

“Automatización de dos zonas de bombeo y monitoreo de la red principal del sistema de agua potable de la junta administradora de agua potable Sumak Yaku – Araque – Otavalo”

Diego Francisco Terán Pineda, Universidad Técnica del Norte (UTN), Ibarra - Ecuador

Resumen –Con la finalidad de ahorrar el consumo eléctrico, disminuir pérdidas del agua, evitar accidentes de trabajo y de optimizar los procesos de distribución de agua potable en la Junta de Agua de Sumak Yaku-Araque se ha automatizado el bombeo y se monitorea desde la oficina central el funcionamiento de este en tiempo real, para tomar las decisiones pertinentes en caso de presentarse anomalías. Es importante detallar que este proyecto está instalado y puesto a marcha en un sector de económica comunitaria la cual realiza el proceso de distribución de agua potable para más de 9000 usuarios.

Índices – Automatización, HMI, Sostenedor de Sensores, Lectura de nivel de agua.

I. INTRODUCCIÓN

Con la finalidad de ahorrar y disminuir pérdidas del agua, evitar accidentes de trabajo y de optimizar los procesos de distribución de agua potable en la Junta de Agua de Sumak Yaku - Araque se ha automatizado el bombeo y se desarrolla un HMI para monitorea desde la oficina central el funcionamiento de este, para tomar las decisiones pertinentes en caso de presentarse anomalías.

El sistema de bombeo de Sumak Yaku tiene 3 zonas, cada zona está ubicada a una distancia de 500mtrs aproximadamente y a una altura de 100mtrs entre zonas. Las dos primeras zonas poseen motores de bombeo, las cuales son encargadas de enviar de la zona 1 a la zona 2 y de la zona2 a la zona 3 donde existen tanques de reserva llamados Gemelos de donde distribuyen el agua a mas de 9 comunidades por gravedad.

La automatización del bombeo se logro gracias a un PLC LOGO!, la cual es la encargada de realizar un sistema de

control ON-OFF y a la vez detectar fallas con los respectivos sensores instalados en el sistema de bombeo Suma Yaku.

Para la instalación de los sensores de nivel, se diseño un sostenedor de sensores debido a la delicadeza de los tanques de reserva.

La finalidad principal de este proyecto es ayudar a todas las economías comunitarias que no estén al alcance tecnológico, y con el inicio de este proyecto estaremos ayudando a 2270 socios, utilizando una media de 4 personas por socios, dan un total de 9080 consumidores del líquido vital, agua (yaku mamita).

II. DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

A. Especificación del sistema de bombeo “sumak yaku”

El sistema de bombeo de agua potable “Sumak Yaku” se encuentra ubicado en la comunidad de Araque cerca del Lago San Pablo, perteneciente a la ciudad de Otavalo, provincia de Imbabura a una altura de 2719 m.s.n.m.

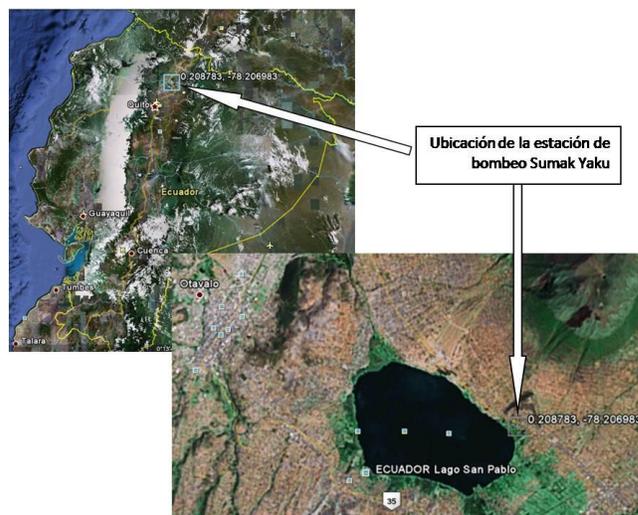


Fig. 1. Ubicación de la estación de bombeo

El sistema de bombeo está compuesto por dos grupos de bombas de agua, cada uno con sus respectivos motores ubicados en diferentes zonas.

En la primera zona ubicado a 1/2km del Lago San Pablo, se encuentra los dos primeros motores de bombeo, cada uno tiene

Este trabajo fue investigado e instalado en la Junta de Agua Potable Sumak Yaku, de la comunidad de Araque-Otavalo-Ecuador.

F. Terán, es egresado de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador,
(e-mail: ayllusck@gmail.com).

M. Gavilánéz, es Docente en la Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador,
(magavilanezv@yahoo.com).

una potencia 300hp, las cuales son las encargadas de bombear desde la vertiente principal que tiene una capacidad de 72,2 m³ hacia la zona dos

La segunda zona se encuentra ubicado a 1/2km por encima de la zona uno, en la cual se encuentra los siguientes dos motores de bombeo, cada uno tiene una potencia de 90hp, las cuales son las encargadas de bombear desde el tanque de reserva de 300m³ hacia la zona tres. Además existe otro tanque de 300m³ la cual alimenta al tanque de la cual se bombea

La tercera zona de igual manera se encuentra ubicada a 500m aproximadamente por encima de la segunda zona, en la cual se encuentran dos tanques de reservas llamados gemelos, cada tanque tiene una capacidad de 300m³

La oficina central, lugar donde los socios realizan sus pagos y reclamos, se encuentra en la comunidad La Compañía de la ciudad de Otavalo y esta a una distancia aproximada de 5km del sistema de bombeo, que es el lugar donde se encuentra el sistema de monitoreo.

B. Diseño Preliminar del sistema de automatización

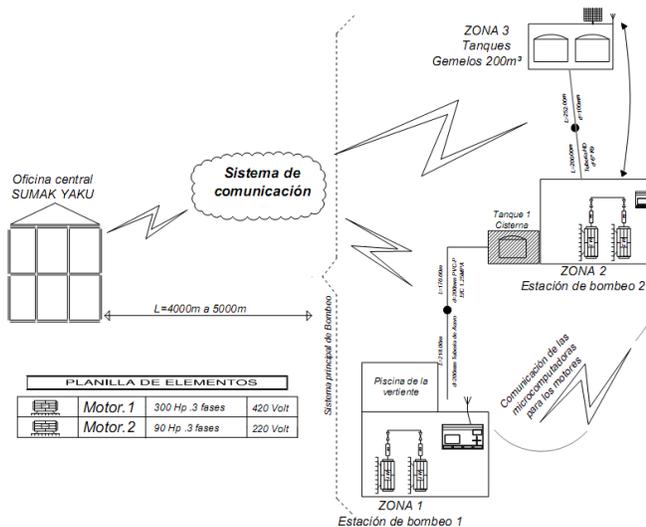


Fig. 2. Diseño del sistema de automatización y comunicación.

El cerebro del sistema de automatización serán un microcomputador () también conocido como PLC, estos son los encargados de comandar y captar todas las señales provenientes de los sensores de niveles y otras señales necesarias para la automatización que en los capítulos siguientes se detallarán.

Como podemos observar en la Fig. 1 se instalarán dos PLC's, cada una en las zonas que tienen los motores de bombeo, y el dispositivo encargado de dar la señal inalámbricamente de zona en zona son elaborados por un compañero de trabajo quien es responsable del funcionamiento del sistema de comunicación.

De la misma manera todo el sistema principal de bombeo se desarrollará en el programa de Labview que la universidad Técnica del Norte posee la licencia. Es decir que se representará mediante gráficos dinámicos el sistema principal de bombeo en el HMI a instalarse

Este documento se puede utilizar como plantilla de referencia para preparar su artículo técnico. En el menú "Diseño de Página", puede revisar las notas al pie de página. Puede escribir sobre las secciones del documento, cortar y pegar en él (Editar | Pegado Especial | Texto Sin Formato), y/o usar estilos. Los Estilos los puede encontrar a la derecha de la Barra de Herramientas del menú Inicio (por ejemplo, el estilo en esta parte del documento es "Texto").

C. Variables y elementos a controlar

- Variables a monitorear
 - a. Nivel de la piscina ubicada en la zona 1
 - b. Nivel del tanque de la zona 2
 - c. Nivel del tanque de la zona 3
 - d. Alerta máximo y mínimo nivel del tanque de la zona 2
 - e. Alerta máximo y mínimo nivel del tanque de la zona 3
 - f. Fallas térmicas de los motores de la zona 1
 - g. Fallas térmicas de los motores de la zona 2
 - h. Alerta de ruptura del tubo de conducción de la zona 1 a la zona 2
 - i. Alerta de ruptura del tubo de conducción de la zona 2 a la zona 3
 - j. Número de horas de operación de los motores de la zona 1 y zona 2
- Elementos a controlar
 - a. Motor de la zona 1
 - b. Motor de la zona 2
- Variables necesarias para la programación en la zona 1 y zona 2

Entradas Digitales		Salidas Digitales	
#	Descripción	#	Descripción
1	Niveles bajos piscina zona 1	1	On Motor 1
2	Niveles altos piscina zona 1	2	On Motor 2
3	Niveles bajos tanque Cushcagua zona 2	3	Selector Motor 1
4	Niveles altos tanque Cushcagua zona 2	4	Selector Motor 2
5	Señal de inicio OK	5	Off Motor 1
6	Off Sistema Completo desde Oficina	6	Off Motor 2
7	Falla Térmica Motor 1	7	Falla Sistema de Comunicación
8	Falla Térmica Motor 2	8	Falla Zona 1
9	ON Motores 1 y 2 Zona 1	9	Envío Bit de Inicio Bombeo
10	Mantenimiento Motor 1	10	Nivel Alto Piscina
11	Mantenimiento Motor 2	11	Nivel Bajo Piscina
12	Automático/Manual	12	ON Motores 1 y 2 Zona 1
13	Nuevo Bombeo		

14	Falla zona 2	Conclusión: Se necesita un PLC de 16 entradas y 12 salidas digitales.
15	ON Motores Cushcagua Zona 2	
16	Problemas solucionados	

Tabla 1. Señales de Zona 1

Entradas Digitales		Salidas Digitales	
#	Descripción	#	Descripción
1	Niveles bajos tanque Cushcagua zona 2	1	On Motores Cushcagua
2	Niveles altos tanque Cushcagua zona 2	2	Off Motores Cushcagua
3	Niveles bajos tanque Gemelos Zona 3	3	Falla Zona 2
4	Niveles altos tanque Gemelos zona 3	4	Falla Sistema de Comunicación
5	Bit de inicio de Zona 1	5	Aux Salida 1
6	Falla de Tuberías	6	Envió Señal de inicio a Zona 1
7	Aux1	7	Nivel Bajo
8	Off Sistema Completo desde Oficina	8	Nivel Bajo – Bajo
9	ON Motores Cushcagua Zona 2	9	Nivel Alto
10	ON Motores 1 y 2 Zona 1	10	Nivel Alto-Alto
11	Automático/Manual	11	ON Motores Cushcagua Zona 2
12	Falla Zona 1	12	Aux Salida 2
13	Falla Térmica Motores Cushcagua	Conclusión: Se necesita un PLC de 16 entradas y 12 salidas digitales.	
14	Problemas Solucionados		
15	Aux 2		
16	Aux 3		

Tabla 2. Señales de Zona 2

III. SELECCIÓN DE IMPLEMENTOS, PLC, SENSORES Y SISTEMA DE COMUNICACIÓN.

- Selección de sensores

El sensor seleccionado debe ser fácil de introducir en el agua sin dañar la calidad y la inocuidad del líquido vital para de esta manera garantizar su confiabilidad.

En la Estación 1 el sensor de boya es considerado como el más idóneo a utilizar (ver Fig. 3) debido a que esta vertiente se almacena en una piscina que se encuentra al aire libre, donde no hay presión de compresión y además la altura máxima de sumergimiento es de 80cm.



Fig. 3. Sensor de nivel flotante

Las similitudes existentes entre la estación 2 y 3 son las

siguientes: Cada uno cuentan con 2 tanques de reserva de concreto de hasta 3 metros de altura

Las similitudes existentes entre la estación 2 y 3 son las siguientes: Cada uno cuentan con 2 tanques de reserva de concreto de hasta 3 metros de altura y son destinado para el consumo humano. El sensor que presenta mayor confiabilidad por sus características idóneas para implementarlo en el presente proyecto es la que podemos observar en la siguiente Fig. 4. de igual manera no hay preocupaciones de sobre presión dentro de los tanques de reserva ya que tiene un área muy grande, y el peso del agua a soportar por estar sumergidos se depreciara ya que se desarrollara un sujetador de sensor que se explica en el literal (E)



Fig. 4. Sensor Madison M8700

No es recomendable poner el sensor de boya flotante, porque dentro del tanque existe la posibilidad de enredarse con las gradas del tanque por las turbulencias existentes, además en nuestro país no hay un sensor de boya con cable de más de 3 metros sumergibles para el nivel alto y máximo deseado. Para lo cual se ha utilizado dos tipos de sensores, como ya hemos explicado un tipo para la zona 1 y otro tipo de sensores para los tanques de reserva de la zona 2 y 3

- Selección del PLC

Una vez identificadas las características indispensables con respecto al funcionamiento del sistema de bombeo de la Junta de Agua “Sumak Yaku”, se establece que el control a implementarse será de tipo ON/OFF, lo cual conlleva a la utilización de un PLC de gama baja, confiable y estable.

La razón por la cual se utiliza un PLC LOGO es por las siguientes características:

- EL tamaño, permiten ser alojados en cualquier caja con riel DIN normalizado. Por lo tanto son ideales para solucionar pequeños problemas de automatismos en instalaciones donde un autómata puede parecer un exceso.
- Todos los modelos de LOGO! permiten ser conectados a un PC con un cable especial que distribuye la propia Siemens las cuales sirven para transmitir el programa al PLC, además el costo del cable es de precio económico.
- La programación se lo realiza de forma gráfica con compuertas lógicas u a la vez en lenguaje Lader.
- El software de programación tiene la opción de simulación, la cual ayuda al programador
- Es fácil de adquirir en Ecuador.
- Tiene su propia fuente de poder la cual recomienda Siemens utilizar por sus características y fiabilidad.
- Las entradas digitales hacia el Logo se las puede realizar dependiendo del programador, es decir existen Logos que captan señales digitales de 0 y 24V DC como de 0 a 120V AC, dependen del modelo a elegir.
- En caso de necesitar otras características, como entradas análogas, salidas análogas, existen expansores fáciles de utilizar y fáciles de adquirir.

Estos PLC son reconocidos mundialmente, y a la vez son económicos con respecto a las características que estos brindan.

El número de entradas y salidas necesarias para la automatización se detalló en Variables necesarias para la programación en la zona 1 y zona 2, para lo cual se necesita los siguientes implementos tanto para la zona 1 y zona 2.

- Debido a que se va a utilizar un PLC logo de gama baja 12/24RC se necesita una fuente de alimentación de 220VAC a 24VDC (ver Anexo D), se vio necesario utilizar una fuente de alimentación para protección, en el caso de que haya una sobrecarga no dañe al PLC principal donde se encuentra el programa, en caso de daños solo reemplazar la fuente ya que esta le protege al PLC principal.
- De igual manera como el Logo! 12/25RC tiene solo ocho entradas digitales y 4 salidas, se vio necesario colocar un expansor LOGO! DM16 24R (Ver Anexo E) la cual tiene 8 entradas y 8 salidas dando un total de 16 entradas y 12 salidas, completando de esta manera las variables necesarias para la programación tanto de la zona 1 que son 16 entradas/12 salidas y zona 2 que son 16 entradas y 12 salidas
- Selección del Sistema de Comunicación

El sistema de comunicación a utilizarse es realizado por la Srta. Paola Tirira la cual pertenece al grupo de trabajo de investigación, y quien es responsable del funcionamiento del Sistema.

El sistema de comunicación tiene las siguientes características:

- El sistema es inalámbrico
- Tiene una capacidad necesaria de transmitir la señal desde las zonas de bombeo hasta la oficina central que se halla ubicado a una distancia aproximada de 5km.

Las señales que recibe y envía este sistema de comunicación es digital, recibe 1 o 0(0 o 5Volt.) para ingreso de señal, y la salidas de este sistema lo realiza mediante relés

IV. DISEÑO DEL SOSTENEDOR DE LOS SENSORES DE NIVEL

La administración de Sumak Yaku dio a conocer que no desean que se manipule la construcción interna, ya que con alguna perforación grande se teme a que esta estructura se destruya, ya que son tanques antiguos de hace años atrás. De igual manera se aprobó que si se puede colocar los sensores dentro del tanque sin manipulación al tanque e incrementando materiales internos.

Tomando en cuenta las recomendaciones realizadas por la parte administrativa, se presenta la alternativa de realizar un sostenedor de sensores factibles para instalarlos en las gradass que se encuentran dentro de los tanques de reserva de la zona 1

y zona 2, sin dañar su estructura como podemos observar en la siguiente figura 5.

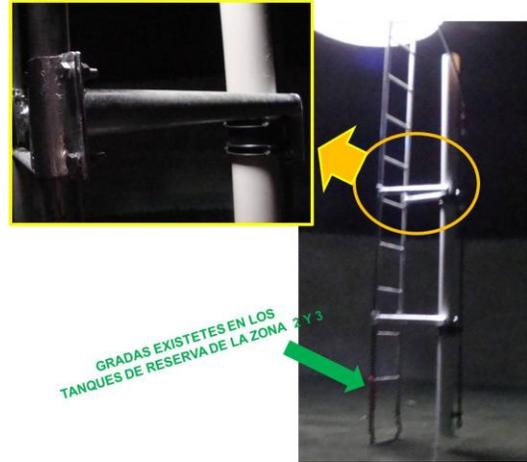


Fig. 5. Colocación del sostenedor de sensores en las escaleras de acceso hacia los tanques de reserva

La idea principal es colocar los sensores del Anexo B dentro de una tubería PVC de desagüe, la cual contenga el diámetro adecuado (ver Fig. 6)

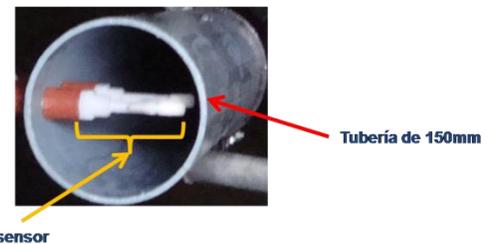


Fig. 6. Ubicación del sensor de nivel dentro del tubo PVC.

La tubería PVC de 150mm tiene una longitud necesaria para colocar los sensores de nivel alto y bajo como se detalla en la tabla siguiente.

Zonas	Longitud del tubo necesitado (mtrs)
2	2,4
3	2,8

Tabla 3. Longitud de Tubos

Por defecto la longitud de los tubos es de 3mtrs, por lo tanto es necesario utilizar 1 tubo por zona.

La única entrada que existe para los tanques de reserva es por la parte superior de este, para descender al interior existen unas escaleras de tubo galvanizado en las cuales se pueden acoplar el diseño indicado en la Fig. 7, el cual sostendrá al tubo con el sensor



Fig. 7. Diseño del sostenedor del tubo donde se hallaran los

sensores de nivel

V. DISEÑO DEL TABLERO DE LA AUTOMATIZACIÓN

Como se ha detallado anteriormente el control a realizarse será de forma ON/OFF; además se llegó a conocer el funcionamiento del tablero de control instalado en la zona 1 y 2 de años pasados. Una vez conocidos de los detalles se vio necesario y útil acoplar a los botones de encendido y apagado por pulsos comandados automáticamente desde el PLC, de igual manera como en los mismos tableros nos brindan la señal de encendido, apagado, y fallas de los motores, nos vimos la necesidad de configurar esta señal para que también le llegue al PLC

- Configuración de señales de los tableros de control

Los tableros de control ya explicados en los capítulos anteriores tenían focos de señalización y botones de control como encendido y apagado, para mejor comprensión ver la figura siguiente (Fig. 8 y 9).

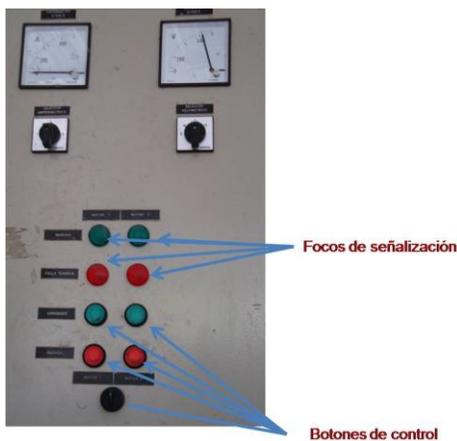


Fig. 8 Botones y luces del tablero principal de la zona 1



Fig. 9 Botones y luces del tablero principal de la zona 2

Con respecto al circuito eléctrico de los botones y focos de los tableros, se ha diseñado un acople mixto; tanto para el PLC como para el tablero de control como se explica en la siguiente figura.

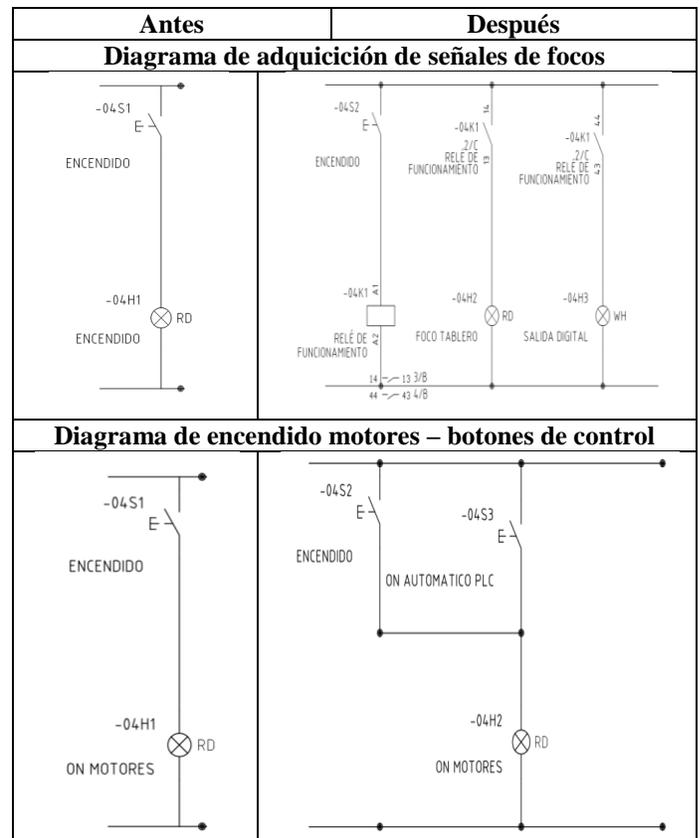


Fig. 10 Diagrama de conexión del antes y después del tablero principal

Se vio necesario captar la señal desde un relé, para que desde este pueda enviar la señal al mismo panel de control y a la vez enviar digitalmente hacia la oficina central y el PLC quien comandara automáticamente mediante la señal adquirida. De igual manera solamente enviando el pulso paralelo al panel de control se conseguirá controlar los motores.

Cabe mencionar que el sistema de automatización tendrá un selector para estado “MANUAL”, con lo cual cualquier personal podrá realizar su respectivo chequeo evitando así cualquier inconveniente

VI. ELABORACIÓN DE LA INTERFACE HOMBRE MÁQUINA

Esta interface servirá principalmente para conocer el estado de los siguientes elementos:

- Nivel de la piscina ubicada en la zona 1
- Nivel del tanque de la zona 2
- Nivel del tanque de la zona 3
- Alerta máximo y mínimo nivel del tanque de la zona 2
- Alerta máximo y mínimo nivel del tanque de la zona 3
- Alerta de ruptura del tubo de conducción de la zona 1 a la zona 2
- Alerta de ruptura del tubo de conducción de la zona 2 a la zona 3
- Falla en los motores de la zona 1 y zona 2

La elaboración de esta interface se la realizo en LabView, debido a que la Universidad Técnica del Norte posee la licencia.

Los datos del sistema principal de bombeo de Sumak Yaku son enviados inalámbricamente mediante el sistema de comunicación instalada hasta la oficina central, desde el módulo de recepción en la oficina central se comunica mediante comunicación serial hasta la computadora principal, llegando una trama de datos como vemos en la Fig. 11.

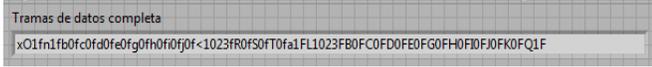


Fig. 11. Recepción de trama de datos

Una vez llegada los datos a la PC principal llegamos a clasificar cada dato como podemos verla Fig. 12.

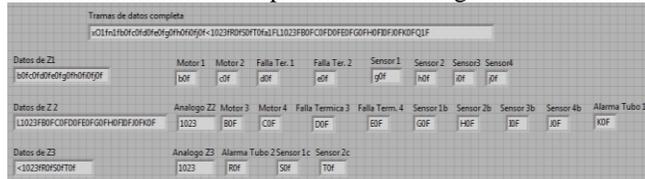


Fig. 12. Clasificación de trama de datos

El factor más importante a tomar en cuenta fue la facilidad que debe tener el HMI para que el personal encargado pueda entender bien el sistema instalado además tiene la característica de ser muy dinámico, ya que dependiendo del estado de los motores irán cambiando los colores de los motores de la ventana del HMI para entender el estados de estos. De la misma manera los tanques de reserva están representados gráficamente por tanques y la vertiente por una piscina

La interface de la programación se puede observar en la Fig. 13

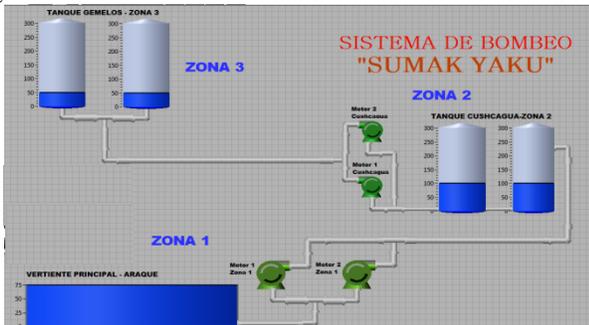


Fig. 13 Implementación del sistema de automatización

VII. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

A. Automatización de los Motores

Una vez conocido las variables a utilizar para la programación se realizo un algoritmo, algoritmo que se realizo en el programa del PLC las cuales se hallan instalados en los tableros de automatización (ver Fig. 14 y 15). Todo el equipamiento se instaló dentro de un tablero de

600x760x210mm para cada estación de bombeo. De igual manera la programación está elaborado en el programa Logo Soft.

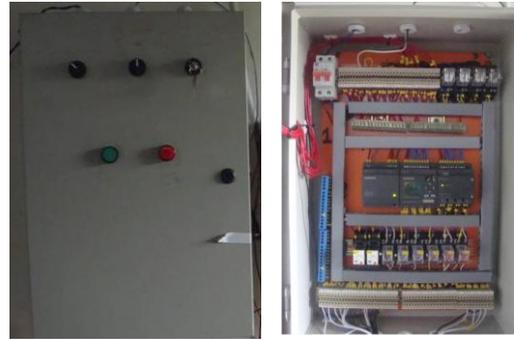


Fig. 14. Tablero de automatización zona 1



Fig. 15. Tablero de automatización zona 2

B. Instalación de sensores de nivel y uso del sistema de comunicación

Para medir los niveles deseados se usaron los 4 sensores de nivel Madison M8700 con la siguiente explicación.

- 1 sensor ubicado en el nivel bajo-bajo, el cual se utilizara de emergencia si llegase a dañarse el nivel Bajo
- 1 sensor de nivel bajo, este sensor será el principal para indicar el nivel bajo de agua
- 1 sensor de nivel alto, este sensor será el principal para indicar el nivel alto de agua
- 1 sensor ubicado en el nivel alto-alto, la cual se utilizara de emergencia si llegase a dañarse el nivel Alto



Fig. 16 Sensores en zona 2



Fig. 17 Sensores en zona 3



Fig. 18. Sensor nivel en zona 1

De igual manera también se puede observar las antenas instaladas para el sistema de comunicación halla instaladas como observar en la siguiente figura.



Fig.19. Antena del sistema de comunicación

C. Instalación del HMI

Para la instalación de la Interface Hombre Máquina se suministra una computadora básica, con el objetivo de monitorear el funcionamiento del sistema.

Se instaló un Autorun de Labview en cual contiene el HMI elaborado, el mismo que no ocupa espacio de memoria en la PC.

Se creó una sola pantalla, en la cual contiene:

- Nivel de la piscina ubicada en la zona 1
- Nivel del tanque de la zona 2
- Nivel del tanque de la zona 3
- Alerta máximo y mínimo nivel del tanque de la zona 2
- Alerta máximo y mínimo nivel del tanque de la zona 3
- Alerta de ruptura del tubo de conducción de la zona 1 a la zona 2
- Alerta de ruptura del tubo de conducción de la zona 2 a la zona 3
- Motores ON-Off de la zona 1 y 2
- Fallas en los motores de la zona 1 y 2

VIII. PRUEBAS Y RESULTADOS

Las pruebas que se realizaron fueron los siguientes:

- a) Debido a que el bombeo inicia a las 5am, se llevo al sitio de bombeo 2 minutos antes (4:58) después de haber ajustado el reloj del PLC, llegada la hora 5am se observo que si inicio el bombeo.
- b) Aprovechando este bombeo se observo las entradas del PLC donde marcaban sus respectivos niveles de agua, de

la misma manera cumplió con el conteo de horas de funcionamiento del motor.

- c) Para observar la parada del motor se espero las 2 horas y media de bombeo donde se lleno el tanque de la zona 2 hasta el nivel alto y el resultado fue paro de motores por cumplirse una de las condiciones del software para parar el motor.
- d) Para las pruebas de falla térmica del motor se espero otro bombeo, es decir se volvió al sitio el siguiente día y antes de que se cumpliera las condiciones de paro del motor de bombeo se simulo una falla térmica, para simular nos dirigimos al tablero principal de la zona 1 donde presionamos el botón TEST del relé térmico con las respectivas precauciones, y el resultado fue paro de motores y encendido de luz piloto en el tablero de automatización de la zona 1 indicando la respectiva falla. La misma prueba de falla térmica la realizamos en la estación de bombeo de la zona 2. Una vez llegada la señal de fallo al tablero de automatización se simulo que fue arreglado la falla presionando el botón del tablero de automatización de Arreglo, donde el sistema queda listo para trabajar normalmente.
- e) De igual manera para verificar la falla de la tubería de la trayectoria de la zona 1 a la zona 2 se simulo enviando la señal con la ayuda del compañero de tesis quien fue el responsable de realizar el detector de fugas de agua en las tuberías, el resultado fue apagado de motores y encendido de luces piloto indicando la falla en el tablero de automatización de la zona 2, para indicar que el problema fue resuelto basta con presionar el botón de Arreglo para que el sistema funcione normalmente. La misma prueba se hizo en el tramo de la tubería de la zona 2 a la zona 3.
- f) Para los otros días se verifico el Seleccionador de Mantenimiento Motor, donde si seleccionaba que el motor 1 se encuentra en mantenimiento, como resultado solo bombeara el motor 2 y viceversa. El resultado fue como se esperaba.
- g) De igual manera pudimos ver que si nosotros seleccionamos Manual en el tablero de automatización de la zona 1, el sistema no trabaja automáticamente, es la opción que se debe optar para poder realizar cualquier mantenimiento dentro de las zonas, ya que si el tablero de automatización de la zona 1 no trabaja, de igual manera el tablero de automatización de la zona 2 no trabajara, debido a que el tablero de la zona 1 trabaja como maestro y el de la zona 2 trabaja como esclavo

Una vez completada la conexión de todo el sistema de automatización de bombeo, esto es la unión de los proyectos de tesis que lo conforman: “Automatización de bombeo”, “Detección de fugas” y “Trasmisión de datos”, en el HMI de la oficina de Sumak Yaku se observo el funcionamiento correcto del sistema en conjunto; para ver el desempeño del HMI con respecto a las fallas se ha simulado:

- a) Llegada de datos y clasificación

i) Apagado de motores y medida de sensores de nivel

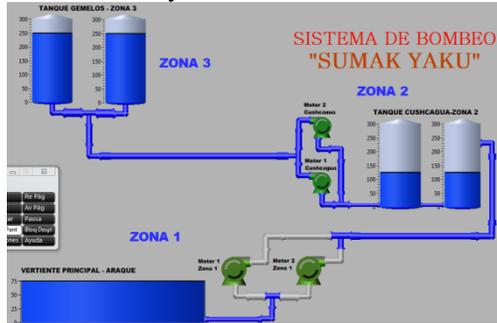


Fig. 7.10. Medición del sistema principal de bombeo las 24 horas

Con estas pruebas se obtienen resultados satisfactorios que demuestran el correcto funcionamiento del sistema de automatización.

IX. AGRADECIMIENTOS

Ñukanchimi willachinchik. Los autores agradecen a todas aquellas personas que de una u otra manera, colaboraron en la realización de esta investigación, yupaychani nipani shunkumanta jullpi ayllu kumpakunata kumpaymanta, ranti ranti mi purishunchik.

X. REFERENCIAS

Libros

- [1] MARTÍNEZ R. "Autómatas programables", Primera Edición, Marcombo S.A. 1997, 456 p.
- [2] MOLINA C. "Principios de Automatización Industrial", Primera Edición, Sevilla, 2005, 150p.
- [3] Rodríguez A. "Sistemas SCADA", México DF, Segunda Edición, 2001, 448 p.
- [4] Ponce P. "Maquinas eléctricas y técnicas modernas de control", Primera Edición. Editorial Alfaomega. Mexico. Enero 2008
- [5] Wildi T., " Maquinas Eléctricas Y Sistemas de Potencia," Sexta Edición. Editorial Pearson. México. 2007

Artículos Internet

- [6] Aguirre J. "Actuadores Eléctricos y Mecánicos".[Online]. Disponible: <http://www.scribd.com/doc/6291040/Resumen-de-Actuadores-Elctricos-y-Mecanicos> [Ultimo acceso Junio 2011]
- [7] MADISON, "Single Point Liquid Level Float Switches". [Online]. Disponible: <http://shopsensors.madisonco.com/category/single-point-reed-sensors?&plpver=10>. [Ultimo acceso Julio 2011]
- [8] VIYILANT, "Control de Nivel Hermético". [Online]. Disponible: <http://www.viyilant.com.ar/catalogos/control.pdf>. [Ultimo acceso Julio 2011]
- [9] SIEMENS, "Lista de artículos". [Online]. Disponible: <http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/24928970?func=1l&objId=24928970&objAction=csView&nodeid0=10805245&lang=es&siteid=cseus&aktprim=0&extranet=standard&viewreg=WW&load=content#A17991075> [Ultimo acceso Septiembre 2011]
- [10] SCHNEIDE, "Esquemas eléctricos básicos". [Online]. Disponible: http://www.schneider-electric.com.ar/documents/recursos/myce/capitulo08_1907.pdf [Ultimo acceso Junio 2012]
- [11] ASLAN, "Documentación eléctrica". [Online]. Disponible: http://www.ipmaslan.com/pdf/documentacion_electrica.pdf [Ultimo acceso Junio 2012]

XI. BIOGRAFÍAS



Diego F. Terán P., nació en Otavalo-Ecuador el 13 de Noviembre de 1985. Realizó sus estudios secundarios en el Colegio Experimental Jacinto Collahuazo. Egreso en la Universidad Técnica del Norte en la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en el 2012. Actualmente trabaja en proyectos de electricidad, energías renovables y automatización para la zona de Otavalo.

Área de Interés: Control y Automatización, Energías Renovables, Robótica e inteligencia artificial, Informática y microcontroladores.

(ayllusck@gmail.com)



Milton Gavilanes, nació en Otavalo-Ecuador el 28 de Septiembre de 1959. Realizó sus estudios secundarios en el Colegio Nacional Otavalo. Se graduó en la Escuela Politécnica Nacional como Ingeniero en Electrónica y Control en 1986. Tiene el título de Magíster en Docencia Universitaria e Investigación. Actualmente desempeña el cargo de Docente en la Universidad Técnica del Norte-Ibarra.

Áreas de interés: instrumentación industrial, automatización y control industrial.

(magavilanezv@yahoo.com)