

Universidad Hispanoamericana
Escuela de Ingeniería Electrónica
Bachillerato en Ingeniería Electrónica

Tesina para optar por el grado académico de
Bachillerato en Ingeniería Electrónica

**Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo,
para el panel de la estación de bombeo La Colina, del Instituto
Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, Curridabat,
durante el primer semestre de 2017.**

Presentado por:
Malaquías Ramírez Lizano

Tutor:
Ing. Minor Caamaño Acuña

San José, Costa Rica

2017

Tabla de contenido

Tabla de contenido	I
Índice de Figuras	VII
Índice de Tablas	X
AGRADECIMIENTOS.	XI
DEDICATORIA.....	XII
CAPITULO I:.....	1
1.1 PROBLEMA DEL PROYECTO.....	1
1.1.1 Introducción.	5
1.1.2 Antecedentes del contexto de la empresa.....	6
1.1.3 Justificación del problema.	10
1.2 DEFINICION DEL PROBLEMA.....	11
1.2.2 Idea del problema.	11
1.2.3 Pregunta del problema.	12
1.3 OBJETIVOS.....	13
1.3.2 Objetivo general.....	13
1.3.3 Objetivos específicos.....	13
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES.	14

1.4.1 Alcances.....	14
1.4.2 Limitaciones.....	14
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	15
2.1 MARCO CONCEPTUAL RELATIVO A LA CARRERA.....	15
2.1.1 Estación de bombeo:.....	15
2.1.2 Panel o tablero de control.	17
2.1.3 Motor Sumergible.	19
2.1.4 Bomba.	21
2.1.5 Tanques de captación.	23
2.1.5.1 Tanque de agua	23
2.1.5.2 Tipos de tanques.....	23
2.1.6 Relé de nivel.....	26
2.1.6.1 Sensor de nivel por capacitancia.....	27
2.1.7 Relé de voltaje.....	29
2.1.7.1 Relé de sobre voltaje.....	30
2.1.7.2 Relé de bajo voltaje.....	30
2.1.8 Relé térmico.....	31
2.1.9 Maneta de control de tres posiciones.	33
2.1.10 Contactor de bobina.	34
2.1.10.1 Funcionamiento y Partes del Contactor.	35

2.1.10.2 Elección del Contactor	36
2.1.11 Reloj programador.....	38
2.1.12 Siemens LOGO.	39
2.1.13 Arduino.	40
2.1.14.1 ARDUINO MEGA.	43
2.1.14 Shield GSM SIM 800L.....	45
2.2 MARCO DE LA GESTION DE PROYECTO.	47
2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO.	49
2.4 ANTECEDENTES DE TEORÍAS O PROYECTOS: RESULTADOS DE EXPERIENCIAS ANTERIORES, SIMILITUDES O DIFERENCIAS.....	57
CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO.....	63
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN:	63
3.2 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA.	65
3.3 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACION, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO.	71
CAPITULO IV: DIAGNÓSTICO	75
4.1. DESCRIPCION DE LA SITUACION ACTUAL.	75
4.1.1 Necesidades adicionales.....	82
4.1.2 Resultados de la entrevista realizada a los técnicos del Área dos y jefe de la Dirección de sistemas de Bombeo.	84

4.1.3 Análisis de resultados de la encuesta.	93
CAPITULO V: DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO.....	95
5.1 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN.	95
5.1.1 El hardware 95	
5.1.2 Descripción del Equipo utilizado. 96	
5.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA. 100	
5.2.1 Variables. 100	
5.2.2 Módulos..... 103	
5.3 EL CÓDIGO..... 107	
5.3.1 Programa LOGO OBA8..... 107	
5.3.2 Programa Arduino Mega 2560. 113	
5.4 REMODELACIÓN DE PANEL. 134	
5.5 PRUEBAS DE CAMPO DEL MODULO DE CONTROL..... 137	
5.6 PRUEBAS DE CAMPO DE LOS MÓDULOS DE INTERFACE Y COMUNICACIÓN. 142	
5.6.1 Modulo de interface..... 142	
5.6.2 Módulo de Comunicación..... 144	
5.6.3 Prueba de los módulos..... 144	
5.7 SECUENCIA DE APAGADO REMOTO..... 151	
5.8 SECUENCIA DISPAROS TÉRMICOS..... 157	

5.9 TIEMPOS DE CONMUTACIÓN.....	162
5.10 COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	167
5.10.1 Costo de los materiales y servicios requeridos.	167
5.10.2 Inversión inicial del proyecto.	169
5.11 INGRESOS MENSUALES DEL PROYECTO.....	171
5.11.1 Cálculo de ahorro mensual en combustible.....	171
5.11.2 Cálculo de ahorro mensual por pago de horas extra.....	174
5.12 RETORNO DE LA INVERSIÓN.	175
CAPITULOVI: ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	178
6.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	178
6.2 RECOMENDACIONES.	183
6.3 CONCLUSIONES.....	187
BIBLIOGRAFÍA	191
APÉNDICE	194
Apéndice 1. Cuestionario para la entrevista.....	194
Apéndice 2. Código Completo.....	197
Apéndice 3. Arduino Mega 2560 pinout.	224
Apéndice 4 Declaración Jurada.	225
Apéndice 5. Carta del Tutor.	226
Apéndice 6. Bitácoras de tutorías.	227

Apéndice 7 Carta del Lector.....	237
Apéndice 8 Carta del Filólogo.	238

Índice de Figuras

Figura 1. Vista de la estación de bombeo La Colina	16
Figura 2. Panel de control	18
Figura 3. Motor Sumergible.	20
Figura 4. Vista de perfil de una bomba sumergible.	22
Figura 5. Tanque de captación de agua La Colina.	25
Figura 6. Relé de control de nivel 3UG4501-1AW30 de Siemens.....	27
Figura 7. Relé de voltaje panel de control La Colina.	29
Figura 8. Relé térmico panel de control La Colina.....	31
Figura 9. Maneta de control de tres posiciones.....	33
Figura 10. Contactor de bobina y simbología.	34
Figura 11. Mecanismo interno de un contactor.	35
Figura 12. Contactor de bobina para 15 Hp.	37
Figura 13. Reloj programable.....	38
Figura 14. Diagrama de conexión de SIEMENS LOGO.	39
Figura 15. Microcontrolador Arduino Mega.	44
Figura 16. Módulo Celular GSM GPRS SIM800L V2.0.	45
Figura 17. Diagrama de conexión Módulo Celular GSM GPRS SIM800L V2.0.....	46
Figura 18. Módulo de comunicaciones GSM Siemens LOGO!8 CMR2020 - 6GK7142-7BX00-0AX0.	50
Figura 19. Diagrama de funcionamiento de los dispositivos GRD y ERD.	53
Figura 20. Diagrama de funcionamiento de los dispositivos CONTROL GSM 5010 5011.	55

Figura 21. Plan de Implementación.....	74
Figura 22. Vista interna panel de control La Colina.....	79
Figura 23. Módulo siemens. LOGO OBA8.	96
Figura 24, Arduino Mega 2560.	97
Figura 25. Shield SIM 800L.....	98
Figura 26. Shield GSM SIM 900.....	99
Figura 27. Circuito eléctrico del sistema.....	103
Figura 28. Programa LOGO OBA8.....	108
Figura 29. Interface de programación Logo! Soft Comfort v8.....	111
Figura 30. Antiguo panel de control La Colina.....	134
Figura 31. Panel de control La Colina remodelado.	135
Figura 32. Componentes reemplazados en panel de control.	136
Figura 33. Activación de equipo 1 en el módulo de control.	137
Figura 34. Activación de equipo 2 en el módulo de control.	138
Figura 35. Aviso disparo térmico equipo 2.	138
Figura 36. Aviso bajo nivel de tanque succión.	139
Figura 37. Aviso disparo térmico equipo 1.	139
Figura 38. Aviso falla de voltaje.....	140
Figura 39. Aviso alta psi descarga.	140
Figura 40. Estado de no operación de ningún equipo en condiciones normales.	141
Figura 41. Aviso apagado remoto por SMS.	141
Figura 42. Módulo de interface 220V - 5V.....	143
Figura 43. Interface de inicio de la página Thingspeak.	145
Figura 44. Channel La Colina Bomba 1.	146

Figura 45. Channel La Colina Bomba 2.	147
Figura 46. Field Chart Channel La Colina Bomba 1.	148
Figura 47. Interface serial de Arduino.	150
Figura 48. Captura de pantalla hora de envío de comandos SMS.	151
Figura 49. Conmutación de equipos por comandos SMS.	153
Figura 50. Actualización de un comando de desactivación remoto Bomba 2.	154
Figura 51. Actualización de un comando de activación remoto Bomba 2.	155
Figura 52. Actualización de un comando de desactivación remoto Bomba 1.	155
Figura 53. Actualización de un comando de activación remoto Bomba 1.	156
Figura 54. Captura pantalla de SMS de confirmación y alertas térmicas.	157
Figura 55. Vista secuencias térmicas en pantalla serial Arduino.....	158
Figura 56. Actualización de datos secuencia térmica equipo 1.	159
Figura 57. Actualización de datos secuencia térmica equipo 2.	160

Índice de Tablas

Tabla 1. Planeamiento para el alcance de los objetivos específicos.....	68
Tabla 2. Resumen de variables.....	101
Tabla 3. Nombramiento de los Field Chart del Channel La Colina Bomba 1.	149
Tabla 4. Horas de envío, ejecución y actualización de SMS y comandos.....	163
Tabla 5. Costos de materiales para la remodelación del panel de la estación de bombeo La Colina.	167
Tabla 6. Costo por programación del microcontrolador y PLC.....	168
Tabla 7. Costo por instalación del sistema completo.	168
Tabla 8. Plan telefónico kólbi requerido.	169
Tabla 9. Inversión inicial del proyecto.	170
Tabla 10. Información de consumo semanal de combustible.....	171
Tabla 11. Información de costo y cantidad de horas extras	174
Tabla 12. Información costo inicial y montos de ahorro proyectados.	175
Tabla 13. Proyección para la recuperación de la inversión inicial del proyecto...	176

AGRADECIMIENTOS.

Quiero agradecer de todo corazón a mi familia por haberme acompañado en esta gran aventura, pues sin ellos hubiera sido más difícil el camino, ya que ellos son mi razón de ser e inspiración en los momentos difíciles, son esa voz de aliento, de consuelo, de esperanza que me ha sabido comprender y sobretodo darme esa palabra de fe en mí mismo, para llegar a cumplir esta y muchas más metas que me he impuesto alcanzar.

DEDICATORIA.

Quiero dedicar este trabajo en memoria de mi compañero **Alberto Pérez Duran**, quien falleciera tristemente el día 5 de Febrero del 2017, a la corta edad de 25 años, recién acabando de terminar sus estudios en esta institución, y quien en vida fuera un gran ser humano y un excelente compañero, muy dedicado en sus estudios y siempre atento a colaborar a quien se lo pidiera, y a mi parecer uno de los mejores egresados de esta institución.

CAPITULO I:

1.1 PROBLEMA DEL PROYECTO.

En la industria del tratamiento de agua es de suma importancia la eficiencia en el trabajo de los equipos encargados del trasiego del agua, ya que esto garantiza un aprovechamiento mayor de los recursos, una baja en los costos de operación, y un mejor aprovechamiento del recurso humano el cual puede atender otras necesidades del sistema y por ende todo conlleva a un mejor servicio al abonado.

Por esta razón, día a día se busca implementar nuevas tecnologías que ayuden a mejorar, tanto los factores mecánicos como los humanos de la industria, entre las cuales se destacan, en los últimos tiempos, la operación y monitoreo de equipos eléctricos por medios remotos, tales como los sistemas GSM y SMS, métodos aplicables por medio de dispositivos capaces de conectarse a las redes de telefonía móvil e intercambiar información entre sí y con la WEB.

En el mercado existe ya gran variedad de ofertas en cuanto a equipos capaces de realizar estas tareas de forma eficiente, pero en la mayoría de las ocasiones tiene costos elevados, por la novedosa tecnología y su reciente introducción al medio. Seguidamente se podrán apreciar, una serie de instrumentos electrónicos que se encuentran en el mercado para saciar estas

necesidades y sus aplicaciones, como una forma de atacar el problema de la operatividad remota de equipos.

JM industrial technology S.A. de C.V. Ofrece el “CONTROL GSM 5010 5011”, que es un equipo que se puede usar para control y alarmas de temperatura por celular GSM. Permite monitorear y controlar una alarma, estaciones remotas o equipos vía mensajes SMS. Este dispositivo cuenta con una fuente de alimentación y está permanentemente conectado a un teléfono celular GSM. Puede ser instalado en cualquier lugar donde exista señal GSM del proveedor local.

Las funciones pueden ser utilizadas para control remoto de cualquier equipo con entradas/ salidas digitales o análogas haciendo que este te envíe SMS a un celular con mensajes de alarma o el valor de la variable. También se le puede conectar un micrófono al equipo para escuchar en forma remota qué está pasando alrededor del equipo. Esta función es muy útil para revisar si se encendió la maquinaria o si hay mucho ruido en la planta.

NAKASE Tecnología y servicios para la industria, en su página de internet ofrece módulos de control que envían mensajes de texto con la opción de controlar máquinas e instalaciones en cualquier lugar del mundo y a cualquier hora por medio del teléfono móvil, puede hacerse con MIRO GSM: el nuevo componente de Murrelektronik para armarios de control que se comunica con los operadores de planta vía mensaje de texto (SMS). Con un breve mensaje

transmite las condiciones de funcionamiento de la máquina, haciendo posible controlar las salidas vía mensaje de texto.

El sistema trabaja por medio de una tarjeta SIM insertada en el MIRO GSM la cual permite la comunicación con la red móvil. El dispositivo permite conectar hasta seis entradas por módulo (por ejemplo, conmutadores o sensores) definiendo los límites con un software de configuración. Si se alcanzan los valores establecidos, el dispositivo MIRO GSM, le enviará automáticamente un SMS con un mensaje de texto predeterminado. Además es posible decidir si el mensaje se envía a uno o más receptores. También es posible recibir respuestas activas: al enviar un mensaje de texto al dispositivo MIRO GSM, el módulo contestará con un mensaje, informándole, por ejemplo, de la temperatura de funcionamiento de una máquina.

La gigante industrial Alemana SIEMENS, ofrece el Módulo de comunicaciones GSM “Siemens LOGO!8 CMR2020 - 6GK7142-7BX00-0AX0”, que da la posibilidad al usuario del módulo lógico LOGO! 0BA8 de controlarlo mediante el teléfono móvil o recibir SMS con alarmas y datos de estado. Tras insertar una tarjeta SIM, el módulo de comunicaciones CMR2020 - 6GK7142-7BX00-0AX0 estará disponible en la red móvil. La comunicación del módulo de comunicación CMR2020 con el módulo base LOGO! se realiza mediante una interfaz de Ethernet integrada. Asimismo, se puede almacenar una lista de los teléfonos móviles que tienen derecho a controlar y recibir datos. El módulo dispone de dos entradas/salidas digitales, las cuales se pueden utilizar también como instrumento de control autónomo para tareas sencillas. Posee también

un conector de antena GPS, que lo habilita para dar la posición actual, por ejemplo, de camiones o contenedores. El módulo puede proveer a los otros módulos OBA8 la sincronización de reloj gracias al proveedor de telefonía móvil o la señal GPS.

El tema es actual y está en constante desarrollo por las empresas y estudiantes, que buscan llevar los sistemas de control automático a un nivel más elevado y complejo.

1.1.1 Introducción.

En el siguiente documento se abordan los antecedentes del departamento de Sistemas de bombeo del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, específicamente el Área 2. La definición del problema que se presenta en esta institución con respecto a la necesidad de controlar a distancia una estación de bombeo. Se entiende como estación de bombeo:

(...) el lugar donde se ubican una serie de componentes eléctricos y mecánicos indispensables para trasladar un líquido de un sitio a otro. (AyA, 1990, p.1).

Además de la necesidad redactada anteriormente, se requiere el poder obtener datos en tiempo real sobre el comportamiento de los equipos, lo que da paso a la justificación para la solución planteada, que consiste en la implementación de un sistema de bajo costo, el cual cumpla con el objetivo general a alcanzar con la solución propuesta y los objetivos específicos. Se hace también un análisis de los alcances y limitaciones del proyecto, la teoría existente acerca del problema planteado y los conceptos y aspectos técnicos que fundamentan la solución, se explica paso a paso la metodología aplicada para efectuar el proyecto. Posteriormente, se detallan los resultados y conclusiones, así como las recomendaciones para la mejorar el trabajo.

1.1.2 Antecedentes del contexto de la empresa.

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, conocido como AyA, es una institución autónoma del Estado costarricense que vela por el acceso al agua potable de la población y la gestión de la infraestructura acuífera y realiza el cobro del servicio. La primera ley en nacionalizar el tema del agua fue la Ley de Aguas de 1944 que establecía como patrimonio del estado a todos los acueductos del país colocándolos bajo la administración del Ministerio de Salud Pública. En 1953 se emite la Ley General de Agua Potable para regular el cobro del servicio.

El Servicio Nacional de Acueductos y Alcantarillados fue creado mediante la Ley 2726 emitida por la Asamblea Legislativa el 14 de abril de 1961 en la administración de Mario Echandi Jiménez. Luego cambia su nombre al actual. En su página de internet www.aya.go.cr/conozcanos, se pueden encontrar información sobre la misión y visión de empresa.

Misión

"Asegurar el acceso universal al agua potable y al saneamiento de forma comprometida con la salud, la sostenibilidad del recurso hídrico y el desarrollo económico y social del país"

Visión

"Ser la institución pública de excelencia en rectoría y gestión de los servicios de agua potable y saneamiento para toda la población del país"

El AyA, está compuesto por diferentes departamentos y direcciones, entre las cuales se encuentra la dirección de Sistemas de Bombeo, cuyas oficinas administrativas se encuentran en el plantel Carlos Segura ubicado en la Uruca, San José, Costa Rica. Este departamento se encarga de la producción de aguas subterráneas, las cuales son extraídas del subsuelo por el método de bombeo. Además de la extracción del subsuelo, también se deben implementar sistemas en las plantas potabilizadoras de agua, ya que en la gran mayoría de ocasiones, debe de ser llevada a lugares de difícil acceso por la altura en la que se encuentran algunas comunidades, como el barrio la Colina ubicado en Curridabat.

Esta comunidad es un ejemplo de esa situación, pues se encuentra asentada sobre una peña, motivo por el cual la solución planteada fue la implementación de un sistema de bombeo, que toma el agua de un primer tanque de captación ubicado en la base de la peña y la enviará hasta un segundo tanque ubicado en la cima; a continuación será distribuida entre los abonados.

El departamento de sistemas de bombeo es encargado de dar mantenimiento a este tipo de sistemas, mas no es el encargado de su manejo. Esta responsabilidad recae en la Dirección de Control y Operaciones, la cual decide qué estaciones de bombeo deben de operar y sus horarios, de esto se deduce

la correlación entre las direcciones, ya que una se encarga de producir y la otra de distribuir el agua.

La Dirección de Sistemas de Bombeo está compuesta por cuatro (Áreas), distribuidas a lo largo y ancho de la gran área metropolitana (GAM). Esta investigación se ubica en el Área 2, que abarca una zona de territorio que se extiende desde San Antonio de Escazú, el cantón de Alajuelita, Desamparados, Curridabat, Cartago centro y el cantón de El Guarco. Esta Área se encarga de dar mantenimiento a más de cuarenta y ocho equipos de bombeo, sistemas que están bajo el cargo de cinco técnicos electromecánicos especializados, los cuales deben de dar mantenimiento a todas las estaciones y equipos, atender las necesidades de operación y otras solicitadas por la Dirección de Control y Operación.

Este proyecto pretende implementar un sistema automático de control y monitoreo para las estaciones de bombeo, específicamente en la Estación de Bombeo La Colina para obtener datos del estado de los equipos y de sus variables de operación vía GSM y enviarlas a un servidor WEB de nombre **thingSpeak.com**, se puede hallar información adicional en su página de internet https://thingspeak.com/pages/learn_more.

ThingSpeak es un servicio de plataforma de análisis de IoT que le permite agregar, visualizar y analizar flujos de datos en vivo en la nube. ThingSpeak proporciona visualizaciones instantáneas de los datos enviados por dispositivos a ThingSpeak. Con la capacidad de ejecutar el código MATLAB® en ThingSpeak, puede realizar análisis y procesamiento en línea de los datos a medida que lleguen a la página.

Los datos enviados a esta plataforma web se podrán descargar para crear una base de datos, además se pretende poder interactuar con el panel de control, conmutar los equipos de bombeo por medio de SMS's, para brindar una mayor autonomía a los técnicos de los sistemas, de manera que puedan atender alguna necesidad en otra estación de bombeo y controlar el estado de los equipos de la citada estación. Al mismo tiempo, la institución se beneficiará ya que los tiempos de respuesta ante fallas de los equipos de la estación de Bombeo la Colina disminuirán, así como los traslados de los técnicos al lugar y la factura por gastos de transporte, gasolina, mantenimiento de vehículos y la remuneración de horas extras. Esto beneficiará al abonado, porque al mejorar el tiempo de respuesta de los técnicos, la reparación de fallas será más pronta y los tiempos que deban pasar sin agua disminuirán.

1.1.3 Justificación del problema.

Este proyecto tiene varias formas de justificación, desde un punto de vista de conveniencia, la necesidad de colaboración para la administración del sistema de distribución por parte de La Dirección de Operación y Control, repercute en las tareas diarias de la Dirección de Bombeo, Área 2, y dan paso a la necesidad de la implementación de un sistema automático para análisis y control, enfocado a la operación y conmutación de los equipos de bombeo de las estaciones, y brinde una opción eficaz, para la detección de fallas y la mejora en los tiempos de respuesta de parte de los técnicos especializados encargados del mantenimiento de los equipos.

Con el sistema por desarrollar se le devuelve la autonomía al Área 2 de la Dirección de Sistemas de Bombeo, sobre la operación de cada uno de los sistemas de bombeo, dividiendo de forma correcta las responsabilidades entre una y otra dirección.

Además, la recolección de datos por medio un servidor WEB facilitará el análisis del comportamiento de los equipos en el tiempo, lo que permitirá diagnosticar los puntos débiles del sistema, sus fallas más frecuentes y programar los mantenimientos necesarios para disminuir en lo mayor posible estos acontecimientos dañinos para el sistema.

Por otro lado desde el punto de vista de relevancia social, los abonados verán reflejadas mejoras en los sistemas de distribución, sufrirán menos cortes del suministro de agua, ya que serán menores las fallas de los sistemas de bombeo y se contará con un suministro más estable del líquido.

1.2 DEFINICION DEL PROBLEMA.

1.2.2 Idea del problema.

La Dirección de Sistemas de Bombeo cuenta con operadores móviles, quienes se desplazan en motocicleta y automóvil, por las diferentes Áreas del departamento asignadas para su revisión. Del total de cuatro Áreas existentes, solamente el Área 2, carece de operadores móviles que se encarguen de la revisión diaria de las estaciones de bombeo y de la conmutación de los equipos, cada vez que sea solicitado por el Centro de Operaciones y Control. Por ende, esta responsabilidad recae en los técnicos especializados, quienes además de atender sus labores de mantenimiento, control y desarrollo de proyectos, deben asumir las labores de los operadores.

Sumado a lo anterior, se da el hecho de que el suministro de agua potable no puede ser interrumpido en ningún momento, o al menos ese es el ideal a alcanzar por la empresa, por eso la operación de los equipos se da las veinticuatro horas de día, siete días a la semana. Por lo tanto, los encargados de la operación deben asistir a horas no planeadas, los fines de semana o días no hábiles y feriados, en la gran cantidad de los casos a atender situaciones completamente desconocidas para ellos. Esto sucede porque se carece de un sistema de monitoreo de los equipos, que permita saber cuál es el momento, hora y día exactos de las fallas y su causa en los sistemas de bombeo y así atender de forma inmediata y cuando la situación lo amerite.

1.2.3 Pregunta del problema.

¿Cómo por medio del diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo, se pueden mejorar los tiempos de operación y disminuir las visitas no programadas de los técnicos, a los sistemas de bombeo del Área 2 de la Dirección de Sistemas de Bombeo del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, durante el primer semestre del 2017?

1.3 OBJETIVOS.

1.3.2 Objetivo general.

Desarrollar un sistema automático de control y monitoreo para los sistemas de bombeo del Área 2 de la Dirección de Sistemas de Bombeo de Acueductos y Alcantarillados, durante el primer semestre de 2017.

1.3.3 Objetivos específicos.

- 1 Remodelar el panel de control de la estación de bombeo La Colina del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.
- 2 Crear dos nuevos software, uno para un PLC LOGO OBA8 Siemens, como para el microcontrolador Arduino mega y hacer que interactúen entre sí.
- 3 Envío y recepción de SMS's desde el panel de control del sistemas, por medio del microcontrolador Arduino, hacia los teléfonos celulares autorizados en el programa del controlador.
- 4 Controlar vía SMS's la conmutación de los equipos de Bombeo de la estación La Colina.
- 5 Enviar datos del estado de las variables testeadas, por el panel de control del sistema al servidor WEB ThinSpeak, para ser descargadas y utilizadas como bases de datos.
- 6 Mejorar los tiempos de respuesta de los técnicos ante la detección de fallas por medio del sistema implementado.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES.

1.4.1 Alcances.

Se diseña un sistema de control y monitoreo, para el panel de la estación de bombeo La Colina, del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, que abastece de agua a la población del barrio La Colina ubicada en Curridabat, durante el primer semestre de 2017.

1.4.2 Limitaciones.

- El software solo puede ser instalado en microcontroladores del calibre de un Arduino Mega en adelante, debido al limitado espacio de la memoria.
- El contrato de las líneas celulares debe de ser con el grupo ICE, según recomendación la Dirección de Sistemas de Bombeo, debido a la gran cobertura.
- El uso de los componentes electrónicos a instalar será según disposiciones de la Dirección de Sistemas de Bombeo del AyA.

CAPITULO II: MARCO TEORICO.

2.1 MARCO CONCEPTUAL RELATIVO A LA CARRERA.

En esta sección del Capítulo dos, se presentan los conceptos necesarios para la comprensión de la intención del proyecto propuesto.

Al tratarse de un proyecto que pretende el control y monitoreo para una estación de bombeo, es necesario conocer los elementos que componen el sistema de bombeo que se desea controlar, tanto sus características físicas como operativas.

2.1.1 Estación de bombeo:

“Conocemos como estación de bombeo, el lugar donde se ubican una serie de componentes eléctricos y mecánicos indispensables para trasladar un líquido de un sitio a otro” (AyA, 1990, p. 1).

Una estación de bombeo está compuesta por varios o un solo conjunto de equipo, motor bomba, que se encarga de hacer la conversión de la potencia eléctrica a potencia hidráulica, conectados a un sistemas de tuberías para la conducción del líquido que se bombea.

Además del conjunto bomba motor, en una estación de bombeo se encuentran otros elementos tales como, la acometida eléctrica, paneles de control, paneles eléctricos y tanques de captación, los cuales pueden estar alojados en una misma obra civil.

En la figura se puede apreciar la estación de bombeo La Colina, del Área 2, del Departamento de Sistemas de Bombeo, del AyA.



Figura 1. Vista de la estación de bombeo La Colina

Fuente: Elaboración propia 2017.

2.1.2 Panel o tablero de control.

“Los tableros de control tienen como función principal el poner en marcha y detener los motores, controlando a su vez la calidad de la energía suministrada, así como el funcionamiento correcto del motor dentro de límites preestablecidos” (AyA, 1990, p. 4).

Los paneles de control están constituidos por una serie de componentes electrónicos que conforman un circuito, de manera tal que se suministre la potencia eléctrica al motor y la bomba.

El circuito total que se encuentra dentro del panel de control, está constituido por dos partes. La primera se conoce como circuito de potencia y se encarga de la carga eléctrica del conjunto bomba motor, cada circuito de potencia se diseña según las cargas del conjunto bomba motor al que deba suministrar potencia. La segunda parte se conoce como circuito de control y se encarga de la supervisión de las variables del sistema que se deseen controlar, por medio de una serie de relays y sensores interconectados, de manera que formen un sistema de control de lazo cerrado, que actúa conmutando el circuito de potencia.

Kosow (2006): “Los circuitos de potencia son aquellos que suministran energía directamente a los terminales de los motores de c.c. y de c.a. (...). Los circuitos de control son aquellos circuitos que controlan el flujo de potencia de la fuente a la carga (...)” (p. 36).

La figura 2, muestra el panel de control de la estación de bombeo La Colina.



Figura 2. Panel de control

Fuente: Elaboración propia 2017.

2.1.3 Motor Sumergible.

El motor sumergible es un medio confiable, eficiente y sin problemas para accionar una bomba. Los requisitos para una vida prolongada del motor son sencillos y son los siguientes:

1. Un ambiente de operación apropiado
2. Un suministro de electricidad adecuado
3. Un flujo adecuado de agua refrigerante sobre el motor
4. Una carga apropiada de la bomba

Todas las consideraciones de aplicación, instalación y mantenimiento de los motores sumergibles están relacionadas con estas cuatro áreas.

(Franklin Electric, 2007, p. 2)

Los motores sumergibles están diseñados principalmente para operar con el eje en posición vertical. Durante la aceleración del motor, el empuje de la bomba aumenta mientras aumenta la carga de salida. Cada fabricante diseña sus motores para poder ser acoplados a una variedad de bombas y según la aplicación requerida.

Existen muchas marcas que ofrecen motores sumergibles con las características descritas, tres de las más reconocidas son:

- Franklin Electric
- SAER
- HITACHI

La figura, muestra un motor sumergible, donde se puede apreciar su diseño cilíndrico con el fin de poder ser instalados en lugares estrechos.



Figura 3. Motor Sumergible.

Fuente: <https://vde.com.mx/motores-sumergibles/franklin/sand-fighter.html>

2.1.4 Bomba.

Una bomba es una máquina transformadora de energía. Para funcionar recibe energía mecánica, que puede proceder de un motor eléctrico, de combustión, etc., y la convierte en energía, que pasa a un fluido en forma de posición, de presión, o de velocidad. (AYA, 2000, p. 8)

De la cita anterior se deduce la necesidad que presenta una bomba de estar acoplada a un medio en este caso un motor, que le brinde energía mecánica para poder funcionar.

Una bomba sumergible está constituida por un cuerpo compuesto por el acople, etapa de descarga y varias etapas de bombeo, que se constituyen por un impulsor o alabe, un mango de sujeción y cámara de bombeo. Cada una de estas etapas está unida por un eje de transmisión, el cual recibe la energía mecánica del motor y la transmite a cada impulsor por medio de las cuñas de sujeción. Así el impulsor genera enormes fuerzas centrífugas que producen la conversión de la energía cinética del agua hacia energía en forma de movimiento, lo cual genera presión en las tuberías de descarga por donde se conduce el agua.

La figura 4, muestra una vista del perfil de una bomba sumergible de dos etapas.



Figura 4. Vista de perfil de una bomba sumergible.

Fuente: <http://www.franklin-electric.com.au/bore-hole-pumps/ductilecast-iron/sts-series-8-inch.aspx>

2.1.5 Tanques de captación.

2.1.5.1 Tanque de agua

Los tanques de agua son un elemento fundamental en una red de abastecimiento de agua potable, para compensar las variaciones horarias de la demanda de agua potable. Puesto que las plantas de tratamiento de agua potable funcionan mejor si tienen poca variación del caudal tratado, conviene mantener constante el caudal. Las plantas de tratamiento se dimensiona para que puedan producir la cantidad total de agua que la ciudad o pueblo consume a lo largo del día, ya que los tanques absorben las variaciones horarias: cuando hay poco consumo (como en la noche) se llenan y cuando el consumo es máximo (como, por ejemplo, a la hora de cocinar) se vacían.

2.1.5.2 Tipos de tanques.

Los tanques de agua, desde el punto de vista de su uso, pueden ser:

Públicos, cuando están localizados de forma tal en la ciudad que pueden abastecer a un amplio sector de esta.

Privados, cuando se encuentran al interior de las viviendas, o en el terreno de un edificio de apartamentos, y sirven exclusivamente a sus moradores.

Desde el punto de vista de su localización, los tanques de agua pueden ser:

Enterrados (subterráneos).

Apoyados sobre el suelo (de superficie).

Elevados (por encima del nivel de los techos).

Estos tres tipos de tanques pueden llegar a tener grandes dimensiones, hasta varios miles de m³

Elevados en torres (dentro de la categoría de tanques aéreos), a estos se les llama también torres de agua. Estos tanques tienen la función de asegurar en la red la presión adecuada, en los períodos de pico de consumo.

Tanque de apartamento (dentro de la categoría de tanques de superficie), son tanques de agua instalados dentro de los apartamentos debido al racionamiento de agua por causa de la escasez del líquido vital.

Algunos surten el agua por gravedad y otros por un sistema de bombeo compacto.

Los tanques involucrados en este proyecto son del tipo tanque de superficie, el primero se encuentra la estación de bombeo La Colina; el segundo, es el tanque de captación hacia donde se bombea el agua que se localiza en el primer tanque, para luego ser distribuida entre los abonados. El llenado de los tanques es controlado por medio de válvulas de nivel o válvulas de boya, que se cierran automáticamente cuando se llenan los tanques y evitan el desborde.

La figura 5, muestra el tanque de captación de agua de la estación de bombeo La Colina.



Figura 5. Tanque de captación de agua La Colina.

Fuente: Elaboración propia 2017.

2.1.6 Relé de nivel.

Tomado de es.omega.com, el relé o sensor de nivel es un dispositivo electrónico que mide la altura del material, generalmente líquido, dentro de un tanque u otro recipiente.

De suma importancia para el control de procesos en muchas industrias, los Sensor de nivel se dividen en dos tipos principales. Los Sensor de nivel de punto se utilizan para marcar una altura de un líquido en un determinado nivel preestablecido. Generalmente, este tipo de sensor funciona como alarma, indicando un sobre llenado cuando el nivel determinado ha sido adquirido, o al contrario una alarma de nivel bajo. Los sensores de nivel continuos son más sofisticados y pueden realizar el seguimiento del nivel de todo un sistema. Estos miden el nivel del fluido dentro de un rango especificado, en lugar de en un único punto, produciendo una salida analógica que se correlaciona directamente con el nivel en el recipiente.

Para crear un sistema de gestión de nivel, la señal de salida está vinculada a un bucle de control de proceso y a un indicador visual.

Para efectos del proyecto propuesto se utilizará el relé de nivel por capacitancia.

La figura 6, se muestra un relé de nivel por capacitancia.



Figura 6. Relé de control de nivel 3UG4501-1AW30 de Siemens.

Fuente:<http://sigma.octopart.com/17620554/image/Siemens-3UG4501-1AW30.jpg>.

2.1.6.1 Sensor de nivel por capacitancia

Al igual que los sensores ultrasónicos, los sensores por capacitancia pueden manejar medición de nivel puntual o continuo. Usan una sonda para monitorear los cambios de nivel de líquido en el tanque, acondicionando electrónicamente la salida a valores capacitivos y resistivos, que se convierten en señales analógicas. La sonda y el recipiente equivaldrán a las dos placas de un capacitor, y el líquido equivaldrá al medio dieléctrico.

Debido a que la señal emana solo de cambios de nivel, la acumulación de material en la sonda no tiene efecto.

La sonda, que puede ser rígida o flexible, normalmente usa alambre conductor con aislamiento de OPTE. El uso de acero inoxidable como material de la sonda ofrece la sensibilidad adicional que se necesita para medir líquidos que son no conductores, granulares, o de propiedades

dieléctricas bajas (constante dieléctrica menor de 4). Se deben usar sondas flexibles cuando no hay suficiente espacio libre para una sonda rígida, o en aplicaciones que exigen longitudes muy grandes. Las sondas rígidas ofrecen estabilidad más alta, especialmente en sistemas turbulentos, donde la oscilación de la sonda puede causar fluctuaciones en la señal.

Los tipos de sonda utilizados en los sistemas de bombeo del Área 2, del Departamento de Sistemas de Bombeo del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, son del tipo flexible.

2.1.7 Relé de voltaje.

Un relé se refiere a un interruptor o componente que opera eléctricamente usado para detener o interrumpir un circuito. Los relés de voltaje funcionan con base en un nivel preestablecido de voltaje o en una fuerza que conduce una corriente eléctrica entre dos puntos. La pagina ehowenespanol.com ofrece una explicación del proceso de funcionamiento de un relé de voltaje.

Proceso:

La corriente fluye a través de la bobina del relé, creando un campo magnético. El campo atrae el nivelador del interruptor y le permite cambiar de posición. Los interruptores de voltaje ofrecen dos posiciones con base en si la corriente de la bobina está encendida o apagada.

Los relés de voltaje pueden ser de sobrevoltaje, de voltaje menor o de una combinación.

La figura 7, muestra el relé de voltaje trifásico utilizado en la estación de bombeo La Colina.



Figura 7. Relé de voltaje panel de control La Colina.

Fuente: Elaboración propia 2017.

2.1.7.1 Relé de sobre voltaje

Un relé de sobre voltaje opera cuando la corriente producida por una carga o equipo conectado a la salida de un circuito excede un valor predeterminado. El relé de sobre voltaje se conecta al transformador o al equipo que transfiere energía eléctrica de un circuito a otro. El relé está calibrado para operar al mismo nivel o a superior de voltaje preestablecido.

Cuando el relé está encendido, uno o múltiples contactos cierran o abren un interruptor.

2.1.7.2 Relé de bajo voltaje

Un relé de bajo voltaje opera cuando el voltaje fluye a través de una bobina de relé por debajo de un valor predeterminado. Un relé de bajo voltaje protege cargas contra la caída de voltaje que puede llevar a cortes de energía y a apagones. Los contactos del relé viajan por el interruptor de circuito cuando el voltaje disminuye a cierto nivel.

2.1.8 Relé térmico.

El funcionamiento de un relé térmico se explica en tecnologiaelectron.blogspot.com, se basa en el calor producido por el efecto Joule. Una corriente al circular por un conductor, puede dar lugar a un calentamiento del mismo si su valor es superior a la corriente, para la que se ha dimensionado dicho conductor. El tiempo de calentamiento será más lento o más rápido en función del valor de la sobre intensidad que circula por el conductor.

La figura 8, muestra el relé térmico utilizado en la estación de bombeo La Colina.



Figura 8. Relé térmico panel de control La Colina.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Si con el calor que desprende el conductor se calienta un bimetálico, este se curva, al tener diferentes coeficientes de dilatación y estar solidariamente unidos, al dilatarse uno de cualesquiera de los bimetálicos por el efecto producido por una sobre intensidad, el dispositivo mecánico

interno del relé térmico, cambia la posición del contacto, quedando enclavado.

Se debe esperar a que el bimetálico se enfríe para que el contacto vuelva a su posición pulsando un reset manual que posee el relé. En ese momento podrá reiniciarse la maniobra de arranque, el rearme de los relés térmicos no lo debe realizar cualquier persona, sino un técnico especializado, además debe rearmarse solo después de revisar el equipo y tras detectar y solucionar, si es posible, la causa que provocó el disparo del relé térmico.

2.1.9 Maneta de control de tres posiciones.

Son dispositivos que se utilizan en la elaboración de paneles de control, como el elemento con el cual se puede llevar a cabo la conmutación de los equipos, ya que este posee dos contactos que se encuentran en una posición inicial de normalmente abiertos, dichos contactos cambian de estado, con el giro del elemento accionador, los contactos de la maneta de control tiene un rango máximo de operación de 400 voltios.

La figura 9, muestra una maneta de control de tres posiciones utilizada en la estación de bombeo La Colina.



Figura 9. Maneta de control de tres posiciones.

Fuente: Elaboración propia 2017.

2.1.10 Contactor de bobina.

El contactor es un aparato eléctrico de mando a distancia, que puede cerrar o abrir circuitos, ya sea en vacío o en carga. Es la pieza clave del automatismo en el motor eléctrico, según explica la página www.areatecnologia.com/electricidad/contactor.html.

Su principal aplicación es la de efectuar maniobras de apertura y cierre de circuitos relacionados con instalaciones de motores, están formados por una bobina y contactos, que pueden estar abiertos o cerrados, y que hacen de interruptores de apertura y cierre de la corriente en el circuito.

La bobina es un electroimán que acciona los contactos, abriendo los cerrados y cerrando los contactos abiertos. Cuando le deja de llegar corriente a la bobina los contactos vuelven a su estado de reposo.

La Figura 10, muestra un contactor real y el símbolo que se utiliza para los circuitos:



Figura 10. Contactor de bobina y simbología.

Fuente: <http://www.areatecnologia.com/electricidad/contactor.html>.

2.1.10.1 Funcionamiento y Partes del Contactor.

La Figura 11, se muestra el mecanismo interno de un contactor real y sus circuitos.

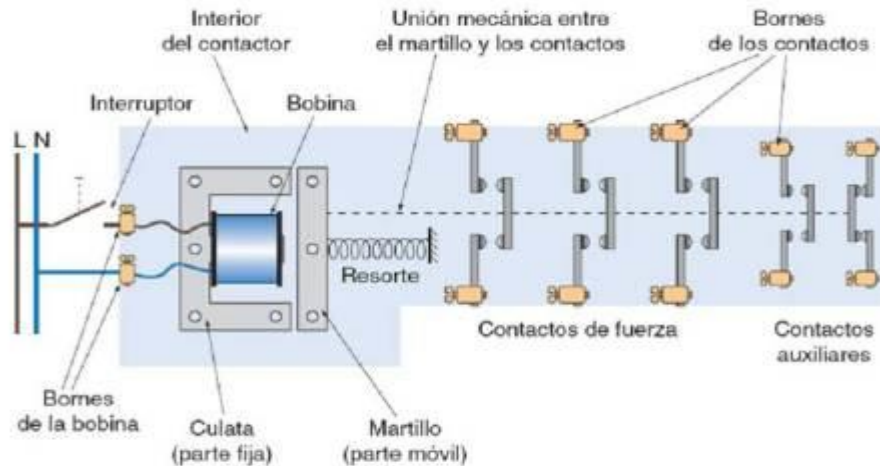


Figura 11. Mecanismo interno de un contactor.

Fuente: <http://www.areatecnologia.com/electricidad/contactor.html>

En la imagen anterior se observan cuatro contactos abiertos y el último es un contacto cerrado en reposo.

Si se hace llegar corriente a la bobina, que está formada por un electroimán, atrae hacia sí el martillo arrastrando en su movimiento a los contactos móviles que tirará de ellos hacia la izquierda. Esta maniobra se llama "enclavamiento del contactor". Todos los contactos que estaban abiertos ahora serán contactos cerrados, y el último que estaba cerrado ahora será un contacto abierto.

Cuando la bobina está activada se dice que el contactor está enclavado, en el momento que se deja de dar corriente a la bobina el contactor volverá a su posición de reposo por la acción del muelle resorte, dejando los contactos como estaban al principio, al tirar de ellos hacia la derecha. Una de las características básicas de un contactor es su posibilidad de maniobra en circuitos sometidos a corrientes muy fuertes, en el circuito de fuerza, pero con pequeñas corrientes en el circuito de mando. Por ejemplo las corrientes para activar la bobina rondan los 0,35A a 220V y para el circuito de fuerza o carga 200A.

2.1.10.2 Elección del Contactor

A la hora de elegir un contactor para la maniobra de motores se deben, considerar los siguientes factores:

- Tensión y potencia nominales de la carga, o sea del motor.
- Tensión y frecuencia reales de alimentación de la bobina y de los elementos del circuito auxiliar.
- Clase de arranque del motor: directo, estrella-triángulo, etc.
- Número aproximado de conexiones-hora.
- Condiciones de trabajo: normales, duros o extremas. Podrían ser calefacción eléctrica, ascensores, grúas, máquinas de imprimir etc.

Es de suma importancia tener cuidado con la escogencia del contactor adecuado para el manejo del motor que se desea conmutar, los factores como su la tensión y la potencia nominal nos permitirán saber el rango de

trabajo de voltaje y corriente del contactor a elegir, para que este pueda soportar las exigencias eléctricas del motor a plena carga. Seguido a esto se debe saber a qué voltaje será alimentada la bobina del contactor, ya que en muchas ocasiones los voltajes de alimentación del motor y del circuito de control son diferentes, por ejemplo el motor puede alimentarse a 480 Voltios y el circuito de control a 220 Voltios.

La clase de arranque que se desea para el motor a manipular, indicará la cantidad de contactores que se requieren, y el número aproximado de conexiones por hora permite saber si se requiere un contactor de trabajo medio o pesado, lo que también se puede respaldar con las condiciones de trabajo a las que se verá expuesto el contactor.

La figura 12, muestra el contactor de bobina utilizado en la estación de bombeo La Colina.



Figura 12. Contactor de bobina para 15 Hp.

Fuente: Elaboración propia 2017

2.1.11 Reloj programador.

El Reloj programador es un dispositivo electrónico que permite programar por medio de un microcontrolador interno sus relés, de forma que estos se activen en forma diaria, semanal o combinar programas, para controlar las horas de operación del elemento que se quiera controlar, además dispone de numerosas funciones adicionales Si el programador está en la posición AUTO debería permitir el paso de corriente durante los intervalos de tiempo programados. El aparato permite programar hasta múltiples intervalos de tiempo. Los programas se mantienen incluso cuando el aparato está desconectado de la fuente de poder.

La figura 13, muestra el reloj programable utilizado en la estación de bombeo La Colina.



Figura 13. Reloj programable.

Fuente: Elaboración propia 2017.

2.1.12 Siemens LOGO.

Según la página <http://siemenslogo.com>, es un módulo lógico, es decir, un controlador **programable** que permite que sin intervención humana, una o varias máquinas hagan un trabajo; por tanto es necesario programar el LOGO! para que este haga la tarea que se desea, ya que el mismo de por sí solo no ejecuta ninguna función sin un programa para ejecutar.

Funciona de la siguiente manera: al LOGO! Se le debe dar como datos de entrada una serie de señales, por medio de sus entradas digitales, el dispositivo cuenta con ocho, pero pueden ser ampliadas por medio de módulos, los cuales se agregan al dispositivo. Estas entradas de datos van a ser procesadas en el programa, y el LOGO! entregará datos de salida por medio de cuatro relés, que posee en su parte inferior, el estado de dichos relés es gobernado por la programación dada al LOGO!. Los datos de entrada pueden estar suministrados a las entradas del LOGO!, por pulsadores, manetas, sensores y otros.

La figura 14, muestra el diagrama de conexión de un SIEMENS LOGO.

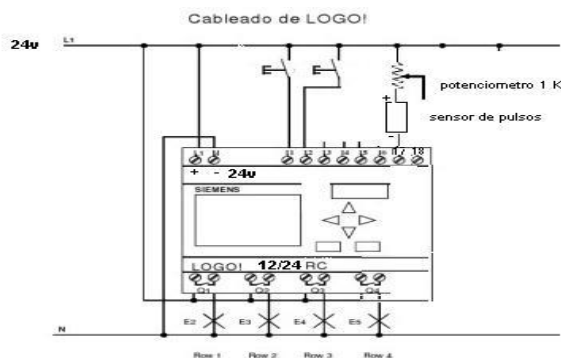


Figura 14. Diagrama de conexión de SIEMENS LOGO.

Fuente: <http://siemenslogo.com/que-es-un-siemens-logo/>

2.1.13 Arduino.

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. Está pensado para artistas, diseñadores, como hobby y para cualquiera interesado en crear objetos o entornos interactivos, en la página <http://arduino.cl/que-es-arduino/>, se hace referencia a las características de módulo.

Arduino puede sentir el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos. El microcontrolador de la placa se programa usando el Arduino Programming Language (basado en Wiring) y el Arduino Development Environment (basado en Processing). Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos o se pueden comunicar con software en ejecución en un ordenador (por ejemplo con Flash, Processing, MaxMSP, etc.).

Las placas se pueden ensamblar a mano o encargarlas pre ensambladas; el software se puede descargar gratuitamente. Los diseños de referencia del hardware (archivos CAD) están disponibles bajo licencia open-source, por lo que eres libre de adaptarlas a tus necesidades.

Arduino también simplifica el proceso de trabajo con microcontroladores, pero ofrece algunas ventajas para profesores, estudiantes y aficionados interesados sobre otros sistemas:

Barato: Las placas Arduino son relativamente baratas comparadas con otras plataformas microcontroladoras. La versión menos cara del módulo

Arduino puede ser ensamblada a mano, e incluso los módulos de Arduino pre ensamblados cuestan menos de \$50.

Multiplataforma: El software de Arduino se ejecuta en sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y GNU/Linux. La mayoría de los sistemas microcontroladores están limitados a Windows.

Entorno de programación simple y claro: El entorno de programación de Arduino es fácil de usar para principiantes, pero suficientemente flexible para que usuarios avanzados puedan aprovecharlo también. Para profesores, se basa convenientemente en el entorno de programación Processing, de manera que, cuando los estudiantes aprenden a programar en ese entorno se familiarizan con el aspecto y la imagen de Arduino.

Código abierto y software extensible: El software Arduino está publicado como herramientas de código abierto, disponible para extensión por programadores experimentados. El lenguaje puede ser expandido mediante librerías C++, y la gente que quiera entender los detalles técnicos pueden hacer el salto desde Arduino a la programación en lenguaje AVR C en el cual está basado. De forma similar, se puede añadir código AVR-C directamente en los programas Arduino, si se desea.

Código abierto y hardware extensible: El Arduino está basado en microcontroladores ATMEGA8 y ATMEGA168 de Atmel. Los planos para los módulos están publicados bajo licencia Creative Commons, por lo que diseñadores experimentados de circuitos pueden hacer su propia versión del módulo, extendiéndolo y mejorándolo. Incluso usuarios relativamente

inexpertos pueden construir la versión de la placa del módulo para entender cómo funciona y ahorrar dinero.

2.1.14.1 ARDUINO MEGA.

Arduino es una plataforma física computacional open-hardware basada en una sencilla placa con entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales, y en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje Processing/Wiring.

Arduino puede utilizarse en el desarrollo de objetos interactivos autónomos o puede conectarse a un PC a través del puerto serie utilizando lenguajes como Flash, Processing, MaxMSP y otros. Las posibilidades de realizar desarrollos con base en Arduino tienen como límite la imaginación. El IDE open-source puede ser descargado gratis (para Windows, Mac OS X, Linux), para este proyecto se utilizará el microcontrolador Arduino ATmega 2560, cuyas características pueden ser consultadas en la página <http://arduino.cl/arduino-mega-2560/>.

El Arduino Mega está basado en el microcontrolador ATmega2560. Tiene 54 pines de entradas/salidas digitales (14 de las cuales pueden ser utilizadas como salidas PWM), 16 entradas análogas, 4 UARTs (puertos serial por hardware), cristal oscilador de 16 Mhz, conexión USB, jack de alimentación, conector ICSP y botón de reset. Incorpora todo lo necesario para que el microcontrolador trabaje; solamente se debe conectar al PC por medio de un cable USB o con una fuente de alimentación externa. El Arduino Mega es compatible con la mayoría de los shields diseñados para Arduino Duemilanove, diecimila o UNO.

Esta nueva versión de Arduino Mega 2560 adicional a todas las características de su sucesor, el Arduino Mega ahora utiliza un microcontrolador ATmega8U2 en vez del chip FTDI. Esto permite mayores

velocidades de transmisión por su puerto USB y no requiere drivers para Linux o MAC (archivo inf es necesario para Windows) además ahora cuenta con la capacidad de ser reconocido por el PC como un teclado, mouse, joystick y otros.

Características:

Microcontrolador ATmega2560.

Voltaje de entrada de: 7 a 12V.

54 pines digitales de Entrada/Salida (14 de ellos son salidas PWM).

16 entradas análogas.

256k de memoria flash.

Velocidad del reloj de 16Mhz.

La figura 15, muestra un microcontrolador Arduino Mega.

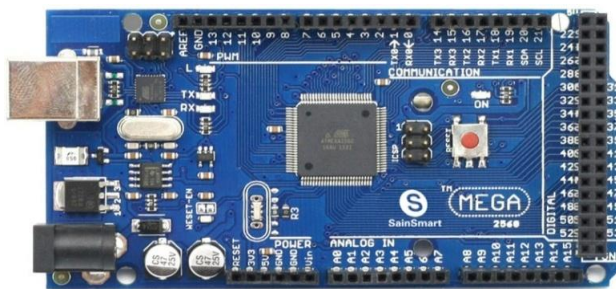


Figura 15. Microcontrolador Arduino Mega.

Fuente: <http://arduino.cl/arduino-mega-2560/>

2.1.14 Shield GSM SIM 800L.

El autor en su página <http://albsquared.com/es/author/alberto/>, explica las principales características de este módulo, el cual es un dispositivo quad-band GSM/GPRS, que trabaja en las frecuencias GSM850MHz, EGSM900MHz, DCS1800MHz y PCS1900MHz. Es un módulo de telefonía celular que permite añadir voz, texto, datos y SMS a proyectos en un pequeño paquete, que contiene una cantidad sorprendente de tecnología, y cuenta con un conector uFL.

Este Shield se puede conectar a un Arduino, para ser utilizado en proyectos de automatización, por medio de las frecuencias GSM, o los SMS.

La figura 16, muestra el Módulo Celular GSM GPRS SIM800L V2.0.



Figura 16. Módulo Celular GSM GPRS SIM800L V2.0.

Fuente: <http://albsquared.com/es/author/alberto/>

Características:

- Quad-band 850/900/1800 / 1900MHz – se conectan a cualquier red mundial GSM con cualquier SIM 2G (se sugiere T-Mobile en los EE.UU).
- Hacer y recibir llamadas de voz usando un auricular o un altavoz de 8Ω externo + micrófono electret.
- Enviar y recibir mensajes SMS
- Enviar y recibir datos GPRS (TCP / IP, HTTP, etc)
- Escanear y recibir emisiones de radio FM (no se sabe exactamente por qué esto estaba incluido, pero funciona muy bien)
- PWM / Buzzer control motor vibratorio
- Interfaz de comandos AT con detección de “transmisión automática”

La figura 17, muestra el diagrama de conexión del Módulo Celular GSM GPRS SIM800L V2.0 y un Arduino UNO.

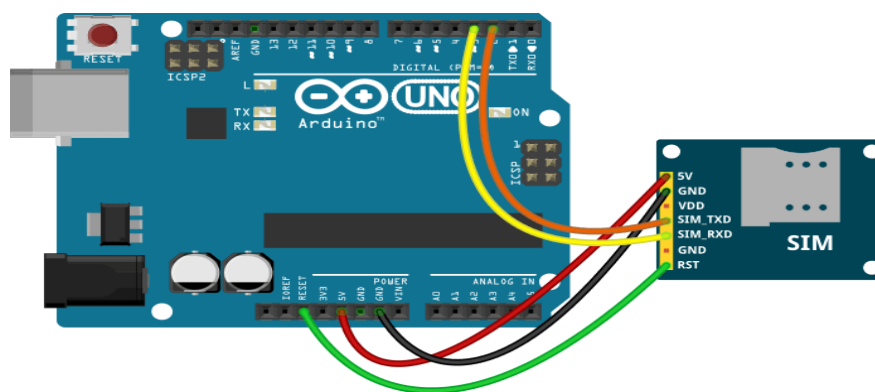


Figura 17. Diagrama de conexión Módulo Celular GSM GPRS SIM800L V2.0.

Fuente: <http://albsquared.com/es/autor/alberto/>

2.2 MARCO DE LA GESTION DE PROYECTO.

El proyecto se gestiona de forma escalonada. Primero, se procede con la planeación a partir de un reconocimiento de las necesidades presentadas por el departamento de Sistemas de Bombeo. Esto se logra por medio de una entrevista con el Ingeniero a cargo del departamento y el técnico en jefe encargado del Área 2. En ese departamento se encuentra la estación donde se desea implementar el sistema propuesto.

Seguidamente, se hace una visita de campo al lugar, para su reconocimiento y hacer un levantamiento de los equipos instalados en el sitio; además, de las características físicas, los voltajes de alimentación, la presión de trabajo, el consumo y potencia del sistema y los parámetros que se consideren relevantes para la realización del proyecto.

Después recopilar los datos necesarios, se procede al levantamiento de un listado de los componentes electrónicos necesarios para la ejecución del proyecto, para que cumpla con las necesidades expresadas por el usuario.

Posteriormente, se lleva a cabo la creación de los software ejecutables para el microcontrolador y el PLC LOGO SIEMENS a utilizar. Se hace la programación y las respectivas pruebas de laboratorio, para luego ser instalado en un panel de control. Se reemplazará el panel existente en la estación de bombeo que se desea intervenir y se llevarán a cabo pruebas de la operación del sistema.

Se ejecuta una recolección de los datos de operación de la estación de bombeo, a través de la página WEB ThingSpeak.com, la cual da la opción de

descarga en diferentes formatos y de la opción de recolecta de las visitas realizadas por los técnicos y operadores de la estación de bombeo, por medio de las bitácoras de operación y mantenimiento, cuyo acceso será facilitado por los encargados del sistema.

Con los datos recolectados y los datos históricos facilitados por la institución, se procederá a realizar el análisis por medio de tablas comparativas y gráficas de comportamiento, que faciliten la comprensión y obtención de los resultados finales.

2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO.

Los impactos y efectos en el corto, a mediano y largo plazo, visto en términos temporales del proyecto, permiten visualizar la sustentación teórica de los beneficios del proyecto en términos cualitativos y cuantitativos, por medio de las experiencias vividas en proyectos y productos que se ofrecen actualmente en el mercado, que se hayan llevado a cabo, ya sea por empresas o estudiantes.

La empresa Alemana Siemens, ha implementado el módulo de comunicaciones GSM Siemens LOGO!8 CMR2020 - 6GK7142-7BX00-0AX0, el cual permite la conexión del módulo LOGO! 0BA8 a la red GSM/GPRS; para lo cual cuenta con un puerto industrial ethernet RJ45 para la conexión con el LOGO! 0BA8; además de dos entradas digitales; dos salidas digitales; Lectura y escritura de variables en LOGO!; Envío y recepción de SMS; Posición GPS; Sincronización de hora y envío al resto de módulos de este dato; Configuración y diagnosis mediante interface web.

La figura 18, muestra el Módulo de comunicaciones GSM Siemens LOGO!8 CMR2020 - 6GK7142-7BX00-0AX0.



Figura 18. Módulo de comunicaciones GSM Siemens LOGO!8 CMR2020 - 6GK7142-7BX00-0AX0.

Fuente: <https://support.industry.siemens.com>

En su página de internet <https://support.industry.siemens.com>, se brinda un ejemplo de un problema resuelto utilizando el módulo CMR2020, el problema consistía en poder controlar un sistema de bombeo ubicado en la base de una ladera, el cual debía de arrancar y apagar según el nivel del tanque de captación ubicado en lo alto de dicha ladera, el control del sistema se dio por medio de tecnología GSM y SMS.

Tanto en el valle como en la montaña se instalan un controlador LOGO! 8 y un módulo de comunicación LOGO! CMR. El módulo LOGO! CMR permite que ambos controladores se comuniquen a través de mensajes SMS. El nivel de llenado del depósito de agua se supervisa utilizando flotadores o bolas de nivel.

Cuando la estación de la montaña pide agua, con ayuda del flotador inferior se averigua si el nivel de llenado es pequeño, y la estación de la montaña envía un mensaje SMS a la estación de bombeo del valle pidiendo agua. A través de una salida del controlador LOGO! en la estación de bombeo del valle se activa una bomba conectada a un contactor, y se bombea el agua a la estación del tanque de captación en la montaña. La bomba desconecta automáticamente cuando transcurre un tiempo determinado ajustado. La estación del valle acusa la petición con un mensaje SMS, y si la estación del valle no responde dentro de un determinado intervalo, la estación de la montaña envía un segundo mensaje SMS, pero si tampoco hay respuesta al segundo mensaje SMS, se indica un fallo y se informa al operador o encargado de la estación a través de otro mensaje SMS.

En el caso de que la estación de la montaña pida desconectar la bomba, se averigua con ayuda del flotador superior que el depósito de agua está lleno, y la estación de la montaña envía un mensaje SMS a la estación del valle para desconectar la bomba. La bomba se desconecta en la estación del valle antes de que transcurra el tiempo ajustado. La estación del valle acusa la petición con un mensaje SMS.

Si la estación del valle no responde dentro de un determinado intervalo, la estación de la montaña envía un segundo mensaje SMS. Si tampoco hay respuesta al segundo mensaje SMS, se indica un fallo y se informa al operario a través de otro mensaje SMS.

Si el operario requiere conocer el nivel de llenado, el mismo pide conocer el nivel de llenado del depósito de agua a través de un mensaje SMS, y la estación de la montaña responde indicando el nivel de llenado actual con otro mensaje SMS.

La empresa EXEMYS, presenta por su parte en su sitio web <http://exemys.com.ar/beta/espanol/productos/GRD/>, el dispositivo para monitoreo y control con comunicación Celular / Satelital y Lógica programable GRD, con el cual se ofrece la posibilidad de monitorear y controlar en forma remota, Sensores, Transductores o dispositivos inteligentes, desde su propio sistema de control o por medio de su Servidor Web para aplicaciones de Telemetría.

Los dispositivos remotos GRD o ERD, recolectan los datos provenientes de los sensores y dispositivos remotos que estén monitoreando y controlando. Luego de ser recolectada, la información es transmitida por diferentes canales de comunicación (Celular o Satelital para los GRD y Red Ethernet para los ERD), a la base de datos del Servidor para Telemetría.

A partir de allí, los datos están disponibles para ser presentados en una página Web, desarrollada a medida por el propio Usuario, utilizando una serie de herramientas gráficas disponibles (Relojes, Barras, Indicadores y otros.)

La figura 19, muestra el funcionamiento de los dispositivos GRD y ERD.



Figura 19. Diagrama de funcionamiento de los dispositivos GRD y ERD.

Fuente: <http://exemys.com.ar/beta/espanol/productos/GRD/>

Las características generales de dispositivo son:

Hardware

- Comunicación Celular GSM / GPRS Quadband
- Comunicación Satelital (módulo antena opcional)
- Entradas 4-20mA / 0-10V
- Entradas Digitales
- Salidas Digitales
- Entradas de Conteo de Pulsos
- Puerto Serie RS232/485

Funcionalidad

- Puerto Serie Remoto (Modbus o Transparente)

- Protocolo Modbus Maestro en puerto RS232/485 para expansión I/O o control de módulos externos
- Protocolo Modbus Esclavo para acceso local a I/O
- Lógica de programación por medio de Scripts
- Alarmas y Control por mensajes SMS
- Registro de Eventos
- Reconexión automática por corte de enlace
- Módulo antena satelital (opcional)

La empresa JM Industrial Technology S.A de C.V, ofrece en su página de internet <https://www.jmi.com.mx/control-celular-5010-5011.html>, el dispositivo CONTROL GSM 5010 5011, es un equipo que se puede usar como control y alarma de temperatura por celular GSM, ya que permite monitorear y controlar una alarma o estaciones remotas o equipos vía mensajes SMS. Este dispositivo ya cuenta con su fuente de alimentación y está permanentemente conectada a un teléfono celular GSM, además puede ser instalado en cualquier lugar donde exista señal GSM de su proveedor local.

Al instalar el termopar o pt100 adecuado con su respectivo transmisor de 4-20 mA, se puede activar alarmas desde -200 hasta 1400° C.

Las funciones pueden ser utilizadas para control remoto de cualquier equipo con entradas/ salidas digitales o análogas haciendo que este envíe mensajes SMS a un celular con mensajes de alarma o el valor de la variable. También se le puede conectar un micrófono al equipo para escuchar

remotamente qué está pasando alrededor del equipo. Esta función es muy útil para revisar si se encendió la maquinaria o si hay mucho ruido en la planta.

La figura 20, muestra el funcionamiento del dispositivo CONTROL GSM 5010 5011.



Figura 20. Diagrama de funcionamiento de los dispositivos CONTROL GSM 5010 5011.

Fuente: <https://www.jmi.com.mx/control-celular-5010-5011.html>

Especificaciones:

- Transmisión de datos bidireccional
- Entradas análogas de 2 a 40mA (solo en modelo GSM5011)
- Entradas digitales, acepta contacto seco o voltaje de hasta 5V
- Relevadores de salida (12V-24V), cualquier relevador puede ser activado enviando un mensaje SMS

- Se pueden monitorear las entradas digitales solicitándolo en un mensaje

SMS

- Soporta hasta 10 números celulares para envío de mensajes SMS
- Protegido por contraseña que previene el uso no autorizado
- Cada entrada digital puede ser asignada a un relevador
- Puede ser configurado desde una PC o un celular
- Con función de temporizador que puede ser programada para activar alguna salida
- Cuenta integrado 2 Watchdog que operan 7dx24h
- Soporta Bandas GSM: 850/900/1800/1900 Mhz

Aplicaciones:

- Aplicaciones en sistemas de Seguridad
- Supervisión y monitoreo de sistemas de alarma
- Maquinaria de servicio
- Estaciones de bombeo
- Edificios
- Estaciones climáticas
- Monitoreo de transporte y vehículos
- Control de válvulas ON/OFF
- Ahorro de energía como control de luces
- Tanques, niveles, temperaturas
- Aplicaciones para cuartos de control

2.4 ANTECEDENTES DE TEORÍAS O PROYECTOS: RESULTADOS DE EXPERIENCIAS ANTERIORES, SIMILITUDES O DIFERENCIAS.

La búsqueda de sistemas de control más eficientes y rentables lleva al hombre a la creación de nuevas formas de control, entre las cuales se destacan, en los últimos tiempo las llamadas formas de control inalámbrico como el sistema GSM y SMS's, métodos de comunicación de la tecnología celular, los cuales se encuentran en crecimiento ya que ofrecen grandes ventajas gracias al rápido crecimiento y expansión de las tecnologías celulares. Las investigaciones realizadas sobre los temas referentes a automatización, control y adquisición de datos en sistemas son muy variadas en términos de equipamiento, porque en el mercado existe una gran variedad de dispositivos de control y comunicación que dan esa versatilidad de diseño en las diferentes soluciones.

Seguidamente se presenta una serie de investigaciones, tanto internacionales como nacionales, referentes a la automatización de sistemas de bombeo.

Gutiérrez (2008), de la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga Colombia, en su tesis denominada: *Acueducto Metropolitano de Bucaramanga E.S.P. S.A*".

La propuesta consistió en automatizar los diferentes procesos de tratamiento y transporte de agua del Acueducto de Bucaramanga, así como la

transmisión y recepción de datos, mediante el menor costo posible e instalando nuevos dispositivos de control y medición.

La solución brindada fue utilizar sensores para la recolección de los datos, así como la utilización de un PLC para ejecutar las órdenes, además de la implementación de un sistema SCADA para el control y supervisión de los sistemas.

En este caso, el envío de la información hacia el sistema SCADA se realizó por medio de comunicación UHF (frecuencia ultra alta); se destaca que la comunicación fue inalámbrica, utilizando frecuencias de entre 300 MHz a 3 GHz y haciendo uso de dispositivos de comunicación para la recepción y emisión en estas frecuencias.

Una de las conclusiones más importantes de este sistema implementado es que se pudieron detectar, anticipar y corregir los riesgos operativos a tiempo en el acueducto.

Uroz (2009), de la Universidad Rovira I Virgili de Cataluña España, en su tesis: *Control y Automatización de una Estación de Bombeo*, propuso automatizar la estación de bombeo del Ayuntamiento de Falset, mediante la utilización de un PLC para el control de dos depósitos de agua convergentes en uno solo y también cuenta con sistema SCADA para el control y supervisión.

Para este caso, en particular, la conexión desde los sistemas de bombeo hacia el PLC se hizo de forma directa mediante la utilización de líneas de cobre, mientras que la comunicación del PLC hacia el sistema SCADA se

realizó a través del protocolo Ethernet por medio de un procesador de comunicaciones, lo cual permitió comunicación en tiempo real.

La programación del PLC permitió tener dos modos de operación, manual o automático, para poder controlar la totalidad de bombas del sistema.

En Costa Rica se han llevado a cabo proyectos cuyo fin es el uso de las redes GSM, por ejemplo:

Delgado (2005) Instituto Tecnológico de Costa Rica Escuela de Ingeniería en Electrónica, en su proyecto de Graduación Implementación y diseño de un prototipo para el monitoreo y control continuo del tanque de abastecimiento de agua potable para la zona de Cahuita por telemetría mediante el uso de la tecnología GSM.

La propuesta del proyecto era integrar los Controladores Lógicos Programables (PLC) de Siemens con Módems de tecnología GSM con el fin de diseñar e implementar un prototipo que lograra monitorear y controlar de manera continua y de forma inalámbrica vía GSM, el estado de cualquier proceso industrial. Para mostrar el sistema en funcionamiento se desarrolló un panel a manera de demostración con el modelo representativo para la medición de nivel de un tanque de almacenamiento de agua, el cual se puede visualizar en una pantalla táctil y a la vez permite asociar al PLC con una de sus aplicaciones usuales, dándole una gran versatilidad en la comunicación con el uso de la red de GSM.

Los resultados obtenidos concluyeron que el monitoreo y control de la planta se podía lograr mediante aplicaciones programadas en los controladores lógicos de la familia S7 200 que integraban el sistema para realizar

transmisiones de información por medio de llamada de datos GSM de un punto a otro, y por el envío de mensajes de texto de manera automática de acuerdo a un evento específico o definido por el usuario. El sistema alcanzado era compacto, seguro, confiable y flexible, lo cual representaba un gran beneficio tanto para la empresa como para los clientes finales que requieran de este tipo de aplicaciones.

Fernández (2016) Instituto Tecnológico de Costa Rica Escuela de Ingeniería en Mantenimiento Industrial, en su proyecto de graduación Diseño automatizado para el control del sistema de bombeo de agua potable del hotel mediante Telemetría y detección de fugas en tuberías, plantea un diseño de la automatización del sistema de bombeo del hotel, Condovac La Costa con el uso de tecnología denominada telemetría para el control del funcionamiento de las bombas mediante 2 PLC Siemens de la serie S7-1200 y 2 módulos de comunicación CP 1242-7 también de la marca Siemens. Para lograrlo se debía implementar un programa que cubriera todas las distintas condiciones que se pudieran dar con los niveles de agua que debían ser colocados en los tanques de agua potable.

Otro aspecto que trató el proyecto fue el control de fugas en las tuberías que conectan los tanques de agua del hotel, con medidores de sensores electrónicos de presión conectados al PLC y el diseño del programa debía avisar cuando hubiera un diferencial elevado de presión provocado por una fuga en algún tramo de la tubería; además de manómetros instalados a lo largo del tramo más crítico para una detección más temprana de la fuga, ya que las

tuberías están enterradas por lo que encontrar la fuga es complicado en la mayoría de los casos.

En este proyecto se concluyó que la telemetría es una técnica muy importante en los sistemas de control automático, con el uso de esta técnica se logró comunicar ambos PLC para controlar el sistema de bombeo y disminuir considerablemente las pérdidas del sistema.

Propiamente en proyectos de investigación realizados dentro de AyA, González (2010), de la Universidad Latina de Costa Rica, mediante su investigación llamada: *Propuesta de modernización de la red de telecomunicaciones del sistema Scada del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados en la Gran Área Metropolitana*, planteó como objetivo el proponer una nueva tecnología para el transporte de información del sistema SCADA de AyA.

El objetivo planteado se alcanzó mediante una solución de comunicación por medio de módems GSM/GPRS instalados en cada estación que fue supervisada por el sistema SCADA de AyA, permitiendo tener comunicación desde las estaciones hacia el servidor SCADA y viceversa.

La investigación concluyó aspectos importantes, como fue la reducción de costos, disminución de tiempos de interrupción y reparación, además de la reducción de costos por mantenimiento.

Para la última investigación presentada, González (2010) propuso ubicar módems GSM/GPRS con el objetivo de transmitir o recibir información, mas no así para conmutar equipos de forma directa.

Esta investigación pretende establecer un sistema de comunicación vía GSM que haga uso de las facilidades del sistema de mensajes cortos (SMS), con el propósito de enviar y recibir información, ya sea para comunicar un acontecimiento percibido por un sensor, o para la conmutación de equipos de forma directa por medio de los mismos dispositivos finales de comunicación; sistema que difiere, en cierta medida, de los procedimientos utilizados en las investigaciones mencionadas, aunque con objetivos muy similares.

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO.

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN:

Esta investigación es de tipo aplicada, ya que tiene como finalidad primordial la resolución de problemas prácticos inmediatos en orden a transformar las condiciones del proceso elegido y a mejorar la calidad del mismo.

Aplicada, aquella que busca conocimientos específicos, la resolución de problemas prácticos (Bunge, 2008).

La dimensión temporal de la investigación la ubica en el periodo comprendido en el primer semestre del año 2017.

La dimensión de esta investigación es a nivel micro, ya que se llevará a cabo solamente en una estación de bombeo, de nombre La Colina, ubicada en la localidad del mismo nombre, en el cantón de Curridabat.

La naturaleza de investigación es cuantitativa, ya que se pretenden medir los tiempos de respuesta a las fallas de los equipo de la estación en donde se implementará, y también tiene un carácter cualitativo, ya que el éxito de la investigación realizada, incrementará la calidad del servicio brindado.

Sampieri et al. (2010) explica que “los estudios correlacionales, al evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, miden cada una de ellas (presuntamente relacionadas) y, después, cuantifican y analizan la vinculación. Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba” (p. 81).

En cuanto al carácter de esta investigación es de tipo correlacional pues se pretende conocer la influencia de un sistema de control automatizado a distancia con respecto al tiempo de conmutación de equipos y comunicación de datos. Además de medir la disminución en la cantidad de visitas no programadas de los técnicos a la estación de bombeo, con respecto a la instalación del sistema automático a distancia.

3.2 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA.

La metodología utilizada en el proyecto para desarrollar la propuesta de mejora es la observación, ya que se pretende investigar la relación entre las variables independientes (Detección temprana de fallas de operación de los equipos del Bombeo La Colina) y (Necesidad de conmutación de los equipos de la estación de bombeo La Colina), con las variables dependientes, (tiempos de respuesta a la atención de fallas en el bombeo La Colina) y (Número de visitas no programadas a la estación de bombeo La Colina), para lo cual se observa el proceso que se realiza el personal operativo y técnico, con el fin de cuantificar esta relación.

Para recolectar la información necesaria, para desarrollar las herramientas usadas para el diseño de un nuevo sistema de control para la estación de bombeo La Colina, se utiliza en primer lugar el método de la entrevista personal.

Borda et al. (2014) define la entrevista de la siguiente manera:

La ENTREVISTA es un procedimiento de recopilación de datos que implica dirigir preguntas a los interpelados ya sea individualmente o por grupos. Es la comunicación interpersonal establecida entre el observador (investigador) y el observado (sujeto de estudio), de manera que se obtengan respuestas verbales a los interrogantes planteados. (p. 57)

Las variables serán medidas en los equipo de la estación de bombeo La Colina ubicada en Curridabat, la cual forma parte de las estaciones de bombeo administradas por el Área 2 de la Dirección de Sistemas de Bombeo del AyA.

El Área 2 de la Dirección de Sistemas de Bombeo está compuesta por un jefe de área, cuatro técnicos y tres operadores móviles de estación. En total, el área de estudio está conformada por ocho colaboradores quienes conforman el equipo de trabajo de Área 2 en combinación con la Dirección de Bombeo.

La muestra final utilizada está compuesta de la siguiente manera: en el Área 2, se incluirán al jefe de área y a los técnicos, pues son las personas que conocen de forma total la operación de los equipos, en específico de la estación de bombeo La Colina; además de los operadores móviles, encargados de dar una revisión diaria a un determinado grupo de estaciones de bombeo incluida la estación de bombeo a intervenir.

En la parte de la Dirección de Sistemas de Bombeo se incluye al director y subdirector, personas encargadas de tomar las decisiones finales de la dirección.

La muestra final conformada por diez personas en total, se dividió en dos grupos de estudio: el grupo experimental, sometido a la situación experimental, y el grupo testigo, el cual no será sometido a la experimentación, pero servirá como punto de comparación para comprobar los resultados de la experimentación. El grupo testigo está conformado por los miembros de la muestra que supervisan el trabajo de los miembros del grupo experimental.

Para recolectar los datos del grupo experimental, se procede a realizar una inspección de la bitácora diaria de los trabajos realizados, en la estación de bombeo intervenida, la cual debe ser llenada por los miembros del grupo en cada ocasión que deban presentarse en esta estación. También, se contará con los correos electrónicos que envía el departamento de control y

operaciones, necesarios para observar las horas que trabajan los miembros del grupo experimental en la estación de bombeo La Colina.

La tabla #1, muestra planeamiento estratégico, que se plantea en el proyecto para alcanzar los objetivos específicos y una respuesta satisfactoria al problema de la investigación.

Tabla 1. Planeamiento para el alcance de los objetivos específicos.

Problemas específicos	Objetivo	Variable	Conceptualización	Operacionalización	Instrumentación	Indicador de aprobación
Remodelación del panel de control de la estación de bombeo La Colina del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.	Armado de un panel de control capaz de enviar datos y recibir comandos a distancia vía GSM y SMS.	Automatización	Un proceso es un conjunto de equipos o dispositivos, ya sean mecánicos, eléctricos, electrónicos, informáticos, neumáticos, hidráulicos, físicos, químicos, térmicos, o de cualquier otra índole, dispuestos de tal modo que en conjunto puedan realizar las operaciones necesarias con el fin de lograr un determinado objetivo (Roca, 2014, p.5).	Se hace un levantamiento de los requerimientos operativos de los equipos a controlar y se diseña un panel de control acorde con estos y con las metas del proyecto.	La operatividad de los equipos de bombeo de la estación intervenida.	Esta variable se considera aprobada al contar con un panel de control 100% operativo y que cumpla con lo estipulado en el diseño.
Creación de dos nuevos software, uno para un PLC LOGO OBA8 Siemens, como para el microcontrolador	Desarrollar el software necesario para los microcontroladores utilizados en el proyecto.	Software.	Según la RAE, el software es un conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas que permiten	Se evalúan las variables operacionales de los equipos de la estación que se deseen controlar y supervisar.	Creación del software utilizando las herramientas de programación según el microcontrolador a utilizar.	Esta variable se considera aprobada al tener diseñado e instalados el software respectivo para cada microcontrolador

Arduino mega y hacer que interactúen entre sí.			ejecutar distintas tareas en una computadora.			del sistema.
Envío y recepción de SMS's desde el panel de control del sistemas, por medio del microcontrolador Arduino, hacia los teléfonos celulares autorizados en el programa del controlador y viceversa.	Lograr una comunicación eficiente entre el panel de control y los técnicos encargados de su mantenimiento y operación.	Comunicación.	La comunicación es el proceso de transmisión de información entre un emisor y un receptor que decodifica e interpreta un determinado mensaje.	Se determinan los métodos por los cuales se dará la comunicación entre el panel d control y los encargados de mantenimiento y operación del mismo.	Por medio de pruebas de envío y recepción de mensajes de texto.	Se considera aprobada esta variable al obtener una comunicación entre el panel de control y los teléfonos celulares asignados en el software del microcontrolador Arduino.
Controlar vía SMS's la conmutación de los equipos de Bombeo de la estación La Colina.	Lograr interactuar con el panel de control de forma remota.	Control Remoto.	Un control remoto o mando a distancia es un dispositivo electrónico usado para realizar una operación remota (o telemando) sobre una máquina	Se analiza la correcta conmutación de los equipos de bombeo de la estación deseada, por medio de mensajes de texto.	Se realizan pruebas de campo para corroborar los resultados.	Se considera aprobada esta variable al poder cambiar de estado los equipos a controlar.
Enviar datos del	Crear una base de	Datos.	Los datos son la	Se realizan las	Se realizan	Esta variable se

estado de las variables testeadas, por el panel de control del sistema al servidor WEB ThinSpeak, para ser descargadas y utilizadas como bases de datos.	datos la cual pueda ser consultada en tiempo real.		representación simbólica, bien sea mediante números o letras de una recopilación de información la cual puede ser cualitativa o cuantitativa, que facilitan la deducción de una investigación o un hecho.	pruebas necesarias de comunicación y envío de datos asía el servidor web.	pruebas de campo para corroborar los resultados.	considera aprobada al tener las pruebas de comunicación y de obtención los datos en tiempo real.
Mejorar los tiempos de respuesta de los técnicos ante la detección de fallas por medio del sistema implementado.	Disminuir el tiempo que se tarda en detectar las fallas de los equipos de bombeo.	Tiempo de respuesta.	El tiempo de respuesta o tiempo de reacción hace referencia a la cantidad de tiempo que transcurre desde que percibimos algo hasta que damos una respuesta en consecuencia. Por tanto, es la capacidad de detectar, procesar y dar respuesta a un estímulo.	Se estudia el procedimiento de control actual para analizar la detección y control de fallas. y los tiempos de respuesta	Entrevista al personal de la Dirección de Sistemas de Bombeo e investigación elaborada por el autor.	Esta variable se considera aprobada al tener listo el análisis de los tiempos de respuesta actuales.

Fuente: Elaboración propia 2017.

3.3 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACION, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO.

Como primer paso para esta investigación, se realiza una entrevista, o cuestionario aplicado a los técnicos, personal operativo y administrativo, del Área 2 del departamento de bombeo de AyA.

“Un cuestionario consiste en un conjunto de preguntas respecto de una o más variables a medir. Debe ser congruente con el planteamiento del problema e hipótesis” (Sampieri, 2010, p. 217).

Con este cuestionario se pretende aclarar cuáles son las necesidades del departamento de bombeo para con la operación de los equipos del sistema de bombeo La Colina.

Seguidamente se hace una visita de campo al sistema de bombeo La Colina, para realizar un levantamiento de los equipos instalados en el lugar, así como del panel de control y sus componentes, ya que los mismos dirán cuales son las variables que se deben controlar, para la correcta operación del sistema y las cuales serán la base para los software que se deben realizar.

Alternamente al reconocimiento de los equipos y panel, se recolectará la información del historial operativo de los equipos de bombeo, y las visitas de los técnicos y personal operativo, esta información se reforzará con los datos que facilitará el departamento de Operaciones y Control por medio del historial de correos electrónicos que se generan con cada solicitud de asistencia a las estaciones de bombeo.

Como siguiente paso y en seguimiento del programa de alcance de objetivos, se procede a la elaboración del software tanto para el microcontrolador Arduino, como para el microcontrolador SIEMENS LOGO 8, para lo cual se utilizan los respectivos compiladores de programa.

Con los software ya listos, se procede a la remodelación del panel de control de la estación de bombeo La Colina, incorporando los elementos solicitados por los técnicos del Área, para garantizar la correcta operación y poder recolectar la información de las variables supervisadas, cuya información será enviada por el microcontrolador Arduino hacia el servidor web [thingSpeak.com](https://thingspeak.com), donde se podrán descargar o consultar en tiempo real.

Ya implementado el equipamiento y la estructura necesaria, se procede a la realización de pruebas de operación del sistema y su puesta en marcha, la supervisión del mismo se realiza, en forma presencial semanal, de forma remota por medio de consulta al servidor web [thingSpeak.com](https://thingspeak.com), como también por medio de la recepción de mensajes de texto, que el sistema genera con cada acontecimiento ocurrido respecto a las variables de control supervisadas por el microcontrolador Arduino.

Como siguiente paso y continuación de la recolección de datos, para el estudio y análisis del comportamiento de las variables en estudio, se procede a la elaboración y aplicación de un segundo cuestionario, a los técnicos, personal operativo y administrativo del sistema de bombeo intervenido, para deducir mejoras en la operación del sistema, y una reducción de los tiempos de respuesta ante fallas.

Para la última etapa del plan de alcance de objetivos se realiza un informe final para exponer los resultados de los cuestionarios y los datos recolectados en el campo, con respecto de las variables de estudio que revelen si fueron logradas las metas impuestas al inicio de la investigación.

En la figura 21 se aprecia el plan de implementación de la investigación.

Plan de Implementación

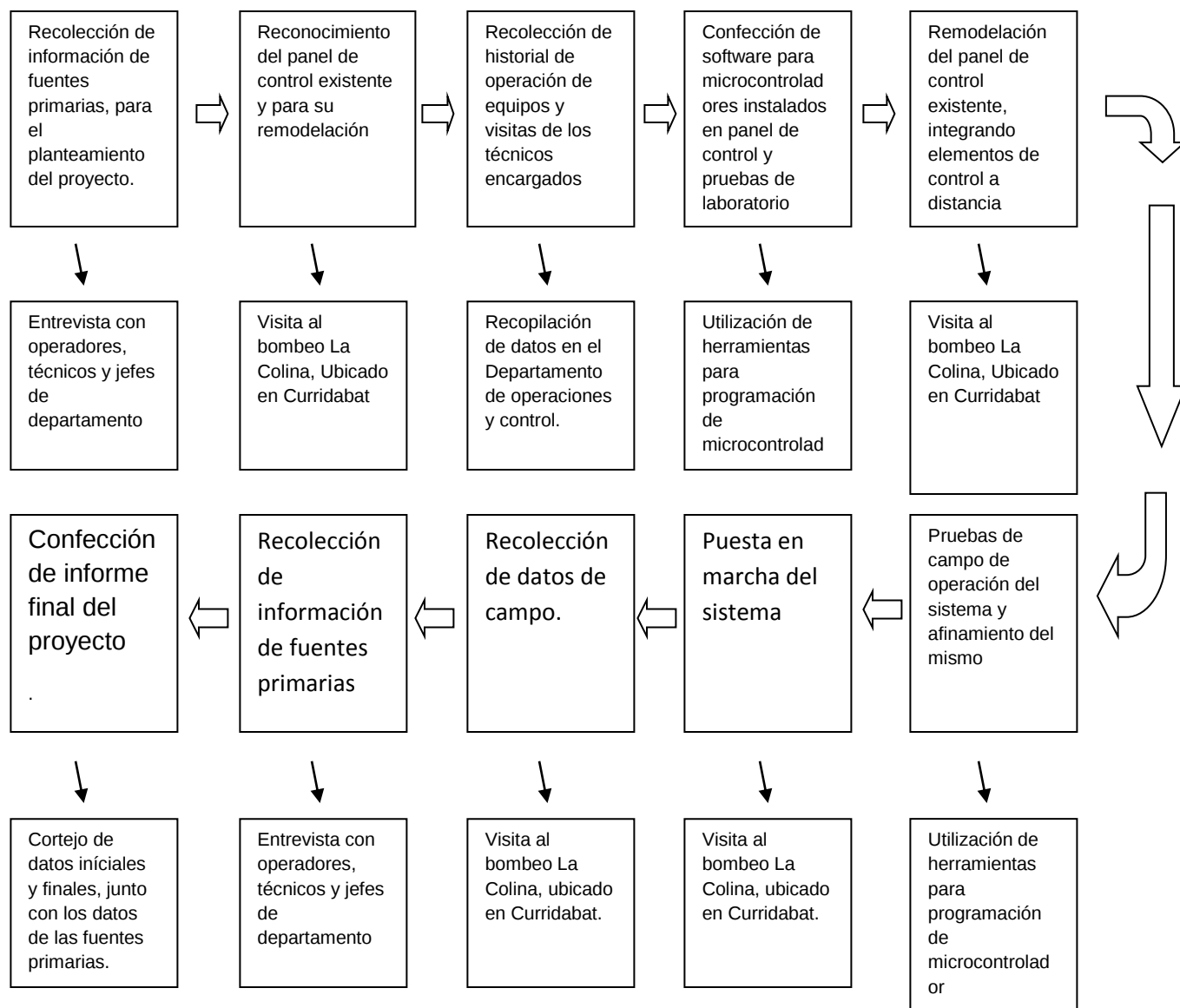


Figura 21. Plan de Implementación.

Fuente: Elaboración propia 2017.

CAPITULO IV: DIAGNÓSTICO

4.1. DESCRIPCION DE LA SITUACION ACTUAL.

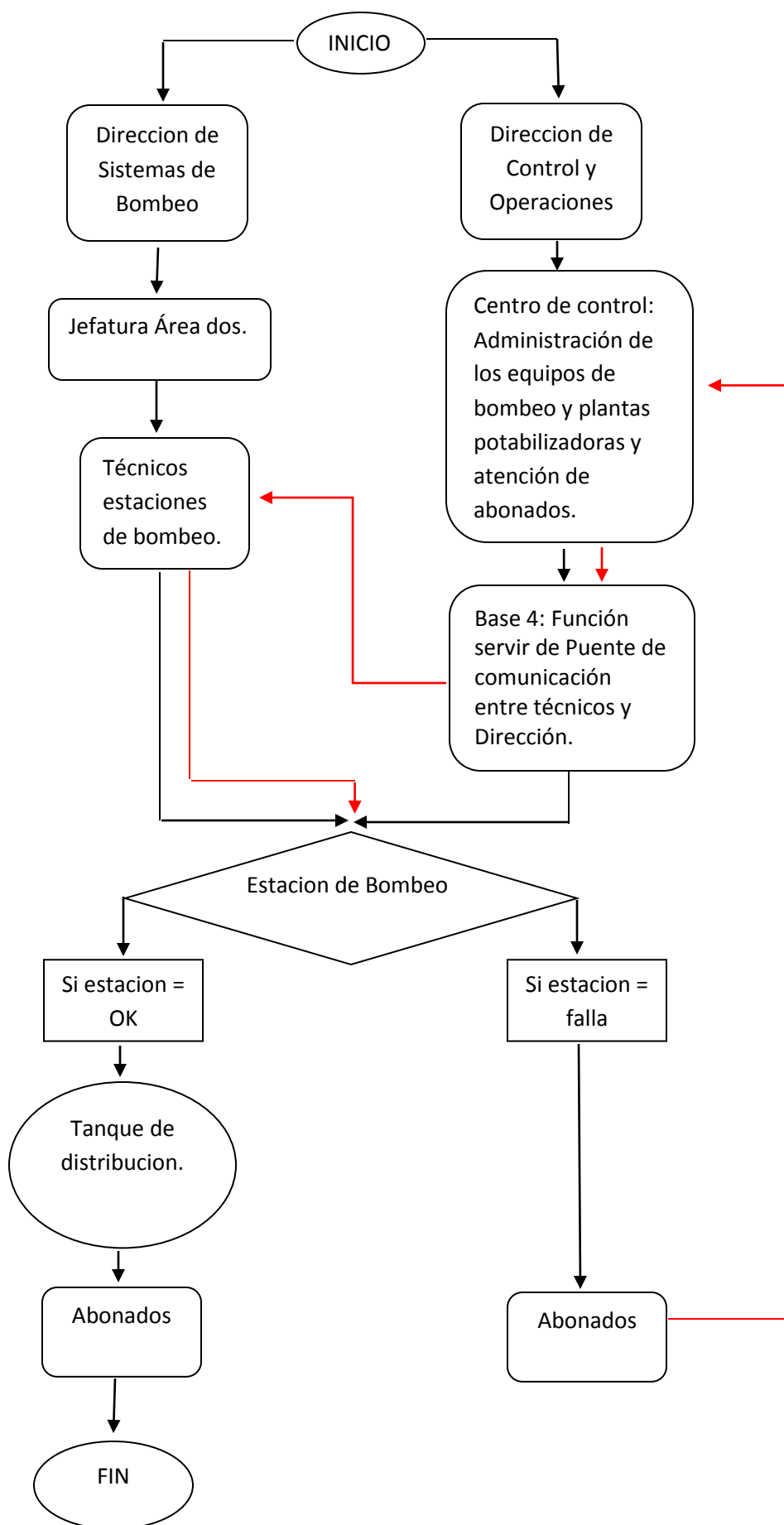
Actualmente el Área dos de la (DSB) Dirección de Sistemas de Bombeo, está constituida por un total de treinta y un estaciones de bombeo entre las cuales hay pozos profundos, booster y bombeos convencionales, para un total de cincuenta y dos equipos, distribuidos en una amplia zona que abarca desde la zona Sur de San José de Costa Rica, pasando por Escazú, Alajuelita, Desamparados, La Unión, Tejar del Guarco y Cartago Centro. Todos estos equipos deben ser atendidos por los cinco técnicos del Área dos, lo que conlleva una gran cantidad de tiempo y recursos. Las otras Áreas del departamento, cuentan con operadores móviles los cuales revisan diariamente la serie de estaciones asignadas. Es importante recalcar que en el Área dos se carece de este personal, por lo tanto estas funciones deben ser absorbidas por los técnicos del Área además de sus respectivas obligaciones.

Dentro de las obligaciones adicionales absorbidas se encuentra la de la conmutación de los sistemas según lo solicite la (DCO) Dirección de Control y Operaciones, ente encargado de la administración del sistema, el cual trabaja muy de la mano de la Dirección de Sistemas de Bombeo. Técnicamente el primero es el cliente del segundo, por tanto, sus solicitudes son de suma importancia y se les debe de dar prioridad dentro de lo posible. La Dirección de Control y Operaciones, es la encargada también de recibir las llamadas de los abonados del AyA, que quieran reportar alguna anomalía en el sistema,

como por ejemplo un faltante de agua en una zona determinada o alguna avería en una tubería de distribución. Entonces, (DOC), contacta a la así llamada Base 4, la cual es una central de comando de operadores y centro de radio, para que esta localice a los técnicos del Área y dé la alerta para que los mismos se encarguen de atenderla. El método utilizado para la localización de los técnicos es vía radio comunicación, en horas hábiles y vía llamada telefónica en horas no hábiles.

En la actualidad debido a que las potencias de los equipos instalados en los sistemas del Área dos de la (DSB), son de mediana envergadura o potencia, y su número asciende a treinta y un estaciones, para un total de cincuenta y dos equipos de bombeo, no se ha dado una propuesta de la jefatura de departamento, para la implementación de un sistemas de control, y monitoreo a distancia de las estaciones de esta Área, a pesar de que las Área 1 y Área 4 de dicho departamento ya cuentan con un sistema SCADA, para el monitoreo y conmutación de sus equipos, además de los citados operadores móviles

A continuación se presenta un diagrama resumiendo la situación actual y el método utilizado para la operación del sistema.



Por lo expuesto anteriormente se plantea la implementación de un sistema que permita la operación, conmutación y monitoreo de estaciones de bombeo de forma remota, utilizando la red GSM por medio de celulares y páginas WEB, tomando como prototipo y primer sistema intervenido el bombeo La Colina, ubicado en Curridabat.

La estación seleccionada cuenta con un sistema de bombeo constituido por dos bombas de 15Hp de potencia, monofásicas 220V, que se manejan de forma manual o automática.

En la actualidad, en la estación de bombeo se encuentra instalado un panel de control equipado con una serie de sensores, que realizan mediciones de parámetros de control que se utilizan para decidir si es necesario encender o apagar los equipos.

La Figura 22, muestra una vista del interior del panel de control instalado actualmente en el Bombeo La Colina.

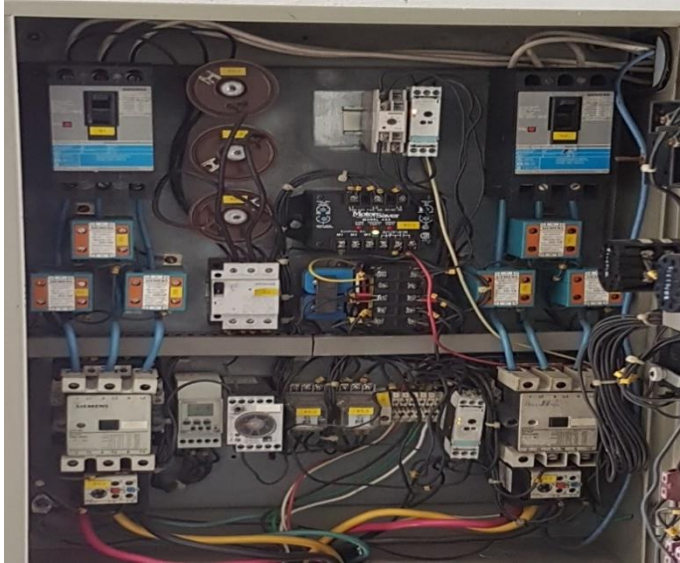


Figura 22. Vista interna panel de control La Colina.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Dentro de tales parámetros medidos por los sensores instalados en el panel se encuentran los siguientes:

- Voltaje de alimentación: Permite determinar si existe un diferencial de voltaje adecuado para la operación de los equipos de bombeo.
- Nivel de agua: Permite determinar si hay suficiente agua en el tanque para realizar el bombeo, garantizando el correcto funcionamiento de los equipos, sin vaciar el nivel del contenedor a niveles críticos.

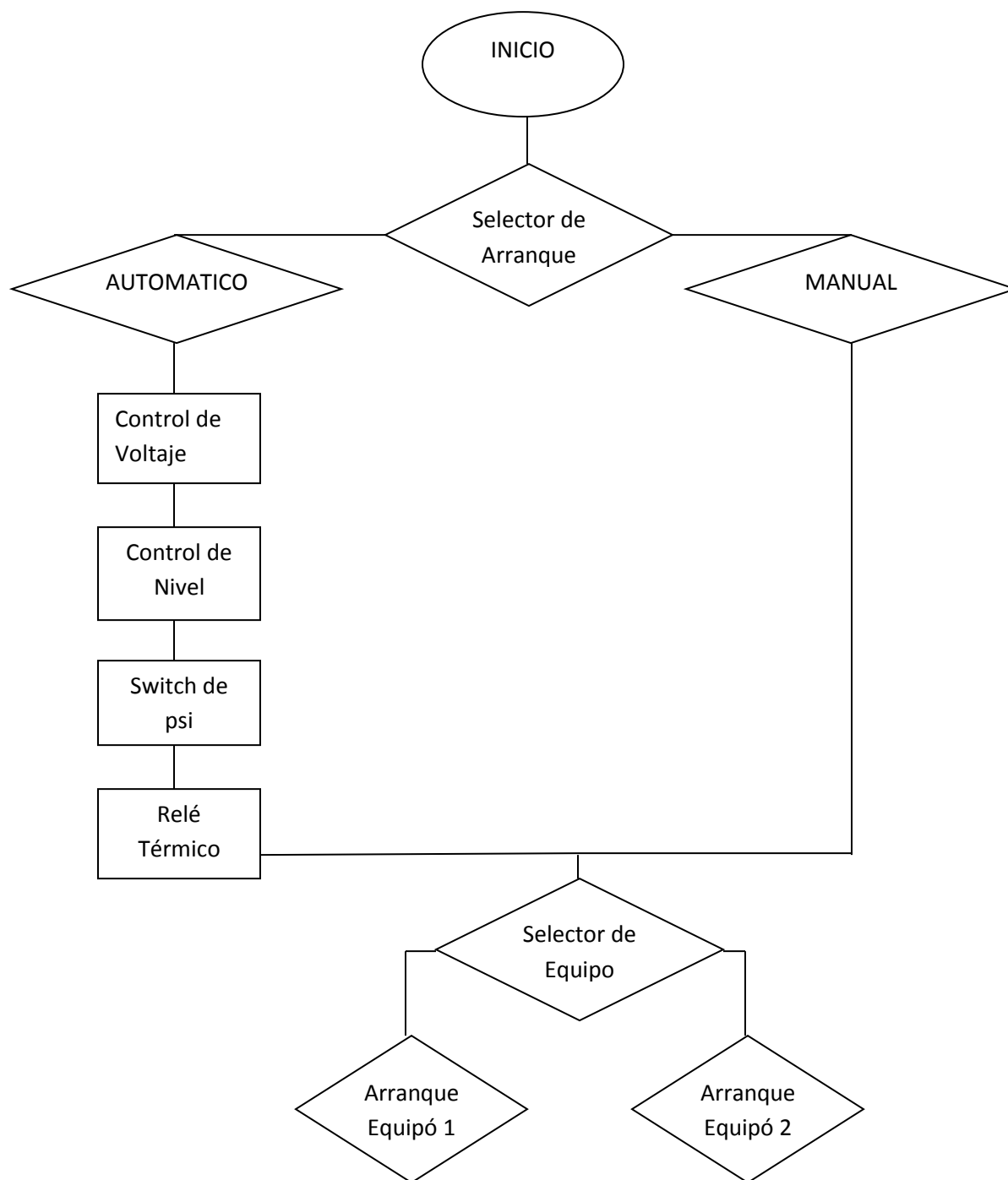
- Presión de agua: Permite determinar si existe presión excesiva de agua en la columna lo que determina si el tanque de captación está lleno o no y si se debe apagar el equipo que se encuentre en operación.

Adicionalmente se valida un parámetro específico de cada una de las bombas para comprobar su adecuado funcionamiento.

- Disparo térmico: Determina si ha ocurrido un sobrecalentamiento del equipo, ocasionado por una sobrecarga en un lapso de tiempo.

Mediante la valoración de los parámetros mencionados, sumado a la posición de encendido en la maneta de selección una de las bombas podría entrar en funcionamiento de forma automática, pero si se presentara una falla en dicha bomba se debe ir a la estación de bombeo para activar de forma manual la bomba secundaria y poder diagnosticar el fallo presentado en el equipo que se encontraba en funcionamiento.

A continuación se presenta el diagrama de la lógica del funcionamiento del panel de control existente:



Además de las necesidades expuestas, existen otras necesidades descritas a continuación que se podrán subsanar mediante la solución propuesta.

4.1.1 Necesidades adicionales.

Como se explicó en la introducción la principal problemática que se desea solucionar es la necesidad de una visita de campo, para la puesta en funcionamiento de una bomba auxiliar en caso de que la principal falle.

Adicionalmente existen otras necesidades que podrían subsanarse y que se describen a continuación.

Validación remota de los parámetros de funcionamiento

En caso de que los abonados reporten un faltante de agua es imposible realizar una valoración remota para saber si se debe a un problema en la estación de bombeo, a una ruptura de la tubería o más bien, a un problema externo ajeno a la estación de bombeo, como lo sería un corte del suministro eléctrico.

Mediante el sistema de monitoreo y control es posible validar o descartar la existencia de fallas locales en la estación de bombeo, permitiendo la activación de una bomba secundaria o el despacho del personal idóneo para la atención del problema según corresponda.

El sistema reporta las fallas mediante el envío de mensajes de texto a uno o varios teléfonos celulares asignados, según se desee. De este modo, el personal encargado de la atención de fallas, podrá durante o después de la jornada laboral regular, atender de forma más pronta la situación dada y adicionalmente se alimenta una base de datos que permite el análisis histórico tanto de fallas generales como específicas de las bombas.

Análisis de datos históricos

Dado que el sistema va a monitorear de forma continua los parámetros de funcionamiento tanto de la estación como de las bombas, así como la información serán almacenadas de forma remota, será posible llevar a cabo un análisis de datos para encontrar patrones de fallo, prevenir futuros incidentes y mejorar la estabilidad del servicio.

Hasta este momento si se da un fallo de una de las bombas es imposible detectarlo, hasta que se un reporte por parte de los abonados por faltante de líquido (agua), o mediante visitas de rutina. En el primer caso se extiende el período de afectación del servicio y en el segundo el equipo podría sufrir un daño mayor al no atender la condición de falla en un tiempo prudente.

Ahorro de recurso hídrico en caso de una falla en la tubería

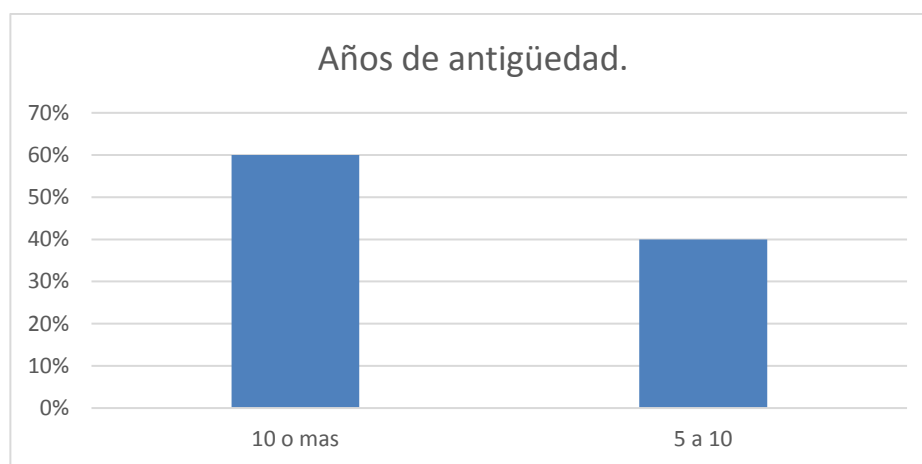
En el caso de que se dé una ruptura en la tubería de descarga de la estación de bombeo, o se requiera hacer una reparación menor en la misma y se solicite por parte de la Dirección de control y operaciones, apagar el equipo que se encuentre operando, esto podrá ser posible por medio del envío de un mensaje de texto y de igual forma se podrá reactivar la operación del mismo, disminuyendo el desperdicio de recurso hídrico.

4.1.2 Resultados de la entrevista realizada a los técnicos del Área dos y jefe de la Dirección de sistemas de Bombeo.

Seguidamente se presentan los datos recopilados sobre la necesidad de la implementación del sistema propuesto en este proyecto.

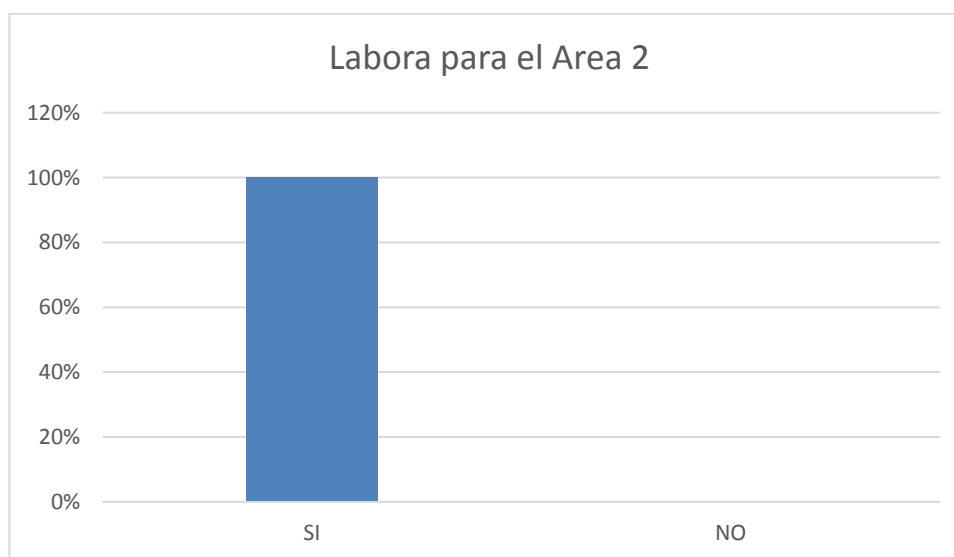
Los datos son el resultado de una entrevista realizada a los técnicos del Área dos de la Dirección de Sistemas de Bombeo de AyA y al jefe del departamento, quienes cuentan con el conocimiento total sobre el funcionamiento actual del sistema de operación, que se utiliza en los sistemas del Área dos .

Gráfico 1. Años de labor para la Dirección de Sistemas de Bombeo de la muestra.



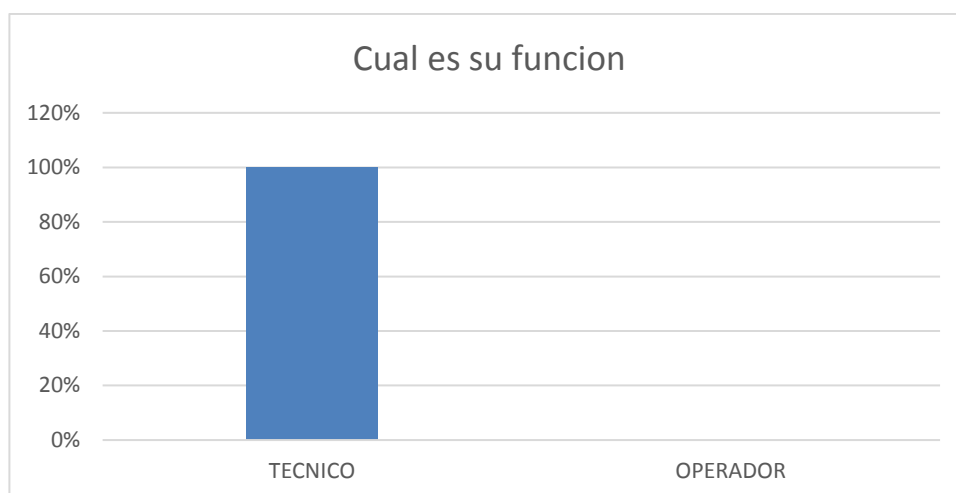
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Gráfico 2. Porcentaje de la muestra que labora para el Área dos de la Dirección de Sistemas de Bombeo.



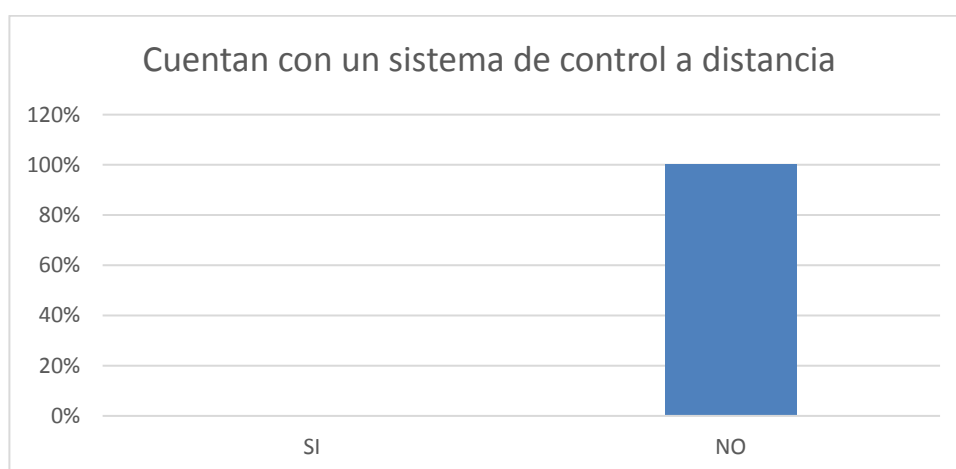
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Gráfico 3. Naturaleza de las funciones dentro del Área dos de la Dirección de Sistemas de Bombeo de la muestra.



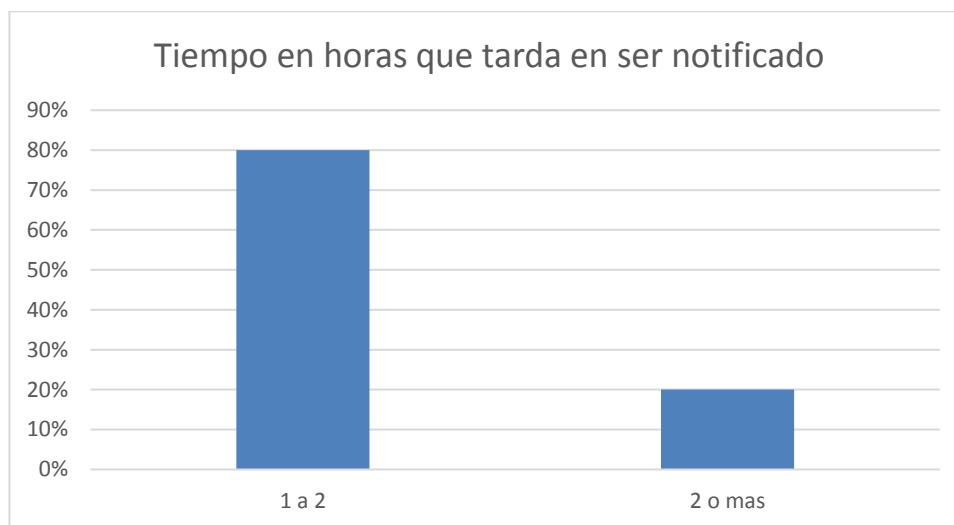
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Gráfico 4. Existencia en el Área dos de un sistema de control a distancia para sus estaciones de bombeo.



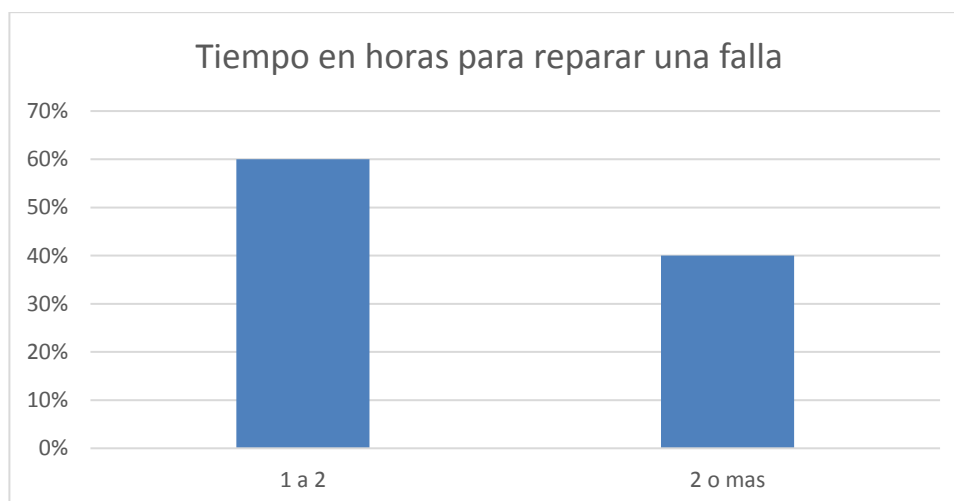
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Gráfico 5. Tiempo en horas para recibir la notificación de una falla.



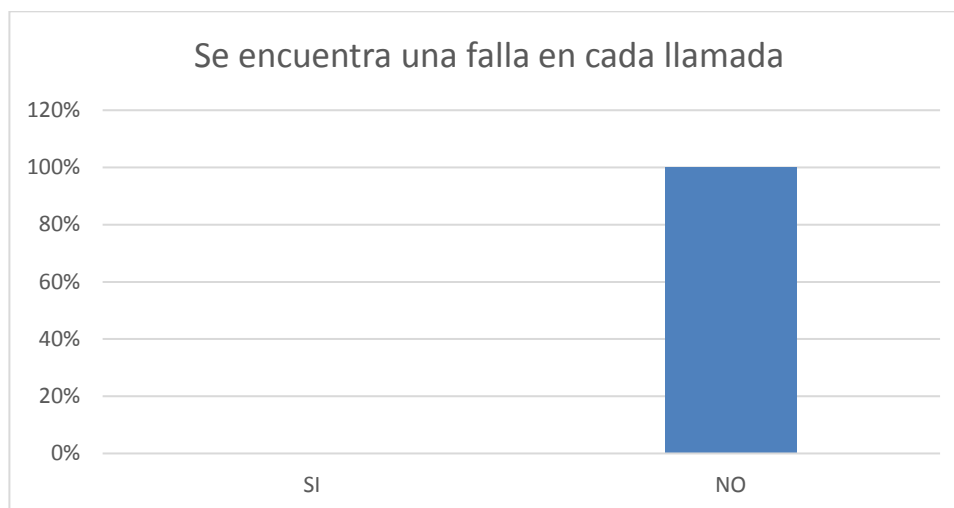
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Gráfico 6. Tiempo que se tarda en la reparar de una falla cotidiana en una estación de bombeo.



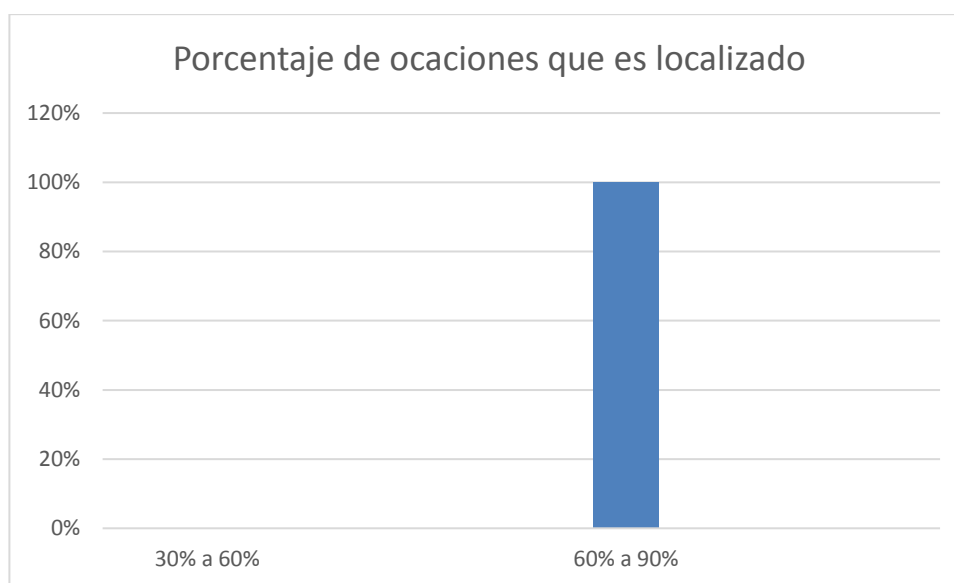
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Gráfico 7 Seguridad de que se encuentra una falla en cada revisión.



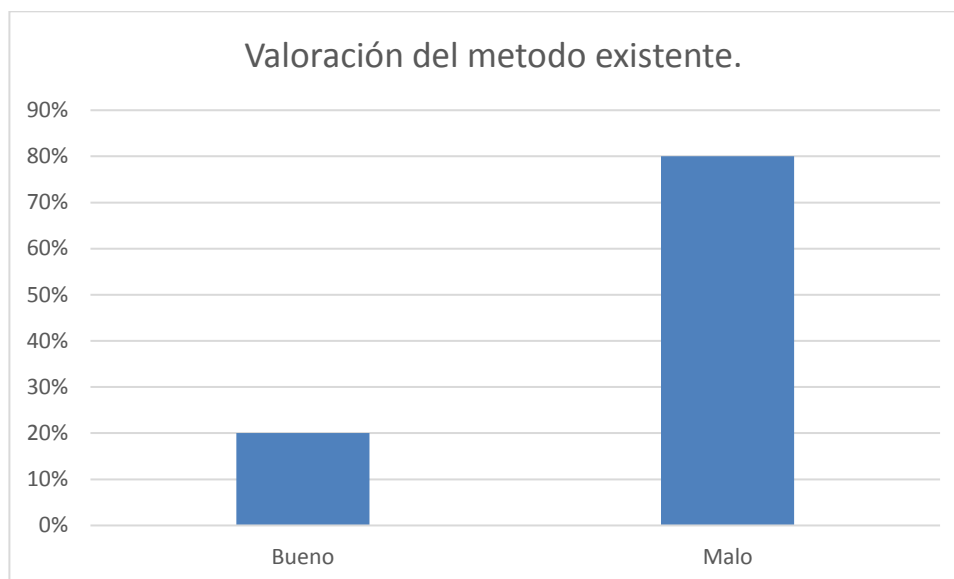
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Gráfico 8 Porcentaje de ocasiones en que son localizados los técnicos, cada vez que se les requiere para una revisión.



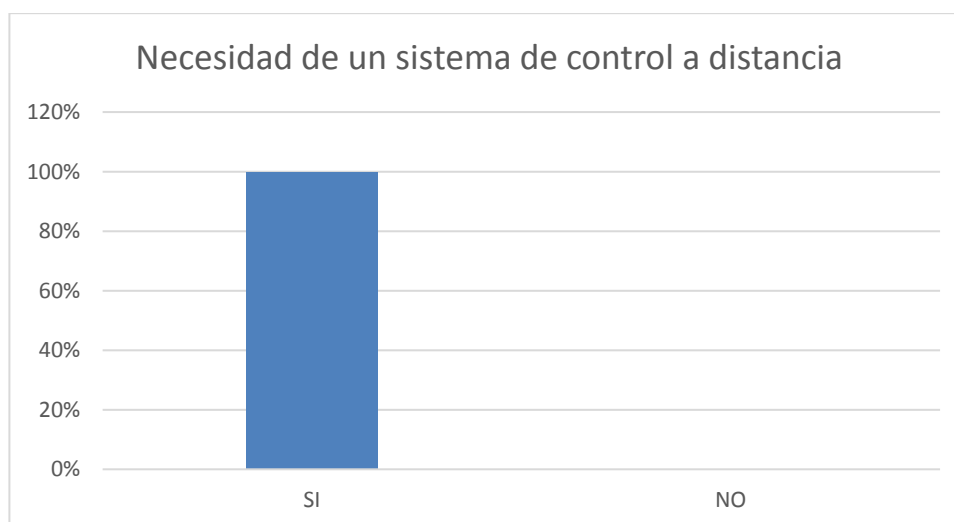
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Gráfico 9 Valoración del método existente.



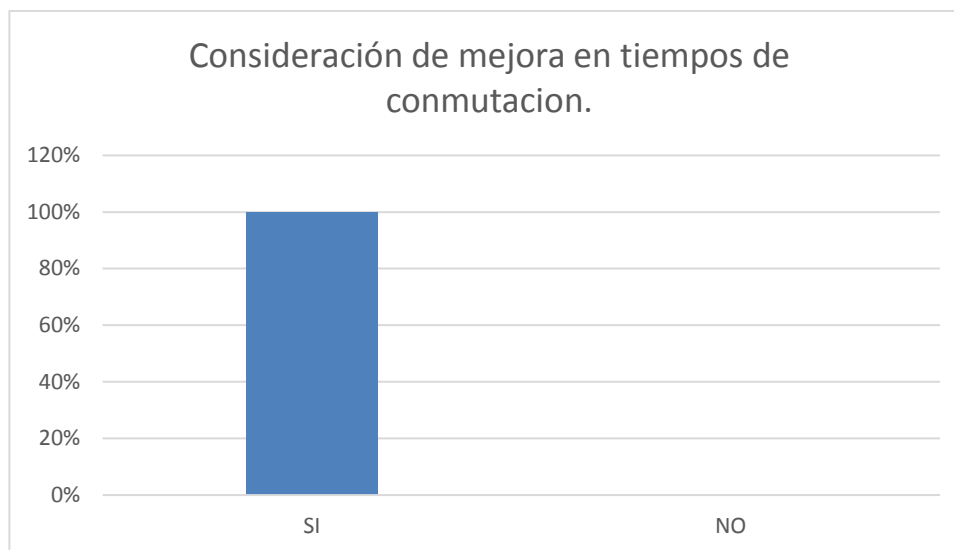
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Gráfico 10 Necesidad de implementación de un sistema de control y monitoreo a distancia.



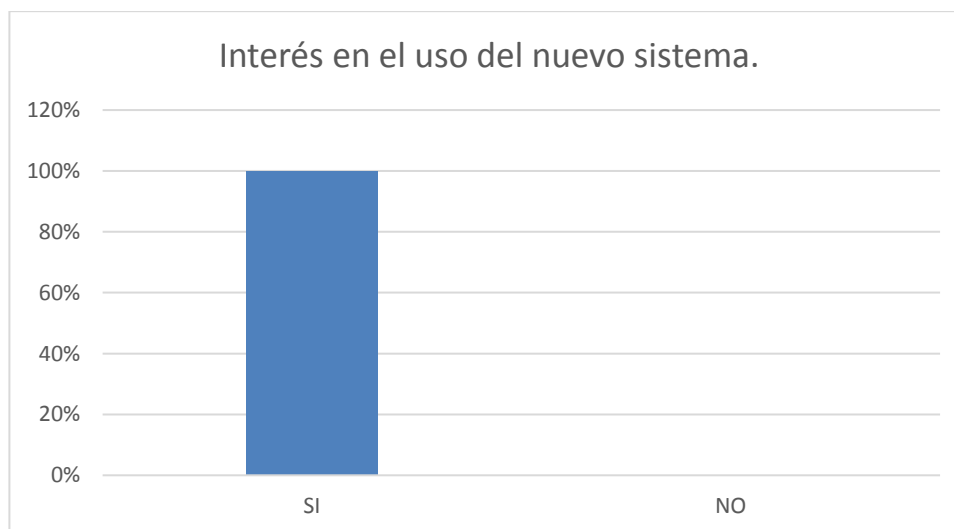
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Gráfico 11 Consideración de mejora en los tiempos de conmutación de los sistemas.



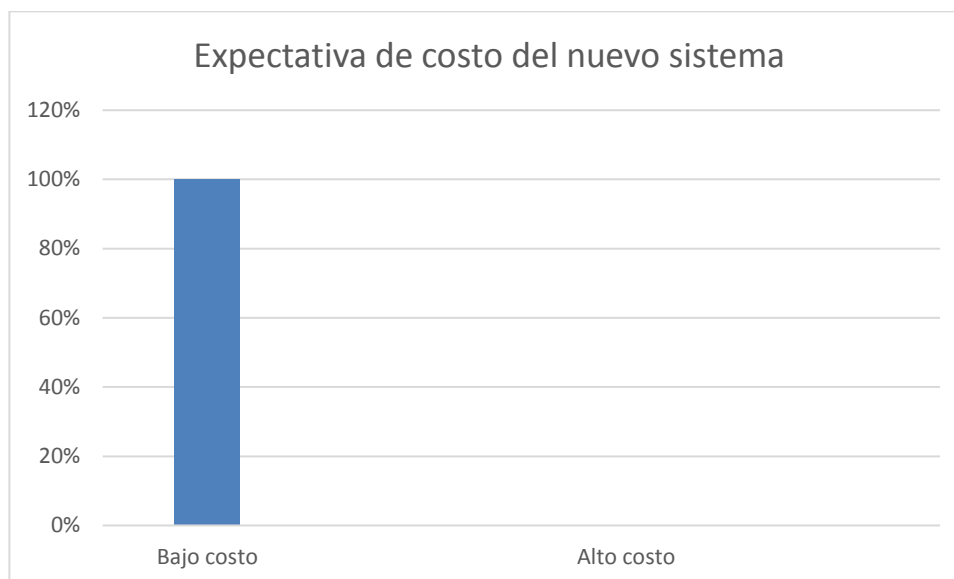
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Gráfico 12 Interés de utilización del nuevo sistema.



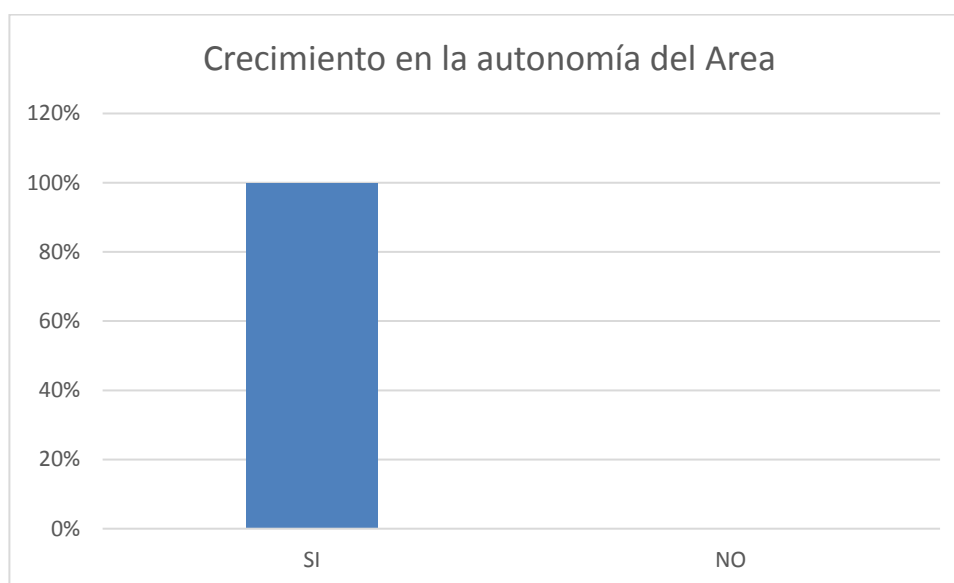
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Gráfico 13 Expectativa de costo del nuevo sistema.



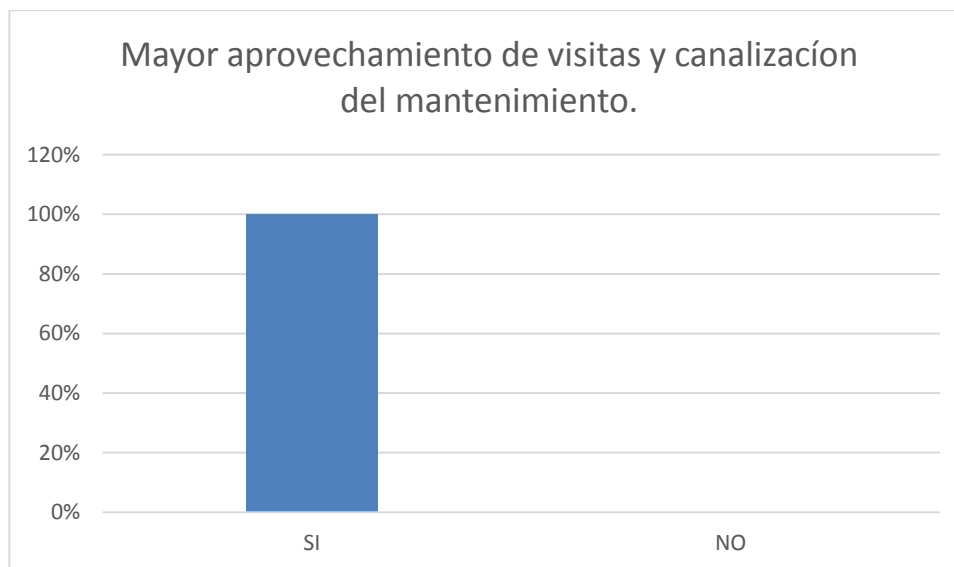
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Gráfico 14 Expectativa de crecimiento en la autonomía del Área dos.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Gráfico 15 Consideración de mayor aprovechamiento de las visitas y mantenimientos.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

4.1.3 Análisis de resultados de la encuesta.

Los resultados anteriores evidencian que los entrevistados tienen el suficiente tiempo de laborar en el Área dos de la dirección de Sistemas de Bombeo, como para emitir un criterio respaldado por experiencia. Resalta como primer resultado la inexistencia de un sistema de control a distancia para monitorear el estado de los equipos. Seguidamente se estima que el tiempo promedio que se demora en poder tener conocimiento, de la presencia de una falla en algún equipo de las treinta y una estaciones de bombeo bajo el cuidado de los cinco técnicos del Área ronda las dos horas, sumado a este se debe complementar el tiempo que se tarda en reparar dicha falla, que según contestaron los entrevistados es de entre una y dos horas, cabe resaltar también que no en todas las ocasiones que se da la alerta existe una falla real de los equipos, por lo que en estas oportunidades el viaje se realiza “En vano”, sin embargo, se generan gastos operativos que de igual manera deben asumirse.

Por otra parte, la entrevista arroja el resultado de que no en el 100% de las ocasiones que se requiere contactar a el técnico especializado, asignado para cubrir el turno de disponibilidad, es localizado e informado del requerimiento de su presencia. Según los técnicos del Área dos el método o sistema implementado hasta el momento no es el óptimo para el control de las estaciones de bombeo.

Lo anterior se complementa con las respuestas de la décima pregunta, donde confirman la necesidad de implementar un sistema de control a

distancia, propiedad de esta entidad y administrado por la misma empresa, que facilite y mejore los tiempos de conmutación y monitoreo de los equipos de las estaciones de bombeo vía remota. Igualmente, se expresa la tendencia, que se busca en todo proyecto, de alcanzar un bajo costo, fácil manejo y accesibilidad desde cualquier lugar donde se encuentre el personal elegido para su administración y manipulación.

Se evidencia también el interés de los técnicos de la zona por la implementación de esta tecnología, debido a que es accesible desde sus celulares y utiliza un método familiar para la gran mayoría, como son los mensajes de texto. Se expresa también en la decimocuarta pregunta las expectativas de mejora en la autonomía de las decisiones diarias de la dirección del Área dos, al disminuir el tiempo que se debe utilizar en atender las disposiciones de la Dirección de Control y Operaciones y disponer de mayor tiempo para realizar labores de mantenimiento preventivo e impulsando también el mejor aprovechamiento del tiempo laboral, lo que conlleva a una disminución de los mantenimientos correctivos y una planificación clara de los trabajos, según lo disponga la jefatura del Área.

CAPITULO V: DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO

5.1 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN.

A continuación se realiza una descripción detallada de la solución planteada, a nivel de hardware y código.

El sistema de control automático y remoto se implementa mediante el uso de soluciones “open source” basadas en Arduino.

5.1.1 El hardware

Para la creación del proyecto se han utilizado con éxito el Arduino Mega 2560 que permite el monitoreo y accionamiento automático de las bombas según las condiciones de los parámetros de funcionamiento.

Para el envío de los mensajes de texto, la activación y desactivación remota y el envío de información a la base de datos en línea se pueden utilizar dos modelos distintos de “shield” el SIM 800L, el SIM 900. Por medio de su uso, se logra enviar información detallando el estado de las variables de funcionamiento global y específico de las bombas, se reportan alertas por fallas, la restauración de las mismas y se logra la conmutación de los equipos por medio de las salidas programadas manipuladas vía SMS en el código.

5.1.2 Descripción del Equipo utilizado.

Las siguientes imágenes muestran el equipo utilizado.

La figura 23, muestra el modulo siemens. LOGO OBA8.



Figura 23. Módulo siemens. LOGO OBA8.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Es un módulo lógico controlador programable que permite, sin intervención humana, el trabajo de una o varias máquinas.

Por lo tanto es necesario programar el LOGO! para que haga la tarea que se desea, ya que por sí mismo no ejecuta ninguna función.

Funciona de la siguiente manera: al LOGO! Se le debe dar como datos de entrada una serie de señales, por medio de sus entradas digitales, el dispositivo

cuenta con ocho, pero pueden ser ampliadas por medio de módulos que se agregan al dispositivo. Estas entradas de datos van a ser procesadas en el programa, y el LOGO! Entregará datos de salida por medio de cuatro relés, que posee en su parte inferior, el estado de dichos relés es gobernado por la programación dada al LOGO!. Los datos de entrada pueden estar suministrados a las entradas del LOGO!, por pulsadores, manetas, sensores etc.

La figura 24, muestra un Arduino Mega 2560.



Figura 24, Arduino Mega 2560.

Fuente: Elaboración propia 2017.

El Arduino Mega está basado en el microcontrolador ATmega2560. Tiene 54 pines de entradas/salidas digitales (14 de las cuales pueden ser utilizadas como salidas PWM), 16 entradas análogas, 4 UARTs (puertos serial por hardware), cristal oscilador de 16 Mhz, conexión USB, jack de alimentación, conector ICSP y botón de reset. Incorpora todo lo necesario para que el microcontrolador trabaje; solamente se debe conectar al PC por

medio de un cable USB o con una fuente de alimentación externa. El Arduino Mega es compatible con la mayoría de los shields diseñados para Arduino Duemilanove, diecimila o UNO.

La figura 25, muestra un shield sim GSM SIM 800L.



Figura 25. Shield SIM 800L.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Para este proyecto se utilizó el Shield SIM 800L un dispositivo quad-band GSM/GPRS, el cual trabaja en las frecuencias GSM850MHz, EGSM900MHz, DCS1800MHz y PCS1900MHz. Es un módulo de telefonía celular que permite añadir voz, texto, datos y SMS a proyectos en un pequeño paquete, que contiene una cantidad sorprendente de tecnología, y cuenta con un conector uFL.

Este Shield se puede conectar a un Arduino, para ser utilizado en proyectos de automatización, por medio de la utilización de las frecuencias GSM, o los SMS.

La figura 26, muestra un GPRS/GSM Shield SIM900.



Figura 26. Shield GSM SIM 900.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Para efectos también es utilizable y compatible con el software utilizado el GPRS/GSM Shield SIM900 el cual es un shield ultra compacto y confiable basado en el chip SIM900, 100% compatible con Arduino Uno y Mega. Puede trabajar en frecuencias gsm/gprs de 850/900/1800/1900MHz, para realizar llamadas de voz, envío de sms y fax. Tiene un muy bajo consumo y un diseño muy pequeño con grandes posibilidades.

5.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.

5.2.1 Variables.

El sistema de control cuenta con un total de nueve variables, de las cuales ocho funcionan como entradas y una funciona como salida, a continuación se explican:

Maneta de selección de bomba M1: Determina cuándo la bomba 1 se encuentra seleccionada para activarse en caso de que se requiera bombear agua. Las posibilidades son: posición de apagado o cero lógico en la cual la bomba 1 se encuentra apagada, y la posición de uno lógico donde la bomba 1 entraría en funcionamiento.

Maneta de selección de bomba M2: Determina cuándo la bomba 2 se encuentra seleccionada para activarse en caso de que se requiera bombear agua. Las posibilidades son: señal de cero lógico en la cual la bomba 2 se encuentra apagada, y la señal de uno lógico donde la bomba 2 entraría en funcionamiento.

Voltaje: Entrada que determina si la alimentación eléctrica se encuentra presente en la estación de bombeo.

Presión: Entrada que determina si hay necesidad de bombear agua.

Nivel: Entrada que determina si hay suficiente agua disponible para activar el bombeo.

Disparo térmico de la bomba 1: Entrada que determina la existencia o no de un fallo térmico en la bomba 1.

Disparo térmico de la bomba 2: Entrada que determina la existencia o no de un fallo térmico en la bomba 2.

b1: Entrada Bomba 1 que confirma el correcto funcionamiento de la bomba 1.

b2: Entrada Bomba 2 que confirma el correcto funcionamiento de la bomba 2.

Relé 1: Es una salida que permite la activación y desactivación de los equipos de bombeo de forma remota, ya que la misma se activa o desactiva por medio de SMS y envía una señal al relé programable.

Tabla 2. Resumen de variables

Variable	Tipo	Rango	Acción
Selección bomba M1	Entrada	0 – 1	Determina que la bomba 1 es la primaria.
Selección bomba M2	Entrada	0 – 1	Determina que la bomba 2 es la primaria.
Voltaje	Entrada	0 – 1	Determina si hay alimentación eléctrica.

Presión	Entrada	0 – 1	Determina si el bombeo se detuvo por presión alta en la tubería de descarga.
Nivel	Entrada	0 – 1	Determina si hay suficiente agua en el tanque de almacenamiento para iniciar el bombeo.
Disparo térmico 1	Entrada	0 – 1	Determina si existe una falla térmica en la bomba 1.
Disparo térmico 2	Entrada	0 – 1	Determina si existe una falla térmica en la bomba 1.
b1	Entrada	0 – 1	Confirma el arranque de la bomba 1.
b2	Entrada	0 – 1	Confirma el arranque de la bomba 2.
Relé 1	Salida	0 – 1	Activa o desactiva los equipos vía SMS.

5.2.2 Módulos.

El sistema está compuesto por tres módulos principales, denominados como módulo de control, módulo de interface y módulo de comunicación.

La figura 27, muestra el circuito eléctrico y detalla cada uno de los módulos.

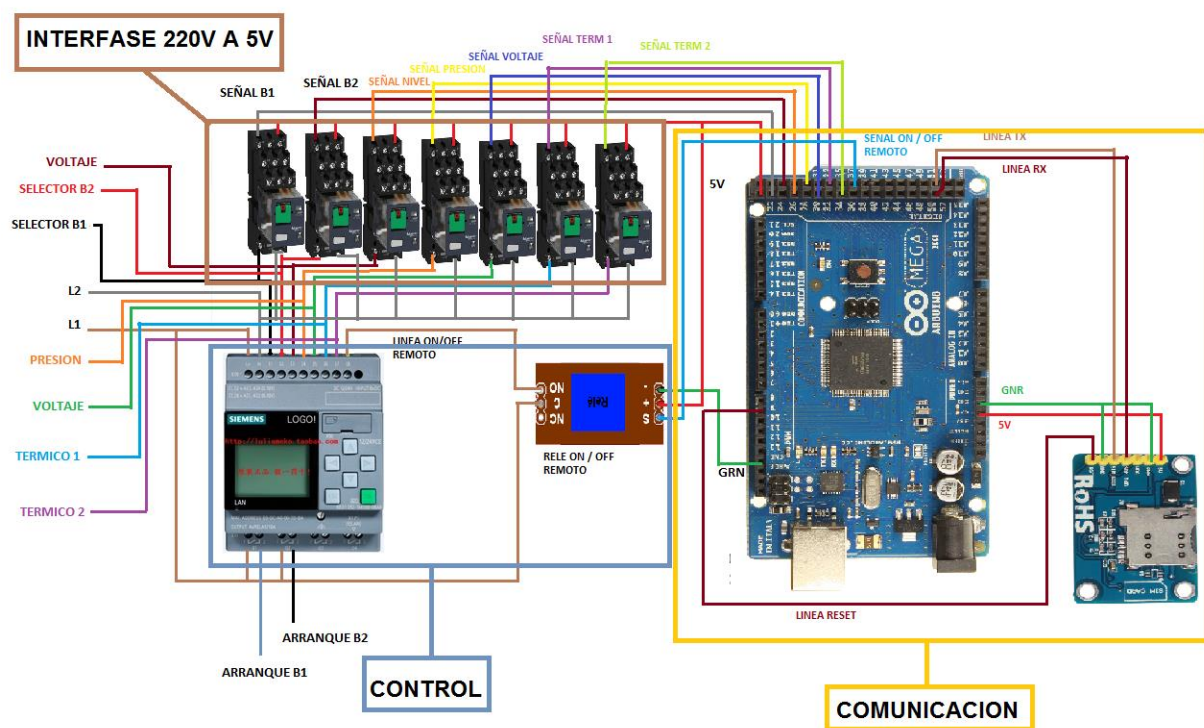
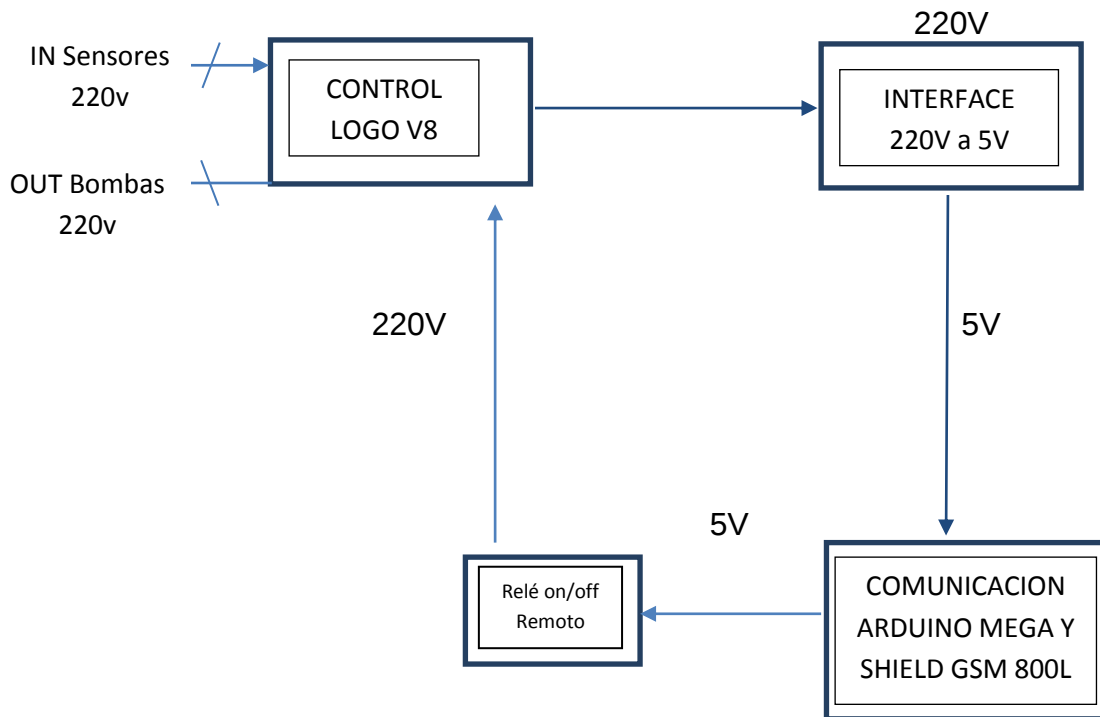


Figura 27. Circuito eléctrico del sistema.

Fuente: Elaboración propia 2017.

El siguiente diagrama de bloques permite explicar la función general del sistema.



5.2.2.1 Interface 220V a 5V.

El módulo de interface tiene como función recibir las señales de los parámetros de funcionamiento de los equipos de la estación de bombeo, provenientes de los diferentes sensores y transformar las señales recibidas con valores de 220v a valores adecuados de 5v, para ser procesados por el módulo de comunicación.

5.2.2.2 Control

El módulo de control está conectado de forma paralela al módulo de interface y de igual manera recibe información proveniente de los equipos de los diferentes sensores instalados en el panel de control, se obtienen los datos de funcionamiento general como lo son voltaje, nivel y presión de agua, y aquellos específicos de las bombas monitoreadas y controladas, como el disparo térmico y la señal de selector de equipo cuya señal indica que equipo debe funcionar. También, por medio de una señal proveniente del módulo de comunicación, se desconecta cualquier actividad de los equipos hasta recibir una orden contraria por parte del módulo de comunicación.

5.2.2.3 Comunicación

El último componente del sistema es el módulo de comunicación tiene tres funciones principales:

- Recepción y procesamiento de señales.
- Envío y recepción de mensajes de texto SMS.
- Envío de datos a la página web ThingSpeak que funciona como una base de datos en línea.

Cada vez que alguna de las condiciones de funcionamiento cambia (los parámetros generales de funcionamiento varían, las bombas se apagan o encienden, se disparan o normalizan alertas de las bombas) el módulo de comunicación se encarga de notificar dichos eventos a través de mensajes de texto SMS a la o las personas encargadas de la estación de bombeo.

Adicionalmente la información se envía al respectivo canal creado para cada equipo en el sitio web ThingSpeak, para que se pueda almacenar y analizar una vez que el evento se encuentre bajo control, o periódicamente según se requiera.

El módulo de comunicación es quizá el más complicado de los tres, está compuesto por un Arduino Mega 2560 y un shield gsm sim 800L. Este módulo contiene el código elaborado especialmente para comunicación y la conmutación remota de los equipos por medio de mensajes de texto, además de procesar las señales recibidas del módulo de interface convirtiéndolas en datos para ser transmitidos a la página web Thingspeak donde podrán ser utilizados para elaborar una base de datos.

5.3 EL CÓDIGO.

5.3.1 Programa LOGO OBA8.

A continuación se muestra el programa para LOGO OBA8 y el código elaborado para este proyecto, debido a que unos de los requisitos impuestos por el AyA, para poder implementar el sistema basado en un Arduino Mega y un shield Sim 800L, fue que trabajara paralelamente con un LOGO Siemens V8, el cual se encargará de la supervisión y conmutación local de los equipos de bombeo y el Arduino Mega con el Sim 800L se encarguen del envío de los datos hacia una página web, para la creación de la base de datos, además del envío de alertas y recepción de comandos por medio de mensajes de texto, permitiendo por medio de los mismos la conmutación remota de los equipos.

La figura 28, muestra la vista por medio de la interface del programa elaborado para el módulo de control LOGO OBA8 de Siemens.

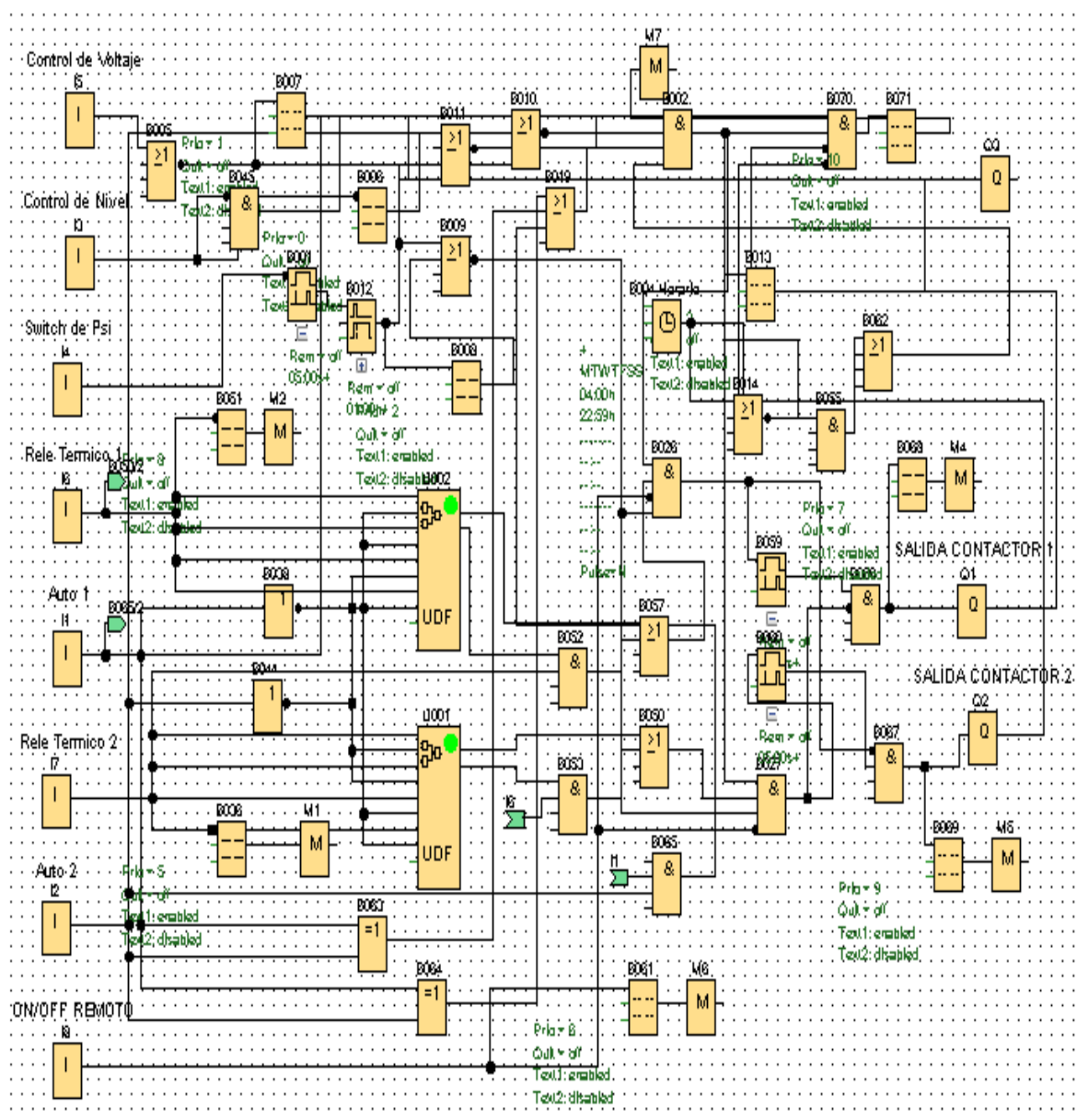


Figura 28. Programa LOGO OBA8.

Fuente: Elaboración propia 2017.

El programa para LOGO OBA8 está diseñado de la siguiente manera, el módulo recibe por medio de sus entradas digitales las señales provenientes de los sensores instalados en el panel de control, estas señales son I1 Selección

de bomba 1, I2 Selección de bomba 2, I3 Control de nivel del tanque donde se encuentran las bombas, I4 Control de presión de descarga, I5 Control de voltaje de alimentación de los equipos, I6 Relé térmico del equipo 1, I7 Relé térmico del equipo 2, I8 Señal de ON/OFF remota.

El módulo supervisa el estado de las señales según una parametrización establecida en el programa, de encontrarse todas en orden el programa espera recibir un 1 lógico en cualquiera de las entradas I1 o I2, con lo cual daría orden de arranque al equipo de bombeo seleccionado según la entrada activada. En caso de que en el proceso de operación se dé un cambio en alguno de los parámetros supervisados en cualquiera de las entradas o sea un cero lógico o un uno lógico según su parametrización inicial, el programa procederá a apagar el equipo que se encuentre en operación, y se mantendrá así hasta que todos los parámetros vuelvan a la normalidad.

Para el caso anterior en que los parámetros vuelven a la normalidad, existen diferentes retardos de arranque, por ejemplo para un disparo (estado detención por falla) por bajo nivel o un disparo por bajo o alto voltaje, que son condiciones que generarán un cero lógico en sus respectivas entradas, el tiempo de demora después de normalizadas las señales, para arrancar un equipo en caso de que se encuentre alguno seleccionado es de (10s) diez segundos, más en cambio para un disparo por alta presión de descarga este tiempo será de (1h) una hora, tiempo por el cual se activará la salida Q3, la cual enciende una luz que indica la existencia de este disparo a los técnico y operadores.

Existe también un censado de los relés térmicos de cada equipo de bombeo, por medio de las entradas I6 e I7, en caso de darse una falla de alguna de las anteriores, lo que para el módulo se traduce en un cero lógico en la entrada respectiva del relé térmico del equipo que se encuentre en operación, se creó un relevador de equipo, el cual actúa conmutando el equipo secundario, aunque este no se encuentre seleccionado para su operación, garantizando así la continuidad en la operación del sistema.

La conmutación de los equipos de bombeo se lleva a cabo por medio de la activación de las salidas Q1 y Q2 del módulo de control, lo que ocurre si todos los parámetros supervisados se encuentran en condiciones de operación y además un equipo esté seleccionado para el arranque. Esta conmutación puede ser interrumpida de forma remota por medio de la activación de la entrada digital I8, la cual recibe su señal respectiva de un relé modular alimentado, por medio de una señal de 5v proveniente del módulo de comunicación (Arduino Mega 2560).

Existe también una compuerta lógica compuesta, creada dentro del programa llamada (UDF), que en su interior contiene un número de compuertas lógicas según la operación deseada por el programador del UDF, que en este caso se diseñó para ser un relevador de equipo en caso de presentarse una falla en el relé térmico del equipo que se encuentre seleccionado para operar, de ser así el UDF entra en acción y al censar la falla envía la orden de arranque al equipo que se encuentra en reposo,

garantizando la continuidad en la operación del sistema y el suministro de agua.

La figura 29, muestra la interface para programación entre el CPU y LOGO OBA8.

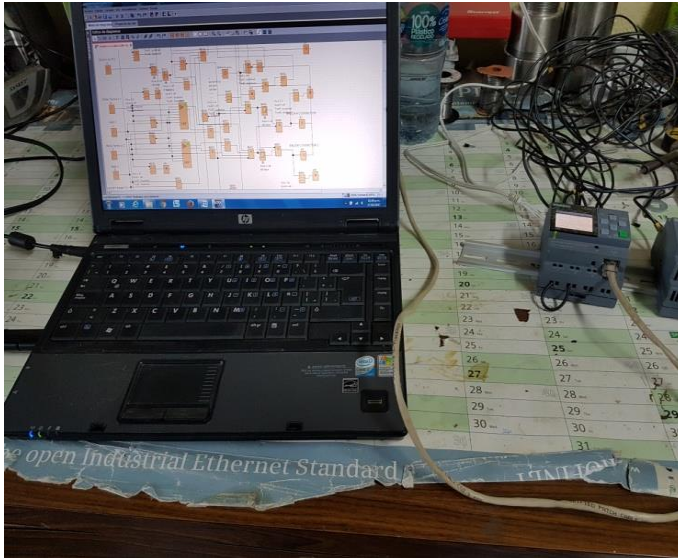
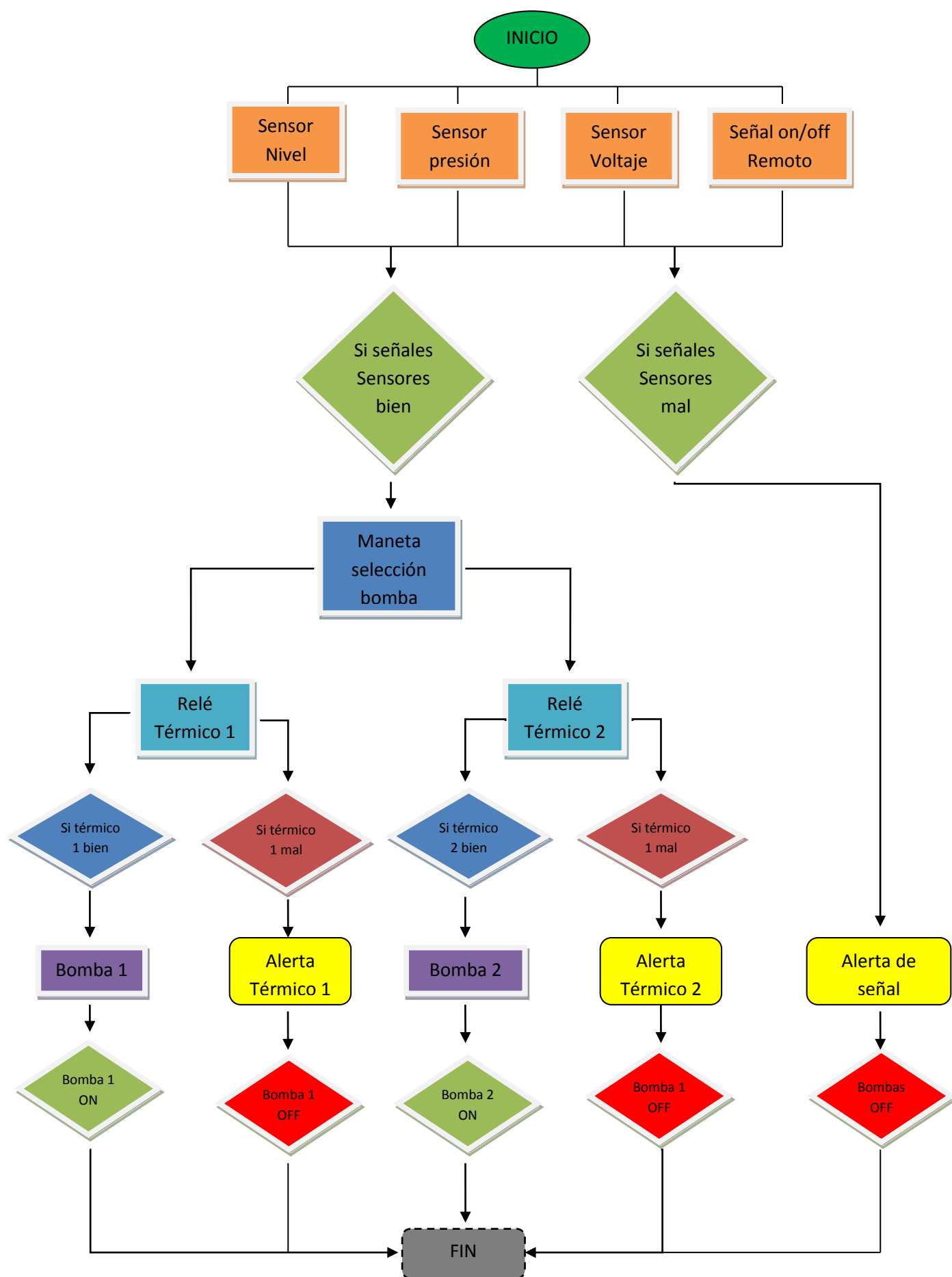


Figura 29. Interface de programación Logo! Soft Comfort v8.

Fuente: Elaboración propia 2017.

El siguiente diagrama de bloques resume la lógica del programa elaborado para el módulo de control LOGO SIEMENS OBA8.



5.3.2 Programa Arduino Mega 2560.

Este programa se diseñó de manera que el módulo Arduino reciba las señales provenientes del módulo de control a través del módulo de interface, y estas puedan ser transformadas en datos que se enviarán a una página web, donde servirán como bases de datos para el análisis del comportamiento de los equipos de bombeo. Además en caso de darse una falla en alguna de las señales recibidas, se envíe un SMS a los técnicos encargados de su reparación y a su vez estos puedan enviar comandos por mensajes de texto, por medio de celular y el shield SIM 800L.

La primera validación realizada, es si existe un mensaje de texto para la activación del modo de apagado remoto, de ser así y si hay alguna bomba en funcionamiento la misma es apagada y el programa termina.

Si el modo de apagado remoto no está habilitado se procede a validar las condiciones de las señales provenientes del módulo de interface y se envían a la página de Thingspeak. Seguidamente se envía un mensaje SMS de prueba informando que se encuentra en condiciones adecuadas para funcionar y pasando al final del programa.

Posteriormente si se recibe una señal de arranque de alguno de los dos equipos, se informara vía SMS a los encargados de administrar el sistema y, en caso de existir una falla en la bomba primaria, se informará inmediatamente vía SMS al administrador y se actualiza el estado de este equipo en la página web designada y termina el programa.

El módulo de comunicación realizará esta acción sucesivamente según se presenten acontecimientos en los parámetros que se encuentren bajo vigilancia.

Además, el módulo tiene la capacidad de recibir comandos vía remota, los cuales le permiten activar o desactivar el pin designado como salida en el módulo de comunicación y por medio de este controlar un relé, el cual a su vez activa o desactiva la entrada I8 del módulo de control, lo que habilita o deshabilita las salidas Q1 y Q2 del módulo, llevando al paro o arranque del equipo que se encuentre operando.

A continuación se presentan los puntos más relevantes del código utilizado en el Arduino mega, y una explicación de los mismos.

///Inicio del programa con la declaración de las bibliotecas incluidas y pines

La primera parte es el inicio del programa donde se incluyen las bibliotecas utilizadas, para poder controlar los shield utilizados en este proyecto, así como la habilitación de la comunicación serial, para poder apreciar en pantalla los diferentes mensajes que se le solicite al programa imprima en la misma, se indica también cuales serán los pines utilizados y se les asigna un nombre.

```
#include "SIM900.h"
```

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

```
#include "inetGSM.h"
```

```
InetGSM inet;
```

```
//SoftwareSerial dustSerial(50,51); //RX, TX DECLARACION DE PINES PARA
TRANSMITIR Y RECIBIR MENSAJES.
```

```
#include "sms.h"
```

```
SMSGSM sms;
```

```
int rel1 = 22;      // El Pin 22 se conecta al relay 1
```

```
int b1 = 26;        // El Pin 26 se conecta al arranque de Bomba 1
```

```
int b2 = 29;        // El Pin 29 se conecta al arranque de Bomba 2
```

```
int nivel = 30;     // El Pin 30 se conecta al control de nivel
```

```
int presion = 33;   // El Pin 33 se conecta al control de presión
```

```
int voltaje = 34;   // El Pin 34 se conecta al relay de voltaje
```

```
int termico2 = 37;  // El Pin 37 se conecta al sensor térmico de la bomba 2
```

```
int termico1 = 38;  // El Pin 38 se conecta al sensor térmico de la bomba 1
```

```
int M2 = 41;        // El Pin 41 se conecta al maneta de selección
```

```
int M1 = 42;        // El Pin 42 se conecta al maneta de selección
```

```
int Reset = 9;      // El Pin 9 se conecta al reset del shield GSM.
```

//Los siguientes datos boolean se utilizarán para marcar el inicio y final del envío de mensajes, alarmas y datos.

En la siguiente parte se crean datos booleanos, los cuales por sus características se utilizan más adelante en el programa, para marcar el inicio y el final del envío de mensajes de texto, un estado de alarma o una transmisión de datos. Además se crean listas de datos, y se asigna el tamaño de estas listas según se crea necesario, y se le asigna un estado inicial a los datos booleanos.

```
boolean bomba1ok = false;  
boolean bomba2ok = false;  
boolean smspresion = false;  
boolean smsvoltaje = false;  
boolean smsnivel = false;  
boolean alertapresion = false;  
boolean alertanivel = false;  
boolean alertavoltaje = false;  
boolean smsM1 = false;  
boolean smstermico1 = false;  
boolean smsM2 = false;  
boolean smstermico2 = false;  
boolean alertaM1 = false;  
boolean alertatermico1 = false;  
boolean alertaM2 = false;  
boolean alertatermico2 = false;  
boolean smsrel1 = false;  
boolean alertarel1 = false;  
boolean smsb1 = false;  
boolean smsb2 = false;  
boolean alertab1 = false;  
boolean alertab2 = false;  
boolean mantenimiento = false;  
boolean started = false;
```

// En esta sección se introducen los datos para la conexión exitosa con la página web ThingSpeak.

En esta sección se introducen los datos necesarios para que el Shield GSM pueda conectarse con la página web thingspeak, dichos datos son suministrados por la misma página al ser creados los Channel para cada equipo de bombeo, cada Channel requiere de su respectivo APIKey, que es la llave de acceso a ese Channel en específico.

// ThingSpeak Settings

```
char thingSpeakAddress[] = "api.thingspeak.com";
```

```
char writeAPIKeyB1[] = "xxxxxxxxxxxxxxxx";
```

```
char writeAPIKeyB2[] = "xxxxxxxxxxxxxxxx";
```

```
const int updateThingSpeakInterval = 300 * 2000;    // Intervalo de tiempo para el
envío de datos a la página ThingSpeak (número de segundos * 1000 = intervalo)
```

```
char sentMsg[50];
```

// Se declaran las entradas y salidas del sistema.

La siguiente sección del programa es el void setup, que es la parte del programa donde se le dice al Arduino cuáles serán las variables globales del programa.

Primeramente se le dice al Arduino que pines de los declarados se utilizarán como entradas y cuáles se utilizarán como salidas además de ejecutar la subrutina **startupGSM900()**; la cual se explicará más adelante.

```
void setup()
{
  // Se declaran las entradas y salidas del sistema.
  //Serial2.begin(9600);
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("GSM Shield testing.");
  pinMode(Reset, OUTPUT); // Se declara el pin 9 como salida. Pin reset shield
  GSM.
  digitalWrite(Reset, HIGH); // Estado inicial pin 9 HIGH.
  pinMode(rel1, OUTPUT); // Se declara el pin 22 como salida. Pin control
  remoto de bombas.
  digitalWrite(rel1, LOW); // Estado inicial pin 22 LOW.
  pinMode(b1, INPUT); // Se declara el pin 26 como entrada. Señal arranque
  Bomba 1.
  pinMode(b2, INPUT); // Se declara el pin 29 como entrada. Señal arranque
  Bomba 2.
  pinMode(nivel, INPUT); // Se declara el pin 30 como entrada. Nivel de agua.
  pinMode(presion, INPUT); // Se declara el pin 33 como entrada. Presión de
  columna.
  pinMode(voltaje, INPUT); // Se declara el pin 34 como entrada. Voltaje de
  alimentación.
  pinMode(termico1, INPUT); // Se declara el pin 38 como entrada. Estado
  termico de la bomba 1.
  pinMode(termico2, INPUT); // Se declara el pin 37 como entrada. Estado
  termico de la bomba 2.
  pinMode(M1, INPUT); // Se declara el pin 41 como entrada. Estado te bomba 1.
```

pinMode(M2, INPUT); // Se declara el pin 42 como entrada. Estado térmico de la bomba 2.

startupGSM900(); // Se llama a la subrutina de arranque de el shield GSM.
}

/* A continuación se crea la subrutina thingspeakPostB1 donde: Se realiza la conexión con la página thingspeak con el apikey para el equipo1 y se transforman las señales recibidas en datos para ser enviados.*/

Como siguiente paso se crea la primera subrutina, llamada **void thingspeakPostB1**, la cual sirve para enviar los datos de las señales provenientes del equipo de bombeo 1 cuando este se encuentra operando, y que se desean enviar hacia el Channel 1, creado para este propósito en la página web Thingspeak.

Primeramente se transforman las señales en datos tipo chart, para luego ser enviados al sitio web, el comando "gsm.SimpleWrite(writeAPIKeyB1);" indica que se escribirá en el APIKeyB1, ya que existe también la opción de comando "gsm.ReadAPIKeyB1", para leer los datos que se encuentren en el Channel deseado, que para este caso no se aplica pero puede ser de interés para futuros proyectos. Seguidamente se crea una segunda subrutina llamada **void thingspeakPostB2**, la cual es semejante y realiza la misma función que la subrutina anterior pero para la conexión con el Channel 2 y los datos de la bomba 2.

```
void thingspeakPostB1() {
```

```
// Se lee el estado de los pines correspondientes a las señales de equipo 1
nivelState = digitalRead(nivel);
presionState = digitalRead(presion);
voltajeState = digitalRead(voltaje);
termico1State = digitalRead(termico1);
M1State = digitalRead(M1);
b1State = digitalRead(b1);
rel1State = digitalRead(rel1);
delay(1000);
char itoaBuffer[10];
char end_c[2];
end_c[0] = 0x1a;
end_c[1] = '\0';
// nivel int to char
char datanivel[50];
String strnivel;
strnivel = String(nivelState);
strnivel.toCharArray(datanivel, 50);

// presion int to char
char datapresion[50];
String strpresion;
strpresion = String(presionState);
strpresion.toCharArray(datapresion, 50);

// voltaje int to char
```

```
char datavoltaje[50];  
String strvoltaje;  
strvoltaje = String(voltajeState);  
strvoltaje.toCharArray(datavoltaje, 50);  
  
// termico 1 int to char  
char datatermico1[50];  
String strtermico1;  
strtermico1 = String(termico1State);  
strtermico1.toCharArray(datatermico1, 50);  
  
// M1 int to char  
char dataM1[50];  
String strM1;  
strM1 = String(M1State);  
strM1.toCharArray(dataM1, 50);  
  
// Selector de equipo B1 int to char  
char datab1[50];  
String strb1;  
strb1 = String(b1State);  
strb1.toCharArray(datab1, 50);  
  
// Relay 1 int to char  
char datarel1[50];  
String strrel1;  
strrel1 = String(rel1State);
```

```

strrel1.toCharArray(datarel1, 50);

if (inet.connectTCP(thingSpeakAddress, 80)) {

    Serial.println("connected to thingspeakB1");

    gsm.SimpleWrite("POST /update HTTP/1.1\r\n");
    gsm.SimpleWrite("Host: api.thingspeak.com\r\n");
    gsm.SimpleWrite("Connection: close\r\n");
    gsm.SimpleWrite("X-THINGSPEAKAPIKEY: ");
    gsm.SimpleWrite(writeAPIKeyB1);
    gsm.SimpleWrite("\r\n");
    gsm.SimpleWrite("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\r\n");
    gsm.SimpleWrite("Content-Length: ");

    sprintf(sentMsg,
"field1=%s&field2=%s&field3=%s&field4=%s&field5=%s&field6=%s&field7=%s",
datanivel, datapresion, datavoltaje, datatermico1, dataM1, datab1, datarel1);

    itoa(strlen(sentMsg), itoaBuffer, 10);
    gsm.SimpleWrite(itoaBuffer);
    gsm.SimpleWrite("\r\n\r\n");
    gsm.SimpleWrite(sentMsg);
    gsm.SimpleWrite("\r\n\r\n");
    gsm.SimpleWrite(end_c);
}
else
{
    /* Si falla la conexión se imprime el mensaje en pantalla y se llama a las
    subrutinas

    de reset y arranque del shield GSM.*/

```

```

Serial.println("failed");
restartGSM900();
delay(2000);
startupGSM900();
}
}

```

//Subrutina de reset del shield sim 800L si se da una falla de comunicación.

Esta subrutina es llamada cada vez que el Shield GSM sufre un error de comunicación o no responde, la subrutina es muy simple ya que solamente consiste en la desactivación del pin 9 declarado como pin Reset en el programa, durante 2000ms y seguidamente se vuelve a activar ya que este es el estado normal para que el Shield GSM pueda operar.

```

void restartGSM900()
{
digitalWrite(Reset, LOW);
delay(2000);
digitalWrite(Reset, HIGH);
delay(1000);
}

```

// Subrutina de arranque del shield sim 800L y conexiones del mismo.

La siguiente subrutina es la de arranque del Shield GSM, en ella se introducen los comandos necesarios para el arranque y conexiones del Shield con el sistema y la pantalla serial del computador, para que pueda ser visualizado el comportamiento del mismo y su estado actual.

```

void startupGSM900() {
  if (gsm.begin(2400)) {
    Serial.println("\nstatus=READY");
    started = true;
  }
  else Serial.println("\nstatus=IDLE");

```

// Línea donde se asignan los números celulares autorizados para enviar y recibir SMS.

Seguidamente se le solicita al programa que si el Shield se encuentra operando o inicializado, imprima en pantalla la activación del proyecto, y que envíe un SMS a los números telefónicos celulares que en esta misma sección se asignen, notificando de la puesta en marcha del proyecto.

Además, se realizan las conexiones a Internet, introduciendo el APN de la compañía administradora de la red celular, se asegura la conexión y se lee la IP asignada para la conexión. Seguidamente se realiza el primer envío de datos a la página web Thingspeak.

```

if (started) {
  Serial.println(" => Proyecto Activado");
  // if (sms.SendSMS("+506xxxxxxxx", "Proyecto Activado"))
  //if (sms.SendSMS("+506xxxxxxxx", "Proyecto Activado"))
  // Serial.println("\nSMS sent OK");
  delay(5000);
  gsm.SimpleWrite("AT");
  delay(1000);
  gsm.WhileSimpleRead();

```

```

//GPRS attach, introduzca en orden APN, username and password.
//Si no son necesarios deje el espacio en blanco.
if (inet.attachGPRS("internet.ideasclaro", "", ""))
    Serial.println("status=ATTACHED");
else Serial.println("status=ERROR");
delay(1000);
//Lectura de la direccion IP.
gsm.SimpleWriteIn("AT+CIFSR");
delay(5000);
//Leer hasta que el búfer serial esté vacío.
gsm.WhileSimpleRead();
delay(2000);
thingspeakPostB1();
delay(10000);
thingspeakPostB2();
delay(4000);
}
else { restartGSM900(); }

```

// Software para chequeo de estados de los parámetros de los equipos.

La rutina void loop es la principal del programa, en ella se le dice al Arduino qué hacer con las variables globales asignadas anteriormente, además de cuándo ejecutar las diferentes subrutinas y las ordenes de envío de mensajes, alertas y la recepción de comandos remotos, así como el envío de los datos a los Channels de la página Thingspeak.

Primeramente se le solicita al Arduino leer el estado de las diferentes entradas y salidas, para detectar gracias a la serie de comandos siguientes la existencia de una falla el sistema monitoreado y según sea el caso alertar.

```
void loop(){

    nivelState = digitalRead(nivel);

    presionState = digitalRead(presion);

    voltajeState = digitalRead(voltaje);

    termico1State = digitalRead(termico1);

    termico2State = digitalRead(termico2);

    M1State = digitalRead(M1);

    M2State = digitalRead(M2);

    b1State = digitalRead(b1);

    b2State = digitalRead(b2);

    rel1State = digitalRead(rel1);

    if (presionState == HIGH) {

        if (smspresion == false) {

            Serial.println(" => Presion normal.");

            delay(1000);
```

```
smspresion = true;

alertapresion = true;

}

}

else {

    if (presionState == LOW) {

        if (alertapresion == true) {

            Serial.println(" => Disparo Alta presion de descarga.");

            delay(500);

            (sms.SendSMS("+506000000000", "Disparo Alta presion."));

            Serial.println("\nSMS sent OK");

            delay(1000);

            alertapresion = false;

            smspresion = false;

        }

    }

}
```

Se crean (if) semejantes al anterior para cada una de las variables chequeados por el sistema las cuales son: Maneta de selección de equipo, Voltaje, nivel, térmico 1, térmico 2 y el estado de los equipos b1 y b2.

Seguidamente con cada arranque o apagado de equipo se envían SMS y actualizaciones a la página web Thingspeak, se crea una para cada equipo.

Esta sección del código la función que realiza es la siguiente, se le dice al Arduino que si el estado de la variable (b1State == HIGH), que es el estado del equipo de bombeo 1, además se encuentre seleccionado en la maneta de arranque (M1State== HIGH) para que entre en operación y adicional a esto el estado de la variable booleana (smsb1== false), se proceda a imprimir en la pantalla serial el mensaje de que este equipo se encuentra en operación y se envíe un SMS al administrador del sistema sobre el estado del equipo, también se envía la actualización del estado de las variables del equipo 1 a la página Thingspeak, propiamente al Channel creado para este fin.

```
if (b1State == HIGH) {
  if (smsb1 == false) {
    Serial.println(" => Bomba 1 ON.");
    (sms.SendSMS("+50688851175", "Bomba 1 ON.));
    Serial.println("\nSMS sent OK");
    delay(4000);
    if (b1State == HIGH) {
      thingspeakPostB1();
      delay(2000);
    }
  }
}
```

```

    smsb1 = true;
    alertab1 = true;
}
}
else {
    if (alertab1 == true) {
        Serial.println(" => Bomba 1 OFF.");
        //ApagueBombas();
        (sms.SendSMS("+50688851175", "Bomba 1 OFF.));
        Serial.println("\nSMS sent OK");
        delay(4000);
        thingspeakPostB1();
        delay(2000);
        alertab1 = false;
        smsb1 = false;
    }
}
}

```

//Control remoto para la conmutación de los equipos.

Esta sección del programa se encarga de la recepción de comandos remotos, enviados por los celulares autorizados en esta misma sección vía SMS, se le dice al Arduino que si el comando recibido es igual a la palabra (Desactivar), este proceda a escribir un estado HIGH en el pin designado relay1. Por otra parte si el comando recibido es igual a la palabra (Activar), el Arduino procederá a escribir un estado LOW en el pin designado relay1. La activación o desactivación del pin

relay1, envía una señal hacia la entrada digital 8 del módulo de control por medio del módulo de interface y esto activa o desactiva la operación del equipo que se encuentre operando o seleccionado para operar.

También existe la posibilidad de solicitarle al Arduino que realice un barrido del estado de todas la entradas y salidas del sistema para que seguidamente las actualice en la página web Thingspeak, para visualizarlas en ese momento si se desea, para ejecutar este comando se debe enviar el SMS (Actualizar) al sistema.

El programa es capaz de reconocer si los comandos entrantes son erróneos con lo cual imprimirá en la pantalla serial del computador el mensaje (comando desconocido), y también podrá distinguir si el comando entrante proviene de un celular que no está autorizado para este propósito, e imprimirá en pantalla el mensaje (Teléfono no reconocido).

```
char inSerial[50];
char position;
if (started)
{
    position = sms.IsSMSPresent(SMS_ALL); // Valore da 1..20
    if (position)
    {
        //Se lee el SMS y se establece quien es el remitente
        sms.GetSMS(position, n, smsbuffer, 160);
```

//Cambiar o autorizar los números para envío de comandos de SMS

En este tramo del programa es el punto donde se asignan los números celulares autorizados a enviar comandos remotos al sistema, como se aprecia pueden ser varios los números autorizados.

```

if ((strcmp(n, "+506xxxxxxx") == 0)
    ||(strcmp(n, "+50600000000") == 0)
    || (strcmp(Mittente, "+50600000000") == 0)
    || (strcmp(Mittente, "+50600000000") == 0)
)
{
    Serial.print("Comando Ricibido [tel. " + String(n) + String(": ") +
String(smsbuffer));
    if (strcmp(smsbuffer, "Desactivar") == 0)
    {
        digitalWrite(rel1, HIGH);
        mantenimiento = true;
        sms.DeleteSMS(position);
        delay(2000);
    }
    if (strcmp(smsbuffer, "Activar") == 0)
    {
        digitalWrite(rel1, LOW);
        mantenimiento = false;
        sms.DeleteSMS(position);
        delay(2000);
    }

    if (strcmp(smsbuffer, "Actualizar") == 0)

```

```

{
    delay(2000);
    thingspeakPostB1();
    delay(10000);
    thingspeakPostB2();
    delay(2000);
    sms.DeleteSMS(position);
    delay(2000);
}

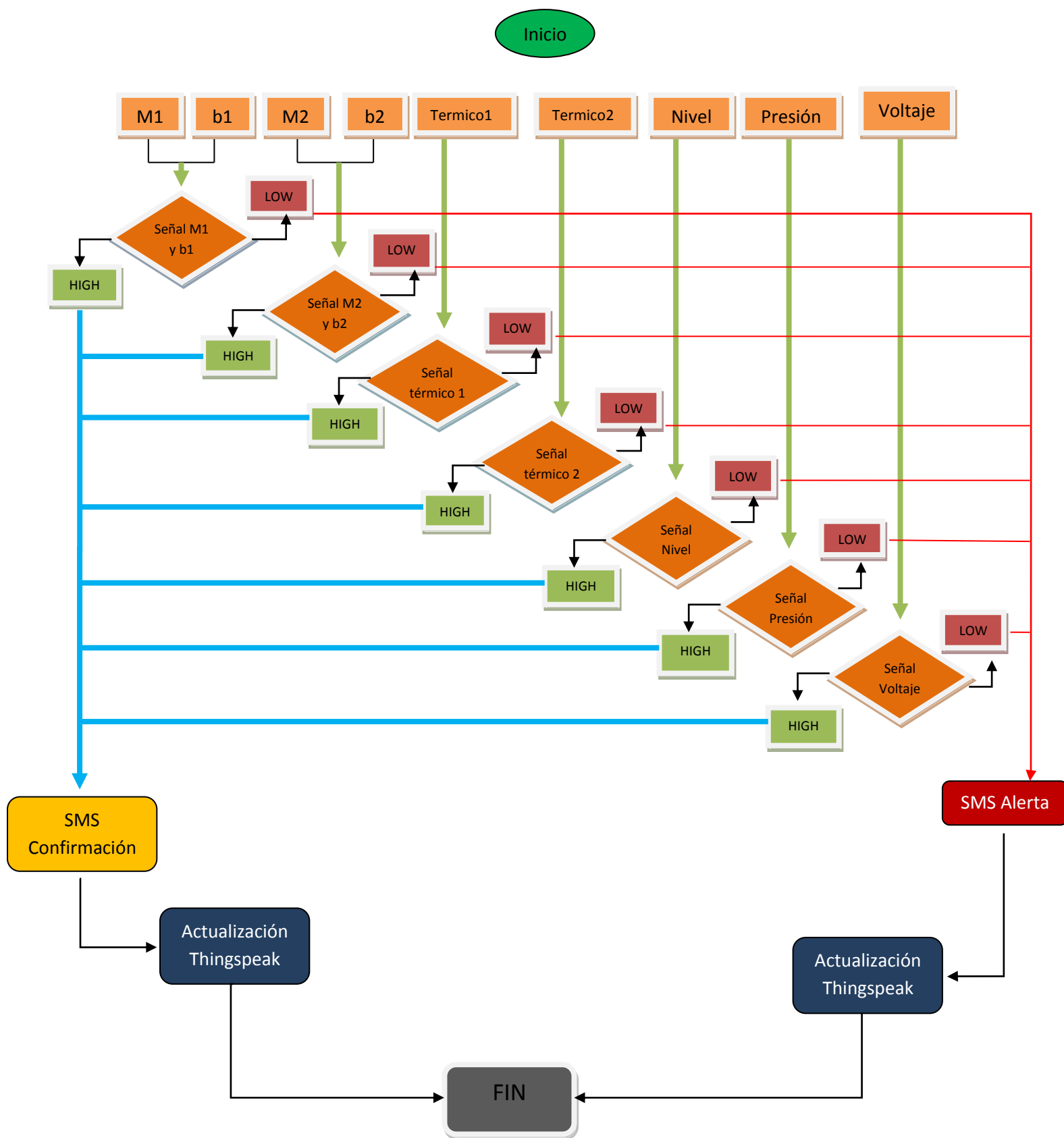
else {
    Serial.println("Comando no reconocido!");
    sms.DeleteSMS(position); // Elimina l'SMS appena analizzato
}
}

else {
    Serial.println("telefono no reconocido!");
    sms.DeleteSMS(position); // Elimina l'SMS appena analizzato
}
}
}
}

```

A continuación se muestra el diagrama de bloques con la lógica del programa para el Arduino Mega 2560.

Diagrama de bloques del programa Arduino Mega 2560



5.4 REMODELACIÓN DE PANEL.

Para efectuar el proyecto se realizaron varias visitas de campo a la estación de bombeo La Colina, para constatar el estado del panel de control, el cual contaba con instrumentación deteriorada por el paso del tiempo y en algunos casos obsoleta, por lo tanto, se tomó la decisión de instalar nuevos componentes, en especial referente a sensores de nivel, presión de agua y voltaje, junto con un relé programable Siemens LOGO OBA8, para controlar todo el sistema de forma local. También, se decidió que los componentes encargados de dirigir la potencia hacia los equipos se encontraban en buenas condiciones, por lo que se mantuvieron.

La figura 30, muestra el panel de control de la estación de bombeo La Colina antes de su remodelación.

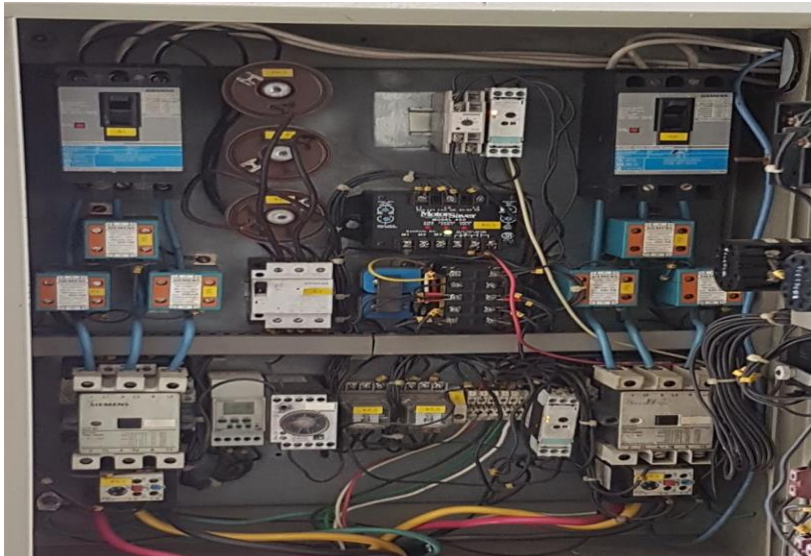


Figura 30. Antiguo panel de control La Colina.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Definidas las necesidades para implementación de mejoras en el panel de control se procedió a la realización de las mismas, y realizando una serie de pruebas para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de panel y equipos de bombeo.

Cabe recalcar que la gran limitante para la realización de esta remodelación fue el tiempo, ya que los trabajos se debían realizar en menos de 8 horas a partir de su inicio, ya que el sistema de bombeo es operativo y un prolongado lapso fuera de operación afectaría a los abonados que reciben el suministro de agua gracias a este sistema.

La figura 31, muestra el panel de control de la estación La Colina, después de ser remodelado.

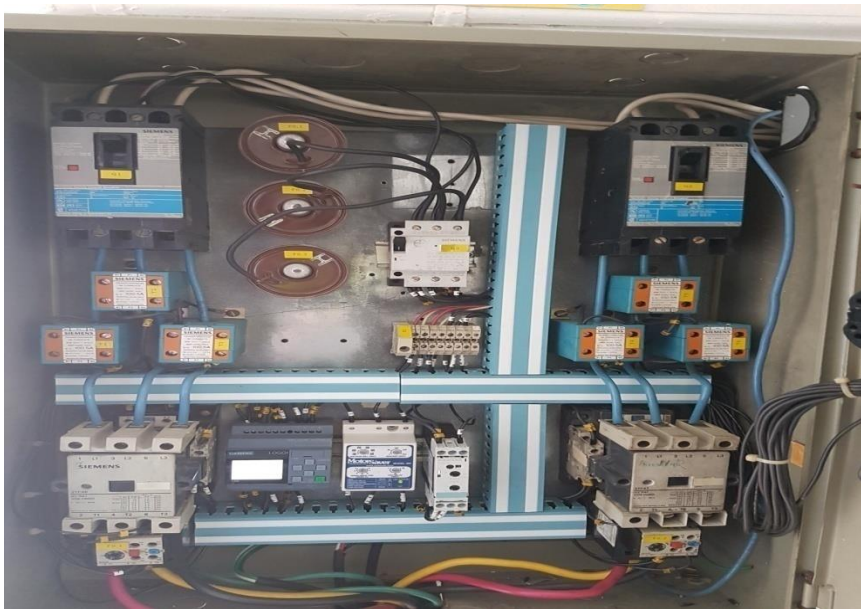


Figura 31. Panel de control La Colina remodelado.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Como se puede apreciar al comparar las figuras 30 y 31, el cambio es notorio en cuanto a la cantidad de componentes en el panel, esto se logró gracias a la colocación del relé programable Siemens LOGO OBA8, el cual gracias al programa implementado, es capaz de realizar las tareas de algunos de los antiguos componentes retirados del panel, como lo son la cuenta de tiempos de retardos de arranque por disparos de presión, el censado de la señales de presión, la alternación de equipos por fallas térmicas, y el enclavamiento de los equipos, para que estos no puedan ser activados simultáneamente.

La figura 32, muestra los componentes que fueron retirados del panel de control y sustituidos gracias al programa realizado para el relé programable Siemens LOGO OBA8.



Figura 32. Componentes reemplazados en panel de control.

Fuente: Elaboración propia 2017.

5.5 PRUEBAS DE CAMPO DEL MODULO DE CONTROL.

Seguidamente se llevaron pruebas de campo para la confirmación del correcto funcionamiento del panel de control, accionando de forma manual los dispositivos que envían las señales de falla al relé programable, el mismo debe imprimir en su interface de pantalla, alertas sobre las fallas presentes y demás acontecimientos incluidos en el programa implantado.

La siguientes figuras muestran las diferentes respuestas del software del módulo de control ante cambios en sus respectivas entradas.

Figura 33, muestra la reacción ante la activación de la Q1 del módulo de control.



Figura 33. Activación de equipo 1 en el módulo de control.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Figura 34, muestra la reacción ante la activación de la Q2 del módulo de control.

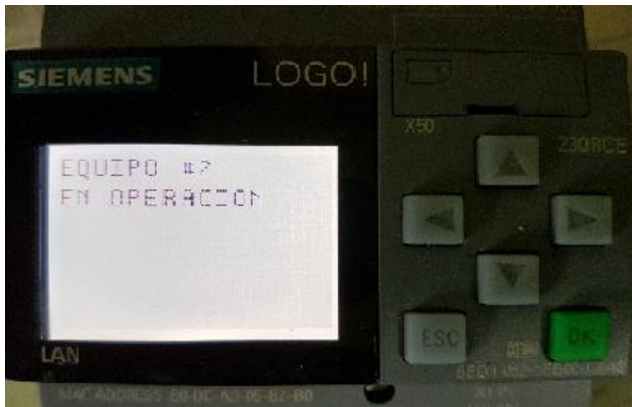


Figura 34. Activación de equipo 2 en el módulo de control.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Figura 35, muestra la reacción ante estado LOW de la I7 del módulo de control.

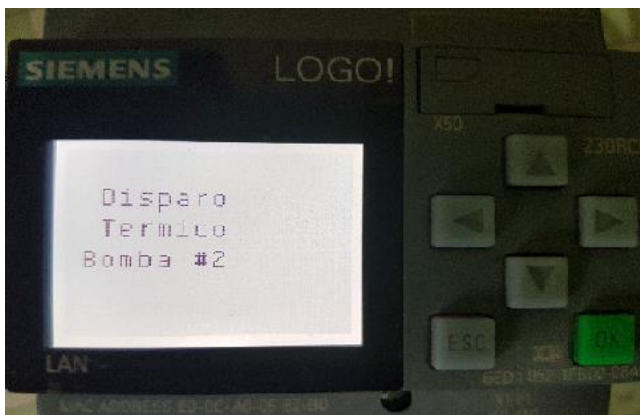


Figura 35. Aviso disparo térmico equipo 2.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Figura 36, muestra la reacción ante estado LOW de la I3 del módulo de control.



Figura 36. Aviso bajo nivel de tanque succión.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Figura 37, muestra la reacción ante estado LOW de la I6 del módulo de control.

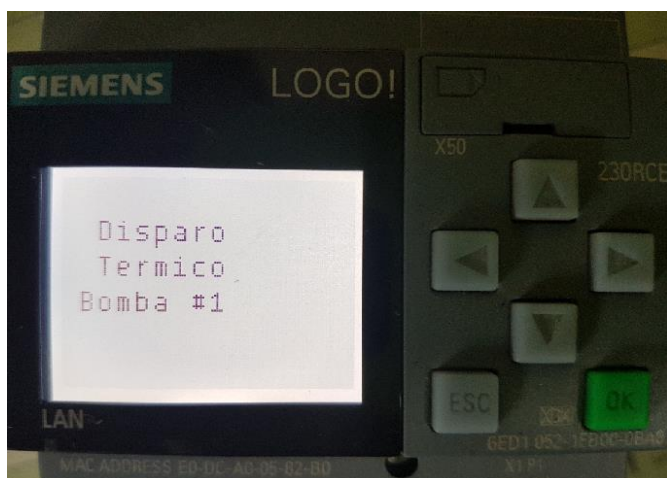


Figura 37. Aviso disparo térmico equipo 1.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Figura 38, muestra la reacción ante estado LOW de la señal proveniente del sensor de voltaje hacia la I5 del módulo de control.

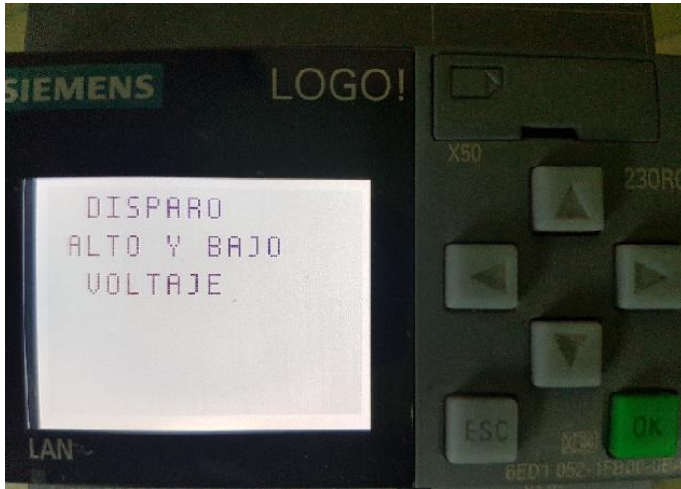


Figura 38. Aviso falla de voltaje.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Figura 39, muestra la reacción ante estado LOW de la señal proveniente del sensor de psi hacia la I4 del módulo de control.

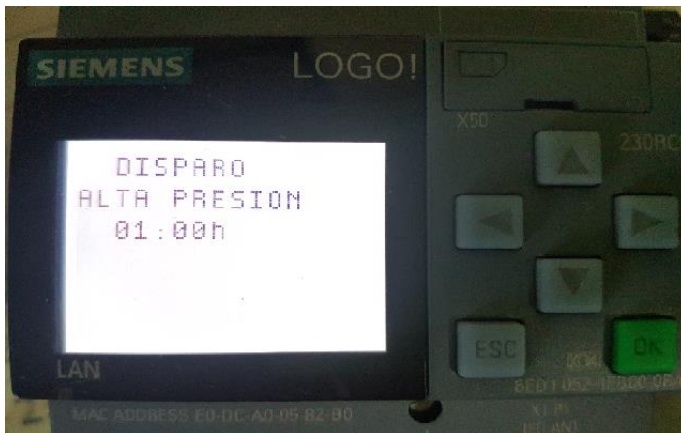


Figura 39. Aviso alta psi descarga.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Figura 40, muestra la reacción ante estado HIGH o normal para las señales censadas por las entradas digitales I3, I4, I5, I6, I7, y un estado LOW o normal para las señales censadas por las entrada digital I1, I2, e I8, del módulo de control.

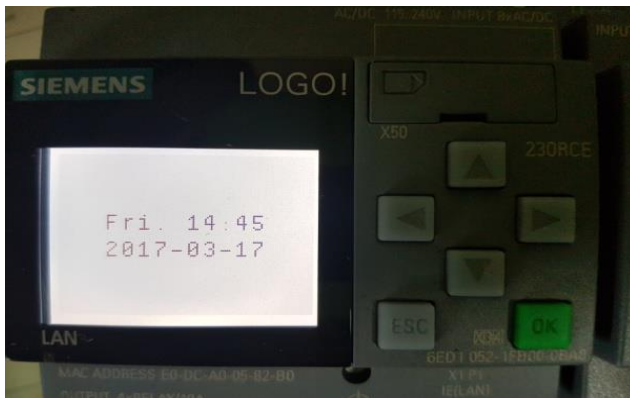


Figura 40. Estado de no operación de ningún equipo en condiciones normales.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Figura 41, muestra la reacción ante estado HIGH de la I8 del módulo de control.

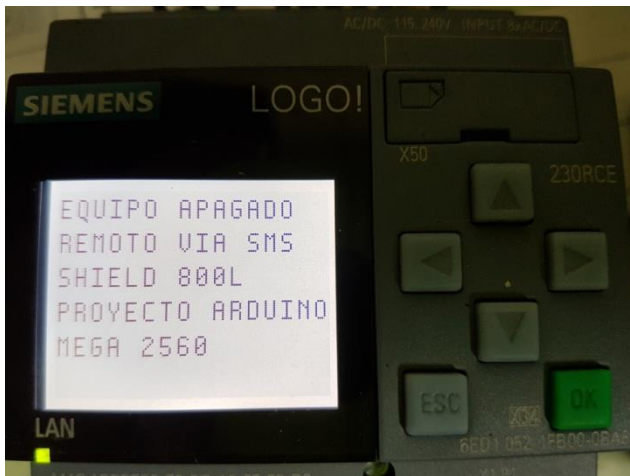


Figura 41. Aviso apagado remoto por SMS.

Fuente: Elaboración propia 2017.

5.6 PRUEBAS DE CAMPO DE LOS MÓDULOS DE INTERFACE Y COMUNICACIÓN.

Después de corroborar el correcto funcionamiento del módulo de control se procedió a acoplar los módulos de interface, comunicación y prueba del funcionamiento de los mismos.

5.6.1 Modulo de interface.

Este módulo está compuesto por relés alimentados por señales provenientes de los sensores del panel de control, estas señales tienen una intensidad de 220V, con la cual la bobina de los relés reacciona conmutando el estado de sus contactos internos, (NO) normalmente abierto y (NC) normalmente cerrado, a los cuales están conectadas las distintas señales provenientes del módulo de comunicación y que por medio de la activación de dichos contactos, retornan al mismo, logrando así detectar el cambio en el estado de las señales.

La figura 42, muestra el módulo de interface 220V – 5V.



Figura 42. Módulo de interface 220V - 5V.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Después de varias pruebas en el lugar se constató que las señales transitaban con éxito por la interface, logrando la comunicación entre el módulo de control y el módulo de comunicación.

5.6.2 Módulo de Comunicación.

Este módulo compuesto por el micro controlador Arduino Mega 2560 y el Shield GSM 800L, tiene la función de analizar las señales provenientes del módulo de interface y enviar en caso de alguna anomalía, una alerta a los encargados del sistema, además de recibir comandos enviados por los encargados desde sus celulares y transmitirlos al módulo de control.

Asimismo, el módulo cumple una función adicional de suma importancia: transformar las señales recibidas, desde el módulo de control e interface y transformarlas en datos para luego enviarlos a la página web Thingspeak, donde podrán ser monitoreados los comportamientos y de ser requerido, se podrán descargar desde esta página para crear una base de datos, con la cual poder diagnosticar los puntos necesarios a intervenir en el sistema, además de saber los tiempos en que se dan las fallas del sistema.

5.6.3 Prueba de los módulos

Seguidamente se apreciarán las distintas imágenes de las pruebas de funcionamiento de los módulos de Interface y comunicación, los cuales deben trabajar en conjunto pues el primero alimenta al otro con la información necesaria para que el segundo, pueda proceder a realizar las acciones requeridas según el programa diseñado e instalado en el módulo de comunicación.

Como primera imagen se observa la interface de inicio con la página web Thingspeak, donde se crearon dos Channel, uno para cada equipo que se desea monitorear.

La figura 43, muestra la interface de inicio de la página thingspeak.

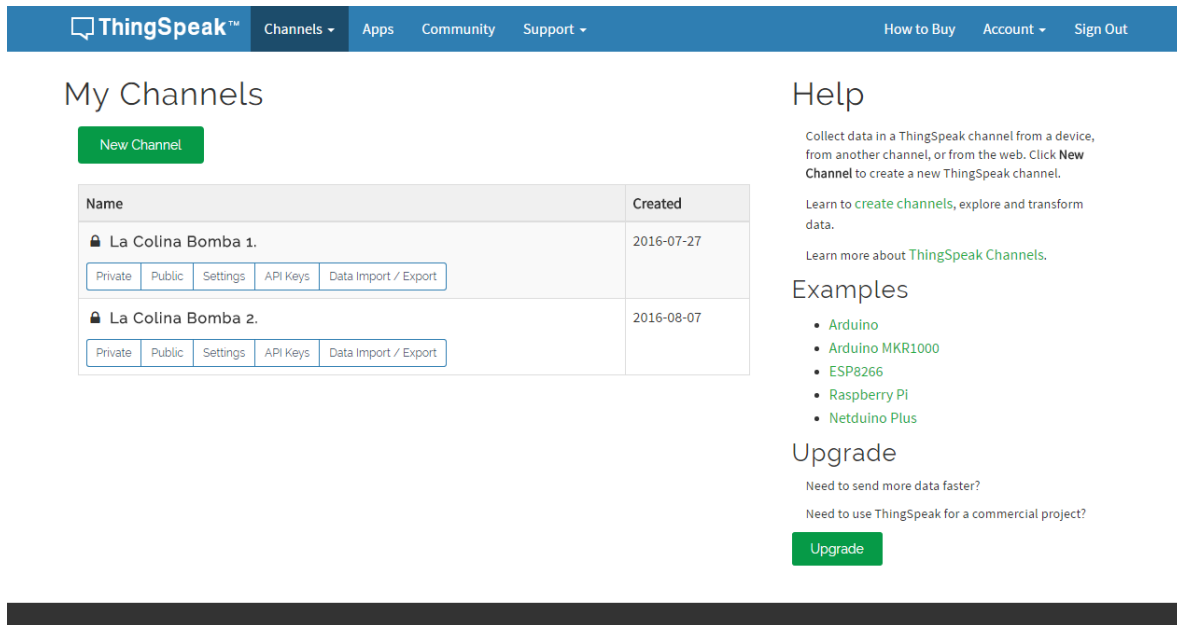


Figura 43. Interface de inicio de la página Thingspeak.

Fuente: Elaboración propia 2017.

A continuación se aprecia la vista del Channel 1, de nombre La Colina Bomba 1 creado para este equipo, se pueden observar varias ventanas de nombre Field Cahrt 1, Field Cahrt 2, Field Cahrt 3, Field Cahrt 4, Field Cahrt 5, Field Cahrt 6 y Field Cahrt 7, los cuales corresponden al lugar donde se podrá apreciar el estado de cada uno de las distintas variables que se desean estudiar de este equipo.

La Figura 44, muestran la vista del Channel 1 creado para el equipo de bombeo 1, de La estación de bombeo La Colina.

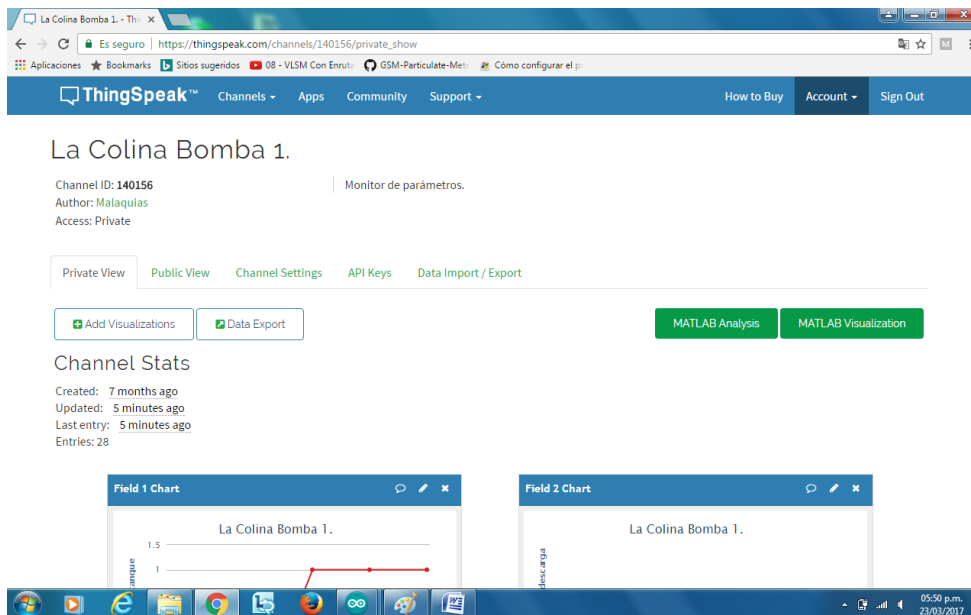


Figura 44. Channel La Colina Bomba 1.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Seguidamente se aprecia la vista del Channel 2, de nombre La Colina Bomba 2 creado para este equipo, se observan varias ventanas de nombre Field Cahrt 1, Field Cahrt 2, Field Cahrt 3, Field Cahrt 4, Field Cahrt 5, Field Cahrt 6 y Field Cahrt 7, los cuales corresponden al lugar donde se podrá apreciar el estado de cada uno de las distintas variables que se desean estudiar de este equipo.

La Figura 45, muestras la vista del Channel 2 creado para el equipo de bombeo 2, de La estación de bombeo La Colina.

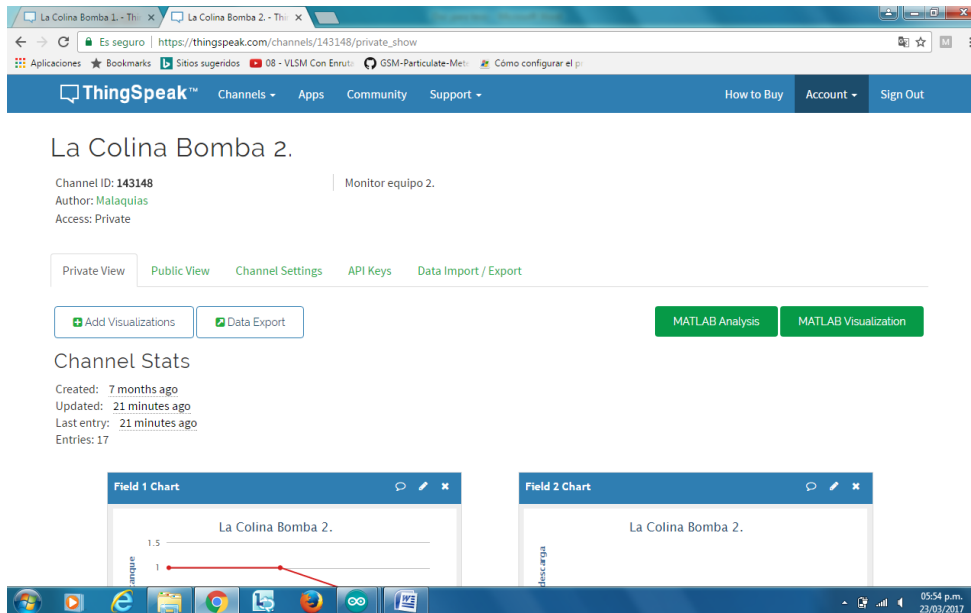


Figura 45. Channel La Colina Bomba 2.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Se aprecia en la figura siguiente la interface de uno de los equipos, en específico el Channel de la bomba 1, con sus respectivos Field chart, los cuales se nombran según la información recibida de la variable asignada a este.

Para el Channel de la bomba 2, se crearon la misma cantidad de Field Chart, con sus respectivos nombres, de acuerdo con el equipo monitoreado.

La figura 46, muestra los Field Chart del Channel La Colina Bomba 1.



Figura 46. Field Chart Channel La Colina Bomba 1.

Fuente: Elaboración propia 2017.

La siguiente tabla muestra cómo se nombró cada Field chart, según su variable asignada.

Nombramiento de los Field Chart.	
Field Chart 1	Nivel de tanque
Field Chart 2	Presión de descarga
Field Chart 3	Voltaje
Field Chart 4	Relay Térmico
Field Chart 5	Maneta de Arranque M1
Field Chart 6	Bomba 1
Field Chart 7	Comando Remoto
Field Chart 8	Espacio Disponible

Tabla 3. Nombramiento de los Field Chart del Channel La Colina Bomba 1.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Es importante resaltar que existe la posibilidad de crear un octavo Field Chart, el cual es la máxima cantidad de Field Chart posibles por Channel. Los estados de cada Field varían según la señal entrante, para cada uno se estableció el valor (1), como el estado normal de operación para cada variable y un valor (0), como un estado de falla en esta variable.

A continuación se aprecia la interface serial Arduino – Laptop, con la cual se pueden observar las acciones que el Arduino va ejecutando según el programa instalado. En la imagen se puede apreciar como el Arduino indica, por medio de la pantalla del computador que se encuentra conectado a él de forma serial, como el programa arranca inicializando el Shield GSM testeándolo, al ver que el mismo funciona correctamente, imprime en pantalla el status del este y el mensaje (Proyecto Activado). Seguidamente se procede a la conexión de Internet y la

solicitud de una IP de red, se imprime en pantalla la leyenda (Status = ATTACHED) seguida de la dirección IP asignada por la red, luego de esto se procede a la primera conexión con la página web Thingspeak, para enviar el estado inicial de las variables vigiladas, y se imprime en pantalla el estado de estas. Si se encuentra alguno equipo seleccionado para operar y el mismo arranca, como en este caso en el cual el equipo dos entro en operación, se imprime en la pantalla dicho evento y se procede a actualizar en el Channel respectivo creado para el equipo en thingspeak.com la información .

La figura 47, muestra la interface serial de Arduino.

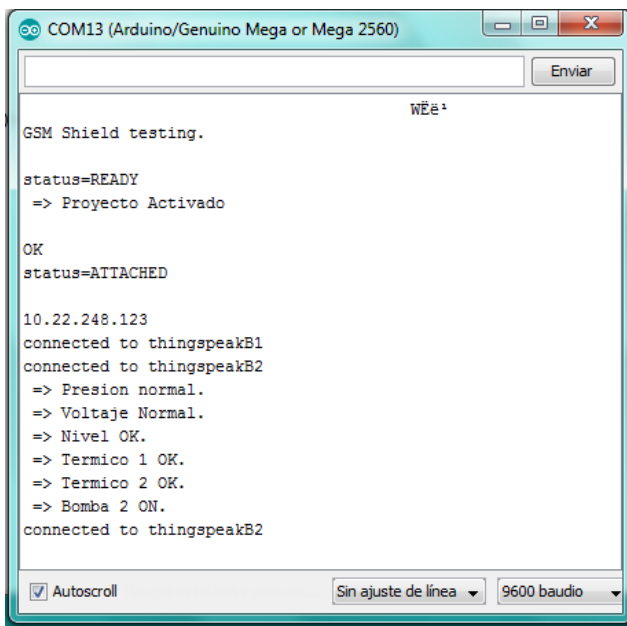


Figura 47. Interface serial de Arduino.

Fuente: Elaboración propia 2017.

5.7 SECUENCIA DE APAGADO REMOTO.

En esta parte del proyecto se demuestra el funcionamiento del sistema de encendido y apagado remoto de los equipos de bombeo vía SMS.

La figura 48, muestra la captura de pantalla realizada desde el teléfono autorizado para el envío de comandos al Arduino Mega instalado en el Bombeo La Colina de AyA.

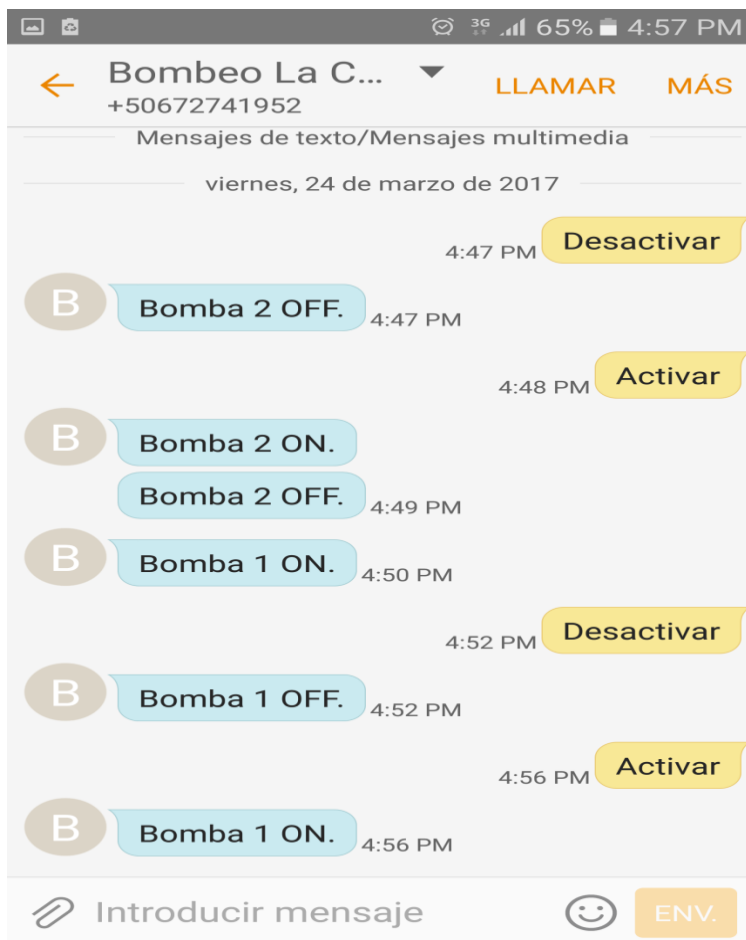


Figura 48. Captura de pantalla hora de envío de comandos SMS.

Fuente: Elaboración propia 2017.

En primera instancia se aprecia cómo la bomba 2 que se encontraba operando desde el ciclo presentado en la figura 46, se apaga gracias a la recepción del comando (Desactivar) enviado desde un número celular autorizado en el programa, debido a esto el Arduino activa la señal de 5V del pin 22 o relay1, con lo que se acciona un Shield relé que sirve de interface para la señal de 220V, que activa la entrada digital I8 del módulo de control apagando con ello cualquier equipo que se encuentre operando. Luego de esto envía dos impresiones a pantalla con las leyendas (Bombas OFF Remoto) y (Bomba 2 Apagada), indicando el motivo por el que los equipos se apagaron y cual fue en específico el equipo que se encontraba operando y se apagó, procediendo de seguido a enviar un SMS a los números seleccionados en el programa informando del acontecimiento y actualizando el estado del equipo en la página web.

Continuando con la secuencia se envía un nuevo SMS al Arduino con el comando (Activar), con lo que el microcontrolador procede a desactivar la señal del pin 22, y con ello desactivando el Shield relé y a su vez la entrada digital I8 del módulo de control, activando con esto la operación del equipo que se encuentre seleccionado para operar.

Luego se procede a apagar el equipo dos de forma local con la maneta de selección y se procede a la misma secuencia pero para la bomba 1.

Figura 49, muestra la prueba de la conmutación de los equipos de bombeo vía comandos enviados por SMS, vista desde la interface serial de Arduino.

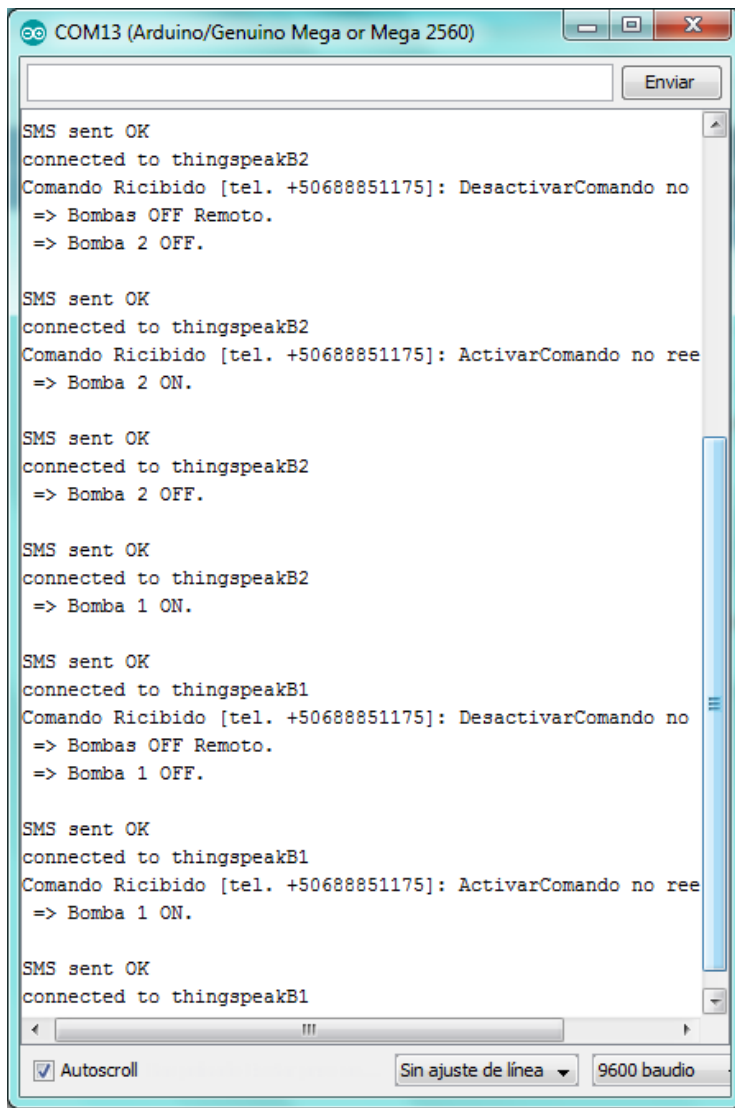


Figura 49. Conmutación de equipos por comandos SMS.

Fuente: Elaboración propia 2017.

La figura 50, muestra la hora de actualización de una entrada de comando de desactivación remoto.

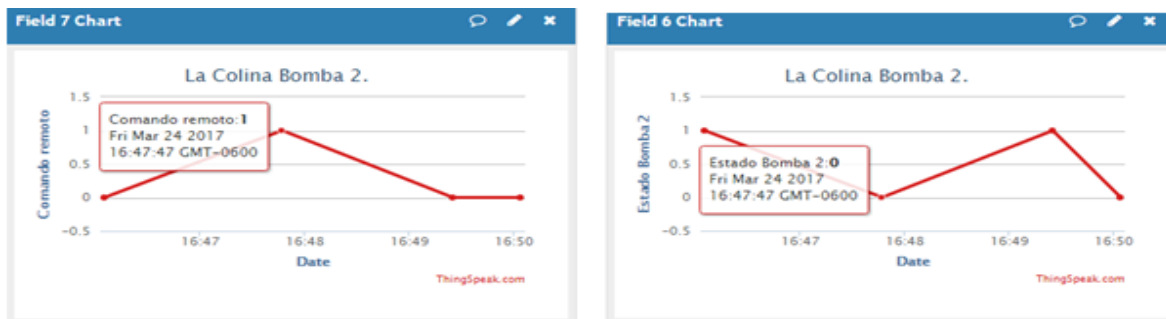


Figura 50. Actualización de un comando de desactivación remoto Bomba 2.

Fuente: Elaboración propia 2017.

En la siguiente figura se ve la actualización de un estado de las variables de la bomba 2, donde se observa la entrada de un comando de activación en el Field Chart Comando Remoto, con lo que se da la entrada en operación de la bomba 2, lo que se observa en el Field Chart Estado Bomba 2. Cada punto en la gráfica representa una actualización de datos, al posar el marcador del mouse sobre este la página brinda esa información.

La figura 51, muestra la hora de actualización de una entrada de comando de activación remoto.

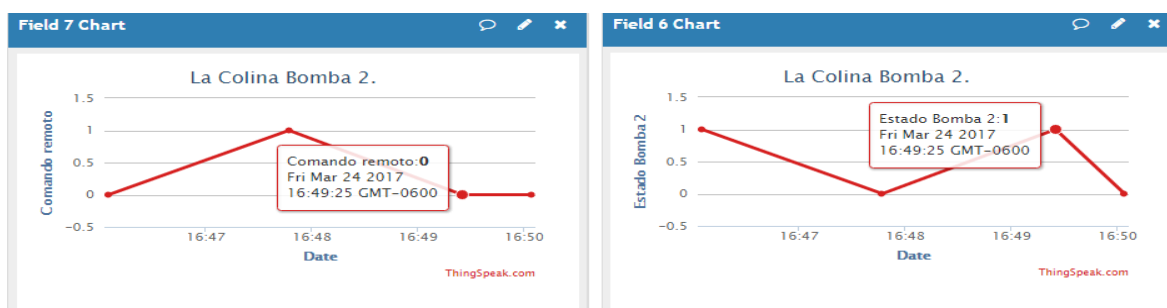


Figura 51. Actualización de un comando de activación remoto Bomba 2.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Se realiza el mismo proceso para la bomba 1 y se presentan las imágenes correspondientes a sus respectivos Field Chart, para luego realizar la tabla relacionando los tiempos de cada evento.

La figura 52, muestra la hora de actualización de una entrada de comando de desactivación remoto para la bomba 1.

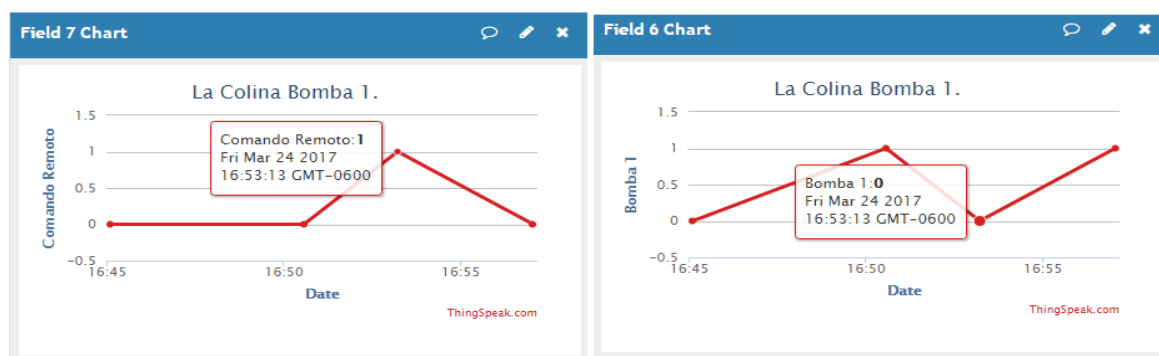


Figura 52. Actualización de un comando de desactivación remoto Bomba 1.

Fuente: Elaboración propia 2017.

La figura 53, muestra la hora de actualización de una entrada de comando de activación remoto para la bomba 1.

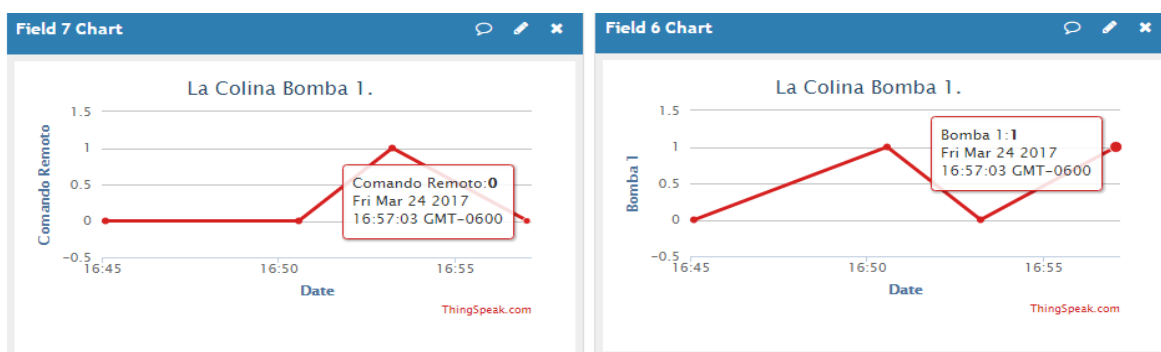


Figura 53. Actualización de un comando de activación remoto Bomba 1.

Fuente: Elaboración propia 2017.

5.8 SECUENCIA DISPAROS TÉRMICOS.

Como parte de las prueba realizadas al sistema se procedió también con los avisos, alertas y actualizaciones de estado de las variables denominadas (Disparo térmico 1) y (Disparo térmico 2), para la que el módulo de control en caso de darse alguna, proceda a realizar un relevo del equipo afectado, poniendo en operación el equipo que se encuentra en reposo, a pesar de que este no se encuentre seleccionado para operar desde la maneta de selección de equipos.

Primeramente la figura 54, muestra la captura de pantalla de las horas en que se recibieron los mensajes de confirmación y alerta de los sucesos térmicos ocurridos para cada equipo.

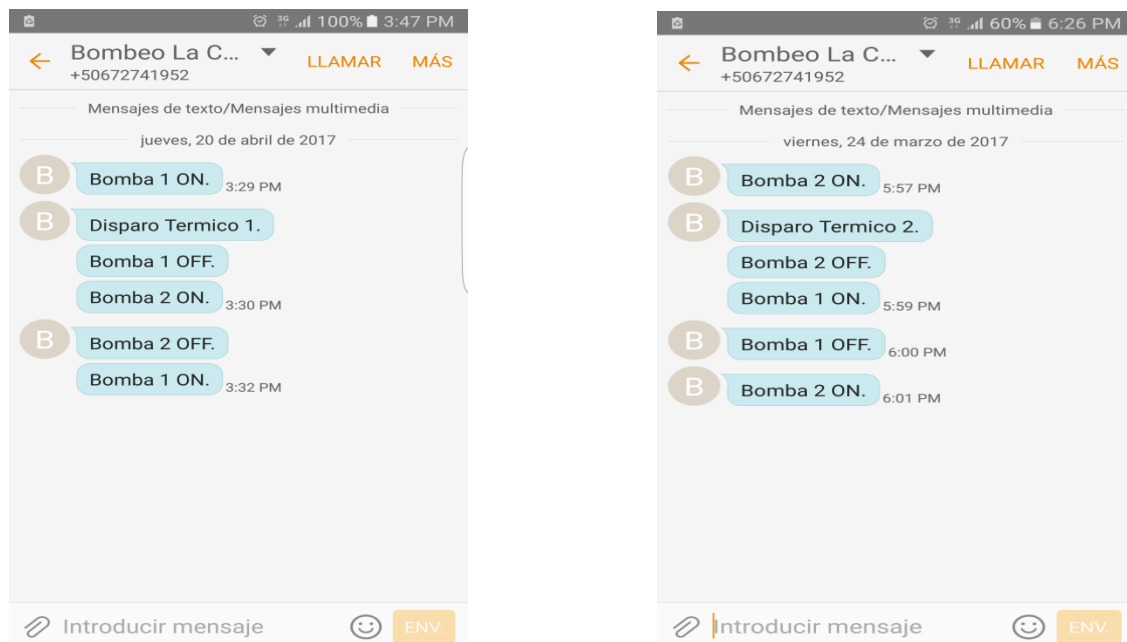


Figura 54. Captura pantalla de SMS de confirmación y alertas térmicas.

Fuente: Elaboración propia 2017

Como se observa en la figura cada equipo se encontraba operando hasta el momento en que se dio el disparo térmico respectivo, por lo que se recibe un SMS de alerta con la leyenda (Disparo térmico x), seguidamente se apaga el equipo afectado, se recibe un nuevo SMS que dice (Bomba x OFF), seguido a esto el sistema procede a encender el equipo de relevo, para garantizar el suministro de agua, y envía un nuevo SMS de confirmación (Bomba x ON). En cuanto el problema térmico es reparado, el sistema apaga la bomba de relevo y envía un SMS indicando el hecho (Bomba x OFF), y procede a reanudar la operación del equipo que se encontraba como equipo principal en el momento de la falla y envía un último SMS indicándolo (Bomba x ON), llegando así al fin de una secuencia de disparo termico.

La figura 55, muestra la captura de la pantalla serial del Arduino Mega 2560, donde se aprecian las respectivas secuencias para el disparo térmico del equipo 1 y el disparo térmico del equipo 2.

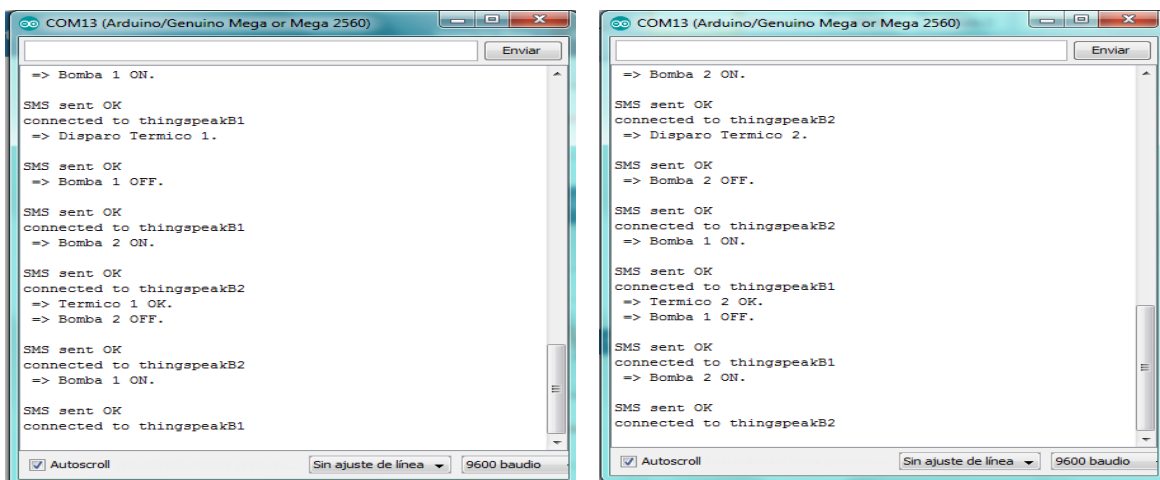


Figura 55. Vista secuencias térmicas en pantalla serial Arduino.

Fuente: Elaboración propia 2017.

La figura 56 y 57 muestran las capturas de pantalla de las horas en que se dieron las actualizaciones de los estados de los equipos al darse la secuencia térmica respectiva.



Figura 56. Actualización de datos secuencia térmica equipo 1.

Fuente: Elaboración propia 2017.

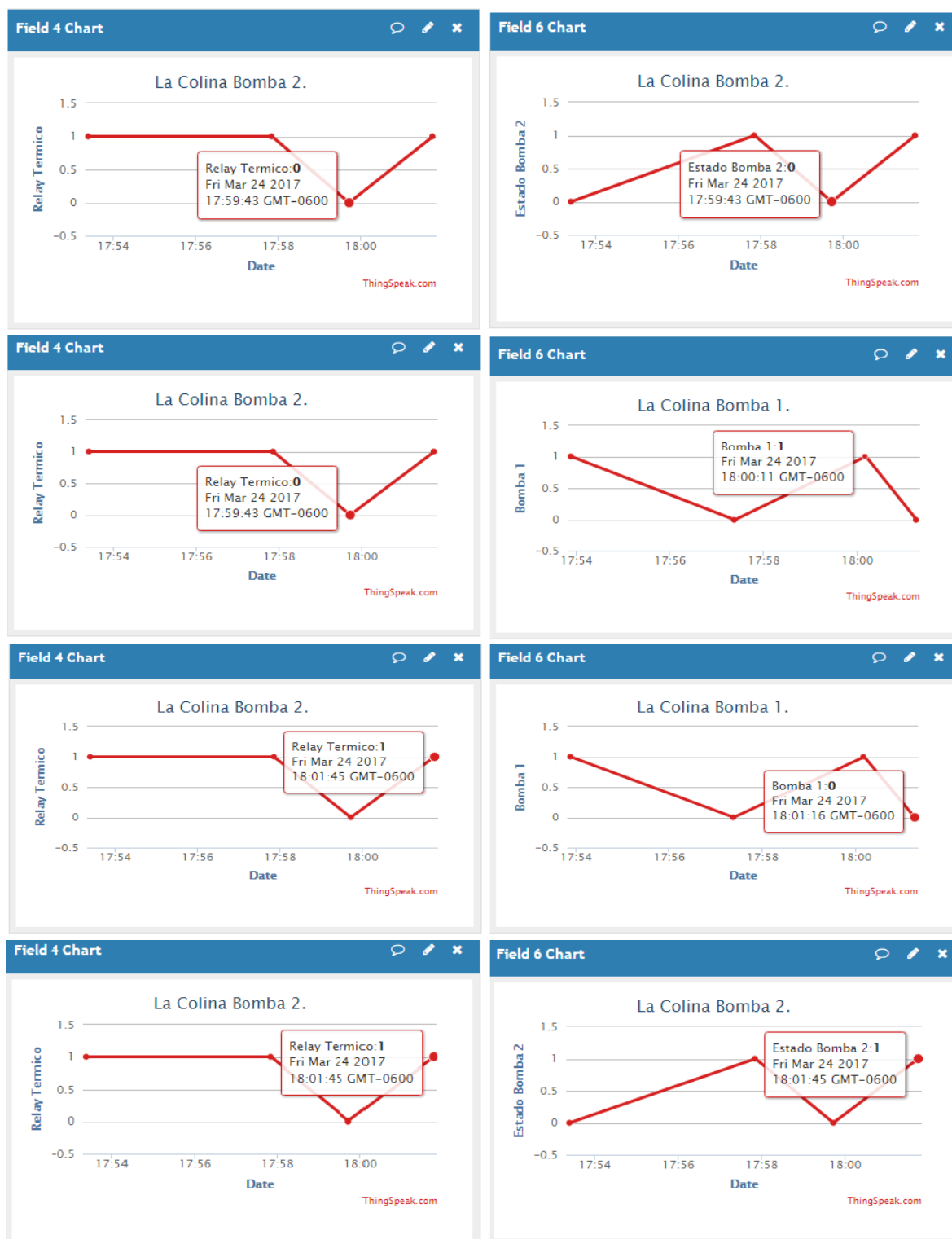


Figura 57. Actualización de datos secuencia térmica equipo 2.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Toda esta información será utilizada en la sección siguiente, para los cálculos correspondientes a los tiempos de conmutación obtenidos después de la instalación del sistema propuesto, y para su debida comparación con los tiempos antes de la implementación del sistema propuesto expuestos por los técnicos encargados del sistema, para la obtención de resultados.

Realizadas las pruebas correspondientes se pudo comprobar el correcto funcionamiento de los módulos y del sistema en general, por lo que se procedió a la puesta en marcha del sistema completo.

5.9 TIEMPOS DE CONMUTACIÓN.

En esta sección se cotejan las horas de envío de comandos por SMS y las horas de activación de los equipos según la página web thingspeak, con lo cual se podrá apreciar la demora en el encendido o apagado de los equipos de bombeo y evaluar las mejoras en dichos tiempos, comparándolos con los antiguos métodos de conmutación.

En la figura 48, se observa la captura de pantalla realizada desde el teléfono autorizado para el envío de comandos al Arduino Mega instalado en el Bombeo La Colina de AyA, se pueden apreciar las horas de envío de cada comando enviado por mensaje de texto.

Si se comparan las horas de envío de cada mensaje de texto contra las horas de recepción de la actualización de datos de cada equipo de bombeo se podrá calcular el tiempo que toma la totalidad del proceso de conmutación de cada equipo.

En la figura 50 se observan los Field Chart correspondientes a las señales de Comando Remoto y el Estado Bomba 2, que indican si existe un comando de apagado remoto y si se encuentra operando o fuera de operación el equipo 2 de bombeo respectivamente. Se pueden apreciar también las horas en las que se recibieron las actualizaciones de estado de cada dato, con lo cual se pueden comparar contra las horas de envío de los comandos en la figura 47.

En la siguiente tabla se comparan la horas de envío de los comandos respectivos de cada equipo y el tiempo de demora para la ejecución.

La tabla 4, muestra la comparativa de las horas de envío de comandos, la recepción de SMS de confirmación de ejecución del comando y la actualización de los datos en la página web Thingspeak, además del tiempo transcurrido para la ejecución del comando.

Equipo	SMS o Comando enviado	Hora envió del comando	Hora de recepción de SMS de confirmación	Hora de Actualización Field Chart	Tiempo transcurrido en minutos
Bomba 2	Desactivar	16:47	16:47	16:47	00:00
Bomba 2	Activar	16:48	16:49	16:49	00:01
Bomba 1	Desactivar	16:52	16:52	16:53	00:01
Bomba 1	Activar	16:56	16:56	16:57	00:01
Bomba 1	Bomba 1 ON		15:29	15:30	00:01
Bomba 1	Disparo térmico 1		15:30	15:30	00:00
Bomba 1	Bomba 1 OFF		15:30	15:30	00:00
Bomba 1	Bomba 2 ON		15:30	15:31	00:01
Bomba 1	Bomba 2 OFF		15:32	15:32	00:00
Bomba 1	Bomba 1 ON		15:32	15:32	00:00
Bomba 2	Bomba 2 ON		17:57	17:57	00:00
Bomba 2	Disparo térmico 2		17:59	17:59	00:00
Bomba 2	Bomba 2 OFF		17:59	17:59	00:00
Bomba 2	Bomba 1 ON		17:59	18:00	00:01
Bomba 2	Bomba 1 OFF		18:00	18:01	00:01
Bomba 2	Bomba 2 ON		18:01	18:01	00:00

Tabla 4. Horas de envío, ejecución y actualización de SMS y comandos.

Fuente: Elaboración propia 2017.

Como se puede apreciar en la tabla 4, los tiempos transcurridos desde que se envían los comandos por SMS, hasta ser ejecutados y confirmados mediante un SMS enviado por el sistema al administrador y la actualización de los datos de los

equipos de bombeo en la página web Thingspeak, es de un minuto o menor, lo que demuestra lo conveniente del sistema utilizado en cuanto a rapidez y tiempo.

A continuación se expone la fórmula 1, utilizada para el cálculo de estos tiempos, se toma como muestra la ejecución del comando (Desactivar), enviado al sistema a las 4:52 pm, para apagar de forma remota el equipo de bombeo 1 y cuya actualización de datos de la ejecución del comando se llevó a cabo a las 4:53 pm del mismo día.

Fórmula 1. Cálculo del tiempo de respuesta del sistema a los comandos remotos.

$$16:52 - 16:53 = 1$$

Hora de envió comando SMS – Hora de actualización datos Thingspeak = Tiempo Transcurrido en minutos.

Fuente: Elaboración propia, 2017

La fórmula 1, está compuesta de la siguiente manera: el primer elemento es la hora de envió del comando SMS que se desea ejecute el sistema, a este se le resta la hora a la que se actualizaron los datos de los equipos en la página web Thingspeak, ya este es el último paso que realiza el programa al ejecutar algún comando, y es el segundo método y el más seguro para confirmar que el comando solicitado se realizara, por último se presenta el resultado de dicha resta que representa el tiempo transcurrido para la ejecución total del comando.

Estos datos de tiempo pueden ser comparados con los datos deapítulo IV, obtenidos como resultado de la entrevista realizada a los técnicos y encargados de la estación de Bombeo La Colina, donde manifiestan que los tiempos promedios requeridos para la conmutación de los equipos era de (2h) dos horas, que corresponde al tiempo que les tomaba para ser notificados de alguna anomalía o necesidad de conmutación de los equipos y trasladarse al sitio para realizar la maniobra.

Por lo anterior se puede realizar la fórmula 2, para obtener una relación de los tiempos de cada método aplicado y ver si existe en verdad un porcentaje de mejora.

Fórmula 2. Cálculo equivalencia del nuevo tiempo de conmutación.

$$\frac{100\%}{120 \text{ minutos}} * 1 \text{ minuto} = 0.83 \%$$

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Cuando se realiza la resta de los porcentajes correspondientes se obtiene el porcentaje de mejora en los tiempos de conmutación de los equipos.

Fórmula 3. Cálculo porcentaje de mejora en los tiempos de conmutación.

$$100\% - .83\% = 99.17\%$$

Fuente: Elaboración propia, 2017.

La ecuación anterior dice que el tiempo requerido para la conmutación de los equipos, cuando el técnico no se encuentra en el sitio, ha disminuido en un 99.17%, lo que según la fórmula 4 siguiente equivale a 119 minutos.

Fórmula 4. Cálculo equivalencia en tiempo del porcentaje de mejora en los tiempos de conmutación.

$$\frac{120 \text{ minutos}}{100\%} = 1.2 \text{ minutos} * 99.17\% = 119 \text{ minutos}$$

Fuente: Elaboración propia, 2017.

5.10 COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN

5.10.1 Costo de los materiales y servicios requeridos.

En la tabla 5 se definen los costos de los materiales requeridos para remodelación del panel de la estación de bombeo La colina y la implementación del sistema.

Tabla 5. Costos de materiales para la remodelación del panel de la estación de bombeo La Colina.

Descripción	cantidad	precio unid (c)	precio total (c)
Microcontrolador Arduino mega 2560	1	21763,8	21763,8
Shield sim800l GSM	1	15995,2	15995,2
Módulo de relay de 5v DC	1	4520	4520
Resistencia de 300Ω	11	113	1243
Adaptador de 9v DC 1amp	1	8588	8588
Protoboard	1	3164	3164
Chasis para Arduino mega 2560	1	3322,2	3322,2
Cables para Arduino	35	79,1	2768,5
Cable de control 16awg	30	299,45	8983,5
Gabinete para intemperie IP65	1	34967,9	34967,9
Caja de acrilico para colocar el Arduino y el shield GSM.	1	9994,85	9994,85
Relay programable LOGO SIEMENS OBA8	1	69947	69947
Total (c)			185257,95

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la tabla 6 se muestran los costos por programación de microcontrolador y PLC, que incluye la programación y prueba del microcontrolador, así como la programación y prueba del PLC LOGO OBA8 de Siemens.

Tabla 6. Costo por programación del microcontrolador y PLC.

Descripción	cantidad	precio unid (¢)	precio total (¢)
Programación y pruebas de microcontrolador Arduino mega 2560	1	113000	113000
Programación y pruebas de Relay programable LOGO SIEMENS OBA8	1	169500	169500
	Total (¢)		282500

Fuente: Elaboración propia, 2017.

La tabla 7 muestra el costo por la instalación del sistema completo, la cual incluye la ubicación de cada componente con su respectiva prueba de funcionamiento, pruebas finales y mano de obra necesaria.

Tabla 7. Costo por instalación del sistema completo.

Descripción	cantidad	precio unid (¢)	precio total (¢)
Instalación del sistema	1	400000	400000
	Total (¢)		400000

Fuente: Elaboración propia, 2017.

La tabla 8 muestra el costo de los planes telefónicos del ICE, necesarios para la comunicación de todos los microcontroladores incorporados en la solución propuesta.

Tabla 8. Plan telefónico kölbi requerido.

Descripción	cantidad	precio unid (¢)	precio total (¢)
Plan kolbi conectados 2	1	9994,85	9994,85
	Total (¢)		9994,85

Fuente: Elaboración propia, 2017.

5.10.2 Inversión inicial del proyecto.

El coste inicial está compuesto por el volumen de fondos que la empresa dedica a la realización de una inversión. Por tanto, incluye el precio de compra de los activos en que se materializa la inversión, todo desembolso necesario para conseguir el nivel de servicio deseado de tales activos y su puesta en funcionamiento, así como todas aquellas cuantías correspondientes a distintos conceptos necesarios para poner en marcha la inversión (Aguiar *et al.*, 2006, p.8)

En la tabla 9 se presenta el desglose de los costos iniciales requeridos para la implementación del sistema de control y monitoreo propuesto, tanto para la

adquisición de los materiales requeridos como por los servicios profesionales y técnicos, que se deben contratar para la puesta en marcha del proyecto.

Tabla 9. Inversión inicial del proyecto.

Descripción	cantidad	precio unid (¢)	precio total (¢)
Costo de materiales para la estación de bombeo.	1	185257,95	185257,95
Costo programación microcontrolador y PLC.	1	282500	282500
Costo por instalación del sistema.	1	400000	400000
Costo plan telefónico requerido.	1	9994,85	9994,85
	Total (¢)		877752,8

Fuente: Elaboración propia, 2017.

De acuerdo con datos obtenidos de la tabla 9, la inversión inicial del proyecto es de ¢877752.8

5.11 INGRESOS MENSUALES DEL PROYECTO.

Para el cálculo de los ingresos mensuales de este proyecto, se tomarán en cuenta los ahorros por concepto de disminución en el gasto de combustible y la disminución del pago en horas extras, debido a que el proyecto en sí, no cuenta con entradas económicas directas generadas por el mismo.

5.11.1 Cálculo de ahorro mensual en combustible.

La tabla 10, muestra la información brindada por los técnicos del Área 2 de la Dirección de Sistemas de Bombeo, para realizar los cálculos en cuanto al consumo de combustible mensual.

Tabla 10. Información de consumo semanal de combustible.

Descripción	cantidad
(PS) Pago Semanal	₡ 25004
(PD) Precio del litro de Diesel	₡ 470
(LS) Litros consumidos por semana	53,2
(KmS) Km recorridos semanalmente	450
(VS) Visitas Semanales	2

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Con la información de la tabla 10, se procede a realizar los cálculos del consumo mensual de combustible.

Fórmula 5. Cálculo consumo mensual de combustible.

$$\left\{ \text{¢ } 25004 * \frac{1 \text{ l}}{\text{¢ } 470} = 53.2 \text{ l} \right\} * 4 = 212.8 \text{ l}$$

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Aplicando la fórmula 5, se obtiene que la cantidad de combustible Diesel comprado semanalmente es de 53.2 litros, para un total mensual de 212.8 litros.

Con este dato obtenido de la fórmula 5, e introduciéndolo en la fórmula 6 se obtiene el monto mensual en dólares cancelado por concepto de combustible.

Fórmula 6. Cálculo factura mensual de combustible.

$$212.8 \text{ l} * \left(\frac{\text{¢ } 470}{1 \text{ l}} \right) = \text{¢ } 100016$$

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Seguidamente con la información anterior en la fórmula 6 y la tabla 10, se puede calcular el rendimiento por litro del vehículo usado en la actualidad por los técnicos, para sus labores de mantenimiento y revisión.

Fórmula 7. Cálculo del rendimiento por litro del vehículo.

$$\frac{450\text{km}}{1 \text{ semana}} * \frac{4\text{semanas}}{1\text{mes}} = 1800 \text{ km/mes}$$

$$\frac{1800\text{km}}{\text{¢ } 100016} = .018 \text{ km/¢}$$

Fuente: **Elaboración propia, 2017.**

Continuando con los cálculos se tiene según la tabla 10, que la distancia desde el lugar donde pernocta el vehículo de los técnicos de Área 2, hasta el bombeo La Colina es de 6km, que equivale a la distancia que se debe recorrer para la atención de las revisiones de la estación de Bombeo La Colina y que la cantidad de visitas llevadas a cabo antes y después de la implementación del sistema instalado pasaron de una visita diaria a dos visitas semanales.

Seguidamente se puede por medio de la aplicación de la fórmula 7, obtener el monto en litros del combustible ahorrado gracias a esta disminución de visitas.

Fórmula 8. Cálculo ahorro mensual de combustible.

$$\frac{\text{¢ } 1}{0.018 \text{ km}} * \frac{6\text{km}}{\text{dia}} = \text{¢ } 333.34/\text{dia}$$

$$\text{¢ } \frac{333.34}{\text{dia}} * \frac{25\text{dias}}{\text{visitas al mes}} = \text{¢ } 8333.5/\text{mes}$$

Fuente: **Elaboración propia, 2017.**

5.11.2 Cálculo de ahorro mensual por pago de horas extra.

La tabla 11, muestra la información concerniente, al costo por hora extra laborada por un técnico del Área 2 de la dirección de sistemas de Bombeo de AyA, y la cantidad de horas extra que se pagaban anteriormente a los mismos por visitas realizadas a la estación de bombeo intervenida.

Tabla 11. Información de costo y cantidad de horas extras .

Descripción	cantidad
Horas extras mensuales por concepto de visitas a el bombeo La Colina.	24
Salario por hora extra de un tecnico en AyA.	¢ 2310,85

Fuente: **Elaboración propia, 2017**

Introduciendo a la fórmula 9 los datos de la tabla 11, se obtiene el monto del ahorro mensual por concepto de la disminución en el pago de horas extra.

Fórmula 9. **Cálculo ahorro por concepto de no pago de horas extra.**

$$24 * ¢ 2310.85 = ¢ 55460.4$$

Fuente: **Elaboración propia, 2017**

5.12 RETORNO DE LA INVERSIÓN.

A continuación se procederá a realizar los cálculos necesarios, para saber basados en los datos obtenidos en segmentos anteriores de esta tesina, el tiempo que tomara recobrar la inversión realizada para la implementación de este proyecto.

La tabla 12, muestra la información recopilada de los cálculos realizados en los segmentos anteriores, referente a los montos de dinero ahorrados por concepto de pago de combustible y horas extra.

Tabla 12. Información costo inicial y montos de ahorro proyectados.

Descripción	cantidad
Inversion inicial del proyecto	¢ 877752,8
Ahorro por concepto de combustible	¢ 8333,5
Ahorro por concepto de horas extras	¢ 55460,4

Fuente: **Elaboración propia, 2017**

Tomando la información de la tabla 12 y aplicándola a la fórmula 10, se obtiene el monto total del ahorro derivado de la aplicación del sistema de control y monitoreo instalado.

Fórmula 10. Cálculo ahorro total mensual del proyecto.

$$¢ 8333.5 + ¢ 55460.4 = ¢ 63793.9$$

Fuente: **Elaboración propia, 2017**

Con esta información y el costo del plan telefónico requerido, que según la tabla 8 es de \$9994.85 mensual, se puede realiza una tabla con los cálculos para la proyección del tiempo que tomara recuperar la inversión inicial del proyecto. Para estos cálculos se debe tomar en cuenta, que para el primer mes se encuentra incluido en la inversión inicial, el pago del servicio telefónico requerido, el cual debe ver como un egreso para los meses posteriores.

Tabla 13. Proyección para la recuperación de la inversión inicial del proyecto.

Mes	Ingresos	Egresos	Estado Deuda
may-17	63793,9	-877752,8	-813958,9
jun-17	63793,9	-823953,75	-760159,85
jul-17	63793,9	-770154,7	-706360,8
ago-17	63793,9	-716355,65	-652561,75
sep-17	63793,9	-662556,6	-598762,7
oct-17	63793,9	-608757,55	-544963,65
nov-17	63793,9	-554958,5	-491164,6
dic-17	63793,9	-501159,45	-437365,55
ene-18	63793,9	-447360,4	-383566,5
feb-18	63793,9	-393561,35	-329767,45
mar-18	63793,9	-339762,3	-275968,4
abr-18	63793,9	-285963,25	-222169,35
may-18	63793,9	-232164,2	-168370,3
jun-18	63793,9	-178365,15	-114571,25
jul-18	63793,9	-124566,1	-60772,2
ago-18	63793,9	-70767,05	-6973,15
sep-18	63793,9	-16968	46825,9
oct-18	63793,9	36831,05	100624,95
nov-18	63793,9	90630,1	154424
dic-18	63793,9	144429,15	208223,05
ene-19	63793,9	198228,2	262022,1
feb-19	63793,9	252027,25	315821,15
mar-19	63793,9	305826,3	369620,2
abr-19	63793,9	359625,35	423419,25
may-19	63793,9	413424,4	477218,3
jun-19	63793,9	467223,45	531017,35
jul-19	63793,9	521022,5	584816,4
ago-19	63793,9	574821,55	638615,45
sep-19	63793,9	628620,6	692414,5
oct-19	63793,9	682419,65	746213,55
nov-19	63793,9	736218,7	800012,6

Fuente: **Elaboración propia, 2017**

Como se puede apreciar en los datos de la tabla 13, se establece en la columna de nombre " ingresos", el monto total del ahorro por concepto de horas extras y combustible, además se asigna como primer egreso en la columna de nombre " Egresos ", el monto de la inversión inicial para la implementación del proyecto, seguidamente se establece en esta misma columna los egresos para los meses posteriores, compuestos por el pago del servicio telefónico celular necesario para el funcionamiento del sistema implementado sumado al estado de la deuda del mes anterior, a continuación en la columna contigua llamada " Deuda "se establece el estado de recuperación mensual, de los dineros invertidos para la implementación y funcionamiento del sistema, el cual está compuesto de la suma de los ingresos más lo egresos para ese mes en específico.

Como se observa en dicha tabla, la recuperación de la inversión se da al paso de 16 meses a partir de la implementado del proyecto, después de este punto el mismo comienza a generar ganancias, las cuales podrán ser utilizadas para el mantenimiento del sistema o según tenga a bien la empresa dueña del mismo.

CAPITULO VI: ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

6.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Al realizar un recuento de los alcances del proyecto y analizar los resultados obtenidos es claro que se logran cubrir las diferentes necesidades de mejora descritas en la introducción cumplir con los objetivos planteados y las necesidades adicionales.

En primer lugar se cumplió con el primer objetivo, al remodelar el panel de control, de la estación implementando nuevas tecnologías y disminuyendo considerablemente la cantidad de elementos electrónicos instalados, lo cual trae beneficios tales como la disminución en el consumo de energía del panel y su temperatura interna.

Gracias a la solución implementada a nivel de hardware y código se cumplen el segundo y cuarto objetivos. También, se puede controlar de forma remota y automática las bombas primaria y secundaria de la estación de bombeo, monitorear las condiciones de funcionamiento para determinar las causas de falla, determinar si es necesario o no el envío de personal a la estación o a reparar una tubería y disminuir el desperdicio de recurso hídrico mediante la desactivación del bombeo de forma remota.

El tercer objetivo fue alcanzado al lograr el envío de SMS desde el panel de control hacia los teléfonos celulares de los encargados de su mantenimiento y

operación, tal como se observa en las pruebas de campo realizadas en el Capítulo 5.

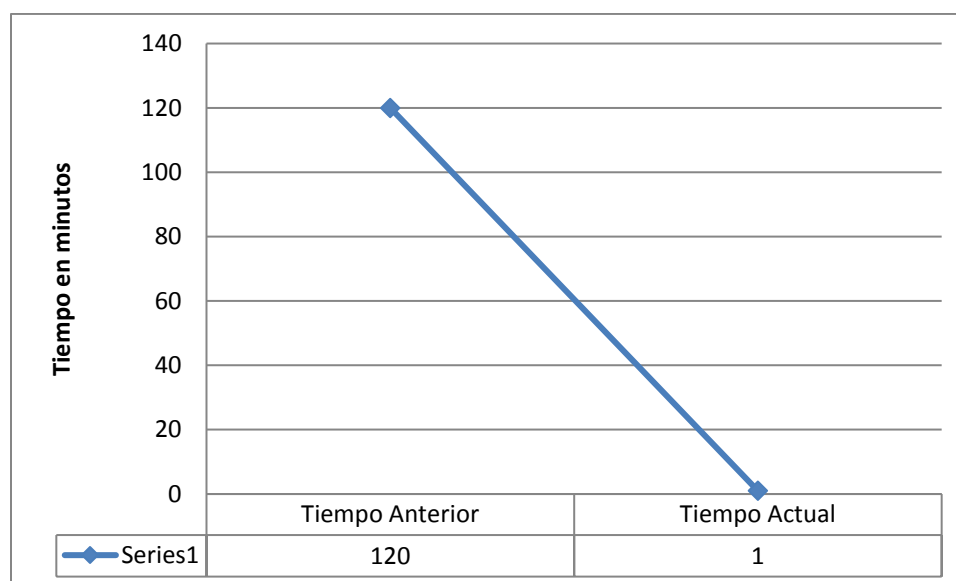
El quinto objetivo fue logrado con éxito según se aprecia en la sección 5.6.3 denominada prueba de módulos, al enviar el estado de las variables de control a la página web Thingspeak, para luego poder ser analizarlas y utilizarlas como una base de datos.

Es importante mencionar que durante el desarrollo de la solución se presentaron varios problemas, siendo el de mayor peso el envío de datos al servidor web que permite almacenamiento de información histórica.

En primera instancia, se trató de crear el código para cumplir las funciones del módulo de comunicación usando un shield SIM 800L o SIM 900, pero la limitada cantidad de información acerca de su funcionamiento para envío de datos vía GPRS hizo considerar el shield Arduino GSM. Con los tres dispositivos hubo que librar una serie de obstáculos para llegar al resultado esperado.

Por último y no menos importante, es el logro del sexto objetivo planteado, correspondiente a la mejora en los tiempos de respuesta de los técnicos ante la detección de fallas. Tras analizar los resultados obtenidos en la sección 5.9, se observa la notable disminución en los tiempos requeridos para la detección de fallas en el sistema y la conmutación de los equipos de bombeo, hechos que se aprecian en la gráfica a continuación.

Gráfico 16. Comparativa entre los tiempos requeridos para la conmutación de los equipos de bombeo.



Fuente: Elaboración propia 2017.

Como se observa la caída en la gráfica de tiempos es notable, pasa de 120 minutos, que era el tiempo promedio que se requería para la detección y notificación al personal de una falla en el sistema de bombeo, a tan solo 1 minuto, lo que muestra resultados excelentes.

Por otra parte el personal técnico manifestó que no en todas las ocasiones en las que se les solicita movilizarse a las estaciones de bombeo, se encontraba un falla, Con la implementación de la solución planteada, la efectividad en cuanto a la detección de fallas en la estación de bombeo La Colina mejoró sustancialmente, ya que gracias a la actualización de los estados de los sensores y el envío de estos datos a la página web por medio

de SMS, el técnico encargado puede de forma no presencial saber si la falla dada es de carácter local o no. Anteriormente se le notificaba al personal que se desplazara al lugar sin saber si existía en verdad una falla local o una falla externa al sistema, como puede ser una falla en el fluido eléctrico.

Estas fallas ahora pueden ser detectadas gracia al sensor de voltaje, y dado que el Arduino será alimentado por medio de su respectivo transformador de corriente y además una batería de 9V, este será capaz de seguir operando ante la falta de corriente y enviará el estado de los sensores.

También fue manifestado por los técnicos, que el tiempo requerido para la reparación de una falla era de alrededor de dos horas, esto sumado al tiempo requerido para identificar la existencia de dicha falla que se dijo era también de dos horas, suma un total de tiempo requerido para la reactivación del sistema de bombeo de cuatro horas o 240 minutos.

Fórmula 11. Cálculo del tiempo requerido para la reactivación del sistema de bombeo.

$$2horas + 2 horas = 4horas$$

Tiempo para detección de una falla + Tiempo para reparación de una falla = tiempo total para reactivar el sistema

$$\frac{60 minutos}{1 horas} * 4 horas = 240 minutos$$

Fuente: **Elaboración propia, 2017**

Tiempo que disminuyo en casi un 50% gracias a la implementación del proyecto, ya que como se demostró, el tiempo para ser notificado de una falla disminuyo de dos horas a tan solo un minuto, con lo que el tiempo total requerido para la puesta en marcha pasa a ser de dos horas y un minuto.

Fórmula 12. Cálculo del tiempo requerido para la puesta en marcha de los equipos después del proyecto.

$$1 \text{ minuto} + 120 \text{ minutos} = 121 \text{ minutos}$$

Fuente: Elaboración propia, 2017

Es apreciable gracias a los cálculos realizados y al análisis de los mismos, que se ha dado una mejora significativa en cuanto al tiempo requerido para la revisión o conmutación de los equipos, de la estación de bombeo La Colina del AyA, gracias al sistema de control y monitoreo instalado en el panel de control de dicha estación, durante el primer semestre de 2017.

6.2 RECOMENDACIONES.

Dada la experiencia obtenida durante el desarrollo del proyecto se plantean las siguientes recomendaciones, con las cuales se pretende el correcto funcionamiento del sistema:

1. Al usar shields para el envío de mensajes de texto o subir datos a un servidor vía GPRS es recomendado usar una fuente de alimentación externa, adicional a la conexión USB del computador. Esto se debe a que el módulo requiere una corriente superior a la que normalmente se obtiene del puerto.
2. Para lograr el envío exitoso de datos a la página web de ThingSpeak la frecuencia máxima de actualización de datos por canal debe ser de una vez cada 16 segundos, de lo contrario se pueden perder datos, ya que cada Field Chart requiere un mínimo de tiempo para realizar su respectiva actualización.
3. Se recomienda el uso de relés de estado sólido, para evitar la influencia de campos magnéticos inducidos que interfieran las señales del sistema, esto pues los relés de bobina general, generan pequeños campos magnéticos que influyen en las señales que envía el modulo de comunicación a través del módulo de interface, hacia el módulo de control y viceversa.

4. Es importante mantener los números telefónicos asignados al microcontrolador Arduino del sistema propuesto, de conocimiento exclusivo de la Dirección de Sistemas de Bombeo, ya que cuando se da un cambio de alguno de los teléfonos designados en el programa, este técnico o encargado no recibiría la información enviada por el Sistema, por lo que se debe actualizar en la base de datos del proyecto.

5. Se recomienda crear una lista estandarizada de textos de mensajes SMS's que funcionen como comandos para la conmutación o actualización de la información de la estación de bombeo La Colina, de manera que si desde un número celular de alguno de los técnicos de la Dirección de Sistemas de Bombeo se solicita conmutar los equipos de la estación, o la actualización de la información de los estados de los sensores en la página web Thingspeak, que esta indicación se cumpla en el sistema de control automático.

6. Es necesario instalar el microcontrolador Arduino fuera del panel de potencia, para evitar ruidos innecesarios y pérdidas de comunicación para la recepción y envío de SMS's, causados por interferencias tales como campos magnéticos o propiedades mecánicas del panel en sí.

7. El microcontrolador Arduino y shields GSM se debe colocar en un gabinete plástico que sea capaz de protegerlos del polvo y la humedad, para garantizar la seguridad y el buen funcionamiento de los componentes.
8. Alimentar el microcontrolador Arduino tanto con una fuente de corriente, como con una batería de 9v, para garantizar el envío de los estados de las variables vigiladas, en caso de un corte de corriente.
9. Los shields SIM 800L y SIM 900 funcionan con el mismo código y librerías, por lo que cualquiera de los dos puede ser utilizado para la implementación de la solución.
10. Originalmente se pensó en tener dos versiones de código para los Arduinos UNO y MEGA. Se determinó que dada la complejidad y el tamaño del programa no es factible el uso del Arduino UNO debido a su limitada memoria.
11. El sistema no sustituye las observaciones ni el mantenimiento preventivo que pueden brindar las inspecciones oculares de un técnico especializado, por lo tanto, se recomienda una serie de visitas programadas para la

inspección del estado de los componentes y demás elementos del sistema, lo que garantice un mayor aprovechamiento y aumentando su vida útil.

6.3 CONCLUSIONES.

Al finalizar el proyecto tesina se logró llegar a las siguientes conclusiones:

- 1 Con la realización de la remodelación del panel de control de la estación de bombeo La Colina, del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, se logró la modernización y adaptación del mismo al sistema implementado.
- 2 Con la creación de dos nuevos software, uno para un PLC LOGO OBA8 Siemens, como para el microcontrolador Arduino mega y hacer que interactuasen entre sí, se logró con esto el correcto funcionamiento del sistema implementado.
- 3 Con el envío y recepción de SMS's desde el panel de control del sistema, por medio del microcontrolador Arduino, hacia los teléfonos celulares autorizados en el programa del controlador, para la interacción entre el panel y los técnicos encargados de su mantenimiento.
- 4 Al controlar vía SMS's la conmutación de los equipos de Bombeo de la estación La Colina, se lograron disminuir considerablemente los tiempos requeridos para esta finalidad.

- 5 Al enviar los datos del estado de las variables testeadas, por el panel de control del sistema al servidor WEB ThinSpeak, se logró tener datos en tiempo real, para ser descargadas y utilizadas como bases de datos.
- 6 Al mejorar los tiempos de respuesta de los técnicos ante la detección de fallas por medio del sistema implementado, se alcanzo una mayor eficiencia del sistema y un mejor aprovechamiento del tiempo de los técnicos.

En conclusión se logró desarrollar un sistema automático de control y monitoreo para los sistemas de bombeo del Área 2 de la Dirección de Sistemas de Bombeo de Acueductos y Alcantarillados, durante el primer semestre de 2017.

Adicionalmente se logró llegar a las siguientes conclusiones:

7. Las librerías y el código que se usa para el shield GSM Arduino son diferentes a las utilizadas por el SIM 800L y SIM 900, por lo que el código utilizado no es compatible para el uso del shield GSM Arduino original.

8. Se implemento la solución planteada integrando al sistema el uso de un PLC LOGO SIEMENS OBA8, esto por solicitud de la Dirección de sistemas de Bombeo de AyA, mas se llega a la conclusión de que el Arduino Mega es capaz de realizar las funciones necesarias para controlar por completo el sistema de bombeo integrando solamente pocos elementos al modulo de interface y una pequeña modificación del código.
9. A pesar de que el problema planteado fue el manejo de bombas para agua, se determinó que es posible adaptar la solución creada para otros dispositivos y evaluar más y diferentes variables de control.
10. Para el correcto funcionamiento del sistema propuesto es indispensable una buena cobertura de red GSM, para garantizar la comunicación del sistema con los técnicos y administradores del mismo.
11. Es necesaria una inspección programada para dar un mantenimiento preventivo al sistema, lo que garantice un mayor aprovechamiento del mismo aumentando su vida útil.
12. En caso de una falla en el Arduino Mega 2560, el cual junto con el shield GSM 800L fungen como modulo de comunicación, esta no afectaría la

operación del sistema de bombeo ya que esta tarea recae en el Relé programable LOGO SIEMENS OBA8 o modulo de control.

13. En caso de una falla en el modulo de control Relé programable LOGO SIEMENS OBA8, esta no afectaría los módulos de comunicación e interface.

BIBLIOGRAFÍA

1. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (1990). Manual para operadores de equipos de bombeo: Estaciones de bombeo, bombas centrífugas, obligaciones diarias de los operadores, cuidados con la corriente eléctrica. San José, Costa Rica: AYA.
2. <https://www.aya.go.cr/conozcanos/SitePages/Nuestra%20Historia.aspx>.
3. https://thingspeak.com/pages/learn_more
4. Kosow, I. L. (2006) Control de máquinas eléctricas. Barcelona, España: Editorial Reverté.
5. Franklin Electric. (2007). Motores Sumergibles: Aplicación, instalación, mantenimiento
6. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2000). Seminario taller de equipos de bombeo para técnicos electromecánicos. San José, Costa Rica: AYA.
7. <http://es.omega.com/prodinfo/sondas-de-nivel-medicion.html>
8. <https://tecnologiaelectron.blogspot.com/2014/04/rele-termico-bimetalico.html>
9. http://www.ehowenespanol.com/funciona-rele-voltaje-hechos_399610/
10. www.areatecnologia.com/electricidad/contactor.html/
11. <http://siemenslogo.com/que-es-un-siemens-logo/>
12. <http://www.automation24.es/sistemas-de-control/modulo-de-comunicaciones-gsm-siemens-logo8-cmr2020-6gk7142-7bx00-0ax0-i75-1868-0.htm>.

13. http://www.nakase.com.ar/nuevos_modulos_de_control_que_envian_sms-n19
14. <http://arduino.cl/que-es-arduino/>
15. <http://arduino.cl/arduino-mega-2560/>
16. <http://albsquared.com/es/author/alberto/>
17. <https://support.industry.siemens.com>
18. <http://exemys.com.ar/beta/espanol/productos/GRD>
19. www.jmi.com.mx/control-celular-5010-5011.html
20. Gutiérrez-Sánchez, M.D. (2008). Acueducto Metropolitano de Bucaramanga E.S.P. S.A. (Tesis inédita de Ingeniería Electrónica). Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga, Colombia.
21. Uroz-Fabregat, G. (2009). Control y automatización de una estación de bombeo. (Tesis inédita de Ingeniería técnica industrial en electrónica industrial). Universidad Rovira I Virgili. Cataluña, España.
22. Delgado (2005) Instituto Tecnológico de Costa Rica Escuela de Ingeniería en Electrónica, en su proyecto de Graduación Implementación y diseño de un prototipo para el monitoreo y control continuo del tanque de abastecimiento de agua potable para la zona de Cahuita por telemetría mediante el uso de la tecnología GSM.
23. Fernández (2016) Instituto Tecnológico de Costa Rica Escuela de Ingeniería en Mantenimiento Industrial, proyecto de graduación Diseño automatizado para el control del sistema de bombeo de agua potable del hotel mediante Telemetría y detección de fugas en tuberías.

24. González-Alfaro, D. (2010). Propuesta de modernización de la red de telecomunicaciones del sistema Scada del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados en la Gran Área Metropolitana. (Tesis inédita de licenciatura). Universidad Latina de Costa Rica. San José Costa Rica.
25. Bunge, M. (2008). En busca de la filosofía en las Ciencias Sociales. México: Siglo XXI
26. Sampieri, H., & FERNÁNDEZ COLLADO, C. Otros (2010). Metodología de la investigación. México.
27. Borda-Pérez, M., Tuesca-Molina, R. y Navarro-Lechuga, E. (2014). Métodos cuantitativos: Herramientas para la investigación en salud (4^a ed.). Barranquilla, Colombia: Editorial Universidad del Norte.
28. Aguiar-Díaz, I., Díaz-Díaz, N.L., García-Padrón, Y., Hernández-Sánchez, M., Ruiz-Mallorquí, M.V., Santana-Martín, D.J. y Verona-Martel, M.C. (2006). *Finanzas corporativas en la práctica*. Madrid, España: Delta Publicaciones.

APÉNDICE

Apéndice 1. Cuestionario para la entrevista.

1. ¿Cuántos años tiene colaborando con la Dirección de Sistemas de Bombeo?

Entre 0 y 5 años ☐ Entre 5 y 10 años ☐ Más de 10 años ☐

2. ¿Labora usted para el Área dos de la Dirección de Sistemas de Bombeo?

Sí ☐ No ☐

3. ¿Cuál es la naturaleza de sus funciones dentro del Área dos de la Dirección de Sistemas de Bombeo?

Técnico ☐ Operador ☐

4. ¿Cuenta el Área dos de la Dirección de Sistemas de Bombeo, con un sistema de control a distancia para sus estaciones de bombeo?

Sí ☐ No ☐

5. ¿Considera que con el sistema existente realiza una labor de control óptima?

Sí ☐ No ☐

6. ¿Considera necesaria la implementación de un sistema de control a distancia, para las estaciones del Área dos de la Dirección de Sistemas de Bombeo?

Sí ☐ No ☐

7. ¿Considera que la implementación de un sistema de control a distancia mejoraría los tiempos de conmutación de los sistemas?

Sí ☐ No ☐

8. Si se implementara un sistema de control al cual se tuviera acceso por medio de un teléfono celular, ¿le interesaría utilizarlo?

Sí ☐ No ☐

9. Considera que el sistema de control automático que se desarrolle debe considerarse como:

De bajo costo ☐ De alto costo ☐

10. ¿El desarrollo de un sistema automático para el control y análisis de las Estaciones de Bombeo le daría mayor autonomía en las decisiones diarias de la Dirección del Área dos de la Dirección de Sistemas de Bombeo?

Sí ☐ No ☐

11. ¿Considera que con el desarrollo de un sistema automático para conmutación, monitoreo y control, se podría tener mayor aprovechamiento de las visitas diarias de los operadores y mejor canalización de los mantenimientos realizados por los técnicos?

Sí ☐ No ☐

Apéndice 2. Código Completo

```
#include "SIM900.h"
```

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

```
#include "inetGSM.h"
```

```
InetGSM inet;
```

```
//SoftwareSerial dustSerial(50,51); //RX, TX DECLARACION DE PINES PARA TRASNMITIR Y RECIBIR MENSAJES.
```

```
#include "sms.h"
```

```
SMSGSM sms;
```

```
int rel1 = 22;      // El Pin 22 se conecta al relay 1
```

```
int b1 = 26;        // El Pin 26 se conecta al arranque de Bomba 1
```

```
int b2 = 29;        // El Pin 29 se conecta al arranque de Bomba 2
```

```
int nivel = 30;     // El Pin 30 se conecta al control de nivel
```

```
int presion = 33;   // El Pin 33 se conecta al control de presion
```

```
int voltaje = 34;   // El Pin 34 se conecta al relay de voltaje
```

```
int termico2 = 37;  // El Pin 37 se conecta al sensor termico de la bomba 2
```

```
int termico1 = 38;  // El Pin 38 se conecta al sensor termico de la bomba 1
```

```
int M2 = 41;        // El Pin 41 se conecta al maneta de seleccion
```

```
int M1 = 42;        // El Pin 42 se conecta al maneta de seleccion
```

```
int Reset = 9;      // El Pin 9 se conecta al reset del shield GSM.
```

```
//En esta seccion se indica el estado inicial de las entradas y salidas.
```

```

int b1State = 0;    //Arraque Bomba 1.
int b2State = 0;    //Arranque Bomba 2.
int nivelState = 0; //Nivel de agua.
int presionState = 0; //Presion de columna.
int voltajeState = 0; //Voltaje de alimentacion.
int termico2State = 0; //Estado termico de la bomba 2.
int termico1State = 0; //Estado termico de la bomba 1.
int M2State = 0;    //Estado selector de bomba 2.
int M1State = 0;    //Estado selector de bomba 1.
int rel1State = 0;  //Estado del relay de control remoto de las bombas.
int ResetState = 0; //Estado del pin de reset del shield sim.

//Los siguientes datos boolean se utilizaran para marcar el inicio y final del envio de mensajes y
datos.

boolean bomba1ok = false;

boolean bomba2ok = false;

boolean smspresion = false;

boolean smsvoltaje = false;

boolean smsnivel = false;

boolean alertapresion = false;

boolean alertanivel = false;

boolean alertavoltaje = false;

boolean smsM1 = false;

```

```
boolean smstermico1 = false;
```

```
boolean smsM2 = false;
```

```
boolean smstermico2 = false;
```

```
boolean alertaM1 = false;
```

```
boolean alertatermico1 = false;
```

```
boolean alertaM2 = false;
```

```
boolean alertatermico2 = false;
```

```
boolean smsrel1 = false;
```

```
boolean alertarel1 = false;
```

```
boolean smsb1 = false;
```

```
boolean smsb2 = false;
```

```
boolean alertab1 = false;
```

```
boolean alertab2 = false;
```

```
boolean mantenimiento = false;
```

```
boolean started = false;
```

```
char smsbuffer[160];
```

```
char n[20];
```

```
char msg[50];
```

```
int numdata;
```

```
char inSerial[50];
```

```

int i = 0;

long feedId = 65329;

char datastreamId[] = "1";


// ThingSpeak Settings

// En esta seccion se introducen los datos para la conexion exitosa con la pagina web ThingSpeak.

char thingSpeakAddress[] = "api.thingspeak.com";

char writeAPIKeyB1[] = "RCDU0UJMOV08QBQP";

char writeAPIKeyB2[] = "ZGWK9CLSIU2D7JC2";

const int updateThingSpeakInterval = 300 * 2000; // Intervalo de tiempo para el envio de datos a
la pagina ThingSpeak (numero de segundos * 1000 = intervalo)

char sentMsg[50];


void setup()

{

    // Se declaran las entradas y salidas del sistema.

    //Serial2.begin(9600);

    Serial.begin(9600);

    Serial.println("GSM Shield testing.");

    pinMode(Reset, OUTPUT); // Se declara el pin 9 como salida. Pin reset shield GSM.

    digitalWrite(Reset, HIGH); // Estado inicial pin 9 HIGH.

    pinMode(rel1, OUTPUT); // Se declara el pin 22 como salida. Pin control remoto de bombas.

    digitalWrite(rel1, LOW); // Estado inicial pin 22 LOW.

    pinMode(b1, INPUT); // Se declara el pin 26 como entrada. Señal arranque Bomba 1.

```

```

pinMode(b2, INPUT);    // Se declara el pin 29 como entrada. Señal arranque Bomba 2.

pinMode(nivel, INPUT); // Se declara el pin 30 como entrada. Nivel de agua.

pinMode(presion, INPUT); // Se declara el pin 33 como entrada. Presion de columna.

pinMode(voltaje, INPUT); // Se declara el pin 34 como entrada. Voltaje de alimentacion.

pinMode(termico1, INPUT); // Se declara el pin 38 como entrada. Estado termico de la bomba 1.

pinMode(termico2, INPUT); // Se declara el pin 37 como entrada. Estado termico de la bomba 2.

pinMode(M1, INPUT); // Se declara el pin 41 como entrada. Estado te bomba 1.

pinMode(M2, INPUT); // Se declara el pin 42 como entrada. Estado termico de la bomba 2.


startupGSM900(); // Se llama a la subrutina de arranque de el shield GSM.
}

/* A continuacion se crea la subrutina thingspeakPostB1 donde:

Se realiza la conexion con la pagina thingspeak con el apikey para el equipo 1

se transforman las señales recibidas en datos para ser enviados.*/

void thingspeakPostB1() {

    // Se lee el estado de los pines correspondientes a las señales de equipo 1

    nivelState = digitalRead(nivel);

    presionState = digitalRead(presion);

    voltajeState = digitalRead(voltaje);

    termico1State = digitalRead(termico1);

    M1State = digitalRead(M1);

    b1State = digitalRead(b1);

    rel1State = digitalRead(rel1);


    delay(1000);

```

```
char itoaBuffer[10];
```

```
char end_c[2];
```

```
end_c[0] = 0x1a;
```

```
end_c[1] = '\0';
```

```
// nivel int to char
```

```
char datanivel[50];
```

```
String strnivel;
```

```
strnivel = String(nivelState);
```

```
strnivel.toCharArray(datanivel, 50);
```

```
// presion int to char
```

```
char datapresion[50];
```

```
String strpresion;
```

```
strpresion = String(presionState);
```

```
strpresion.toCharArray(datapresion, 50);
```

```
// voltaje int to char
```

```
char datavoltaje[50];
```

```
String strvoltaje;
```

```
strvoltaje = String(voltajeState);
```

```
strvoltaje.toCharArray(datavoltaje, 50);
```

```
// termico 1 int to char
```

```
char datatermico1[50];
```

```

String strtermico1;

strtermico1 = String(termico1State);

strtermico1.toCharArray(datatermico1, 50);


// M1 int to char

char dataM1[50];

String strM1;

strM1 = String(M1State);

strM1.toCharArray(dataM1, 50);


// Selector de equipo B1 int to char

char datab1[50];

String strb1;

strb1 = String(b1State);

strb1.toCharArray(datab1, 50);


// Relay 1 int to char

char datarel1[50];

String strrel1;

strrel1 = String(rel1State);

strrel1.toCharArray(datarel1, 50);


if (inet.connectTCP(thingSpeakAddress, 80)) {

    Serial.println("connected to thingspeakB1");

```

```

gsm.SimpleWrite("POST /update HTTP/1.1\r\n");
gsm.SimpleWrite("Host: api.thingspeak.com\r\n");
gsm.SimpleWrite("Connection: close\r\n");
gsm.SimpleWrite("X-THINGSPEAKAPIKEY: ");
gsm.SimpleWrite(writeAPIKeyB1);
gsm.SimpleWrite("\r\n");
gsm.SimpleWrite("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\r\n");
gsm.SimpleWrite("Content-Length: ");

sprintf(sentMsg,
"field1=%s&field2=%s&field3=%s&field4=%s&field5=%s&field6=%s&field7=%s", datanivel,
datapresion, datavoltaje, datatermico1, dataM1, datab1, datarel1);

itoa(strlen(sentMsg), itoaBuffer, 10);

gsm.SimpleWrite(itoaBuffer);

gsm.SimpleWrite("\r\n\r\n");

gsm.SimpleWrite(sentMsg);

gsm.SimpleWrite("\r\n\r\n");

gsm.SimpleWrite(end_c);

}

else

{

```

```

/* Si falla la conexion se imprime el mensaje en pantalla y se llama a las subrutinas
de reset y arranque del shield GSM.*/

Serial.println("failed");

restartGSM900();

delay(2000);

startupGSM900();

}

}

/* A continuacion se crea la subrutina thingspeakPostB2 donde:

Se realiza la conexion con la pagina thingspeak con el apikey para el equipo 2
se transforman las señales recibidas en datos para ser enviados.*/

void thingspeakPostB2() {

// Se lee el estado de los pines correspondientes a las señales de equipo 2

nivelState = digitalRead(nivel);

presionState = digitalRead(presion);

voltajeState = digitalRead(voltaje);

termico2State = digitalRead(termico2);

M2State = digitalRead(M2);

b2State = digitalRead(b2);

rel1State = digitalRead(rel1);

delay(1000);

char itoaBuffer[8];

char end_c[2];

end_c[0] = 0x1a;

```

```
end_c[1] = '\0';
```

```
// Nivel de tanque int to char
```

```
char datanivel[50];
```

```
String strnivel;
```

```
strnivel = String(nivelState);
```

```
strnivel.toCharArray(datanivel, 50);
```

```
// Presion de descarga int to char
```

```
char datapresion[50];
```

```
String strpresion;
```

```
strpresion = String(presionState);
```

```
strpresion.toCharArray(datapresion, 50);
```

```
// voltaje int to char
```

```
char datavoltaje[50];
```

```
String strvoltaje;
```

```
strvoltaje = String(voltajeState);
```

```
strvoltaje.toCharArray(datavoltaje, 50);
```

```
// Relay termico 2 int to char
```

```
char datatermico2[50];
```

```
String strtermico2;
```

```
strtermico2 = String(termico2State);
```

```
strtermico2.toCharArray(datatermico2, 50);
```

```

// M2 int to char

char dataM2[50];

String strM2;

strM2 = String(M2State);

strM2.toCharArray(dataM2, 50);


// Selector de equipo 2 int to char

char datab2[50];

String strb2;

strb2 = String(b2State);

strb2.toCharArray(datab2, 50);


// Bomba 2 int to char

char datarel1[50];

String strrel1;

strrel1 = String(rel1State);

strrel1.toCharArray(datarel1, 50);


if (inet.connectTCP(thingSpeakAddress, 80)) {

    Serial.println("connected to thingspeakB2");


    gsm.SimpleWrite("POST /update HTTP/1.1\r\n");

    gsm.SimpleWrite("Host: api.thingspeak.com\r\n");

    gsm.SimpleWrite("Connection: close\r\n");

    gsm.SimpleWrite("X-THINGSPEAKAPIKEY: ");

```

```

gsm.SimpleWrite(writeAPIKeyB2);

gsm.SimpleWrite("\r\n");

gsm.SimpleWrite("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\r\n");

gsm.SimpleWrite("Content-Length: ");

sprintf(sentMsg,
"field1=%s&field2=%s&field3=%s&field4=%s&field5=%s&field6=%s&field7=%s", datanivel,
datapresion, datavoltaje, datatermico2, dataM2, datab2, datarel1);

itoa(strlen(sentMsg), itoaBuffer, 10);

gsm.SimpleWrite(itoaBuffer);

gsm.SimpleWrite("\r\n\r\n");

gsm.SimpleWrite(sentMsg);

gsm.SimpleWrite("\r\n\r\n");

gsm.SimpleWrite(end_c);
}

else
{
/* Si falla la conexion se imprime el mensaje en pantalla y se llama a las subrutinas
de reset y arranque del shield GSM.*/

Serial.println("failed");

restartGSM900();

delay(2000);

```

```

    startupGSM900();
}
}

//Subrutina de reset del shield sim 800L si se da una falla de comunicacion.
void restartGSM900()
{
    digitalWrite(Reset, LOW);
    delay(2000);
    digitalWrite(Reset, HIGH);
    delay(1000);
}

// Subrutina de arranque del shield sim 800L y conexiones del mismo.
void startupGSM900() {
    if (gsm.begin(2400)) {
        Serial.println("\nstatus=READY");
        started = true;
    }
    else Serial.println("\nstatus=IDLE");

    if (started) {

        // Linea donde se asignan los numeros celulares autorizados para enviar y recibir SMS.
        Serial.println(" => Proyecto Activado");

        // if (sms.SendSMS("+50684396850", "Proyecto Activado"))

```

```
//if (sms.SendSMS("+50688851175", "Proyecto Activado"))  
  
// Serial.println("\nSMS sent OK");  
  
delay(5000);  
  
gsm.SimpleWrite("AT");  
  
delay(1000);  
  
gsm.WhileSimpleRead();  
  
//GPRS attach, introduzca en orden APN, username and password.  
  
//Si no son necesarios deje el espacio en blanco.  
  
if (inet.attachGPRS("internet.ideasclaro", "", ""))  
    Serial.println("status=ATTACHED");  
else Serial.println("status=ERROR");  
  
delay(1000);  
  
//Lectura de la direccion IP.  
  
gsm.SimpleWriteIn("AT+CIFSR");  
  
delay(5000);  
  
//Leer hasta que el búfer serial esté vacío.  
  
gsm.WhileSimpleRead();  
  
delay(2000);  
  
thingspeakPostB1();
```

```

    delay(6000);
    thingspeakPostB2();
    delay(4000);
}
else {
    restartGSM900();
}

}

// Software para chequeo de estados de los parametros de los equipos.
void loop()
{
    nivelState = digitalRead(nivel);
    presionState = digitalRead(presion);
    voltajeState = digitalRead(voltaje);
    termico1State = digitalRead(termico1);
    termico2State = digitalRead(termico2);
    M1State = digitalRead(M1);
    M2State = digitalRead(M2);
    b1State = digitalRead(b1);
    b2State = digitalRead(b2);
    rel1State = digitalRead(rel1);

    if (presionState == HIGH) {
        if (smspresion == false) {

```

```

Serial.println(" => Presion normal.");

delay(1000);

smspresion = true;

alertapresion = false;

}

}

else {

  if (presionState == LOW) {

    if (alertapresion == false) {

      Serial.println(" => Disparo Alta presion de descarga.");

      delay(500);

      //(sms.SendSMS("+50688851175", "Disparo Alta presion."));

      //Serial.println("\nSMS sent OK");

      delay(1000);

      alertapresion = true;

      smspresion = false;

    }

  }

}

if (voltajeState == HIGH) {

  if (smsvoltaje == false) {

    Serial.println(" => Voltaje Normal.");

    delay(1000);

    smsvoltaje = true;

    alertavoltaje = false;

```

```

    }
}

else {

    if (alertavoltaje == false) {

        Serial.println(" => Falla de Volataje.");

        //(sms.SendSMS("+50688851175", "Falla de Voltaje."));

        //Serial.println("\nSMS sent OK");

        delay(1000);

        alertavoltaje = true;

        smsvoltaje = false;

    }

}

```

```

if (nivelState == HIGH) {

    if (smsnivel == false) {

        Serial.println(" => Nivel OK.");

        delay(1000);

        smsnivel = true;

        alertanivel = false;

    }

}

```

```

else {

    if (alertanivel == false) {

        Serial.println(" => Bajo Nivel.");

        //(sms.SendSMS("+50688851175", "Bajo Nivel."));

        //Serial.println("\nSMS sent OK");
    }
}

```

```

    delay(1000);

    alertanivel = true;

    smsnivel = false;
}
}

if (termico1State == HIGH) {

    if (smstermico1 == false) {

        Serial.println(" => Termico 1 OK.");

        delay(1000);

        smstermico1 = true;

        alertatermico1 = false;

    }

}

else {

    if (alertatermico1 == false) {

        Serial.println(" => Disparo Termico 1.");

        (sms.SendSMS("+50688851175", "Disparo Termico 1.));

        Serial.println("\nSMS sent OK");

        delay(1000);

        alertatermico1 = true;

        smstermico1 = false;

    }

}

if (termico2State == HIGH) {

    if (smstermico2 == false) {

```

```

    Serial.println(" => Termico 2 OK.");

    delay(1000);

    smstermico2 = true;

    alertatermico2 = false;

}

}

else {

    if (alertatermico2 == false) {

        Serial.println(" => Disparo Termico 2.");

        (sms.SendSMS("+50688851175", "Disparo Termico 2.));

        Serial.println("\nSMS sent OK");

        delay(1000);

        alertatermico2 = true;

        smstermico2 = false;

    }

}

if (rel1State == LOW) {

    if (smsrel1 == false) {

        Serial.println(" => Apague Remoto Desactivado.");

        delay(1000);

        smsrel1 = true;

        alertarel1 = false;

    }

}

else {

    if (alertarel1 == false) {

```

```

Serial.println(" => Apague Remoto Activado.");

//ApagueBombas();

if ((b1State == LOW) && (b2State == LOW) && (M1State == LOW) && (M2State == LOW)) {

    (sms.SendSMS("+50688851175", "Bombas OFF Remoto."));

    Serial.println("\nSMS sent OK");

    delay(4000);

    thingspeakPostB1();

    delay(5000);

    thingspeakPostB2();

    delay(2000);

}

alertarel1 = true;

smsrel1 = false;

}

}

if (M1State == HIGH) {

    if (smsM1 == false) {

        Serial.println(" => Selector Bomba 1 Acivado.");

        //(sms.SendSMS("+50688851175", "=> Selector Bomba 1 Acivado."));

        //Serial.println("\nSMS sent OK");

        delay(4000);

        smsM1 = true;

        alertaM1 = false;;

    }

}

```

```

else {

  if (M1State == LOW) {

    if (alertaM1 == false) {

      Serial.println(" => Selector Bomba 1 desactivado.");

      //ApagueBombas();

      /* (sms.SendSMS("+50688851175", " => Selector Bomba 1 desactivado."));

      Serial.println("\nSMS sent OK");*/

      delay(4000);

      alertaM1 = true;

      smsM1 = false;;

    }

  }

}

if (M2State == HIGH) {

  if (smsM2 == false) {

    Serial.println(" => Selector Bomba 2 Activado.");

    //(sms.SendSMS("+50688851175", "Selector Bomba 2 Activado."));

    //Serial.println("\nSMS sent OK");

    delay(4000);

    smsM2 = true;

    alertaM2 = false;

  }

}

else {

  if (M2State == LOW) {

    if (alertaM2 == false) {

```

```

Serial.println(" => Selector Bomba 2 desactivado.");

/*(sms.SendSMS("+50688851175", "Selector Bomba 2 desactivado."));

Serial.println("\nSMS sent OK");*/

delay(4000);

alertaM2 = true;

smsM2 = false;

}

}

}

if (b1State == HIGH) {

    if (smsb1 == false) {

        Serial.println(" => Bomba 1 ON.");

        (sms.SendSMS("+50688851175", "Bomba 1 ON."));

        Serial.println("\nSMS sent OK");

        delay(4000);

        if (b1State == HIGH) {

            thingspeakPostB1();

            delay(2000);

        }

        smsb1 = true;

        alertab1 = false;

    }

}

else {

    if (alertab1 == false) {

        Serial.println(" => Bomba 1 OFF.");

```

```

(sms.SendSMS("+50688851175", "Bomba 1 OFF. "));

Serial.println("\nSMS sent OK");

delay(4000);

thingspeakPostB1();

delay(2000);

alertab1 = true;

smsb1 = false;

}

}

if (b2State == HIGH){
  if (smsb2 == false) {
    Serial.println(" => Bomba 2 ON.");
    (sms.SendSMS("+50688851175", "Bomba 2 ON. "));
    Serial.println("\nSMS sent OK");
    delay(4000);
    if (b2State == HIGH) {
      thingspeakPostB2();
      delay(2000);
    }
    smsb2 = true;
    alertab2 = false;
  }
}

else {
  if (alertab2 == false) {
    Serial.println(" => Bomba 2 OFF.");

```

```

(sms.SendSMS("+50688851175", "Bomba 2 OFF. "));

Serial.println("\nSMS sent OK");

delay(4000);

thingspeakPostB2();

delay(2000);

alertab2 = true;

smsb2 = false;

}

}

//Una vez que se conocen las condiciones de las bombas se procede
//a decidir que acción tomar en base a las variables globales.
//Control remoto para la conmutacion de los equipos.

char inSerial[50];

char position;

if (started)
{

    position = sms.IsSMSPresent(SMS_ALL); // Valore da 1..20

    if (position)
    {

        //Se lee el SMS y se establece quien es el remitente

        sms.GetSMS(position, n, smsbuffer, 160);
    }
}

```

```

//Cambiar u autorizar los numeros para envio de comandos de SMS

if ((strcmp(n, "+50688851175") == 0)

    || (strcmp(n, "+50600000000") == 0)

    || (strcmp(n, "+50600000000") == 0)

    || (strcmp(n, "+50600000000") == 0)

)

{

    Serial.print("Comando Ricibido [tel. " + String(n) + String("]: ") + String(smsbuffer));

    if (strcmp(smsbuffer, "Desactivar") == 0)

    {

        ArranqueBombas();

        mantenimiento = true;

        sms.DeleteSMS(position);

        delay(2000);

    }

    if (strcmp(smsbuffer, "Activar") == 0)

    {

        ApagueBombas();

        if ((b1State == LOW) && (b2State == LOW) && (M1State == LOW) && (M2State == LOW)) {

            delay(500);

            thingspeakPostB1();

            delay(2000);

            thingspeakPostB2();

```

```

        delay(2000);
    }

    mantenimiento = false;

    sms.DeleteSMS(position);

    delay(2000);
}

if (strcmp(smsbuffer, "Actualizar") == 0)
{
    delay(1000);

    thingspeakPostB1();

    delay(6000);

    thingspeakPostB2();

    delay(2000);

    sms.DeleteSMS(position);

    delay(2000);
}

else {

    Serial.println("Comando no reconocido!");

    sms.DeleteSMS(position); // Elimina l'SMS appena analizzato
}

}

else {

    Serial.println("telefono no reconocido!");

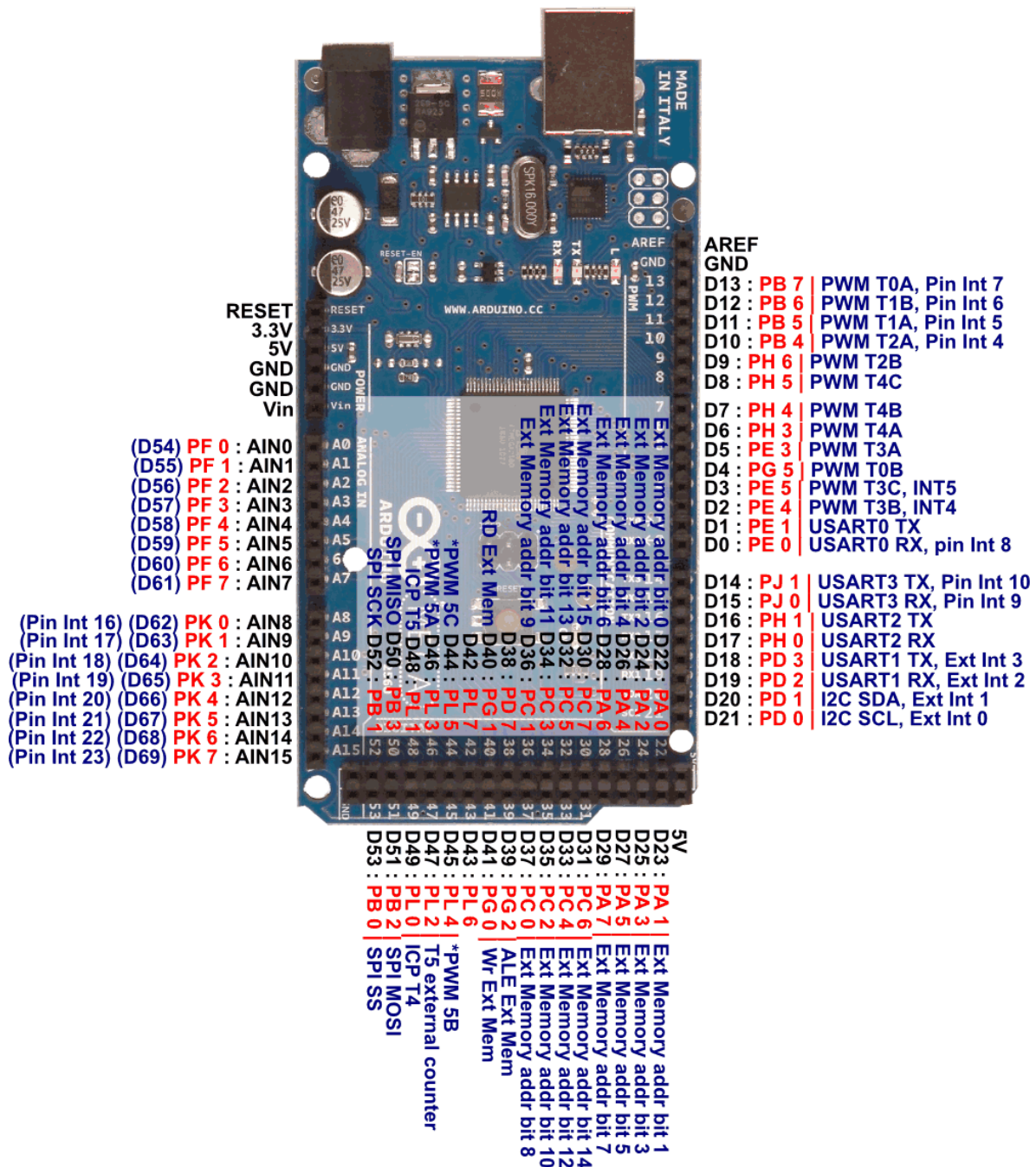
    sms.DeleteSMS(position); // Elimina l'SMS appena analizzato
}

}

```

```
else {  
    if (mantenimiento == false) {  
        ApagueBombas();  
  
    }  
}  
  
}  
  
else {  
    if (mantenimiento == false) {  
        ApagueBombas();  
    }  
}  
  
}  
  
//Subrutina de arranque remoto de equipos  
void ArranqueBombas() {  
    digitalWrite(rel1, HIGH);  
}  
  
//Subrutina de apagado remoto de equipos.  
void ApagueBombas() {  
  
    digitalWrite(rel1, LOW);  
}
```

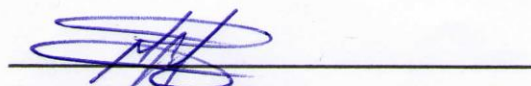
Apéndice 3. Arduino Mega 2560 pinout.



Apéndice 4 **Declaración Jurada.****DECLARACIÓN JURADA**

Yo **Malaquías Santiago Ramírez Lizano** , mayor de edad, portador de la cédula de identidad número **3 - 334 - 221** egresado de la carrera de **Ingeniería Electrónica** de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercebido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de **Bachillerato en Ingeniería Electrónica** , juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: **Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo, para el panel de la estación de bombeo La Colina, del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, Curridabat, durante el primer semestre de 2017** , es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los **18** días del mes de **Abril** del año dos mil **17**



Firma del estudiante

Cédula: **3-334-221**

Apéndice 5. Carta del Tutor.



CARTA DEL TUTOR

San José, 18 de abril del 2017

Ing. José Luis Medrano Cerdas
Ingeniería Electrónica
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante **Malaquías Santiago Ramírez Lizano**, cédula de identidad número **3-0334-0221**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado ***“Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo para el panel de la estación de bombeo La Colina, del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, Curridabat, durante el primer semestre del 2017”***, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Electrónica.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	20%
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	30%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20%
	TOTAL		100%

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

Ing. Minor Caamaño Acuña
Cédula identidad 1-1001-0236
Carnet Colegio Profesional N° 18443

Apéndice 6. Bitácoras de tutorías.

Universidad Hispanoamericana**BITÁCORA PARA MODALIDAD DE GRADUACIÓN**

Nombre del Estudiante: Malaquías Santiago Ramírez Lizano
Nombre del Tutor: Minor Caamaño Acuña

SEDE: Llorente de Tibás, San José
FECHA: 03/03/2017
LUGAR: Bombeo La Colina AyA Curridabat
HORA INICIO: 4:40 PM
HORA CIERRE: 6:00 PM

TESIS: ☐

TESINA: ☒

PROYECTO: ☐

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TEMAS TRATADOS:

Entrega de documento inicial, para la revisión correspondiente por parte del Tutor. Adicionalmente las disposiciones sobre el tema de asistencia a sesiones y naturaleza del proyecto y áreas para probar avance del dispositivo.

ACUERDOS:

Se queda a la espera por parte del estudiante de la retroalimentación del Tutor. Además este último acepta que habrán sesiones que deberán realizarse en el Bombeo La Colina AyA curridabat, por la naturaleza del mismo, que le impide en algunas ocasiones reunirse siempre en la Universidad Hispanoamericana.

AVANCES:

N/A

LIMITACIONES:**OBSERVACIONES:**

PROXIMA SESIÓN : **FECHA:** 10/03/2017 **HORA:** 4:30 PM **LUGAR:** Bombeo AyA

Firma Estudiante

Firma Tutor

Es obligatorio la entrega de las bitácoras de todas las sesiones de trabajo y deben incluir las firmas del Tutor y del Estudiante

Universidad Hispanoamericana

BITÁCORA PARA MODALIDAD DE GRADUACIÓN



Nombre del Estudiante: Malaquias Santiago Ramirez Lizano
Nombre del Tutor: Minor Caamaño Acuña

SEDE: Llorente de Tibás, San José
FECHA: 10/03/2017
LUGAR: Bombeo La Colina AyA Curridabat
HORA INICIO: 4:50 PM
HORA CIERRE: 5:57 PM

TESIS: ☐

TESINA: ☒

PROYECTO: ☐

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Revisión de avance sobre el desarrollo del proyecto por parte de estudiante hacia el Tutor, se hace entrega de parte del estudiante del capítulo IV del documento para su revisión, adicional se continúa el primer objetivo del trabajo como tal, además se ven los adelantos en el dispositivo en cuestión.

ACUERDOS:

El estudiante estará retroalimentando sobre otros aspectos del proyecto lo más pronto posible. Se estima mostrar más avances sobre el dispositivo y documento escrito.

AVANCES:

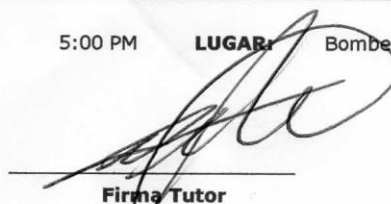
Se avanza en el documento en forma y fondo, además del dispositivo a implementar.

LIMITACIONES:

OBSERVACIONES:

PROXIMA SESIÓN : **FECHA:** 14/03/2017 **HORA:** 5:00 PM **LUGAR:** Bombeo AyA


Firma Estudiante


Firma Tutor

Es obligatorio la entrega de las bitácoras de todas las sesiones de trabajo y deben incluir las firmas del Tutor y del Estudiante

Universidad Hispanoamericana

BITÁCORA PARA MODALIDAD DE GRADUACIÓN



Nombre del Estudiante: Malaquias Santiago Ramirez Lizano
Nombre del Tutor: Minor Caamaño Acuña

SEDE: Llorente de Tibás, San José
FECHA: 14/03/2017
LUGAR: Bombeo La Colina AyA Curridabat
HORA INICIO: 5:00 PM
HORA CIERRE: 6:00 PM

TESIS: ☐

TESINA: ☒

PROYECTO: ☐

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TEMAS TRATADOS:

Revisión de avance sobre el desarrollo del proyecto por parte de estudiante hacia el Tutor, donde se corrobora el alcance del primer objetivo del trabajo como tal, además se ven los adelantos en el dispositivo en cuestión.

ACUERDOS:

El estudiante estará retroalimentando sobre otros aspectos del proyecto lo más pronto posible. Se estima mostrar más avances sobre el segundo objetivo del trabajo como tal, además del dispositivo y documento.

AVANCES:

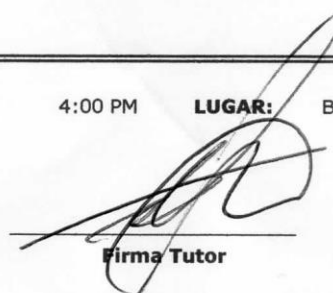
Se avanza en el documento en forma y fondo, además del dispositivo a implementar y el proyecto en si, se alcanza el primer objetivo.

LIMITACIONES:

OBSERVACIONES:

PROXIMA SESIÓN : **FECHA:** 20/03/2017 **HORA:** 4:00 PM **LUGAR:** Bombeo AyA


Firma Estudiante


Firma Tutor

Es obligatorio la entrega de las bitácoras de todas las sesiones de trabajo y deben incluir las firmas del Tutor y del Estudiante

Universidad Hispanoamericana

BITÁCORA PARA MODALIDAD DE GRADUACIÓN



Nombre del Estudiante: Malaquias Santiago Ramirez Lizano
Nombre del Tutor: Minor Caamaño Acuña

SEDE: Llorente de Tibás, San José
FECHA: 20/03/2017
LUGAR: Bombeo La Colina AyA Curridabat
HORA INICIO: 4:00 PM
HORA CIERRE: 5:28 PM

TESIS: ☐

TESINA: ☒

PROYECTO: ☐

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TEMAS TRATADOS:

Revisión de avance sobre el desarrollo del proyecto por parte de estudiante hacia el Tutor, donde se muestran avances del segundo objetivo del trabajo como tal, además se ve los avances importantes en el prototipo.

ACUERDOS:

El estudiante estará retroalimentando sobre otros aspectos del proyecto lo más pronto posible.

AVANCES:

Se dan avances importantes en el segundo objetivo, con lo cual se comienzan a ver avances en los objetivos siguientes y el documento como tal.

LIMITACIONES:

OBSERVACIONES:

PROXIMA SESIÓN : **FECHA:** 24/03/2017 **HORA:** 4:30 PM **LUGAR:** Bombeo AyA


Firma Estudiante


Firma Tutor

Es obligatorio la entrega de las bitácoras de todas las sesiones de trabajo y deben incluir las firmas del Tutor y del Estudiante

Universidad Hispanoamericana

BITÁCORA PARA MODALIDAD DE GRADUACIÓN



Nombre del Estudiante: Malaquias Santiago Ramirez Lizano
Nombre del Tutor: Minor Caamaño Acuña

SEDE: Llorente de Tibás, San José
FECHA: 24/03/2017
LUGAR: Bombeo La Colina AyA Curridabat
HORA INICIO: 4:30 PM
HORA CIERRE: 5:56 PM

TESIS: ☐

TESINA: ☒

PROYECTO: ☐

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TEMAS TRATADOS:

Revisión de avance sobre el desarrollo del proyecto por parte de estudiante hacia el Tutor, se alcanza el segundo objetivo del proyecto, además se observa avances importantes el dispositivo a presentar. Se comienza con el tercer, cuarto y quinto objetivos ya que van muy de la mano y dependían del logro del segundo objetivo.

ACUERDOS:

El estudiante estará retroalimentando sobre otros aspectos del proyecto lo más pronto posible.

AVANCES:

Se finaliza segundo objetivo, avances importantes en el dispositivo y se comienza el tercer, cuarto y quinto objetivo.

LIMITACIONES:

OBSERVACIONES:

PROXIMA SESIÓN : **FECHA:** 29/03/2017 **HORA:** 5:00 PM **LUGAR:** Bombeo AyA

Firma Estudiante

Firma Tutor

Es obligatorio la entrega de las bitácoras de todas las sesiones de trabajo y deben incluir las firmas del Tutor y del Estudiante

Universidad Hispanoamericana

BITÁCORA PARA MODALIDAD DE GRADUACIÓN



Nombre del Estudiante: Malaquias Santiago Ramirez Lizano
Nombre del Tutor: Minor Caamaño Acuña

SEDE: Llorente de Tibás, San José

TESIS: ☐

FECHA: 29/03/2017

LUGAR: Bombeo La Colina AyA Curridabat

TESINA: ☒

HORA INICIO: 4:40 PM

HORA CIERRE: 5:56 PM

PROYECTO: ☐

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TEMAS TRATADOS:

Revisión de avance sobre el desarrollo del proyecto por parte de estudiante hacia el Tutor, donde se finalizan el tercer, cuarto y quinto objetivos del trabajo como tal, además se ve los adelantos enormes en el dispositivo en cuestión. Se comienza con el ultimo objetivo.

ACUERDOS:

Se establecen más tiempos de entrega y revisión integral tanto de la parte documental como práctica, se haran las ultimas pruebas del dispositivo para su puesta en marcha.

AVANCES:

Se finalizan el tercer, cuarto y quinto objetivos, avances importantes en el dispositivo y se comienza con el último objetivo

LIMITACIONES:

OBSERVACIONES:

PROXIMA SESIÓN : **FECHA:** 03/04/2017 **HORA:** 4:00 PM **LUGAR:** Bombeo AyA

Firma Estudiante

Firma Tutor

Es obligatorio la entrega de las bitácoras de todas las sesiones de trabajo y deben incluir las firmas del Tutor y del Estudiante

Universidad Hispanoamericana

BITÁCORA PARA MODALIDAD DE GRADUACIÓN



Nombre del Estudiante: Malaquias Santiago Ramirez Lizano
Nombre del Tutor: Minor Caamaño Acuña

SEDE: Llorente de Tibás, San José
FECHA: 03/04/2017
LUGAR: Bombeo La Colina AyA Curridabat
HORA INICIO: 4:00 PM
HORA CIERRE: 5:10 PM

TESIS: ☐
TESINA: ☒
PROYECTO: ☐

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TEMAS TRATADOS:

Revisión del avances del documento como tal, además se implementa el dispositivo en cuestión.

ACUERDOS:

El estudiante estará retroalimentando sobre otros aspectos del proyecto lo más pronto posible. Se estima la entrega del documento formal la próxima vez para poder atender una revisión integral, se considera muy positivo el contar con la revisión integral en la práctica del dispositivo como tal.

AVANCES:

Puesta en marcha del dispositivo, avances importantes en el documento formal.

LIMITACIONES:

OBSERVACIONES:

PROXIMA SESIÓN : **FECHA:** 07/04/2017 **HORA:** 5:00 PM **LUGAR:** Bombeo AyA

Firma Estudiante

Firma Tutor

Es obligatorio la entrega de las bitácoras de todas las sesiones de trabajo y deben incluir las firmas del Tutor y del Estudiante

Universidad Hispanoamericana

BITÁCORA PARA MODALIDAD DE GRADUACIÓN



Nombre del Estudiante: Malaquias Santiago Ramirez Lizano
Nombre del Tutor: Minor Caamaño Acuña

SEDE: Llorente de Tibás, San José
FECHA: 07/04/2017
LUGAR: Bombeo La Colina AyA Curridabat
HORA INICIO: 5:15 PM
HORA CIERRE: 6:23 PM

TESIS: ☐

TESINA: ☒

PROYECTO: ☐

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TEMAS TRATADOS:

Informe de avance de desarrollo de pruebas de proyecto, evaluando diferentes componentes en conjunto con el Tutor y las actividades para solventar algunos detalles del caso.

ACUERDOS:

El estudiante estará entregando todas las modificaciones analizadas durante dicho día en la próxima sesión y prueba del dispositivo para la visualización por parte del tutor.

AVANCES:

Se dan diferentes avances muy positivos por parte del estudiante a nivel de desarrollo e implementación del proyecto y documento formal.

LIMITACIONES:

N/A

OBSERVACIONES:

PROXIMA SESIÓN : **FECHA:** 12/04/2017 **HORA:** 4:00 PM **LUGAR:** Bombeo AyA

Firma Estudiante

Firma Tutor

Es obligatorio la entrega de las bitácoras de todas las sesiones de trabajo y deben incluir las firmas del Tutor y del Estudiante

Universidad Hispanoamericana

BITÁCORA PARA MODALIDAD DE GRADUACIÓN



Nombre del Estudiante: Malaquias Santiago Ramirez Lizano
Nombre del Tutor: Minor Caamaño Acuña

SEDE: Llorente de Tibás, San José
FECHA: 12/04/2017
LUGAR: Bombeo La Colina AyA Curridabat
HORA INICIO: 4:00 PM
HORA CIERRE: 5:15 PM

TESIS: ☐
TESINA: ☒
PROYECTO: ☐

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TEMAS TRATADOS:

Revisión en campo del sistema en cuestión, además de entrega de correcciones solicitadas según lo analizado en sesiones anteriores.

ACUERDOS:

El tutor estará dando la revisión al documento, según lo analizado y se estará confirmando próxima sesión para la entrega de aprobación según aplique, la cual se coordinará previamente.

AVANCES:

Se constata el cumplimiento de los objetivos y alcances establecidos por el estudiante al momento de registro de la tesis como tal.

LIMITACIONES:

N/A

OBSERVACIONES:

PROXIMA SESIÓN : **FECHA:** 18/04/2017 **HORA:** 4:00 PM **LUGAR:** Bombeo AyA

Firma Estudiante

Firma Tutor

Es obligatorio la entrega de las bitácoras de todas las sesiones de trabajo y deben incluir las firmas del Tutor y del Estudiante

Universidad Hispanoamericana

BITÁCORA PARA MODALIDAD DE GRADUACIÓN



Nombre del Estudiante: Malaquias Santiago Ramirez Lizano
Nombre del Tutor: Minor Caamaño Acuña

SEDE: Llorente de Tibás, San José
FECHA: 18/04/2017
LUGAR: Bombeo La Colina AyA Curridabat
HORA INICIO: 4:00 PM
HORA CIERRE: 5:30 PM

TESIS: ☐

TESINA: ☒

PROYECTO: ☐

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TEMAS TRATADOS:

Se entrega la carta correspondiente de aprobación del caso.

ACUERDOS:

Estudiante estará tramitando ante registro la entrega formal de toda la documentación del caso, ya que la misma ha sido aprobada por parte del Tutor y se entrega toda la documentación pertinente.

AVANCES:

Documento completamente aprobado, se entrega carta de aprobación y además se firma la última bitácora para su presentación.

LIMITACIONES:

OBSERVACIONES:

NINGUNA

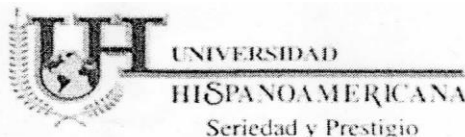
PROXIMA SESIÓN : **FECHA:** N/A **HORA:** N/A **LUGAR:** N/A


Firma Estudiante


Firma Tutor

Es obligatorio la entrega de las bitácoras de todas las sesiones de trabajo y deben incluir las firmas del Tutor y del Estudiante

Apéndice 7 Carta del Lector.



CARTA DEL LECTOR

San José, 15 de Mayo de 2017.

Ing. José Luis Medrano

Carrera Ingeniería Electrónica.

Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante **Malaquías Ramírez Lizano**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo, para el panel de la estación de bombeo La Colina, del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, Curridabat, durante el primer semestre de 2017**, el cual ha elaborado para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Electrónica.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente, lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y el análisis de datos; la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre estos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública. Atentamente,

Ing. Daniel Rodríguez Solórzano

Céd= 108730397

Apéndice 8 Carta del Filólogo.

Heredia, 31 de mayo de 2017

Escuela de Ingeniería Electrónica

Universidad Hispanoamericana

Estimados señores

Me complace comunicarles que la tesis titulada

Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo, para el panel de la estación de bombeo La Colina, del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, Curridabat, durante el primer semestre de 2017.

Escrita por Malaquías Ramírez Lizano para optar el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Electrónica, ha cumplido con la revisión filológica. Se hicieron recomendaciones pertinentes a la corrección de estilo, gramática, morfología, ortografía, puntuación y vicios de dicción con la finalidad de cumplir con los requisitos exigidos para una tesis de graduación.

Atentamente,



Lic. Vilma Arrieta Vargas

Licenciatura en Literatura y Ciencias del Lenguaje.

Universidad Nacional

Cédula 401030662

Carné COLYPRO 2744

Teléfono 72064301

vilmarrieta@gmail.com