por Sensor de Nivel) y se incluye además un botón que permite cambiar entre las opciones de control de nivel por boya o por sensor de nivel. Se solicita una esquematización del tanque elevado que muestre el sensor de nivel y boyas con una animación que permita una fácil identificación de que elemento se encuentra activo. La pantalla de Condición de Bombas muestra el estado de habilitación de cada bomba e incluye un botón por bomba para cambiar dicho estado. Muestra además una esquematización de las bombas que coincide con la indicada anteriormente en este mismo documento. La última opción, Configuración del Panel del Operador, permite acceder al menú de configuración del panel del operador sin necesidad de utilizar un computador para ello.

5. En la pantalla de Alarmas y Eventos se muestran todas las alarmas y eventos que se generan en la Estación.

6. La pantalla de Históricos lista los parámetros de Presión de Descarga, Nivel de la Cisterna, Nivel del Tanque Elevado, Caudal del Sector Tanque Elevado, Corriente de la Bomba 1, Corriente de la Bomba 2, Corriente de la Bomba 3. Al ingresar a cada submenú se visualiza la gráfica de cada variable en función del tiempo, en la esquina superior derecha se aprecia el valor actual y como asíntotas los límites alto y bajo, condición que aplica únicamente para las variables de presión, nivel y caudal.

7. En la pantalla de cada Bomba se muestra una animación que representa a la bomba asociada a su arrancador, en sus diferentes estados de funcionamiento y, junto a ésta, un cuadro titulado Estado de Bomba en el cual consta la información siguiente: Modo de Operación [Manual / Estación Apagada / Automático], Estado de la Bomba [Normal / En Falla], Operación de la Bomba [Encendida / Apagada], Prioridad de la Bomba [Primaria / Secundaria], Condición de la Bomba [Habilitada / Deshabilitada], valor de corriente que consume en A, Número de Horas de Trabajo, Código de Falla del arrancador suave en número y en letras (Por ejemplo, Código de Falla 22, Sobre voltaje).

8. La pantalla de Parámetros Eléctricos de cada Bomba muestran los Voltajes de Línea a Línea [V], Corrientes de Línea [A], Potencia Activa [KW], Energía [KW/H], Horómetro del arrancador de las bombas [Horas].

### **ARQUITECTURA DE COMUNICACIÓN DE CADA ESTACION**

Una vez que ya conocemos cual será la forma de operación de cada una de las estaciones de bombeo se hará la descripción gráfica de la arquitectura de comunicaciones de cada una de las estaciones.

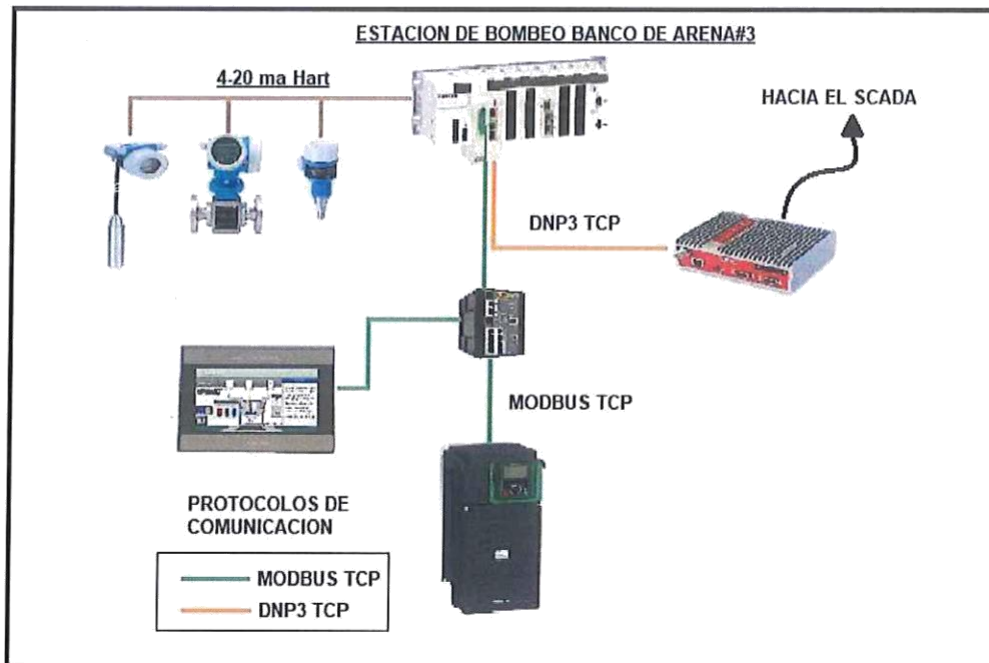


Figure 17.- Arquitectura de comunicación Eb Banco de Arena 3

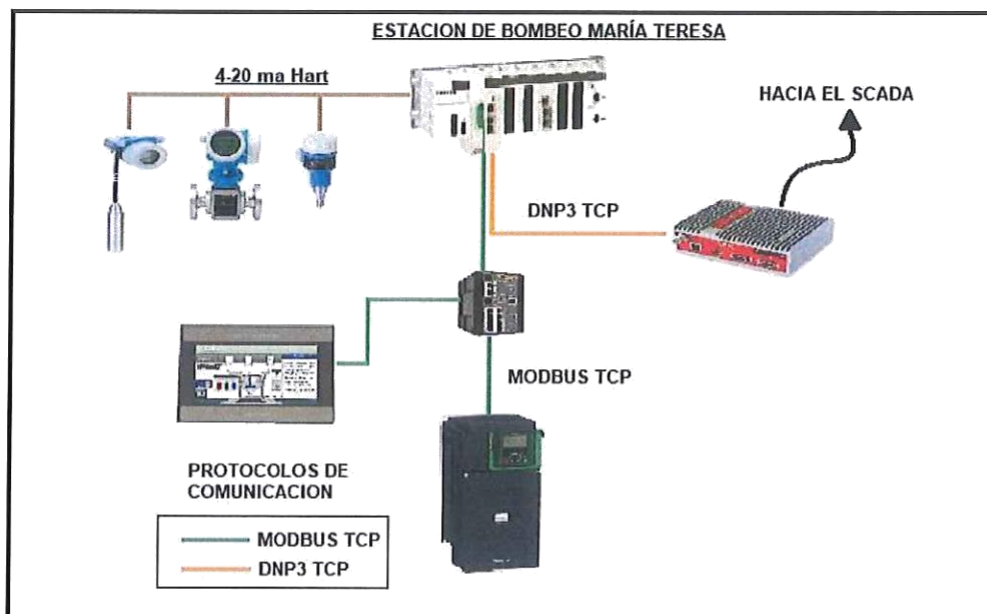


Figure 18.-Arquitectura de comunicación Eb María Tera

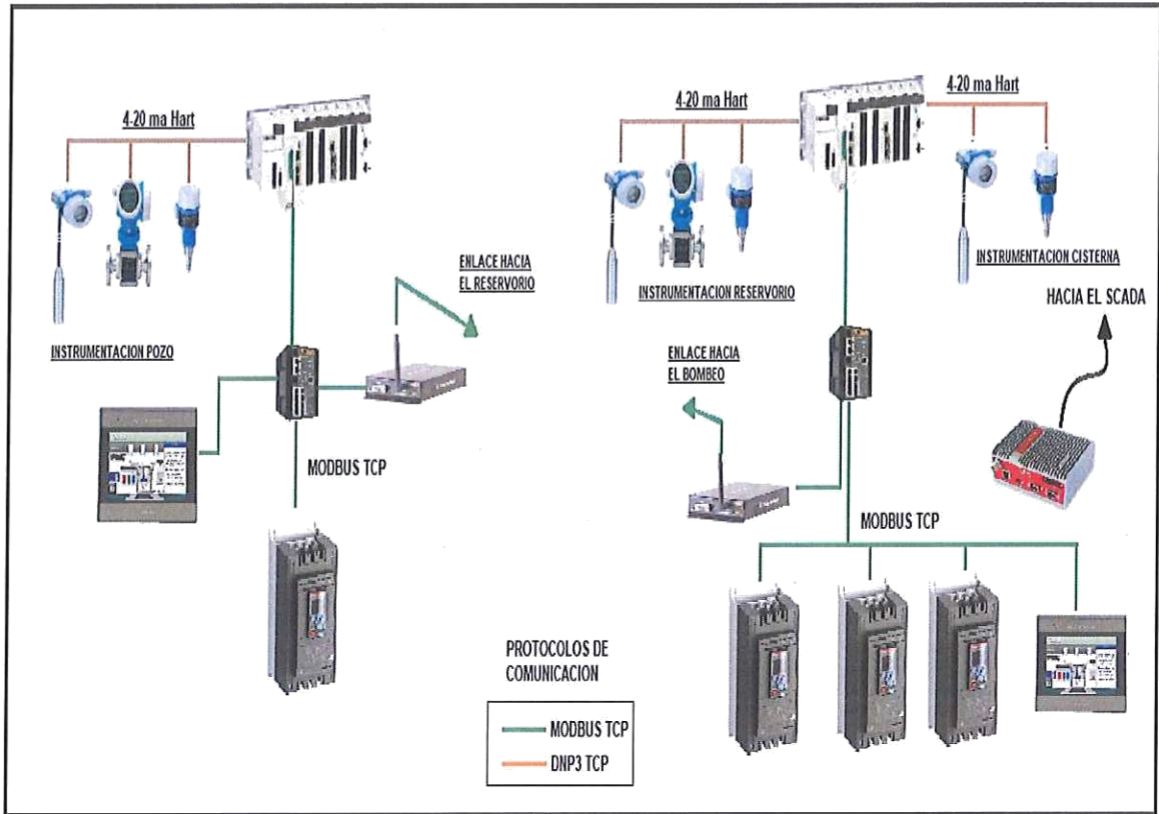


Figure 19.-Arquitectura de comunicación EB y Reservorio Sur

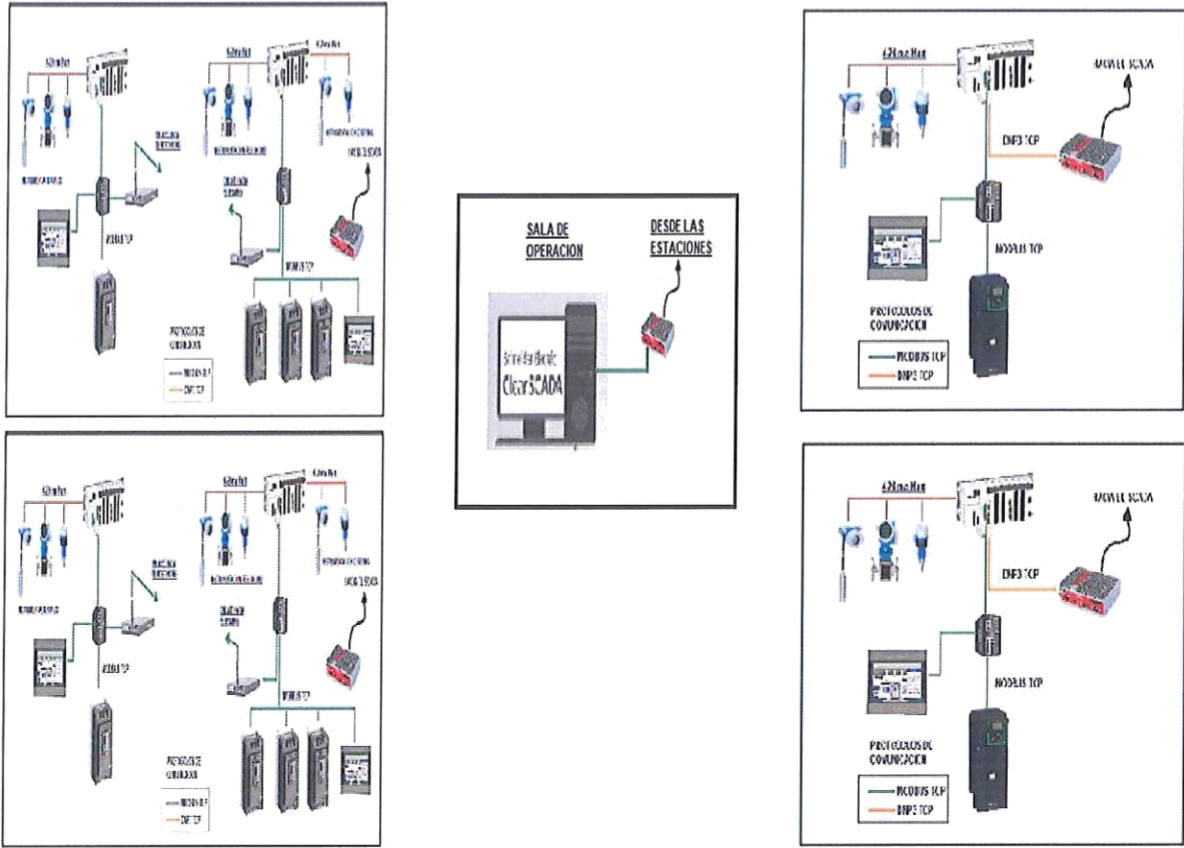


Figure 20.- Arquitectura integrada de las estaciones de bombeo y reservorios

## **CAPÍTULO 5**

### **ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

Una vez seleccionada la arquitectura de comunicación y la forma en que funcionaría cada una de las estaciones de bombeo se procedió a solicitar a una contratista las ofertas respectivas para conocer el costo de la implementación de cada uno de los trabajos requeridos para poder enlazar estos sistemas al SCADA para EPAMIL.

La contratista ELECTROMECASTRONIC, fue quien cuantificó económicamente los ítems requeridos para poder enlazar los sistemas de bombeo María Teresa, Banco de Arena#3, Bombeo Sur, Reservorio elevado Sur, Bombeo Norte, Reservorio elevado Norte.

A continuación, se realiza un resumen de los valores requeridos para cada una de las estaciones, las cotizaciones se adjuntan en los anexos.

## COSTOS DE AUTOMATIZACION

ESTACIONES	DESCRIPCION	COSTOS
EB MARIA TERESA	AUTOMATIZACION Y ENLACE AL SCADA	26.718
EB BANCO DE ARENA	AUTOMATIZACION Y ENLACE AL SCADA	26.718
EB BOMBEO Y RESERVORIO SUR	AUTOMATIZACION Y ENLACE AL SCADA E INSTRUMENTACION	69192
EB BOMBEO Y RESERVORIO NORTE	AUTOMATIZACION Y ENLACE AL SCADA E INSTRUMENTACION	60192
SALA DE CONTROL	SERVIDOR, APLICACIÓN Y CREACION DE TAGS	85000
		336.460

*Tabla 1.- Costos de automatización y conexión a sistema SCADA*

Ejecutar este proyecto es rentable porque se disminuye la mano de obra (operadores de estaciones), la inversión retorna en menos de dos años.

## CONCLUSIONES

- Podemos concluir que al automatizar de forma adecuada podemos tener ahorros significativos en la mano de obra.
- La implementación de un sistema SCADA ayudará a mejorar el control de las presiones en la red de agua.
- La adquisición de las variables de nivel caudal y presión las realizara un PLC de alta gama al cual se le agregara un módulo DNP3, el cual permite almacenar 10000 eventos y además de colocarle el tiempo preciso en el que ocurrió cada evento con lo cual se podrá diagnosticar la eficiencia de los grupos de bombeo.
- En cada estación se colocará un HMI local para que el personal de mantenimiento pueda tomar decisiones en cuanto a la operación de los equipos.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar la implementación de este proyecto ya que sería muy beneficioso para la administración actual y las posteriores.
- Se recomienda realizar mejoras en el sistema hidráulico, porque existen zonas en las cuales las presiones no alcanzan los 1 bar en determinadas zonas.
- Se recomienda realizar inspecciones periódicas para corregir posibles fugas lo cual impide que existan presiones adecuadas en las redes.
- Se recomienda realizar pruebas de eficiencia de cada uno de los grupos de bombeo en base a norma

## ANEXOS

### ELECTROMECASTRONIC S.A

### COTIZACIÓN

GÓMEZ BENDON Y LA RVA  
 GUAYAS, GUAYAQUIL  
 EMAIL: GERENCIA\_ELECTRO@GMAIL.COM  
 Telefons: [0939707518]

FECHA	8/3/2019
COTIZACIÓN #	[C-453]
CLIENTE ID	[EPAMIL]
VALIDO HASTA	9/2/2019

Asesor de venta: [JULIO ALCIVAR]

#### CLIENTE

[MUNICIPIO DE MILAGRO]  
 [EPAMIL]  
 [Juan Montalvo y Bolívar Edificio Municipal]  
 [MILAGRO, GUAYAS]  
 [Teléfono: 04-22970052]

DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	CANT.	IMPUESTO B	TOTAL
SUMINISTRO E INSTALACION DE PLC M580, INCLUYE, FUENTE, RACK DE 8 PUERTOS, MODULO 16DI, MODULO HART AL MODULO DNP3	6,500.00	1	12%	7,280.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE HMI WEINTEK 15" ALIMENTACION 24 Vdc	2,890.00	1	12%	3,236.80
SUMINISTRO E INSTALACION DE RADIO ETHERNET MARCA RACOM MODELO RIPEX	3,800.00	1	12%	4,256.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE TORRE TRIANGULAR VENTADA DE 12 METROS	1,700.00	1	12%	1,904.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE 25 METROS DE CABLE RGB	400.00	1	12%	448.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE SWITCH ADMINISTRABLE DE 8 PUERTOS	2,200.00	1	12%	2,464.00
PROGRAMACION DE M580 INCLUYE DECLARACION DE VARIABLES DNP3	1,900.00	1	12%	2,128.00
PROGRAMACION DE HMI E INTEGRACION CON M580 POR MODBUS TCP	1,500.00	1	12%	1,680.00
INTEGRACION DE DRIVE ALTIVAR PROCESS	400.00	1	12%	448.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE PACHCORD NORMALIZADOS	25.00	8		224.00
MANO DE OBRA	600.00	1	12%	600.00
SEGURIDAD INDUSTRIAL	1,200.00	1	12%	1,200.00
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS DE MEDICION	350.00	1	12%	350.00
TRANSPORTE E IMPREVISTOS	500.00	1	12%	500.00
				-
				-

Subtotal	\$	26,718.80
Imponible	\$	-
Impuesto %		12.000%
Total Impuesto	\$	3,206.26
Otros	\$	-
<b>TOTAL</b>	<b>\$</b>	<b>29,925.06</b>

#### TÉRMINOS Y CONDICIONES

1. CREDITO 45 DIAS
2. ANTICIFIO 50% EL OTRO 50% CONTRAENTREGA
3. DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS VARIA, TIEMPOS DE IMPORTACION 8-10 SEMANAS
4. TIEMPO DE ENTREGA DE TRABAJOS UNA VEZ QUE SE TENGA LA DISPONIBILIDAD TOTAL DE LOS EQUIPOS ES DE 45 DIAS

*Gracias por hacer negocios con nosotros!*

Figure 21.- Proforma Automatización EB María Teresa

## ELECTROMECASTRONIC S.A

## COTIZACIÓN

GOMEZ RENDON Y LA BVA  
 GUAYAS, GUAYAQUIL  
 EMAIL: GERENCIA\_ELECTRO@GMAIL.COM  
 Teléfono: [0939707518]

FECHA	8/3/2019
COTIZACIÓN #	[C-463]
CLIENTE ID	[EPAMIL]
VALIDO HASTA	9/2/2019

Asesor de venta: [JULIO ALCIVAR]

### CLIENTE

[MUNICIPIO DE MILAGRO]  
 [EPAMIL]  
 [Juan Montalvo y Bolívar Edificio Municipal]  
 [MILAGRO, GUAYAS]  
 [Teléfono: 04-22970052]

DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	CANT.	DESCUENTO	TOTAL
SUMINISTRO E INSTALACION DE PLC M580, INCLUYE, FUENTE, RACK DE 8 PUERTOS, MODULO 1601, MODULO HART A1, MODULO DNP3	6,500.00	1	10%	5,850.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE HMI WEINTEK 15"	2,890.00	1	10%	2,601.00
ALIMENTACION 24 Vdc	3,800.00	1	10%	3,420.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE RADIO ETHERNET MARCA RACOM MODELO RIPEX	1,700.00	1	10%	1,530.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE TORRE TRIANGULAR VENTADA DE 12 METROS	400.00	1	10%	360.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE 25 METROS DE CABLE RG8	2,200.00	1	10%	1,980.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE SWITCH ADMINISTRABLE DE 8 PUERTOS	1,900.00	1	10%	1,710.00
PROGRAMACION DE M580 INCLUYE DECLARACION DE VARIABLES DNP3	1,500.00	1	10%	1,350.00
PROGRAMACION DE HMI E INTEGRACION CON M580 POR MODBUS TCP	400.00	1	10%	360.00
INTEGRACION DE DRIVE ALTIVAR PROCESS	25.00	8	10%	180.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE PACHCORD NORMALIZADOS	600.00	1	10%	540.00
MANO DE OBRA	1,200.00	1	10%	1,080.00
SEGURIDAD INDUSTRIAL	350.00	1	10%	315.00
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS DE MEDICION	500.00	1	10%	450.00
TRANSPORTE E IMPREVISTOS				-

### TÉRMINOS Y CONDICIONES

1. CREDITO 45 DIAS
2. ANTICIPO 50% EL OTRO 50% CONTRAENTREGA
3. DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS VARIA, TIEMPOS DE IMPORTACION 8-10 SEMANAS
4. TIEMPO DE ENTREGA DE TRABAJOS UNA VEZ QUE SE TENGA LA DISPONIBILIDAD TOTAL DE LOS EQUIPOS ES DE 45 DIAS

Subtotal	\$ 21,726.00
Impenible	\$ -
Impuesto %	12.000%
Total Impuesto	\$ 2,607.12
Otros	\$ -
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 24,333.12</b>

*Gracias por hacer negocios con nosotros!*

Figure 22.-Proforma Automatización EB Banco de Arena

## ELECTROMECASTRONIC S.A

GÓMEZ RENDÓN Y LA 8VA  
 GUAYAS, GUAYAQUIL  
 EMAIL: GRENCEA.ELECTRO@GMAIL.COM  
 Teléfono: (09) 9707518

## COTIZACIÓN

FECHA	8/3/2019
COTIZACIÓN #	(C-455)
CLIENTE ID	(EPAMI)
VALIDO HASTA	9/2/2019

Asesor de venta: [JULIO ALCIVAR]

### CLIENTE

(MUNICIPIO DE MILAGROS)  
 (EPAMI)  
 (Juan Montalvo y Bolívar Edificio Municipal)  
 (MILAGRO, GUAYAS)  
 (Teléfono: 04-22970082)

DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	CANT.	DESCUENTO	TOTAL
SUMINISTRO E INSTALACION DE PLC WS80, INCLUYE FUENTE, RACK DE 8 PUERTOS, MÓDULO I/O, MÓDULO HART ALABOQUEO DNP3	6.100.00	2	10%	11.700.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE HWI WEBTER 13'	2.800.00	2	10%	5.202.00
ALIMENTACION 24 Vdc	3.800.00	1	10%	3.420.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE RADIO ETHERNET MARCA RACON MODELO RIFEX	800.00	1	10%	720.00
CONFIGURACION DE RADIOS RIFEX	1.700.00	2	10%	3.060.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE TORRE TRIANGULAR VENTANA DE 12 METROS	400.00	2	10%	720.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE SWITCH ADMINISTRABLE DE 8 PUERTOS	2.200.00	2	10%	3.960.00
PROGRAMACION DE WORD INCLUYE DECLARACION DE VARIABLES DNP3	1.500.00	2	10%	3.420.00
PROGRAMACION DE HWI E INTEGRACION CON WORD POR WORDS Y P	1.500.00	2	10%	2.700.00
INTEGRACION DE ARMINACIONES SUAVES POR MODBUS TCP	400.00	4	10%	1.440.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE PAC-MODULO NORMALIZADOS	25.00	12	10%	270.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE RADIO DATALINK 2,4 GHz, INCLUYE 25 METROS DE CABLE	3.000.00	2	10%	5.400.00
CONFIGURACION DE RADIOS DATALINK	350.00	2	10%	990.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE SENSOR DE NIVEL TIPO HIDROSTATICO PARA POZO	2.500.00	1	10%	2.250.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE SENSOR DE NIVEL DE TIPO ULTRASONICO PARA CISTERNAS	3.500.00	1	10%	3.150.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE SENSOR DE PRESION PARA MEDICION DE NIVEL DE TANQUE POR PRESION HIDROSTATICA	1.800.00	1	10%	1.620.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE SENSOR DE PRESION TIPO CERAMICOS PARA PONDOS	1.800.00	1	10%	1.620.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE SENSORES DE PRESION TIPO CERAMICOS PARA DESCARGA DE BOMBAS	1.800.00	1	10%	1.620.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE MEDIDORES DE CAUDAL DE TIPO CLASE D (ULTRASONICOS)	5.000.00	2	10%	9.000.00
TRANSPORTE E IMPREVISTOS	500.00	2	0%	900.00
SEGURIDAD INDUSTRIAL	1.200.00	2	0%	2.160.00
MARGEN DE OBRA	1.800.00	2	0%	3.240.00
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS DE MEDICION	350.00	2	0%	630.00

Subtotal	\$ 69.152.00
Imporible	\$ -
Impuesto %	12.000%
Total Impuesto	\$ 8.303.04
Otros	\$ -
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 77.455.04</b>

### TÉRMINOS Y CONDICIONES

1. CREDITO 45 DIAS
2. ANTICIPO 50% EL OTRO 50% CONTRAENTREGA
3. DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS VARIA, TIEMPOS DE IMPORTACION 8-10 SEMANAS
4. TIEMPO DE ENTREGA DE TRABAJOS UNA VEZ QUE SE TENGA LA DISPONIBILIDAD TOTAL DE LOS EQUIPOS ES DE 45 DIAS

Gracias por hacer negocios con nosotros!

Figure 23.-Proforma Automatización EB Reservorio Sur

# ELECTROMECASTRONIC S.A

# COTIZACIÓN

GOMEZ RENDON Y LA SVA  
 GUAYAS, GUAYASQUIL  
 EMAIL: GEREENCIA\_ELECTROS@GMAIL.COM  
 Teléfono: (0919)707518

FECHA	02/22/2019
COTIZACIÓN #	[C-453]
CLIENTE ID	[EPAMH]
VALIDO HASTA	9/2/2019

Asesor de venta: [JULIO ALCNAR]

### CLIENTE

[MUNICIPIO DE MILAGRO]  
 [EPAMH]  
 [Juan Montalvo y Bolivar Edificio Municipal]  
 [MILAGRO, GUAYAS]  
 [Teléfono: 04-22970002]

DESCRIPCION	PRECIO UNIT.	CANT.	DESCUENTO	TOTAL
SUMINISTRO E INSTALACION DE PLC MS80, INCLUYE, FUENTE, RACK DE 8 PUERTOS, MÓDULO I/O, MÓDULO HART ALMÓDULO DNP3	6,500.00	2	10%	11,700.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE PME WEINTEK 15" ALIMENTACION 24 Ww	2,690.00	2	10%	5,202.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE RADIO ETHERNET MARCA RACON MODELO RIFEX	1,800.00	1	10%	3,420.00
CONFIGURACION DE RADIO RIFEX	800.00	1	10%	720.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE TORRE TRIANGULAR VENTADA DE 12 METROS	1,700.00	2	10%	3,060.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE 25 METROS DE CABLE RG6	400.00	2	10%	720.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE SWITCH ADMINISTRABLE DE 8 PUERTOS	2,200.00	2	10%	3,960.00
PROGRAMACION DE MODB INCLUDE DECLARACION DE VARIABLES DNP3	1,900.00	2	10%	3,420.00
PROGRAMACION DE MMI E INTEGRACION CON HSB0 POR MODOBUS TCP	1,500.00	2	10%	2,700.00
INTEGRACION DE ANIMACIONES SUAVES POR MODOBUS TCP	400.00	4	10%	1,440.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE PACHCORD NORWALIZADOS	25.00	12	10%	270.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE RADIO GATALINC 2,4 GHz, INCLUYE 25 METROS DE CABLE	1,000.00	2	10%	5,420.00
CONFIGURACION DE RADIO GATALINC	550.00	2	10%	990.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE SENSOR DE NIVEL TIPO HIDROSTATICO PARA POZOS	2,500.00	1	10%	2,250.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE SENSOR DE NIVEL DE TIPO ULTRASONICO PARA CISTERNAS	3,500.00	1	10%	3,150.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE SENSOR DE PRESION PARA MEDICION DE NIVEL DE TANQUE POR PRESION HIDROSTATICA	1,800.00	1	10%	1,620.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE SENSOR DE PRESION TIPO CERAMICOS PARA POZOS	1,800.00	1	10%	1,620.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE SENSORES DE PRESION TIPO CERAMICOS PARA DESCARGA DE BOMBAS	1,800.00	1	10%	1,620.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE MEDIDORES DE CAUDAL DE TIPO CLAMP ON ULTRASONICOS	5,000.00	2	10%	9,000.00
TRANSPORTE E IMPREVISTOS	500.00	2	0%	900.00
SEGURIDAD INDUSTRIAL	1,200.00	2	0%	2,160.00
MANO DE OSPA	1,800.00	2	0%	3,240.00
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS DE MEDICION	350.00	2	0%	630.00

Subtotal	\$ 69,192.00
Impuesto	\$ -
Impuesto %	12.000%
Total Impuesto	\$ 8,303.04
Otros	\$ -
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 77,495.04</b>

### TÉRMINOS Y CONDICIONES

1. CRÉDITO 45 DIAS
2. ANTICIPO 50% EL OTRO 50% CONTRAENTREGA
3. DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS VARIA, TIEMPOS DE IMPORTACION 8-10 SEMANAS
4. TIEMPO DE ENTREGA DE TRABAJOS UNA VEZ QUE SE TENGA LA DISPONIBILIDAD TOTAL DE LOS EQUIPOS ES DE 45 DIAS

Gracias por hacer negocios con nosotros!

Figure 24.- Proforma Automatización EB Reservorio Norte

## ELECTROMECASTRONIC S.A

GOMEZ RENDON Y LA BVA  
 GUAYAS, GUAYAQUIL  
 EMAIL:GERENCIA\_ELECTRO@GMAIL.COM  
 Teléfono: [0939707518]

## COTIZACIÓN

FECHA	8/3/2019
COTIZACIÓN #	[C-458]
CLIENTE ID	[EPAMIL]
VALIDO HASTA	9/2/2019

Asesor de venta: [JULIO ALCIVAR]

### CLIENTE

[MUNICIPIO DE MILAGRO]  
 [EPAMIL]  
 [Juan Montalvo y Bolívar Edificio Municipal]  
 [MILAGRO, GUAYAS]  
 [Teléfono: 04-22970082]

DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	CANT.	DESCUENTO	TOTAL
SUMINISTRO E INSTALACION DE SERVIDOR PARA CLEAR SCADA	16,000.00	1	10%	14,400.00
SUMINISTRO DE SOFTWARE CLEAR SCADA, INCLUYE CONFIGURACION Y PUESTA EN MARCHA	17,000.00	1	10%	15,300.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE PANTALLAS DE 65" TIPO LED	3,800.00	2	10%	6,840.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE SISTEMA DE RESPALDO DE ENERGIA SKVA CON 8 HORAS DE RESPALDO	9,600.00	1	10%	8,640.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE SWITCH ADMINITRABLE Y TABLERO DE DE ACOMETIDA DE CABLES DE RADIOS.	4,500.00	1	10%	4,050.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE RADIO ETHERNET MARCA RACOM MODELO RIPEX	2,890.00	1	10%	2,601.00
CONFIGURACION DE RADIOS RIPEX	3,800.00	1	10%	3,420.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE TORRE TRIANGULAR VENTADA DE 30 METROS	2,600.00	1	10%	2,340.00
SUMINISTRO E INSTALACION DE APLICACION CLEAR SCADA 1000 TAGS	15,000.00	1	10%	13,500.00
PROGRAMACION Y PRUEBAS DE PUNTOS DE EB MARIA TERESA 80 HORAS, INCLUYEN PRUEBAS DE CAMPO	45.00	60	10%	2,430.00
PROGRAMACION Y PRUEBAS DE PUNTOS DE EB BANCO DE ARDHA 80 HORAS, INCLUYEN PRUEBAS DE CAMPO	45.00	60	10%	2,430.00
PROGRAMACION Y PRUEBAS DE PUNTOS DE EB BOMBEO SUR 80 HORAS, INCLUYEN PRUEBAS DE CAMPO	45.00	60	10%	2,430.00
PROGRAMACION Y PRUEBAS DE PUNTOS DE EB RESERVOIRIO ELEVADO SUR 80 HORAS, INCLUYEN PRUEBAS DE CAMPO	45.00	60	10%	2,430.00
PROGRAMACION Y PRUEBAS DE PUNTOS DE EB BOMBOLO SUR 80 HORAS, INCLUYEN PRUEBAS DE CAMPO	45.00	60	10%	2,430.00
PROGRAMACION Y PRUEBAS DE PUNTOS DE EB RESERVOIRIO ELEVADO SUR 80 HORAS, INCLUYEN PRUEBAS DE CAMPO	45.00	60	10%	2,430.00

Subtotal	\$ 85,671.00
Imponible	\$ -
Impuesto %	12.000%
Total Impuesto	\$ 10,280.52
Otros	\$ -
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 95,951.52</b>

### TERMINOS Y CONDICIONES

1. CREDITO 45 DIAS
2. ANTICIPO 50% EL OTRO 50% CONTRAENTREGA
3. DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS VARIA, TIEMPOS DE IMPORTACION 8-10 SEMANAS
4. TIEMPO DE ENTREGA DE TRABAJOS UNA VEZ QUE SE TENGA LA DISPONIBILIDAD TOTAL DE LOS EQUIPOS ES DE 45 DIAS

Gracias por hacer negocios con nosotros!

Figure 25.- Proforma implementación sistema SCADA



## REGISTRO DE ACOMPAÑAMIENTOS

Inicio: 28-11-2018 Fin 08-01-2020

**FACULTAD CIENCIAS E INGENIERÍA**

**CARRERA:** INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Línea de investigación:** DESARROLLO Y ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

**TEMA:** DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA Y TELECONTROL EN LAS ESTACIONES DE BOMBEO Y TANQUES DE RESERVA DE A AGUA EN LA CIUDAD DE MILAGRO

**ACOMPAÑANTE:** ALMEIDA SALAZAR BYRONE ANTONIO

DATOS DEL ESTUDIANTE			
Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	CÉDULA	CARRERA
1	TAGUA GRANIZO JESENNIA GUADALUPE	0928364041	INGENIERÍA INDUSTRIAL
2	VELEZ RUIZ JORGE WASHINGTON	0917047383	INGENIERÍA INDUSTRIAL

Nº	FECHA	HORA		Nº HORAS	DETALLE
1	05-06-2019	Inicio: 16:38 p.m.	Fin: 18:38 p.m.	2	REVISIÓN DEL TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA LA INTRODUCCIÓN Y EL PROBLEMA DE LA PROPUESTA ( TESIS), .
2	12-06-2019	Inicio: 16:38 p.m.	Fin: 18:38 p.m.	2	DEFINIR CORRECTAMENTE LA SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA, JUSTIFICACIÓN
3	19-06-2019	Inicio: 16:35 p.m.	Fin: 18:35 p.m.	2	REVISIÓN DEL CONTENIDO: INTRODUCCIÓN, PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ALCANCE , OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS
4	15-07-2019	Inicio: 17:02 p.m.	Fin: 19:02 p.m.	2	CORRECCIÓN Y MEJORES EN LOS TEMAS : INTRODUCCIÓN, PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ALCANCE , OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.
5	18-07-2019	Inicio: 16:34 p.m.	Fin: 18:34 p.m.	2	DIRECTRICES PARA BÚSQUEDAS DE BIBLIOGRAFÍA PARA DESARROLLO DEL ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO..
6	19-07-2019	Inicio: 16:54 p.m.	Fin: 18:54 p.m.	2	MEJORAS DEL CAPITULO II : ANTECEDENTES Y MARCO TEORICO. REVISIÓN DE LOS ANEXOS Y NOMBRES DE LAS FIGURAS. Y TABLAS

ALMEIDA SALAZAR BYRONE ANTONIO  
PROFESOR(A)

BUCHELI CARPIO LUIS ANGEL  
DIRECTOR(A)

TAGUA GRANIZO JESENNIA GUADALUPE  
ESTUDIANTE

VELEZ RUIZ JORGE WASHINGTON  
ESTUDIANTE

**VISIÓN**

Ser una universidad de docencia e investigación.

**MISIÓN**

La UNEMI forma profesionales competentes con actitud proactiva y valores éticos, desarrolla investigación relevante y oferta servicios que demanda el sector externo, contribuyendo al

# Tesis

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

2%

INDICE DE SIMILITUD

2%

FUENTES DE  
INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

1

[docplayer.es](http://docplayer.es)

Fuente de Internet

1%

2

[dspace.ucuenca.edu.ec](http://dspace.ucuenca.edu.ec)

Fuente de Internet

1%

3

Submitted to Escuela Politecnica Nacional

Trabajo del estudiante

<1%

4

[www.cooperpower.com](http://www.cooperpower.com)

Fuente de Internet

<1%

5

[es.slideshare.net](http://es.slideshare.net)

Fuente de Internet

<1%

6

[www.toyota.com.ve](http://www.toyota.com.ve)

Fuente de Internet

<1%

---



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez Pulido, M. (2000). *Convertidores de frecuencia, controladores de motores y ssr*. Barcelona: Marcombo. Retrieved 07 30, 2019
- Alvarez Pulido, M. (2004). *Controladores Lógicos*. Barcelona: Marcombo. Retrieved 08 01, 2019
- Clarke, G., Deon, R., & Wright, E. (2004). *Modern scada protocol*. Burlington: Elsevier. Retrieved 07 30, 2019
- Creus Solé, A. (2011). *Instrumentacion Industrial*. Barcelona: Marcombo. Retrieved 07 29, 2019
- Martín Catillo, J., & García García, M. (2016). *Automatismos Industriales*. Madrid: Editex. Retrieved 08 01, 2019
- Rodriguez Penin, A. (2008). *Comunicaciones Industriales*. Barcelona: Marcombo. Retrieved 08 01, 2019
- Rodriguez Penin, A. (2013). *Sistemas SCADA*. Barcelona: Marcombo. Retrieved 07 29, 2019