



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación



SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

Examen Complexivo, Componente Práctico

Informe Profesional

Previa la obtención del título de:

MAGISTER EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL

Autor: Ing. Silvia Karina León Guerrero

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO 2015

AGRADECIMIENTO

*A Dios por las bendiciones recibidas,
a mis padres por su amor y ejemplo,
a mi familia por su amor, apoyo y
comprensión.*

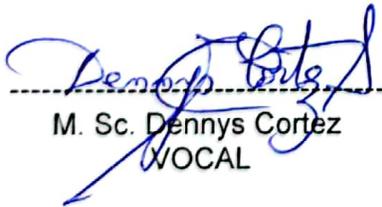
DEDICATORIA

*A mi familia, mi razón de ser y mi
alegría.*

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



M. Sc. Sara Ríos
PRESIDENTE



M. Sc. Dennys Cortez
VOCAL



Ph. D. Douglas Plaza
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este Informe Profesional, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

Art. 12 del Reglamento de Graduación.



Ing. Silvia Karina León Guerrero
C.I. 0912895174

RESUMEN

La empresa Interagua C. Ltda., a la cual nos referiremos de ahora en adelante como IA, es la concesionaria de los servicios de agua potable, de alcantarillado sanitario y de alcantarillado pluvial de la ciudad de Guayaquil desde el año 2001, en que viene trabajando ininterrumpidamente en coordinación con la M. I. Municipalidad de Guayaquil y bajo la supervisión permanente de la Empresa Pública de Agua Potable EMAPAG-EP con la meta de dotar de este servicio básico a toda la ciudad de manera continua, cumpliendo con estándares de calidad, montos de inversión, entre otros aspectos que se contemplan dentro de su contrato.

Con respecto al servicio de agua potable, IA realiza los procesos de captación, tratamiento y distribución de este recurso al usuario final. No obstante, el presente trabajo se enfoca en la instancia final de la etapa de distribución del agua potable a los usuarios donde aparecen las Estaciones de Bombeo de Agua Potable.

Lo accidentado del terreno y/o la gran extensión del área que ocupa la ciudad hace que sea necesario implementar diversas configuraciones de estaciones de bombeo que tienen por finalidad proveer de agua potable a la población garantizando la continuidad del servicio con niveles de presión, de cloro residual libre, entre otros, reconocidos en nuestro medio como aceptables para el desarrollo humano.

El presente trabajo tiene por objetivo general mostrar el sistema de automatización implementado en las Estaciones de AA.PP. de las Cooperativas 25 de Julio y Virgen del Cisne, las cuales operan asociadas en cadena: la una provee del agua a la otra y así a todo el sector.

La primera estación conocida como Estación de Bombeo de AA.PP. de las Cooperativas 25 de Julio y Virgen del Cisne dispone de dos grupos de bombeo conectados en paralelo que se alimentan directamente de la red e impulsan el agua hacia una reserva alta ubicada en otra localidad que corresponde a la Estación de Bombeo de AA.PP. Tanque de las Cooperativas 25 de Julio y Virgen del Cisne, del cual se distribuye por gravedad a los usuarios de su área de influencia.

La segunda estación dispone a más del tanque de almacenamiento de agua potable, de tres grupos de bombeo dispuestos en paralelo que se alimentan del reservorio y mantienen una presión constante a la salida para abastecer de agua potable a un conjunto de viviendas ubicadas en terrenos irregulares de cotas mayores a la de la estación.

El funcionamiento de este sistema definitivamente impactó de manera drástica la vida de los habitantes de este sector – no solo porque evolucionaron de abastecerse de agua potable mediante tanqueros, a disponer de agua potable en el grifo de su domicilio, sino que ahora tienen el servicio de manera continua y cumpliendo con la característica de calidad de presión.

Es así que se plantea como objetivo específico del presente trabajo comprobar las bondades de un sistema automatizado versus las de un sistema manual para la Estación de la parte alta, basados para ello en el monitoreo del parámetro de presión en el punto crítico del área de influencia.

Veremos como con la automatización de la Estación de la parte alta se logra ajustar y mantener el parámetro de calidad de presión en el punto más desfavorable del sector hidráulico operando con tan sólo una bomba en comparación cuando el sistema

trabajaba en manual, periodo en el cual, aun operando con dos grupos de bombeo en paralelo no se logró ni mantener la continuidad del servicio, ni peor aún, llegar al punto óptimo de operación.

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	03
1. Solución Tecnológica Implementada.....	03
1.1. El problema.....	03
1.2. Objetivos.....	05
1.2.1. Objetivos generales.....	05
1.2.2. Objetivos específicos.....	05
1.3. Hipótesis.....	06
1.4. Solución tecnológica implementada.....	06
1.4.1. Descripción del funcionamiento de las Estaciones de Bombeo.....	06
1.4.1.1. Estación Baja.....	06
1.4.1.2. Estación Alta.....	13
1.4.2. Selección del equipamiento.....	20
1.4.2.1. Controlador lógico programable (PLC).....	23
1.4.2.1.1. Número y tipo de señales del sistema.....	23
1.4.2.1.2. Fuente de alimentación.....	30
1.4.2.1.3. Unidad de procesamiento central (CPU).....	30
1.4.2.1.4. Módulos de expansión de entrada – salida.....	32
1.4.2.1.5. Lenguaje de programación.....	32
1.4.2.1.6. Software de programación.....	33
1.4.2.1.7. Puertos de comunicación.....	35
1.4.2.2. Interfaz Hombre Máquina (HMI).....	36
1.4.2.3. Supervisor de Voltaje.....	38
1.4.2.4. Supresor de Transientes.....	39
1.4.2.5. Medidor de parámetros eléctricos.....	40
1.4.2.6. Variadores de velocidad.....	40

1.4.2.7.	Instrumentación discreta del proceso.....	41
1.4.2.7.1.	Interruptor de nivel.....	41
1.4.2.7.2.	Interruptor de presión.....	42
1.4.2.7.3.	Interruptor de posición.....	43
1.4.2.8.	Instrumentación continua del proceso.....	43
1.4.2.8.1.	Medidor de nivel.....	43
1.4.2.8.2.	Medidor de presión.....	44
1.4.2.8.3.	Medidor de caudal.....	45
1.4.2.9.	Radio de comunicación, enlace entre Estaciones.....	45
1.4.2.10.	Radio de comunicación, enlace al Sistema SCADA.....	46
1.4.3.	Arquitectura de comunicación.....	47
1.4.4.	Integración al Sistema SCADA.....	49
CAPÍTULO II.....		51
2.	Resultados obtenidos.....	51
2.1.	Análisis de los resultados.....	52
CAPÍTULO III.....		57
3.	Conclusiones y Recomendaciones.....	57
3.1.	Conclusiones.....	57
3.2.	Recomendaciones.....	58
BIBLIOGRAFÍA.....		59
ANEXOS.....		62
Anexo 1 - Pantallas del panel del operador de la Estación Baja.....		62
Anexo 2 - Variables transmitidas al Sistema SCADA de la Estación Baja.....		72

Anexo 3 - Mímicas del Sistema SCADA de la Estación Baja.....	77
Anexo 4 - Pantallas del panel del operador de la Estación Alta.....	81
Anexo 5 - Variables transmitidas al Sistema SCADA de la Estación Alta.....	93
Anexo 6 - Mímicas del Sistema SCADA de la Estación Alta.....	99
Anexo 7 - Presión promedio diaria del punto más crítico servido por la Estación Alta y Tiempo de Operación Promedio Diaria.....	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la conformación de la Estación Baja.....	13
Figura 2. Esquema de la conformación de la Estación Alta.....	19
Figura 3. RTU SCADAPack 334 E de Schneider Electric.....	31
Figura 4. Software de programación IEC-61131-3 (ISaGRAF).....	34
Figura 5. Puertos de comunicación de la RTU SCADAPack 334 E.....	35
Figura 6. Panel de operador táctil marca Siemens TP700 Comfort.....	38
Figura 7. Supervisor de voltaje trifásico ABB.....	39
Figura 8. Supresor de transientes SOLA.....	39
Figura 9. Medidor de parámetros eléctricos SIEMENS.....	40
Figura 10. Variador de velocidad ABB.....	41
Figura 11. Interruptor de nivel FLYGT ENM-10.....	42
Figura 12. Esquema de un interruptor y sensor de presión Telemecanique.....	42
Figura 13. Acoplamiento de dos interruptores de posición a una válvula.....	43
Figura 14. Medidor de nivel SIEMENS.....	44
Figura 15. Medidor de caudal SIEMENS.....	45
Figura 16. Radio de comunicación TRIO-JR900 de Schneider Electric.....	46
Figura 17. Radio RACOM MR-400.....	46
Figura 18. Arquitectura de red de la Estación Baja.....	47
Figura 19. Arquitectura de red de la Estación Alta.....	48
Figura 20. Ambiente web del Sistema SCADA Expert ClearSCADA de IA.....	50
Figura 21. Implementación del punto de monitoreo de presión en NRO-932.....	51
Figura 22. Presión en el punto crítico de la zona servida por la Estación Alta en modo Manual de operación.....	53

Figura 23. Presión Promedio Diaria en el punto crítico de la zona servida por la Estación Alta y Tiempo Promedio Diario de disponibilidad del servicio en el modo Manual de operación.....	53
Figura 24. Presión en el punto crítico de la zona servida por la Estación Alta en modo Automático de operación.....	54
Figura 25. Presión Promedio Diaria en el punto crítico de la zona servida por la Estación Alta y Tiempo Promedio Diario de disponibilidad del servicio en el modo Automático de operación.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Equipos requeridos para la automatización de la Estación Baja.....	20
Tabla 2 - Equipos requeridos para la automatización de la Estación Alta.....	21
Tabla 3 - Entradas Digitales del proceso de control de la Estación Baja.....	23
Tabla 4 - Salidas Digitales del proceso de control de la Estación Baja.....	25
Tabla 5 - Entradas Analógicas del proceso de control de la Estación Baja.....	25
Tabla 6 - Entradas Digitales del proceso de control de la Estación Alta.....	26
Tabla 7 - Salidas Digitales del proceso de control de la Estación Alta.....	28
Tabla 8 - Entradas Analógicas del proceso de control de la Estación Alta.....	29
Tabla 9 - Salidas Analógicas del proceso de control de la Estación Alta.....	30
Tabla 10 - Lenguajes de programación soportados por la RTU SCADAPack 334 E...	33
Tabla 11 - Características de los medidores de presión Telemecanique.....	44

INTRODUCCIÓN

Las Estaciones de Bombeo de Agua Potable constituyen la última instancia en la distribución del agua potable a los usuarios. Son el último eslabón en esta cadena que tiene su origen en la Planta de Tratamiento “La Toma”. Es así que el presente informe técnico se enfoca en presentar el sistema de automatización de dos Estaciones de Bombeo típicas que trabajan de cierta forma asociadas.

La primera estación, la Estación Baja, se encuentra conformada por dos grupos de bombeo que toman el agua de la red de agua potable existente y la impulsan hacia un tanque elevado que se encuentra en otra localidad con el objetivo de mantener su nivel entre dos límites, los niveles alto y bajo, para de esta forma garantizar el servicio continuo de agua potable a los usuarios de las zonas bajas del sector con una característica de presión adecuada.

La segunda estación, la Estación Alta, se constituye por tres grupos de bombeo que toman el agua potable del tanque elevado para a su vez provisionar en forma directa las redes de agua potable de la zona alta del sector. En este caso la operación de los grupos de bombeo se orienta a mantener una presión constante a la salida de la estación con la finalidad de proporcionar un servicio continuo a los usuarios con una característica de presión de calidad que se encuentra normalizada por el contrato de concesión de IA.

Las circunstancias llevan a operar la Estación Alta en forma manual durante los meses de Diciembre del 2014 a Mayo del 2015 y, desde Junio del 2015, se pone en servicio el modo automático de funcionamiento de la misma, situación que hace posible realizar un análisis comparativo de operación del sistema manual versus el sistema

automatizado, que es el otro objetivo que se persigue con el desarrollo del presente trabajo.

CAPÍTULO I

1. SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA.

1.1. El problema.

Como parte del plan de expansión del sistema de agua potable de la ciudad de Guayaquil, IA planificó la construcción de dos estaciones de bombeo concatenadas la primera con la segunda, las cuales se dispusieron en el sector del Cerro San Eduardo, junto al complejo de la Ciudad Deportiva, con el propósito de abastecer de agua potable a las Cooperativas 25 de Julio y Virgen del Cisne y, a la Cooperativa de vivienda El Crisol.

Esta obra que incluyó además la instalación de las redes de agua potable en la zona y la conexión de las guías domiciliarias; y, la instalación de las líneas de conducción y de impulsión desde la red existente hasta la Estación Baja y, desde la Estación Baja hasta la Estación Alta respectivamente, fue licitada por IA y se adjudicó a la contratista SADE para su ejecución. Hoy por hoy, ambas estaciones se encuentran en servicio, están automatizadas e integradas al Sistema SCADA de IA. Los habitantes del sector, que antes compraban el agua potable a tanqueros, ahora disponen del servicio de manera continua y cumpliendo de forma específica con la característica de presión como índice de calidad.

A pedido de la M.I. Municipalidad de Guayaquil, quien solicitó el apoyo de la Concesionaria IA para dar inicio a los trabajos de pavimentación vial, cuya ejecución impediría el ingreso de los tanqueros que proveían de agua potable a los moradores del sector, IA dispuso a su contratista SADE que empiece a operar ambas estaciones de forma manual bajo su responsabilidad, en tanto se realizaban las tareas de

automatización e integración al Sistema SCADA de las dos Estaciones de Bombeo y otras requeridas para llevar a cabo la entrega – recepción de los sistemas construidos por SADE al personal de operación de IA.

Es así que las estaciones de bombeo son puestas en servicio manual los primeros días del mes de Diciembre del 2014.

Es precisamente durante esta etapa, de operación manual de los sistemas de agua potable, en la que en particular para la Estación Alta se empiezan a generar una serie de reclamos por parte de los moradores del sector quienes se quejaban de disponer del servicio en forma esporádica, de disponer del servicio con baja presión o simplemente, de no disponer del servicio.

Lo anterior sumado a la responsabilidad técnica compartida de IA de verificar el desempeño y comportamiento del sistema operado por la contratista SADE llevó a IA a implementar un punto de monitoreo de presión en el lugar más desfavorable de la zona de hidráulica NRO-932, abastecida por la Estación de la Parte Alta, con el objetivo de evaluar la funcionalidad de la misma y tomar las medidas correctivas del caso. Este punto de monitoreo operó desde el 22 de Mayo al 03 de Agosto del 2015.

Con la información proporcionada del punto de monitoreo, IA controló que la contratista SADE mantenga encendida las bombas de la Estación de la Parte Alta de 08h00 a 22h00 o en su defecto de 07h00 a 21h00, como una forma de establecer un patrón de distribución de agua potable, que le permita a los usuarios organizarse en cuanto al suministro.

En forma paralela se llevaron a cabo las tareas de automatización e integración de las Estaciones Baja y Alta con su respectiva validación por parte de personal técnico de IA

de acuerdo a las normas técnicas NTD-IA-011 y NTD-IA-013 respectivamente y, en la actualidad, los reclamos por los motivos anotados, de baja presión y/o acometida sin servicio han cesado por parte de los moradores.

Es conveniente señalar que oficialmente las Estaciones Alta y Baja empiezan a operar en automático luego de la validación de su funcionamiento con el cliente de operaciones los primeros días de Junio del 2015, luego de lo cual, el Departamento de Operaciones de IA hizo el correspondiente seguimiento del desempeño de las mismas durante dos meses, en particular de la Estación Alta, periodo en el cual, aproximadamente los quince primeros días se dedicó a ajustar el valor de presión al requerido por el contrato de concesión, el cual quedó en el rango de entre 1,0 y 1,1 bares.

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivos generales.

Presentar el sistema de automatización implementado en las Estaciones de Bombeo de AA.PP. de las Cooperativas 25 de Julio y Virgen del Cisne, las cuales trabajan asociadas en cadena, de manera que la Estación de la Parte Baja provee de agua potable a la Estación de la Parte Alta, desde la cual se distribuye la misma por gravedad a los usuarios del sector hidráulico del tanque de almacenamiento que a su vez alimenta a un segundo grupo de bombas que mantienen una presión constante a la salida para atender al sector hidráulico denominado NRO-932.

1.2.2. Objetivos específicos.

Se plantea como objetivo específico del presente trabajo comprobar las bondades de un sistema automatizado versus las de un sistema manual para la Estación de la parte

alta, basados para ello en el monitoreo del parámetro de presión en el punto crítico del área de influencia.

1.3. Hipótesis.

1.3.1. La puesta en servicio de la Estación Alta en su modo automático de funcionamiento permitirá cumplir con el parámetro de calidad de la continuidad del servicio de agua potable, referido al hecho de mantener una presión constante en el punto más desfavorable del sector hidráulico NRO-932.

1.3.2. La implementación de un sistema automatizado de control para la Estación Alta permitirá ajustar el parámetro de presión como índice de calidad del servicio que brinda la empresa IA.

El contrato de concesión obliga a IA a disponer de una presión en el rango entre 1,0 y 1,5 bares en el límite de un sector hidráulico dado, que se entiende corresponde al punto crítico a ser abastecido con agua potable de dicha área: los puntos de la periferia o ubicados a mayor cota.

1.4. Solución tecnológica implementada.

1.4.1. Descripción del funcionamiento de las Estaciones de Bombeo de Agua Potable de las Cooperativas 25 de Julio y Virgen del Cisne.

1.4.1.1. Estación Baja.

La Estación Baja está conformada básicamente por dos bombas centrífugas asociadas cada una a motores trifásicos de 50 HP (37 KW) que se alimentan directamente de la red de agua potable para llenar un tanque elevado que se

encuentra físicamente en otra ubicación, desde el cual, se distribuye agua potable por gravedad a los clientes de dicho sector hidráulico.

Las bombas operan en automático de manera alternada en función del nivel del tanque elevado bajo con una configuración de trabajo 2+0 que permite de requerirse que la estación opere hasta con dos de dos grupos de bombeo.

Es así, que el ciclo de operación inicia con la puesta en marcha de la bomba con prioridad primaria cuando en el tanque elevado existe la condición de nivel bajo, siempre que no existan fallas en el sistema, la presión en la línea de succión sea mayor a su límite bajo y la presión en la línea de descarga esté por debajo del límite alto definido. En estas condiciones, de cumplirse el tiempo T, operando con una sola bomba sin que se logre el objetivo de llenar el reservorio alto o, en el caso de que el nivel en el tanque elevado descienda del límite bajo bajo establecido, el sistema arrancará la bomba con prioridad secundaria y, mantendrá ambas bombas en servicio hasta que se alcance la condición de nivel alto del tanque elevado, donde las bombas se detendrán secuencialmente respetando su prioridad o turno de encendido en dicho ciclo.

El tiempo T corresponde al tiempo que determina la operación de la Bomba Secundaria, el cual corre a partir del encendido de la Bomba Primaria. Es configurable por el usuario en el rango de 0 a 86400 segundos que corresponde a un día.

Al finalizar el ciclo de operación con la parada de los grupos de bombeo, éstos cambian su prioridad para garantizar la alternancia en la operación de los mismos y así, su uso igualitario. Se establece que una bomba con prioridad primaria encenderá en el primer turno y, una bomba con prioridad secundaria, se pondrá en servicio de requerirse en el segundo turno dentro de un mismo ciclo.

Es importante remarcar que el usuario dispone de dos tipos de control de nivel del tanque elevado, el control de nivel por sensor de nivel y, el control de nivel por boyas, el cual hace referencia al dispositivo de medición de nivel continuo o discreto empleado por el sistema de control para determinar los niveles alto, bajo y bajo bajo del reservorio respectivamente. Además, el control de nivel por sensor de nivel se encuentra respaldado por el control de nivel por boyas, lo cual infiere que cuando el sistema de control detecte falla en el sensor de nivel, siendo este el tipo de control de nivel seleccionado para la operación de la estación, el controlador modificará este parámetro de control de nivel por sensor de nivel a control de nivel por boyas y, los grupos en servicio se detendrán cuando se detecte la condición de nivel alto dada por las boyas de nivel. De igual manera, el ciclo iniciará con el encendido de la bomba primaria cuando exista condición para ello. Es decir, cuando se active la condición de nivel bajo dada por las boyas de nivel básicamente.

Vale la pena hacer notar que el encendido de la bomba con prioridad secundaria cuando se encuentra seleccionado el control de nivel por boyas se dará únicamente al cumplirse el tiempo T.

Es claro hasta aquí que existen condiciones de funcionamiento y/o fallas dentro del modo de operación automático que de presentarse no permiten que los grupos de bombeo arranquen o en su defecto, detienen su operación. A continuación se citan estas condiciones de operación y/o fallas con una pequeña explicación de su uso o aplicación si amerita:

1. Condición de Presión Baja en la línea de succión, dada por el respectivo sensor de presión y/o interruptor de presión, que constituye la protección contra la operación en vacío de los grupos de bombeo.

2. Condición de Presión Alta en la línea de descarga, dada por el respectivo sensor de presión y/o interruptor de presión.
3. Condición de Nivel Alto en el tanque elevado, dado ya sea por el sensor de nivel o, en su defecto por las boyas de nivel alto y bajo, dependiendo del tipo de control de nivel que haya sido seleccionado por el usuario.
4. Supervisor de voltaje en falla.
5. Supresor de transientes en falla.
6. Paro de emergencia activo.
7. Posición cerrada de las válvulas de succión o de descarga de un grupo de bombeo dado. La posición de estas válvulas debe ser abierta para permitir que el grupo opere.
8. Posición en falla de las válvulas de succión o de descarga de un grupo dado. Por definición se dice que una válvula está en falla cuando la misma no se encuentra ni en posición abierta, ni en posición cerrada.
9. Bomba en falla. Se establece que la falla de la bomba puede ocurrir por tres razones en la operación automática: Arrancador de la Bomba N en falla, Bomba N no enciende y, Bomba N no apaga, donde N toma los valores de 1 y 2 en este caso particular. La primera falla es detectada por el arrancador de la bomba y, las dos siguientes, permiten identificar problemas con el cableado de control al no ejecutarse la acción inferida por el sistema de control en un momento dado,

ya sea para encender un grupo de bombeo o para apagarlo. En el caso puntual de la falla de Bomba N no apaga, se implementa un método alternativo para apagado del grupo en cuestión.

10. Bomba deshabilitada para su operación en automático. Artificio lógico que permite desvincular una bomba del sistema de control automático, ya sea porque presenta algún desperfecto o, ha sido retirada para mantenimiento.
11. Interruptor de fuerza del grupo de bombeo abierto. Artificio físico que permite desvincular una bomba del sistema de control automático al abrir la alimentación eléctrica a la misma.
12. Enlace de radio en falla, que se refiere al enlace de comunicación de la Estación Baja con la Estación Alta. Esta protección está orientada a evitar reboses no deseados del tanque elevado, que pueden ocasionar no sólo desperdicio del producto agua potable con su correspondiente perjuicio económico para IA, sino la imputación de multas por parte del ente regulador y más grave aún, causar afectación a los habitantes del área que circunda a la Estación Alta donde se encuentra dicho reservorio.
13. Manipulación del selector de Manual – 0 – Automático desde la posición de automático a las posiciones de “0” o de manual.

Es conveniente puntualizar también que una vez que la bomba o bombas en servicio se detienen por cualquier razón de las anotadas previamente, las mismas no podrán ser puestas en operación nuevamente sino hasta disponer de condición de encendido. Esto se refiere a que las fallas como tales por una parte hayan sido superadas, exista una presión en línea de succión superior al límite bajo, la presión en la línea de

descarga sea inferior al límite alto y que el nivel del tanque elevado sea menor que el límite bajo establecido.

Por otro lado, el funcionamiento de la estación es monitoreado localmente en el panel del operador de la estación y, remotamente por intermedio del Sistema SCADA implementado con tal fin.

Los límites de los parámetros de nivel, presión y caudal, entre otros citados como tiempo T, tipo de control de nivel del tanque elevado, condición de habilitación de los grupos de bombeo, etcétera, son configurables en forma local por el usuario en virtud de su categoría y atribuciones declaradas dentro del panel del operador. En consecuencia, se definen dos usuarios locales dentro de la interfase hombre máquina que son el usuario de operación y, el usuario de mantenimiento. Así también, estos parámetros son modificables de requerirse por intermedio del Sistema SCADA, el cual a su vez, dispone de usuarios identificados de forma individual con atribuciones y permisos de acuerdo a las clases de usuario ya explicadas.

Es así que se dentro del modo de operación automático de la estación, se dispone de una variante de funcionamiento a la cual llamaremos control remoto de la estación, que permite la manipulación a distancia de la misma por el personal de la Sala de Control a través del Sistema SCADA. Esto es, encender o apagar grupos de bombeo tal cómo se haría en el modo manual de operación, siempre y cuando no existan fallas en el sistema con excepción de la falla de enlace de radio y se disponga de condición de encendido, lo que habilita al personal de la Sala de Control de IA a operar el sistema garantizando el suministro de agua potable a los usuarios sin generar reboses no deseados al conocer perfectamente el nivel del tanque elevado por medio del enlace de radio implementado entre la Estación Alta y las sedes Ciudad Colón y

Progreso, donde se encuentran los servidores principal y de respaldo del Sistema SCADA.

Otros requerimientos del usuario son el monitoreo del parámetro de caudal; el monitoreo de las variables eléctricas del sistema dadas por un medidor de parámetros eléctricos: voltaje de línea a línea en las tres fases, voltaje de línea a neutro en las tres fases, corriente de línea, energía total consumida por la estación, potencia activa de la estación, factor de potencia energía; el monitoreo de los parámetros de operación de cada bomba dados por su correspondiente arrancador: corriente consumida por bomba, energía consumida por bomba, horómetro del arrancador, código de falla del arrancador, entre otras.

Todos, absolutamente todos los lineamientos dados para el funcionamiento de la Estación Baja se explican en detalle en la Norma Técnica de Diseño NTD-IA-011, que describe de una manera general todos los aspectos contemplados para la automatización de una estación conformada por dos bombas que se alimentan de la red y llenan un tanque elevado y, de la cual, se han abstraído los aspectos más relevantes para llevar a cabo la presente explicación del funcionamiento de la Estación Baja.

Se hace notar que este documento, la norma técnica de diseño NTD-IA-011, que busca estandarizar los requerimientos de IA al momento de automatizar la operación de una estación del tipo especificado, es el resultado del trabajo en conjunto con el personal de operaciones y de mantenimiento de IA y recopila su experiencia y necesidades.

Así también se deja en claro que el alcance de la norma técnica de diseño NTD-IA-011, se define con el formulario FO-MSIS-0205, de Evaluación de Mímicas del

Sistema, referido de forma particular a la configuración del panel del operador y, con el registro FO-MSCA-003 que corresponde al Listado de variables que se transmiten al Sistema SCADA, ambos asociados a la norma.

Finalmente y con el propósito de contribuir a la comprensión del presente apartado se presenta en la Figura 1, un esquema de la conformación de la Estación Baja.

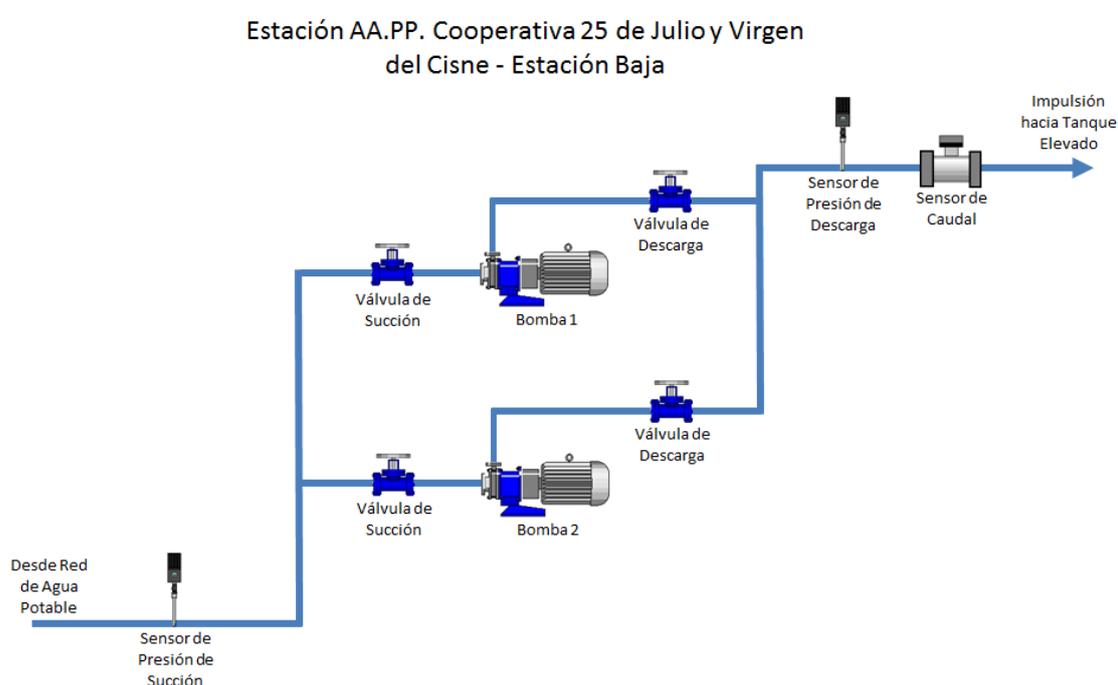


Figura 1. Esquema de la conformación de la Estación Baja.

1.4.1.2. Estación Alta.

La Estación Alta cuenta con un reservorio de almacenamiento de agua potable del cual se alimentan tres bombas centrífugas que están asociadas cada una a un motores trifásicos de 25 HP (18,5 KW) con la finalidad de impulsar agua potable directamente a la red de distribución manteniendo una presión constante a la salida

que garantice que llegue este recurso al punto más desfavorable con características de calidad de continuidad y presión.

Las bombas operan en automático de manera alternada en función del parámetro de presión en la línea de descarga y del nivel en el reservorio bajo con una configuración de trabajo 2+1 que permite de requerirse que la estación opere hasta con dos de tres grupos de bombeo, manteniendo la tercera bomba como respaldo.

Es así, que el ciclo de operación inicia con la puesta en marcha de la bomba con prioridad primaria cuando la presión de descarga es menor o igual a su límite bajo, siempre y cuando no existan fallas en el sistema y, el parámetro de nivel del tanque elevado sea mayor a su límite bajo bajo que funciona como la protección contra la operación en vacío de los grupos de bombeo.

Es este punto debe remarcarse que los grupos de bombeo de la Estación Alta disponen de variadores de velocidad que permiten ajustar la velocidad de operación de las bombas en el modo de funcionamiento automático a través de la implementación de un lazo de control PID que usa como señal de retroalimentación la presión de descarga. Es así que la bomba primaria arranca a la velocidad de arranque, normalmente establecida en 30 Hz y, acto seguido, el controlador empieza a regular la frecuencia de trabajo con el objetivo de alcanzar y mantener la presión de descarga de consigna definida por el usuario.

De cumplirse el tiempo T, operando solo con la bomba primaria sin que se alcance la presión de consigna en la línea de descarga, el sistema encenderá la bomba con prioridad secundaria a la frecuencia de trabajo de la bomba primaria en dicho instante y, mantendrá, según sea el caso, una o ambas bombas en servicio hasta que la presión de descarga sea igual o mayor a su límite alto, se cumplan 24 horas de

operación continua de la bomba primaria o, la velocidad de trabajo de los grupos de bombeo requerida para mantener la presión de consigna en la línea de descarga sea menor o igual a la velocidad de arranque, donde la bomba o bombas se detendrán secuencialmente respetando su prioridad o turno de encendido en dicho ciclo.

Al finalizar el ciclo de operación con la parada de los grupos de bombeo, éstos cambian su prioridad para garantizar la alternancia en la operación de los mismos y así, su uso igualitario. Es así que, la bomba primaria que enciende en el primer turno se convierte en la bomba de respaldo, la bomba secundaria que se pone en servicio en el segundo turno pasa a ser la bomba primaria y, en consecuencia, la bomba de respaldo para a ser la bomba secundaria del siguiente ciclo.

A continuación se detallan las condiciones de funcionamiento y/o fallas dentro del modo de operación automático que de presentarse no permiten que los grupos de bombeo arranquen o en su defecto, detienen su operación junto con una breve explicación de su uso o aplicación si amerita:

1. Condición de Nivel Bajo Bajo en el tanque elevado, dado ya sea por el sensor de nivel o, en su defecto por la boya de nivel bajo bajo, que constituye una segunda versión de la protección contra la operación en vacío de los grupos de bombeo.
2. Condición de Presión Alta en la línea de descarga, dada por el respectivo sensor de presión y/o interruptor de presión.
3. Operación ininterrumpida de la bomba primaria por espacio de 24 horas.
4. Velocidad de trabajo de los grupos de bombeo regulada por el lazo de control PID en una valor igual o menor que la Velocidad de Arranque.

5. Supervisor de voltaje en falla.
6. Supresor de transientes en falla.
7. Paro de emergencia activo.
8. Posición cerrada de las válvulas de succión o de descarga de un grupo de bombeo dado. La posición de estas válvulas debe ser abierta para permitir que el grupo opere.
9. Posición en falla de las válvulas de succión o de descarga de un grupo dado. Por definición se dice que una válvula está en falla cuando la misma no se encuentra ni en posición abierta, ni en posición cerrada.
10. Bomba en falla. Se establece que la falla de la bomba puede ocurrir por tres razones en la operación automática: Variador de Velocidad de la Bomba N en falla, Bomba N no enciende y, Bomba N no apaga, donde N toma los valores de 1, 2 y 3 en este caso particular. La primera falla es detectada por el arrancador de la bomba que es en este caso un variador de velocidad y, las dos siguientes, permiten identificar problemas con el cableado de control al no ejecutarse la acción inferida por el sistema de control en un momento dado, ya sea para encender un grupo de bombeo o para apagarlo. En el caso puntual de la falla de Bomba N no apaga, se implementa un método alternativo para apagado del grupo en cuestión.
11. Bomba deshabilitada para su operación en automático. Artificio lógico que permite desvincular una bomba del sistema de control automático, ya sea porque presenta algún desperfecto o, ha sido retirada para mantenimiento.

12. Interruptor de fuerza del grupo de bombeo abierto. Artificio físico que permite desvincular una bomba del sistema de control automático al abrir la alimentación eléctrica a la misma.
13. Manipulación del selector de Manual – 0 – Automático desde la posición de automático a las posiciones de “0” o de manual.

Es conveniente puntualizar también que una vez que la bomba o bombas en servicio se detienen por cualquier razón de las anotadas previamente, las mismas no podrán ser puestas en operación nuevamente sino hasta disponer de condición de encendido. Esto se refiere a que las fallas del sistema e individuales sean superadas, exista una presión en línea de succión superior al límite bajo o un nivel en el tanque elevado superior al límite bajo bajo establecido y, la presión en la línea de descarga sea igual o menor al límite bajo.

Por otro lado, el funcionamiento de la estación es monitoreado localmente en el panel del operador de la estación y, remotamente por intermedio del Sistema SCADA implementado con tal fin.

Los límites de los parámetros de nivel, presión y caudal, entre otros citados como tiempo T, parámetros del lazo de control PID, condición de habilitación de los grupos de bombeo, etcétera, son configurables en forma local por el usuario en virtud de su categoría y atribuciones declaradas dentro del panel del operador. En consecuencia, se definen dos usuarios locales dentro del panel del operador que son el usuario de operación y, el usuario de mantenimiento. Así también, estos parámetros son modificables de requerirse por intermedio del Sistema SCADA, el cual a su vez, dispone de usuarios identificados de forma individual con atribuciones y permisos de acuerdo a las clases de usuario ya explicadas.

Aquí también dentro del modo de operación automático de la estación, se dispone de la variante de funcionamiento conocida como control remoto de la estación, que permite la manipulación a distancia de la misma por el personal de la Sala de Control a través del Sistema SCADA. Esto es, encender o apagar grupos de bombeo tal cómo se haría en el modo manual de operación, siempre y cuando no existan fallas en el sistema ni en la bomba que se pretende poner en operación, la presión de succión esté por encima de su límite bajo o, en reemplazo de esta protección, el nivel en el tanque elevado sea mayor a su límite bajo bajo, lo que habilita al personal de la Sala de Control de IA a operar el sistema y ajustar la velocidad de operación de los grupos de bombeo de manera de permitir el suministro de agua potable a los usuarios.

Otros requerimientos del usuario son el monitoreo de los parámetros de caudal de distribución de agua potable a los usuarios; el monitoreo de las variables eléctricas del sistema dadas por un medidor de parámetros eléctricos: voltaje de línea a línea en las tres fases, voltaje de línea a neutro en las tres fases, corriente de línea, energía total consumida por la estación, potencia activa de la estación, factor de potencia energía; el monitoreo de los parámetros de operación de cada bomba dados por su correspondiente variador de velocidad: corriente consumida por bomba, energía consumida por bomba, velocidad de operación de la bomba, horómetro del variador de velocidad, código de falla del variador de velocidad, entre otras.

Todos los lineamientos dados para el funcionamiento de la Estación Alta se explican con precisión en la Norma Técnica de Diseño NTD-IA-013, que contiene los criterios para la automatización de una estación de bombeo conformada por tres bombas que se alimentan de un tanque elevado en impulsan el agua potable directamente a la red de los usuarios de dicho sector hidráulico, de la cual, se han abstraído los aspectos más relevantes para llevar a cabo la presente explicación del funcionamiento de la Estación Alta.

Se hace notar que este documento, la norma técnica de diseño NTD-IA-013, al igual que la norma anteriormente citada, busca estandarizar los requerimientos de IA al momento de automatizar la operación de una estación del tipo especificado, es el resultado del trabajo en conjunto con el personal de operaciones y de mantenimiento de IA y recopila su experiencia y necesidades.

Así también se establece el alcance de la norma técnica de diseño NTD-IA-013 mediante el formulario FO-MSIS-0205, de Evaluación de Mímicas del Sistema, que se asocia al funcionamiento del panel del operador y, con el registro FO-MSCA-003 que responde al Listado de variables que se transmiten al Sistema SCADA, ambos documentos asociados a la norma en mención.

Finalmente y con el propósito de contribuir a la comprensión del presente apartado se presenta en la Figura 2, un esquema de la conformación de la Estación Alta.

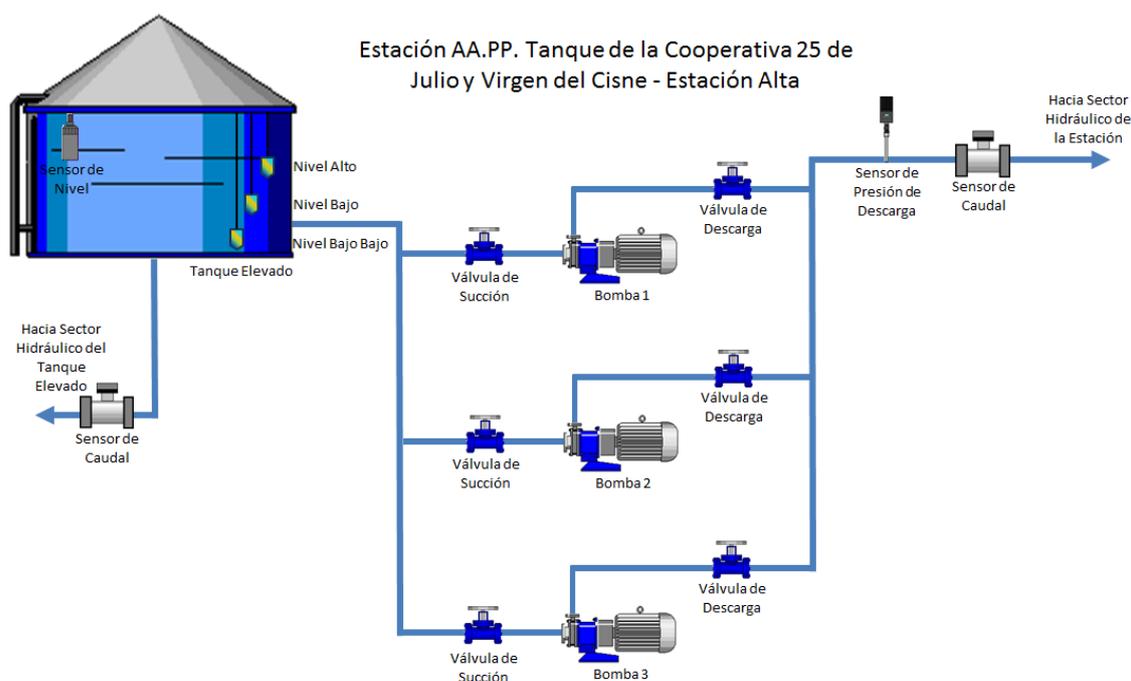


Figura 2. Esquema de la conformación de la Estación Alta.

1.4.2. Selección del equipamiento.

Para implementar el sistema de control descrito para la Estación Baja y, la automatización de la Estación Alta, necesitaremos de equipos de instrumentación continua y discreta que nos permitan medir los parámetros de nivel y presión, equipo de instrumentación continua para medir el caudal de agua potable distribuida a los usuarios del sistema, equipos de instrumentación discreta para determinar la posición de las válvulas de succión y de descarga asociadas a los grupos de bombeo.

Así también, requeriremos de un controlador que realice las funciones de control automático definidas en función de los parámetros ingresados por el operador en cada caso.

Por otro lado, se requiere implementar un enlace de radio entre las Estaciones Alta y Baja y, enlaces independientes de cada Estación con las sedes Ciudad Colón y Progreso, en las cuales se encuentran dispuestos los servidores principal y de respaldo del Sistema SCADA respectivamente.

En la Tabla 1 a continuación se resumen de manera general los equipos requeridos para la automatización de la Estación Baja.

Ítem	Equipo	Cantidad	Observación
1	Controlador Lógico Programable	1	
2	Pantalla de Interfaz Hombre Máquina	1	
3	Medidor de Nivel	1	Monitoreo de nivel

4	Interruptor de Nivel	1	Determinación de los niveles alto y bajo
5	Medidor de Presión	2	A ubicarse en las líneas de succión y de descarga de la Estación
6	Medidor de Caudal	1	A ubicarse en la línea de descarga de la Estación
7	Interruptor de Posición	8	Para determinación de las posiciones de abierto y cerrado las válvulas de succión y de descarga de cada bomba
8	Variador de Velocidad	2	
9	Medidor de Parámetros Eléctricos	1	
10	Supervisor de Voltaje	1	
11	Supresor de Transientes	1	
12	Botonera de Paro de Emergencia	1	
13	Selector de Manual - 0 - Automático	1	

Tabla 1. Equipos requeridos para la automatización de la Estación Baja.

En la Tabla 2 a continuación, se detallan los equipos que usaremos para automatizar la Estación Alta.

Item	Equipo	Cantidad	Observación
1	Controlador Lógico Programable	1	

2	Pantalla de Interfaz Hombre Máquina	1	
3	Medidor de Presión	1	A ubicarse en la línea de descarga de la Estación
4	Interruptor de Nivel	1	Para determinación de límite de nivel bajo bajo
5	Medidor de Caudal	2	A ubicarse en las líneas de distribución de agua potable del Tanque Elevado y de la Estación
6	Interruptor de Posición	12	Para determinación de las posiciones de abierto y cerrado las válvulas de succión y de descarga de cada bomba
7	Variador de Velocidad	3	
8	Medidor de Parámetros Eléctricos	1	
9	Supervisor de Voltaje	1	
10	Supresor de Transientes	1	
11	Botonera de Paro de Emergencia	1	
12	Selector de Manual - 0 - Automático	1	

Tabla 2. Equipos requeridos para la automatización de la Estación Alta.

1.4.2.1. Controlador lógico programable (PLC).

Para la selección adecuada del controlador se deben tomar en cuenta varios aspectos, los mismos que se detallan en las subsecciones siguientes tanto para la Estación Baja como para la Estación Alta.

1.4.2.1.1. Número y tipo de señales del sistema.

Con el fin de seleccionar el modelo adecuado de controlador en cuanto a capacidad de entradas y salidas, se requiere identificar y clasificar el tipo de entradas y salidas que participan en cada uno de los procesos de control de las Estaciones Baja y Alta con el propósito de diferenciarlas entre digitales y analógicas.

Es así que en la Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5, se presentan las entradas digitales, salidas digitales y entradas analógicas que participan dentro del sistema de control de la Estación Baja respectivamente.

Item	Entradas Digitales	Cantidad	Tipo	Señal Eléctrica
1	Selector de Manual -0-Automático en posición Manual	1	Contacto	24V _{DC}
2	Selector de Manual-0-Automático en posición Automático	1	Contacto	24V _{DC}
3	Supervisor de voltaje en falla	1	Contacto	24V _{DC}
4	Supresor de transiente en falla	1	Contacto	24V _{DC}
5	Pulsador de paro de emergencia activo	1	Contacto	24V _{DC}
6	Interruptor de fuerza de la Bomba 1 cerrado	1	Contacto	24V _{DC}

7	Bomba 1 encendida	1	Contacto	24V _{DC}
8	Variador de velocidad de la Bomba 1 en falla	1	Contacto	24V _{DC}
9	Válvula de succión de la Bomba 1 abierta	1	Contacto	24V _{DC}
10	Válvula de succión de la Bomba 1 cerrada	1	Contacto	24V _{DC}
11	Válvula de descarga de la Bomba 1 abierta	1	Contacto	24V _{DC}
12	Válvula de descarga de la Bomba 1 cerrada	1	Contacto	24V _{DC}
13	Interruptor de fuerza de la Bomba 2 cerrado	1	Contacto	24V _{DC}
14	Bomba 2 encendida	1	Contacto	24V _{DC}
15	Variador de velocidad de la Bomba 2 en falla	1	Contacto	24V _{DC}
16	Válvula de succión de la Bomba 2 abierta	1	Contacto	24V _{DC}
17	Válvula de succión de la Bomba 2 cerrada	1	Contacto	24V _{DC}
18	Válvula de descarga de la Bomba 2 abierta	1	Contacto	24V _{DC}
19	Válvula de descarga de la Bomba 2 cerrada	1	Contacto	24V _{DC}
20	Interruptor de presión de succión en falla (Presión de succión baja)	1	Contacto	24V _{DC}
21	Interruptor de presión de descarga en falla (Presión de descarga alta)	1	Contacto	24V _{DC}
Total de Entradas Digitales		21		

Tabla 3. Entradas Digitales del proceso de control de la Estación Baja.

Item	Salidas Digitales	Cantidad	Tipo	Señal Eléctrica
1	Encender la Bomba 1	1	Relé	110V _{AC}
2	Borrar falla de la Bomba 1	1	Relé	110V _{AC}
3	Detener la Bomba 1 por el método alternativo	1	Relé	110V _{AC}
4	Bomba 1 en falla (control de luz piloto de falla)	1	Relé	110V _{AC}
5	Encender la Bomba 2	1	Relé	110V _{AC}
6	Borrar falla de la Bomba 2	1	Relé	110V _{AC}
7	Detener la Bomba 2 por el método alternativo	1	Relé	110V _{AC}
8	Bomba 1 en falla (control de luz piloto de falla)	1	Relé	110V _{AC}
Total de Salidas Digitales		8		

Tabla 4. Salidas Digitales del proceso de control de la Estación Baja.

Item	Entradas Analógicas	Cantidad	Tipo	Señal Eléctrica
1	Presión de Succión	1	Trasmisor	4-20mA
2	Presión de Descarga	1	Trasmisor	4-20mA
3	Caudal de Descarga	1	Trasmisor	4-20mA

Total de Entradas Analógicas	3
-------------------------------------	----------

Tabla 5. Entradas Analógicas del proceso de control de la Estación Baja.

Es así que para el sistema de control de la Estación Baja se requiere un controlador lógico programable que como mínimo disponga de 21 entradas digitales a 24 V_{DC}, 8 salidas digitales tipo relé y 3 entradas analógicas de 4 a 20 mA.

En cambio, para la Estación Alta se presentan dentro de la Tabla 6, Tabla 7, Tabla 8 y Tabla 9, el número de entradas discretas, salidas discretas, entradas analógicas y salidas analógicas respectivamente a continuación.

Item	Entradas Digitales	Cantidad	Tipo	Señal Eléctrica
1	Selector de Manual -0-Automático en posición Manual	1	Contacto	24V _{DC}
2	Selector de Manual-0-Automático en posición Automático	1	Contacto	24V _{DC}
3	Supervisor de voltaje en falla	1	Contacto	24V _{DC}
4	Supresor de transiente en falla	1	Contacto	24V _{DC}
5	Pulsador de paro de emergencia activo	1	Contacto	24V _{DC}
6	Interruptor de fuerza de la Bomba 1 cerrado	1	Contacto	24V _{DC}
7	Bomba 1 encendida	1	Contacto	24V _{DC}

Item	Entradas Digitales	Cantidad	Tipo	Señal Eléctrica
8	Variador de velocidad de la Bomba 1 en falla	1	Contacto	24V _{DC}
9	Válvula de succión de la Bomba 1 abierta	1	Contacto	24V _{DC}
10	Válvula de succión de la Bomba 1 cerrada	1	Contacto	24V _{DC}
11	Válvula de descarga de la Bomba 1 abierta	1	Contacto	24V _{DC}
12	Válvula de descarga de la Bomba 1 cerrada	1	Contacto	24V _{DC}
13	Interruptor de fuerza de la Bomba 2 cerrado	1	Contacto	24V _{DC}
14	Bomba 2 encendida	1	Contacto	24V _{DC}
15	Variador de velocidad de la Bomba 2 en falla	1	Contacto	24V _{DC}
16	Válvula de succión de la Bomba 2 abierta	1	Contacto	24V _{DC}
17	Válvula de succión de la Bomba 2 cerrada	1	Contacto	24V _{DC}
18	Válvula de descarga de la Bomba 2 abierta	1	Contacto	24V _{DC}
19	Válvula de descarga de la Bomba 2 cerrada	1	Contacto	24V _{DC}
20	Interruptor de fuerza de la Bomba 3 cerrado	1	Contacto	24V _{DC}
21	Bomba 3 encendida	1	Contacto	24V _{DC}

Tabla 6. Entradas Digitales del proceso de control de la Estación Alta.

Item	Entradas Digitales	Cantidad	Tipo	Señal Eléctrica
22	Variador de velocidad de la Bomba 3 en falla	1	Contacto	24V _{DC}
23	Válvula de succión de la Bomba 3 abierta	1	Contacto	24V _{DC}
24	Válvula de succión de la Bomba 3 cerrada	1	Contacto	24V _{DC}
25	Válvula de descarga de la Bomba 3 abierta	1	Contacto	24V _{DC}
26	Válvula de descarga de la Bomba 3 cerrada	1	Contacto	24V _{DC}
27	Interruptor de nivel en nivel bajo bajo en falla (Boya de nivel bajo bajo desactivada)	1	Contacto	24V _{DC}
28	Interruptor de nivel en nivel bajo (Boya de nivel bajo activada)	1	Contacto	24V _{DC}
29	Interruptor de nivel en nivel alto (Boya de nivel alto activada)	1	Contacto	24V _{DC}
30	Interruptor de presión de descarga en falla (Presión de descarga alta)	1	Contacto	24V _{DC}
Total de Entradas Digitales		30		

Tabla 6. Entradas Digitales del proceso de control de la Estación Alta.

Item	Salidas Digitales	Cantidad	Tipo	Señal Eléctrica
1	Encender la Bomba 1	1	Relé	110V _{AC}

2	Borrar falla de la Bomba 1	1	Relé	110V _{AC}
3	Detener la Bomba 1 por el método alternativo	1	Relé	110V _{AC}
4	Bomba 1 en falla (control de luz piloto de falla)	1	Relé	110V _{AC}
5	Encender la Bomba 2	1	Relé	110V _{AC}
6	Borrar falla de la Bomba 2	1	Relé	110V _{AC}
7	Detener la Bomba 2 por el método alternativo	1	Relé	110V _{AC}
8	Bomba 2 en falla (control de luz piloto de falla)	1	Relé	110V _{AC}
9	Encender la Bomba 3	1	Relé	110V _{AC}
10	Borrar falla de la Bomba 3	1	Relé	110V _{AC}
11	Detener la Bomba 3 por el método alternativo	1	Relé	110V _{AC}
12	Bomba 3 en falla (control de luz piloto de falla)	1	Relé	110V _{AC}
Total de Salidas Digitales		12		

Tabla 7. Salidas Digitales del proceso de control de la Estación Alta.

Item	Entradas Analógicas	Cantidad	Tipo	Señal Eléctrica
1	Nivel del Tanque Elevado	1	Transmisor	4-20mA
2	Presión de Descarga	1	Transmisor	4-20mA

3	Caudal del sector hidráulico del Tanque Elevado	1	Transmisor	4-20mA
4	Caudal del sector hidráulico de la Estación.	1	Transmisor	4-20mA
Total de Entradas Analógicas		4		

Tabla 8. Entradas Analógicas del proceso de control de la Estación Alta.

Item	Salidas Analógicas	Cantidad	Tipo	Señal Eléctrica
1	Velocidad de la Bomba 1	1	Transmisor	4-20mA
2	Velocidad de la Bomba 2	1	Transmisor	4-20mA
Total de Salidas Analógicas		2		

Tabla 9. Salidas Analógicas del proceso de control de la Estación Alta.

Es así que para la Estación Alta se requiere un controlador capaz de manejar como mínimo 30 señales digitales a 24V_{DC}, 12 salidas digitales a relé, 4 entradas analógicas de 4 a 20 mA y, 2 salidas analógicas de 4 a 20 mA.

1.4.2.1.2. Fuente de alimentación.

Tanto para la Estación Baja como para la Estación Alta emplearemos una fuente de alimentación externa de 110/220 V_{AC} con una salida a 24 V_{DC}, 5 A para alimentar

eléctricamente el controlador, los módulos de entradas digitales del controlador y, el panel del operador de cada una de las estaciones.

1.4.2.1.3. Unidad de procesamiento central (CPU).

El controlador lógico programable escogido para realizar la tarea de control de la Estación Baja y, de la Estación Alta es la RTU SCADAPack 334 E de Schneider Electric, uno para cada estación.



Figura 3. RTU SCADAPack 334 E de Schneider Electric.

Los motivos por los cuales se elige este controlador se exponen a continuación:

1. Su CPU integra en un total de 8 entradas analógicas de 4-20mA; 16 entradas digitales de 24V_{DC}; y, 10 salidas tipo relé. Lo anterior favorece al proyecto al permitir satisfacer en gran medida el número de entradas y salidas requeridas por cada uno de los procesos de las Estaciones Alta y Baja.
2. Diseño modular y escalable que lo convierte en un controlador flexible, ya que es factible agregar módulos de entradas y salidas en función de los requerimientos del proyecto en un momento dado.

3. Dispone de puertos de comunicaciones varios que permiten integrar el controlador con los equipos que participan en el sistema de control. Es así que la RTU SCADAPack 334E utiliza el puerto de comunicación serial RS-232 que soporta el protocolo de comunicación DNP3 para enlazarse a la radio RACOM y transmitir la información de la Estación al Sistema SCADA, mientras que emplea el puerto de comunicación Ethernet que soporta el protocolo de comunicación Modbus TCP para comunicarse con el resto de equipos que conforman el tablero de fuerza y control.
4. Dispone de capacidad de almacenamiento de hasta 20000 eventos/datos con estampa de tiempo, muy útil en el caso de que se pierda el enlace de conexión de la Estación con el Sistema SCADA garantizando así la disponibilidad de la información de la estación en este último.

1.4.2.1.4. Módulos de expansión de entrada – salida.

En función del número de entradas y salidas digitales y analógicas requeridas para el proyecto, se procede a seleccionar los módulos de expansión del sistema de control de la Estación Baja y de la Estación Alta.

Para el caso de la Estación Baja se requiere adicionar únicamente un módulo de expansión de 16 entradas digitales, que se identifica con el código 5414; mientras que para la Estación Alta se agregaron tres módulos de expansión. El primero de 16 entradas digitales, catálogo 5414; el segundo de 12 salidas tipo relé, catálogo 5415; y, el tercero de 4 salidas analógicas, catálogo 5304. De esta manera, para ambas estaciones, se cubrieron las necesidades mínimas antes planteadas.

1.4.2.1.5. Lenguajes de programación.

La RTU SCADAPack 334 E de Schneider Electric cumple con el estándar IEC 61131-3 para programación de controladores lógicos, el cual proporciona un ambiente flexible para llevar a cabo las tareas de desarrollo, depuración y descarga del código desde el computador hacia el controlador.

En la Tabla 10 a continuación, se resumen los lenguajes de programación soportados por la RTU SCADAPack 334 E, de los cuales los cinco primeros están declarados en la norma IEC 61131-3, los cuales pueden ser utilizados de forma combinada dentro de un mismo proyecto si el usuario así lo requiere.

Ítem	Lenguaje de Programación	Tipo de Aplicación
1	Diagrama de Función Secuencial (SFC)	Procesos secuenciales
2	Diagrama de bloques / funciones (FBD)	Flujo de proceso
3	Diagrama Escalera (LD)	Flujo eléctrico
4	Texto Estructurado (ST)	De texto, calculador
5	Lista de Instrucciones (IL)	Booleanas, simples, de texto
6	*Diagrama de Flujo (FC)	Lógicas, operación basada en decisiones

* Lenguaje de programación soportado en adición al estándar IEC-61131-3.

Tabla 10. Lenguajes de programación soportados por la RTU SCADAPack 334 E.

1.4.2.1.6. Software de programación.

La programación de la RTU SCADAPack 334 E se realiza por medio de la herramienta de software llamada IEC-61131-3, también conocida como ISaGRAF Workbench, que hace referencia al conjunto de lenguajes de programación disponibles para permitir las funciones de desarrollo del código creado para una aplicación en particular.

Este software incorpora:

1. Funciones de configuración y diagnóstico de los puertos de comunicación seriales y protocolos de comunicación soportados por la RTU SCADAPack 334 E.
2. Funciones de depuración y monitoreo del código fuente en línea, lo cual permite al programador verificar el desempeño del programa de control paso a paso.
3. Funciones de código fuente embebido, que de acuerdo al estándar IEC-61131-3 permite comprimir todos los archivos asociados al desarrollo de un proyecto dentro de un simple archivo que se transfiere al controlador, haciendo factible recuperar dicho proyecto desde este equipo con miras a restaurarlo o editarlo en otro computador.
4. Función de ejecución de código C/C++ en forma concurrente, lo que aumenta el poder de la herramienta de software al permitir que una aplicación del estándar IEC-61131-3 pueda ejecutarse en la RTU SCADAPack 334 E con hasta 32 programas C/C++. Es decir, se asegura que los datos generados en una aplicación puedan ser utilizados por otra.

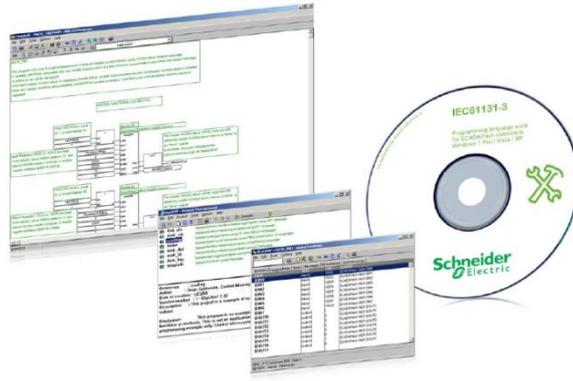


Figura 4. Software de Programación IEC61131-3 (ISaGRAF).

1.4.2.1.7. Puertos de Comunicación.

Para este proyecto tanto para la Estación Baja como para la Estación Alta se hará uso de dos puertos de comunicación que vienen incorporados en la CPU del controlador, los cuales se señalan en la Figura 5:

1. El puerto serial RS-232 con conector RJ-45 para permitir la conexión física de la RTU SCADAPack 334 E con la radio que integra la estación al Sistema SCADA utilizando para ello el protocolo de comunicación DNP3 o Distributed Network Protocol.
2. El puerto de comunicación Ethernet con conector RJ-45 industrial que permite enlazar la RTU SCADAPack 334 E con los principales elementos del tablero de control y fuerza, llámense éstos, el panel del operador, el medidor de parámetros eléctricos, los arrancadores de los grupos de bombeo (variadores suaves en el caso de la Estación Baja y, variadores de velocidad, para la Estación Alta), radio de enlace de la Estación Baja con la Alta y viceversa, a través de un switch Ethernet de tipo industrial y empleando el protocolo de comunicación Modbus TCP.



Figura 5. Puertos de comunicación de la RTU SCADAPack 334 E.

1.4.2.2. Interfaz Hombre Máquina (HMI).

La interfaz hombre máquina, también conocida como panel del operador, permite establecer una comunicación en dos sentidos entre el usuario y el sistema de control de un proceso dado. A través de este elemento fundamentalmente gráfico que facilita la comprensión y entendimiento del proceso de control, el operador de una manera sencilla introduce los parámetros de operación del sistema a controlar, monitorea el estado de operación del proceso de control, chequea la ocurrencia de eventos y alarmas del proceso, observa información histórica y tendencias de variables de interés del sistema de control, interactúa de manera virtual con equipos con la finalidad de precautelar su seguridad como individuo y la integridad de dichos equipos como por ejemplo, para borrar la condición de falla en el arrancador de un grupo de bombeo, entre otras.

Tanto para el sistema de control de la Estación Baja como de la Estación Alta, el panel del operador permitirá al operador:

1. Registrar su usuario clasificado como usuario de operación o de mantenimiento.

2. Monitorear el estado de funcionamiento del sistema.
3. Parametrizar los límites máximo, alto, bajo y mínimo de las variables de presión.
4. Parametrizar los límites máximo, de rebose, alto, bajo, bajo bajo y mínimo de la variable de nivel.
5. Parametrizar los límites máximo, alto, bajo y mínimo de las variables de caudal.
6. Configurar el tiempo T que determina el arranque de la bomba secundaria.
7. Configurar la condición de habilitación o Deshabilitación de cada uno de los grupos de bombeo para su operación en automático.
8. Configurar el horómetro de inicio de cada uno de los grupos de bombeo, que corresponde a un artificio empleado para conservar el horómetro de la bomba en todo momento, el cual corresponde a la suma de la constante horómetro de inicio con el horómetro del arrancador de la bomba, sea este arrancador suave o variador de velocidad.
9. Chequear información histórica de eventos y alarmas guardadas en orden de ocurrencia, siendo el evento o alarma más reciente el primer evento o alarma de la lista.
10. Chequear información histórica y tendencias de las variables del sistema de presión, nivel, caudal y, las corrientes consumidas por cada grupo de bombeo.
11. Salir de la aplicación con el fin de acceder al menú de configuración del panel del operador.

12. En el caso de la Estación Baja, permite seleccionar el tipo de control de nivel del tanque elevado, ya sea control de nivel por sensor de nivel o, control de nivel por boyas. Se permite modificar este parámetro desde la Estación Alta.
13. En el caso de la Estación Alta, permite parametrizar la presión de consigna a mantener en la línea de descarga de la estación y los parámetros de ajuste del lazo de control PID para cada uno de los grupos de bombeo.
14. Para la Estación Alta, se permite ajustar la velocidad de trabajo de los grupos de bombeo en la operación manual del sistema y, durante la modalidad de control remoto de la estación.

Se ha previsto que este equipo tenga pantalla con característica táctil, a color, con puerto de comunicación Ethernet con conector RJ-45 que soporte el protocolo de comunicación Modbus TCP, que lo habilita para interactuar con el controlador RTU SCADAPack 334 E.

Es así que el panel del operador elegido corresponde a la familia Simatic HMI Touch de Siemens, modelo TP700 Comfort, catálogo 6AV2124-0GC01-0AX0, que dispone de una pantalla táctil a color de 7 pulgadas de diámetro.



Figura 6. Panel de operador táctil marca Siemens TP700 Comfort.

1.4.2.3. Supervisor de Voltaje.

Como supervisor de voltaje emplearemos el equipo de la marca ABB, modelo CM-PVS.31, el cual monitorea condición de permanencia de las tres fases de alimentación de cada una de las estaciones. Se energiza por medio del circuito de medición. Detecta las condiciones de ausencia de fase, sobrevoltaje y bajo voltaje e incorpora dos contactos configurables de los cuales emplearemos uno para identificar la condición de supervisor de voltaje en falla. En la Figura 7 apreciamos este equipo.



Figura 7. Supervisor de voltaje trifásico ABB.

1.4.2.4. Supresor de Transientes.

Como supresor de transientes emplearemos el equipo de la marca SOLA de la serie STV-100K-10s que tiene como voltaje de alimentación $120/240V_{AC}$, se basa en la conexión de las tres líneas de fases y tierra, otorgando una protección contra picos de corriente en el orden de los 100.000 A en todos los modos permitidos: de línea a línea, de línea a neutro, de línea a tierra, de neutro a tierra. Incorpora un contacto que emplearemos para determinar que el equipo detectó una falla. En la Figura 8, se muestra este equipo.



Figura 8. Supresor de transientes SOLA.

1.4.2.5. Medidor de parámetros eléctricos.

El medidor de parámetros eléctricos seleccionado es el equipo marca SIEMENS, de la familia Sentron Pack3200, diseñado para realizar gestión de energía, el cual dispone de un puerto de comunicación Ethernet que soporta el protocolo de comunicación Modbus TCP para vincularse de este modo al sistema de control de cada una de las Estaciones Baja y Alta. Es así que en la Figura 9 observamos a este equipo.



Figura 9. Medidor de Parámetros Eléctricos SIEMENS.

1.4.2.6. Variador de Velocidad.

En el caso de la Estación Baja se emplearán como arrancadores de los grupos de bombeo, variadores de velocidad marca ABB con número de catálogo ACS550-01-143A-2, mientras que para la Estación Alta, se empleará uno similar con número de catálogo ACS550-01-075A-2, cada uno de los cuales ha sido seleccionado para operar respectivamente con los grupos de bombeo de ambas estaciones en función de su potencia. En la Figura 10 apreciamos este equipo.

Entre otras cualidades, este equipo dispone de entradas y salidas discretas configurables, entradas analógicas configurables; y, de un puerto de comunicación Ethernet que soporta el protocolo de comunicación Modbus TCP. Es así que se determina que las señales discretas de Encender la Bomba N, Variador de Velocidad de la Bomba N en falla, Borrar falla de Variador de Velocidad de la Bomba N y Apagar la Bomba N por método alterno son físicamente cableadas al controlador de la Estación, al igual que una entrada analógica que permite para el caso de la Estación Alta controlar la velocidad de trabajo del equipo por medio del lazo de control PID. En tanto que el resto de señales monitoreadas de este equipo se leen por medio de la red de comunicación. Es el caso de las variables de corriente consumida por línea, de energía total de la bomba, el horómetro del arrancador suave, entre otras.



Figura 10. Variador de velocidad ABB.

1.4.2.7. Instrumentación discreta del proceso.

1.4.2.7.1. Interruptor de nivel.

Este proyecto requirió de la utilización de tres interruptores de nivel marca FLYGT del modelo ENM-10 con la finalidad de detectar los límites discretos en el tanque elevado de nivel alto, nivel bajo y nivel bajo bajo. Las dos primeras señales, el nivel alto y el

nivel bajo, son requeridas para la operación de la Estación Baja, mientras que la última, nivel bajo bajo, actúa como protección contra la operación en vacío de los grupos de bombeo de la Estación Alta.

El ENM-10 es un interruptor de nivel especializado para aplicaciones de control de bombas y/o de válvulas. La envoltura del interruptor es de propepileno, mientras que el cable es revestido con PVC especial. Al interior del dispositivo, se encuentra dispuesto un microinterruptor de capacidad de $250V_{AC}$ 10 A. En la Figura 11 observamos una foto este elemento, el cual al ser alcanzado por el líquido se inclina provocando que el circuito de control se abra o se cierre y esto determinará en consecuencia una acción de control específica.



Figura 11. Interruptor de nivel FLYGT ENM-10.

1.4.2.7.2. Interruptor de presión.

Este elemento será instalado en las líneas de succión y de descarga de la Estación Baja y, en la línea de descarga de la Estación Alta. Se ha elegido emplear el equipo marca Telemecanique de la serie XML-F...D2026 que incorpora en un mismo elemento un interruptor y sensor de presión. Se alimenta en lazo cerrado de voltaje de $24V_{DC}$, dispone de una salida discreta configurable y, de una salida analógica para monitoreo del valor de presión. En la Figura 12 observamos un esquema de este dispositivo.



Figura 12. Esquema de un interruptor y sensor de presión Telemecanique.

1.4.2.7.3. Interruptores de posición.

Con la finalidad de detectar las posiciones de abierta y cerrada de las válvulas de succión y de descarga de cada grupo de bombeo de una estación, se emplearán dos interruptores de posición de la marca SIEMENS de la serie 3S5E por válvula, siendo el número de catálogo del dispositivo 3SE5 112-0CH50, los cuales van acoplados a un sistema de accionamiento por palanca instalado en el eje de la válvula y calibrado para activarse cuando la válvula está totalmente abierta o totalmente cerrada. Este dispositivo tiene protección IP 67 y posee dos contactos, uno normalmente abierto y otro normalmente cerrado, los cuales emplearemos para conectar esta señal al controlador. En la Figura 13 se muestra como se acoplan dos de estos elementos a una válvula.



Figura 13. Acoplamiento de dos interruptores de posición a una válvula.

1.4.2.8. Instrumentación continua del proceso.

1.4.2.8.1. Medidor de Nivel.

Para la determinación del nivel del tanque elevado se ha elegido emplear el equipo de la marca SIEMENS de la familia Multiranger 100, que corresponde a un medidor de nivel ultrasónico con electrónica remota, cuyo transmisor, con número de catálogo 7ML50331BA102A, tiene protección IP65, mientras que el sensor de nivel ST-H, protección IP68.



Figura 14. Medidor de nivel SIEMENS.

1.4.2.8.2. Medidor de presión.

Como ya se indicó en el apartado correspondiente al interruptor de presión, en este proyecto se empleará un equipo que incorpora dos funciones en una y permite determinar tanto la medición continua como la medición discreta de presión en el punto de su instalación. Este equipo es marca Telemecanique de la serie XML-F...D2026. En la Tabla 11 a continuación se resume las características de los medidores de presión a emplear.

Medidor de Presión	Línea de Succión	Línea de Descarga
Estación Baja	XML-F010D2026 Rango de 0 a 10 bares	XML-F016D2026 Rango de 0 a 16 bares
Estación Alta	-	XML-F010D2026 Rango de 0 a 10 bares

Tabla 11. Características de los medidores de presión Telemecanique.

1.4.2.8.3. Medidor de caudal.

Para monitorear el caudal de descarga de la Estación Baja y, los caudales del sector hidráulico del tanque elevado y, del sector hidráulico abastecido por los grupos de bombeo de la Estación Alta, se requiere implementar tres medidores de caudal electromagnéticos, de electrónica remota, transmisor con grado de protección IP67 y, sensor de caudal, con grado de protección IP68, el cual dispone de una salida analógica de corriente de 4-20 mA.

Es así que el equipo escogido corresponde al medidor de caudal marca SIEMENS, cuyo transmisor pertenece a la familia Sitrans FM MAG 6000, con número de catálogo 7ME69201AA101AA0, el cual opera asociado al sensor de caudal MAG 3100, de acuerdo a como se muestra en la Figura 15 a continuación.



Figura 15. Medidor de caudal SIEMENS.

1.4.2.9. Radio de comunicación entre estaciones.

Para comunicar la Estación Baja con la Estación Alta se implementará un enlace de comunicación Ethernet en la banda no licenciada de 900 MHz, para lo cual se utilizarán dos radios TRIO-JR900 de Schneider Electric que integra un puerto de comunicación Ethernet que soporta el protocolo de comunicación Modbus TCP. En la Figura 16 observamos este equipo.



Figura 16. Radios de comunicación TRIO-JR900 de Schneider Electric.

1.4.2.10. Radio de comunicación al Sistema SCADA.

Debe indicarse que IA dispone de una red de radios propietarias en la frecuencia licenciada de 436 MHz para integrar sus estaciones de bombeo al Sistema SCADA. Es así que para lograr el enlace independiente de las Estación Baja y de la Estación Alta se implementará en cada estación una radio RACOM MR-400, la cual dispone de un puerto serial RS-232 que se conectará a un puerto similar en el controlador, para permitir la transmisión al Sistema SCADA de la información de dicha estación sobre protocolo de comunicación DNP3 serial, que como habíamos visto ante, incorpora la característica de colocar estampa de tiempo a los datos generados, además de almacenarlos en la RTU si este enlace de comunicación se ve afectado. En la Figura 17 podemos apreciar este equipo.



Figura 17. Radio RACOM MR-400.

1.4.3. Arquitectura de comunicación.

La Figuras 18 y 19 a continuación presentan la arquitectura de red de la Estación Baja y de la Estación Alta respectivamente, las cuales corresponden a una topología tipo estrella en ambos casos.

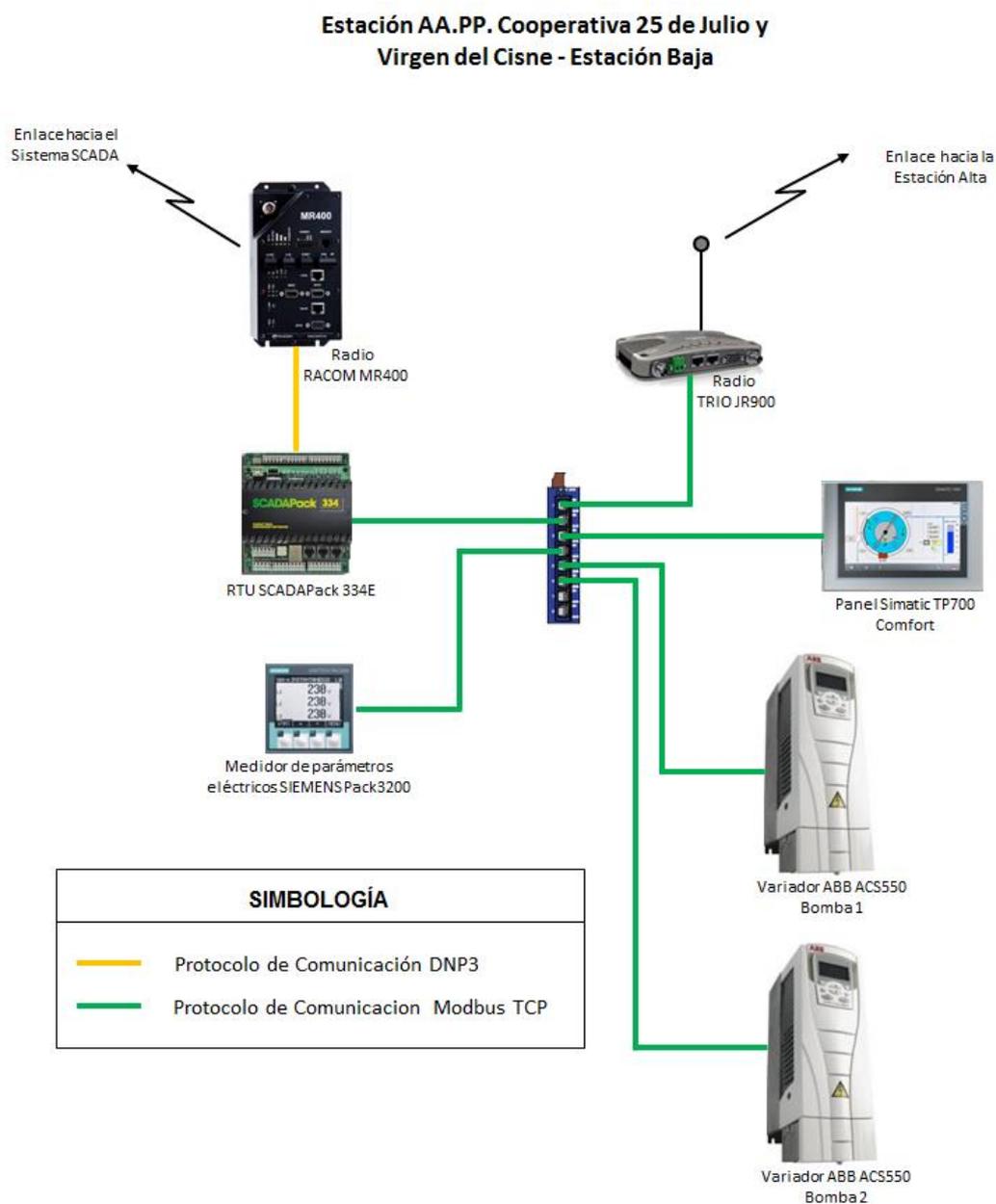


Figura 18. Arquitectura de red de la Estación Baja.

**Estación AA.PP. Tanque de la Cooperativa 25 de Julio y
Virgen del Cisne - Estación Alta**

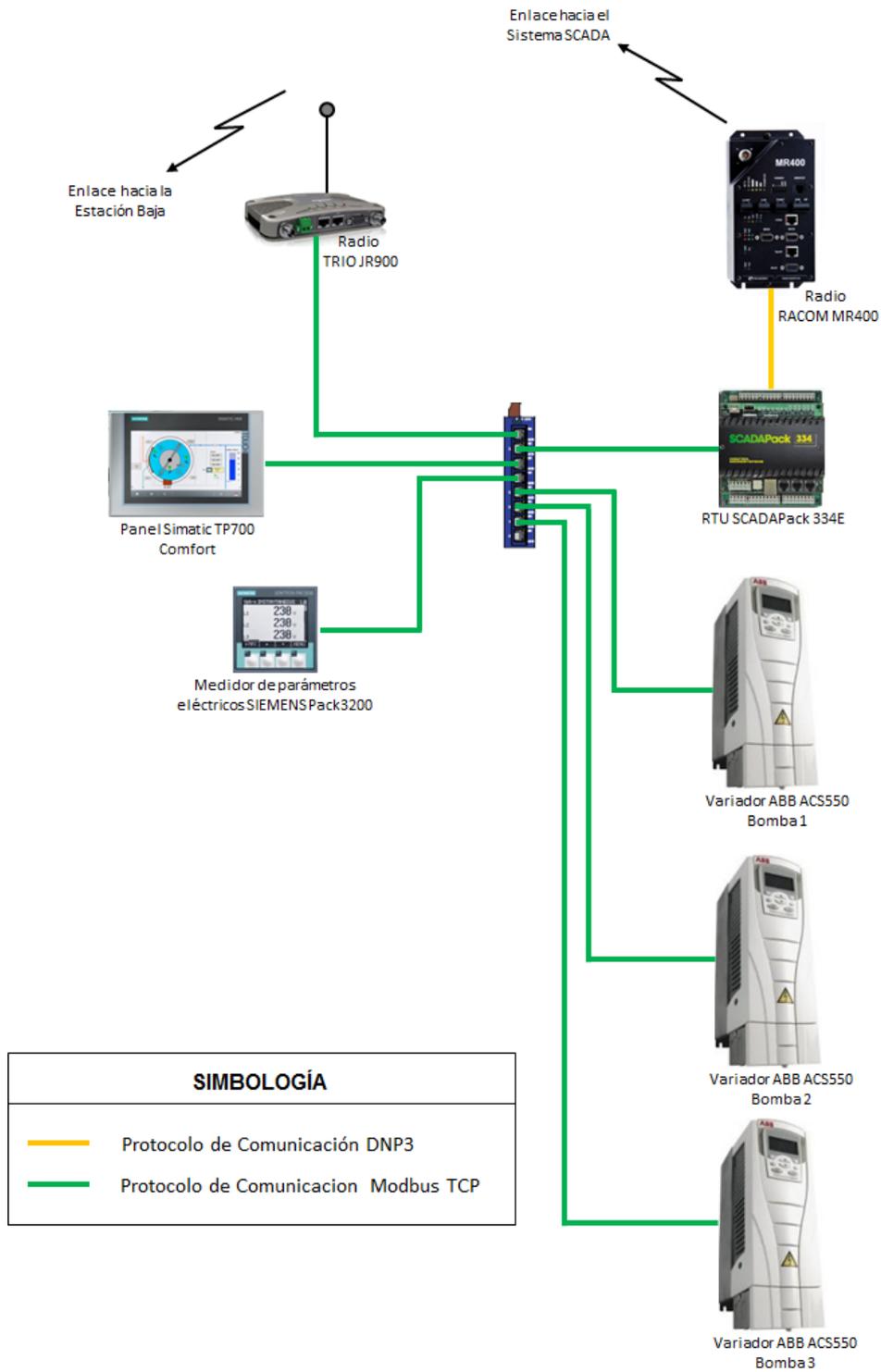


Figura 19. Arquitectura de red de la Estación Alta

1.4.4. Integración al Sistema SCADA.

Para la integración de una estación al Sistema SCADA se debe poner en servicio el enlace de comunicación previsto con tal fin por intermedio de la radio RACOM MR400. Se da a conocer que IA dispone de una infraestructura de red propietaria fundamentada en el uso de esta radio. En forma paralela, se debe crear la estación dentro la aplicación de software del Sistema SCADA que involucra configurar el canal de comunicación de la herramienta con la estación, crear las variables de la estación que se requieren monitorear desde este sistema, las cuales son definidas de antemano con el cliente de operaciones y se encuentran disponibles en el sistema de control de la estación. A continuación se procede al desarrollo de las mímicas de la estación las cuales se asocian a las variables para entregar como producto una representación visual del estado de operación de la estación. Otra actividad es la configuración de los límites de alarmas de las variables creadas. Adicional, se realiza la tarea de validar la transmisión de cada señal declarada en el Sistema SCADA, que corresponde a una contrastación del valor de la señal creada contra el valor de la misma señal en campo y; la actividad de verificar la operatividad de las mímicas que tiene que ver con la correcta animación de equipos, funcionamiento de botones, etcétera.

IA utiliza como herramienta de Sistema SCADA el software SCADA Expert ClearSCADA de Schneider Electric, sistema abierto, flexible y escalable, cuya hoja técnica se presenta en el Anexo 6. En la Figura 20 se aprecia la mímica principal de la red de distribución de agua potable de IA dentro del ambiente web.

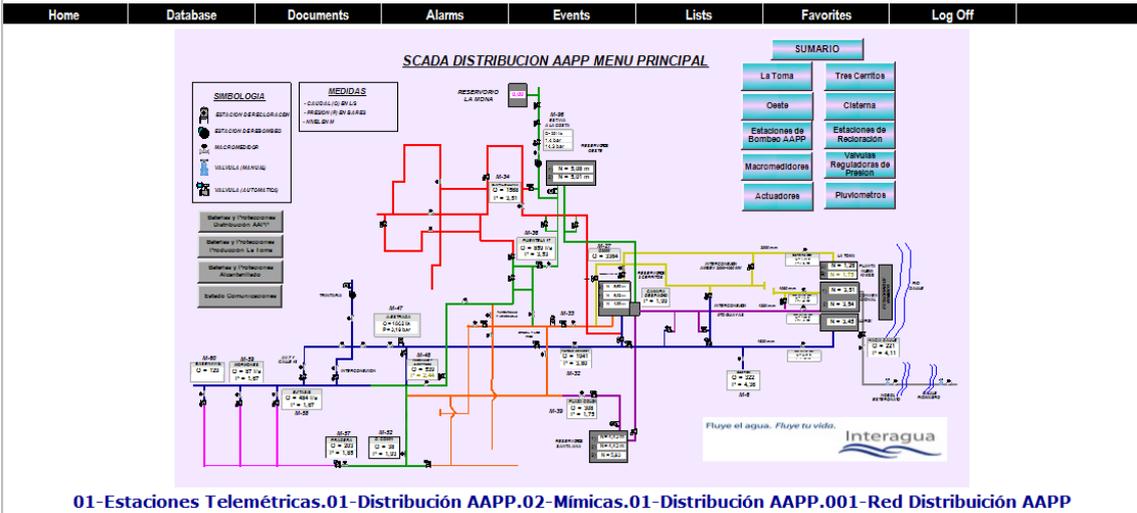


Figura 20. Ambiente web del Sistema SCADA Expert ClearSCADA de IA.

CAPÍTULO II

2. RESULTADOS OBTENIDOS.

En esta sección nos concentraremos en revisar el comportamiento de la Estación Alta basándonos para ello en la información que fue recopilada por un punto de monitoreo de presión implementado en el lugar más desfavorable de la zona abastecida por esta estación, donde se colocó un equipo datalogger marca Technolog, modelo Metrolog y catálogo MET-PV2/P/F/D 100 m, que opera a batería, el cual tiene incorporado un sensor de presión y posee la capacidad de almacenar esta información cada 15 minutos con estampa de fecha y hora. Para recuperar estos datos del equipo, el personal encargado de su manejo, se desplaza al sitio de su instalación y descarga la información por medio de la aplicación computadora.

Este equipo estuvo en funcionamiento desde su instalación, el 22 de mayo del 2015, hasta el 03 de agosto de los corrientes, cuando se dio por finalizado el proceso de seguimiento liderado por el equipo de operaciones para asegurar la continuidad del servicio a los usuarios a la presión que exige el contrato de concesión de IA. En la Figura 21 se muestra una foto de la implementación del punto.



Figura 21. Implementación del punto de monitoreo de presión en NRO-932.

Vale la pena puntualizar que la Estación Alta fue operada en forma manual hasta 03 de junio del 2015 y, en automático, desde el 04 de junio del año en curso.

2.1. Análisis de los resultados.

En el Anexo 7 se presentan la presión promedio diaria en mca acompañada del tiempo en servicio de la estación en horas, que resulta de procesar la información recuperada del equipo datalogger desde el 22 de Mayo al 03 de Agosto del 2015, el cual registra un dato cada 15 minutos. Esto es un promedio de 94 datos por día y, en total, 6982 puntos.

Los datos del 22 de Mayo al 03 de Junio del 2015 que presenta la Figura 22, corresponden a la instancia final del periodo en que la Estación Alta operó en forma manual. Es factible observar que la estación era puesta en funcionamiento por lo regular en el horario de 08h00 a 22h00 y sino, de 07h00 a 21h00, horario en el cual los usuarios disponían del servicio. También se puede apreciar que no existió regulación de presión, sino que el o los grupos de bombeo operaban a una velocidad de trabajo fija. Esta forma de operar se determinó tras cinco meses de ensayos por parte del contratista de la obra.

En la Figura 23, observamos la presión promedio diaria en el punto crítico y, el tiempo de operación promedio de la Estación Alta que equivale al tiempo promedio diario que el servicio de agua potable estuvo a disposición de los clientes. Para efecto del cálculo, sólo se han considerado los datos de presión que se dieron con la Estación Alta en funcionamiento.



Figura 22. Presión en el punto crítico de la zona servida por la Estación Alta en modo Manual de operación.

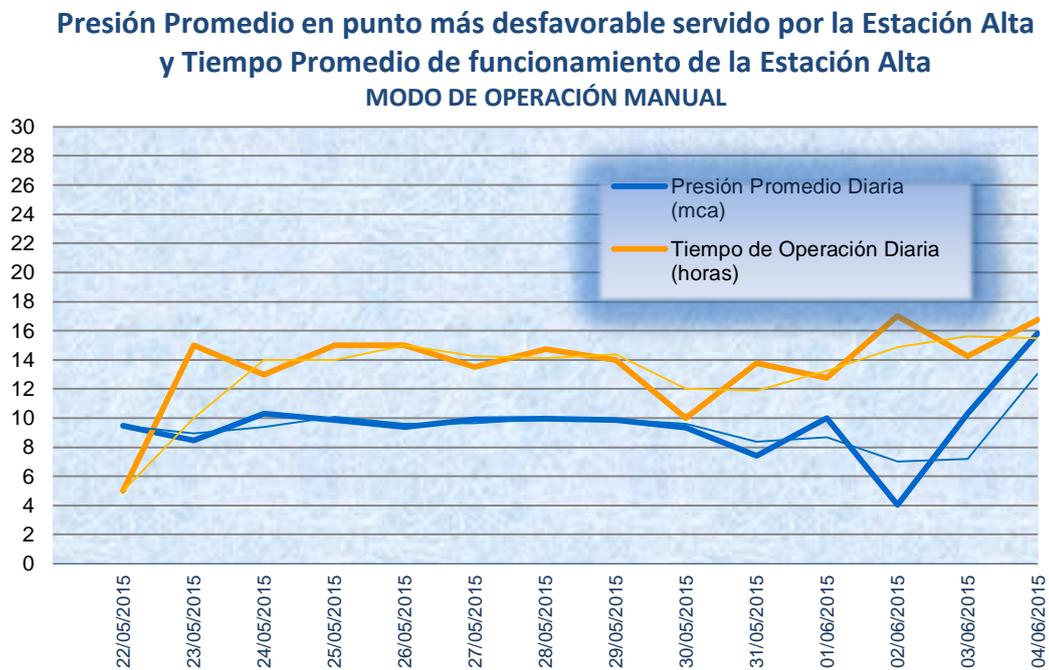


Figura 23. Presión Promedio Diaria en el punto crítico de la zona servida por la Estación Alta y Tiempo Promedio Diario de disponibilidad del servicio en el modo Manual de operación.

La información recopilada del 04 de Junio al 03 de Agosto del 2015 que muestra la Figura 24 a continuación, es relativa al manejo en automático de la Estación Alta y, la Figura 25, muestra los valores promedios diarios de presión del punto más desfavorable del sector hidráulico NRO-932 y, del tiempo de funcionamiento diario de la Estación Alta.



Figura 24. Presión en el punto crítico de la zona servida por la Estación Alta en modo Automático de operación.

Es posible apreciar que el suministro de agua potable pasó de estar disponible durante 14 horas por día, a ser utilizable 24 horas por día. Y con respecto a la regulación de presión, esto fue ajustado por el Jefe de Estaciones de Bombeo de Agua Potable basándose en la información del punto de presión crítica de la zona NRO-932, que recibía a diario. Es así que en la gráfica partimos con una presión que estuvo alrededor de 20 bares o mca con tendencia descendente para situarse en a continuación en 18, 15, 13, 12, 11, 9 y 11 bares o mca aproximadamente. Debe

mencionarse que el punto de monitoreo de presión está a una cota mayor que la del último usuario. De allí que mantener una presión de 11 bares o mca es lo requerido en términos de calidad por el Departamento de Operaciones de IA.

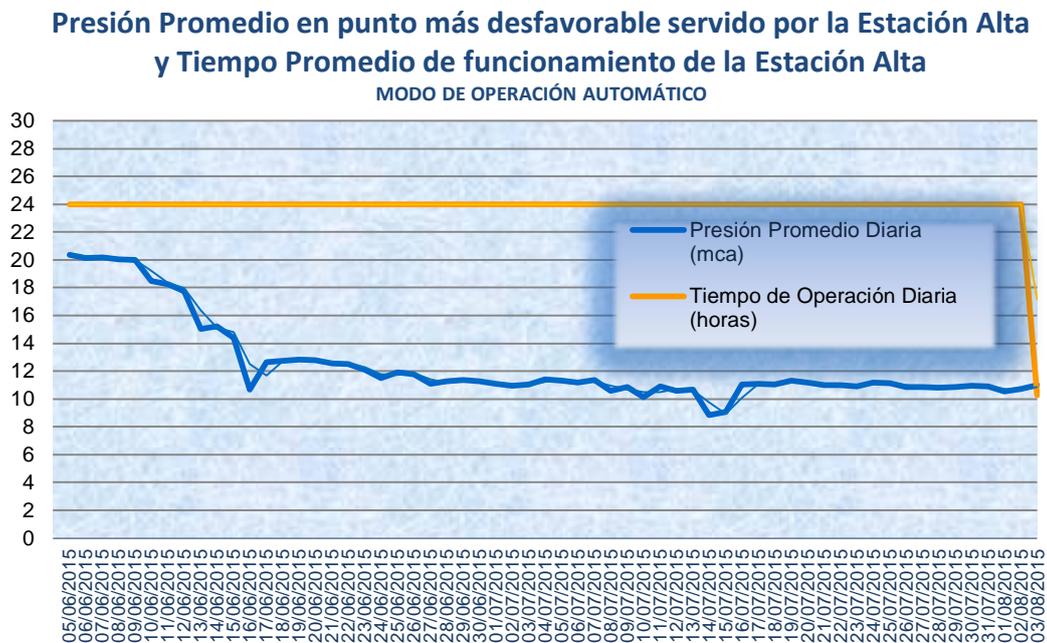


Figura 25. Presión Promedio Diaria en el punto crítico de la zona servida por la Estación Alta y Tiempo Promedio Diario de disponibilidad del servicio en el modo Automático de operación.

En consecuencia, se evidencia que la operación en manual de la Estación Alta requiere de un operador que encienda y apague la Estación, para lo cual debe desplazarse físicamente a la misma a dos horas distintas en un mismo día que corresponde al mejor escenario, por la mañana para tipo 08h00 para ponerla en servicio y de esta manera, suministrar agua potable y, por la noche tipo 22h00, para restringir la operación de los grupos de bombeo; en contraposición con la operación en automático del sistema, el cual verifica la existencia de condiciones y la no presencia de fallas para poner en servicio la estación, garantizando el suministro de agua potable a los usuarios de acuerdo a la demanda las veinticuatro horas del día.

Lo anterior refiere que la operación manual de la Estación Alta supone la imposición de un horario de distribución de agua potable; en contraposición con la operación en automático del sistema que permite brindar a los usuarios el servicio de agua potable de forma continua.

Así también, la operación en manual del sistema no necesariamente garantiza la regulación de la presión en el punto crítico al mínimo valor establecido, sino que depende de la experiencia que tenga el operador; en contraposición con la operación en automático de la Estación Alta, en donde una vez que se determina el valor de presión a mantener, el sistema se ocupará de supervisar su cumplimiento.

CAPÍTULO III

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

3.1. Conclusiones.

- ✓ Se presentó la implementación del sistema de control automático de la Estación Baja de las Cooperativas 25 de Julio y Virgen del Cisne, estación conformada por dos grupos de bombeo que se abastecen de la red de agua potable en forma directa para servir un tanque elevado, cuyo fundamento de control se basa en mantener el nivel de la Reserva Alta en un rango delimitado por los Niveles Alto y Bajo con la finalidad de suministrar agua potable por gravedad a los usuarios del sector hidráulico asociado llamado NRO-852.

- ✓ Se mostró la implementación del sistema de control automático de la Estación Alta de las Cooperativas 25 de Julio y Virgen del Cisne, estación constituida por tres grupos de bombeo que se abastecen de la Reserva existente en la estación para servir directamente a la red de distribución de agua potable del sector hidráulico NRO-932 manteniendo una presión de descarga constante en su salida.

- ✓ El desempeño de la Estación Alta bajo en el modo manual de operación depende de la disponibilidad y experiencia del operador, sobre todo a la hora de mantener una presión de descarga constante a la salida.

- ✓ El desempeño de la Estación Alta bajo el modo de operación automática está en función de los parámetros de operación que fije el operador. En particular, existe regulación y control permanente del valor de la presión de descarga.

- ✓ La disponibilidad del servicio de agua potable servido por la Estación Alta se incrementó en promedio desde un 58,33% en el modo de control manual, en contraposición con un 100% logrado con la estación operando en automático.
- ✓ El tiempo que conlleva el ajuste de un sistema automatizado para su operación es menor al tiempo de un sistema que opera en forma manual.

3.2. Recomendaciones.

- ✓ Se recomienda realizar el seguimiento y monitoreo del desempeño de la Estación Baja y de la Estación Alta en el Sistema SCADA con el fin de determinar si requiere de algún ajuste en sus parámetros de operación iniciales.
- ✓ Se recomienda definir y programar los indicadores de desempeño de cada una de las estaciones para que se generen en forma automática desde el Sistema SCADA.

BIBLIOGRAFÍA

Norma Técnica de Diseño NTD-IA-011 que describe la operación del Automatismo de una Estación AA.PP. tipo con dos Bombas que se alimentan de la Red y llenan un Tanque Elevado, elaborado por Ing. Karina León Guerrero.

Norma Técnica de Diseño NTD-IA-013 que describe la operación del Automatismo de una Estación AA.PP. Tipo Booster con tres Bombas que se alimentan de un Tanque Elevado, elaborado por Ing. Karina León Guerrero.

SCADAPack 334 E RTU. Recuperado en 2015 de <http://www.schneider-electric.com/en/product-range-selector/61250-scadapack-300e--es>

5414 Compact Input Module. Recuperado en 2015 de http://download.schneider-electric.com/files?p_File_Id=683087198&p_File_Name=SE-DataSheets-Module5414-A4-TBU-V004.pdf

5415 Compact Relay Digital Output Module. Recuperado en 2015 de http://download.schneider-electric.com/files?p_File_Id=683087215&p_File_Name=SE-DataSheets-Module5415-A4-TBU-V004.pdf

5304 Analog Output Module. Recuperado en 2015 de http://download.schneider-electric.com/files?p_File_Id=683086991&p_File_Name=SE-DataSheets-Module5304-A4-TBU-V004.pdf

IEC 61131-3 Programming language suit for SCADAPack Smart RTUs. Recuperado en 2015 de <http://www.global-download.schneider->

[electric.com/mainRepository/EDMS_CORP7.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/4c60aee7793dac8e85257ab00061c80b/\\$FILE/SE-DataSheets-IEC61131-A4-CMI-V005.pdf](http://electric.com/mainRepository/EDMS_CORP7.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/4c60aee7793dac8e85257ab00061c80b/$FILE/SE-DataSheets-IEC61131-A4-CMI-V005.pdf)

Struxture SCADA Expert ClearScada. Recuperado en 2015 de <http://www.schneider-electric.com/en/product-range-selector/61264-struxureware-scada-expert-clearscada>

Paneles SIMATIC HMI. Recuperado en 2015 de http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure_panels_es.pdf

Datalogger Metrolog de Technolog. Recuperado en 2015 de <http://www.technolog.com/water/products/pressure-and-flow-monitoring/3/metrolog-flow-and-pressure-data-logger.html>

ANEXOS

Anexo 1 - Pantallas del panel del operador de la Estación Baja.

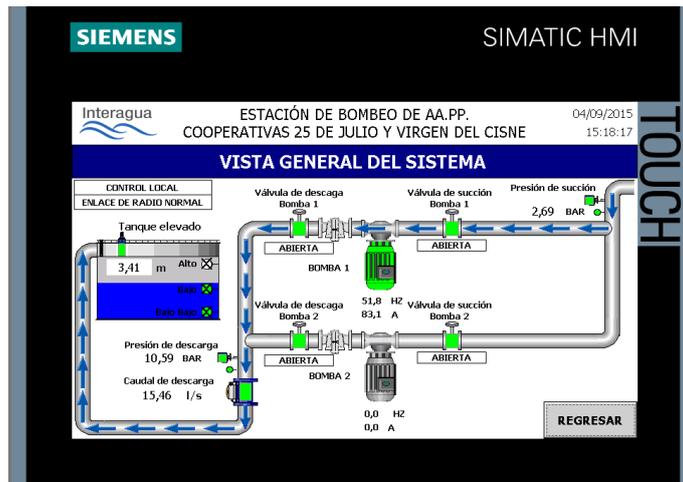
Pantalla de Registro de Usuario



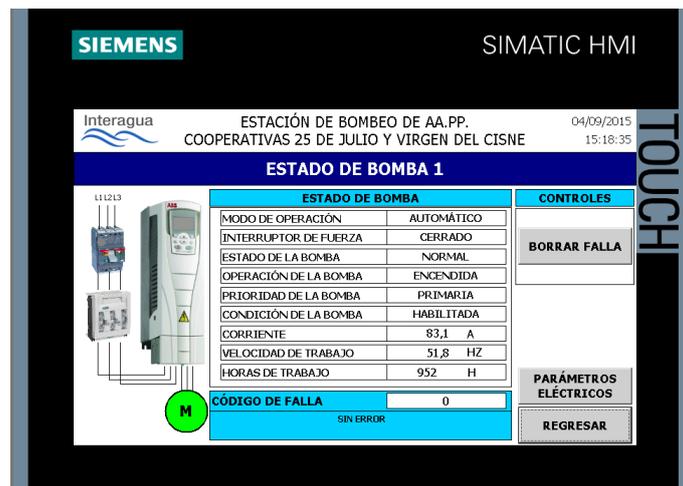
Pantalla Principal



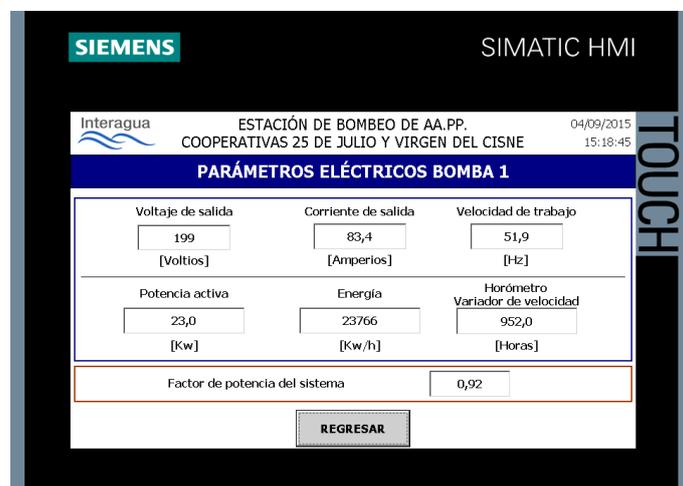
Pantalla de Vista General del Sistema



Pantalla de Estado de Bomba 1



Pantalla de Parámetros Eléctricos de la Bomba 1



Pantalla de Estado de Bomba 2

ESTADO DE BOMBA		CONTROLES
MODO DE OPERACIÓN	AUTOMÁTICO	BORRAR FALLA
INTERRUPTOR DE FUERZA	CERRADO	
ESTADO DE LA BOMBA	NORMAL	REGRESAR
OPERACIÓN DE LA BOMBA	APAGADA	
PRIORIDAD DE LA BOMBA	DE RESPALDO	
CONDICIÓN DE LA BOMBA	HABILITADA	
CORRIENTE	0,0 A	
VELOCIDAD DE TRABAJO	0,0 HZ	
HORAS DE TRABAJO	707 H	
CÓDIGO DE FALLA	0	
SIN ERROR		
PARÁMETROS ELÉCTRICOS		

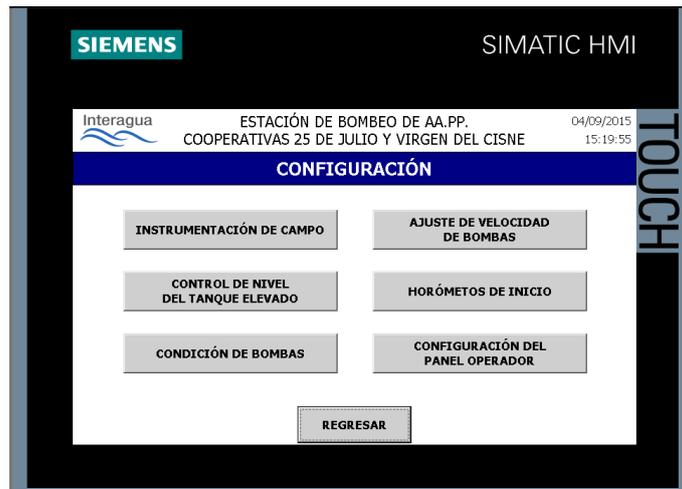
Pantalla de Parámetros Eléctricos de la Bomba 2

Voltaje de salida	Corriente de salida	Velocidad de trabajo
0	0,0	0,0
[Voltios]	[Amperios]	[Hz]
Potencia activa	Energía	Horómetro Variador de velocidad
0,0	18192	707,0
[Kw]	[Kw/h]	[Horas]
Factor de potencia del sistema	0,92	

Pantalla de Estado del Sistema

CONTROL DE ESTACIÓN	LOCAL
MODO DE OPERACIÓN	AUTOMÁTICO
SUPERVISOR DE VOLTAJE	NORMAL
SUPERVISOR DE TRANSIENTES	NORMAL
PARO DE EMERGENCIA	DESACTIVADO
CONTROL DE NIVEL DEL TANQUE ELEVADO	POR SENSOR DE NIVEL
ENLACE DE RADIO	NORMAL

Pantalla de Configuración del Sistema



Pantalla de Configuración de Instrumentación de Campo



Pantalla de Configuración de Presión de Succión



Pantalla de Configuración de Presión de Descarga

The screenshot shows the 'PRESIÓN DE DESCARGA' configuration screen. At the top, it displays the Siemens logo and 'SIMATIC HMI'. Below that, the Interagua logo and station name 'ESTACIÓN DE BOMBEO DE AA.PP. COOPERATIVAS 25 DE JULIO Y VIRGEN DEL CISNE' are visible, along with the date '04/09/2015' and time '15:20:31'. The main title 'PRESIÓN DE DESCARGA' is in a blue bar. The configuration table is as follows:

Parámetro	Valor	Unidad
PRESIÓN MÁXIMA	16,00	BAR
PRESIÓN ALTA	15,00	BAR
PRESIÓN BAJA	7,00	BAR
PRESIÓN MÍNIMA	0,00	BAR

A 'REGRESAR' button is located at the bottom center of the screen.

Pantalla de Configuración de Nivel del Tanque Elevado

The screenshot shows the 'NIVEL DEL TANQUE ELEVADO' configuration screen. It features the same header information as the previous screen. The main title 'NIVEL DEL TANQUE ELEVADO' is in a blue bar. The configuration table is as follows:

Parámetro	Valor	Unidad
NIVEL MÁXIMO	5,90	m
NIVEL DE REBOSE	4,50	m
NIVEL ALTO	3,43	m
NIVEL BAJO	3,00	m
NIVEL BAJO BAJO	2,90	m
NIVEL MÍNIMO	0,00	m
NIVEL DE OFFSET DE REBOSE	12,00	cm

A 'REGRESAR' button is located at the bottom center of the screen.

Pantalla de Configuración del Caudal del Sector Tanque Elevado

The screenshot shows the 'CAUDAL DEL SECTOR TANQUE ELEVADO' configuration screen. It features the same header information. The main title 'CAUDAL DEL SECTOR TANQUE ELEVADO' is in a blue bar. The configuration table is as follows:

Parámetro	Valor	Unidad
CAUDAL MÁXIMO	30,00	l/s
CAUDAL ALTO	28,00	l/s
CAUDAL BAJO	12,00	l/s
CAUDAL MÍNIMO	0,00	l/s

A 'REGRESAR' button is located at the bottom center of the screen.

Pantalla de Configuración del Caudal de Descarga

The screenshot shows the SIMATIC HMI interface for configuring the discharge flow rate. The header includes the Siemens logo, the text 'SIMATIC HMI', and the company name 'Interagua'. The location is 'ESTACIÓN DE BOMBEO DE AA.PP. COOPERATIVAS 25 DE JULIO Y VIRGEN DEL CISNE' and the date/time is '04/09/2015 15:21:11'. The title of the screen is 'CAUDAL DE DESCARGA'. Below the title, there are four input fields for flow rate settings, each with a unit of 'l/s':

CAUDAL MÁXIMO	30,00	l/s
CAUDAL ALTO	10,00	l/s
CAUDAL BAJO	9,00	l/s
CAUDAL MÍNIMO	0,00	l/s

At the bottom of the screen is a 'REGRESAR' button.

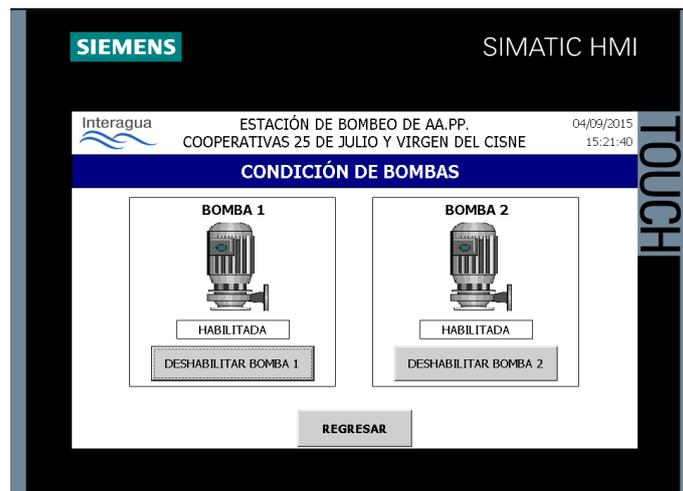
Pantalla de Configuración del Tipo de Control de Nivel del Tanque Elevado

The screenshot shows the SIMATIC HMI interface for configuring the level control of the elevated tank. The header includes the Siemens logo, the text 'SIMATIC HMI', and the company name 'Interagua'. The location is 'ESTACIÓN DE BOMBEO DE AA.PP. COOPERATIVAS 25 DE JULIO Y VIRGEN DEL CISNE' and the date/time is '04/09/2015 15:21:26'. The title of the screen is 'CONTROL DE NIVEL DEL TANQUE ELEVADO'. On the left, there is a diagram of a tank with three level sensors: 'Alto' (unchecked), 'Bajo' (checked), and 'Bajo Bajo' (checked). On the right, under the title 'CONTROL DE NIVEL', there are two radio button options: 'POR SENSOR DE NIVEL' (selected) and 'POR BOYA'. At the bottom of the screen is a 'REGRESAR' button.

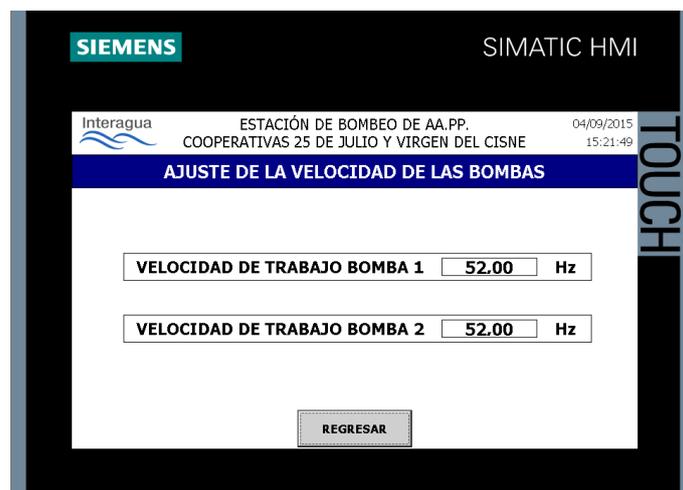
Pantalla de Configuración del Tiempo T

The screenshot shows the SIMATIC HMI interface for configuring the time T. The header includes the Siemens logo, the text 'SIMATIC HMI', and the company name 'Interagua'. The location is 'ESTACIÓN DE BOMBEO DE AA.PP. COOPERATIVAS 25 DE JULIO Y VIRGEN DEL CISNE' and the date/time is '04/09/2015 15:33:44'. The title of the screen is 'TIEMPO T'. Below the title, there is a descriptive text: 'SE REFIERE AL TIEMPO DE ESPERA PARA EL ARRANQUE DE LA BOMBA SECUNDARIA EN VIRTUD DE QUE CON LA BOMBA PRIMARIA EN SERVICIO NO SE LOGRA MANTENER LA PRESIÓN DE CONSIGNA EN LA SALIDA DE LA ESTACIÓN'. Below the text is an input field for 'TIEMPO T' with the value '86399' and the unit 'Segundos'. At the bottom of the screen is a 'REGRESAR' button.

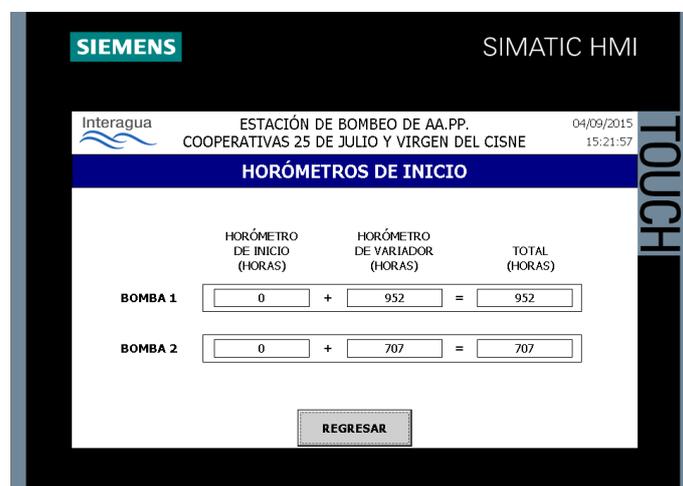
Pantalla de Configuración de Condición de Bombas



Pantalla de Configuración de Velocidad de Bombas



Pantalla de Configuración de Horómetros de Inicio



Pantalla de Eventos y Alarmas

SIEMENS SIMATIC HMI

Interagua ESTACIÓN DE BOMBEO DE AA.PP. 04/09/2015
COOPERATIVAS 25 DE JULIO Y VIRGEN DEL CISNE 15:22:14

EVENTOS Y ALARMAS

Hora	Fecha	Texto
15:20:47	04/09/2015	INGRESO DE USUARIO MANTENIMIENTO
15:20:08	04/09/2015	SALIDA DE USUARIO MANTENIMIENTO
15:17:14	04/09/2015	UPS NORMAL
15:17:14	04/09/2015	CONTROL DE NIVEL DEL TANQUE ELEVADO POR BOYA
15:17:14	04/09/2015	ESTACIÓN EN CONTROL LOCAL
15:17:14	04/09/2015	INGRESO DE USUARIO MANTENIMIENTO
15:17:14	04/09/2015	MEDIDOR DE CAUDAL DEL SECTOR TANQUE ELEVADO NORMAL
15:17:14	04/09/2015	MEDIDOR DE NIVEL DEL TANQUE ELEVADO NORMAL
15:17:14	04/09/2015	SENSOR DE PRESIÓN DE DESCARGA NORMAL
15:17:14	04/09/2015	SENSOR DE PRESIÓN DE SUCCIÓN NORMAL
15:17:14	04/09/2015	ENLACE DE RADIO NORMAL
15:17:14	04/09/2015	BOYA DEL TANQUE ELEVADO EN NIVEL ALTO
15:17:14	04/09/2015	INTERRUPTOR DE PRESIÓN DE LA DESCARGA NORMAL

REGRESAR

Pantalla de Históricos

SIEMENS SIMATIC HMI

Interagua ESTACIÓN DE BOMBEO DE AA.PP. 04/09/2015
COOPERATIVAS 25 DE JULIO Y VIRGEN DEL CISNE 15:24:02

HISTÓRICOS

PRESIÓN DE SUCCIÓN CAUDAL DE DESCARGA

PRESIÓN DE DESCARGA CORRIENTE DE LA BOMBA 1

NIVEL DEL TANQUE ELEVADO CORRIENTE DE LA BOMBA 2

CAUDAL DEL SECTOR TANQUE ELEVADO

REGRESAR

Pantalla de Históricos de Presión de Succión

SIEMENS SIMATIC HMI

Interagua ESTACIÓN DE BOMBEO DE AA.PP. 04/09/2015
COOPERATIVAS 25 DE JULIO Y VIRGEN DEL CISNE 15:24:24

PRESIÓN DE SUCCIÓN

VALOR ACTUAL: 2,78 BAR

LÍMITE ALTO: 4,00 BAR

LÍMITE BAJO: 1,00 BAR

8:27:44 04/09/2015 15:24:24 04/09/2015

Curva Enlace de variables Valor Fecha/Hora

PRES...PRESION_SUCCI... ##### 04/09/2015 11:35:02:4

REGRESAR

Pantalla de Históricos de Presión de Descarga



Pantalla de Históricos de Nivel del Tanque Elevado



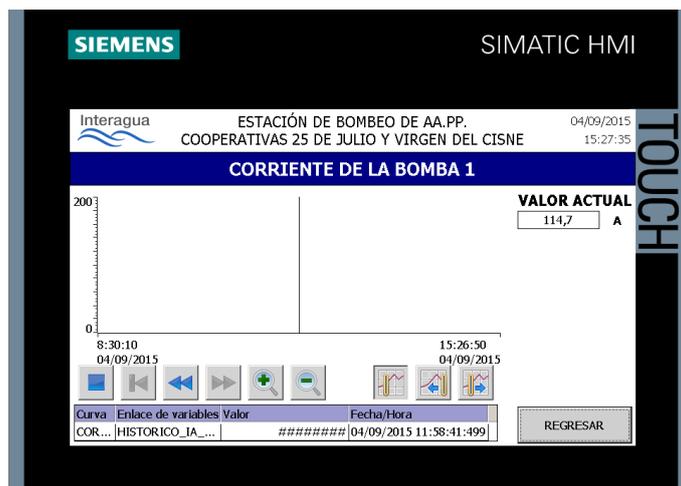
Pantalla de Históricos de Caudal del Sector Tanque Elevado



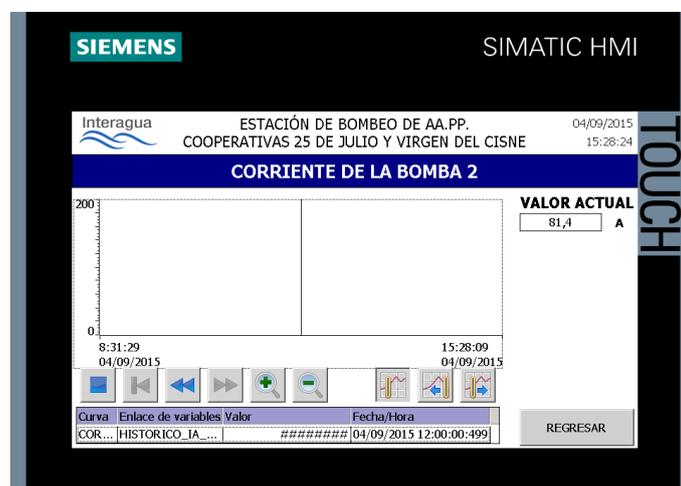
Pantalla de Históricos de Caudal de Descarga



Pantalla de Históricos de Corriente de la Bomba 1



Pantalla de Históricos de Corriente de la Bomba 2



Anexo 2 - Variables transmitidas al Sistema SCADA de la Estación Baja.

Entradas Digitales Físicas

Nombre de la Variable	Lógica	Tipo de Dato	Dirección en Sistema SCADA	Tipo o Clase
ESTACIÓN EN MANUAL	MANUAL [1]	BOOL	1	CLASE 1
ESTACIÓN EN AUTOMÁTICO	AUTO [1]	BOOL	2	CLASE 1
SUPERVISOR DE VOLTAJE	NORMAL [1] EN FALLA [0]	BOOL	3	CLASE 1
SUPRESOR DE TRANSIENTES	NORMAL [1] EN FALLA [0]	BOOL	4	CLASE 1
PARO DE EMERGENCIA	ACTIVADO [1] DESACTIVADO [0]	BOOL	5	CLASE 1
INTERRUPTOR DE FUERZA DE LA BOMBA 1	ABIERTO [0] CERRADO [1]	BOOL	6	CLASE 1
OPERACIÓN DE BOMBA 1	ENCENDIDA [1] APAGADA [0]	BOOL	7	CLASE 1
VÁLVULA DE SUCCIÓN DE LA BOMBA 1 ABIERTA	ABIERTA [1]	BOOL	8	CLASE 1
VÁLVULA DE SUCCIÓN DE LA BOMBA 1 CERRADA	CERRADA [1]	BOOL	9	CLASE 1
VÁLVULA DE DESCARGA DE LA BOMBA 1 ABIERTA	ABIERTA [1]	BOOL	10	CLASE 1
VÁLVULA DE DESCARGA DE LA BOMBA 1 CERRADA	CERRADA [1]	BOOL	11	CLASE 1
INTERRUPTOR DE FUERZA DE LA BOMBA 2	ABIERTO [0] CERRADO [1]	BOOL	12	CLASE 1
OPERACIÓN DE BOMBA 2	ENCENDIDA [1] APAGADA [0]	BOOL	13	CLASE 1
VÁLVULA DE SUCCIÓN DE LA BOMBA 2 ABIERTA	ABIERTA [1]	BOOL	14	CLASE 1
VÁLVULA DE SUCCIÓN DE LA BOMBA 2 CERRADA	CERRADA [1]	BOOL	15	CLASE 1
VÁLVULA DE DESCARGA DE LA BOMBA 2 ABIERTA	ABIERTA [1]	BOOL	16	CLASE 1
VÁLVULA DE DESCARGA DE LA BOMBA 2 CERRADA	CERRADA [1]	BOOL	17	CLASE 1
INTERRUPTOR DE PRESIÓN DE SUCCIÓN	NORMAL [0] EN FALLA [1]	BOOL	18	CLASE 1
INTERRUPTOR DE PRESIÓN DE DESCARGA	NORMAL [0] EN FALLA [1]	BOOL	19	CLASE 1

ESTADO DEL UPS	NORMAL [0] EN FALLA [1]	BOOL	20	CLASE 1
ESTADO DEL VARIADOR DE LA BOMBA 1	NORMAL [0] EN FALLA [1]	BOOL	21	CLASE 1
ESTADO DEL VARIADOR DE LA BOMBA 2	NORMAL [0] EN FALLA [1]	BOOL	22	CLASE 1

Entradas Digitales Lógicas

Nombre de la Variable	Lógica	Tipo de Dato	Dirección en Sistema SCADA	Tipo o Clase
ESTADO DE BOMBA 1	NORMAL [0] EN FALLA [1]	BOOL	108	CLASE 1
CONDICIÓN DE BOMBA 1	HABILITADA [1] DESHABILITADA [0]	BOOL	109	CLASE 1
ESTADO DE BOMBA 2	NORMAL [0] EN FALLA [1]	BOOL	110	CLASE 1
CONDICIÓN DE BOMBA 2	HABILITADA [1] DESHABILITADA [0]	BOOL	111	CLASE 1
ENLACE DE RADIO	NORMAL [0] EN FALLA [1]	BOOL	112	CLASE 1

Salidas Digitales Lógicas

Nombre de la Variable	Lógica	Tipo de Dato	Dirección en Sistema SCADA	Tipo o Clase
CONTROL DE ESTACIÓN	LOCAL [0] REMOTO [1]	BOOL	100	CLASE 0
CONTROL DE NIVEL POR BOYA / CONTROL DE NIVEL POR SENSOR DE NIVEL		BOOL	101	CLASE 0
ENCENDER / APAGAR BOMBA 1		BOOL	102	CLASE 0
HABILITAR / DESHABILITAR BOMBA 1		BOOL	103	CLASE 0
BORRAR FALLA DE LA BOMBA 1		BOOL	104	CLASE 0
ENCENDER / APAGAR BOMBA 2		BOOL	105	CLASE 0
HABILITAR / DESHABILITAR BOMBA 2		BOOL	106	CLASE 0
BORRAR FALLA DE LA BOMBA 2		BOOL	107	CLASE 0

Entradas Analógicas Físicas

Nombre de la Variable	Lógica	Tipo de Dato	Dirección en Sistema SCADA	Tipo o Clase
PRESIÓN DE SUCCIÓN		FLOAT	1	CLASE 1
PRESIÓN DE DESCARGA		FLOAT	2	CLASE 1
CAUDAL DE DESCARGA		FLOAT	3	CLASE 1

Entradas Analógicas Lógicas [Lectura]

Nombre de la Variable	Lógica	Tipo de Dato	Dirección en Sistema SCADA	Tipo o Clase
PRESIÓN DE SUCCIÓN		FLOAT	200	CLASE 1
PRESIÓN DE DESCARGA		FLOAT	201	CLASE 1
CAUDAL DE DESCARGA		FLOAT	202	CLASE 1
CORRIENTE DE LA BOMBA 1		INT	300	CLASE 1
HORÓMETRO DE LA BOMBA 1		INT	301	CLASE 0
CÓDIGO DE FALLA DE LA BOMBA 1		INT	302	CLASE 1
PRIORIDAD DE LA BOMBA 1		INT	303	CLASE 1
VELOCIDAD DE TRABAJO DE LA BOMBA 1 [HZ]		INT	304	CLASE 1
CORRIENTE DE LA BOMBA 2		INT	305	CLASE 1
HORÓMETRO DE LA BOMBA 2		INT	306	CLASE 0
CÓDIGO DE FALLA DE LA BOMBA 2		INT	307	CLASE 1
PRIORIDAD DE LA BOMBA 2		INT	308	CLASE 1
VELOCIDAD DE TRABAJO DE LA BOMBA 2 [HZ]		INT	309	CLASE 1
CORRIENTE IA TOTAL DE LA ESTACIÓN		INT	310	CLASE 1
CORRIENTE IB TOTAL DE LA ESTACIÓN		INT	311	CLASE 1
CORRIENTE IC TOTAL DE LA ESTACIÓN		INT	312	CLASE 1
VOLTAJE DE LINEA VAB DE LA ESTACIÓN		INT	313	CLASE 0

VOLTAJE DE LINEA VBC DE LA ESTACIÓN		INT	314	CLASE 0
VOLTAJE DE LINEA VCA DE LA ESTACIÓN		INT	315	CLASE 0
POTENCIA ACTIVA TOTAL DE LA ESTACIÓN (KW)		INT	316	CLASE 0
FACTOR DE POTENCIA DE LA ESTACIÓN		INT	317	CLASE 0
FRECUENCIA DE LA ESTACIÓN		INT	318	CLASE 0
USUARIO VIGENTE DEL PANEL DEL OPERADOR	USUARIO POR DEFECTO [0] OPERACION [1] MANTENIMIENTO [2]	INT	319	CLASE 1
MODO DE OPERACIÓN DEL UPS	BATERÍAS EN MODO DE CARGA [0] BATERÍAS EN MODO DE SUMINISTRO DE ENERGÍA [1] RED PÚBLICA EN MODO DE SUMINISTRO DE ENERGÍA [2]	INT	320	CLASE 1
CÓDIGO DE FALLA DEL UPS		INT	321	CLASE 1
ENERGÍA TOTAL DE LA ESTACIÓN (KwH)		INT	510	CLASE 0
ENERGÍA DE LA BOMBA 1 (KwH)		INT	511	CLASE 0
ENERGÍA DE LA BOMBA 2 (KwH)		INT	512	CLASE 0

Salidas Analógicas Lógicas [Lectura - Escritura]

Nombre de la Variable	Lógica	Tipo de Dato	Dirección en Sistema SCADA	Tipo o Clase
PRESIÓN DE SUCCIÓN MÁXIMA		FLOAT	322	CLASE 0
PRESIÓN DE SUCCIÓN MÍNIMA		FLOAT	323	CLASE 0
PRESIÓN DE SUCCIÓN ALTA		FLOAT	324	CLASE 0
PRESIÓN DE SUCCIÓN BAJA		FLOAT	325	CLASE 0
PRESIÓN DE DESCARGA MÁXIMA		FLOAT	326	CLASE 0

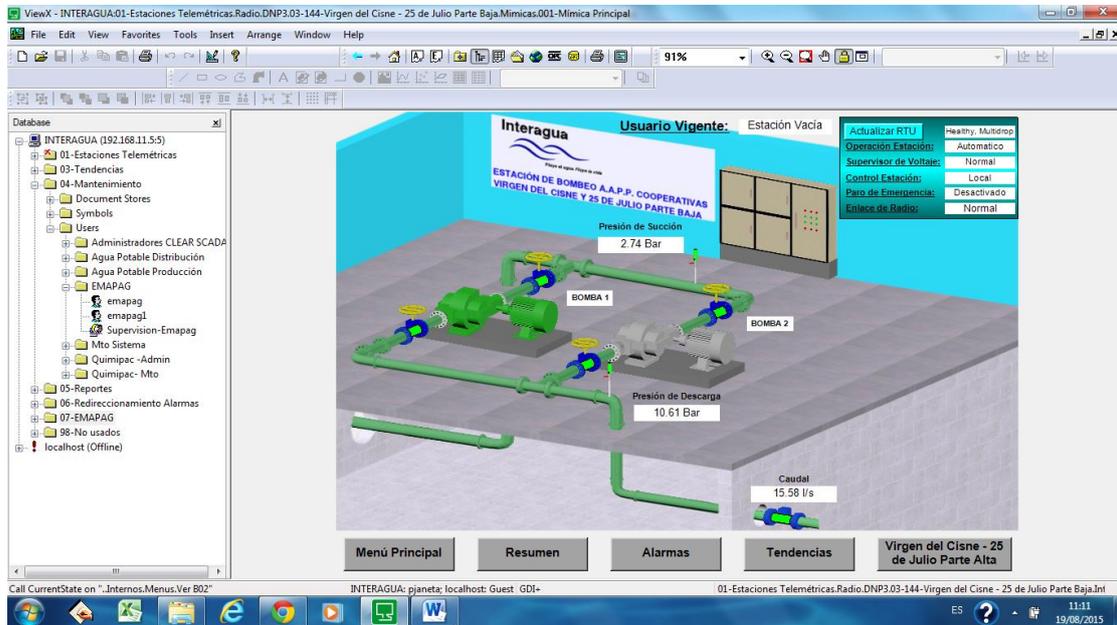
PRESIÓN DE DESCARGA MÍNIMA		FLOAT	327	CLASE 0
PRESIÓN DE DESCARGA ALTA		FLOAT	328	CLASE 0
PRESIÓN DE DESCARGA BAJA		FLOAT	329	CLASE 0
TIEMPO T		FLOAT	330	CLASE 0
CONFIGURACIÓN DE VELOCIDAD DE TRABAJO DE LA BOMBA 1 EN HZ		FLOAT	331	CLASE 0
CONFIGURACIÓN DE VELOCIDAD DE TRABAJO DE LA BOMBA 2 EN HZ		FLOAT	332	CLASE 0
CAUDAL MÁXIMO		FLOAT	333	CLASE 0
CAUDAL MÍNIMO		FLOAT	334	CLASE 0
CAUDAL ALTO		FLOAT	335	CLASE 0
CAUDAL BAJO		FLOAT	336	CLASE 0

Variables Temporizadas

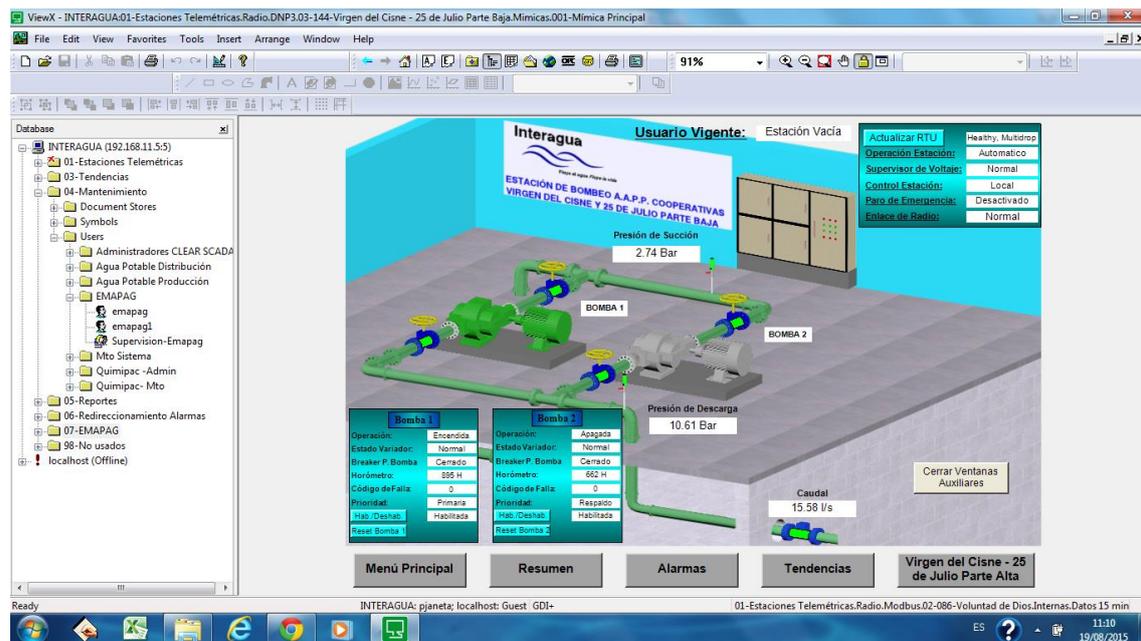
Nombre de la Variable	Lógica	Tipo de Dato	Dirección en Sistema SCADA	Tipo o Clase
PRESIÓN DE SUCCIÓN TEMPORIZADA	DISPARO CADA 15 MINUTOS	INT	1	CLASE 1
PRESIÓN DE DESCARGA TEMPORIZADA	DISPARO CADA 15 MINUTOS	INT	2	CLASE 1
CAUDAL DE DESCARGA TEMPORIZADA	DISPARO CADA 15 MINUTOS	INT	3	CLASE 1

Anexo 3 - Mímicas del Sistema SCADA de la Estación Baja.

Mímica Principal.



Mímica Principal con ventanas auxiliares de Bombas.



Mímica de Parámetros Eléctricos.

ViewX - INTERAGUA:01-Estaciones Telemétricas.Radio.DNP3.03-144-Virgen del Cisne - 25 de Julio Parte Baja.Mimicas.004-Parámetros Eléctricos

Database

- INTERAGUA (192.168.11.5:5)
 - 01-Estaciones Telemétricas
 - 03-Tendencias
 - 04-Mantenimiento
 - Document Stores
 - Symbols
 - Users
 - Administradores CLEAR SCADA
 - Agua Potable Distribución
 - Agua Potable Producción
 - EMAPAG
 - emapag
 - emapag1
 - Supervision-Emapag
 - Mto Sistema
 - Quimpac-Admin
 - Quimpac- Mto
 - 05-Reportes
 - 06-Redireccionamiento Alarmas
 - 07-EMAPAG
 - 98-No usados
 - localhost (Offline)

PARÁMETROS ELÉCTRICOS			
Voltaje Linea VAB:	217.00 V	Corriente IA:	75.00 A
Voltaje Linea VBC:	217.00 V	Corriente IB:	76.00 A
Voltaje Linea VCA:	217.00 V	Corriente IC:	79.00 A
Frecuencia:	59.00 Hz	Potencia Activa (P):	26.51 Kw
Factor de Potencia (Fp):	0.91	Energía Total de la Estación:	17244.13 KwH

Mimica Principal Resumen Red Principal AAPP

Mímica de Mantenimiento.

ViewX - INTERAGUA:01-Estaciones Telemétricas.Radio.DNP3.03-144-Virgen del Cisne - 25 de Julio Parte Baja.Mimicas.014-Mantenimiento Sala Control

Database

- INTERAGUA (192.168.11.5:5)
 - 01-Estaciones Telemétricas
 - 03-Tendencias
 - 04-Mantenimiento
 - Document Stores
 - Symbols
 - Users
 - Administradores CLEAR SCADA
 - Agua Potable Distribución
 - Agua Potable Producción
 - EMAPAG
 - emapag
 - emapag1
 - Supervision-Emapag
 - Mto Sistema
 - Quimpac-Admin
 - Quimpac- Mto
 - 05-Reportes
 - 06-Redireccionamiento Alarmas
 - 07-EMAPAG
 - 98-No usados
 - localhost (Offline)

Sistema Eléctrico		Mantenimiento	
Supervisor de Voltaje:	Normal	Bomba 1	Operación: Encendida
Supresor de Transientes:	Normal	Estado Variador:	Normal
Paro de Emergencia:	Desactivado	Bresker P. Bomba:	Cerrado
		Horómetro:	896 H
		Código de Falla:	0
		Prioridad:	Primaria
		Hab./Geshab:	Habilitada
		Reser Bomba 1	
		Bomba 2	Operación: Apagada
		Estado Variador:	Normal
		Bresker P. Bomba:	Cerrado
		Horómetro:	882 H
		Código de Falla:	0
		Prioridad:	Respaldo
		Hab./Geshab:	Habilitada
		Reser Bomba 2	
Parámetros Eléctricos		Datos Temporizados	
Voltaje Linea VAB:	217.00 V	Presión Succión:	2.72 Bar
Voltaje Linea VBC:	217.00 V	Presión Descarga:	10.61 Bar
Voltaje Linea VCA:	217.00 V	Caudal de Salida:	15.69 l/s
Corriente IA:	75.00 A	Datos Equipos	
Corriente IB:	76.00 A	Interrupor de Presión de Succión:	Normal
Corriente IC:	79.00 A	Interrupor de Presión de Descarga:	Normal
Factor de Potencia (Fp):	0.91	Estado del UPS:	Normal

Mimica Principal Resumen Red Principal AAPP

Mímica de Parámetros de Variadores.

PARÁMETROS DE VARIADORES

	BOMBA 1	BOMBA 2	
Corriente (A)	0.00 A	0.00 A	Descripción de Falla de B1: 0 - NORMAL
Horómetro	897 H	667 H	Descripción de Falla de B2: 0 - NORMAL
Código de Falla	0	0	
Prioridad de Bomba	Primaria	Respaldo	
Velocidad de Trabajo	0.00 Hz	0.00 Hz	
Energía	22374 KwH	17161 KwH	

Buttons: Mimica Principal, Resumen, Red Principal AAPP

Log messages:

Severity	Time	Source	Message
5	20/08/15 13:21:15	ZN - Mucho Lote - Nivel del Pozo Húmedo	State changed from
23 F	20/08/15 13:42:27	ZS - Guasmo J - Falla Boya Bajo Bajo	State changed from
Alto	20/08/15 13:21:23	ZN - Mucho Lote - Falla Boya Nivel Alto Alto	State changed from

Mímica de Parámetros de Operadores.

PARÁMETROS DE OPERADORES

	PRESIÓN SUCCIÓN	PRESIÓN DESCARGA	CAUDAL SALIDA
ALTO	4.00 Bar	15.00 Bar	10.00 l/s
BAJO	1.00 Bar	7.00 Bar	9.00 l/s

PARÁMETROS AVANZADOS (Red indicator light)

TIEMPO T DE ARRANQUE BOMBA SECUNDARIA	86399.00 Seg.
VELOCIDAD BOMBA 1 MANUAL	52.00 Hz
VELOCIDAD BOMBA 2 MANUAL	52.00 Hz

Buttons: Mimica Principal, Resumen, Red Principal AAPP

Mímica de Control Remoto de Bombas.

ViewX - INTERAGUA:01-Estaciones Telemétricas.Radio.DNP3.03-144-Virgen del Cisne - 25 de Julio Parte Baja.Mimicas.001-Mimica Principal

File Edit View Favorites Tools Insert Arrange Window Help

91%

Database

INTERAGUA (192.168.11.55)

- 01-Estaciones Telemétricas
- 03-Tendencias
- 04-Mantenimiento
- Document Stores
- Symbols
- Users
- Administradores CLEAR SCADA
- Agua Potable Distribución
- Agua Potable Producción
- EMAPAG
 - emapag
 - emapagl
 - Supervision-Emapag
- Mto Sistema
- Quimipac-Admin
- Quimipac-Mto
- 05-Reportes
- 06-Redireccionamiento Alarmas
- 07-EMAPAG
- 98-No usados
- localhost (Offline)

Control Remoto

Encender/Apagar B1 Encendida

Encender/Apagar B2 Apagada

Usuario Vigente: Estación Vacía

Actualizar RTU: Healthy, Multidrop

Operación Estación: Automático

Supervisor de Voltaje: Normal

Control Estación: Local

Paro de Emergencia: Desactivado

Enlace de Radio: Normal

A.A.P.P. COOPERATIVAS DE JULIO PARTE BAJA

Presión de Succión: 2.74 Bar

BOMBA 1

BOMBA 2

Presión de Descarga: 10.61 Bar

Caudal: 15.58 l/s

Cerrar Ventanas Auxiliares

Menú Principal Resumen Alarmas Tendencias

Virgen del Cisne - 25 de Julio Parte Alta

Ready INTERAGUA: planeta; localhost: Guest GDI- 01-Estaciones Telemétricas.Radio.Proteus.01-038-Estación Briz Sánchez.Internas.Bloque Fi ES 11:13 19/08/2015

Mímica de Tendencias



Anexo 4 - Pantallas del panel del operador de la Estación Alta.

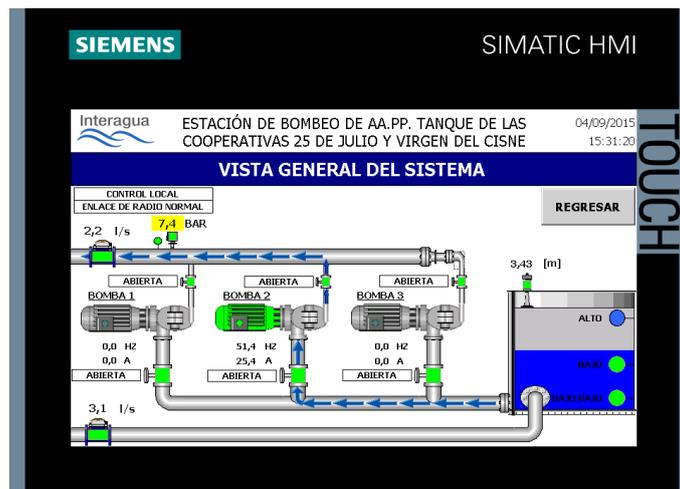
Pantalla de Registro de Usuario



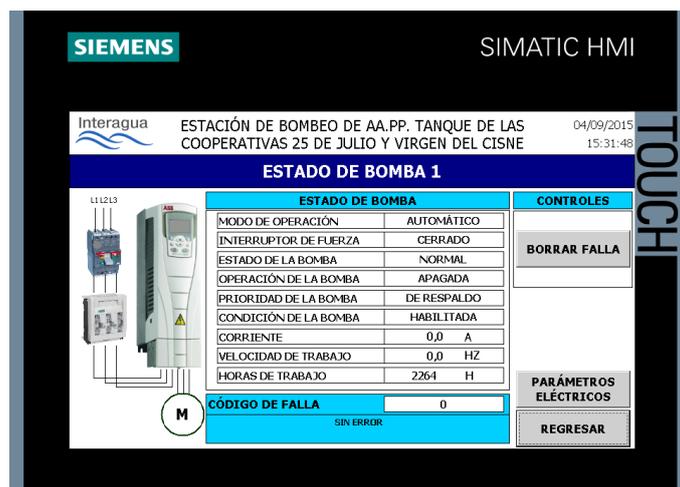
Pantalla Principal



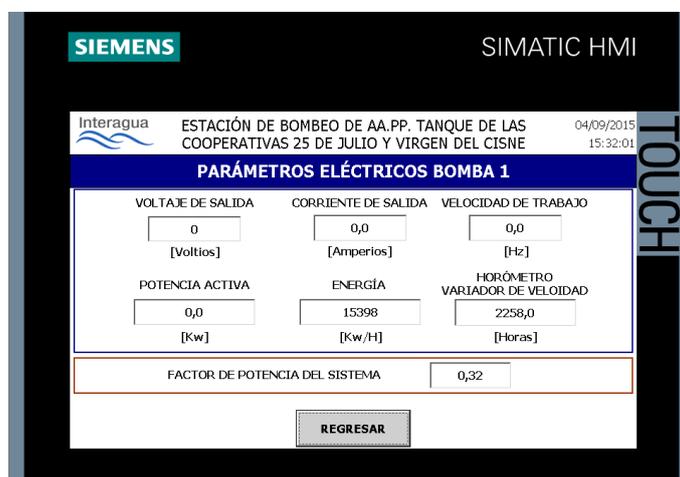
Pantalla de Vista General del Sistema



Pantalla de Estado de Bomba 1



Pantalla de Parámetros Eléctricos de la Bomba 1



Pantalla de Estado de Bomba 2

SIEMENS SIMATIC HMI

Interagua ESTACIÓN DE BOMBEO DE AA.PP. TANQUE DE LAS COOPERATIVAS 25 DE JULIO Y VIRGEN DEL CISNE 04/09/2015 15:32:14

ESTADO DE BOMBA 2

ESTADO DE BOMBA	
MODO DE OPERACIÓN	AUTOMÁTICO
INTERRUPTOR DE FUERZA	CERRADO
ESTADO DE LA BOMBA	NORMAL
OPERACIÓN DE LA BOMBA	ENCENDIDA
PRIORIDAD DE LA BOMBA	PRIMARIA
CONDICIÓN DE LA BOMBA	HABILITADA
CORRIENTE	23,9 A
VELOCIDAD DE TRABAJO	51,3 HZ
HORAS DE TRABAJO	1802 H

CÓDIGO DE FALLA	
	0
SIN ERROR	

CONTROLES

BORRAR FALLA

PARÁMETROS ELÉCTRICOS

REGRESAR

Pantalla de Parámetros Eléctricos de la Bomba 2

SIEMENS SIMATIC HMI

Interagua ESTACIÓN DE BOMBEO DE AA.PP. TANQUE DE LAS COOPERATIVAS 25 DE JULIO Y VIRGEN DEL CISNE 04/09/2015 15:32:21

PARÁMETROS ELÉCTRICOS BOMBA 2

VOLTAJE DE SALIDA 197 [Voltios]	CORRIENTE DE SALIDA 23,9 [Amperios]	VELOCIDAD DE TRABAJO 51,3 [Hz]
POTENCIA ACTIVA 5,8 [Kw]	ENERGÍA 76921 [Kw/H]	HORÓMETRO VARIADOR DE VELOCIDAD 1792,0 [Horas]
FACTOR DE POTENCIA DEL SISTEMA		0,32

REGRESAR

Pantalla de Estado de Bomba 3

SIEMENS SIMATIC HMI

Interagua ESTACIÓN DE BOMBEO DE AA.PP. TANQUE DE LAS COOPERATIVAS 25 DE JULIO Y VIRGEN DEL CISNE 04/09/2015 15:32:31

ESTADO DE BOMBA 3

ESTADO DE BOMBA	
MODO DE OPERACIÓN	AUTOMÁTICO
INTERRUPTOR DE FUERZA	CERRADO
ESTADO DE LA BOMBA	NORMAL
OPERACIÓN DE LA BOMBA	APAGADA
PRIORIDAD DE LA BOMBA	SECUNDARIA
CONDICIÓN DE LA BOMBA	HABILITADA
CORRIENTE	0,0 A
VELOCIDAD DE TRABAJO	0,0 HZ
HORAS DE TRABAJO	2031 H

CÓDIGO DE FALLA	
	0
SIN ERROR	

CONTROLES

BORRAR FALLA

PARÁMETROS ELÉCTRICOS

REGRESAR

Pantalla de Parámetros Eléctricos de la Bomba 3

SIEMENS SIMATIC HMI

Interagua ESTACIÓN DE BOMBEO DE AA.PP. TANQUE DE LAS COOPERATIVAS 25 DE JULIO Y VIRGEN DEL CISNE 04/09/2015 15:32:37

PARÁMETROS ELÉCTRICOS BOMBA 3

VOLTAJE DE SALIDA 0 [Voltios]	CORRIENTE DE SALIDA 0,0 [Amperios]	VELOCIDAD DE TRABAJO 0,0 [Hz]
POTENCIA ACTIVA 0,0 [Kw]	ENERGÍA 1366,4 [Kw/H]	HORÓMETRO VARIADOR DE VELOCIDAD 2021,0 [Horas]
FACTOR DE POTENCIA DEL SISTEMA		0,32

REGRESAR

Pantalla de Estado del Sistema

SIEMENS SIMATIC HMI

Interagua ESTACIÓN DE BOMBEO DE AA.PP. TANQUE DE LAS COOPERATIVAS 25 DE JULIO Y VIRGEN DEL CISNE 04/09/2015 15:32:48

ESTADO DEL SISTEMA

CONTROL DE ESTACIÓN	LOCAL
MODO DE OPERACIÓN	AUTOMÁTICO
SUPERVISOR DE VOLTAJE	NORMAL
SUPRESOR DE TRANSIENTES	NORMAL
PARO DE EMERGENCIA	DESACTIVADO
INTERRUPTOR DE PRESIÓN DE DESCARGA	NORMAL
SENSOR DE PRESIÓN DE DESCARGA	NORMAL
CONTROL DE NIVEL DEL TANQUE ELEVADO	POR SENSOR DE NIVEL
ENLACE DE RADIO	NORMAL

REGRESAR

Pantalla de Configuración del Sistema

SIEMENS SIMATIC HMI

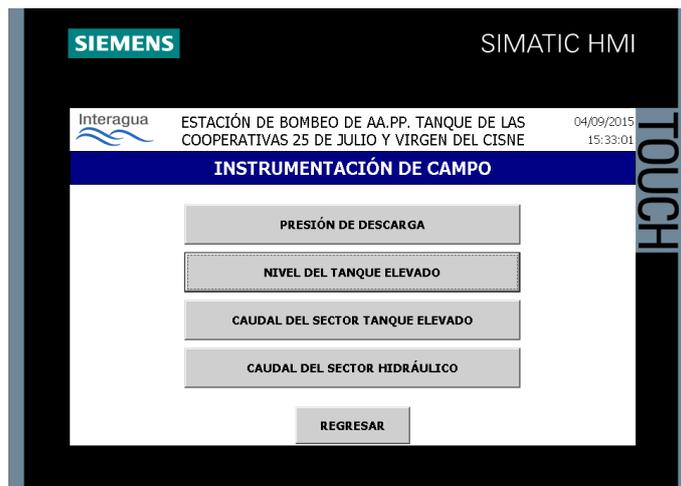
Interagua ESTACIÓN DE BOMBEO DE AA.PP. TANQUE DE LAS COOPERATIVAS 25 DE JULIO Y VIRGEN DEL CISNE 04/09/2015 15:32:57

CONFIGURACIÓN

INSTRUMENTACIÓN DE CAMPO	HORÓMETROS DE INICIO
TIEMPO T	LAZO DE CONTROL PID
CONDICIÓN DE BOMBAS	CONTROL DE NIVEL DE TANQUE ELEVADO
AJUSTE DE VELOCIDAD DE BOMBAS	CONFIGURACIÓN DEL PANEL DEL OPERADOR

REGRESAR

Pantalla de Configuración de Instrumentación de Campo



Pantalla de Configuración de Presión de Descarga



Pantalla de Configuración de Nivel del Tanque Elevado



Pantalla de Configuración de Caudal del Sector Tanque Elevado

The screenshot shows the SIMATIC HMI interface for the 'Sector Tanque Elevado'. At the top, the Siemens logo and 'SIMATIC HMI' are visible. Below that, the 'Interagua' logo and station name 'ESTACIÓN DE BOMBEO DE AA.PP. TANQUE DE LAS COOPERATIVAS 25 DE JULIO Y VIRGEN DEL CISNE' are displayed, along with the date '04/09/2015' and time '15:33:28'. The main title is 'CAUDAL DEL SECTOR TANQUE ELEVADO'. There are four input fields for flow rate settings, each with a unit of 'l/s':

CAUDAL MÁXIMO	30,00	l/s
CAUDAL ALTO	28,00	l/s
CAUDAL BAJO	12,00	l/s
CAUDAL MÍNIMO	0,00	l/s

A 'REGRESAR' button is located at the bottom center of the screen.

Pantalla de Configuración del Caudal del Sector Hidráulico [NRO-932]

The screenshot shows the SIMATIC HMI interface for the 'Sector Hidráulico'. The layout is similar to the previous screen, with the Siemens logo and 'SIMATIC HMI' at the top. The station name and date/time are the same. The main title is 'CAUDAL DEL SECTOR HIDRÁULICO'. There are four input fields for flow rate settings, each with a unit of 'l/s':

CAUDAL MÁXIMO	30,00	l/s
CAUDAL ALTO	14,00	l/s
CAUDAL BAJO	0,50	l/s
CAUDAL MÍNIMO	0,00	l/s

A 'REGRESAR' button is located at the bottom center of the screen.

Pantalla de Configuración del Tiempo T

The screenshot shows the SIMATIC HMI interface for the 'Tiempo T' parameter. The layout is similar to the previous screens, with the Siemens logo and 'SIMATIC HMI' at the top. The station name and date/time are the same. The main title is 'TIEMPO T'. Below the title, there is a descriptive text in Spanish:

SE REFIERE AL TIEMPO DE ESPERA PARA EL ARRANQUE DE LA BOMBA SECUNDARIA EN VIRTUD DE QUE CON LA BOMBA PRIMARIA EN SERVICIO NO SE LOGRA MANTENER LA PRESIÓN DE CONSIGNA EN LA SALIDA DE LA ESTACIÓN

There is one input field for the time value, with a unit of 'Segundos':

TIEMPO T	86399	Segundos
----------	-------	----------

A 'REGRESAR' button is located at the bottom center of the screen.

Pantalla de Configuración de Condición de Bombas



Pantalla de Configuración de Velocidad de Bombas



Pantalla de Configuración de Horómetros de Inicio



Pantalla de Configuración del Lazo de Control PID

SIEMENS SIMATIC HMI

Interagua ESTACIÓN DE BOMBEO DE AA.PP. TANQUE DE LAS COOPERATIVAS 25 DE JULIO Y VIRGEN DEL CISNE 04/09/2015 15:34:46

LAZO DE CONTROL PID

SISTEMA DE PRESIÓN DE DESCARGA CONSTANTE

PRESIÓN DE CONSIGNA 7.40 BAR

VELOCIDAD DE ARRANQUE 30.00 Hz

PARÁMETROS PID

REGRESAR

Pantalla de Configuración del Lazo del Control PID de las Bombas

SIEMENS SIMATIC HMI

Interagua ESTACIÓN DE BOMBEO DE AA.PP. TANQUE DE LAS COOPERATIVAS 25 DE JULIO Y VIRGEN DEL CISNE 04/09/2015 15:34:53

LAZO DE CONTROL PID

PARÁMETROS PID DE BOMBAS

PARÁMETROS PID BOMBA 1

PARÁMETROS PID BOMBA 2

PARÁMETROS PID BOMBA 3

REGRESAR

Pantalla de Configuración de Parámetros PID de la Bomba 1

SIEMENS SIMATIC HMI

Interagua ESTACIÓN DE BOMBEO DE AA.PP. TANQUE DE LAS COOPERATIVAS 25 DE JULIO Y VIRGEN DEL CISNE 04/09/2015 15:34:58

LAZO DE CONTROL PID

PARÁMETROS DE PID BOMBA 1

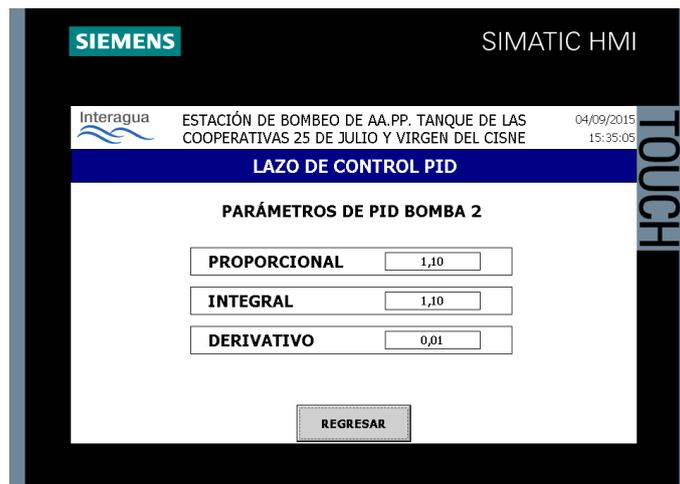
PROPORCIONAL 1.10

INTEGRAL 1.10

DERIVATIVO 0.01

REGRESAR

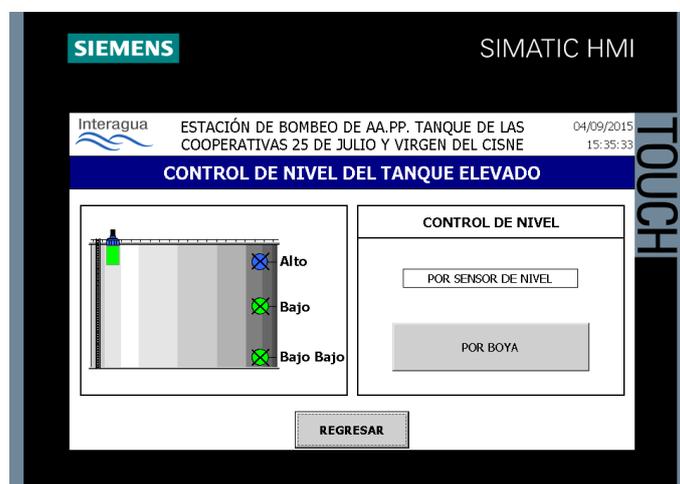
Pantalla de Configuración de Parámetros PID de la Bomba 2



Pantalla de Configuración de Parámetros PID de la Bomba 3



Pantalla de Configuración del Tipo de Control de Nivel del Tanque Elevado



Pantalla de Eventos y Alarmas



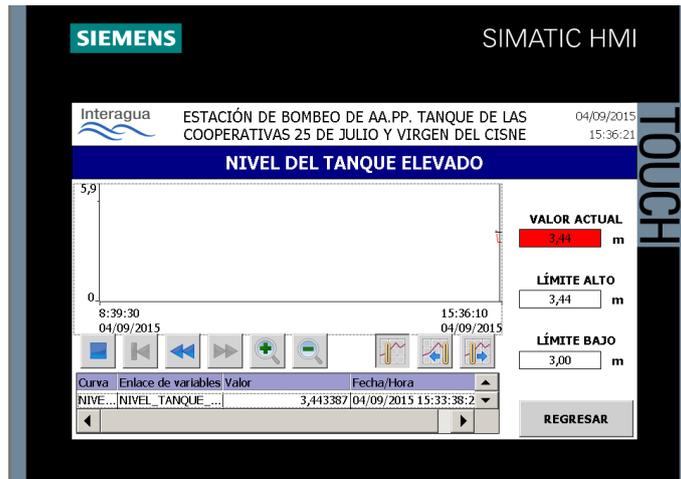
Pantalla de Históricos



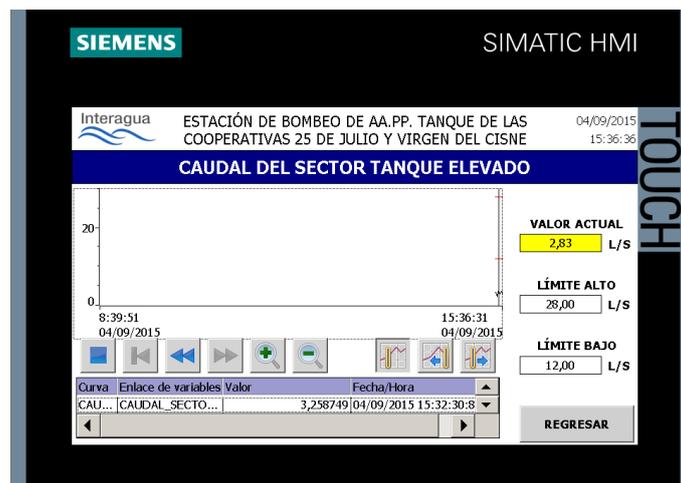
Pantalla de Históricos de Presión de Descarga



Pantalla de Históricos de Nivel del Tanque Elevado



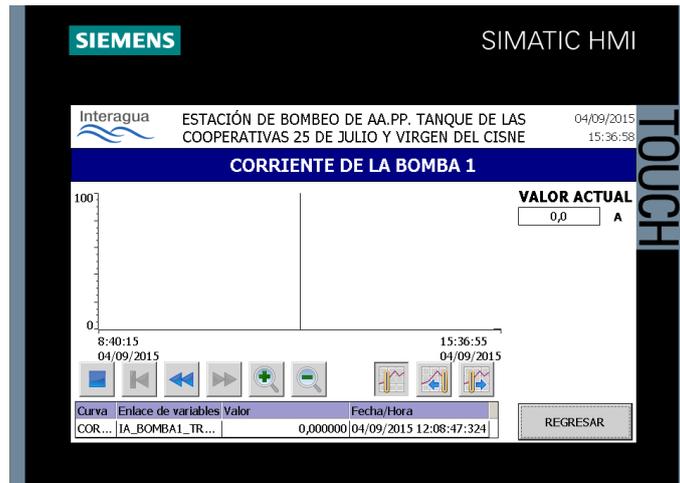
Pantalla de Históricos de Caudal del Sector Tanque Elevado



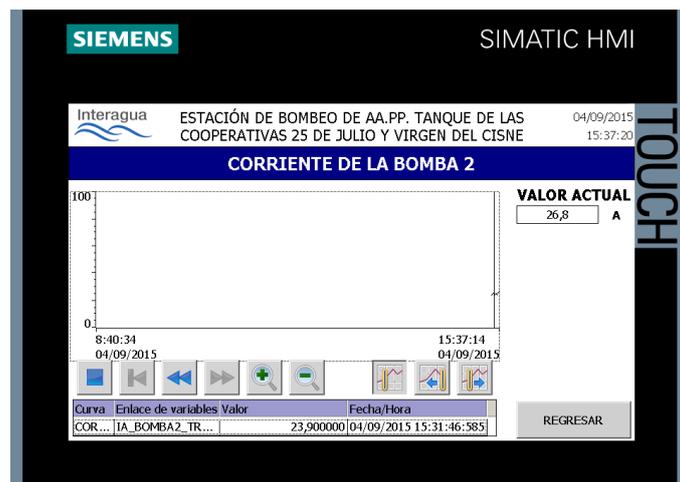
Pantalla de Históricos de Caudal del Sector Hidráulico [NRO-932]



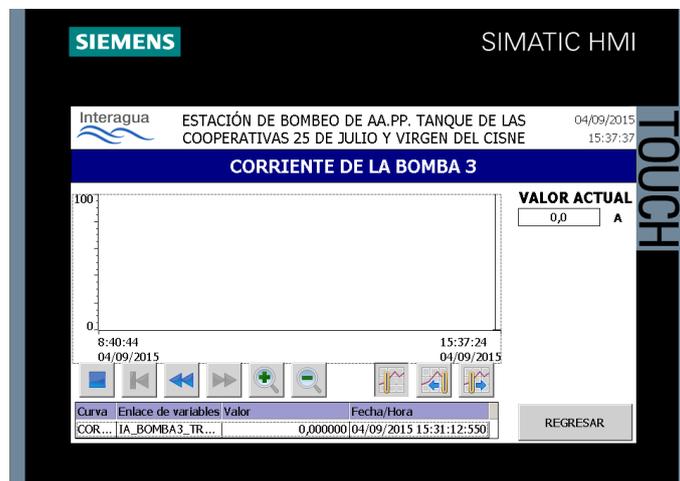
Pantalla de Históricos de Corriente de la Bomba 1



Pantalla de Históricos de Corriente de la Bomba 2



Pantalla de Históricos de Corriente de la Bomba 3



Anexo 5 - Variables transmitidas al Sistema SCADA de la Estación Alta.

Entradas Digitales Físicas

Nombre de la Variable	Lógica	Tipo de Dato	Dirección en Sistema SCADA	Tipo o Clase
ESTACIÓN EN MANUAL	MANUAL [1]	BOOL	1	CLASE 1
ESTACIÓN EN AUTOMÁTICO	AUTO [1]	BOOL	2	CLASE 1
SUPERVISOR DE VOLTAJE	NORMAL [1] EN FALLA [0]	BOOL	3	CLASE 1
SUPRESOR DE TRANSIENTES	NORMAL [1] EN FALLA [0]	BOOL	4	CLASE 1
PARO DE EMERGENCIA	ACTIVADO [1] DESACTIVADO [0]	BOOL	5	CLASE 1
INTERRUPTOR DE FUERZA DE LA BOMBA 1	ABIERTO [0] CERRADO [1]	BOOL	6	CLASE 1
OPERACIÓN DE BOMBA 1	ENCENDIDA [1] APAGADA [0]	BOOL	7	CLASE 1
VÁLVULA DE SUCCIÓN DE LA BOMBA 1 ABIERTA	ABIERTA [1]	BOOL	8	CLASE 1
VÁLVULA DE SUCCIÓN DE LA BOMBA 1 CERRADA	CERRADA [1]	BOOL	9	CLASE 1
VÁLVULA DE DESCARGA DE LA BOMBA 1 ABIERTA	ABIERTA [1]	BOOL	10	CLASE 1
VÁLVULA DE DESCARGA DE LA BOMBA 1 CERRADA	CERRADA [1]	BOOL	11	CLASE 1
INTERRUPTOR DE FUERZA DE LA BOMBA 2	ABIERTO [0] CERRADO [1]	BOOL	12	CLASE 1
OPERACIÓN DE BOMBA 2	ENCENDIDA [1] APAGADA [0]	BOOL	13	CLASE 1
VÁLVULA DE SUCCIÓN DE LA BOMBA 2 ABIERTA	ABIERTA [1]	BOOL	14	CLASE 1
VÁLVULA DE SUCCIÓN DE LA BOMBA 2 CERRADA	CERRADA [1]	BOOL	15	CLASE 1
VÁLVULA DE DESCARGA DE LA BOMBA 2 ABIERTA	ABIERTA [1]	BOOL	16	CLASE 1
VÁLVULA DE DESCARGA DE LA BOMBA 2 CERRADA	CERRADA [1]	BOOL	17	CLASE 1
INTERRUPTOR DE FUERZA DE LA BOMBA 3	ABIERTO [0] CERRADO [1]	BOOL	18	CLASE 1
OPERACIÓN DE BOMBA 3	ENCENDIDA [1] APAGADA [0]	BOOL	19	CLASE 1
VÁLVULA DE SUCCIÓN DE LA BOMBA 3 ABIERTA	ABIERTA [1]	BOOL	20	CLASE 1
VÁLVULA DE SUCCIÓN DE LA BOMBA 3 CERRADA	CERRADA [1]	BOOL	21	CLASE 1

VÁLVULA DE DESCARGA DE LA BOMBA 3 ABIERTA	ABIERTA [1]	BOOL	22	CLASE 1
VÁLVULA DE DESCARGA DE LA BOMBA 3 CERRADA	CERRADA [1]	BOOL	23	CLASE 1
BOYA DE NIVEL BAJO BAJO DEL TANQUE ELEVADO	ACTIVADA [1] DESACTIVADA [0]	BOOL	24	CLASE 1
BOYA DE NIVEL ALTO DEL TANQUE ELEVADO	ACTIVADA [1] DESACTIVADA [0]	BOOL	25	CLASE 1
INTERRUPTOR DE PRESIÓN DE DESCARGA	NORMAL [0] EN FALLA [1]	BOOL	26	CLASE 1
ESTADO DEL UPS	NORMAL [0] EN FALLA [1]	BOOL	27	CLASE 1
ESTADO DEL VARIADOR DE LA BOMBA 1	NORMAL [0] EN FALLA [1]	BOOL	28	CLASE 1
ESTADO DEL VARIADOR DE LA BOMBA 2	NORMAL [0] EN FALLA [1]	BOOL	29	CLASE 1
ESTADO DEL VARIADOR DE LA BOMBA 3	NORMAL [0] EN FALLA [1]	BOOL	30	CLASE 1
BOYA DE NIVEL BAJO DEL TANQUE ELEVADO	ACTIVADA [1] DESACTIVADA [0]	BOOL	31	CLASE 1

Entradas Digitales Lógicas

Nombre de la Variable	Lógica	Tipo de Dato	Dirección en Sistema SCADA	Tipo o Clase
ESTADO DE BOMBA 1	NORMAL [0] EN FALLA [1]	BOOL	111	CLASE 1
CONDICIÓN DE BOMBA 1	HABILITADA [1] DESHABILITADA [0]	BOOL	112	CLASE 1
ESTADO DE BOMBA 2	NORMAL [0] EN FALLA [1]	BOOL	113	CLASE 1
CONDICIÓN DE BOMBA 2	HABILITADA [1] DESHABILITADA [0]	BOOL	114	CLASE 1
ESTADO DE BOMBA 3	NORMAL [0] EN FALLA [1]	BOOL	115	CLASE 1
CONDICIÓN DE BOMBA 3	HABILITADA [1] DESHABILITADA [0]	BOOL	116	CLASE 1

Salidas Digitales Lógicas

Nombre de la Variable	Lógica	Tipo de Dato	Dirección en Sistema SCADA	Tipo o Clase
CONTROL DE ESTACIÓN	LOCAL [0] REMOTO [1]	BOOL	100	CLASE 0
CONTROL DE NIVEL POR BOYA / CONTROL DE NIVEL POR SENSOR DE NIVEL		BOOL	101	CLASE 0

ENCENDER / APAGAR BOMBA 1		BOOL	102	CLASE 0
HABILITAR / DESHABILITAR BOMBA 1		BOOL	103	CLASE 0
BORRAR FALLA DE LA BOMBA 1		BOOL	104	CLASE 0
ENCENDER / APAGAR BOMBA 2		BOOL	105	CLASE 0
HABILITAR / DESHABILITAR BOMBA 2		BOOL	106	CLASE 0
BORRAR FALLA DE LA BOMBA 2		BOOL	107	CLASE 0
ENCENDER / APAGAR BOMBA 3		BOOL	108	CLASE 0
HABILITAR / DESHABILITAR BOMBA 3		BOOL	109	CLASE 0
BORRAR FALLA DE LA BOMBA 3		BOOL	110	CLASE 0

Entradas Analógicas Físicas

Nombre de la Variable	Lógica	Tipo de Dato	Dirección en Sistema SCADA	Tipo o Clase
PRESIÓN DE DESCARGA		FLOAT	1	CLASE 1
NIVEL DEL TANQUE ELEVADO		FLOAT	2	CLASE 1
CAUDAL DEL SECTOR TANQUE ELEVADO		FLOAT	3	CLASE 1
CAUDAL DEL SECTOR HIDRÁULICO		FLOAT	4	CLASE 1

Entradas Analógicas Lógicas [Lectura]

Nombre de la Variable	Lógica	Tipo de Dato	Dirección en Sistema SCADA	Tipo o Clase
PRESIÓN DE DESCARGA		FLOAT	200	CLASE 1
NIVEL DEL TANQUE ELEVADO		FLOAT	201	CLASE 1
CAUDAL DEL SECTOR TANQUE ELEVADO		FLOAT	202	CLASE 1

CAUDAL DEL SECTOR HIDRÁULICO		FLOAT	203	CLASE 1
CORRIENTE DE LA BOMBA 1		INT	300	CLASE 1
HORÓMETRO DE LA BOMBA 1		INT	301	CLASE 0
CÓDIGO DE FALLA DE LA BOMBA 1		INT	302	CLASE 1
PRIORIDAD DE LA BOMBA 1		INT	303	CLASE 1
VELOCIDAD DE TRABAJO DE LA BOMBA 1 [HZ]		INT	304	CLASE 1
CORRIENTE DE LA BOMBA 2		INT	305	CLASE 1
HORÓMETRO DE LA BOMBA 2		INT	306	CLASE 0
CÓDIGO DE FALLA DE LA BOMBA 2		INT	307	CLASE 1
PRIORIDAD DE LA BOMBA 2		INT	308	CLASE 1
VELOCIDAD DE TRABAJO DE LA BOMBA 2 [HZ]		INT	309	CLASE 1
CORRIENTE DE LA BOMBA 3		INT	310	CLASE 1
HORÓMETRO DE LA BOMBA 3		INT	311	CLASE 0
CÓDIGO DE FALLA DE LA BOMBA 3		INT	312	CLASE 1
PRIORIDAD DE LA BOMBA 3		INT	313	CLASE 1
VELOCIDAD DE TRABAJO DE LA BOMBA 3 [HZ]		INT	314	CLASE 1
CORRIENTE IA TOTAL DE LA ESTACIÓN		INT	315	CLASE 1
CORRIENTE IB TOTAL DE LA ESTACIÓN		INT	316	CLASE 1
CORRIENTE IC TOTAL DE LA ESTACIÓN		INT	317	CLASE 1
VOLTAJE DE LINEA VAB DE LA ESTACIÓN		INT	318	CLASE 0
VOLTAJE DE LINEA VBC DE LA ESTACIÓN		INT	319	CLASE 0
VOLTAJE DE LINEA VCA DE LA ESTACIÓN		INT	320	CLASE 0
POTENCIA ACTIVA TOTAL DE LA ESTACIÓN (KW)		INT	321	CLASE 0
FACTOR DE POTENCIA DE LA ESTACIÓN		INT	322	CLASE 0
FRECUENCIA DE LA ESTACIÓN		INT	323	CLASE 0

USUARIO VIGENTE DEL PANEL DEL OPERADOR	USUARIO POR DEFECTO [0] OPERACION [1] MANTENIMIENTO [2]	INT	324	CLASE 1
MODO DE OPERACIÓN DEL UPS	BATERÍAS EN MODO DE CARGA [0] BATERÍAS EN MODO DE SUMINISTRO DE ENERGÍA [1] RED PÚBLICA EN MODO DE SUMINISTRO DE ENERGÍA [2]	INT	325	CLASE 1
CÓDIGO DE FALLA DEL UPS		INT	326	CLASE 1
ENERGÍA TOTAL DE LA ESTACIÓN (KwH)		INT	513	CLASE 0
ENERGÍA DE LA BOMBA 1 (KwH)		INT	514	CLASE 0
ENERGÍA DE LA BOMBA 2 (KwH)		INT	515	CLASE 0
ENERGÍA DE LA BOMBA 3 (KwH)		INT	516	CLASE 0

Salidas Analógicas Lógicas [Lectura Escritura]

Nombre de la Variable	Lógica	Tipo de Dato	Dirección en Sistema SCADA	Tipo o Clase
PRESIÓN DE DESCARGA MÁXIMA		FLOAT	327	CLASE 0
PRESIÓN DE DESCARGA MINIMA		FLOAT	328	CLASE 0
PRESIÓN DE DESCARGA ALTA		FLOAT	329	CLASE 0
PRESIÓN DE DESCARGA BAJA		FLOAT	330	CLASE 0
NIVEL DEL TANQUE ELEVADO MÁXIMO		FLOAT	331	CLASE 0
NIVEL DEL TANQUE ELEVADO MINIMO		FLOAT	332	CLASE 0
NIVEL DEL TANQUE ELEVADO DE REBOSE		FLOAT	333	CLASE 0
NIVEL DEL TANQUE ELEVADO ALTO		FLOAT	334	CLASE 0
NIVEL DEL TANQUE ELEVADO BAJO		FLOAT	335	CLASE 0
NIVEL DEL TANQUE ELEVADO BAJO BAJO		FLOAT	336	CLASE 0

CAUDAL DEL SECTOR TANQUE ELEVADO MÁXIMO		FLOAT	337	CLASE 0
CAUDAL DEL SECTOR TANQUE ELEVADO MÍNIMO		FLOAT	338	CLASE 0
CAUDAL DEL SECTOR TANQUE ELEVADO ALTO		FLOAT	339	CLASE 0
CAUDAL DEL SECTOR TANQUE ELEVADO BAJO		FLOAT	340	CLASE 0
CAUDAL DEL SECTOR HIDRÁULICO MÁXIMO		FLOAT	341	CLASE 0
CAUDAL DEL SECTOR HIDRÁULICO MÍNIMO		FLOAT	342	CLASE 0
CAUDAL DEL SECTOR HIDRÁULICO ALTO		FLOAT	343	CLASE 0
CAUDAL DEL SECTOR HIDRÁULICO BAJO		FLOAT	344	CLASE 0
CONFIGURACIÓN DE VELOCIDAD DE TRABAJO DE LA BOMBA 1 EN HZ		FLOAT	345	CLASE 0
CONFIGURACIÓN DE VELOCIDAD DE TRABAJO DE LA BOMBA 2 EN HZ		FLOAT	346	CLASE 0
CONFIGURACIÓN DE VELOCIDAD DE TRABAJO DE LA BOMBA 3 EN HZ		FLOAT	347	CLASE 0
PRESIÓN DE CONSIGNA		FLOAT	348	CLASE 0
TIEMPO T		FLOAT	349	CLASE 0

Variables Temporizadas

Nombre de la Variable	Lógica	Tipo de Dato	Dirección en Sistema SCADA	Tipo o Clase
PRESIÓN DE DESCARGA TEMPORIZADA	DISPARO CADA 15 MINUTOS	INT	1	CLASE 1
NIVEL DEL TANQUE ELEVADO TEMPORIZADO	DISPARO CADA 15 MINUTOS	INT	2	CLASE 1
CAUDAL DEL SECTOR TANQUE ELEVADO TEMPORIZADO	DISPARO CADA 15 MINUTOS	INT	3	CLASE 1
CAUDAL DEL SECTOR HIDRÁULICO TEMPORIZADO	DISPARO CADA 15 MINUTOS	INT	4	CLASE 1

Anexo 6 - Mímicas del Sistema SCADA de la Estación Alta.

Mímica Principal.

The screenshot shows the main SCADA interface for the 'Virgen del Cisne' station. The central 3D model displays three pumps (BOMBA 1, BOMBA 2, BOMBA 3) connected to a 'Tanque Virgen del Cisne' with a height of 3.19 m. The discharge pressure is 7.41 Bar. Flow rates are shown as CAUDAL NRO - 852 (3.31 l/s) and CAUDAL NRO - 932 (2.55 l/s). A 'BOOSTER 26 DE JULIO' is also indicated. The status panel on the right shows: RTU Actualiza: Healthy; Mubdrop; Operacion Estacion: Automatico; Supervisor de Voltaje: Normal; Control Estacion: Local; Poro de Emergencia: Desactivado; Enlace de Radio: Normal; Control Nivel: Sensor Nivel. The navigation menu at the bottom includes: Menú Principal, Resumen, Alarmas, Tendencias, and Virgen del Cisne - 25 de Julio Parte Baja.

Mímica Principal con ventanas auxiliares de Bombas.

This screenshot shows the same SCADA interface as above, but with auxiliary control windows for the pumps. The 'Control Remoto' panel has buttons for 'Encendido' and 'Apagado' for pumps 81, 82, and 83. Below the 3D model, three detailed pump control panels are visible:

Bomba 1	Bomba 2	Bomba 3
Operacion: Encendida	Operacion: Apagada	Operacion: Apagada
Estado Variador: Normal	Estado Variador: Normal	Estado Variador: Normal
Presion P. Bomba: 2145 H	Presion P. Bomba: 1659 H	Presion P. Bomba: 1511 H
Horometro: 0	Horometro: 0	Horometro: 0
Codigo de Falla: 0	Codigo de Falla: 0	Codigo de Falla: 0
Prioridad: Primaria	Prioridad: Secundaria	Prioridad: Respaldio
Modo Oper: Habilitado	Modo Oper: Habilitado	Modo Oper: Habilitado
Reset B01	Reset B02	Reset B03

The navigation menu at the bottom now includes: Menú Principal, Resumen, Alarmas, Tendencias, and Virgen del Cisne - 25 de Julio Parte Baja.

Mímica de Parámetros Eléctricos.

ViewX - INTERAGUA:01-Estaciones Telemétricas.Radio.DNP3.03-142-Virgen del Cisne - 25 de Julio Parte Alta.Mimicas.005-Parámetros Eléctricos

Database: INTERAGUA (192.168.11.5:5)

- 01-Estaciones Telemétricas
 - 03-Tendencias
 - 04-Mantenimiento
 - Document Stores
 - Symbols
 - Users
 - Administradores CLEAR SCADA
 - Agua Potable Distribución
 - Agua Potable Producción
 - EMAPAG
 - emapag
 - emapagl
 - Supervision-Emapag
 - Mto Sistema
 - Quimipac-Admin
 - Quimipac-Mto
 - 05-Reportes
 - 06-Redireccionamiento Alarmas
 - 07-EMAPAG
 - 98-No usados
 - localhost (Offline)

PARÁMETROS ELÉCTRICOS

Voltaje Línea VAB:	216.00 V	Corriente IA:	22.00 A
Voltaje Línea VBC:	217.00 V	Corriente IB:	22.00 A
Voltaje Línea VCA:	217.00 V	Corriente IC:	25.00 A
Frecuencia:	59.00 Hz	Potencia Activa (P):	8.03 Kw
Factor de Potencia (Fp):	0.91	Energía Total de la Estación:	45404.78 KwH

Mímica Principal Resumen Red Principal AAPP

Ready INTERAGUA: pjaneta; localhost: Guest GDI- 01-Estaciones Telemétricas.Radio.Proteus.01-038-Estación Briz Sánchez_Internas.Bloque Fi ES 11:16 19/08/2015

Mímica de Mantenimiento.

ViewX - INTERAGUA:01-Estaciones Telemétricas.Radio.DNP3.03-142-Virgen del Cisne - 25 de Julio Parte Alta.Mimicas.018-Mantenimiento Sala Control

Database: INTERAGUA (192.168.11.5:5)

- 01-Estaciones Telemétricas
 - 03-Tendencias
 - 04-Mantenimiento
 - Document Stores
 - Symbols
 - Users
 - Administradores CLEAR SCADA
 - Agua Potable Distribución
 - Agua Potable Producción
 - EMAPAG
 - emapag
 - emapagl
 - Supervision-Emapag
 - Mto Sistema
 - Quimipac-Admin
 - Quimipac-Mto
 - 05-Reportes
 - 06-Redireccionamiento Alarmas
 - 07-EMAPAG
 - 98-No usados
 - localhost (Offline)

MANTENIMIENTO

Bomba 1	Bomba 2	Bomba 3	Parámetros Eléctricos
Operación: Encendida	Operación: Apagada	Operación: Apagada	Voltaje Línea VAB: 216.00 V
Estado Variador: Normal	Estado Variador: Normal	Estado Variador: Normal	Voltaje Línea VBC: 217.00 V
Breaker P. Bomba: Cerrado	Breaker P. Bomba: Cerrado	Breaker P. Bomba: Cerrado	Voltaje Línea VCA: 217.00 V
Horómetro: 2149 H	Horómetro: 1659 H	Horómetro: 1911 H	Corriente IA: 22.00 A
Código de Falla: 0	Código de Falla: 0	Código de Falla: 0	Corriente IB: 22.00 A
Prioridad: Primaria	Prioridad: Secundaria	Prioridad: Respaldo	Corriente IC: 25.00 A
Hab.-Desh: Habilitada	Hab.-Desh: Habilitada	Hab.-Desh: Habilitada	Factor de Potencia (Fp): 0.91
Reset B01	Reset B02	Reset B03	

Datos Temporizados	Datos Equipos	Sistema Eléctrico
Presión Descarga: 7.40 Bar	Interruptor de Presión de Descarga: Normal	Supervisor de Voltaje: Normal
Nivel: 3.01 m	Estado del UPS: Normal	Supresor de Transientes: Normal
Caudal TQ.E.: 3.60 l/s		Paro de Emergencia: Desactivado
Caudal S.H.: 4.02 l/s		

Estado de Boyas
Boya BajoBajo: Activada
Boya Bajo: Activada
Boya Alto: Desactivada

Mímica Principal Resumen Red Principal AAPP

Object Menu INTERAGUA: pjaneta; localhost: Guest GDI- 01-Estaciones Telemétricas.Radio.Proteus.01-012-Booster Mapasingue.Points.ALAI-005-Bz ES 11:17 19/08/2015

Mímica de Parámetros de Variadores.

PARÁMETROS DE VARIADORES

	BOMBA 1	BOMBA 2	BOMBA 3	
Corriente (A)	0.00 A	0.00 A	25.00 A	Descripción de Falla de B1: 0 - NORMAL
Horómetro	2150 H	1683 H	1911 H	Descripción de Falla de B2: 0 - NORMAL
Código de Falla	0	0	0	Descripción de Falla de B3: 0 - NORMAL
Prioridad de Bomba	Secundaria	Respaldo	Primaria	
Velocidad de Trabajo	0.00 Hz	0.00 Hz	51.60 Hz	
Energía	14638 kWh	75987 kWh	12849 kWh	

Mimica Principal
Resumen
Red Principal AAPP

Mímica de Parámetros de Operadores.

PARÁMETROS DE OPERADORES

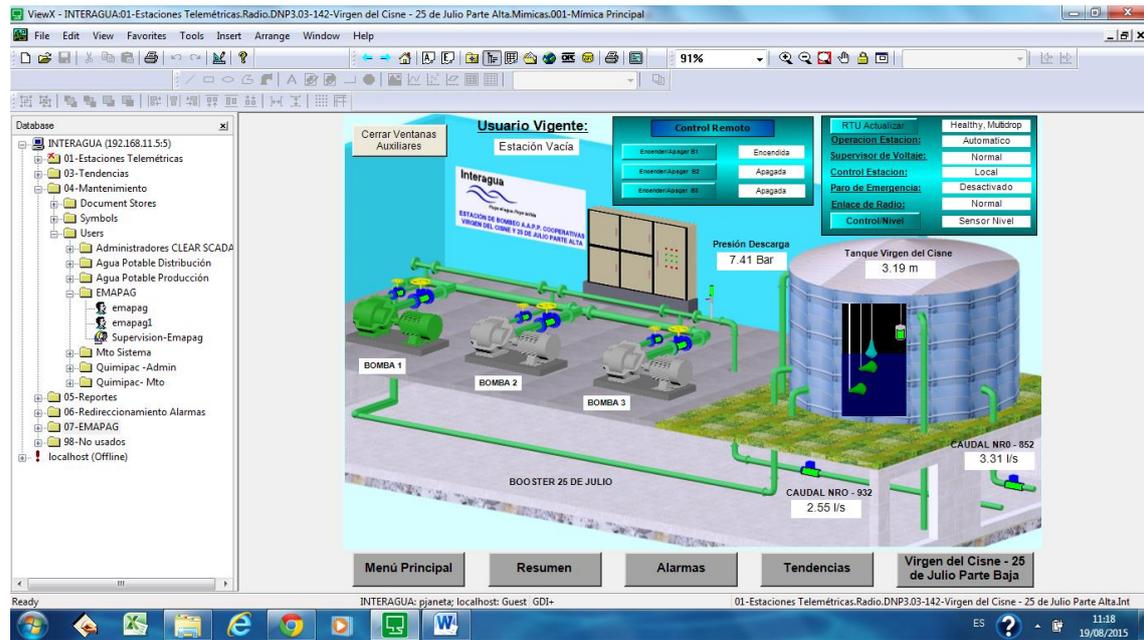
	PRESIÓN DESCARGA	NIVEL TANQUE ELEVADO	CAUDAL TANQUE ELEVADO	CAUDAL SECTOR HIDRAULICO	NIVEL TANQUE ELEVADO
ALTO	8.50 Bar	3.50 m	28.00 l/s	14.00 l/s	REBOSE 4.50 m
BAJO	7.40 Bar	3.00 m	12.00 l/s	0.50 l/s	BAJO BAJO 2.90 m

PRESIÓN DE CONSIGNA	7.40 Bar
TIEMPO T DE ARRANQUE BOMBA SECUNDARIA	86399.0 Seg
VELOCIDAD BOMBA 1 MANUAL	43.00 Hz
VELOCIDAD BOMBA 2 MANUAL	44.00 Hz
VELOCIDAD BOMBA 3 MANUAL	45.00 Hz

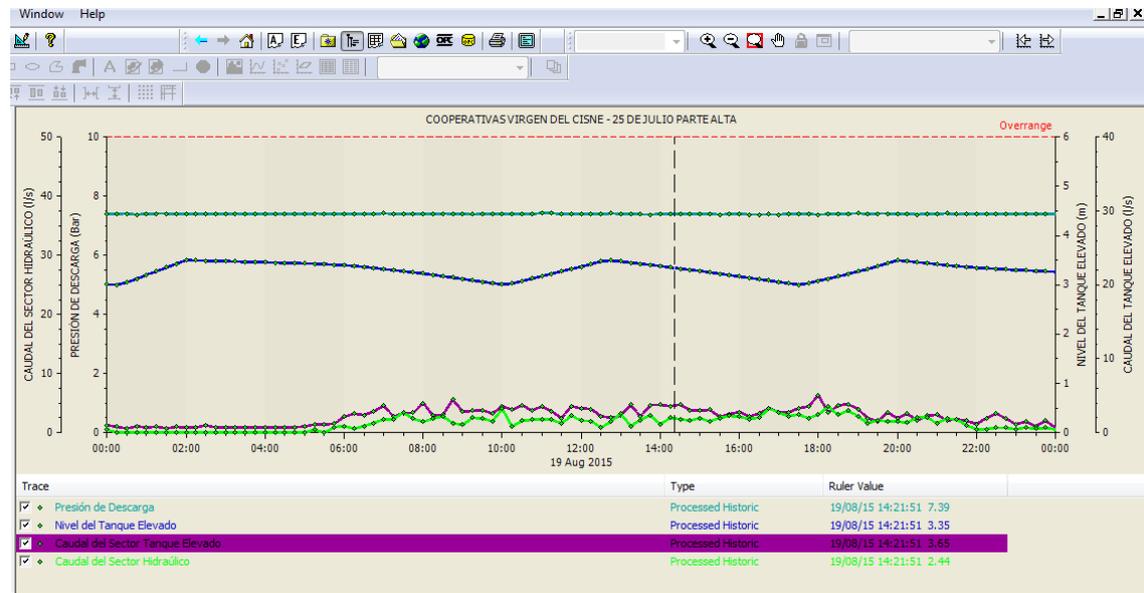
PARÁMETROS AVANZADOS ●

Mimica Principal
Resumen
Red Principal AAPP

Mímica de Control Remoto de Bombas.



Mímica de Tendencias.



Anexo 7 - Presión promedio diaria del punto más crítico servido por la Estación Alta y

Tiempo de Operación Diaria.

Item	Fecha	Presión Promedio Diaria (mca)	Tiempo de Operación Diaria (horas)
1	22/05/2015	9,48	5,00
2	23/05/2015	8,45	15,00
3	24/05/2015	10,31	13,00
4	25/05/2015	9,86	15,00
5	26/05/2015	9,39	15,00
6	27/05/2015	9,93	13,50
7	28/05/2015	9,96	14,75
8	29/05/2015	9,89	14,00
9	30/05/2015	9,34	10,00
10	31/05/2015	7,39	13,75
11	01/06/2015	10,00	12,75
12	02/06/2015	4,04	17,00
13	03/06/2015	10,32	14,25
14	04/06/2015	15,84	16,75
15	05/06/2015	20,38	24,00
16	06/06/2015	20,15	24,00
17	07/06/2015	20,20	24,00
18	08/06/2015	20,04	24,00
19	09/06/2015	19,98	24,00
20	10/06/2015	18,47	24,00
21	11/06/2015	18,24	24,00
22	12/06/2015	17,73	24,00
23	13/06/2015	15,02	24,00
24	14/06/2015	15,20	24,00
25	15/06/2015	14,38	24,00
26	16/06/2015	10,68	24,00
27	17/06/2015	12,65	24,00
28	18/06/2015	12,75	24,00
29	19/06/2015	12,81	24,00
30	20/06/2015	12,77	24,00
31	21/06/2015	12,55	24,00
32	22/06/2015	12,53	24,00
33	23/06/2015	12,08	24,00

34	24/06/2015	11,51	24,00
35	25/06/2015	11,94	24,00
36	26/06/2015	11,76	24,00
37	27/06/2015	11,08	24,00
38	28/06/2015	11,29	24,00
39	29/06/2015	11,39	24,00
40	30/06/2015	11,25	24,00
41	01/07/2015	11,11	24,00
42	02/07/2015	10,93	24,00
43	03/07/2015	11,03	24,00
44	04/07/2015	11,41	24,00
45	05/07/2015	11,30	24,00
46	06/07/2015	11,16	24,00
47	07/07/2015	11,36	24,00
48	08/07/2015	10,56	24,00
49	09/07/2015	10,85	24,00
50	10/07/2015	10,13	24,00
51	11/07/2015	10,89	24,00
52	12/07/2015	10,57	24,00
53	13/07/2015	10,67	24,00
54	14/07/2015	8,83	24,00
55	15/07/2015	9,06	24,00
56	16/07/2015	11,05	24,00
57	17/07/2015	11,10	24,00
58	18/07/2015	11,05	24,00
59	19/07/2015	11,31	24,00
60	20/07/2015	11,18	24,00
61	21/07/2015	10,98	24,00
62	22/07/2015	11,01	24,00
63	23/07/2015	10,90	24,00
64	24/07/2015	11,20	24,00
65	25/07/2015	11,13	24,00
66	26/07/2015	10,86	24,00
67	27/07/2015	10,88	24,00
68	28/07/2015	10,82	24,00
69	29/07/2015	10,87	24,00
70	30/07/2015	10,95	24,00
71	31/07/2015	10,92	24,00
72	01/08/2015	10,55	24,00
73	02/08/2015	10,70	24,00
74	03/08/2015	11,00	10,25