



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO CON GPRS PARA  
TELEMETRÍA Y TELECONTROL DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO  
ALMA LOJANA BAJO DE LA EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE  
AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO”

AUTOR

PABLO OSWALDO ARGOTI CELI

AÑO

2018



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO CON GPRS PARA  
TELEMETRÍA Y TELECONTROL DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO ALMA  
LOJANA BAJO DE LA EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA  
POTABLE Y SANEAMIENTO”**

**Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar por el título de Ingeniero en Redes y  
Telecomunicaciones**

**Profesor guía**

MSc. Iván Ricardo Sánchez Salazar

Autor

Pablo Oswaldo Argoti Celi

Año  
2018

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUIA**

“Declaro haber dirigido el trabajo de DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO CON GPRS PARA TELEMETRÍA Y TELECONTROL DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO ALMA LOJANA BAJO DE LA EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO, a través de reuniones periódicas con el estudiante, Pablo Oswaldo Argoti Celi, en el primer semestre del 2018-1, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos De Titulación”.

---

Iván Ricardo Sánchez Salazar

Magister en Calidad, Seguridad y Ambiente

C.I. 18030456142

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR**

“Declaro haber revisado este trabajo, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO CON GPRS PARA TELEMETRÍA Y TELECONTROL DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO ALMA LOJANA BAJO DE LA EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO, de Pablo Oswaldo Argoti Celi, en el primer semestre del 2018-1, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

David Fernando Pozo Espín

Master Universitario en Automática y Robótica

C.I. 1717340143

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

Ante las autoridades de la Universidad de las Américas, declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

---

Pablo Oswaldo Argoti Celi

C.I. 1713999157

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico a mis padres quienes han esperado este momento que ha sido esquivo durante mucho tiempo, a mi querida esposa por darme el aliento y el apoyo necesario para afrontar todas las pruebas que se han presentado en este tiempo de dedicación a la carrera. A mis pequeños hijos Lissete, Ana Paula y Emilio que han sido el motor de mi vida y de este proyecto para quienes he trabajado y seguiré haciéndolo incansablemente.

## **AGRADECIMIENTOS**

A ti mi hermosa Lissete por haberme dado la fuerza para comenzar de nuevo, aquel día que pediste que sea profesional cuando apenas eras una niña, sin tu empuje no lo hubiera logrado mi amor. Agradezco a todos mis profesores por haber inculcado la excelencia académica y profesional en mi persona, un agradecimiento especial a mi tutor Msc. Iván Sánchez por guiarme en el camino final de la carrera. Y a todas las personas que de una manera u otra estuvieron conmigo en este tiempo, unos con obstáculos y otros ayudando a conseguir la meta propuesta.

## RESUMEN

Mediante el presente trabajo se propone implementar un prototipo con GPRS para la telemetría y telecontrol de la estación de bombeo ALMA LOJANA BAJO, que se encarga de llenar el tanque de reserva ALMA LOJANA ALTO, pertenecientes a la Empresa Pública Metropolitana De Agua Potable Y Saneamiento, con este proyecto se pretende reducir de manera significativa las pérdidas de agua potable tratada que se producen por falta de un sistema que controle de forma eficiente el llenado del tanque ALMA LOJANA ALTO.

Para desarrollar el proyecto se realizará un estudio previo de las condiciones actuales de los tanques en lo referente a infraestructura de telecomunicaciones interna y externa, energía eléctrica, equipamiento instalado, análisis de agua tratada desperdiciada, y posteriormente desarrollar el prototipo de una RTU (Unidad Terminal Remota) para el control remoto y la adquisición de datos de las variables de proceso de abastecimiento entre las estaciones de bombeo anteriormente descritas.

Adicionalmente se realizarán las pruebas funcionamiento del sistema para verificar su funcionamiento, se realizará un análisis económico de la solución propuesta frente a otras posibles soluciones, para finalizar con un análisis de los recursos recuperados gracias al control eficiente del llenado de los tanques con este proyecto.

## **ABSTRACT**

Through this work it is proposed to implement a prototype with GPRS for telemetry and remote control of the pumping station ALMA LOJANA BAJO, which is responsible for filling the ALMA LOJANA ALTO, reserve tank belonging to the Public Metropolitan Company of Drinking Water and Sanitation, this project is intended to reduce significantly the losses of drinking water produced by the lack of a efficiently system that controls the filling of the ALMA LOJANA ALTO tank of reserve.

To develop the project will carry out a preliminary study of the current conditions of the tanks in relation to telecommunications infrastructure internal and external, electric power, installed equipment, analysis of treated water wasted, and subsequently develop a prototype RTUs (Remote Terminal Unit) for the remote control and data acquisition of process variables of supply between the pumping stations described above.

In addition were made the operation tests of the system to verify correct operation, there will be an economic analysis of the proposed solution compared to other possible solutions, to finish with an analysis of retrieved resources to the efficient control of filling the tanks with this project.

# INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Alcance.....	3
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivo General.....	6
1.5 Objetivos Específicos.....	6
2. MARCO TEÓRICO .....	7
2.1 Levantamiento De Información De Estaciones De Bombeo Alma Lojana Alto y Alma Lojana Bajo.....	7
2.2 Implantación y Ubicación Del Terreno.....	7
2.2.1 Ubicación Alma Lojana Bajo.....	7
2.2.2 Ubicación Alma Lojana Alto.....	7
2.2.3 Tipo De Infraestructura.....	8
2.2.4 Sector Alma Lojana Bajo.....	8
2.2.5 Sector Alma Lojana Alto.....	9
2.2.6 Vegetación.....	9
2.2.7 Sector Alma Lojana Bajo.....	9
2.2.8 Posición En El Plano.....	10
2.2.9 Perfil De Elevación.....	11

2.2.10 Infraestructura Eléctrica .....	12
2.2.11 Diagrama Unifilar Eléctrico .....	14
2.2.12 Descripción De Elementos Principales De La infraestructura. ....	15
2.3 Elementos De Bombeo .....	16
2.3.1 Motores .....	16
2.3.2 Motor Numero 1 .....	17
2.3.3 Motor Numero 2 .....	18
2.4 Método De Arranque De Motores .....	19
2.4.1 Arranque Estrella Triángulo .....	20
2.5 Sistemas de protección y arranque de motores .....	21
2.5.1 TESYS T. ....	21
2.6 Infraestructura de Telecomunicaciones. ....	23
2.6.1 Antenas radio bases. ....	23
2.6.2 Radio base que sirve el sector de Alma Lojana Bajo .....	23
2.6.3 Radio base que sirve al barrio Alma Lojana Alto .....	24
2.7 Cobertura De Las Operadoras De Telefonía Celular .....	25
2.7.1 Claro .....	25
2.7.2 Cobertura Claro 3G .....	25
2.7.3 Cobertura Claro 2G .....	26
2.7.4 Movistar .....	28
2.7.5 Cobertura Movistar 2G .....	29
2.7.6 Cobertura Movistar 3G .....	30
2.7.7 Cobertura Movistar 4G LTE .....	31

2.7.8 Cobertura 2G CNT .....	32
2.7.9 Cobertura 3.5G CNT .....	33
2.7.10 Cobertura GPON CNT.....	34
2.7.11 Cobertura FTTH Netlife .....	35
2.8 Infraestructura hidráulica.....	37
2.9 Macro Proceso Del Sistema De Bombeo.....	38
2.9.1 Estación De Bombeo Apagada.....	38
2.9.2 Recibir Agua Desde La Planta De Tratamiento Puengasí.....	39
2.9.3 Encendido De Las Bombas Para Impulsar El Agua Hacia Tanque Alto. ....	40
2.9.4 Llenado Del Tanque Alma Lojana Alto .....	41
2.9.5 Falta De Control En El Bombeo.....	41
2.9.6 Desperdicio De Recursos. ....	42
2.10 Análisis De La Problemática Actual.....	43
2.11 Tanque Alma Lojana Alto.....	48
2.11.1 Datos De Nivel De Agua En El Tanque.....	48
2.11.2 Datos De Caudal De Ingreso. ....	50
2.11.3 Datos De Caudal De Salida Distribución.....	52
2.11.4 Gráfica De Caudal De Distribución Por Bombeo Tanque Lojana Alto.....	54
<b>3. ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA. ....</b>	<b>58</b>
3.1 Metodología de Solución.....	59

3.1.1 Planteamiento Del Problema.....	60
3.2 Planteamiento De Alternativas De Solución Al Problema...	61
3.2.1 Incremento De Personal.....	61
3.2.2 Radio Enlace.....	61
3.2.3 Enlace Con Fibra Óptica.....	62
3.2.4 GSM/GPRS.....	62
3.3 Soluciones Con Medios Guiados.....	63
3.3.1 Par Trenzado.....	63
3.3.2 Cable Coaxial.....	64
3.3.3 Fibra Óptica.....	64
3.4 Medios De Transmisión No guiados.....	65
3.4.1 Enlaces De Radio.....	66
3.4.2 Enlaces Micro Onda.....	66
3.4.3 Enlaces Satelitales.....	68
3.4.4 LP WAN.....	69
3.4.5 LORA WAN.....	69
3.4.6 NB IoT.....	70
3.5 Tecnología escogida para la solución.....	70
3.5.1 Red de telefonía celular.....	70
3.5.2 Evolución.....	78
4. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN.....	82
4.1 Diagrama De Bloques Del Sistema.....	82

4.2 Diagrama Ilustrativo De Funcionamiento .....	83
4.3 Descripción General Del Proyecto .....	84
4.4 Descripción Técnica Del Proyecto .....	88
4.4.1 Diagrama De Bloques De La RTU. ....	88
4.4.2 Arduino Uno.....	89
4.4.3 Diagrama De Pines Del Microcontrolador .....	90
4.4.4 Módulo De Relés. ....	91
4.4.5 Comunicaciones .....	93
4.4.6 Controlador Lógico Programable PLC .....	94
4.5 Servidor.....	102
4.5.1 Sim Card .....	103
4.5.2 Modem.....	103
4.5.3 Servidor CPU .....	104
4.5.4 Instalación Del Gateway.....	106
4.6 Diseño De RTU Tanque Alto.....	108
4.6.1 Diagrama De Bloques.....	108
4.6.2 Funcionamiento Módulos RTU .....	109
4.6.3 Estación Alma Lojana Alto .....	110
4.6.4 Estación Alma Lojana Bajo .....	113
4.7 Programación Del Sistema.....	116
4.7.1 RTU Alma Lojana Alto .....	116
4.7.2 Encendido .....	117

4.7.3 Sensor De Nivel .....	118
4.7.4 Lectura De Entrada Digital. ....	119
4.7.5 Comunicación Módulo Arduino y Shield Sim 900 .....	120
4.7.6 Código De Variable .....	121
4.7.7 Envío De Mensajes .....	121
4.7.8 Gateway GSM .....	122
4.7.9 RTU Alma Lojana Bajo. ....	122
4.7.10 Encendido.....	124
<b>4.8 Mensaje de encendido o apagado.....</b>	<b>125</b>
4.8.1 Comunicación módulo Arduino y shield sim 900. ....	125
4.8.2 Código de variable. ....	126
4.8.3 Comunicación módulo relés. ....	126
4.8.4 Entrada a PLC. ....	126
4.8.5 Rutina del PLC .....	127
4.8.6 Salida de PLC .....	127
4.8.7 Motores .....	127
<b>5. EVALUACION DE RESULTADOS .....</b>	<b>128</b>
5.1 Caudal De Ingreso Gráfico Mensual.....	128
5.2 Caudal de ingreso gráfico semanal.....	130
5.3 Caudal de ingreso gráfico diario .....	130
5.4 Gráfico de nivel del tanque Alma Lojana Alto .....	131
5.5 Gráfico de nivel diario 4 de agosto de 2017.....	133

5.6 Gráfico semanal de operación 26 agosto 2017 al 2 de septiembre 2017 .....	134
5.7 Gráfico mensual de operación 26 agosto 2017 al 26 de septiembre 2017 .....	136
5.8 Análisis cuantitativo del proyecto.....	138
5.9 Consumo eléctrico año 2017 de la estación de bombeo Alma Lojana Bajo.....	140
5.10 Cálculo del VAN Y TIR .....	141
5.11 Comparación de costos .....	142
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>146</b>
6.1 Conclusiones.....	146
6.2 Recomendaciones .....	149
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>152</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>157</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

La empresa metropolitana de agua potable y saneamiento gasta recursos en la potabilización del agua, tanto en la captación, conducción, tratamiento y distribución, en todo este proceso se invierte muchos recursos para la consiguiente distribución y así llegar con el servicio hasta los hogares de los habitantes de Quito.

El desperdicio de agua tratada es uno de los mayores problemas de la empresa, porque utiliza energía eléctrica, utiliza químicos para el tratamiento, operación y mantenimiento de los sistemas, todos estos costos deben ser tomados en cuenta al momento de hacer el cálculo de agua desperdiciada, y lo más importante de todo esto es el agua en sí misma, como recurso natural no renovable y fuente de vida en la tierra.

Con este tipo de sistema de control se garantiza la correcta operación de las estaciones de bombeo a una fracción del costo de implementación de un sistema de telemetría convencional, y la posterior recuperación de los recursos en el tiempo de operación para la empresa, además de mantener el agua en la fuente y que los recursos recuperados sean revertidos en la implementación nuevas tecnologías para el aprovechamiento del agua.

El objetivo del presente proyecto es el de conectar mediante tecnología de telefonía celular dos estaciones de bombeo distantes 822.76 m en línea recta mediante el desarrollo de dos unidades de transmisión remota, que en adelante se llamarán RTU por sus siglas en inglés (Remote Transmit Unit). Las cuáles serán las encargadas de controlar el aprovisionamiento de agua en el tanque

Alma Lojana Alto, mediante un relé tipo flotador instalado dentro del tanque alto se obtendrán señales de nivel las cuales ingresan a la RTU que es la encargada de enviar los comandos necesarios mediante la red GSM GPRS hacia la otra RTU instalada en el tanque Alma Lojana Bajo, para activar y desactivar las bombas de impulsión. De tal manera se controlará el desborde y desperdicio de agua potable, es así en líneas generales que funcionará el proyecto que se detalla a continuación.

### **1.1 Antecedentes**

Con respecto a esta problemática se han venido realizando trabajos de investigación y comprobación de la cantidad de agua tratada desperdiciada, a cargo del grupo de Pérdidas Físicas, del Departamento De Distribución, de la Empresa Publica Metropolitana De Agua Potable Y Saneamiento de Quito, en los que se ha determinado que uno de los factores influyentes en el desperdicio de agua en los tanques de distribución, es el correspondiente a las estaciones de bombeo, las cuales no cuentan con sistemas automáticos de control de los motores y bombas, o cuentan con sistemas obsoletos y lo que es más crítico, se han implementado sistemas de telemetría costosos que no han cubierto las expectativas ni han brindado las soluciones esperadas por la empresa, en lo relacionado a la reducción del desperdicio en el proceso de producción y distribución. Para solucionar este grave problema, se necesita utilizar sistemas de telecomunicaciones entre las estaciones de bombeo y los tanques de almacenamiento como la red de telefonía celular; la cual está disponible y es de fácil acceso, basados en los principios de obligatoriedad y universalidad de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones del Ecuador, (Asamblea Nacional, 2015).

De esta manera se podrá controlar de manera remota, los motores de las bombas de impulsión y evitar que el agua tratada que es impulsada hacia los reservorios se desperdicie por la falta de un control de niveles en los tanques.

Global System for Mobile Communications, o GSM, es un estándar de comunicación celular ampliamente usado en todo el mundo, se caracteriza por ser una tecnología digital en la que la información se comprime antes de ser enviada, optimizando el ancho de banda y adquiriendo todos los beneficios de las comunicaciones digitales. (Rosenbrock, 2012).

Existen muchos sistemas que cuentan con este tipo de control alrededor del mundo, sobre todo porque es un sistema universal de fácil acceso y para empresas las cuales su giro de negocio no está orientado hacia las TIC's, y solo deben aprovechar la infraestructura de telecomunicaciones existente. En cuanto respecta a la EPMAPS, no se ha tenido una política que garantice el no desperdicio del recurso agua de una manera sustentable en el tiempo y se han venido realizando acciones eventuales, para mitigar el desperdicio del recurso más importante de este planeta, como lo es el agua dulce y en nuestro caso el agua tratada.

## **1.2 Alcance.**

Mediante el presente trabajo se propone implementar un prototipo con GPRS para la telemetría y telecontrol de la estación de bombeo ALMA LOJANA BAJO, que se encarga de llenar el tanque de reserva ALMA LOJANA ALTO, pertenecientes a la Empresa Pública Metropolitana De Agua Potable Y Saneamiento, con este proyecto se pretende reducir de manera significativa las

pérdidas de agua potable tratada que se producen por falta de un sistema que controle de forma eficiente el llenado del tanque ALMA LOJANA ALTO.

Para desarrollar el proyecto se realizará un estudio previo de las condiciones actuales de los tanques en lo referente a infraestructura de telecomunicaciones interna y externa, energía eléctrica, equipamiento instalado, análisis de agua tratada desperdiciada, y posteriormente desarrollar el prototipo de una RTU (Unidad Terminal Remota) para el control remoto y la adquisición de datos de las variables de proceso de abastecimiento entre las estaciones de bombeo anteriormente descritas.

Adicionalmente se realizarán las pruebas funcionamiento del sistema para verificar su funcionamiento, se realizará un análisis económico de la solución propuesta frente a otras posibles soluciones, para finalizar con un análisis de los recursos recuperados gracias al control eficiente del llenado de los tanques con este proyecto.

### **1.3 Justificación.**

Los recursos naturales son una fuente de bienestar para toda la humanidad, por esta razón es necesario procurar su buen uso y conservación para de esta manera, garantizar el aprovechamiento de estos, por más generaciones, en el caso particular existe un recurso que es de importancia superlativa para el desarrollo de la vida en nuestro planeta, tal es el caso del agua; el mismo ser humano está compuesto en un 70 % de agua y en los demás seres vivos el componente de agua de sus cuerpos oscila entre el 60 y 90 %, nuestro planeta está cubierto en un 70% de su superficie por agua pero de este porcentaje solo

el 3% es agua apta para el consumo humano, además de ser fuente de la vida, es utilizada para higiene personal, navegación marítima y usos industriales, como la generación de energía eléctrica. (Maycotte, 2015).

La empresa metropolitana de agua potable y saneamiento gasta recursos en la potabilización del agua, tanto en la captación, transportación, tratamiento y distribución, en todo este proceso se invierte muchos recursos para la consiguiente distribución y así llegar con el servicio hasta los hogares de los habitantes de Quito.

El desperdicio de agua tratada es uno de los mayores problemas de la empresa, porque utiliza energía eléctrica, utiliza químicos para el tratamiento, operación y mantenimiento de los sistemas, todos estos costos deben ser tomados en cuenta al momento de hacer el cálculo de agua desperdiciada, y lo más importante de todo esto es el agua en sí misma, como recurso natural no renovable y fuente de vida en la tierra.

Con este tipo de sistema de control se garantiza la correcta operación de las estaciones de bombeo a una fracción del costo de implementación de un sistema de telemetría convencional, y la posterior recuperación de los recursos en el tiempo de operación para la empresa, además de mantener el agua en la fuente y que los recursos recuperados sean revertidos en la implementación nuevas tecnologías para el aprovechamiento del agua.

Mediante la ejecución de este proyecto, se aportará a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Redes Y Telecomunicaciones de la UDLA, los conocimientos de cómo funcionan los sistemas de adquisición de datos,

transmisión y control remoto en la industria, con el objeto de que se estudie este proyecto, para que se lo pueda modificar y perfeccionar, enriqueciendo la base de conocimientos de los estudiantes y sea una guía para posteriores propuestas de temas de titulación.

#### **1.4 Objetivo General.**

Implementar un prototipo de telemetría y telecontrol, basado en la tecnología GSM-GPRS para controlar el abastecimiento de agua potable y niveles del tanque ALMA LOJANA ALTO de la EPMAPS.

#### **1.5 Objetivos Específicos.**

Analizar el proceso de bombeo actual entre los tanques Alma Lojana Bajo y Alma lojana Alto, haciendo énfasis en infraestructura de telecomunicaciones en los tanques y en sus alrededores, infraestructura eléctrica, niveles de reserva en el tanque así como medición de caudal, para posteriormente registrar los datos, para conocer el funcionamiento de las estaciones.

Analizar las tecnologías existentes que permitan realizar el control a distancia de eventos y que se ajusten a la situación inicial en la que se encuentran las estaciones.

Diseñar un sistema basado en dos RTU's que se comunicaran bidireccionalmente a un centro de control que registra los eventos generados, por las variables identificadas dentro del levantamiento de información.

Implementar el prototipo en base al diseño propuesto, considerando un diagrama de flujo que cumpla con el proceso identificado para solventar las pérdidas de agua potable.

Realizar las pruebas del sistema y determinar si se ha solventado las pérdidas de agua potable en el proceso de bombeo, contribuyendo de manera significativa al ahorro de recursos que están siendo desperdiciados por la EPMAPS.

Realizar un análisis costo beneficio del proyecto que permita evidenciar si es viable o no, la implementación del mismo.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Levantamiento De Información De Estaciones De Bombeo Alma Lojana Alto Y Alma Lojana Bajo.**

Se realizará un levantamiento completo de la infraestructura física, infraestructura de energía eléctrica, infraestructura de telecomunicaciones, existente en los tanques objeto de este proyecto.

### **2.2 Implantación y Ubicación Del Terreno.**

#### **2.2.1 Ubicación Alma Lojana Bajo.**

La estación de bombeo Alma Lojana Bajo, ubicada en el barrio Triángulo de Piedra calle principal vía al radar de la Aviación Civil con coordenadas geográficas de tipo decimal -0.241047, -78.481643 y una altitud de 2947 msnm,

#### **2.2.2 Ubicación Alma Lojana Alto.**

La estación de bombeo-tanque Alma Lojana Alto de encuentra ubicado en el barrio Alma Lojana Alto calle Mariano Campo y calle Muro con coordenadas geográficas de tipo decimal -0.234466, -78.478377 con una altitud de 3032 msnm estos puntos y las coordenadas geográficas han sido tomadas del Sistema de Información Geográfica de la Empresa Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento, basado en el sistema WGS84 World Geodetic System que es un sistema de referencia terrestre geodésico centrado y fijo en la Tierra.

### **2.2.3 Tipo De Infraestructura.**

El tipo de viviendas en este sector es de características populares con una infraestructura de hormigón en su construcción y van desde uno a tres pisos como promedio en todo el sector, la densidad de construcciones no es alto más bien tiene una densidad poblacional baja. Estos datos han sido recabados de manera visual mediante un recorrido por los dos sectores en donde se encuentran los tanques los cuales se detallaron anteriormente.

### **2.2.4 Sector Alma Lojana Bajo.**



Figura 1. Fotografía del tipo de viviendas del sector Alma Lojana Bajo.

### 2.2.5 Sector Alma Lojana Alto.



Figura 2. Fotografía del tipo de viviendas del sector Alma Lojana Alto.

### 2.2.6 Vegetación

La vegetación del sector está formada por árboles de eucalipto y pino jóvenes que no sobrepasan los 20 m de altura, matorrales de chilca, sachamora, sachachocho, árboles de tilo que se encuentran en las zonas aledañas que son propios de este sector perteneciente a las quebradas y las zonas que aún se encuentran sin edificaciones, esta vegetación no impedirá la correcta comunicación entre las dos estaciones de bombeo.

### 2.2.7 Sector Alma Lojana Bajo



Figura 3. Fotografía de la vegetación del sector Alma Lojana Bajo.

### **2.2.8 Posición En El Plano.**

La diferencia de altura entre los dos puntos es de 82.35 m, que es la altura que deben romper las bombas para llegar desde el tanque bajo hacia el tanque alto. Estos datos de nivel se obtuvieron del Sistema de Información Geográfica de la Empresa Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento. Que es la referencia de la EPMAPS para realizar todos sus trabajos.

En la gráfica siguiente se coteja y verifica los datos obtenidos de EPMAPS, se puede observar la diferencia de altura entre los dos tanques, se toma la ruta que une los dos puntos que representan los tanques alto y bajo, al unir los dos puntos representados en el software Google Earth se obtiene el perfil de elevación.



Figura 4. Representación de la ubicación en el mapa de las estaciones.  
Tomado de (Google Earth, 2016)

### 2.2.9 Perfil De Elevación

La diferencia de nivel entre los dos tanques es de 85 m resultante de la resta de las dos cotas, en las que están ubicados respectivamente los dos tanques esto es 3032 msnm correspondiente al tanque alto y 2947 msnm correspondiente al tanque bajo, que se corresponden con el dato obtenido de la EPMAPS, el cual es de 82.35 m

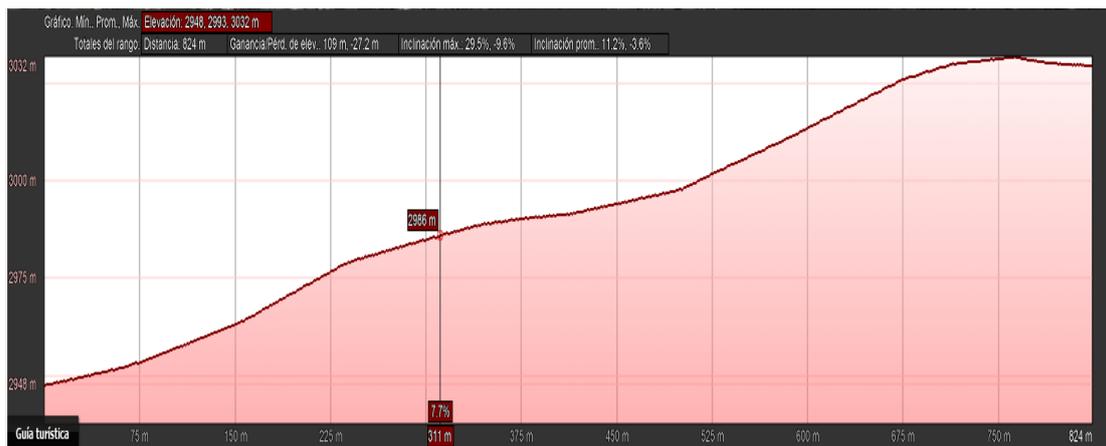


Figura 5. Gráfica de diferencia de cotas entre las estaciones de bombeo.  
 Tomado de (Google Earth, 2016)

## 2.2.10 Infraestructura Eléctrica

La infraestructura eléctrica que se encuentra en el sector está provista por la Empresa Eléctrica Quito S.A. Las tensiones de servicio eléctrico y sus valores nominales provistos por la Empresa Eléctrica Quito S.A. basados en la NEC, en el sector donde se encuentran ubicados los tanques de distribución, esto es: barrio Alma Lojana y barrio Triángulo de Piedra son las siguientes:

Tabla 1

Valores de tensión para sistemas de transmisión – distribución.

Descripción	Capacidad
Transmisión y subtransmisión	<b>46- 138 kV</b>
Alimentación de líneas y redes primarias de distribución	<b>6.3 - 22.8 / 13.2 kV</b>
Circuitos secundarios trifásicos.	<b>210/121 V</b>
Circuitos secundarios monofásicos	<b>240/120 V</b>

Adaptado de (EEQQ S.A., 2015)

La energía eléctrica que se dispone en el tanque bajo, es provista por un transformador reductor de media tensión que provee de un circuito trifásico con neutro, 210 V entre fases y 121 V entre fase y neutro, valores que fueron medidos directamente en el contador eléctrico dispuesto por la Empresa Eléctrica Quito S.A. con un multímetro FLUKE modelo 787, el cual ingresa directamente al tablero principal de fuerza con tres líneas utilizando cable tipo TTU AWG 2/0 x 2 para cada línea de voltaje más una línea de neutro con cable TTU AWG 2/0 x 2 que es provista por el mismo transformador.

El transformador tiene una capacidad de potencia de 25 KVA, para suministrar energía a los motores y a los circuitos de medición, control e iluminación que se encuentran instalados en el tanque. El transformador se encuentra montado en los postes de tendido eléctrico de la Empresa Eléctrica Quito S.A.

Se dispone de un tablero con un circuito de protección eléctrica el cual consta de un transformador de paso que tiene una relación de transformación de 1:1, el cual filtra las interferencias y transitorios producidos por las líneas de fuerza y los armónicos producidos por las descargas atmosféricas y variaciones de voltaje y corriente producidas por la propia operación de la estación de bombeo.

Tiene una segunda línea de protección que son los TVSS (transient voltaje surge supresor) que son los encargados de realizar la disipación de las corrientes transitorias que excedan los 40 KA según la norma ANSI/IEEE C62.41 correspondientes a las categorías B y C que poseen dispositivos para disipación de corrientes con ondas de tipo 150 kA (10/350  $\mu$ s), estos valores están dados

por la velocidad de la disipación de las corrientes de fuga, transitorios y armónicos de las líneas de alimentación principales.

Los principales elementos que constituyen el sistema de alimentación y sistema de bombeo se detallan a continuación:

1. Línea de distribución eléctrica.
2. Contador trifásico.
3. Transformador de aislamiento relación 1:1 para filtrar los transitorios, armónicos y picos de corriente en el arranque de las bombas
4. Tablero de control tipo gabinete metálico.
5. Protecciones eléctricas con desviadores de DINLINE de 150kA/10-100  $\mu$ S, desviadores de sobre corrientes trifásicos DINLINE de 40kA/10-100  $\mu$ S.
6. Protecciones eléctricas tipo NH 00 100 A, por cada línea de fuerza.
7. Medidor de caudal electromagnético ENDRESS + HAUSER (PROMAG 10)
8. Diferencial de presión YOKOGAWA UNE 11 -SHK4 \*B 6802KA678 122
9. Bombas centrifugas
10. Aterrizamiento eléctrico con malla reticulada, <5 ohmios

### **2.2.11 Diagrama Unifilar Eléctrico**

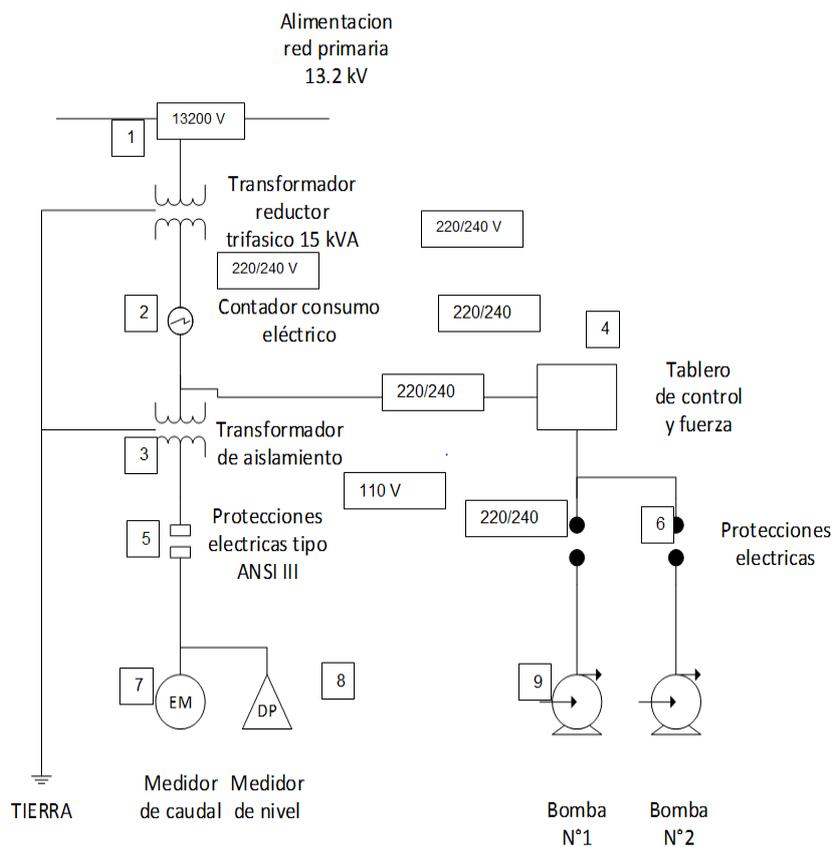


Figura 6. Diagrama unifilar eléctrico simplificado.

### 2.2.12 Descripción De Elementos Principales De La infraestructura.

- Medidor de caudal

Instrumento de medición que funciona bajo el principio de inducción electromagnética del cual se toman los valores de caudal instantáneo, caudal promedio y volumen total entregado al sistema de distribución de agua potable.

- Medidor de nivel

Instrumento de medida basado en diferentes principios físicos, pueden ser de membrana, piezoeléctricos o digitales, se encargan de entregar la

medición del nivel de un tanque o reservorio transformando la presión del agua ejercida en un punto de su estructura, en datos de nivel de líquido almacenado en el tanque.

- Tablero de control y fuerza.

En este tablero se encuentran montados todos los equipos de maniobra de la estación de bombeo, arrancadores suaves, contactores, relés auxiliares, seccionadores principales.

- Motores.

Los motores son los elementos del sistema que proveen la fuerza motriz para el empuje de las bombas de impulsión.

- Bombas.

Las bombas son el elemento de impulsión del caudal para llenar el tanque Alma Lojana Alto.

## **2.3 Elementos De Bombeo**

### **2.3.1 Motores**

Los motores trifásicos se conectan con tres conductores R,S,T La tensión nominal del motor en la conexión de servicio tiene que coincidir con la tensión de línea de la red que es la tensión de servicio.

Las tensiones normalizadas para las redes de corriente trifásica, en baja tensión, son las siguientes:

*Tabla 2*

Tabla de Tensiones Normalizadas para motores trifásicos.

Tension de línea	Tensión de fase	Denominacion usual de la red (v)
208	<b>120</b>	<b>208/120</b>
220	<b>127</b>	<b>220/127</b>
260	<b>150</b>	<b>260/150</b>
380	<b>220</b>	<b>380/220</b>
440	<b>254</b>	<b>440/254</b>

Adaptado de (EEQQ S.A., 2015)

Se cuenta con dos motores instalados en la estación de bombeo Alma Lojana Bajo, los cuales de acuerdo a sus datos de placa son: motores de inducción asincrónicos tipo jaula de ardilla trifásicos con 2 polos, voltaje de trabajo 230/460 V, frecuencia de línea 60 Hz, corriente 126/ 63 A, eficiencia de 91.7, RPM 3525. Estos datos han sido tomados directamente de las placas de los motores.

### **2.3.2 Motor Numero 1**

Se ha tomado los datos de la placa de los motores que están instalados en la estación de bombeo los cuales se detallan a continuación.

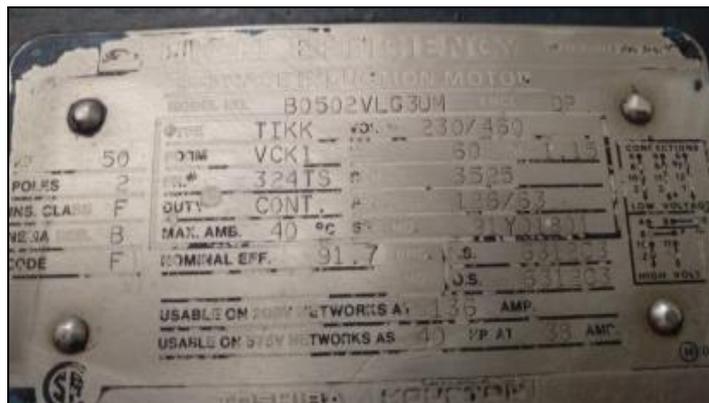


Figura 7. Fotografía de placa de datos del motor número 1

Tabla 3.

Tabla de datos técnicos del motor numero 1

Marca	Toshiba Houston
Modelo	<b>B0502VLG3UM</b>
Serie	<b>91Y01801</b>
Voltaje	<b>230/460</b>
Frecuencia	<b>60 HZ</b>
Rpm	<b>3525</b>
Corriente	<b>126/63</b>
Polos	<b>2</b>
Potencia	<b>50 HP</b>

### 2.3.3 Motor Numero 2

Se ha tomado los datos de la placa de los motores que están instalados en la estación de bombeo los cuales se detallan a continuación.

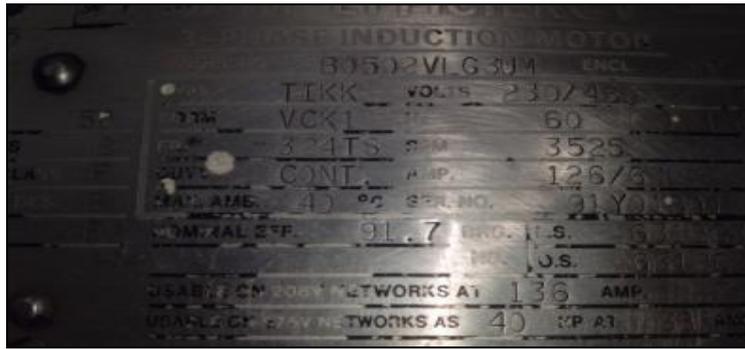


Figura 8. Placa de datos del motor número 2

*Tabla 4.*

Datos de datos técnicos del motor número 2

Marca	Toshiba houston
Modelo	<b>B0502vlg3um</b>
Serie	<b>91y01802</b>
Voltaje	<b>230/460</b>
Frecuencia	<b>60 hz</b>
Rpm	<b>3525</b>
Corriente	<b>126/63</b>
Polos	<b>2</b>
Potencia	<b>50 hp</b>



Figura 9. Fotografía de motor N° 2 tanque Alma Lojana Bajo.

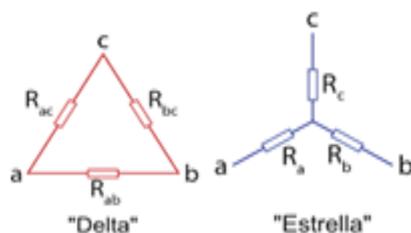
## 2.4 Método De Arranque De Motores.

En la práctica muchas veces se desea partir del sistema de accionamiento, limitando la corriente de la línea de alimentación, con la finalidad de evitar perturbaciones en la red de alimentación y el aumento de la demanda de energía eléctrica. Mientras en el primer caso el objetivo es evitar cambios que pueden ocasionar caídas de tensión en otros puntos de la red o incluso su interrupción. En el segundo caso pueden darse implicaciones económicas desfavorables con el impacto que genera el alto valor de la corriente de arranque.

Con el objeto principal de reducir la corriente de arranque se puede utilizar varios métodos de arranque a tensión reducida.

#### **2.4.1 Arranque Estrella Triángulo**

Es el método más conocido y uno de los más sencillos para el arranque de motores de inducción. Para que el método pueda ser aplicado, el motor debe funcionar conectado en triángulo y poseer seis terminales accesibles de forma que pueda ser conectado, en estrella en el arranque, de tal manera que cada fase del motor tome una tensión que es  $1/\sqrt{3}$  de la tensión nominal del motor. De esta forma la corriente absorbida de la línea queda reducida a  $1/3$  de la tensión nominal, por otro lado los pares motores quedan reducidos también a  $1/3$  de los pares que se obtienen a tensión nominal.



$$V = V_{rs}, V_{st}, V_{t}$$

$$V = V_{rs}, V_{st}, V_{tr}$$

$$V_r = V_{r1}, V_{r2}, V_{r3}$$

$$V_l = V_{rn}, V_{sn}, V_{tn}$$

$$I = I_r, I_s, I_t$$

$$I = I_r, I_s, I_t$$

$$I_r = I_{r1}, I_{r2}, I_{r3}$$

$$I_l = I_{l1}, I_{l2}, I_{l3}$$

$$V = V_r$$

$$V = \sqrt{3} * V_l$$

$$I = \sqrt{3} * I_r$$

$$I = I_l$$

Figura 10. Representación de las conexiones estrella triángulo y sus relaciones. Tomado De (Khan Academy, 2015)

Se debe tener en cuenta que durante la permanencia de la conexión estrella, el par motor cae aproximadamente a un tercio del desarrollo a plena tensión. Debe hacerse un análisis del comportamiento del par resistente para comprobar si el par de aceleración disponible es suficiente para acelerar la inercia del sistema. El detalle del arranque de motores queda documentado ampliamente en el anexo N° 10.

## 2.5 Sistemas de protección y arranque de motores

### 2.5.1 TESYS T.

Relé inteligente de gestión para arranque y protección de motores eléctricos, tiene modos de control y modos de protección que son los circuitos encargados

de la protección de los motores y bombas de los arranques en vacío, las sobre corrientes ocurridas en la red de alimentación eléctrica y las sobre corrientes generadas por la red eléctrica o el mismo motor al producirse fallos de línea, fallos en los rodamientos los cuales producen esfuerzo excesivo de los elementos mecánicos de los motores y generan sobre corrientes que son disipadas por el relé inteligente.

Los métodos de arranque así como el conexionado de los motores se detallan en el anexo N° 10.



Figura 11. . Equipo de protección y arranque de motores.  
Tomado de (Schneider Electric, 2007)

Se presenta a continuación un diagrama de conexionado básico para protección de motores eléctricos tipo jaula de ardilla de hasta 50 HP, basado en los diagramas existentes en el catálogo del fabricante.

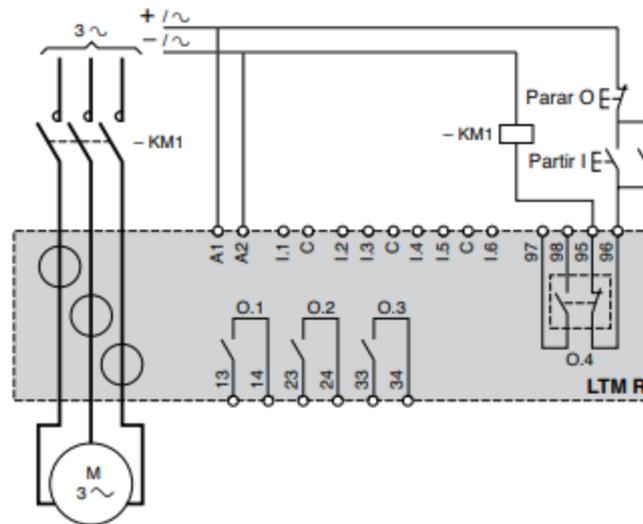


Figura 12. Diagrama de instalación básico del Tsyst  
Tomado de (Schneider Electric, 2007)

## 2.6 Infraestructura de Telecomunicaciones.

### 2.6.1 Antenas radio bases.

En este desarrollo se toma en cuenta la disposición de las antenas y la cobertura existente con las diferentes tecnologías a usarse tales como LTE, HSDPA, 2G, 3G. Utilizando las páginas oficiales de las operadoras de telefonía celular registradas en el país se presentan los siguientes datos de cobertura como se lo indica en las siguientes gráficas.

### 2.6.2 Radio base que sirve el sector de Alma Lojana Bajo

La radio base que provee del servicio de telefonía celular al sector del barrio Triángulo De Piedra se encuentra en el barrio Collacoto calle sin nombre a la salida de la Av. Simón Bolívar.



Figura 13. Fotografía de radio base de servicio al barrio Triángulo de Piedra.

### **2.6.3 Radio base que sirve al barrio Alma Lojana Alto**

La radio base que provee del servicio de telefonía celular al sector de Alma Lojana se encuentra en el barrio Primero De Mayo en las calles Francisco Matiz y Francisco Villarroel.



Figura 14. Fotografía de radio base de servicio al barrio Alma Lojana.

## **2.7 Cobertura De Las Operadoras De Telefonía Celular.**

### **2.7.1 Claro**

“Los mapas de cobertura aquí mostrados, se basan en un modelo de predicciones, por lo que, la cobertura es únicamente referencial o aproximada, pudiendo el abonado/cliente –usuario experimentar niveles diferentes, esto es, por factores naturales o artificiales que se pueden presentar en el Servicio Móvil Avanzado. Los presentes mapas no pueden ser considerados por el abonado/cliente -usuario como la oferta comercial de la operadora, ni mucho menos se la puede considerar como una obligación de cumplimiento. Queda bien entendido que las predicciones aquí presentadas, no pueden ser consideradas por ARCOTEL como medio de verificación de cumplimiento de obligaciones de cobertura” (CLARO, 2015)

### **2.7.2 Cobertura Claro 3G**

La cobertura de la operadora CLARO con tecnología 3G en el sector no es la más adecuada para la operación del prototipo, ya que presenta serias deficiencias en la cobertura justamente en los sectores donde se encuentran montados físicamente los dos tanques, esto se lo puede apreciar de manera más clara en el gráfico tomado de la página web oficial de la operadora, en donde se ve el mapa de cobertura del tanque bajo y del tanque alto, este mapa de cobertura esta actualizado al 5 de enero de 2017, En el gráfico se señalan los puntos correspondientes al tanque alto y tanque bajo con cuadros de texto resaltados con color amarillo para tener una referencia de donde se encuentran físicamente en el mapa, en la parte superior derecha del gráfico se muestra la

leyenda de colores utilizados para determinar cuál es la penetración de la cobertura en el sector, se ve que la calidad de señal aceptable en color verde que corresponde a una señal mayor a -85 dBm, solo se encuentra presente en la estación de bombeo baja, en la estación de bombeo alta no existe cobertura porque se encuentra con color gris indicativo de que no existe cobertura.

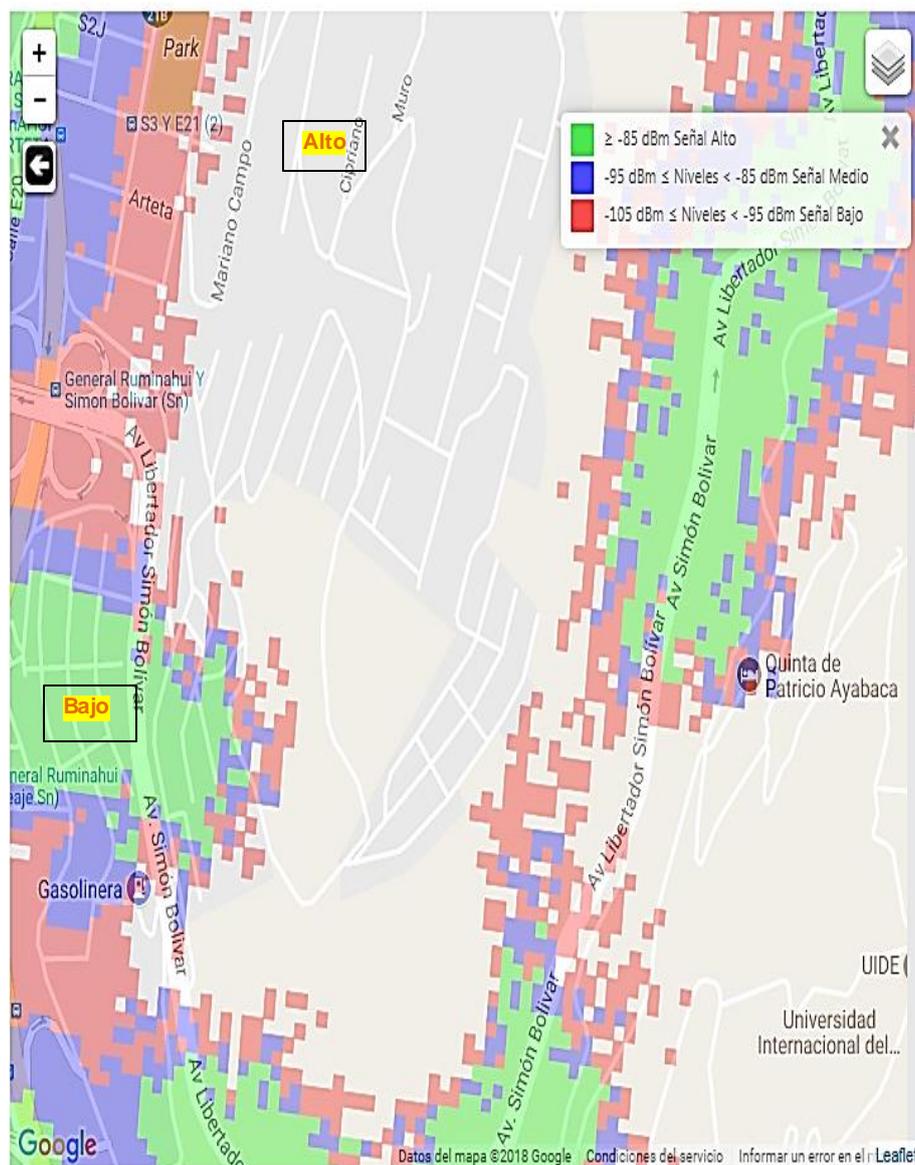


Figura 15. Cobertura 3G operadora CLARO  
Tomado de (CLARO, 2015)

### 2.7.3 Cobertura Claro 2G

La cobertura de la operadora CLARO con tecnología 2G en el sector es aceptable para la operación del prototipo, ya que presenta niveles de cobertura que están entre los niveles permitidos, justamente en los sectores donde se encuentran montados físicamente los dos tanques, esto se lo puede apreciar de manera más clara en el gráfico tomado de la página web oficial de la operadora, en donde se ve el mapa de cobertura del tanque bajo y del tanque alto, este mapa de cobertura está actualizado al 5 de enero de 2017, En el gráfico se señalan los puntos correspondientes al tanque alto y tanque bajo con cuadros de texto resaltados con color amarillo para tener una referencia de donde se encuentran físicamente en el mapa, en la parte superior derecha del gráfico se muestra la leyenda de colores utilizados para determinar cuál es la penetración de la cobertura en el sector, se ve que la calidad de señal aceptable en color verde que corresponde a una señal mayor a -85 dBm, solo se encuentra presente en la estación de bombeo baja, en la estación de bombeo alta existe cobertura de entre -95 dBm a -85 dBm correspondiente a un nivel de señal medio.

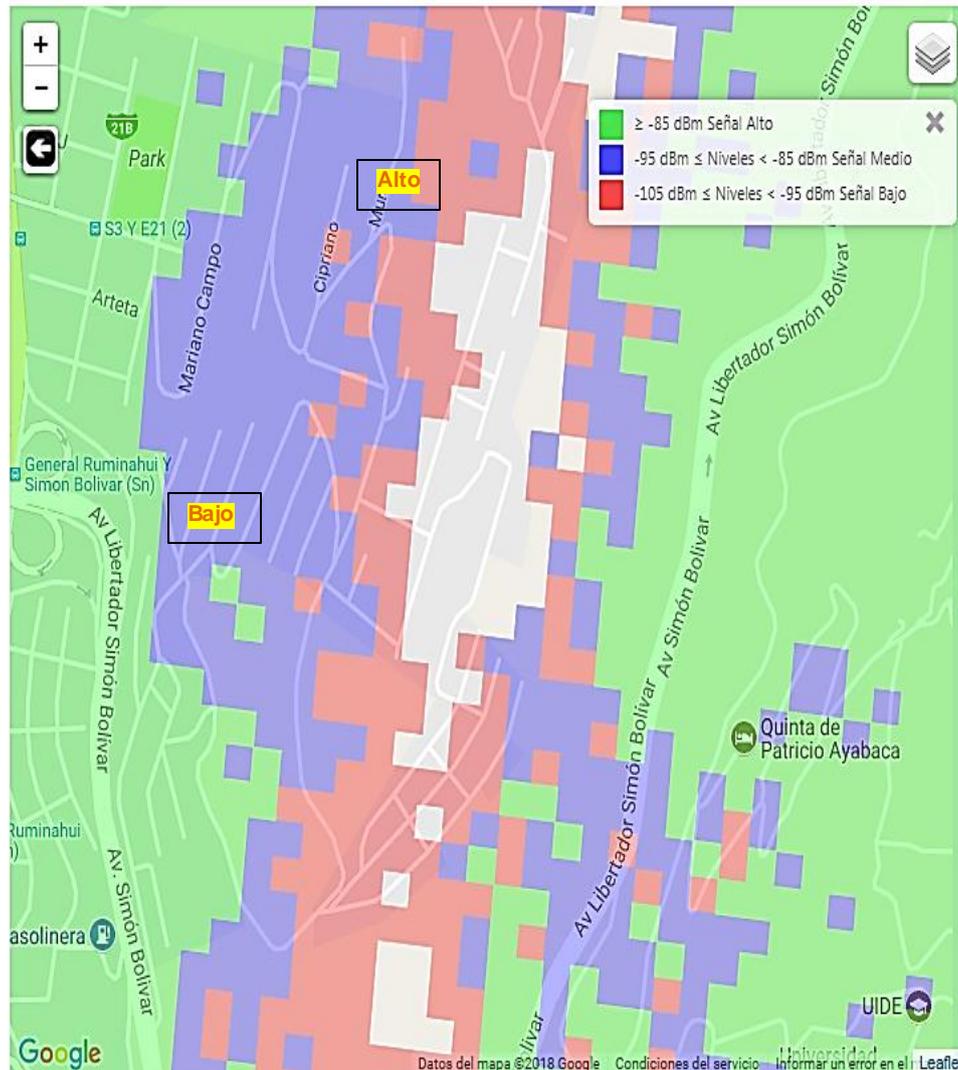


Figura 16. Cobertura 2G operadora Claro  
Tomado de (CLARO, 2015).

### 2.7.4 Movistar

“Los mapas de cobertura mostrados se basan en simulaciones generadas a partir de modelos de propagación utilizados en general por la industria de servicios de telecomunicaciones móviles, aplicadas en bases cartográficas digitales. Las simulaciones generan estimaciones de cobertura en función del tipo de terreno, obstáculos naturales o artificiales (inmuebles, construcciones, etc.), banda de frecuencias, volumen de tráfico o cantidad de comunicaciones

concurrentes, sensibilidad de los equipos terminales con los que se accede al servicio, condiciones climáticas, tipo de vegetación o edificaciones cercanas, características en general del equipamiento y de operación en las estaciones base, entre otros aspectos.

En tal razón, los niveles de señal mostrados deben considerarse como referenciales o aproximados respecto de los niveles de señal y disponibilidad reales de acceso y uso del servicio móvil avanzado en campo, pudiendo el abonado o cliente experimentar otros niveles de señal o disponibilidad del servicio, debido adicionalmente a los factores indicados, al uso del equipo terminal indoor (dentro de edificaciones), uso en túneles, interferencia de otras señales u otros aspectos que se presenten al momento de utilizar el servicio.

Los mapas de cobertura han sido generados considerando los niveles de señal dispuestos por ARCOTEL, mediante oficio ARCOTEL-DE-2016-0285-OF de 5 de mayo de 2016” (MOVISTAR, 2017)

### **2.7.5 Cobertura Movistar 2G**

Operadora Movistar tecnología 2G, se dispone de amplia cobertura de acuerdo con el siguiente gráfico donde se puede ver niveles de señal por sobre los -85 dBm, las estaciones se encuentran dentro del área de cobertura como se puede ver en el mapa.

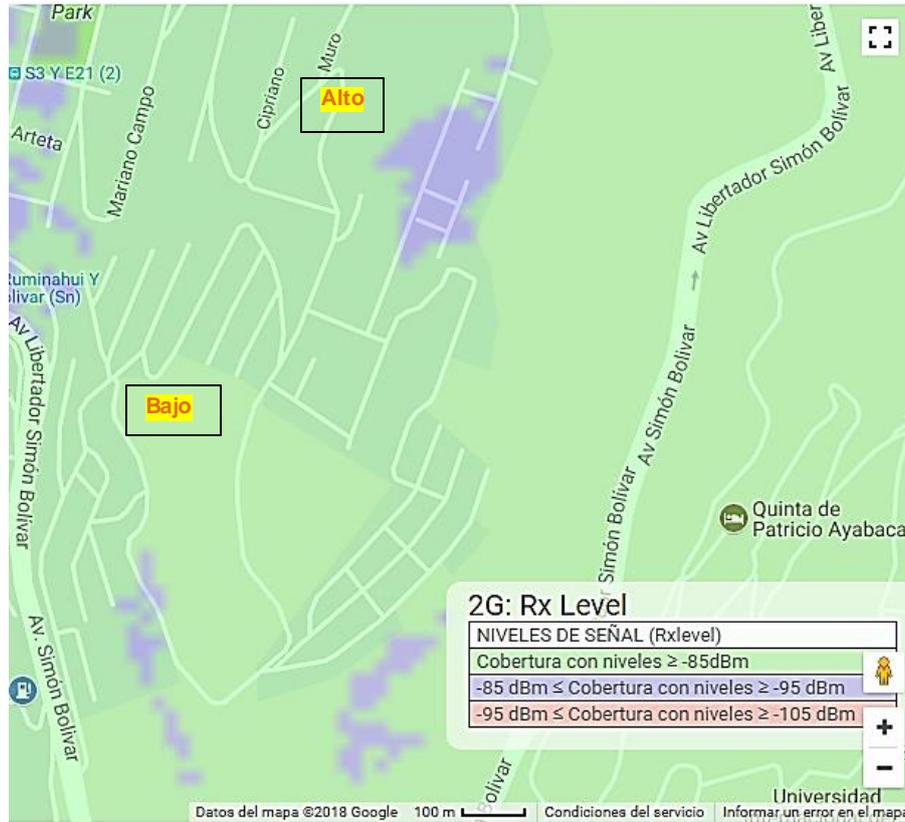


Figura 17. Mapa de cobertura MOVISTAR 2G  
Tomado de (MOVISTAR, 2017)

### 2.7.6 Cobertura Movistar 3G

Operadora Movistar tecnología 3G, se dispone de amplia cobertura de acuerdo con el siguiente gráfico donde se puede ver niveles de señal por sobre los -85 dBm, que es la potencia deseada para el proyecto, tiene ciertas zonas con una señal más baja de -85 dBm pero no están dentro del área donde se encuentran los tanques de acuerdo al mapa de cobertura, se pueden ver resaltados los puntos donde están ubicados los tanques alto y bajo.

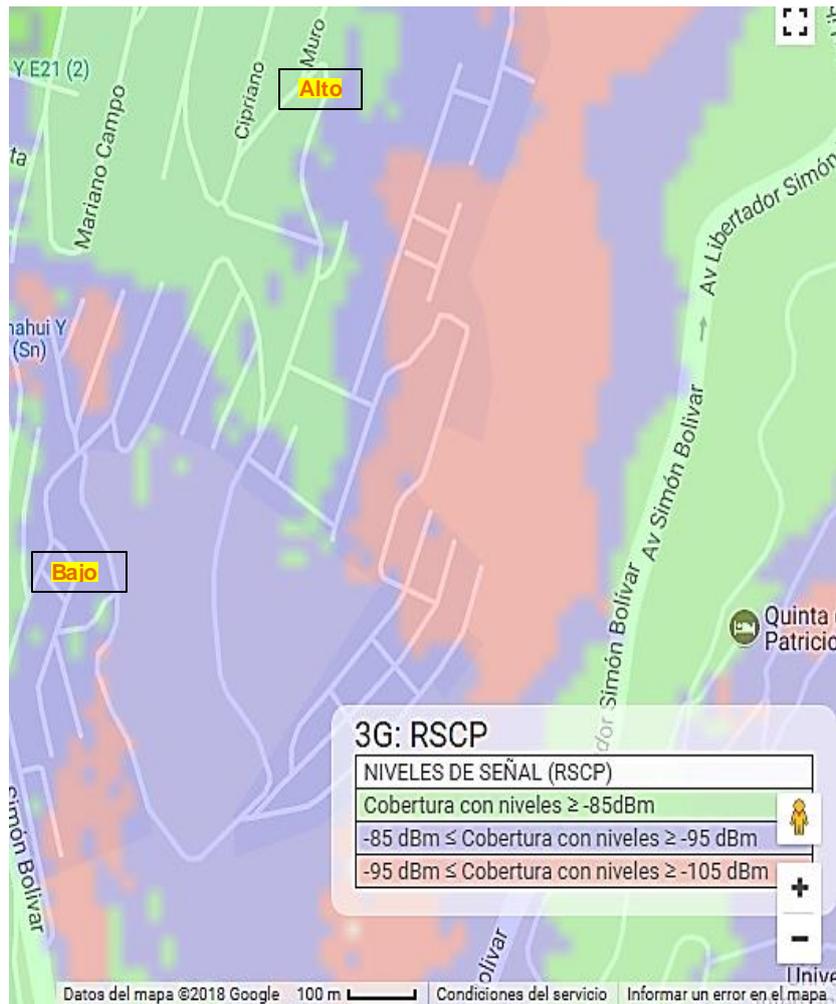


Figura 18. Ilustración 3. Mapa de cobertura MOVISTAR 3G  
Tomado de (MOVISTAR, 2017)

### 2.7.7 Cobertura Movistar 4G LTE

Operadora Movistar tecnología 4G, se dispone de cobertura con un nivel no tan alto de potencia pero aceptable, en definitiva si se encuentra disponible en este sector de acuerdo con el siguiente gráfico donde se puede ver niveles de señal entre los -85 dBm y -95 dBm, es deseable tener cobertura LTE en el sector pero no imprescindible, ya que el sistema puede trabajar con redes 2G, 3G y 4G sin problemas los tanques se encuentran en un área de cobertura con una señal

media de potencia que es predominante en el sector, se ven resaltados los puntos donde se encuentran las estaciones.

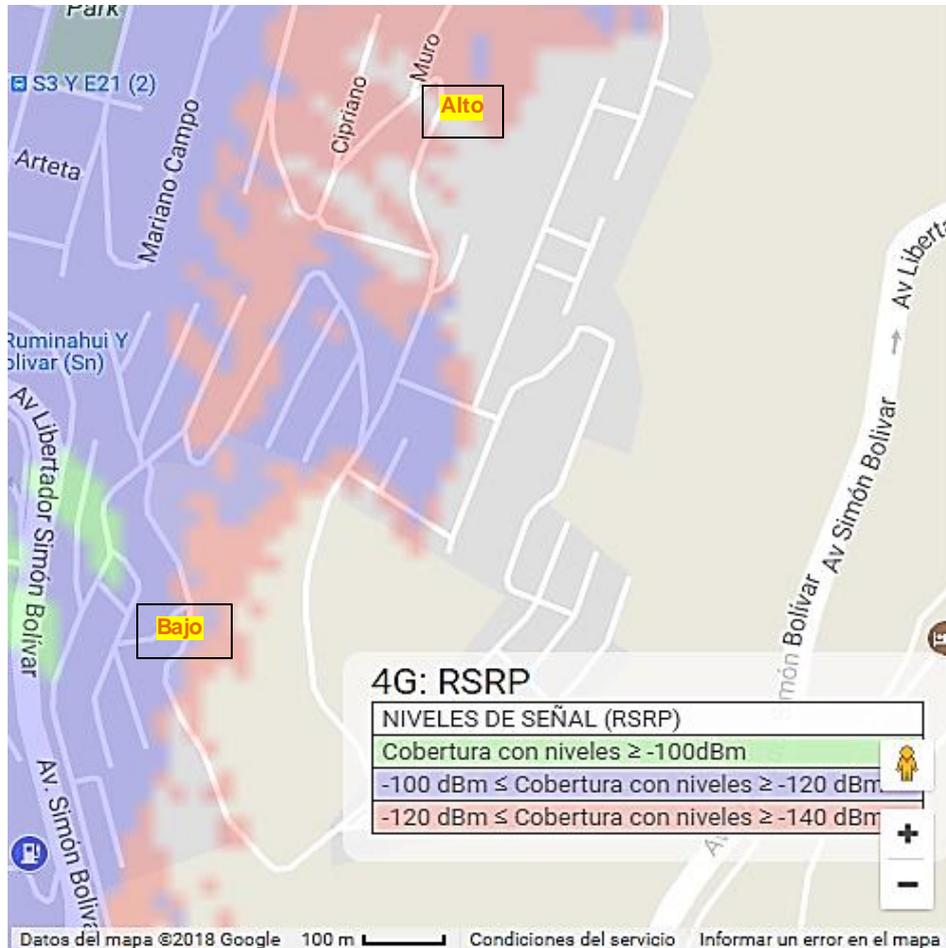


Figura 19. Mapa de cobertura MOVISTAR 4G LTE (MOVISTAR, 2017)

### 2.7.8 Cobertura 2G CNT

Operadora CNT tecnología 2G, se dispone de amplia cobertura de acuerdo con el siguiente gráfico donde se puede ver niveles de señal por sobre los  $-85\text{ dBm}$ , que es la mejor potencia que el proveedor posee, se ven resaltados los puntos de los tanques y se verifica que se encuentran dentro del área de cobertura.

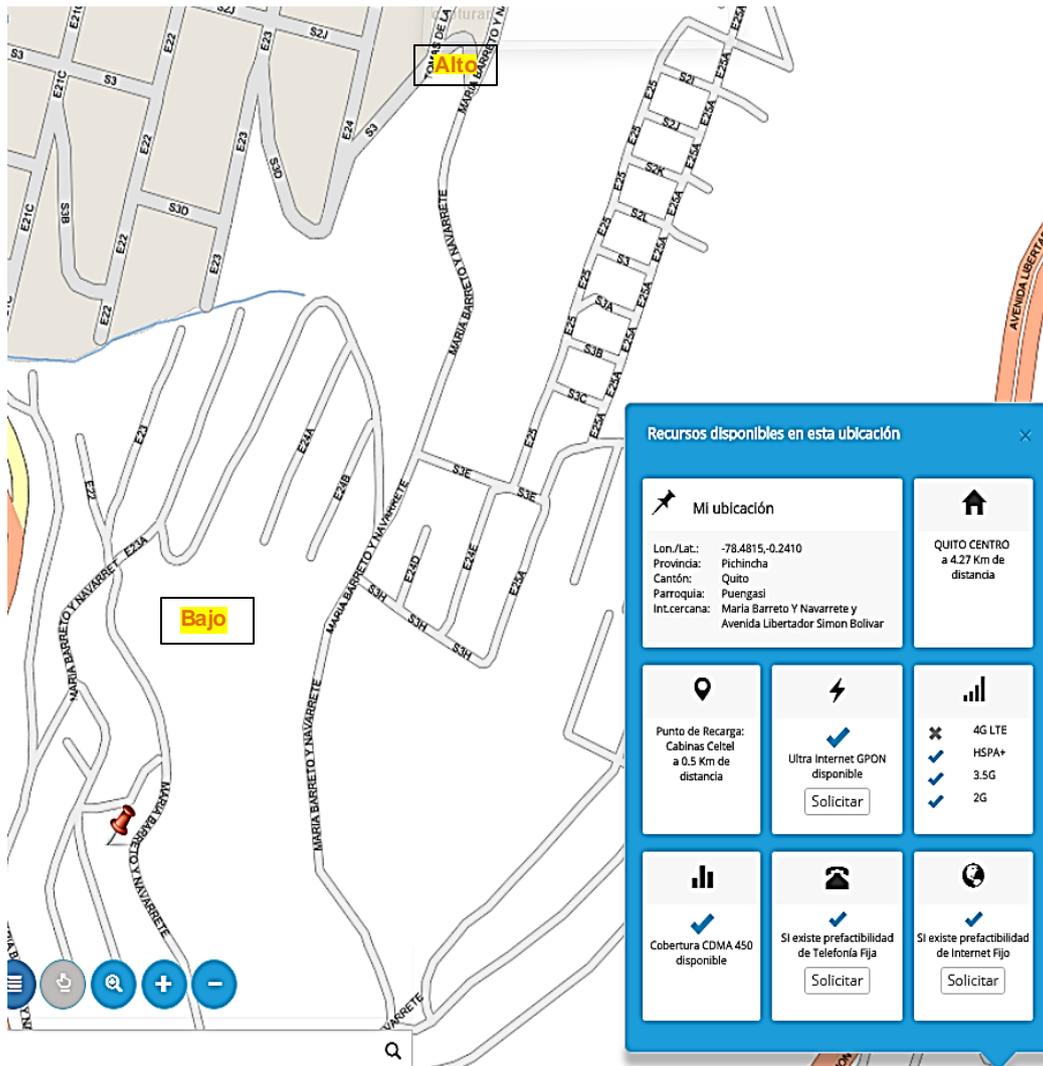


Figura 20. Cobertura 2G operadora CNT  
Tomado de (CNT, 2017)

### 2.7.9 Cobertura 3.5G CNT

Operadora CNT tecnología 3.5G, se dispone de amplia cobertura de acuerdo con el siguiente gráfico donde se puede ver niveles de señal entre los -85 dBm y -95 dBm aunque los datos parecen ser errados de acuerdo a la experiencia de comunicaciones en campo.

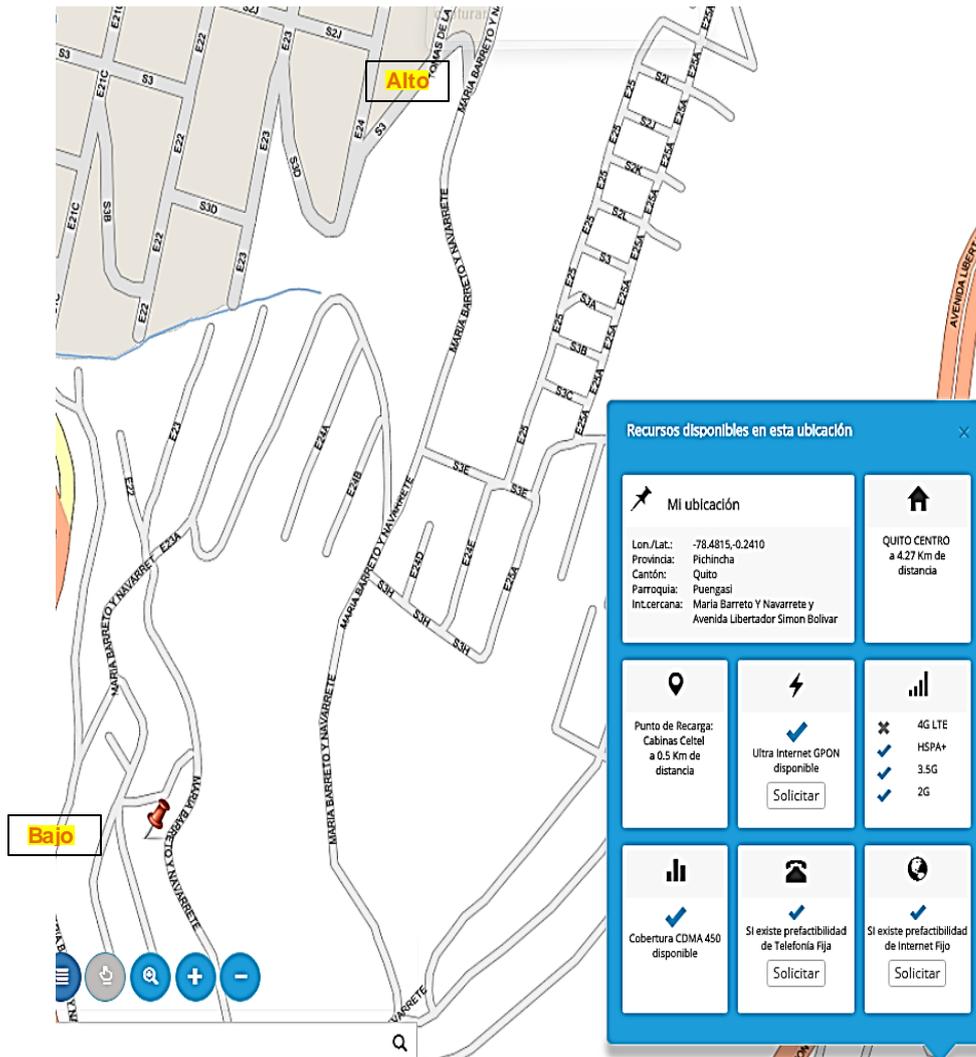


Figura 21. Mapa de cobertura  
Tomado de (CNT, 2017)

### 2.7.10 Cobertura GPON CNT

Se ve claramente según el mapa de cobertura de la proveedora de servicios que no se cuenta con cobertura de GPON en este sector, se puede apreciar que los lugares con cobertura se encuentran de color celeste.

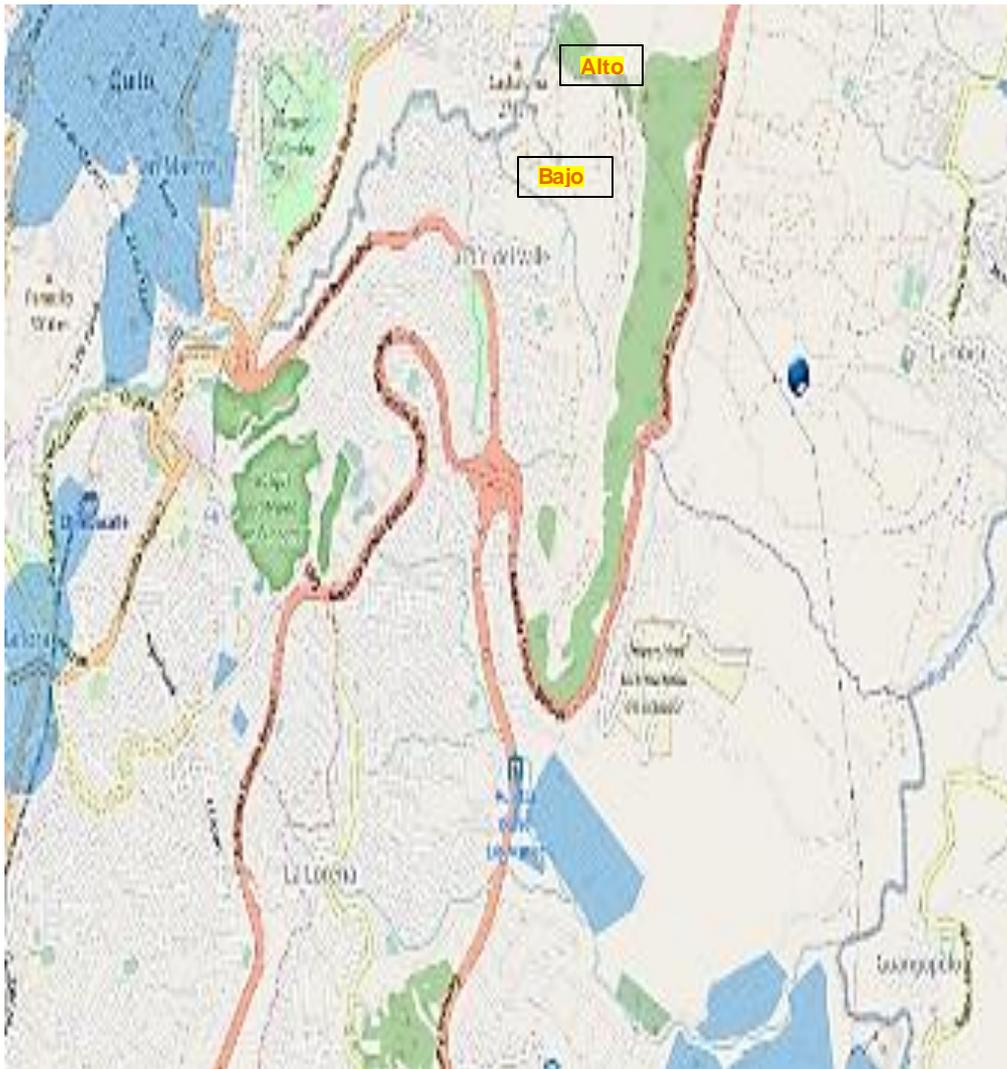


Figura 22. Cobertura GPON operadora (CNT, 2017)

### 2.7.11 Cobertura FTTH Netlife

La cobertura dispuesta por Netlife es más robusta, que la de CNT pero no tiene servicio ni cobertura en los sectores donde se encuentran los tanques, como se puede ver en el gráfico la estación alta esta fuera del area de cobertura.

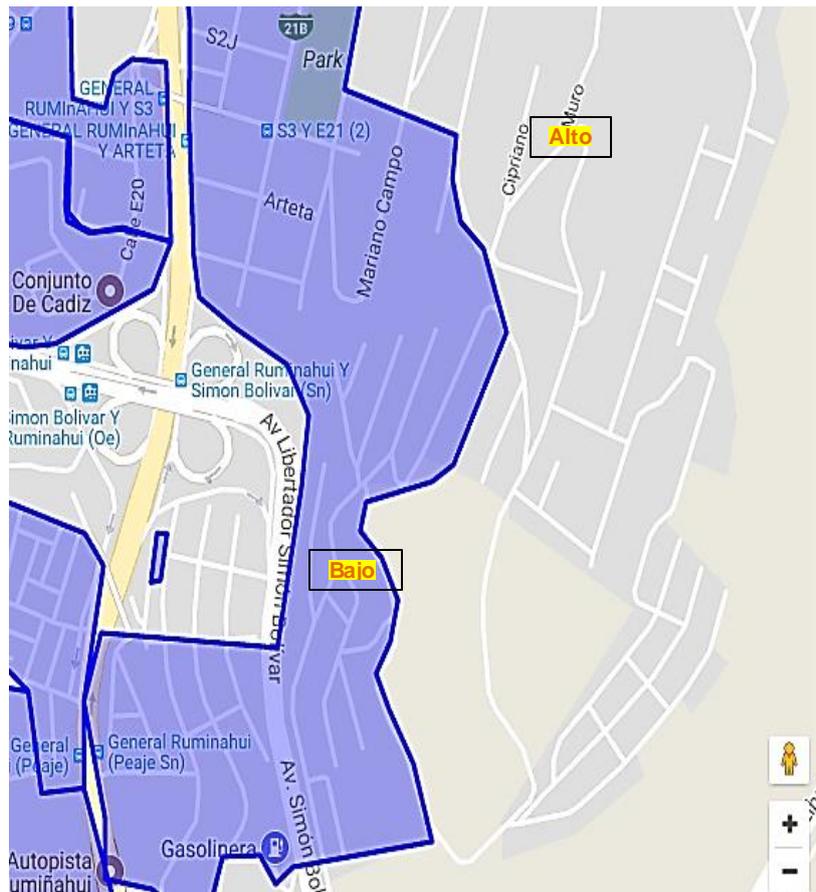


Figura 23. Cobertura FTTH empres NETLIFE  
Tomado de (TELCONET, 2017)

Después de analizar los diagramas de cobertura en el sector se determina que la mejor alternativa para la comunicación entre los dispositivos RTU, tanto en el tanque alto como en el tanque bajo es la de MOVISTAR porque la cobertura con que se cuenta, corresponde a las tres tecnologías vigentes en el mercado de la telefonía celular en el país, esto es: 2G, 3G, LTE y los valores de potencia son de  $> -85\text{dBm}$  para las tecnologías 2G y 3G, y para la tecnología LTE se tienen valores de  $-85\text{dBm} < x < -95\text{ dBm}$ , de acuerdo a los *plots* de cobertura expuestos anteriormente. Las demás operadoras no cuentan con el servicio en el sector o tienen valores de potencia más bajos.

Con estos datos se garantiza que los requerimientos de comunicaciones en los tanques Alma Lojana Alto y Alma Lojana Bajo, estén cubiertos respecto de la señal de telefonía celular, además que es la técnicamente más apropiada y se garantiza la conectividad entre la red celular y el prototipo para el eficiente control del desborde en el tanque Alma Lojana Alto con lo que se cumpliría con el objetivo principal de este proyecto.

Se cuenta además con cobertura de telefonía fija mediante la red de CNT en todo el sector que se conectan al nodo central de CNT Monjas.

Con respecto a la cobertura de FTTH se tiene cobertura limitada en las dos estaciones de bombeo sin que este servicio llegue hasta las instalaciones de las estaciones en cuestión. La operadora que sirve este sector es Net Life.

## **2.8 Infraestructura hidráulica**

Se cuenta con una línea de conducción de agua potable entre los dos tanques, la que está implementada con 882.05 m de tubería de acero y un diámetro de 200 mm, además posee recubrimiento interno de pintura con grado alimenticio para evitar la corrosión interna, la distancia en línea recta entre los dos puntos es de 822.76 m. Tomados a partir de las coordenadas geográficas anteriormente descritas, la línea de conducción se la puede ver resaltada con la línea punteada de color rojo, que une las dos estaciones.



Figura 24. Implantación de las estaciones en el terreno  
Tomado de (EPMAPS QUITO, 2015)

## 2.9 Macro Proceso Del Sistema De Bombeo.

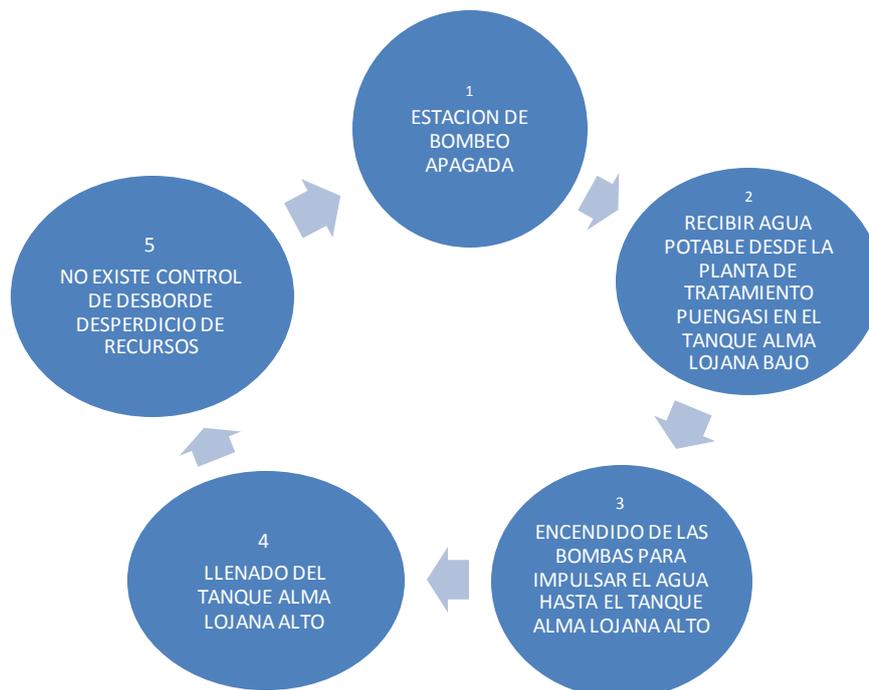


Figura 25. Diagrama de macro proceso de bombeo entre tanques.

### 2.9.1 Estación De Bombeo Apagada.

El operador del sector perteneciente a la Unidad Operativa Centro, en su horario de trabajo normal de 07:00 a 16:00 es el encargado de poner en funcionamiento los motores y bombas que se encuentran en la estación de bombeo Alma Lojana Bajo, mediante el accionamiento manual de los motores, este punto es el inicio del macro proceso.

### **2.9.2 Recibir Agua Desde La Planta De Tratamiento Puengasí**

El agua llega desde la Planta De Tratamiento de Puengasí ubicada en las coordenadas -0.237092, -78.493103, en formato WGS84, mediante el sistema de vasos comunicantes ayudados por la gravedad y diferencia de alturas, con este sistema se llena el tanque Alma Lojana Bajo, mediante una tubería de acero de 300 mm, que cruza desde Puengasí hasta el tanque Alma Lojana Bajo. El tanque dispone de una válvula de control hidráulico llamada válvula de altitud, con esta se controla el aprovisionamiento del tanque cuando llega a su nivel máximo y se abre cuando llega a su nivel mínimo, en todo este proceso no se utiliza ningún elemento eléctrico o electrónico, solo se utiliza la fuerza hidráulica producida por la diferencia de cotas (altura) en la línea de conducción.

En el tanque Alma Lojana Bajo existe un sistema de control el cual protege a las bombas de una posible operación en vacío, este consiste en un control de nivel tipo conductivo de celda húmeda el cual está montado directamente en contacto con el agua con tres electrodos, uno de ellos en el nivel alto, otro en el nivel bajo y el tercero es el común estos envían una señal digital de 1 o 0 según sea el caso, si el nivel del tanque es alto, mantiene un 1 lógico en el controlador y si el nivel es bajo mantiene un 0 lógico en el controlador, de esta manera se evita que

los motores se activen si no se encuentra el tanque con un nivel mínimo de agua, cuando exista la condición de nivel adecuado de agua el sistema podrá operar de manera automática con las señales recibidas por la RTU que se encuentra instalada en este tanque, que recibe los estados de nivel del tanque de almacenamiento Alma Lojana Alto.

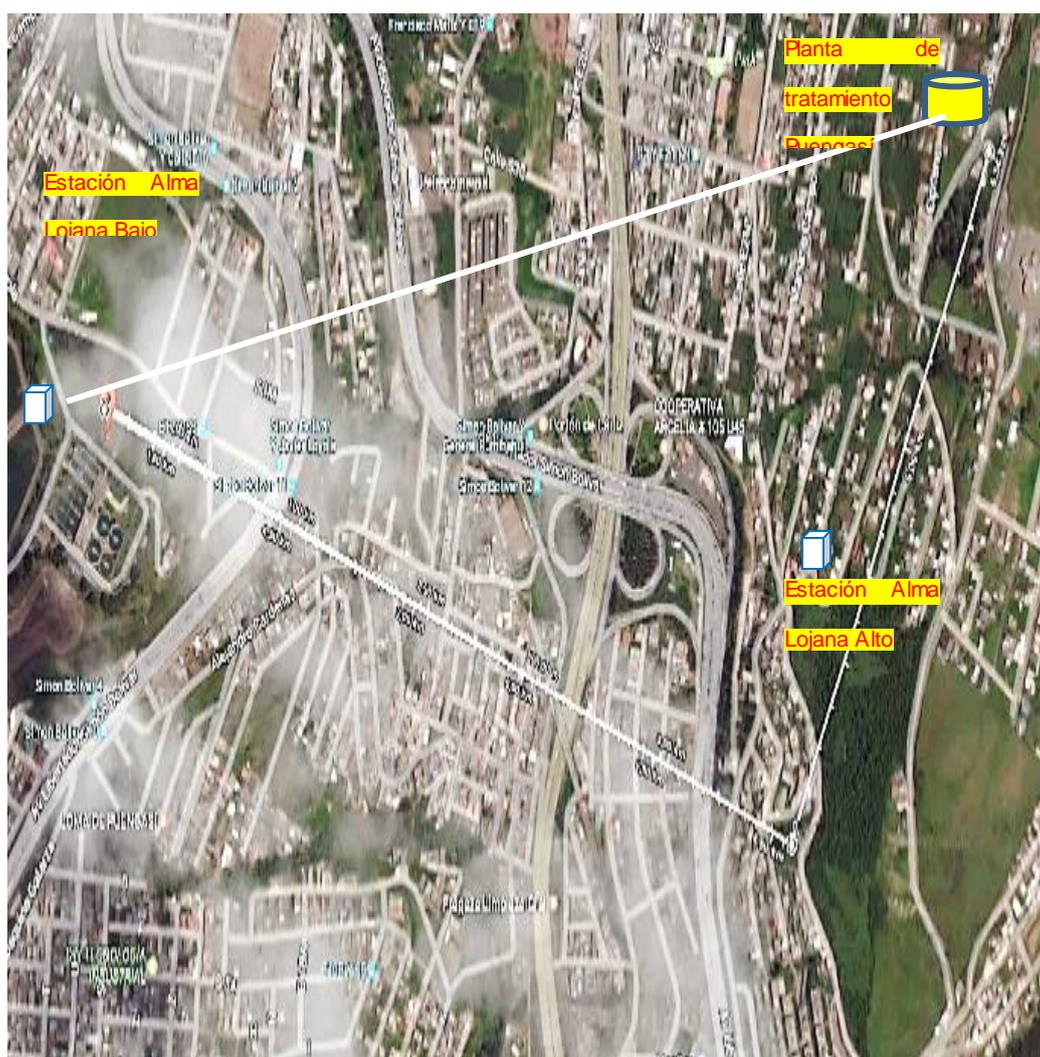


Figura 26. Gráfico ilustrativo de la línea de conducción desde la planta de Puengasí.  
Tomado de (EPMAPS QUITO, 2015)

### 2.9.3 Encendido De Las Bombas Para Impulsar El Agua Hacia Tanque Alto.

Cuando el agua se encuentra un nivel suficiente para realizar el bombeo las bombas se encienden mediante un control de trabajo automático y se lo realiza con la ayuda de un PLC (controlador lógico programable) el cual está programado únicamente por rangos de tiempo para encendido y rangos de tiempo para el apagado de las bombas. El arranque de los motores que gobiernan las bombas, se lo realiza mediante un sistema de accionamiento a tensión reducida, esto es un arranque triángulo-estrella. Mediante los dispositivos de fuerza y control a continuación detallados:

#### **2.9.4 Llenado Del Tanque Alma Lojana Alto**

El sistema de aprovisionamiento de agua en el tanque Alma Lojana Alto se encuentra totalmente instalado en el tanque Alma Lojana Bajo, es decir todas las bombas de impulsión y motores se encuentran en la estación baja y han sido operados manualmente en los últimos años por el daño del sistema de control automático que se encontraba instalado en este tanque, el operador de los tanques es el encargado de encender y apagar los motores mediante la botonera de arranque y paro ubicada en el tablero de control existente, este es el modo de operación que se está utilizando en el horario de trabajo del operador desde las 08:00 hasta las 16:00 puesto que los equipos de arranque automáticos se encuentran averiados.

#### **2.9.5 Falta De Control En El Bombeo.**

El sistema de bombeo se encuentra encendido a partir de las 16:00 y toda la noche, de acuerdo con los datos recolectados en el estudio inicial del proyecto, donde se evidencia en las gráficas obtenidas que las bombas permanecen

encendidas. El horario de ingreso al trabajo del operador del sector es a las 07:00 y el horario de salida es a las 16:00, en la mañana apaga las bombas aproximadamente dos horas desde las 10:00 hasta las 12:00 tiempo en el cual el nivel del tanque desciende hasta 2 m de altura, a partir de las 12:00 nuevamente las bombas son encendidas hasta el siguiente día, produciéndose así el desborde de agua en el horario de la tarde y noche sin que se pueda controlar cuando el nivel de agua llega hasta los 3.50 m de altura. El control que se encuentra implementado actualmente en estos tanques para el llenado, consiste en un PLC que enciende los motores en intervalos de tiempo predefinidos con el uso de temporizadores, el desperdicio de recursos es inevitable con este sistema ya que por la dinámica de consumo de los sectores que se sirven del tanque Alma Lojana Alto, no se puede establecer exactamente los horarios. Este es el régimen de trabajo de este sistema de aprovisionamiento en el cual no se dispone de un sistema de control que evite el desperdicio del agua y contrarrestar este problema. El desarrollo de la solución de telecontrol propuesta en este documento, es a donde va enfocado el objetivo principal de este trabajo, que es el de diseñar un prototipo altamente efectivo para poder controlar este desperdicio de recursos, mediante la tecnología provista por las empresas de servicios de telefonía celular del país.

### **2.9.6 Desperdicio De Recursos.**

De acuerdo a los análisis e investigaciones realizadas periódicamente por la Unidad de Pérdidas Físicas de la EPMAPS, se ha determinado que el tanque Alma Lojana Alto tiene una fuerte cantidad de desperdicio de agua por la falta de control del sistema, para este análisis se han utilizado los recursos de la

EPMAPS que son caudalímetros ultrasónicos portátiles marca Siemens y registradores de datos (Dataloggers) marca RADCOM conectados en la salida análoga de 4-20 mA del macro medidor marca ENDRESS&HAUSER, los datos de nivel se los ha tomado directamente de la columna de agua que dispone el tanque mediante un transductor tipo piezoresistivo con un rango de 0-200 mH<sub>2</sub>O.

## **2.10 Análisis De La Problemática Actual**

La problemática de la empresa con relación al desperdicio de agua en los tanques de distribución, que son llenados por sistemas de bombeo es un problema que radica en la falta de sistemas de control eficaces que logren mitigar el desborde de agua en los tanques de llegada para la posterior distribución a la población.

Los sistemas de control basados en PLC que se han implementado apresuradamente, solo toman en cuenta el tiempo como variable de control de los sistemas de impulsión, esto es se programan los temporizadores internos de los PLC en horarios estáticos predeterminados, dejando de lado el nivel del tanque de llegada, generándose de esta manera ciclos de llenado y vaciado que no están acordes a la realidad y a la dinámica de los tanques de distribución, este problema se lo puede resolver mediante la lectura y transmisión de manera remota de la variable de nivel desde el tanque que va a ser llenado hacia el tanque donde se encuentran los equipos de impulsión y bombas, a continuación se detalla un análisis de la problemática encontrada en este sistema binario es

decir el conjunto de los dos tanques Alma Lojana Bajo y Alma Lojana Alto, los cuales deben estudiarse como un conjunto y no individualmente.

Para determinar el desborde se realizaron algunos trabajos consistentes en la medición de caudales de ingreso y salida, con un equipo de medición de caudal tipo ultrasónico se midió el ingreso ya que la estación de bombeo Alma Lojana Bajo no cuenta con medidor electromagnético en la salida de la línea de bombeo, el caudal de salida por gravedad y la línea de bombeo para distribución se lo mide mediante los macro medidores instalados y la recolección de los datos se la realiza mediante dos dataloggers, que toman la señal de control análoga de 4-20 mA que configura el lazo de control de cada macro medidor, el nivel del tanque se lo registra con otro datalogger que se lo instala en una toma hidráulica que consiste en una tubería de PVC de ½" que está conectada directamente en el desagüe del tanque y que por vasos comunicantes se obtiene el mismo nivel de agua tanto en el reservorio como en la tubería de ½" .

El nivel máximo del tanque se lo mide una sola vez al inicio de la investigación, con un artilugio que consiste en una pesa que está unida a una cinta métrica de nylon y físicamente se mide el nivel del espejo de agua del reservorio además de medir el nivel al que se encuentra el cajón de desborde que se encuentra dentro del tanque, este sirve para desaguar todo el volumen de agua extra que ingresa a este cuando no existe el control adecuado, en este punto se calibra el sensor de presión interno del datalogger que es el que registra el nivel del tanque. Se observa que los valores de nivel máximo alcanzado superan en 18 cm el valor máximo de desborde del tanque, esto se debe a la resolución del

sensor de presión, en este caso no toma los datos intermedios en el intervalo entre 3.48m y 3.58m, pasando directamente del primero al segundo, este es un defecto del sensor de presión como tal ya que se encuentra sobredimensionado, el rango del sensor de presión instalado es de 20 bares, 1 bar es equivalente a 10.2 mH<sub>2</sub>O; por tal motivo la resolución del instrumento es muy baja para este rango de presión que solo alcanza los 3.50 metros de columna de agua equivalente al 1.71% del rango total de medida del sensor, este cálculo se lo realiza con una relación que se muestra a continuación.

$$\text{si: } \frac{204}{100} = \frac{3.5}{x} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$x = 3.5 * 100 / 204 = 1.71\%$$

Siendo que la resolución de un instrumento representa la magnitud de los cambios en escalón de la señal de salida expresados en tanto por ciento de la salida de toda la escala al ir variando continuamente la medida en todo el campo. Es también el grado con que el instrumento puede discriminar valores equivalentes de una cantidad, o la menor diferencia de valor que el aparato puede distinguir. En un instrumento digital es el valor del dígito menos significativo. (Creus, 2009)

Se toma en cuenta también el error del instrumento el cual se lo determina con la siguiente relación, que esta determinada por el valor más alto que se obtiene del sensor de presión en el que es cotejada con la altura real del espejo de agua del tanque.

$$Error\ relativo = \frac{valor\ medido - valor\ verdadero\ convencional}{valor\ verdadero\ convencional} * 100 \quad (Ecuación\ 2)$$

$$Error\ relativo = 3.68 - 3.503.50 * 100 = 5.14\%$$

De este resultado se desprende que la medición de nivel no es la adecuada para este tanque ya que es un error realmente grande con relación a la precisión del instrumento.

Se hace referencia a la hoja técnica del producto datalogger marca RADCOM en el anexo número 15, de la cual se desprende que la precisión del equipo es de +/- 0.25% de la lectura, se ha realizado los cálculos necesarios para determinar que este error en la precisión, afectaría de manera adversa en las lecturas de nivel ya que por el rango tan alto de 200 mH<sub>2</sub>O están diseñados para medir presiones de línea de conducción y no niveles en tanques, este error es de aproximadamente +/- 0.5 m.

Los instrumentos de medida de presión o transductores de presión hidrostática son ampliamente extendidos y utilizados en los procesos industriales. El objetivo de estos sensores o transductores es el de transformar magnitudes físicas en señales eléctricas, en el caso de los sensores utilizados en este proyecto, estos transforman una fuerza por unidad de superficie en un voltaje o corriente equivalente a esa presión ejercida en el diafragma interno del sensor.

Después de realizadas las mediciones se descargaron los datos mediante una computadora hacia el software de visualización y tratamiento de datos, para obtener las curvas de caudal de ingreso, salida y nivel las cuales confirman que

el tanque Alma Lojana Alto ha mantenido desbordes constantes en el transcurso de la investigación previa a la instalación del prototipo, además mediante el mismo software se determina que se ha producido desborde en este tanque por lo menos en los últimos 6 años.

Estos datos se han cotejado además con los respaldos de información en papel, existentes desde el año 2000 en los cuales se evidencia que la tendencia del tanque Alma Lojana Alto ha sido la misma desde ese entonces, para este estudio solo se tomara como se ha dicho los últimos 6 años en los que se ha recolectado más información precisa gracias a los sistemas de almacenamiento de información con los que cuenta la empresa.

Después de realizar todas las mediciones pertinentes y el procesamiento de la información recolectada se determina que el tanque en estudio Alma Lojana Alto mantiene un desperdicio considerable de agua procesada.

En la imagen se puede apreciar que el desperdicio de agua es considerable y ocurría permanentemente durante los períodos en los que el operador del tanque no se encontraba en los tanques por su horario de trabajo.



Figura 27. Fotografía de tubería de desagüe del tanque Alma Lojana Alto se evidencia agua fluyendo.

Este desperdicio además fue evidenciado en la visita de campo, a las instalaciones de la EPMAPS el 10 de octubre de 2017, que se la realizó en compañía del Ingeniero Iván Sánchez y en el cual se simuló el estado de desborde del tanque Alma Lojana Alto quedando demostrado que el desperdicio de agua evidentemente ocurría cuando los caudales de salida del tanque alto bajaban, esto se consiguió operando las válvulas de salida de distribución y las válvulas de salida por bombeo que posee el tanque alto.

Los valores que se han obtenido después del respectivo análisis de los datos almacenados por los dataloggers instalados en el trabajo de campo, se detallan a continuación.

## **2.11 Tanque Alma Lojana Alto.**

### **2.11.1 Datos De Nivel De Agua En El Tanque.**

En la siguiente gráfica se muestra el nivel del tanque y su operación en un lapso de tiempo de 168 horas que han sido las necesarias para adquirir los datos de nivel, caudal de ingreso y caudal de salida, de esta manera se han obtenido los datos suficientes para realizar un análisis detallado y que se los pueda traslapar para realizar una proyección en el tiempo y de esta manera saber cuánta agua se desperdicia al año, se puede apreciar que el eje de las ordenadas representa la altura total del tanque, la cual tiene una escala desde 0 a 4 m, en el valor de 3.50 m de la escala se produce el desborde del tanque, de aquí se desprende que todos los valores que estén por encima de este límite, como los picos de la gráfica son intervalos de tiempo donde se ha producido desborde, después de implementada la solución se podrá observar en las gráficas realizadas con los datos obtenidos que los valores de nivel máximo estarán por debajo de la línea de desborde.

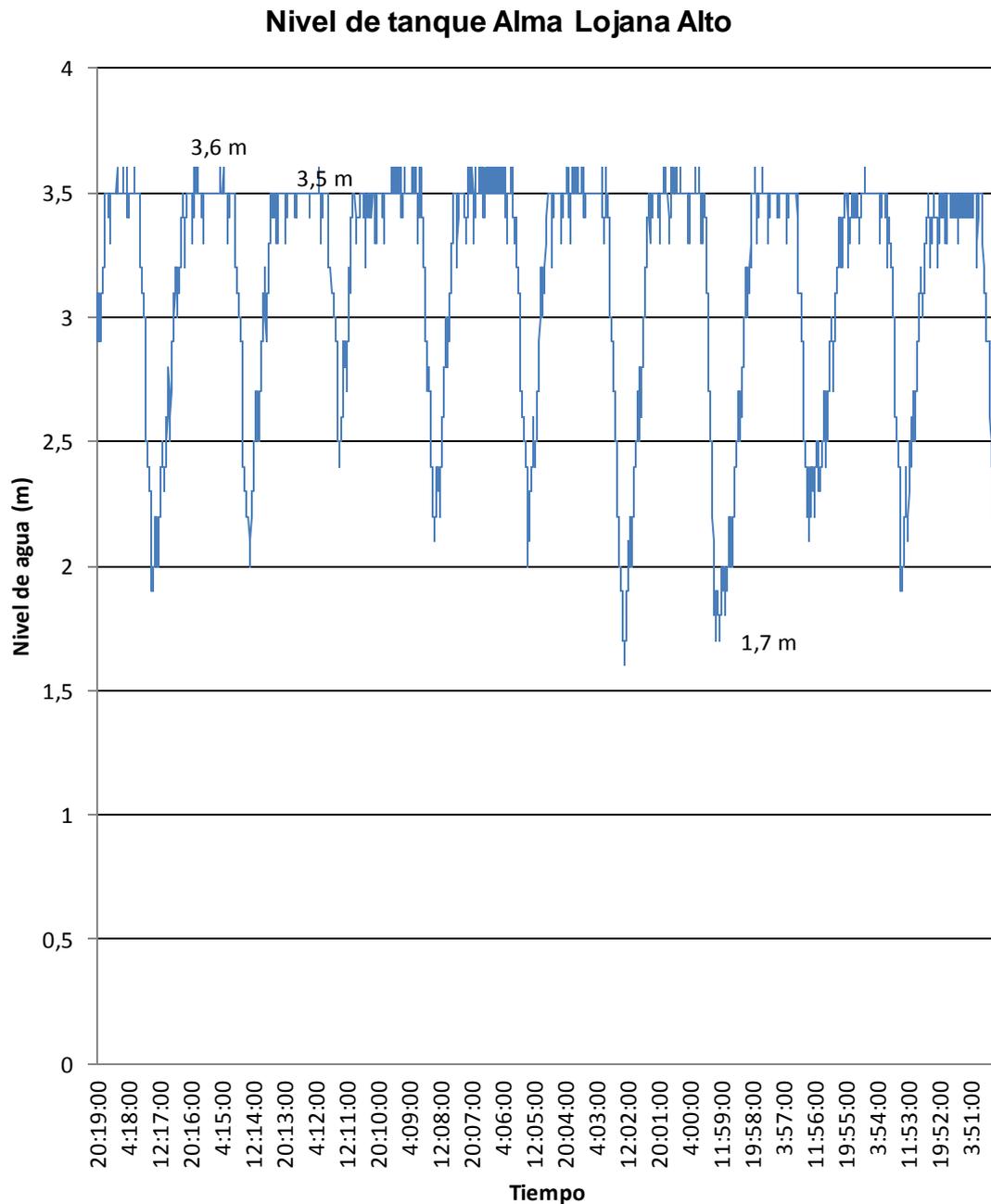


Figura 28. Curva obtenida con los datos de nivel del tanque.  
Adaptado de (Radcom, 2013)

### 2.11.2 Datos De Caudal De Ingreso.

Los datos aquí representados muestran el caudal de ingreso que es enviado desde tanque Alma Lojana Bajo mediante bombeo, el caudal que impulsan las

bombas es de 14.69 l/s y el caudal promedio es de 10.39 l/s este caudal se obtiene de la media entre los datos máximos y los tiempos en que el flujo es cero, obteniéndose así un promedio que es el caudal con el que se realizan los cálculos de caudal desperdiciado, aplicando la diferencia entre caudal de ingreso y caudal de salida en el caudal de salida se toma en cuenta el caudal de salida por gravedad y el caudal de salida por bombeo.

El valor de caudal máximo de la bomba tiene un valor medido de 14 l/s que es el valor de caudal a boca llena basado en los parámetros de dimensionamiento y “el comportamiento hidráulico de una bomba que viene especificado en sus curvas características que representan una relación entre los distintos valores del caudal proporcionado por la misma con otros parámetros como la altura manométrica, el rendimiento hidráulico, la potencia requerida y la altura de aspiración, que están en función del tamaño, diseño y construcción de la bomba”. (Universidad de Sevilla, 2007), este es el caudal con el que se llena el tanque Alma Lojana Alto.

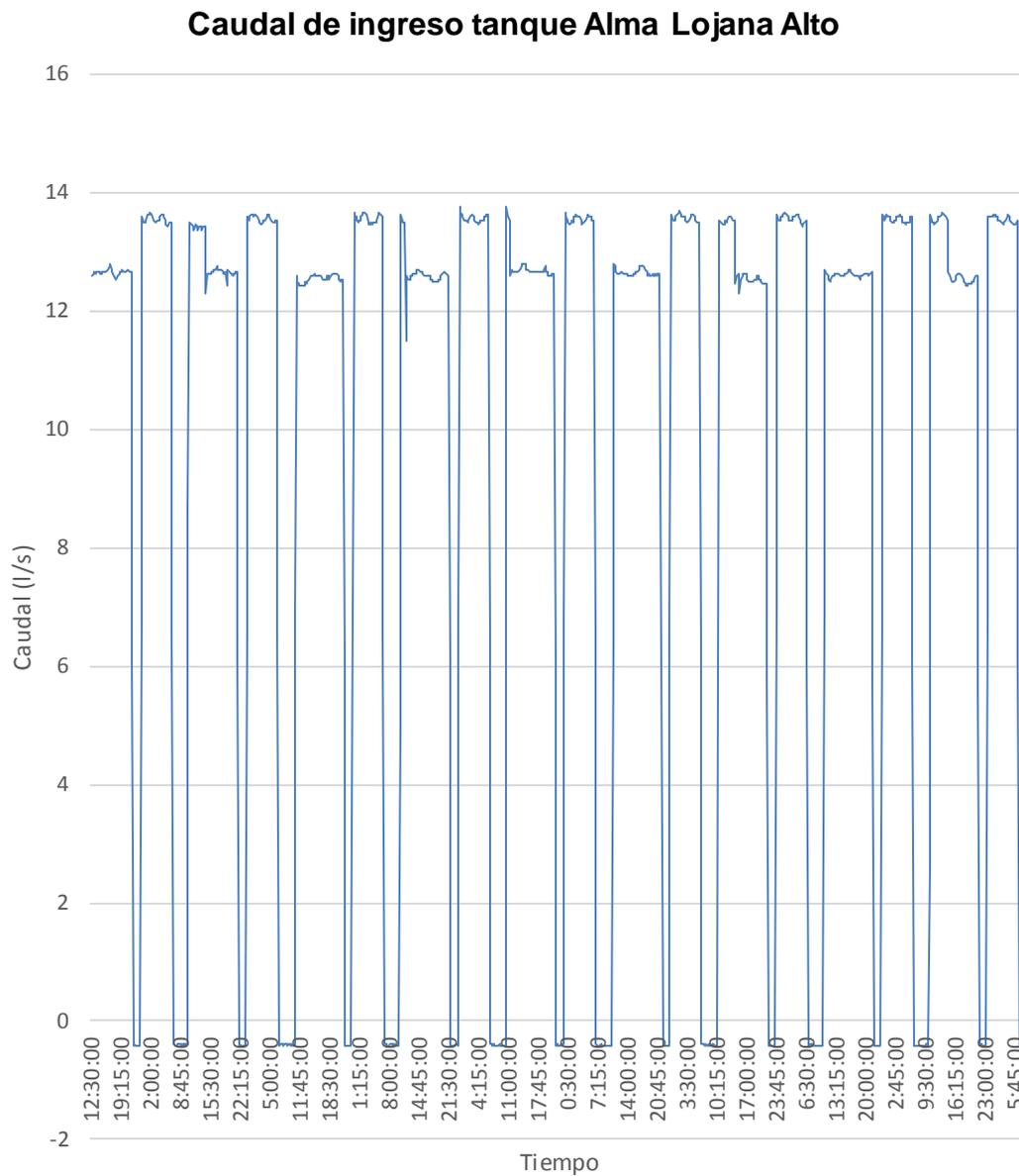


Figura 29. Curva obtenida de los datos de caudal de ingreso  
Adaptado de (Radcom, 2013)

### 2.11.3 Datos De Caudal De Salida Distribución

Los datos aquí representados muestran el caudal de salida hacia el tanque Alma Lojana Medio y caudal de distribución al sector alto del barrio, los picos de salida se producen cuando la válvula de control tipo hidráulica ubicada al ingreso al tanque Alma Lojana Medio se abre, es decir se incrementa de manera

significativa el caudal de salida hasta aproximadamente 12 l/s en períodos de tiempo cortos, hasta que el tanque medio se llena, después de esto se vuelve al régimen en el cual el caudal de salida es bajo y de aproximadamente 1.83 l/s l/s.

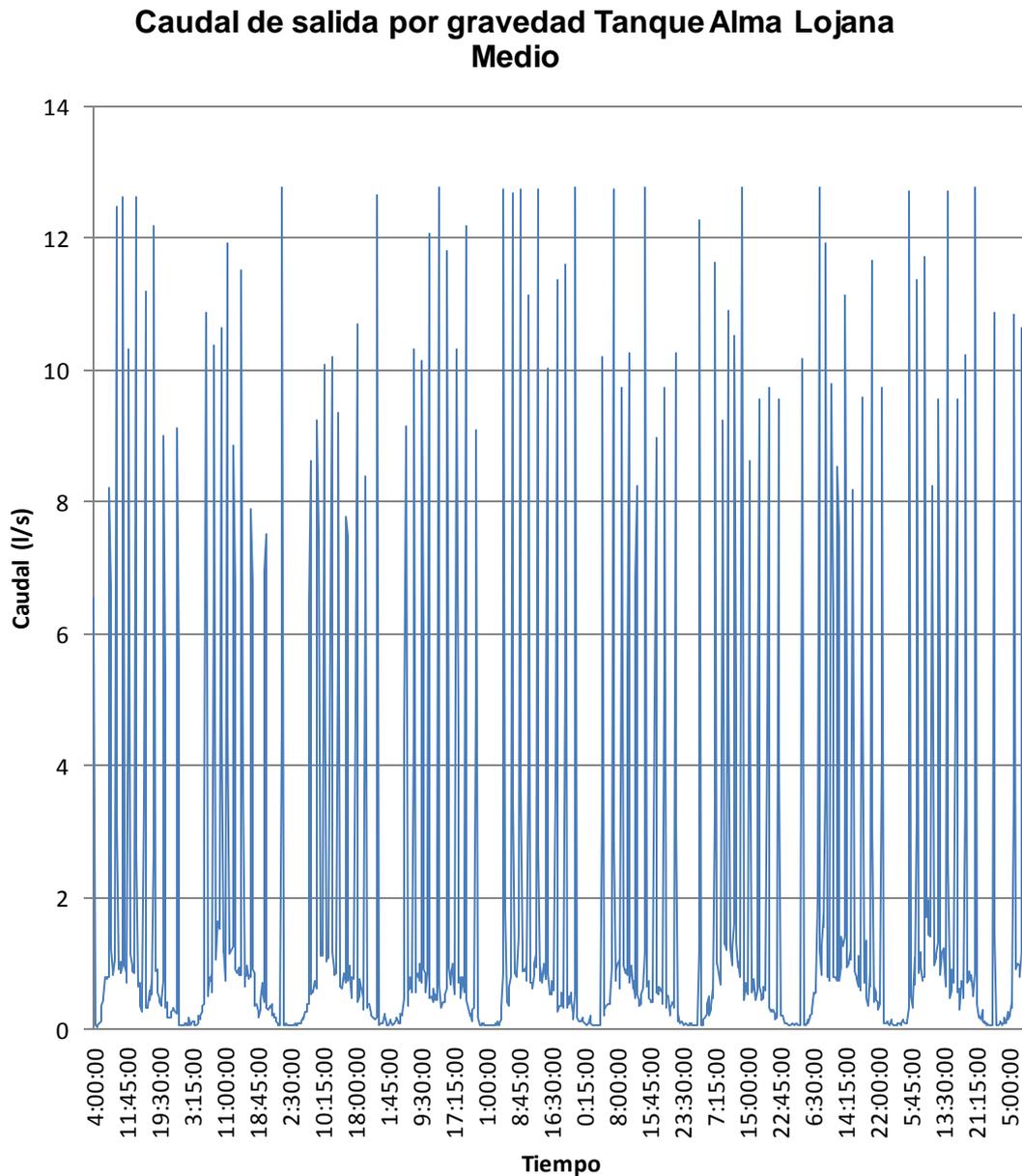


Figura 30. Curva obtenida de los datos de caudal de salida  
Adaptado de (Radcom, 2013)

### 2.11.4 Gráfica De Caudal De Distribución Por Bombeo Tanque Alma Lojana Alto.

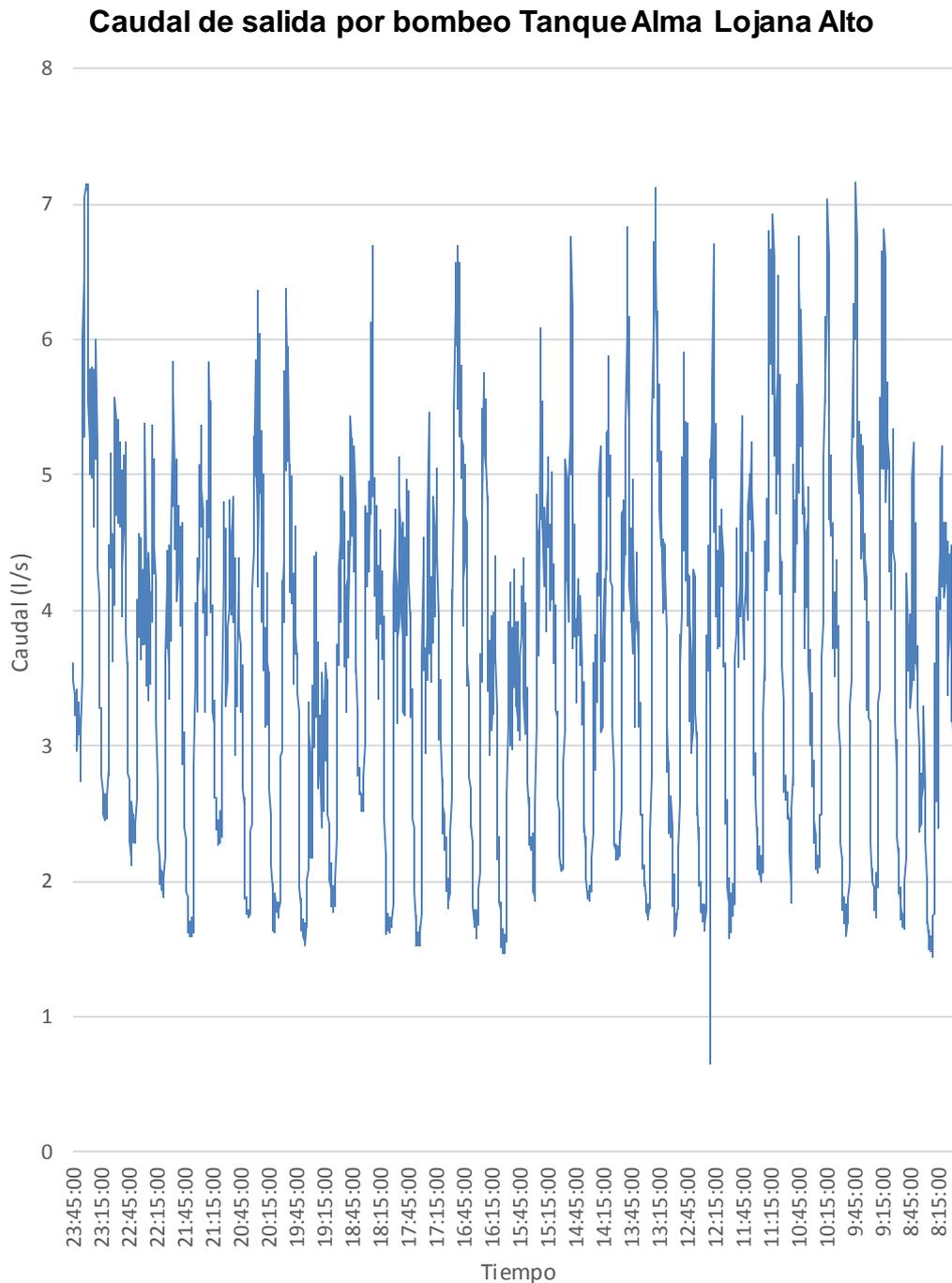


Figura 31.- Gráfico de caudal de salida por bombeo desde Alma Lojana Alto hacia distribución.  
Adaptado de (Radcom, 2013)

Gráfico de caudal de salida para distribución mediante bombeo, en el cual se visualiza el caudal entregado mediante bombeo desde el tanque Alma Lojana Alto, con un promedio de salida de 3.45 l/s, este es el caudal con el que se sirve a la población del sector del barrio Auqui de Monjas que se encuentra a una cota más alta que la del tanque por tal motivo se debe servir este sector por medio de bombeo.

Basados en los datos de registro presentados en las gráficas anteriores de nivel y caudales distribuidos, se determina que el tanque Alma Lojana Alto en el período de medición y estudio, si presenta desborde y éste ocurre en el horario aproximadamente desde las 16:00 hasta aproximadamente las 07:00 del día siguiente, por lo que observar físicamente este desborde en los horarios de visita del personal de mantenimiento y del operador del tanque es prácticamente imposible, ya que se produce fuera del horario de trabajo del personal mencionado. El desperdicio de agua potable correspondiente al período de investigación de desborde es de 1014 m<sup>3</sup>, y la proyección mensual de desperdicio es de 4340 m<sup>3</sup>, estos valores podrán variar de acuerdo a la dinámica del consumo del tanque.

En la siguiente tabla se detallan los valores de cada una de las variables medidas.

*Tabla 5.*

Resumen de valores obtenidos de las mediciones efectuadas.

	Caudal ingreso (l/s)	Caudal salida bombeo (l/s)	Caudal salida gravedad (l/s)	Caudal desborde (l/s)	Nivel (m)
Máximo	<b>14.69</b>	<b>6.97</b>	<b>12.76</b>	<b>4.97</b>	<b>3.68</b>
Promedio	<b>10.39</b>	<b>3.45</b>	<b>1.83</b>	<b>4.62</b>	<b>3.12</b>
Mínimo	<b>0</b>	<b>0.65</b>	<b>0.03</b>	<b>2.21</b>	<b>1.68</b>

Nota: la tabla muestra todos los valores promedios de las mediciones realizadas durante el período de valoración del estado inicial del tanque Alma Lojana Alto.

*Tabla 6.*

Resumen del estudio de desborde Tanque Alma Lojana Alto.

DESBORDE - TANQUE ALMA LOJANA ALTO		
Datos	VALOR	UNIDAD
Nivel físico del cajón de desborde	<b>3.50</b>	<b>metros</b>
Tiempo de estudio y medición	<b>168</b>	<b>horas</b>
Horas de desborde	<b>61</b>	<b>horas</b>
Caudal promedio de desborde	<b>4.62</b>	<b>l/s</b>
Volum. Desb. (periodo medicion)	<b>1014</b>	<b>m3</b>
Volum. Desb. (proyectado mes)	<b>4340</b>	<b>m3</b>

Nota: Se muestra en esta tabla los resultados finales del volumen de agua desperdiciado, en el período de medición, resultando 1014 metros cúbicos de agua desperdiciada en un lapso de 168 horas de análisis.

Se realiza el análisis del desborde tomando en cuenta únicamente los horarios en los cuales el nivel del tanque está por encima del valor límite, en estos períodos se han tomado los caudales de ingreso y salida para realizar la sumatoria, determinándose así el caudal de desborde más aproximado a la realidad.

En base a los antecedentes, el sensor de presión instalado en el datalogger, el cual registra el nivel, no es el adecuado para la medición de esta variable, por

este motivo se obtienen valores que en ciertos casos generan confusión acerca de las reales dimensiones del desborde en el tanque.

Para poder exponer una idea de la cantidad de agua desperdiciada, en un ejemplo didáctico se comparará la cantidad de botellas de agua con capacidad de 625 cm<sup>3</sup>, que es una botella estándar de la industria de bebidas, las cuales se podrían llenar con el agua desperdiciada, de esta manera se podrá visualizar de una manera más fácil cual es la cantidad de agua desperdiciada y cuánta agua se podría recuperar con la implementación del sistema de control.

La siguiente tabla muestra una comparación de la cantidad de agua desperdiciada.

Tabla 7.  
Equivalencia de agua desperdiciada

	<b>Volumen Desbordado</b>	<b>Cantidad de botellas de 625 cc</b>
<b>Unidad base</b>	1 m <sup>3</sup>	1600
<b>Pérdida mensual</b>	4.340 m <sup>3</sup>	6'400.000
<b>Pérdida anual proyectada</b>	52.080 m <sup>3</sup>	76'800.000

Adaptado de (Sociedad Nacional de Industrias del Perú, 2017)

La producción anual de agua embotellada de las principales marcas durante el año 2012 fue de 588.000 m<sup>3</sup> y la producción del año 2016 fue de 985.000 m<sup>3</sup>, (Sociedad Nacional de Industrias del Perú, 2017), realizando el análisis de estos datos y comparándolos con los datos reales de desborde del tanque Alma Lojana Alto, el volumen total de desborde corresponde al 5% de la producción total anual de agua embotellada de las marcas más conocidas según el documento citado, esto es 52.080 m<sup>3</sup> que constan en la tabla número 8, lo cual indica que es

considerable el desperdicio de agua tratada que se produce solamente en este tanque, pudiéndose elevar la cifra de desperdicio con cada una de las estaciones que no cuentan con un sistema de control efectivo.

### **3. ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA.**

El presente capítulo pretende describir la diversidad de tecnologías de acceso inalámbrico presentes en la actualidad y sus futuras evoluciones, además de hacer una revisión de los medios de transmisión guiados más importantes así como las posibles soluciones al problema.

En los últimos años, los organismos de agua potable han venido agregando al control de las instalaciones diversos tipos de automatización, basados en PLCs (controlador lógico programable), que son los encargados de controlar el abastecimiento de las instalaciones como: reservorios, estaciones de bombeo, pozos y líneas de transmisión y distribución. Originalmente dicha automatización se centraba en los sistemas SCADA los cuales ofrecen la capacidad de adquirir datos de la instrumentación de campo y control de operaciones como encendido y apagado de motores que son la pieza fundamental de las estaciones de bombeo. El esquema se basa en una computadora central a donde se conectan los diferentes equipos de campo y un grupo de estaciones remotas enlazadas a esta típicamente vía radio enlace. En un sistema SCADA convencional, el concepto de automatización es prácticamente nulo, considerando que el concepto de "control supervisorio" implica que una persona tome las decisiones sobre la operación de los equipos en la red. Dicha persona es el operador de la estación maestra quien tendrá a su disposición la información adquirida en forma

automática por el sistema y que será comparada también en forma automática contra una base de datos que permite al sistema identificar condiciones de cambio en las variables monitoreadas, como cambios de estado o rebasamientos de los límites, los cuales son anunciados al operador a través de una interfaz hombre-máquina, por medio de la cual se tendrá las herramientas para el envío de comandos de control remoto a las instalaciones para de esta forma mantener el sistema controlado, caso contrario el sistema estaría en un estado de escucha pero no podría actuar automáticamente en caso de ocurrir un evento de emergencia.

### **3.1 Metodología de Solución.**

Basado en el anillo PDCA o ciclo de DEMING de mejora continua, con el cual se pueden mejorar tanto la calidad de la dirección del proyecto como la del producto final, (Project Management Institute, 2015), el cual es utilizado por las empresas para mejoramiento de la calidad, se ha tomado como metodología para la solución del problema planteado en el presente trabajo y se utilizarán cuatro fases principales que van desde el planteamiento del problema, pasando por las alternativas de solución, el desarrollo de la solución y la evaluación de resultados las cuales se detallan y se visualizan de mejor manera en el siguiente gráfico.

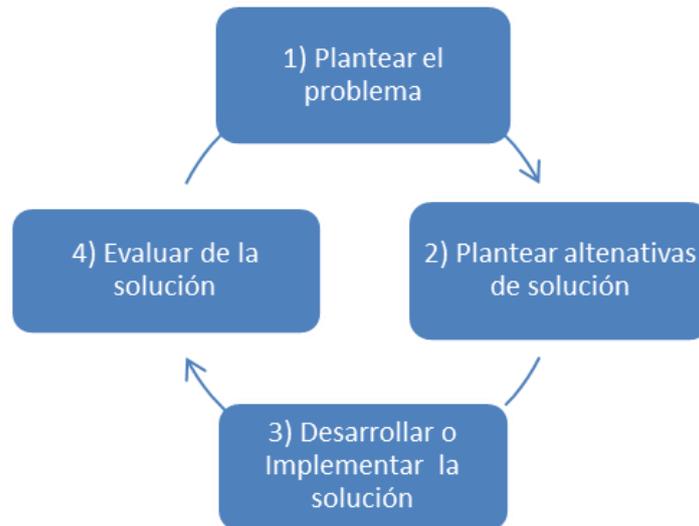


Figura 32. Metodología para solución basada en Ciclo de DEMING  
Adaptado de (Project Management Institute, 2015)

### 3.1.1 Planteamiento Del Problema.

El problema de los tanques que son llenados por sistemas de bombeo radica en la falta de sistemas de control eficaces que logren mitigar el desborde de agua tratada en los tanques.

El costo de los sistemas de control remoto disponibles en el mercado es muy alto y el detalle de ello consta en el anexo N° 10 en el que se detalla un sistema completo de control el que se podría implementar.

La falta de personal operativo en cada tanque hace que un solo operador tenga que visitar varios tanques al día, dejando de lado la operación de las estaciones de bombeo adecuadamente, limita a los operadores de los tanques y redes el poder integrarse a los grupos de trabajo porque deben permanecer cerca a los tanques para la operación de las estaciones de bombeo.

Los sistemas de control mediante PLC que se han venido implementando solo toman en cuenta el tiempo como variable de control de los sistemas de impulsión, quedando de lado el nivel o presión de la línea del tanque de llegada.

### **3.2 Planteamiento De Alternativas De Solución Al Problema.**

#### **3.2.1 Incremento De Personal.**

En la actualidad se dispone de una persona, la cual se encarga de la operación del sistema (encendido y apagado de los motores que impulsan las bombas), una alternativa podría ser el incremento del personal para trabajo por turnos, que se encarguen de la operación las 24 horas del día para evitar así los desbordes. Esta alternativa no es viable ya que se incrementaría el costo de operación basado en la necesidad de incrementar personal y los pagos de remuneraciones y horas extras a los trabajadores que se integrarían.

#### **3.2.2 Radio Enlace.**

Otra solución es, la de implementar un sistema de radio enlace sea este punto-punto o punto-multipunto, este tipo de sistema se lo tiene implementado en algunos puntos de la ciudad para poder realizar la comunicación entre estaciones remotas las cuales no tienen acceso a señales de telefonía celular, la implementación de este tipo de sistema es costosa y tienen largos períodos de instalación, puesto que se necesita trabajos de montaje de torres para soporte de las antenas. Después de analizar la topografía del terreno se determina que no existe línea de vista directa entre los dos tanques, lo que encarece el sistema por lo anteriormente expuesto, además el posterior mantenimiento de este tipo de sistemas influye en los objetivos generales de la empresa, que son los de

provisión de agua potable para la ciudad y no el mantenimiento de sistemas de telecomunicaciones que se pueden minimizar con la alternativa propuesta. En relación al costo inicial de este tipo de implementación es alto y se ha realizado la investigación de mercado, arrojándonos un valor aproximado de USD 25.000,00; las proformas de implementación se encuentran en el Anexo N°1

### **3.2.3 Enlace Con Fibra Óptica.**

Los enlaces de fibra óptica son otra alternativa para la conexión entre las dos estaciones, para esto se debería realizar el tendido de fibra tipo multi modo o mono modo entre las estaciones, tomando en cuenta que la distancia es de alrededor de 822 m en línea recta, se debería montar la infraestructura de soporte para la instalación de la fibra, esto encarece el proyecto además de sobredimensionar el canal de transmisión para este proyecto, porque el requerimiento de ancho de banda para el sistema es mínimo, puesto que los datos a transmitir son básicamente señales discretas de control y no necesitan estar permanentemente conectados y utilizando el canal. De igual manera se realizó la investigación de mercado para determinar el costo de este tipo de comunicación, obteniendo resultados de costo más altos que con un enlace radial. El costo es de alrededor de 46.750,00; las proformas de implementación se encuentran como anexo número 2.

### **3.2.4 GSM/GPRS.**

GSM son las siglas de Global System for Mobile Communications (sistema global de comunicaciones móviles) este es un tipo de red que unifica la transmisión de voz y datos móvil.

GSM es la más utilizada de las tecnologías a nivel mundial casi todos los teléfonos móviles cuentan con conectividad con esta red, según los datos oficiales de la Asociación GSM, en un 82% de las terminales mundiales, (Blasco, 2014) pero su ancho de banda es lento y a veces puede causar interferencias electrónicas.

GPRS son las siglas General Packet Radio Service (servicio general de paquetes vía radio) la cual es un escalamiento de las redes existentes GSM.

La mensajería instantánea, los servicios de mensajes cortos SMS, multimedia MMS y de correo electrónico, son proporcionados por esta red además posee una cobertura inalámbrica completa y las velocidades de transmisión van de entre 56 a 114 kbps.

Después de haber recopilado la información necesaria y analizado las tecnologías existentes, La opción de comunicación mediante la red de telefonía celular, GSM/GPRS es la más viable puesto que ofrece conectividad en todo el sector donde se encuentran los tanques de distribución. Además de ser la alternativa más económica, su costo anual sería de alrededor de \$250 Dólares por mantenimiento de las líneas de telefonía celular que se deben colocar en cada una de las RTU.

### **3.3 Soluciones Con Medios Guiados.**

#### **3.3.1 Par Trenzado.**

Existen 2 tipos de pares trenzados que son el UTP y el STP. El cable UTP constituye un cable no blindado de bajo costo y el cable STP es blindado, trabaja

a altas velocidades, es inmune al ruido y tiene un alto costo. Las aplicaciones del par trenzado son para Líneas Telefónicas conmutadas y dedicadas.

### **3.3.2 Cable Coaxial.**

En general presenta un mejor blindaje que el par trenzado y puede alcanzar distancias mayores, tiene elevado ancho de banda el cual depende de su longitud y excelente inmunidad al ruido.

Existen 2 tipos de cable coaxial: de banda base y de banda ancha. El cable coaxial de Banda Base: puede llegar a una velocidad de 1 a 2Gbps en 1 Km. de distancia, se podría usarlo a mayores alcances con velocidades más bajas y regeneradores periódicos, sus aplicaciones principales son la televisión por cable y redes de área local. El cable coaxial de banda ancha: puede llegar a tener una frecuencia de operación de hasta 450 MHz y tener alcances de hasta 100 m, tiene una velocidad de transmisión de 2 – 30 Mbps, no requiere de permiso de uso de frecuencias y su ancho de banda va de 0.1 MHz – 1 GHz. A diferencia del cable de banda base, cubre un área mayor y necesita de amplificadores analógicos para reforzar la señal, ya que el periodo de la señal es menor y por este motivo se atenúa. Las conexiones con cable coaxial se las realizaba anteriormente en las redes LAN tipo Token Ring.

### **3.3.3 Fibra Óptica.**

Existen 2 tipos de fibra óptica: monomodo y multimodo. Sus aplicaciones son para redes de transporte, acceso e interconexión que pueden transportar datos, voz, video, Internet, etc. siempre para volúmenes grandes de información, entre las principales ventajas de la fibra se tienen:

- Tiene un gran ancho de banda.
- Casi total inmunidad al ruido.
- Inmunidad a la interferencia y atenuación casi nula.
- Se usan para grandes y pequeñas distancias.
- Tienen una gran velocidad de transmisión.

Mientras que sus desventajas son:

- Costos elevados en equipos y cableado de fibra, así también para el tendido, instalación, adecuación y perforación de canaletas para encaminar los enlaces de fibra.
- Complejidad de instalación debido a la geografía de los sitios remotos.
- Son muy vulnerables a robos, rompimientos, excavaciones, terremotos, etc., que produciría pérdida del enlace y pérdida económica.
- Necesita de obras civiles complementarias para su funcionamiento.

### **3.4 Medios De Transmisión No guiados.**

Los medios de transmisión usados son:

- El aire
- El vacío o espacio.
- Entre los sistemas que usan como medio de transmisión el aire son:
- Enlaces de radio
- Enlaces de microonda.

Los sistemas que usan el vacío como medio de transmisión son los enlaces satelitales.

### **3.4.1 Enlaces De Radio.**

Sus propiedades dependen de la frecuencia, así, a bajas frecuencias las ondas de radio cruzan bien los obstáculos, pero la potencia se reduce drásticamente con la distancia a la fuente. Pero a frecuencias altas las ondas de radio tienden a viajar en línea recta y a rebotar en los obstáculos y son absorbidas en el espacio libre. Las bandas HF, VHF y UHF son las más usadas por su ancho de banda, mejor directividad que las otras bandas y porque permiten mejores velocidades de transmisión.

Para realizar un estudio y diseño de sistemas con enlaces de radio, se necesita desarrollar un estudio de propagación el cual consiste de enlazar las estaciones de manera tal que exista un criterio de despeje mínimo y bajo características de banda de frecuencia a usarse, alta confiabilidad, mínimo margen de desvanecimiento de la señal, tipo de aplicación a usarse, ancho de banda, velocidad de transmisión, modulación, cobertura, alcance de la señal, etc. Además se necesita un criterio para optimizar las rutas de enlace, los materiales, equipos y costos, el desempeño, las configuraciones y la arquitectura de la red.

### **3.4.2 Enlaces Micro Onda.**

Las microondas no atraviesan bien los edificios, además cuando las ondas de recepción llegan desfasadas al receptor, se pueden cancelar las señales recibidas por el efecto del desvanecimiento por trayecto múltiple. También hay que tomar en cuenta, que a frecuencias mayores de 8 GHz existe el problema de la absorción que se hace más crítico al aumentar la frecuencia.

Para el uso de enlaces de microonda se necesita el permiso para uso de frecuencias y el respectivo estudio y planificación estratégica de las bandas de frecuencias a usarse, además del respectivo pago por uso del espectro radioeléctrico.

Generalmente las aplicaciones para este tipo de enlaces y sus consecuentes usos de espectro radioeléctrico está reservado más para comunicación telefónica de larga distancia, enlaces de la red celular, distribución de televisión, voz, datos a baja y alta capacidad, para interconexión de redes, redes de acceso, redes de transporte, y redes de datos para corta y larga distancia, con aplicaciones punto a punto y excepcionalmente Multipunto para los servicios rurales de WLL (Circuito Cerrado local), también para sistema de Espectro Ensanchado, no está considerado ni legal ni técnicamente el uso de este segmento para Telemetría y Telecontrol, sin embargo se señala a continuación sus ventajas.

#### **3.4.2.1 Ventajas.**

- El costo es bajo con relación a la fibra óptica y cable coaxial, par trenzado, en cuanto a instalación, equipos, alquiler de espacio o terrenos y mantenimiento.
- Permite tener aplicaciones de baja y alta capacidad para voz, datos y video.
- Se tiene una alta calidad para los enlaces diseñados de acuerdo al equipo.
- La implementación es más sencilla que otros medios de transmisión.

- No es vulnerable a robos, pirateo o corte del enlace debido a factores humanos.

#### **3.4.2.2 Desventajas.**

- Por la naturaleza directiva del haz de microondas, se necesita tener una buena exactitud para alinear las antenas del transmisor y receptor del enlace.
- El estudio, diseño y replanteo es medianamente complejo debido a que se necesitan herramientas suficientes para realizarlo en el menor tiempo posible.
- A altas frecuencias, es vulnerable la absorción de energía debido a las lluvias, reflexiones en el terreno, fenómeno de trayectorias múltiples y distancias muy grandes mayores a 50 Km.
- Al tenerse bastantes enlaces a la vez, el costo resulta más alto que tener un sistema punto multipunto como los enlaces UHF, VHF con varios receptores a la vez.
- Debido a la alta directividad de los enlaces de microonda, estos tienen un tipo de distribución Generalmente punto a punto y no punto multipunto.
- Sobredimensionamiento del sistema para el uso que se le daría y su consecuente subutilización para un número considerable de estaciones remotas.

#### **3.4.3 Enlaces Satelitales.**

En estos sistemas se requiere un desempeño con funcionamiento mucho mayor a la de un sistema inalámbrico terrestre, tiene capacidades de banda angosta y

banda ancha, en cientos de Mbp. Existe una mayor atenuación que en los sistemas terrestres vía radio y además las bandas de trabajo son por lo general en microondas mayor a 1 GHz.

Sus principales aplicaciones son para voz, datos, video, telefonía, Internet, datos militares, movimientos estratégicos de servicios especiales, climatología, radares espaciales, televisión por cable, interconexión de redes, etc.

Una de las redes satelitales más usadas para redes de datos, voz y video han sido las llamadas redes VSAT, las cuales se pueden configurar con enlaces de 3 a 30 GHz, pueden configurarse con cualquier satélite operador existente como INMARSAT, INTELSAT, por ejemplo, su diseño, costos e implementación son fáciles de realizar, pero se tiene la desventaja de que el costo de los equipos del segmento terrestre es alto, y el costo de alquiler del segmento satelital por las aplicaciones requeridas serían altos también. Una segunda alternativa sería contratar el servicio satelital a un operador local autorizado, el cual se encargaría del segmento satelital y únicamente se adquiriría los terminales VSAT.

#### **3.4.4 LP WAN.**

Significa red de área amplia de baja potencia (LPWAN) por sus siglas en inglés, diseñada para conectar eficientemente dispositivos inteligentes a través de largas distancias con una tasa de transferencia de bits baja

#### **3.4.5 LORA WAN.**

Las dos tecnologías operan dentro de la tecnología LPWAN, son dos estándares de los principales para conectar dispositivos de IoT de baja potencia, LORA se

desarrolló en el 2015 como estándar seguro de transferencia de paquetes de datos pequeños y energéticamente eficientes, LoRa define la capa física, sus estándares de seguridad enfatizan el cifrado extremo a extremo, la autenticación de datos y la derivación de clave inteligente.

### **3.4.6 NB IoT**

Es un estándar celular desarrollado por 3GPP y no es una tecnología independiente sino un estándar celular, el cual pretende estandarizar los dispositivos de IoT para que sean interoperables y confiables, puede implementarse de manera independiente o en banda y no requiere puertas de enlace mientras que los dispositivos LoRa necesita de gateways para funcionar.

Se hace referencia a estas tecnologías emergentes ya que en el posterior desarrollo y maduración de los prototipos creados se optará por la conexión mediante una de estas tecnologías para abaratar costos de intercomunicación, e introducirse en la tendencia del internet de las cosas.

## **3.5 Tecnología escogida para la solución**

### **3.5.1 Red de telefonía celular**

Las redes de telefonía celular análogas referidas como los sistemas de primera generación. Los sistemas digitales, como GSM (Global System for Mobile Communications), PDC, CDMA ONE (IS-95) y US-TDMA (IS-136), son sistemas de segunda generación los cuales han permitido que las comunicaciones de voz sean inalámbricas, en muchos de los principales mercados los usuarios de estos sistemas paulatinamente han encontrado a lo largo del tiempo de evolución de

las redes celulares de segunda generación valor agregado en los servicios de mensajería, acceso a internet, creciendo de manera exponencial el consumo de ancho de banda de las operadoras de telefonía celular. (Git Book, 2013)

Los sistemas o redes de tercera generación (3G) están diseñados para comunicaciones multimedia, con esto, las comunicaciones persona a persona P2P son mejoradas con imágenes de gran calidad, video, acceso a información y servicios de redes públicas tanto como privadas estas son dotadas de velocidades más altas y nuevas capacidades de comunicación que ofrecen las redes de tercera generación.

En los sistemas de tercera generación se definen nuevos servicios, Internet móvil, e-mail, altas velocidades de transferencia de datos, video llamada, multimedia, video sobre demanda y video y audio-streaming. Estos tipos de servicios tienen diferentes requerimientos de calidad de servicio (QoS) y características de tráfico en términos de ráfagas y requerimiento de ancho de banda.

Las proyecciones de tráfico indican que este nuevo tipo de tráfico sobrepasará a las aplicaciones de voz pronto en los sistemas celulares.

Los sistemas de nueva generación en conjunto con la constante evolución de los sistemas de segunda generación, crean nuevas oportunidades de negocio no solo para los proveedores de equipos y operadores, sino también crean nuevos negocios para los proveedores de contenido y aplicaciones que usan estas redes.

Las principales características de los sistemas de tercera generación son las siguientes:

- Velocidad hasta 2Mbps
- Velocidades variables para ofrecer ancho de banda bajo demanda, la posibilidad de multiplexar diferentes servicios (voz, video y datos) con diferentes requerimientos en una sola conexión.
- Requerimientos de bajo retardo para aplicaciones que requieran tiempo real frente al tráfico de datos best effort.
- Requerimientos de calidad para errores (desde 10% error de trama hasta  $10^{-6}$  error de bit)
- Coexistencia con las redes de segunda generación y posibilidad de handovers entre sistemas para poder repartir la carga y mejorar el despliegue de la nueva tecnología
- Soportar tráficos asimétricos en UL y DL
- Alta eficiencia espectral.

La definición de tercera generación, fue realizada por la UIT (Unión Internacional De Telecomunicaciones), el proyecto fue denominado IMT-2000. En las reuniones de los organismos de estandarización se determinó que la tecnología de acceso para la interfaz de aire a utilizar para los sistemas de tercera generación debería ser WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access).

De las propuestas sobre las tecnologías usadas para los sistemas de tercera generación, dos han tomado importancia:

CDMA 2000 1X que es la evolución del estándar CDMA ONE (IS-95), con mejoras para alcanzar mayores velocidades de datos y soportar los servicios de 3G. Consiste principalmente en 1xRTT y 1xEV-DO versión para la optimización de la transferencia de datos.

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) basado en el core de las redes existentes con tecnología GSM pero cambiando la interfaz de aire con la nueva tecnología WCDMA (Wideband CDMA). WCDMA ofrece dos modos de operación:

- Duplexación por división en frecuencia (FDD), donde el tráfico de uplink y downlink están separados en dos portadoras diferentes. Este es el modo de operación soportado actualmente.
- Duplexación por división en el tiempo (TDD), donde el tráfico uplink y downlink comparten la misma frecuencia de radio pero en diferentes tiempos.

Para aumentar la velocidad de transferencia de datos están las tecnologías de HSDPA/HSUPA y LTE.

#### **3.5.1.1 GPRS/EDGE**

En la actualidad EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution). Es soportado por la mayor parte de las redes GSM y es una mejora de GPRS (Enhanced General Packet Radio Service), la cual es la tecnología de servicio de datos basada en una red de paquetes para las redes GSM. GPRS provee conectividad IP para un amplio espectro de servicios y aplicaciones para los usuarios.

Las redes GSM con tecnología EDGE proveen acceso inalámbrico a internet, dando a los usuarios tanto acceso a banda ancha, como acceso a sus empresas desde cualquier sitio donde se encuentren mediante conexiones VPN.

Las velocidades de pico alcanzadas con esta tecnología son de 200 Kbps para dispositivos EDGE que manejen cuatro time slots. Para entender la tecnología, primero se debe tener en cuenta la arquitectura de las redes GSM/GPRS/EDGE, como se muestra en la figura siguiente.

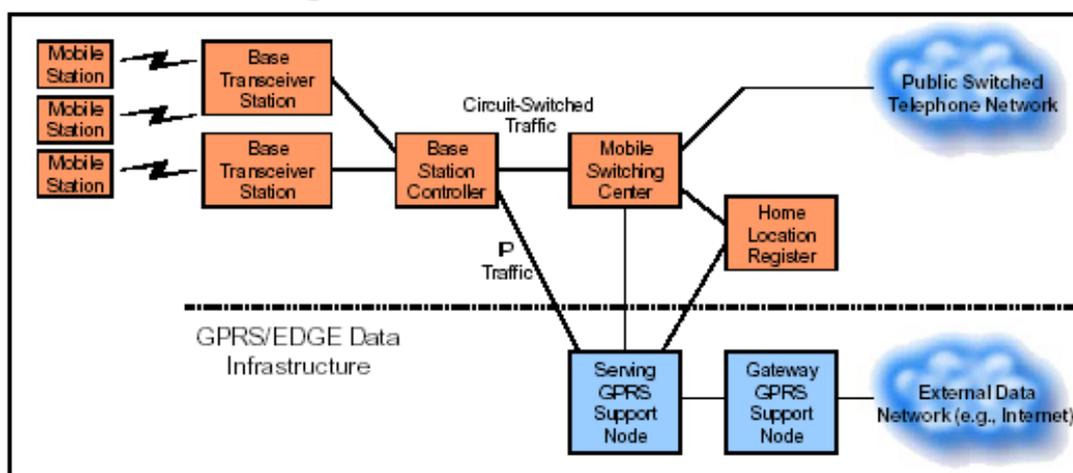


Figura 33. Arquitectura de red GSM GPRS EDGE  
Tomado de (Universidad de la Republica de Uruguay, 2015)

Se debe tener en cuenta que EDGE es sólo una mejora de la tecnología de acceso, más el núcleo GPRS es el mismo y será el mismo que utilicen las redes de tercera generación.

### 3.5.1.2 UMTS

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), es el estándar para 3G, evolución de los sistemas GSM, definido por la 3GPP en el Release 99.

En la actualidad es el sistema que tiene más licencias de espectro en todo el mundo, con un total de 177 redes comerciales en operación. (Universidad de la Republica de Uruguay, 2015). La ventaja de UMTS que es un estándar maduro que por lo tanto está ampliamente testeado y desarrollado comercialmente.

Actualmente el desarrollo de redes con esta tecnología está creciendo aceleradamente, con la aparición de HSPA para servicios de paquetes de altas velocidades, UMTS/HSPA se ha convertido en poco tiempo en la tecnología de red móvil de banda ancha más utilizada en el mundo entero.

### **3.5.1.3 WCDMA**

UMTS utiliza como técnica de acceso al medio WCDMA, que como su nombre lo indica utiliza la tecnología de acceso CDMA de banda ancha (es decir el acceso se hace por la multiplexación de códigos en un mismo ancho de banda de 5MHz).

Los principales beneficios de esta técnica incluyen la alta eficiencia espectral para voz y datos, servicios de voz y datos simultáneos, alta densidad de usuarios con bajos costos de infraestructura, soporte para aplicaciones de banda ancha y una clara migración a VoIP en el futuro.

En UMTS Release 99, la velocidad teórica máxima alcanzada en el downlink es de 2 Mbps. A pesar de esto, por las capacidades de los terminales y el espectro disponible las redes comerciales utilizan la velocidad máxima de 768Kbps o 384Kbps en downlink y 384Kbps en el uplink (para velocidades mayores se utiliza HSPA).

WCDMA tiene menor latencia que EDGE, llegando a los 100 a 200 ms. medidos en redes instaladas actualmente. A pesar que Release 99 ofrece atractivos servicios de datos, estos se vuelven más atractivos y eficientes con HSPA.

Las principales características de WCDMA se describen a continuación:

#### **3.5.1.4 Control de potencia**

El control de potencia en los sistemas CDMA es crítico. El control de potencia debe asegurar que solamente se utiliza la potencia necesaria y sólo la necesaria para cada conexión tanto en el uplink como en el downlink.

De los dos sentidos el más crítico es el uplink, ya que lo deseable es que todos los móviles lleguen a ser detectados por la estación base con la misma potencia para que todos contribuyan de la misma forma a la interferencia total del sistema. No puede pasar que un usuario, tal vez el más cercano, al transmitir con mayor potencia no deje recepcionar a ningún otro usuario del sistema, siendo él el único detectado. Esto se maneja con el control de potencia.

En cuanto al sentido downlink, la mejora del control de potencia es en la capacidad del sistema. Tanto los recursos de control como de tráfico de usuarios se distribuyen la potencia total de la celda, cada recurso utiliza un porcentaje de la potencia total. Por esta razón, controlando que la potencia usada por cada recurso sea la justa y no por demás, se resguarda la capacidad en la celda.

#### **3.5.1.5 Softer y Soft handovers**

El proceso de soft handover se refiere al proceso que permite que una conexión sea servida simultáneamente por muchas celdas, es decir añadiendo o sacando

celdas según sea conveniente. El caso de softer es cuando las celdas que atienden a la conexión simultáneamente pertenecen a la misma estación base (denominada Nodo B). Esto es posible en sistemas WCDMA porque todas las celdas utilizan la misma frecuencia y sólo se identifican unas de otras por el código. El usuario puede entonces detectar diferentes celdas solamente procesando la señal.

### 3.5.1.6 Espectro de radio

Un aspecto importante en el desarrollo de las redes inalámbricas es la cantidad de bandas de espectro disponible para la implementación de la tecnología.

Hoy es cada vez más complicada la elección de este punto, considerando la cantidad de operadores y tecnologías existentes en las redes celulares.

Operating band	Band name	Total spectrum	Uplink [MHz]	Downlink [MHz]
Band 1	2.1 GHz	2x60 MHz	1920-1980	2110-2170
Band 2	1900 MHz	2x60 MHz	1850-1910	1930-1990
Band 3	1800 MHz	2x75 MHz	1710-1785	1805-1880
Band 4	1.7/2.1 GHz	2x45 MHz	1710-1755	2110-2155
Band 5	850 MHz	2x25 MHz	824-849	869-894
Band 6	800 MHz	2x10 MHz	830-840	875-885
Band 7	2.6 GHz	2x70 MHz	2500-2570	2620-2690
Band 8	900 MHz	2x35 MHz	880-915	925-960
Band 9	1700 MHz	2x35 MHz	1749.9-1784.9	1844.9-1879.9
Band 10	Ext 1.7/2.1MHz	2x60 MHz	1710-1770	2110-2170
Band 11	1500 MHz	2x25 MHz	1427.9 - 1452.9	1475.9 - 1500.9
Band 12	Lower 700 MHz	2x18 MHz	698-716	728-746
Band 13	Upper 700 MHz	2x10 MHz	777-787	746-756
Band 14	Upper 700MHz, public safety/private	2x10 MHz	788-798	758-768

Figura 34. Tabla de bandas FDD disponibles para tecnologías 3GPP Tomado de (Universidad de la Republica de Uruguay, 2015)

Tabla de bandas FDD disponibles para tecnologías 3GPP

Operating band	Total spectrum	Frequencies [MHz]
Band 33	20 MHz	1900-1920
Band 34	15 MHz	2010-2025
Band 35	60 MHz	1850-1910
Band 36	60 MHz	1930-1990
Band 37	20 MHz	1910-1930
Band 38	50 MHz	2570-2620
Band 39	40 MHz	1880-1920
Band 40	100 MHz	2300-2400

Figura 35. Tabla de bandas TDD para tecnología 3GPP  
Tomado de (Universidad de la Republica de Uruguay, 2015)

### 3.5.2 Evolución

Además de incentivar las nuevas tecnologías de acceso inalámbrico, el 3GPP busca reconocer las fortalezas y debilidades de cada tecnología explotando las capacidades únicas de cada uno. Por esto trabaja en optimizar al máximo estándares ya maduros y desplegados por el mundo entero, por ejemplo definiendo estándares como "Evolved EDGE". Además de esto especificaciones como HSDPA, HSUPA, HSPA+ sacan el máximo provecho a la tecnología UMTS mencionada anteriormente, como se verá continuación sin más que agregando a la infraestructura de red, funcionalidades de software.

Finalmente, aprovechando las técnicas OFDM, 3GPP define la tecnología LTE que aumenta significativamente la performance del sistema celular.

Si bien implica un cambio en el acceso, esta tecnología es compatible con todos los estándares anteriores, posibilitando redes GSM/GPRS/UMTS/HSPA/LTE. En

el siguiente esquema se muestran la evolución de las diferentes tecnologías inalámbricas y cuáles serán las alternativas de comunicación inalámbrica más adaptables a los requerimientos de ancho de banda y velocidad de transmisión.

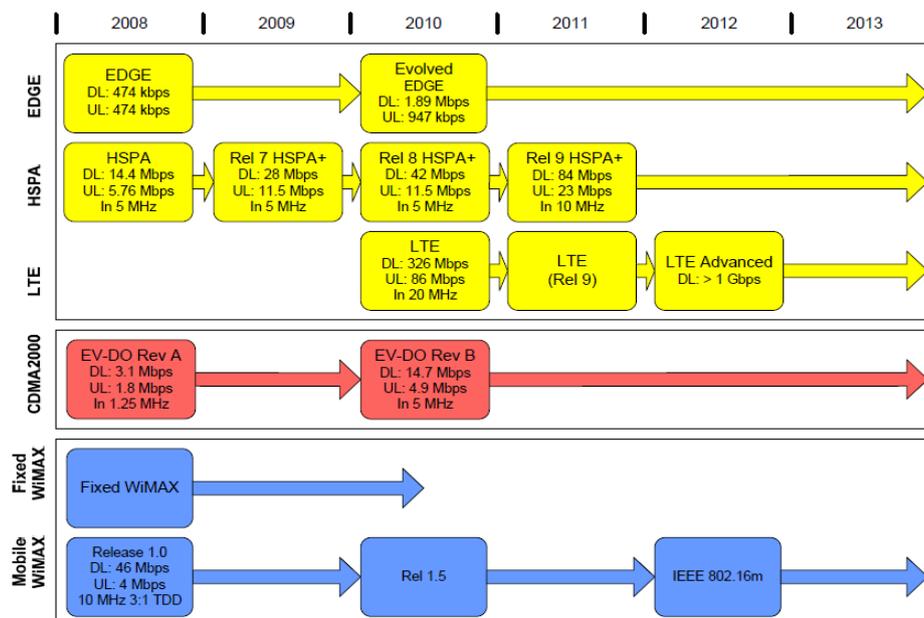


Figura 36. Evolución de las tecnologías de telefonía celular.  
Tomado de (2cm, 2010)

### 3.5.2.1 3GPP LTE

A pesar que con HSPA y HSPA+, se ofrecen servicios de banda ancha inalámbrica con una buena eficiencia espectral que permitirá cubrir las necesidades de los usuarios ampliamente por una década o más, el 3GPP está trabajando en LTE (Long Term Evolution) como parte del Release 8.

LTE permitirá obtener mayores velocidades de datos con mayor cantidad de espectro (mayor a 5MHz). El trabajo en LTE comenzó en el 2004 y se piensa tener la especificación terminada para el 2008.

LTE utiliza la técnica de acceso al medio denominada OFDMA en el downlink, lo cual permitirá alcanzar grandes velocidades teniendo un canal de frecuencia espectral mucho mayor a 5MHz.

La tecnología de radio WCDMA es tan eficiente como OFDMA para alcanzar velocidades de alrededor de 10Mbps en 5 MHz de ancho de banda. Sin embargo alcanzar velocidades de 100Mbps con canales más grandes resultaría en terminales muy complejos y no es práctico con la tecnología actual. Esta es la ventaja de implementación práctica que ofrece OFDM.

OFDMA minimiza la interferencia y tiene una eficiencia espectral muy buena, además es muy flexible en cuanto a la canalización, LTE puede operar con anchos de banda de canal de 1.25 a 20 MHz.

En el uplink un OFDMA puro produce alta relación entre el pico y el promedio de la señal, alto PAR (Peak to Average Ratio), lo que compromete la eficiencia de la potencia y la vida de la batería de los teléfonos. Por esta causa LTE utiliza una mejora llamada SC-FDMA, que es similar a OFDMA pero tiene entre 2 y 6 dB de ventaja en el PAR que OFDMA.

Las principales capacidades incluidas en LTE son las siguientes:

- Velocidades en el downlink de 326 Mbps con 20MHz de ancho de banda.
- Velocidades en el uplink hasta 86.4 Mbps con 20MHz de ancho de banda.
- Operación en ambos modos FDD y TDD.
- Ancho de Banda escalable hasta 20 MHz, con pasos de 1.25, 2.5, 5, 10, 15, y 20 MHz.

- Aumenta la eficiencia espectral sobre HSPA Release 6 por un factor de 2 o 4.
- Reduce la latencia a 10 ms, y menos de 100 ms entre la transición de activo a inactivo.
- En la siguiente tabla se resumen las velocidades alcanzadas con diferentes tipos de diseño uplink y downlink usados en LTE.

*Tabla 8,*

Velocidades de LTE

Configuración LTE	Downlink Velocidad de pico (Mbps)	Uplink Velocidad de pico (Mbps)
Usando 2X2 MIMO en DL, UL 16 QAM	<b>172,8</b>	<b>57,6</b>
Usando 4X4 MIMO en DL, UL 64 QAM	<b>326,4</b>	<b>86,4</b>

Tomado de (Universidad de la Republica de Uruguay, 2015)

A lo largo de este capítulo se han revisado muchas tecnologías de acceso inalámbrico con sus respectivas evoluciones. El conocimiento de las características de cada una de ellos nos permite compararlas y analizar sus ventajas y desventajas de forma de contribuir a una mejor solución de las diferentes situaciones que se presentan para la elección de la tecnología de un determinado servicio.

Si bien todas ellas tienen la característica común del medio, el aire, son muy diferentes en el uso que hacen del mismo.

En el caso de estudio del presente proyecto y bajo la premisa de los bajos costos de implementación de una conexión a larga distancia se necesita utilizar sistemas de telecomunicaciones entre las estaciones de bombeo y los tanques

de almacenamiento como la red de telefonía celular; la cual está disponible y es de fácil acceso, basados en los principios de obligatoriedad y universalidad de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones del Ecuador, (2015. Ley Orgánica de Telecomunicaciones). De esta manera se podrá controlar de manera remota, los motores que gobiernan a las bombas de impulsión y evitar que el agua tratada que es enviada hacia los reservorios se desperdicie por la falta de un control de niveles en los tanques, es así que basado en la información obtenida de diferentes medios se tiene una visión más amplia de los procesos que pueden mejorar de manera significativa el control del desperdicio de agua tratada, objetivo principal de este trabajo.

#### **4. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN.**

En el presente capítulo se tratará de manera específica como interaccionan los diferentes bloques en el conjunto del proyecto, tomando relevancia la descripción de cada uno de los elementos electrónicos y de control, que gestionan el encendido y apagado de los motores que impulsan los elementos de bombeo del sistema, las variables que han sido tomadas para el control y las variables que se están modificando después de implementado el circuito.

El siguiente gráfico muestra globalmente como está diseñado el sistema y la interacción entre todos los elementos constitutivos.

##### **4.1 Diagrama De Bloques Del Sistema**

El diagrama de bloques mostrado a continuación es la base y punto de partida para ofrecer una solución al problema, en este gráfico se puede observar la interacción entre los sistemas constitutivos del proyecto y estos son los

siguientes: sistema hidráulico, sistema de comunicaciones, sistema electrónico, sistema de sensores, sistema de control, sistema de procesamiento y almacenamiento de eventos. Este conjunto de elementos constitutivos de la solución, serán detallados de aquí en adelante, el diseño y puesta en marcha del sistema será basado en este diagrama ilustrativo de cómo van a interactuar todos los elementos del sistema.

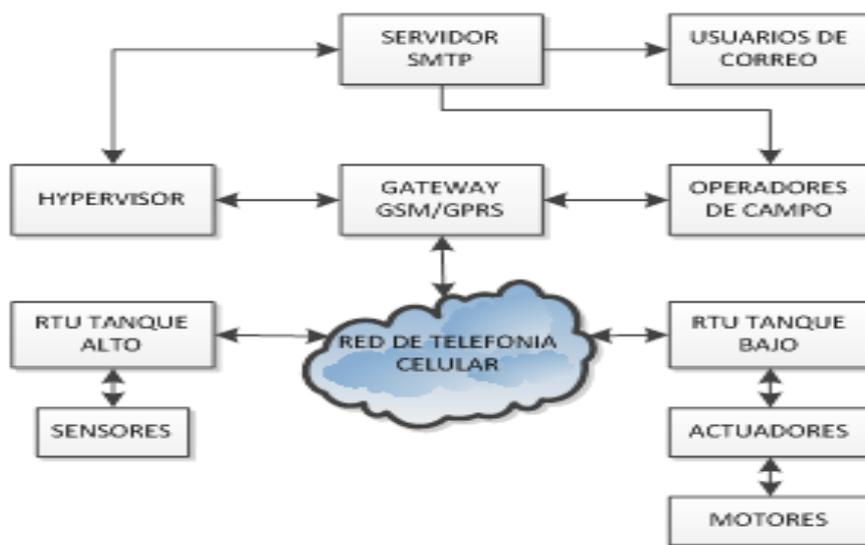


Figura 37. Diagrama de bloques del prototipo

#### 4.2 Diagrama Ilustrativo De Funcionamiento

El diagrama siguiente muestra de una manera ilustrativa como se encuentra dispuesto el sistema, en su conjunto y se detalla la interacción entre cada uno de ellos, se puede ver que las dos RTU se encuentran comunicadas únicamente por la red de telefonía celular, y todos los demás elementos se conectan e interactúan con esta red, eliminando por completo el mantenimiento de la red de telecomunicaciones que se podría haber montado para la transmisión de los datos y variables del sistema. Así también se puede ver que todos los datos

pueden ser centralizados en un solo sitio que sería la oficina matriz de la empresa, el punto de demarcación por así decirlo es el Gateway GSM que estará instalado en el servidor donde se almacenaran los datos de registro de los eventos, mediante el software de gestión de comunicaciones montado sobre un hypervisor y una máquina virtual el cual transformará los mensajes ingresados por el Gateway GSM a correos electrónicos mediante el servidor SMTP que se encargará de enviar a todos los usuarios que tengan influencia con la operación y mantenimiento de las estaciones de bombeo. Como se puede ver a continuación en la siguiente gráfica.

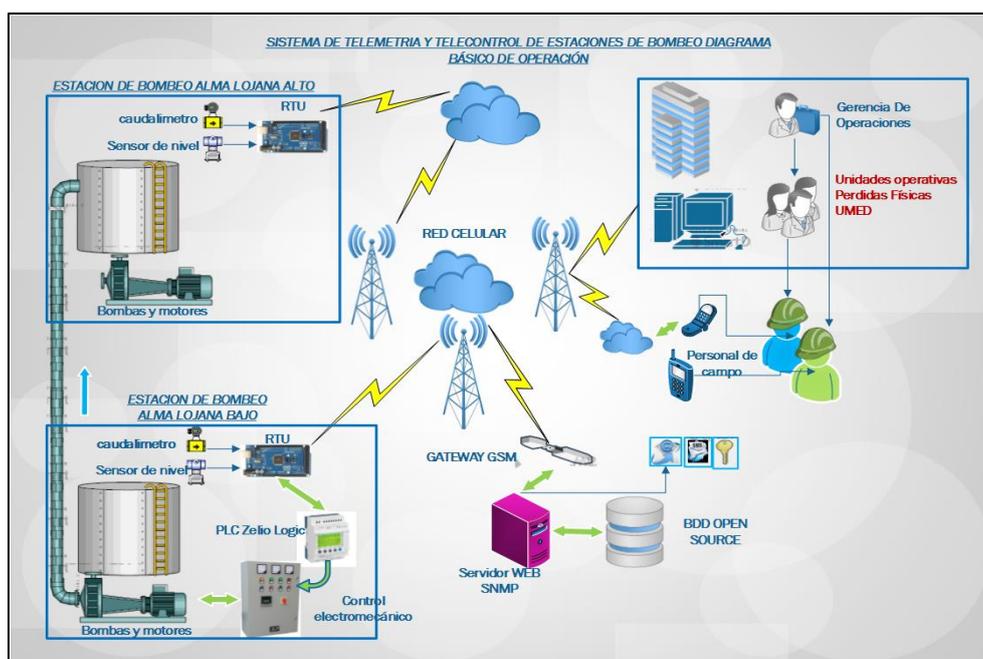


Figura 38. Diagrama ilustrativo de funcionamiento de la solución propuesta.

### 4.3 Descripción General Del Proyecto

Las unidades de transmisión remota ubicadas en el tanque Alma Lojana Alto y Alma Lojana Bajo son las encargadas del control de todo el sistema, para envío

y recepción de los datos de la variable de nivel que es la encargada de apagar o encender los motores de impulsión de las bombas.

La variable a controlar en el sistema es el nivel de agua en el tanque Alma Lojana Alto, del cual se ha tomado las mediciones previas encontrándose que el nivel máximo al que puede llenarse este tanque es de 3.45 m y el nivel mínimo al que puede llegar sin afectar el bombeo que existe para proveer de servicio de agua al barrio Auqui de Monjas es de 0.90 m. por sobre el nivel máximo se produce el desborde y bajo el nivel mínimo los motores de impulsión de las bombas se apagan para proteger los equipos mediante relés de nivel en el tablero principal de arranque de los motores, evitando así el funcionamiento en vacío y el consiguiente daño de los motores.

A continuación se detalla los elementos que se encuentran instalados en el tanque Alma Lojana Alto:

- Fuente de poder 650W.
- RTU.
- Interruptor de nivel.

El funcionamiento del sistema en este tanque se define por los siguientes elementos:

Se encuentra instalada una fuente de 650 W, que fue adaptada desde una fuente de poder de una computadora de escritorio, que cumple la función de alimentar la RTU con 12VCC, y alimentar el interruptor de nivel tipo flotador con 5VCC, el interruptor se encuentra en contacto directo con el agua dentro del

tanque de reserva. El interruptor de nivel es el encargado de cerrar el circuito y así suministrar 5 VCC en la entrada digital número 2 de la RTU, cuando el nivel del agua ha llegado a una altura mínima en el tanque de reserva, este nivel mínimo es de 1.90 m.

El nivel bajo se lo calibra manualmente mediante la extensión o retracción de la cuerda de nylon que sostiene la boya de nivel bajo, desencadenando así el programa de la RTU, la cual envía un mensaje de texto con el código necesario para la activación de los motores de impulsión del tanque Alma Lojana Bajo, en el cual se encuentra la segunda RTU.

En un segundo caso, cuando la boya de nivel alto llega a su punto máximo que es de 3.20 m, el interruptor de nivel abre el circuito desenergizando la entrada digital número 2, entonces la RTU mediante su código de programación envía un mensaje SMS, con los códigos mediante la red de telefonía celular hacia la RTU ubicada en el tanque Alma Lojana Bajo, para que los motores de impulsión de las bombas se apaguen, para de esta manera evitar el desborde del tanque alto. Este proceso toma alrededor de 30 segundos.

A continuación se detalla los elementos que se encuentran instalados en el tanque Alma Lojana Bajo.

- Fuente de poder 650W.
- RTU.
- Interruptor de nivel.
- PLC.

La unidad RTU es la encargada de recibir la señal de encendido y apagado de las bombas, que es enviada desde la estación Alma Lojana Alto, mediante el mensaje de texto SMS portando los códigos de encendido y apagado de las bombas. Este mensaje ingresa por el MÓDULO SIM 900 portando los códigos de programación que desencadenarán el cambio en el estado de la salida digital número 2, dependiendo del estado en el que se encuentre cambiara a 1 o a 0, una vez que la entrada digital 2 ha cambiado de estado esta se comunica con el módulo de relés que son los encargados de entregarnos la señal de potencia que va a estar conectada directamente a una entrada digital del PLC, para que este maneje las señales y controle la alternabilidad de encendido de los dos motores, que controlan cada una de las bombas.

Una vez que los motores se han encendido se envía un mensaje al servidor SMTP que se encuentra dispuesto a recibir los mensajes entrantes mediante un GATEWAY, que se encuentra en escucha permanente para transformar el mensaje de texto recibido en correos electrónicos que pueden ser enviados a diferentes usuarios del sistema.

A continuación se detalla los elementos que se encuentran instalados en el Servidor.

- Modem GSM GPRS
- Software de gestión de SMS (Gateway SMS)

En el servidor es el encargado de gestionar todos los mensajes entrantes mediante el modem GSM

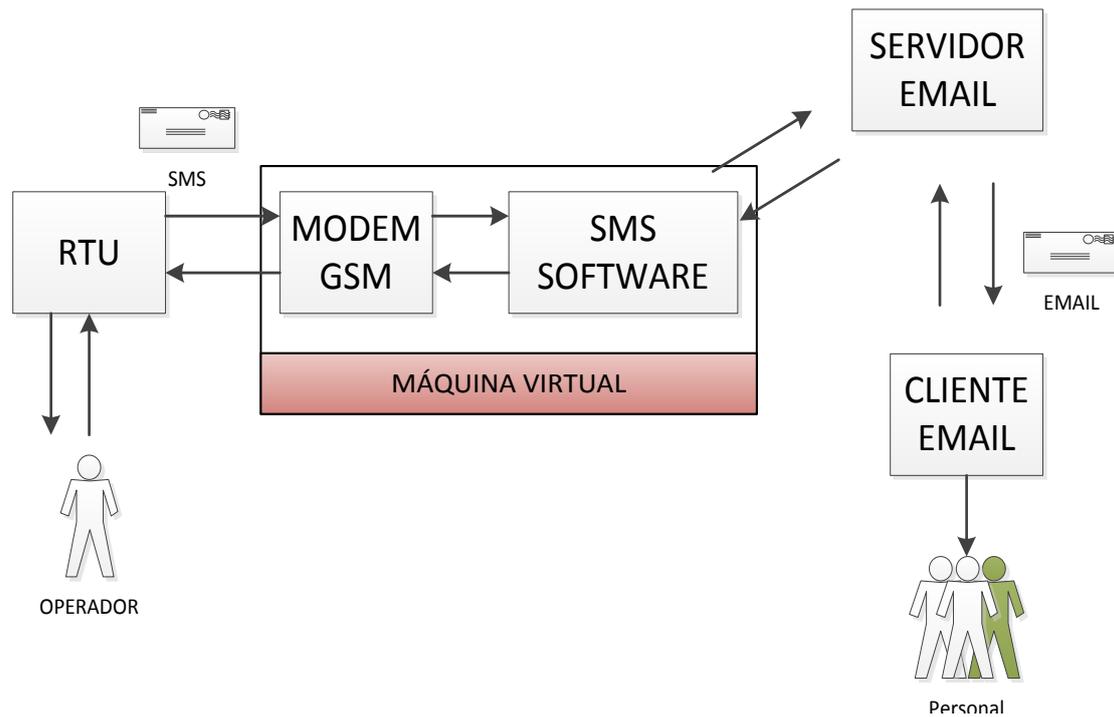


Figura 39. Diagrama de comunicaciones entre servidor de correos y clientes.  
Adaptado de (Ozeki, 2012)

#### 4.4 Descripción Técnica Del Proyecto

##### 4.4.1 Diagrama De Bloques De La RTU.

Se detalla a continuación como interactúa la RTU con el sensor de nivel y con el PLC que es el encargado de alternar la operación de los motores.

Además se detalla la construcción misma de la RTU, de la cual sus elementos constitutivos son: el módulo de comunicaciones, el módulo de relés y el corazón del sistema que es la placa Arduino UNO.

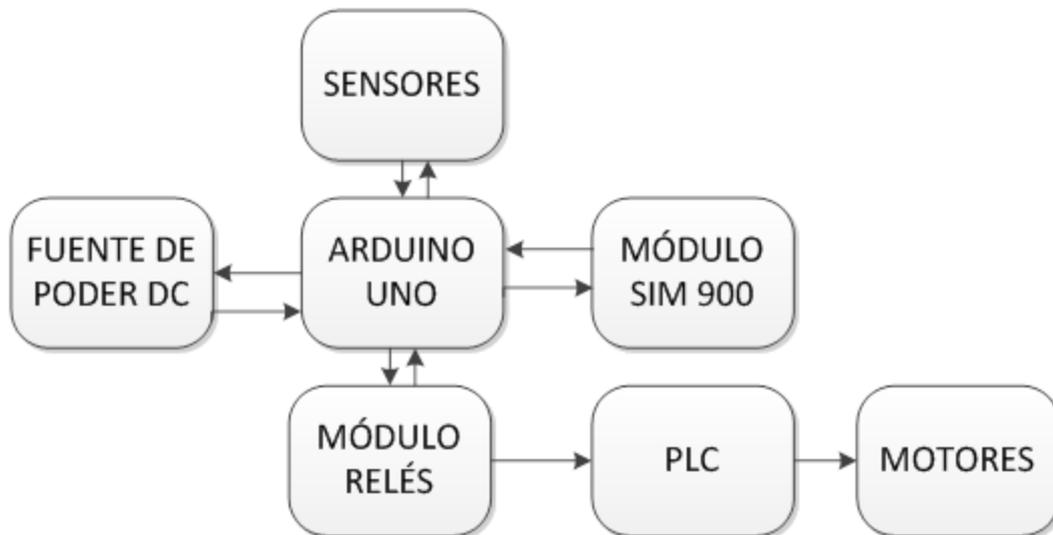


Figura 40. Diagrama modular de RTU Alma Lojana Bajo

#### 4.4.2 Arduino Uno.

Está basado en el chip AT MEGA 328P que es un microcontrolador tipo CMOS de 8 bits de bajo consumo, basado en la arquitectura AVR RISC mejorada.

Dispone de 14 pines y estos pueden configurarse como entradas o salidas, pudiéndose conectar en estos cualquier dispositivo que sea capaz de transmitir o recibir señales digitales entre 0 a 5 VCC.

Cada uno de los 14 pines digitales se puede usar como entrada o como salida. Funcionan a 5V, cada pin puede suministrar hasta 40mA. La intensidad máxima de entrada también es de 40mA.

Cada uno de los pines digitales dispone de una resistencia de pull-up interna de entre 20KΩ y 50 KΩ. Además dispone de 6 pines de entrada analógicos que trasladan las señales a un convertor analógico/digital de 10 bits. (ATMEL, 2015)

Puede alimentarse directamente a través del propio cable USB o mediante una fuente de alimentación externa, en este caso se alimenta con 12 VCC que se suministra a través de una fuente de poder marca CORSAIR CX600.

#### 4.4.3 Diagrama De Pines Del Microcontrolador

El diagrama de distribución de pines del microcontrolador AT MEGA 328P-PU, en formato DIP que es el elemento principal de la placa ARDUINO UNO y es el encargado de todo el procesamiento de las funciones que se detallaran en la programación de la RTU.

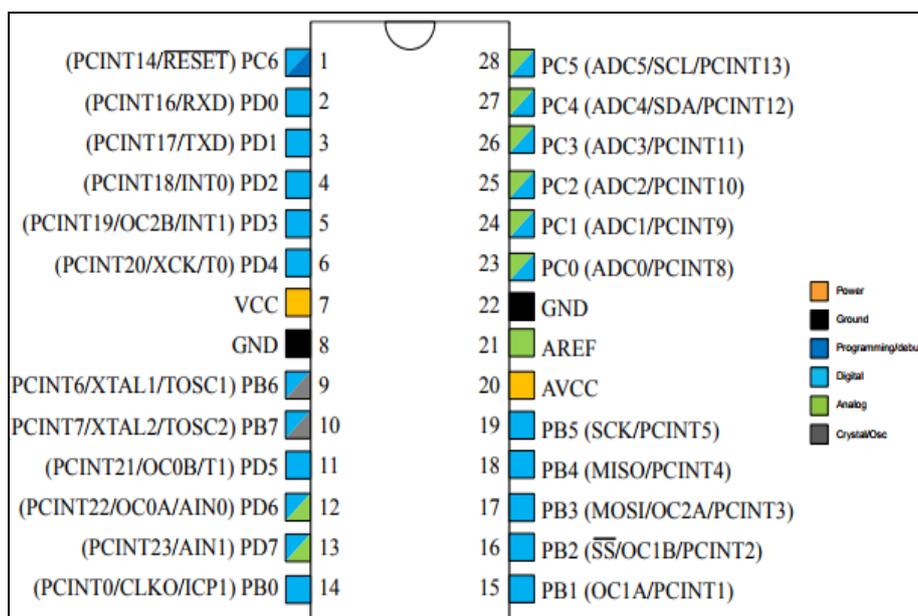


Figura 41. Configuración de pines de microchip AT MEGA 328P-PU  
Tomado de ATMEL, 2015.

A continuación como se puede evidenciar en la hoja técnica del anexo N° 2 de las especificaciones técnicas de este módulo es el indicado para manejar todo el sistema del prototipo presentado ya que cuenta con los elementos necesarios sin sobredimensionamiento para la aplicación requerida como se puede ver en la siguiente tabla:Tabla 9.

Tabla 10

Tabla comparativa de los modelos de placas Arduino.

	Arduino UNO	MEGA	DUE
Procesador	<b>ATMEGA 328</b>	<b>ATmega2560</b>	<b>Atmel SAM3X8E</b>
Anchura	<b>8 bits</b>	<b>8 bits</b>	<b>32 bits</b>
Velocidad	<b>16 MHz</b>	<b>16 MHz</b>	<b>84 MHz</b>
Pines digitales	<b>14</b>	<b>54</b>	<b>54</b>
Pines PWM	<b>6</b>	<b>16</b>	<b>12</b>
Convertidores ADC	<b>6</b>	<b>16</b>	<b>12</b>
Convertidores DAC	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
Interrupciones	<b>2</b>	<b>24</b>	
Memoria FLASH	<b>32Kb</b>	<b>256Kb</b>	<b>512Kb</b>
SRAM	<b>2Kb</b>	<b>8kb</b>	<b>96Kb</b>
EEPROM	<b>1Kb</b>	<b>4kb</b>	<b>0</b>

Tomado de (PROMETEC, 2012)

#### 4.4.4 Módulo De Relés.

En la electrónica industrial el concepto de control de potencia por regulación de fase mediante tiristores y TRIACs es la base de todo el control de la corriente alterna, tanto monofásica como trifásica y especialmente de los motores, tiene mucho que ver con los tiristores, TRIACS y Relés de estado sólido o SSR (PROMETEC, 2012)

Es un pack de 4 SSRs opto acoplados que pueden manejar tanto tensiones de hasta 220 VAC como también corriente continua y manejar hasta 2 Amperios. Estos relés de estado sólido de controlan tal como se lo hace con los relés mecánicos , mediante un montaje sencillo con la placa Arduino UNO se lo puede

controlar directamente desde cualquier pin que maneje 5VCC, en este caso el pin de control el número dos de la placa Arduino UNO.

Las conexiones son simples y se necesita únicamente conectar tensión 5V y GND para alimentar los acoples ópticos y después se manejan el disparo de los relés con un pin cada uno.

Las características eléctricas se detallan en el anexo N° 3 en el que constan las especificaciones de tensión, corriente soportada y voltaje de operación.

#### 4.4.4.1 Diagrama Interno Del Módulo De Relés

En el siguiente diagrama se muestra cada uno de los canales que conforman el módulo de relés, en el caso del módulo utilizado se cuenta con un circuito de este tipo por cada canal.

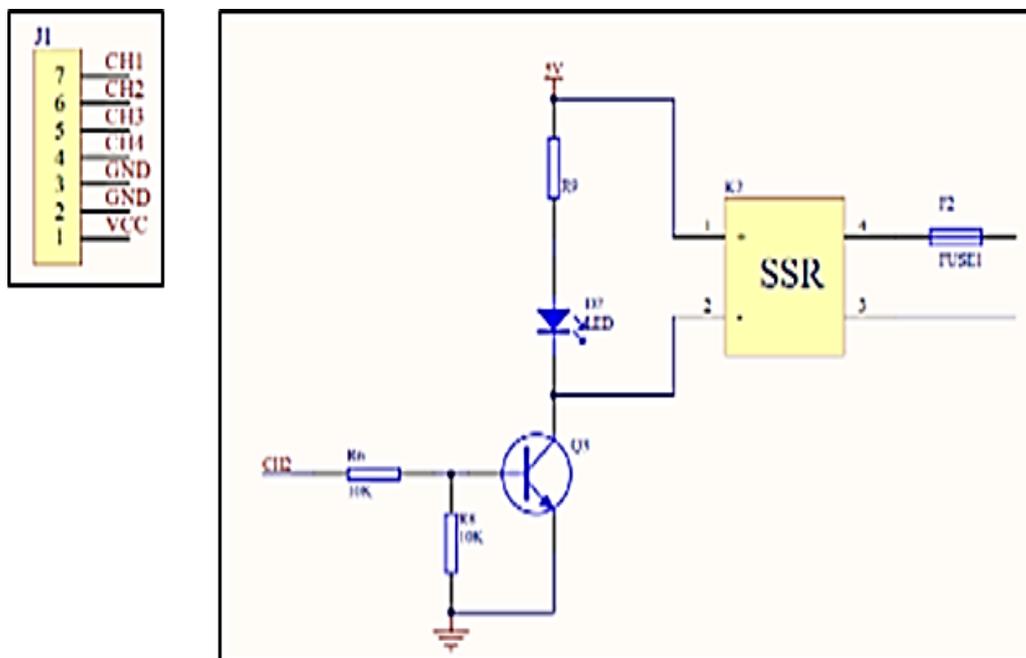


Figura 42. Diagrama interno del módulo de relés  
Tomado de (My Sensors , 2001)



Figura 43. Fotografía del módulo de relés de estado sólido utilizado

#### 4.4.5 Comunicaciones

##### 4.4.5.1 Shield Sim 900 GSM/GPRS

La placa ICOMSAT GSM/GPRS de comunicaciones para ARDUINO que está basado en el módulo SIM 900 para telefonía celular de cuatro bandas 850/900/1800/1900MHz, que puede ser controlado mediante comandos AT GSM mejorado 07.07 ,07.05 y SIMCOM.

Primero se debe colocar la tarjeta SIM que se va a usar. El adaptador para las tarjetas es del tamaño de las tarjetas SIM estándar, que en su mayoría han sido sustituidas por MicroSIM y NanoSim. (MOVISTAR, 2016)

Antes de conectar la shield SIM 900 al módulo Arduino UNO, se debe puentear los pines de comunicación TX y RX número 7 y 8 ubicados en la placa. Para que puedan comunicarse directamente.

En el anexo N° 4 se detallan tanto las especificaciones eléctricas como las especificaciones de frecuencias de operación, dimensiones, alimentación que necesita esta shield de comunicaciones.



Figura 44. Fotografía de shield Sim 900 utilizada en el diseño.

#### 4.4.6 Controlador Lógico Programable PLC

El PLC es un dispositivo de estado sólido, diseñado para controlar procesos secuenciales que se ejecutan para determinadas operaciones en ambientes industriales. Es decir, que van asociados a la maquinaria que desarrolla procesos de producción y así controlar el trabajo de robots o elementos de maniobra así como también motores.

“De lo que se desprende de la definición, el PLC es un sistema porque contiene todo lo necesario para operar, y es industrial, por tener todos los registros

necesarios para operar en los ambientes hostiles que se encuentran en la industria.” (Ministerio de Educacion y Cultura de España, 2013)

Un PLC realiza, entre otras, las siguientes funciones:

- Toma datos de todas las variables de entrada de los diferentes dispositivos sean estos análogos o digitales.
- Corre un programa y toma decisiones en base a su programación.
- Almacena datos en la memoria interna.
- Posee temporizadores para de esta manera manejar ciclos de temporización
- Realiza cálculos matemáticos
- Actuar sobre los dispositivos externos mediante las salidas analógicas y digitales.
- Se comunica a través de las salidas análogas o digitales con sistemas externos.

“Además de poder ser programados, son automáticos, es decir son aparatos que comparan las señales emitidas por la máquina controlada y toman decisiones en base a las instrucciones programadas, para mantener estable la operación de dicha máquina”. (Ministerio de Educacion y Cultura de España, 2014) Los PLC se distinguen de otros controladores automáticos, en que pueden ser programados para controlar cualquier tipo de máquina, al igual que el módulo Arduino UNO puede ser adaptado a cualquier maquinaria y controlar cualquier equipo automáticamente, en el caso del prototipo y sistema implementado en el tanque Alma Lojana Bajo el PLC se lo utiliza como una interfaz entre el prototipo

diseñado y los motores de impulsión de las bombas, programándolo de tal manera que con un solo pulso que envíe el prototipo hacia el PLC, este lo interpretará y generará en el programa una secuencia de encendido alternado de los motores pudiendo ser esta secuencia tan corta de unos pocos segundos, o adaptables a las condiciones dinámicas del sistema por medio de un único temporizador TT1, logrando así una disminución en el desgaste de los elementos rotativos de los motores que ya no permanecerán encendidos todo el día y con un solo motor trabajando.

El modelo que se utilizó es el SR3B101FU de la marca Schneider del cual se hace referencia de sus especificaciones técnicas en el anexo N° 12, de las cuales se desprende que es el que mejor se adapta a las características del sistema ya que cuenta solo con 10 entradas de las cuales se las utiliza 3 para las protecciones eléctricas del sistema y cuatro salidas digitales de las cuales solo se necesitan dos para realizar el control completo de los dos motores. Además los rangos de voltaje y corriente soportados están dentro de los límites de operación del prototipo.

#### **4.4.6.1 Programación de la rutina de PLC**

A continuación se observa el funcionamiento del programa ZELIO SOFT, en modo de testeo, se tiene un interruptor de paro general, un contacto normalmente abierto de que representa el estado 1/0 de la salida digital número dos proveniente de la RTU, esta entrada digital va directamente conectada en la salida digital número 2 del prototipo la cual es la encargada de controlar el encendido y apagado de los motores que gobiernan las bombas de impulsión.

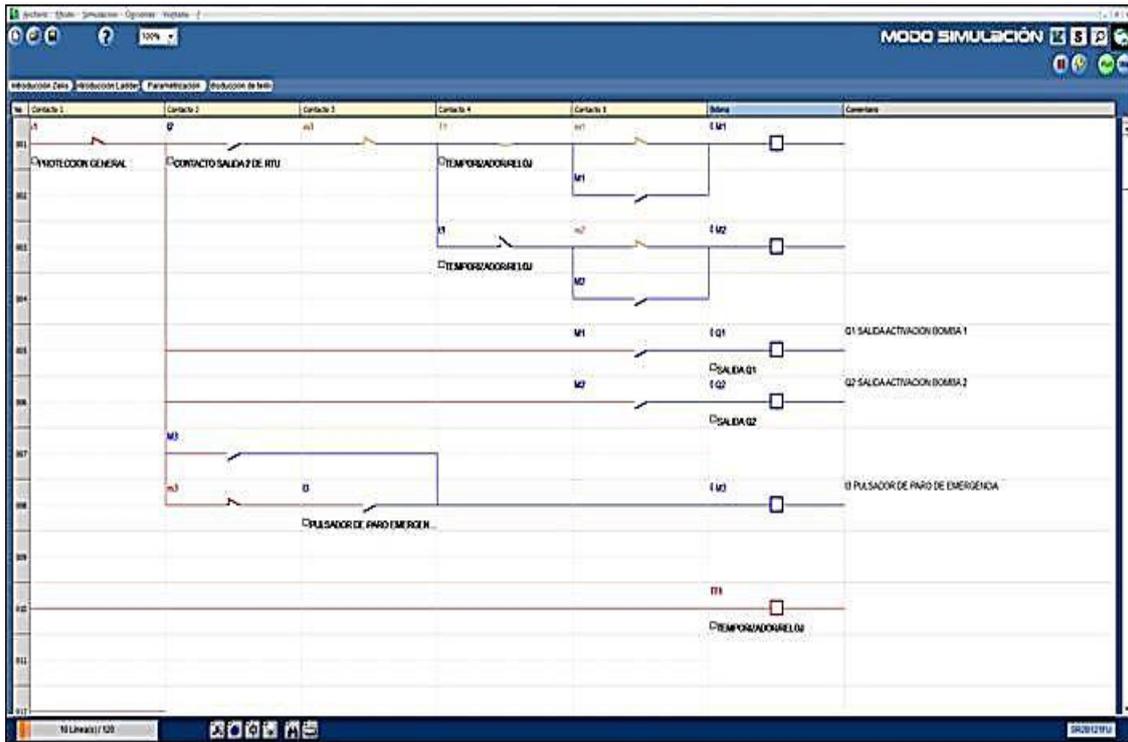


Figura 45. Diagrama de control de motores  
Tomado de (Schneider Electric, 2007)

#### 4.4.6.2 Estados lógicos de las entradas y salidas PLC

La gráfica siguiente muestra los estados lógicos de las salidas y entradas digitales al momento de correr el programa de implementación del control de las bombas y sobre todo de la alternabilidad de funcionamiento de las dos bombas instaladas mediante el PLC.

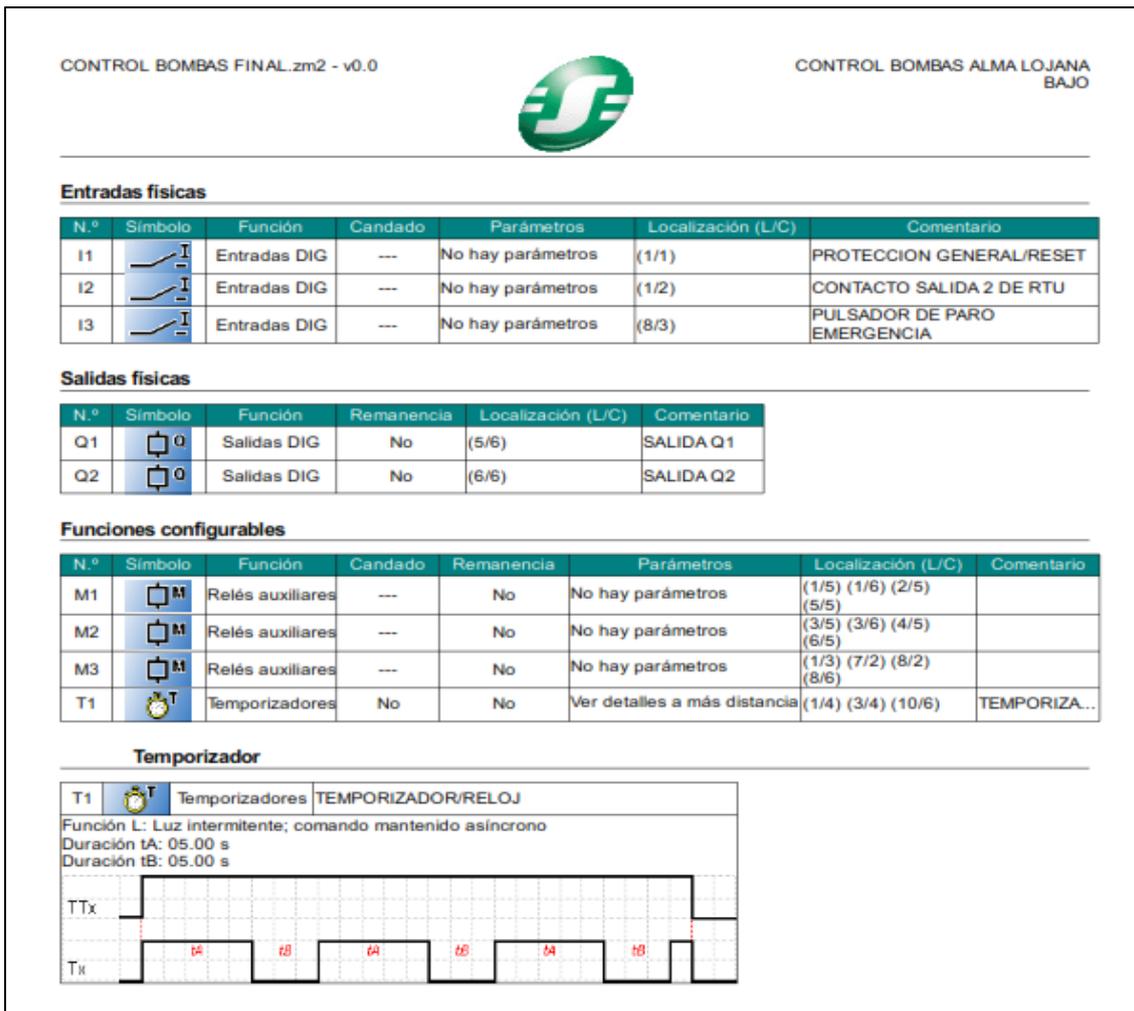


Figura 46. Diagrama de entradas y salidas en el PLC

Tomado de (Schneider Electric, 2007)

Como se puede ver en la gráfica anterior se detallan las entradas discretas I1, I2, I3, también las salidas utilizadas Q1 y Q2 que son habilitadas cuando los módulos de contactores virtuales de Q1 y Q2 son activados, M1, M2, M3 son los relés auxiliares que manejan el circuito y por último el temporizador T1 que es el encargado de proveer los tiempos de alternancia de las bombas, en la práctica se programará para que los motores se enciendan día por día.

#### 4.4.6.3 Diagrama de programación LADDER de PLC

En la ilustración se muestra el circuito de control del PLC, que va a controlar el encendido alternado de los motores.

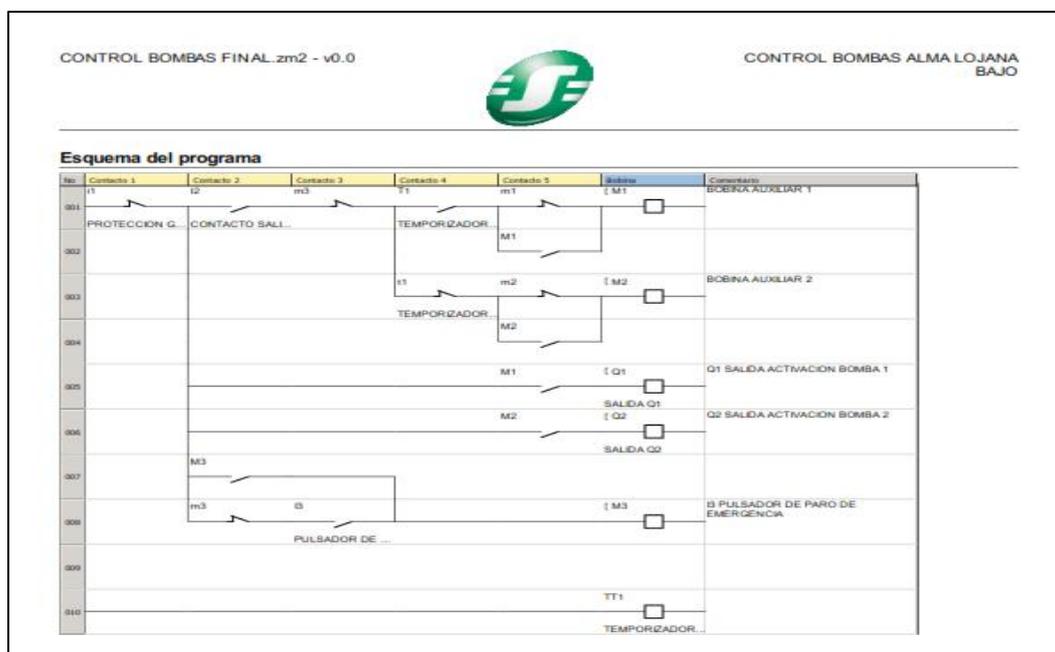


Figura 47. Información resumen de la programación del PLC Tomado de (Schneider Electric, 2007)

El sistema actual que controla los motores, consta de un tablero eléctrico para el arranque de los mismos, en el cual se encuentra un circuito de control de arranque tipo estrella-triángulo que gobierna el motor, este sistema es accionado por el operador del tanque mediante una botonera que se encuentra en la parte frontal del tablero, esta botonera activa directamente el contacto de arranque KM1 como se puede ver en el anexo N°8 donde se presenta el diagrama esquemático de la solución desarrollada, en la gráfica siguiente se muestra en donde está actuando directamente la RTU sobre el tablero de arranque, en este caso se realizó un puente en el selector de tres posiciones y la botonera para que la señal que se obtiene desde el relé Q1 ingrese y actúe como pulsador

automático de arranque y paro en la gráfica se encuentra resaltado con cuadro de color rojo, esta configuración será la misma para el motor número 2 cuando éste entre en operación, estos trabajos los realizará la unidad de la EPMAPS encargada de la puesta en funcionamiento de las estaciones de bombeo a nivel general en el Distrito Metropolitano De Quito.

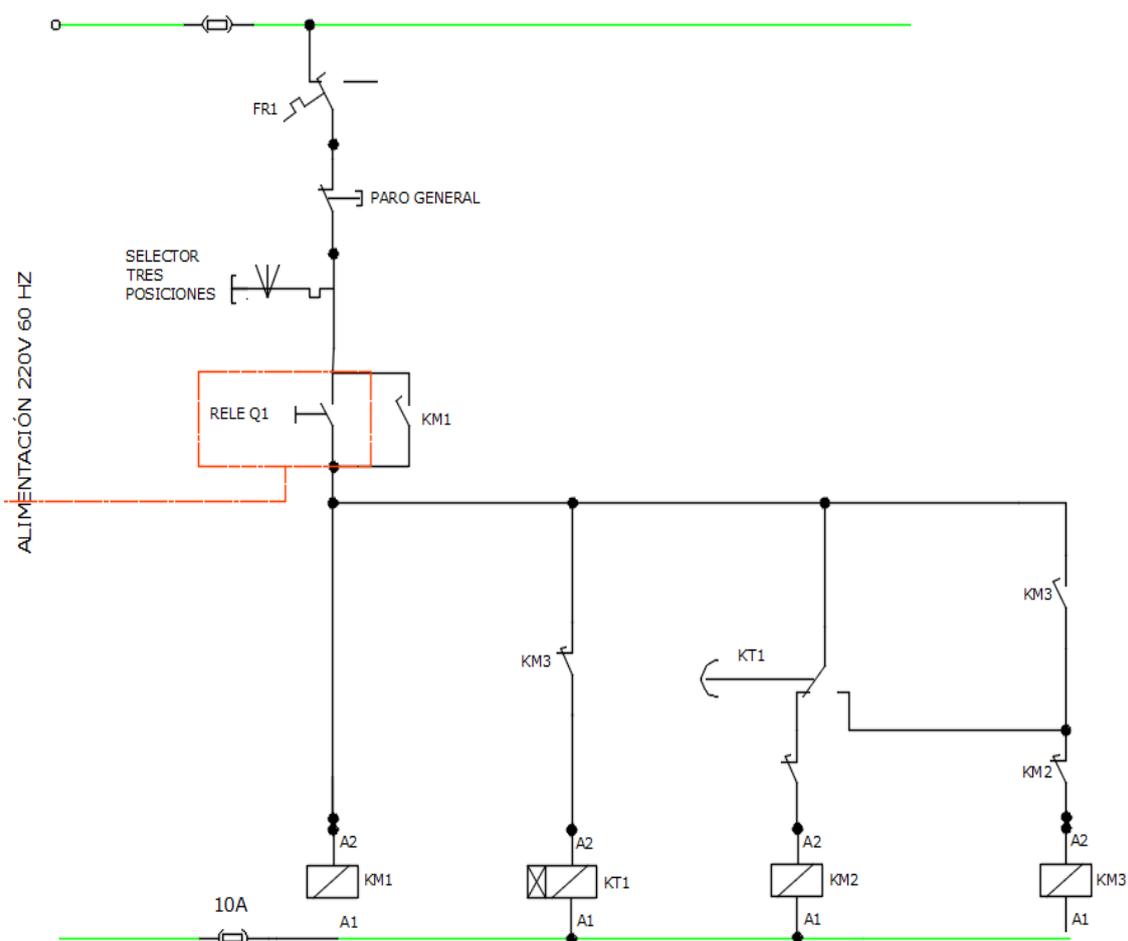


Figura 48. Diagrama de arranque del tablero de control.

A continuación se presentan las fotografías de los elementos del tablero que han sido modificados para poder realizarse el control automático, se presenta una comparación entre el sistema antiguo con la botonera dispuesta para control

manual y como fueron modificadas las conexiones para el funcionamiento automático del sistema mediante la salida de la RTU.



Figura 49. Fotografía de botonera de arranque estado inicial antes de la instalación de la TRU tanque Alma Lojana Bajo.

En la siguiente fotografía se aprecia que los dos cable rojos son los cables que vienen hasta la botonera desde la salida número 2 de la RTU alimentando con 220VAC directamente al contacto principal KM1 de la bobina del contactor de arranque del sistema.

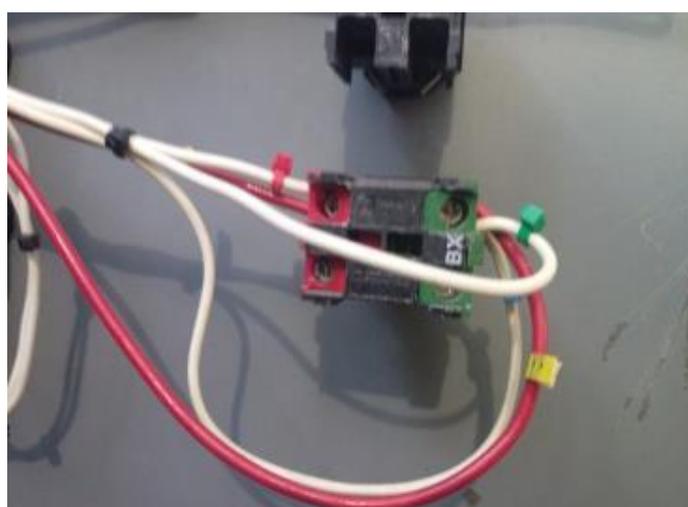


Figura 50. Fotografía de botonera de arranque estado final de conexiones.



Figura 51. Fotografía de motor N° 1 tanque Alma Lojana Bajo.

#### 4.5 Servidor.

El software utilizado para este fin es Ozeki NG SMS Gateway el cual está conectado de la siguiente manera:



Figura 52. Elementos de conexión entre RTU y servidor  
Tomado de (Ozeki, 2012)

El software OZEKI no es un elemento constitutivo de las RTU como tal, pero sirve de enlace entre las RTU y los usuarios del sistema que serán los clientes a quienes se les entregue los reportes de operación y reportes de eventos que

se produzcan mediante correos electrónicos que serán gestionados por este software, que transforma los mensajes de texto SMS enviados entre las RTU a mensajes de correo electrónico, esto se aplica en base a la limitación de mensajes SMS incluidos en los planes de las tarjetas SIM que se detallan más adelante, con esto se maximiza la penetración del proyecto ya no estará limitado solamente a recepción de alertas en dispositivos celulares sino también se podrá llegar de ser posible a cientos de usuarios que tengan relación con la Gerencia de Operaciones de la EPMAPS.

#### **4.5.1 Sim Card**

La SIM card es la encargada de ofrecernos la conectividad con la red de telefonía celular y acceder a la infraestructura de telecomunicaciones de Movistar, el número de servicio asignado a esta sim es 0995813554

#### **4.5.2 Modem**

Se utilizó un modem inalámbrico Huawei E303C cuatribanda HSUPA/HSDPA/UMTS frecuencia 850/900/1900/2100 MHz, este sirve como Gateway o pasarela de comunicación entre los mensajes enviados por las RTU y el software de gestión de correos electrónicos OZEKI que serán enviados a todos los miembros de la organización.



Figura 53. Fotografía de modem de comunicaciones

#### 4.5.3 Servidor CPU

La computadora que sirve como servidor es una HP Compaq 6200 PRO con sistema operativo Windows 7 profesional original, con las siguientes características

PORCESADOR Intel Core i3-2100 (3,10 GHz, 3 MB de caché, 2 núcleos)

MEMORIA RAM 8 Gb

DISCO DURO 500 Gb



Figura 54. Fotografía de computadora utilizada como servidor.

#### 4.5.3.1 Respaldo de energía

Para el respaldo de los datos y continuidad del servicio de mensajería y registro de eventos por parte del servidor se ha utilizado, un equipo de respaldo eléctrico marca Celco de 2kVA tipo online monofásico 110V, el cual está respaldado por 4 baterías de 12V de 26Ah, que de acuerdo al cálculo del tiempo de respaldo del sistema de acuerdo a la ecuación siguiente.

$$UPS = \left( \frac{N * V * Ah * Ef}{VA} \right) * 60 \quad (\text{Ecuación 4})$$

- N = Numero de baterías en UPS
- V = Voltaje de las baterías.
- AH = Amperios-Hora de las baterías.
- Eff = Eficiencia del UPS (suele oscilar entre el 90% y el 98%)
- VA = VoltAmperios del UPS.

El tiempo de respaldo total que tendrá el sistema de alertas en caso de un fallo de energía es de 36 minutos a plena carga, en el caso de la alimentación del servidor y el modem de enlace a internet este tiempo puede ser fácilmente elevado mediante el cálculo de la potencia consumida por la carga mediante:

$$Sva = \frac{Pw}{fp} \quad (\text{Ecuación 5})$$

$$Sva = \frac{750}{0.98} = 765 VA$$

De lo que se desprende mediante regla de tres simple un incremento de la capacidad de 38.5%, de esta manera permitirá que el sistema podrá se mantenga activo durante, 50 minutos tiempo en el cual las reparaciones o cortes no programados de energía son solventados.



Figura 55. Fotografía de UPS de respaldo de energía tipo on line.

#### 4.5.4 Instalación Del Gateway

Aquí se describe cómo funciona la recepción y posterior envío de los mensajes de alerta mediante correo electrónico.

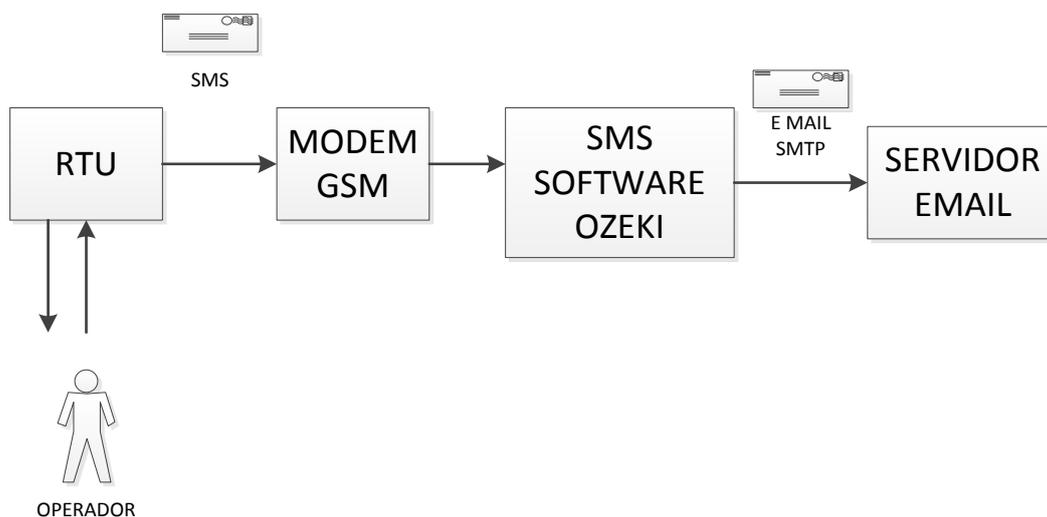


Figura 56. Diagrama de bloques del sistema de reenvío de mensajes Adaptado de (Ozeki, 2012)

#### 4.5.4.1 Configuración Del Sistema Para Envío De Mensajes.

Se monta sobre la computadora servidor el hypervisor necesario para instalar una máquina virtual que será la encargada de gestionar los mensajes de correo electrónico.

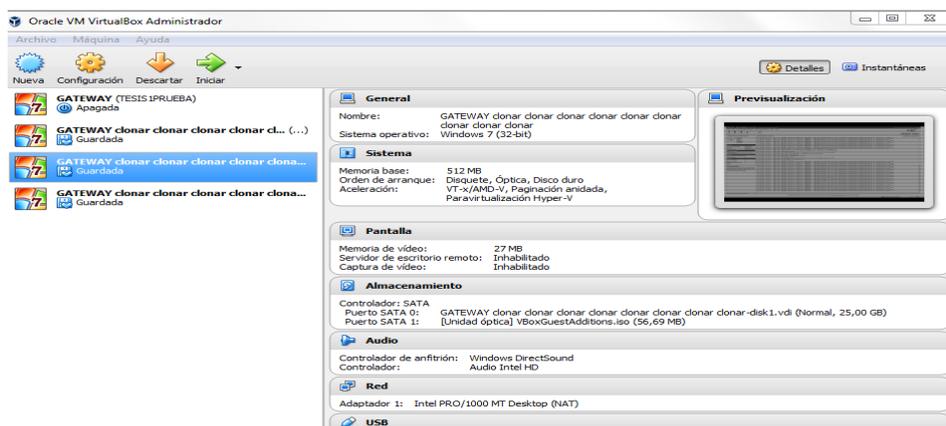


Figura 57. Máquina virtual instalada en el servidor.

#### 4.5.4.2 Instalación del modem inalámbrico de comunicaciones.

Como se puede ver en la gráfica se configura el número de servicio de la tarjeta SIM montada y se corre la instalación. Todo este procedimiento se detalla en el anexo N° 12

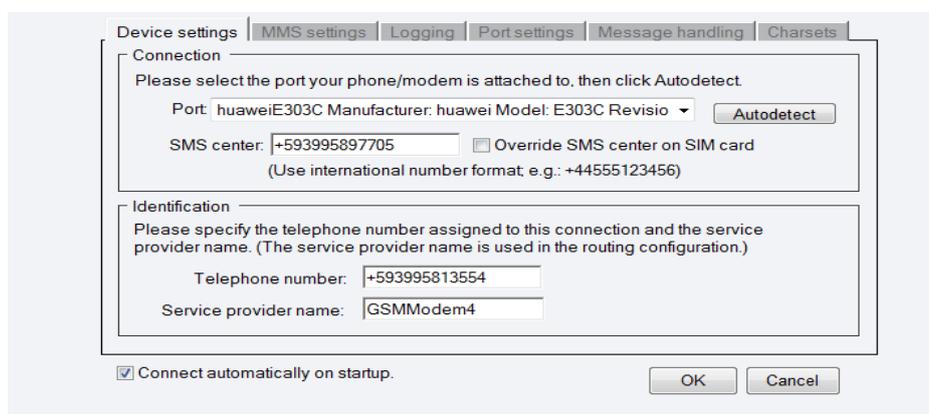


Figura 58. Configuración de modem en servidor

### 4.5.4.3 Configuración del servidor SMTP

Para realizar la configuración correcta de este servidor se hace referencia el anexo N° 12 en donde se encuentra toda la información necesaria para su correcta configuración.

The image shows a configuration window for SMTP settings. It has three tabs: 'General', 'Advanced', and 'Logging'. The 'Advanced' tab is active. The window is divided into three main sections:

- Optional SMTP Settings:** Contains a checkbox for 'My SMTP server requires authentication.' which is checked. Below it are text boxes for 'SMTP Username' (containing 'ihomecuador') and 'SMTP Password' (masked with dots). There is also an unchecked checkbox for 'My SMTP server requires SSL connection.'
- Charset encoding:** Contains a note about international characters and two dropdown menus for 'Body encoding' and 'Subject encoding', both set to 'Default'.
- Identification:** Contains a note about telephone numbers and service provider names. It has a text box for 'Telephone number' (containing '+593995813554') with an unchecked 'overridable' checkbox, and a text box for 'Service provider name' (containing 'SMTP0').

At the bottom, there is a checked checkbox for 'Connect automatically on startup.' and 'OK' and 'Cancel' buttons.

Figura 59. Instalación del servidor SMTP para envío de correos.

## 4.6 Diseño De RTU Tanque Alto.

### 4.6.1 Diagrama De Bloques.

Se detalla a continuación como va a interactuar la RTU con el sensor de nivel, además se detalla la construcción misma de la RTU, de la cual sus elementos constitutivos son: el módulo de comunicaciones, el módulo de relés y el corazón del sistema que es la placa Arduino UNO la construcción de esta RTU es similar a la construcción de la RTU del tanque Alma Lojana Bajo con la diferencia que en esta no existe conexión con ningún PLC, únicamente se va a leer el estado

alto o bajo de la señal del relé flotador y se la envía mediante la red de telefonía celular hacia el tanque Alma Lojana Bajo.

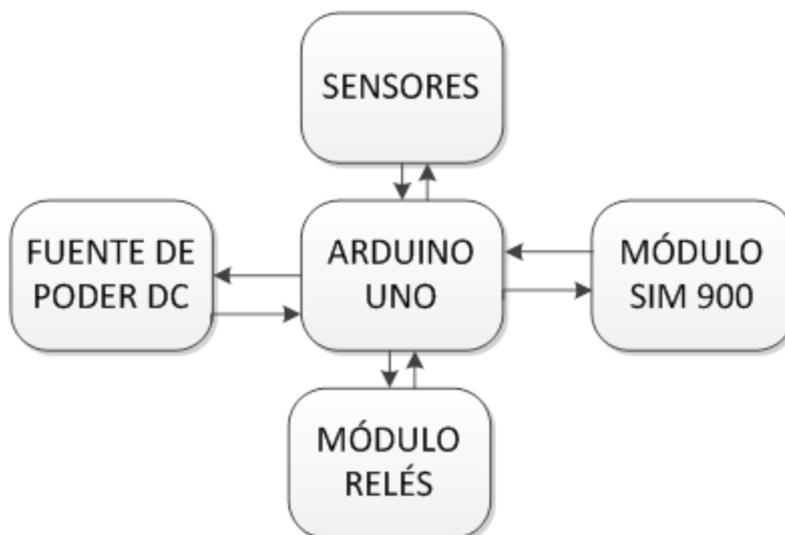


Figura 60. Diagrama modular RTU Alma Lojana Alto

#### 4.6.2 Funcionamiento Módulos RTU

Los prototipos diseñados constan de tres bloques definidos que interactúan internamente en la RTU los cuales se describen a continuación:

- Placa Arduino UNO
- Tarjeta de comunicaciones SIM 900
- Tarjeta de relés 4 canales.

El modelo de tarjeta GPRS GSM que se utilizó incluye los pines para montarlo directamente sobre la placa de ARDUINO UNO y que es controlado mediante UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter), de esta manera solo se necesita de los pines de TX y RX para que trabaje directamente conectado con el modulo SIM 900 y se comuniquen bidireccionalmente.

En esta sección se describirá el funcionamiento básico de los módulos y la interacción que tienen con el sensor de nivel instalado en el tanque alto:

### **4.6.3 Estación Alma Lojana Alto**

La RTU del tanque alto es la encargada de recoger la variable de nivel en sus dos estados que son los dos niveles del tanque, estos son el nivel alto y bajo mediante el flotador que está conectado al relé que se alimenta de 5 VCC, en el estado de no accionamiento es decir cuando el switch del relé de nivel se encuentra abierto y corresponde al nivel de agua máximo, el voltaje aplicado en la entrada digital dos del módulo Arduino que pasa por el relé del flotador es 0 (cero), de esta manera se aplicó un circuito de entrada de la señal con un arreglo de resistencia Pull Down, que garantiza un valor de 0 en la entrada digital, se describe a continuación los arreglos de resistencias pull down y pull up para aclarar los conceptos y por qué se escogió el arreglo pull down.

#### **4.6.3.1 Resistencia Pull Up**

La resistencia Pull Up garantiza un valor HIGH a la entrada de Arduino cuando el pulsador está abierto. Cuando el pulsador está cerrado, la entrada digital cambiará a un estado de nivel de voltaje bajo, por consiguiente se mantendrá en un nivel LOW hasta que se produzca nuevamente un cambio de flanco positivo.

(Tu Electrónica, 2016)

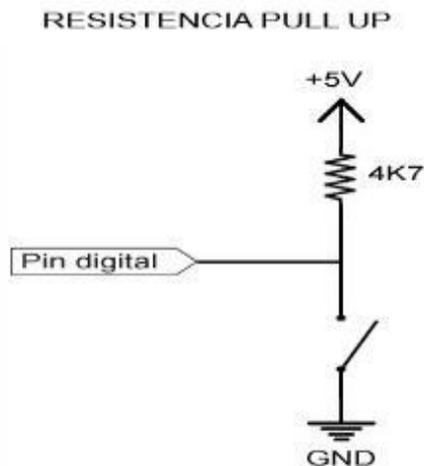


Figura 61. Diagrama conexión Pull Up  
Tomado de (Tu Electrónica, 2016)

#### 4.6.3.2 Resistencia Pull Down

La resistencia Pull Down garantiza un valor bajo (LOW) a la entrada de Arduino cuando el pulsador está abierto. Cuando está cerrado el pulsador, la entrada digital cambiará a un nivel alto (HIGH).

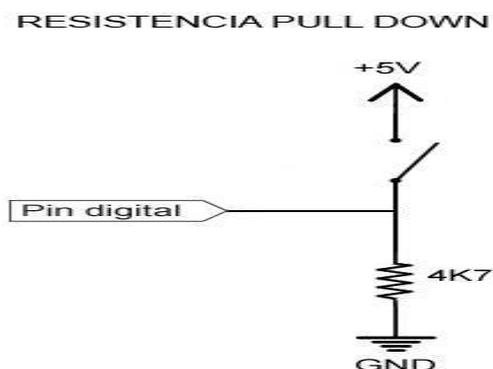


Figura 62. Diagrama de conexión Pull Down  
Tomado de (Tu Electrónica, 2016)

En la siguiente figura se presenta el diagrama esquemático del sistema implementado en tanque Alma Lojana Alto.

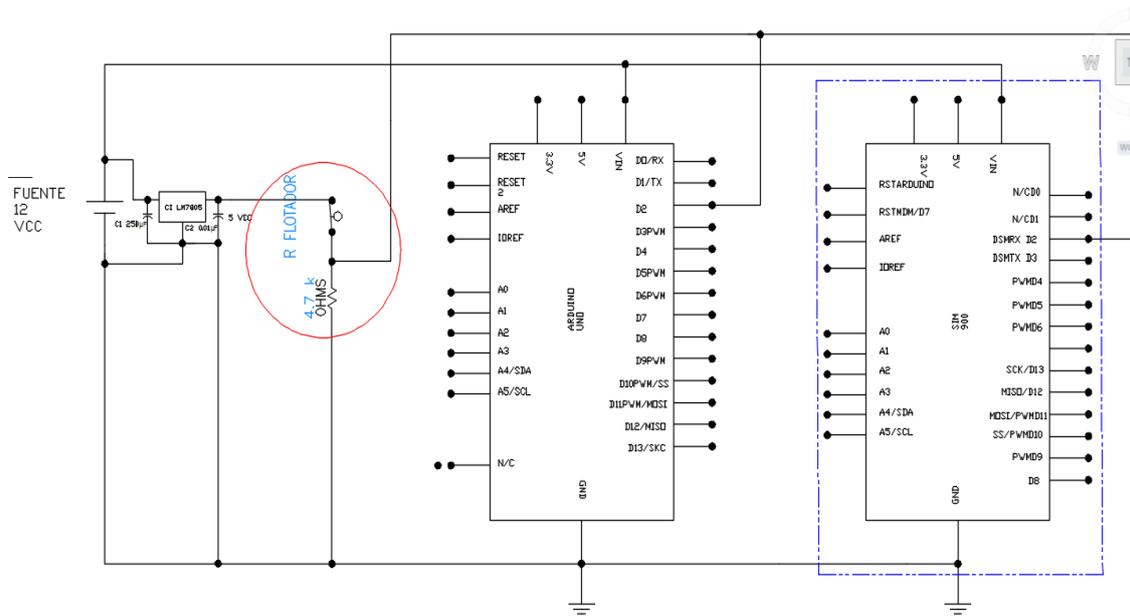


Figura 63. Diagrama esquemático de conexiones

Para calcular el valor umbral de operación de la entrada digital de Arduino se debe calcular mediante una malla y teorema de Kirchhoff, basado en un circuito divisor de voltaje, la corriente que circulará por la malla al cerrar el switch de nivel que está conectado a 5 VCC, de la siguiente manera.

La resistencia del switch flotador es despreciable y tiende a cero.

Entonces:

$$V_{in} - VR1 - VR2 = 0 \quad \text{(Ecuación 6)}$$

$$V_{in} = VR1 + VR2$$

$$V_{in} = R_{sw}I + R2I$$

$$V_{in} = I(R_{sw} + R2); \text{ si } R_{sw} \cong 0$$

$$I = \frac{V_{in}}{R2} = \frac{5}{4700} = 1.06mA$$

La corriente que va a circular por el ramal del divisor de voltaje es de 1.06 mA que está por debajo de la corriente soportada por las entradas y salidas del Arduino UNO que son de 40 mA. (ATMEL, 2015), con este valor el circuito se acopla perfectamente ya que las entradas de Arduino tienen alta impedancia.

#### 4.6.4 Estación Alma Lojana Bajo

En la siguiente figura se presenta el diagrama esquemático del sistema implementado en el tanque Alma Lojana Bajo.

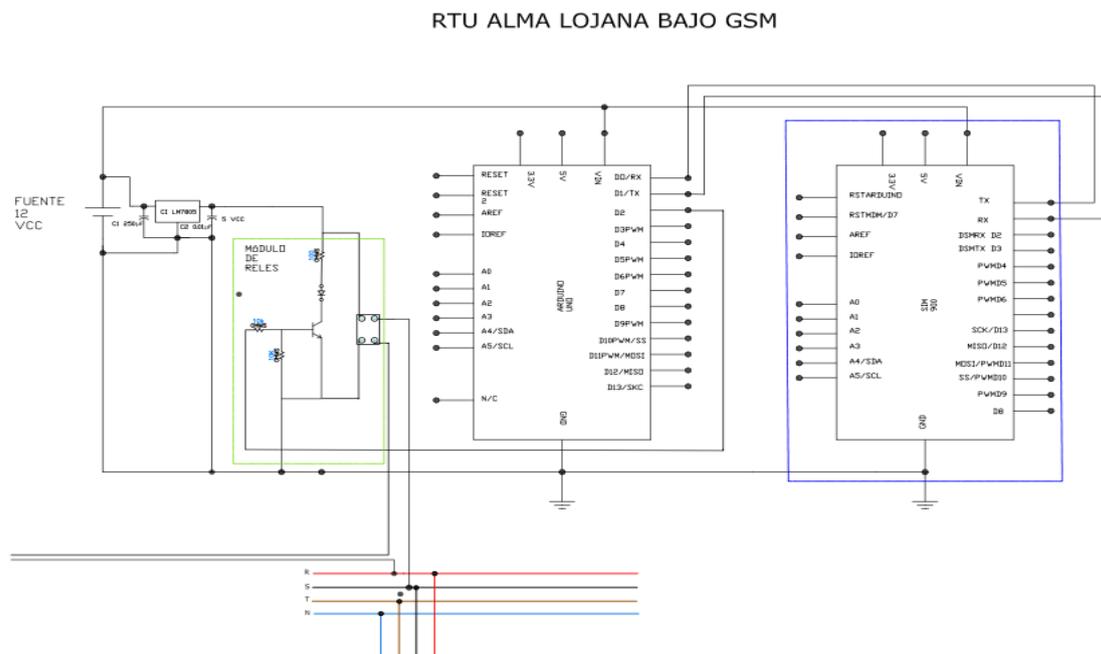


Figura 64. Diagrama esquemático de conexiones

Se puede observar en el recorte del diagrama esquemático de la ilustración N° 64 como están conectados los cables que activan los motores mediante el conexionado de dos fases tomadas desde la alimentación general de los tableros estas fases son R-S que se ven en la ilustración de color rojo y la siguiente en orden descendente de color negro, se evidencia la interacción entre los

elementos constitutivos del sistema, se enfatiza en los acoplamientos entre los dispositivos de salida de la RTU y los elementos de entrada que son la bobina del contactor principal de control que se ubican en el tablero de mando de arranque de los motores.

El diagrama esquemático que se presenta a continuación corresponde al circuito de control para el arranque de los motores, está ligado directamente al diagrama anterior que corresponde a la ilustración N° 65 que es la etapa que envía la señal de estado alto o bajo para encender o apagar el circuito de arranque de los motores.

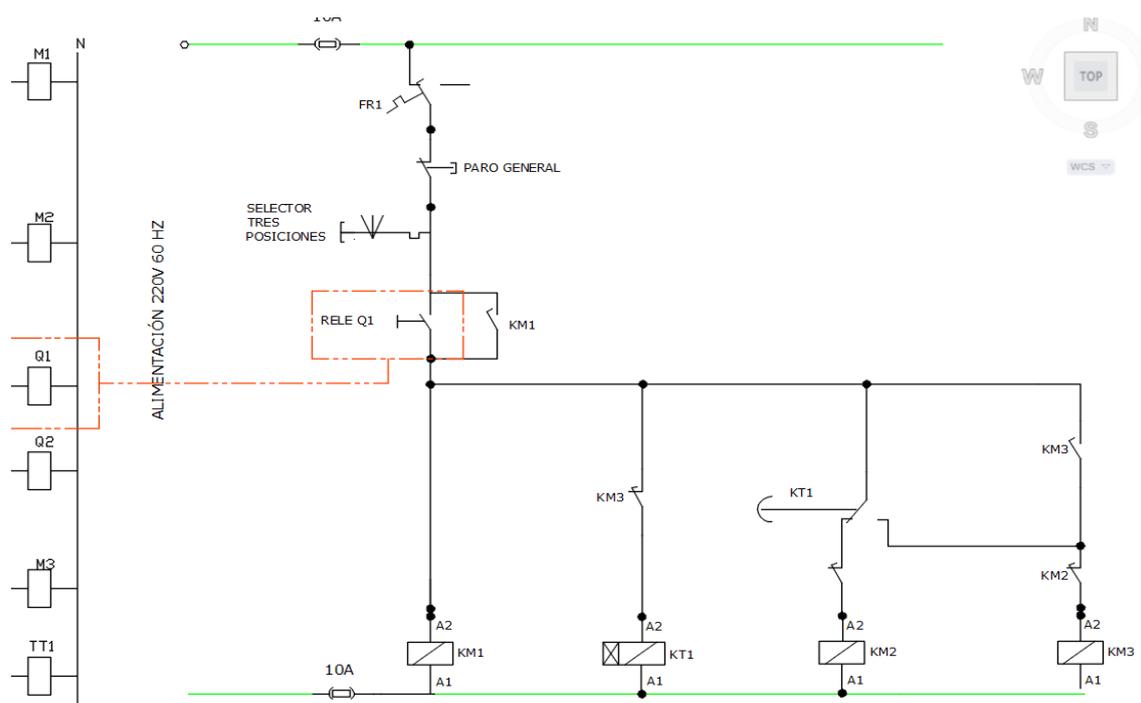


Figura 65. Diagrama de control de arranque estrella triángulo.

Para saber la corriente que circula por la bobina en el momento de la activación se han tomado los valores de la hoja técnica del fabricante, tomando como

referencia el modelo “bobinas de corriente alterna para contactores tri y tetrapolares Tesys D modelo LX1 D8M5” (Schneider Electric, 2007)

$$\text{Voltaje } VL = 220V$$

$$\text{Resistencia } R = 104.77\Omega$$

$$\text{Inductancia } L = 7.65H$$

Para el cálculo se utiliza la ecuación de la reactancia de una bobina para corriente alterna.

$$VL = I\omega L \quad (\text{Ecuación 7})$$

$$I = \frac{VL}{\omega L} = \frac{\sqrt{2}V}{2\pi fL} \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$I = \frac{\sqrt{2} * 220}{2\pi * 60 * 7.65} = 100 \text{ mA}$$

De esto se desprende que la capacidad de corriente de 0.1 - 2A que maneja el módulo de relés si es la adecuada para manejar la activación y desactivación de la bobina de arranque del motor que se evidencia en el anexo N° 10 de las características técnicas del módulo.

Se eligió el módulo de relés de estado sólido porque estos están diseñados para operaciones de alta frecuencia, son inmunes a las perturbaciones de ruido y electromagnetismo que se pueden suscitar en este tipo de tableros de control, por el mismo hecho de la operación de los contactores.

El trabajo del prototipo diseñado se muestra de una mejor forma, con el diagrama de flujo el cual define el comportamiento de las entradas y salidas, que están en función de las variables del sistema que a su vez que controlarán el encendido y apagado de los motores además de la posibilidad de entregar alarmas de estados de bajo nivel y nivel de desborde en caso de fallo de la RTU.

## **4.7 Programación Del Sistema**

### **4.7.1 RTU Alma Lojana Alto**

En esta sección se explicara el funcionamiento y la interaccion entre los elementos de las RTU desde el inicio del proceso de encendido, hasta la finalizacion del proceso con el envio de los mensajes SMS entre las unidades RTU y la comunicación con la base de datos para el registro de los eventos generados en el sistema, esto se hará mediante diagramás de flujo los cuales se describen a continuación:

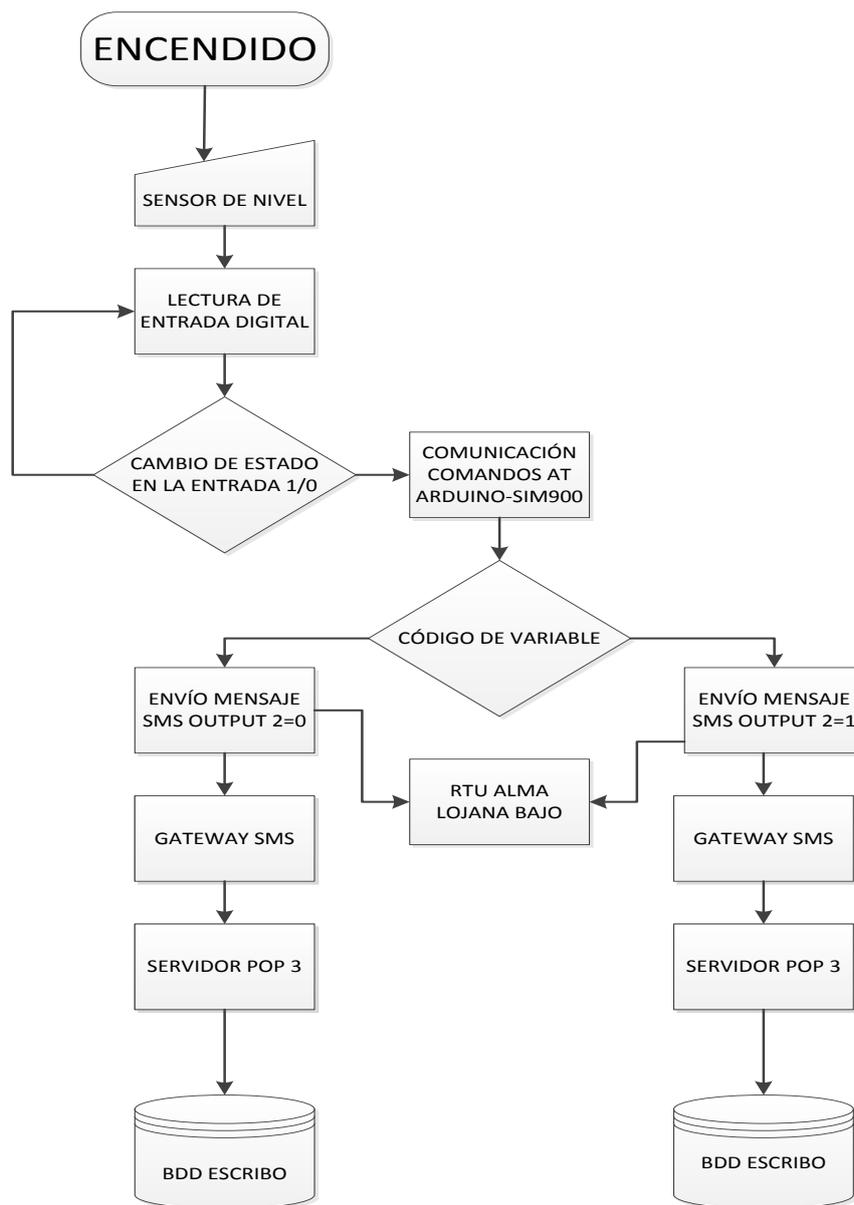


Figura 66. Diagrama de flujo RTU Alma Lojana Alto

#### 4.7.2 Encendido

La RTU se conecta a la línea de voltaje de 12VCC y se enciende mediante el switch de encendido, este es el primer paso para arrancar el sistema, basado en el diagrama de flujo del anexo 6 este corresponde al inicio. Se configura el módulo Arduino UNO de tal manera que se los pines de encendido reinician todos los componentes de acuerdo el anexo 6 de programación en el cual se

evidencia la estructura básica de programación de Arduino que divide la ejecución en dos partes: setup y loop. Setup() constituye la preparación del programa y loop() es la ejecución. En la función Setup() se incluye la declaración de variables y se trata de la primera función que se ejecuta en el programa. Esta función se ejecuta una única vez y es empleada para configurar el pinMode, el pin2 se configura como pin digital de entrada, e inicializar la comunicación serie. La función loop() incluye el código a ser ejecutado continuamente aquí se lee las entradas de la placa y salidas de la misma como se detalla en el anexo 9

#### **4.7.3 Sensor De Nivel**

El sensor de nivel se detalla en el anexo N° 1 el cual está conectado a una línea de voltaje de corriente continua de 12V.

El sensor de nivel entrega un valor digital perteneciente a la variable de altura del tanque, esta variable tiene dos estados; el nivel alto (1 lógico) que se produce cuando el nivel del tanque es bajo y llega a 1.50 m, esta señal pasa por el circuito de pull down e ingresa a la entrada digital numero 2 modificando así el estado de esta, que también pasa a un estado de 1 lógico.

El nivel bajo (0 lógico) que se produce cuando el nivel del tanque es alto y llega a 3.35 m, esta señal pasa por el circuito de pull down e ingresa a la entrada digital numero 2 modificando así el estado de esta, que pasa del estado 1 lógico a un estado de 0 lógico, es decir interpreta este estado como apagado.

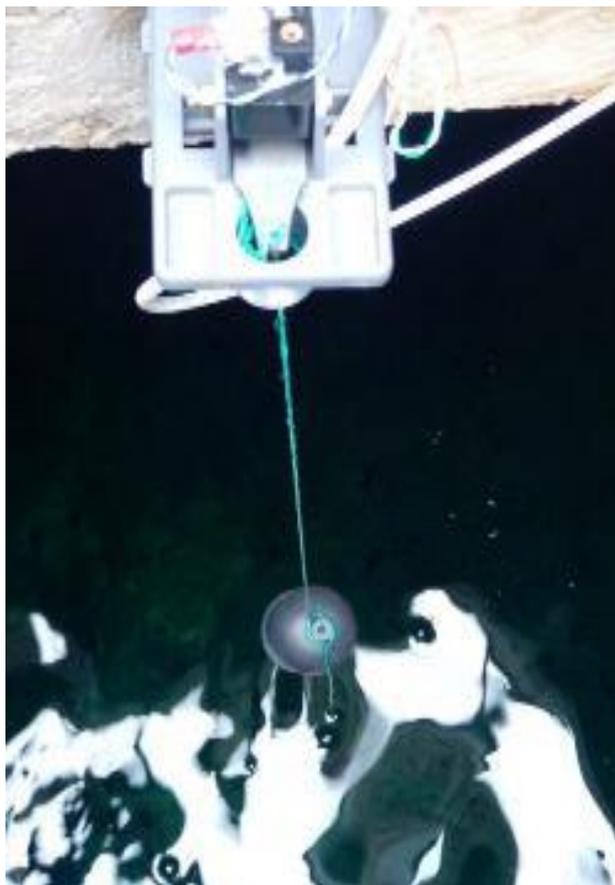


Figura 67. Fotografía de sensor de nivel instalado en taque Alma Lojana Alto

Como se puede ver el sensor de nivel no es más que un juego de dos boyas conectadas por un cable de nylon, a un switch que entrega los estados de la variable de nivel del tanque, como el ambiente dentro del tanque es muy abrasivo por el cloro que se encuentra disuelto en el agua se ha tomado la precaución de recubrir los contactos de la bornera con un gel especial tipo hidrofóbico, para garantizar que los contactos no se sulfaten con dióxido de cobre.

#### **4.7.4 Lectura De Entrada Digital.**

Como se describió en el párrafo anterior el cambio de estados del sensor de nivel produce los respectivos cambios en la entrada digital número dos de la placa principal Arduino UNO, como se describe en el anexo 9 la función (digital read

(2)), lee el valor desde el pin digital específico. Devuelve un valor alto o bajo. (Universidad de Alicante, 2010), El pin puede ser especificado con una variable o una constante en este caso es una variable que cambia en función del nivel del tanque.



Figura 68. Fotografía de Interior del tablero de control Alma Lojana Alto

Cuando el módulo Arduino detecta un cambio en la entrada digital 2 de inmediato comienza la transacción entre el módulo Arduino UNO y la shield SIM 900.

#### **4.7.5 Comunicación Módulo Arduino y Shield Sim 900**

El módulo utiliza una velocidad de comunicación de 19200KHz, así que en el setup se configura el puerto serie para el SIM900 y para Arduino a esa velocidad, usa los pines 2 y 3 que es el software serial y el pin 7 para resetear la placa, es

configurado y controlado por su puerto serial UART usando comandos AT. Solo se necesita conectar al Arduino y comienza a comunicarse a través de comandos AT, la programación de la comunicación se observa en la sección 2 del anexo 9.

#### **4.7.6 Código De Variable**

El código de variable es un elemento importante en el funcionamiento del sistema, en este bloque se define cual será el mensaje que será enviado desde la estación Alma Lojana Alta hacia la estación Alma Lojana Baja, está en función del estado lógico alto o bajo que se obtiene de la entrada digital número 2, que viene directamente desde el flotador de nivel, transformándola en un mensaje SMS con un código único que será interpretado por la RTU de la estación Alma Lojana Baja, para encender o apagar los motores. Basado en el diagrama de flujo del anexo N° 6, se puede ver que hay un bloque de decisión el cual toma dos caminos uno de encendido y otro de apagado, que se complementan con la programación del bloque del anexo N° 9.

#### **4.7.7 Envío De Mensajes**

La programación para enviar los SMS se la va a realizar mediante una función que se encargará de transaccionar los comandos AT para enviar el SMS, primero se utiliza el comando `AT+CMGF=1\r` para indicar al módulo GPRS que se va a enviar un SMS, y a continuación se introduce el número al que va dirigido con el comando `AT+CMGS = "0989382983"`. Una vez hecho esto simplemente se envía el contenido del mensaje que será `OutPut#2#0#` para apagar los motores,

OutPut#2#1# para encender los motores y finaliza con el carácter ^Z. esto se evidencia en la sección 4 del anexo N° 9.

#### **4.7.8 Gateway GSM**

Los mensajes que se envían hacia la RTU de la estación Alma Lojana Bajo son replicados mediante otro SMS y enviados al servidor que está provisto del software de gestión Ozeki NG SMS Gateway que es el encargado de reenviar los mensajes de encendido y apagado de las bombas a todos los usuarios del sistema, mediante la transformación de mensajes de texto en correos electrónicos que pueden dirigirse a todo el personal de una organización sin generar costos adicionales, además de poder ingresar todos los datos de eventos a una base de datos la cual puede ser integrada a los sistemas de gestión de la empresa, como se puede ver en el anexo N° 12

#### **4.7.9 RTU Alma Lojana Bajo.**

En esta sección se explicara el funcionamiento y la interacción entre los elementos de la RTU del tanque Alma Lojana Bajo con el sistema, esto se hará mediante el diagrama de flujo que se describe a continuación:

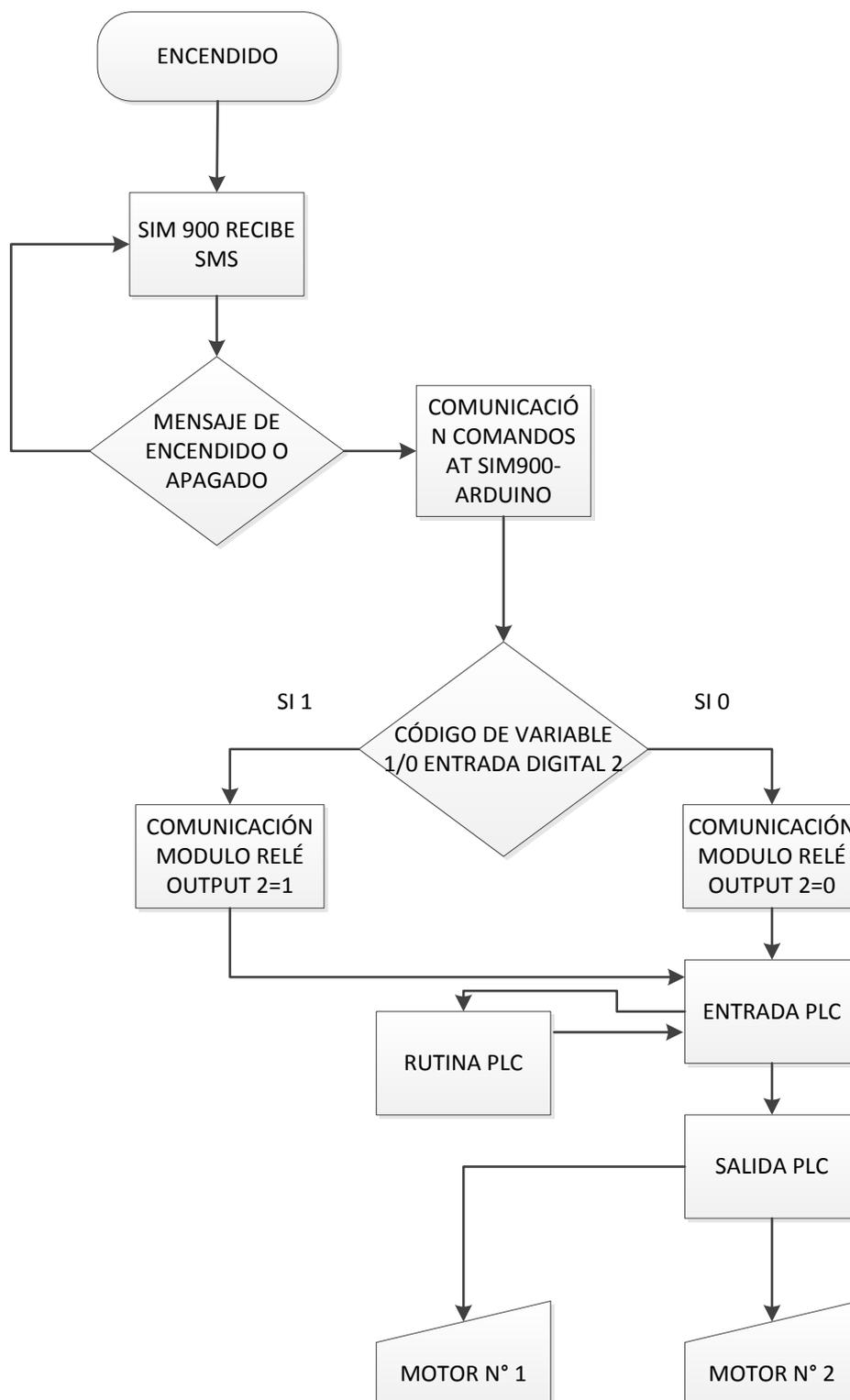


Figura 69. Diagrama de flujo de operación de RTU Alma Lojana Bajo

#### 4.7.10 Encendido.

La RTU se conecta a la línea de voltaje de 12VCC y se enciende mediante el switch de encendido, este es el primer paso para arrancar el sistema, basado en el diagrama de flujo del anexo 7 este corresponde al inicio. Se configura el módulo Arduino UNO de tal manera que se los pines de encendido reinician todos los componentes de acuerdo el anexo 9 de programación en el cual se evidencia la estructura básica de programación de Arduino que divide la ejecución en dos partes: setup y loop. Setup() constituye la preparación del programa y loop() es la ejecución. En la función Setup() se incluye la declaración de variables y se trata de la primera función que se ejecuta en el programa. Esta función se ejecuta una única vez y es empleada para configurar el pinMode, el pin2 se configura como pin digital de salida, e inicializar la comunicación serie. La función loop() incluye el código a ser ejecutado continuamente aquí se lee las entradas de la placa y salidas de la misma, detalladas en el anexo 9



Figura 70. Fotografía de disposición de los tableros de control Alma Lojana Bajo Recepción de SMS.

Las dos RTU se han construido de la misma forma, lo que diferencia la una de la otra es que la del tanque bajo funciona pero de manera inversa de acuerdo al

diagrama de flujo, presentado en el anexo N° 7, como primer paso recibe los SMS que han sido enviados desde el tanque alto mediante la tarjeta SIM 900 y el chip de telefonía celular que está conectada al módulo Arduino.



Figura 71. Fotografía del interior del tablero de control RTU Alma Lojana Bajo.

#### **4.8 Mensaje de encendido o apagado.**

El modulo SIM 900 recibe el mensaje y lo decodifica para saber que comando ha sido enviado desde el tanque alto, si se refiere a un estado de tanque lleno recibirá el comando `OutPut2#0#` y si recibe un comando de tanque vacío este será `OutPut2#0#` como se puede ver en la sección 2 del anexo N° 9.

##### **4.8.1 Comunicación módulo Arduino y shield sim 900.**

De idéntica manera cómo funciona la RTU del tanque alto así también lo hace la RTU del tanque bajo, solo se necesita conectar al Arduino y comienza a comunicarse a través de comandos AT, la programación de la comunicación se observa en la sección 2 del anexo 9. Una vez que se tiene el mensaje completo, se compara si coincide con el numero programado correspondiente a la estación

que es uno de los números autorizados para poder cambiar el estado de la salida digital número 2.

#### **4.8.2 Código de variable.**

El código de variable es un elemento importante en el funcionamiento tanto de la RTU del tanque alto como del tanque bajo, en este bloque se toma la señal ya procesada desde el modulo SIM 900 y que ha sido transformada en un estado lógico de alto o bajo para ser entregada al módulo de relés mediante la salida digital número 2 para encender o apagar los motores. Basado en el diagrama de flujo del anexo N° 7, se puede ver que hay un bloque de decisión el cual toma dos caminos uno de encendido y otro de apagado, que se complementan con la programación del bloque 3 en el anexo N° 9.

#### **4.8.3 Comunicación módulo relés.**

El módulo de relés es un elemento de salida únicamente y que permite conectar con el entorno físico de la estación, este se encarga de transmitir la señal de encendido o apagado hacia el PLC, como se muestra en el anexo N° 7; correspondiente al diagrama esquemático, y que se ha descrito en 1.17.1 su funcionamiento.

#### **4.8.4 Entrada a PLC.**

Después que se obtiene la salida digital desde el módulo de relés, esta ingresa directamente sin ningún circuito de acople a la entrada I1 del PLC como se ve en el anexo N° 8 y N° 10, esta entrada digital del PLC es la encargada de encender o apagar las bombas, además de encenderlas alternadamente de

acuerdo a las necesidades, puede ser de horas, días o semanalmente de acuerdo a la programación del temporizador del PLC, esto se puede ver de mejor manera en el anexo N° 9 en el cual se muestra todo el programa en ladder.

#### **4.8.5 Rutina del PLC**

La rutina que cumple el PLC consiste básicamente en alternar el encendido de los motores, para mejorar la eficiencia del sistema y evitar desgastes prematuros en los rodamientos y elementos rotores de las maquinas. La rutina detallada se encuentra en el anexo N° 9.

#### **4.8.6 Salida de PLC**

El PLC provee de 4 salidas digitales que manejan la corriente necesaria para activar y desactivar la bobina del contactor principal del circuito de control eléctrico, que enciende los motores mediante un arranque a tensión reducida estrella – triángulo. De estas 4 salidas solo se toman las dos primeras Q1 y Q2, con esto se tiene control individual sobre los dos motores.

#### **4.8.7 Motores**

Una vez que se ha cumplido con todos los pasos anteriores que constan en el diagrama de flujo, el resultado final será el encendido o apagado del motor que se encuentre operando en ese momento, de esta manera se cumplirá con el ciclo de funcionamiento del sistema. Como se observa en el diagrama de flujo del sistema en el anexo N° 6.

## 5. EVALUACION DE RESULTADOS

En el presente capítulo se expondrá los resultados obtenidos en base a los objetivos planteados, después de instalar el prototipo desde el mes de Julio de 2017 se ha recolectado permanentemente la información de nivel de tanque, los caudales de ingreso y salida, para demostrar la efectividad del prototipo y como se puede lograr un control eficiente con solamente RTUs GSM, para de esta manera contribuir al ahorro de agua tratada que es una de las políticas empresariales de la EPMAPS.

### 5.1 Caudal De Ingreso Gráfico Mensual.

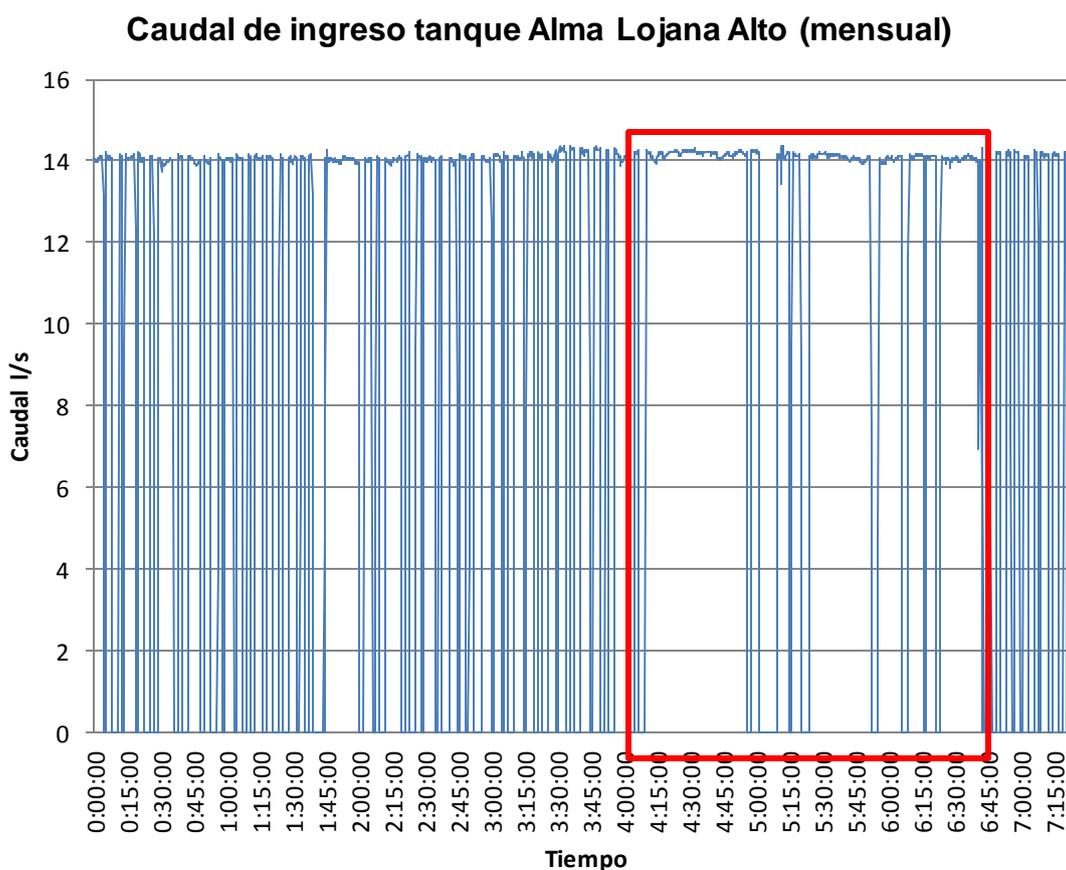


Figura 72. Gráfico de caudal de ingreso por bombeo desde Alma Lojana Bajo Adaptado de (Radcom, 2013)

En el gráfico se muestra como el caudal que es bombeado desde el tanque Alma Lojana Bajo hacia el tanque Alama Lojana Alto ha comenzado a regularse, con respecto de los datos iniciales que se presentaron en el capítulo dos, aquí se muestra un mes completo de operación del sistema en el cual se puede ver un periodo de funcionamiento normal y otro período en el cual se mantuvo una operación manual desde el teléfono celular de manera remota, este período esta resaltado mediante un cuadro rojo, esto se debe a que el plan prepago de SMS se terminó y para que se muestre reflejada como se afecta la operación del tanque y la estación de bombeo no se recargó la línea de telefonía celular por el lapso de 10 días.

En comparación con los datos del capítulo 2 en la ilustración número 26 se aprecia la diferencia sustancial en el modo de operación, se puede observar aquí que los tiempos de operación de los equipos de bombeo eran mucho más extensos por el hecho que el operador encendía una vez al día los equipos y permanecían así hasta el día siguiente.

El tiempo de operación anteriormente estaba directamente relacionado con el tiempo de permanencia del operador en el tanque, esto es el motor se encendía a las 07:00 y permanecía en este estado hasta el mediodía tiempo en el cual se lo apagaba por el lapso de más o menos una hora, volviéndolo a encender a las 13:00 y de ahí en adelante permanecía en este estado hasta el día siguiente.

Aquí se observa detalladamente en un periodo de una semana, como está funcionando el sistema. La operación de encendido y apagado semanal es de

alrededor de 21 veces, la diferencia radical que se ha obtenido después de instalar la solución, es que anteriormente se realizaba un encendido diario y permanecían prácticamente encendidas las bombas todo el día.

## 5.2 Caudal de ingreso gráfico semanal.

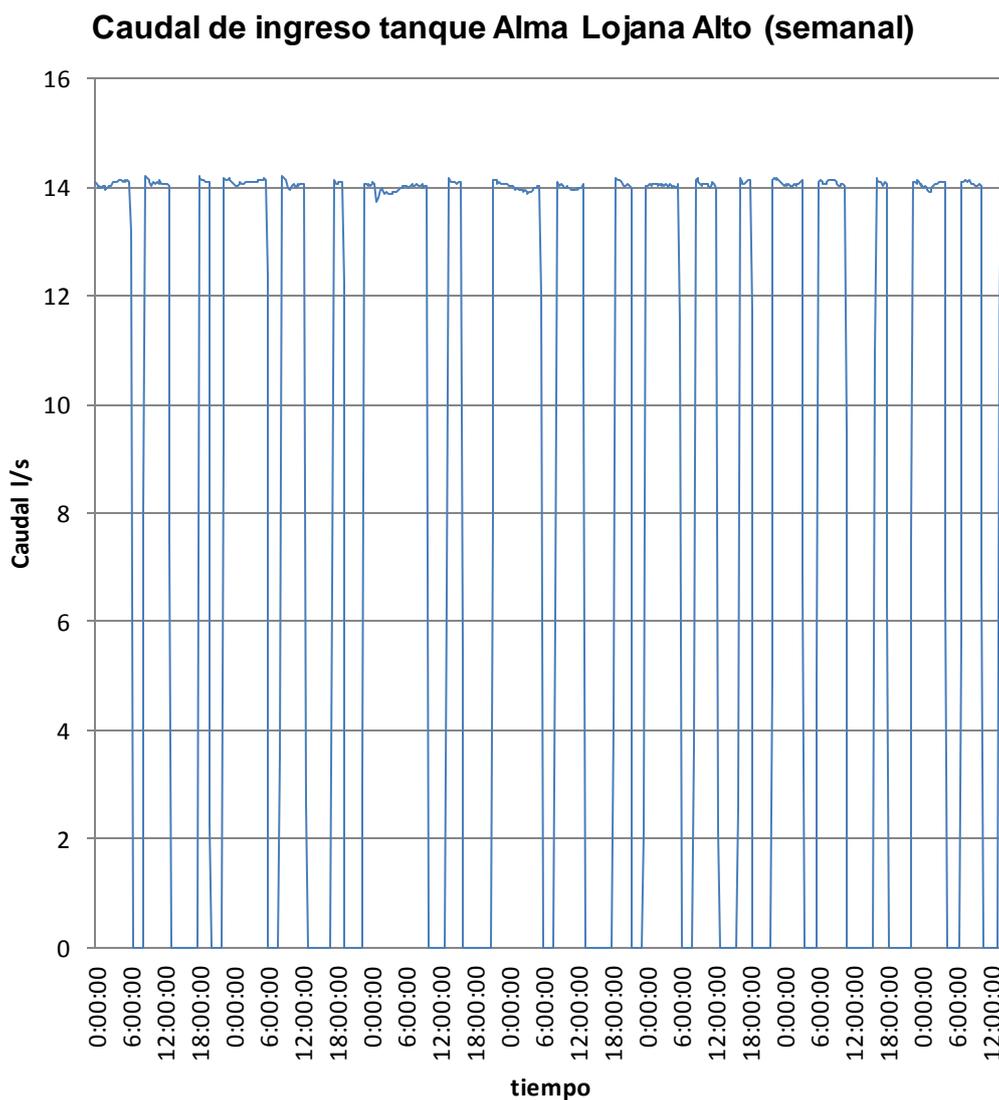


Figura 73. Gráfico de caudal de ingreso por bombeo desde Alma Lojana Bajo  
Adaptado de (Radcom, 2013)

## 5.3 Caudal de ingreso gráfico diario

La gráfica de la operación diaria del sistema es mucho más detallada y se pueden sacar muchas conclusiones acerca de la operación, el sistema tiene como promedio 4 operaciones de encendido al día, los horarios de operación son relativamente estables siendo de más o menos 4 horas de encendido y otras 4 horas de apagado.

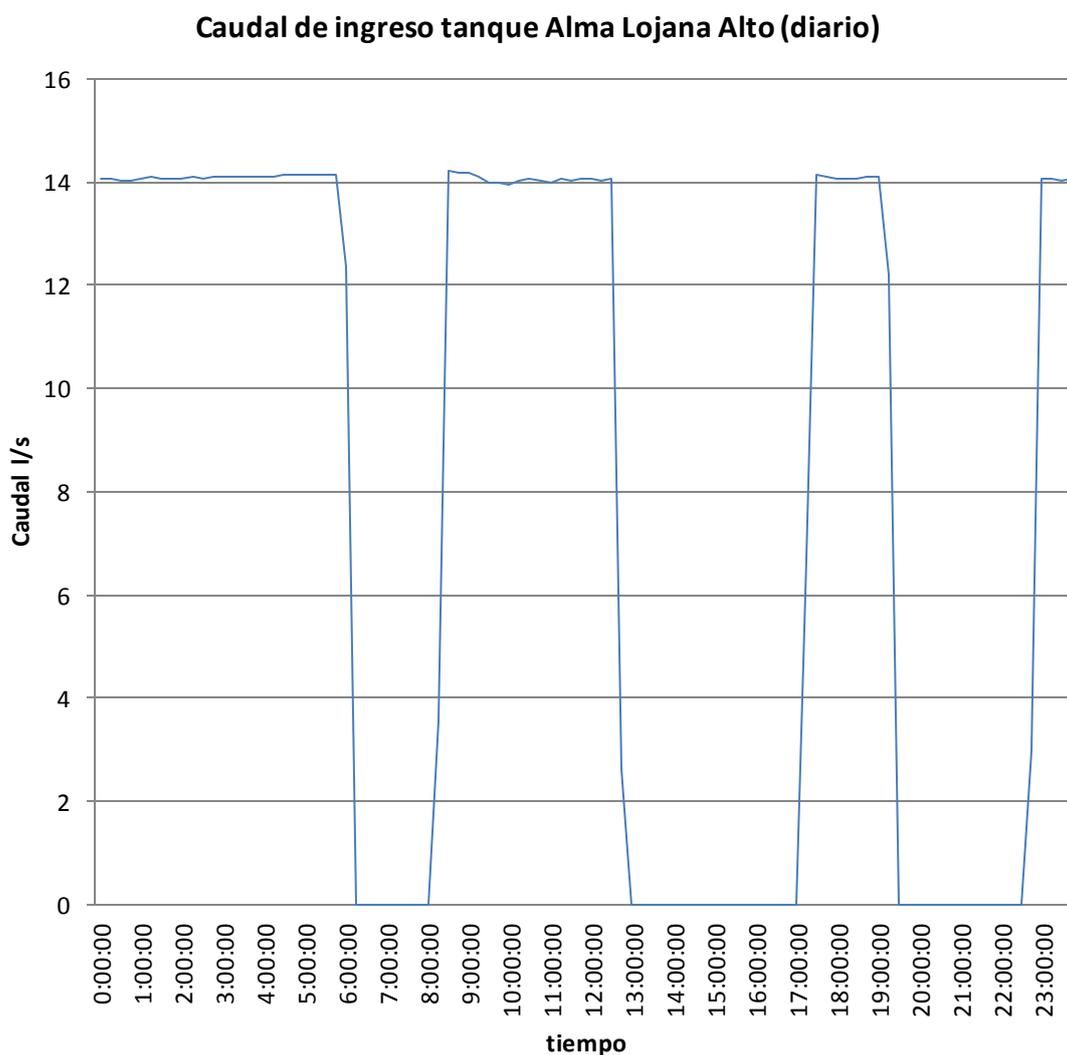


Figura 74. Gráfico de caudal de ingreso por bombeo desde Alma Lojana Bajo Adaptado de (Radcom, 2013)

#### 5.4 Gráfico de nivel del tanque Alma Lojana Alto

Como se puede observar en el gráfico el nivel de agua en el tanque Alma Lojana Alto, desde el 28 de julio de 2017 día en el cual fue puesto en marcha el sistema, no sobrepasa el nivel de desborde de 3.50 m, el nivel máximo alcanzado es de 3.20 m y el nivel mínimo es de 1.90 m, la diferencia de alturas entre el nivel alto y el nivel bajo es el recorrido que tiene el flotador que está instalado dentro del tanque, este valor del recorrido de las boyas del flotador puede ser modificado de acuerdo a las necesidades de operación de este o de cualquier tanque en donde se instale el sistema, ya que como se explicó en la descripción general del proyecto esta solución puede ser replicada en cualquier sistema con las mismas características de funcionamiento y de llenado mediante bombas.

El gráfico de la variable de nivel es muy importante, por ser el más representativo de la manera como se ha mejorado el sistema de control de llenado del tanque, se observa que ya no se alcanza el nivel que es el punto máximo de llenado, los puntos máximos de operación actuales están entre los 3.20 m, se puede ver en el gráfico siguiente la diferencia entre el nivel sin control que se tenía anteriormente y el nivel controlado después de implementar el sistema.

El nivel anteriormente alcanzado era de 3.50 a 3.60 m como se puede ver en la gráfica N° 25, por consiguiente se producía desborde y desperdicio de recursos, además se puede observar que se producen en una semana siete ciclos de llenado, estos ciclos eran permanentes, por el contrario después de implementada la solución y como se puede ver en la gráfica N°63 las operaciones de llenado se producen 19 veces, en las cuales se llena el tanque hasta el límite de la boya de nivel superior, y llega a su punto más bajo, lo que

indica que anteriormente se encendía una vez al día y no se volvía a operar hasta el día siguiente.

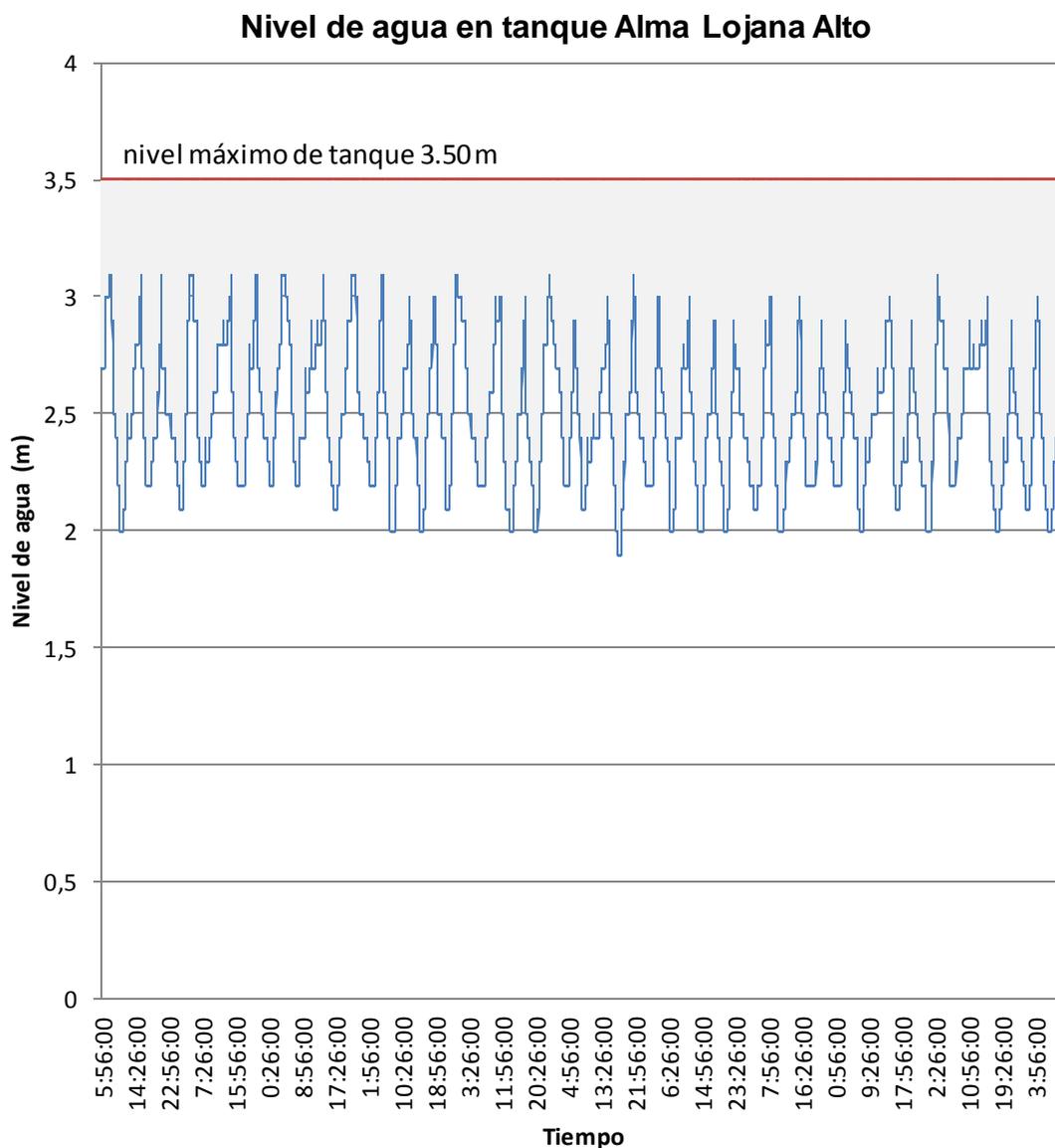


Figura 75. Gráfico de nivel de tanque Alma Lojana Alto  
Adaptado de (Radcom, 2013)

### 5.5 Gráfico de nivel diario 4 de agosto de 2017

En el siguiente gráfico se evidencia de manera más detallada como está comportándose el llenado del tanque Alma Lojana Alto, se ha tomado un día desde las 00:00 del 4 de agosto hasta las 23:59 del 4 de agosto.

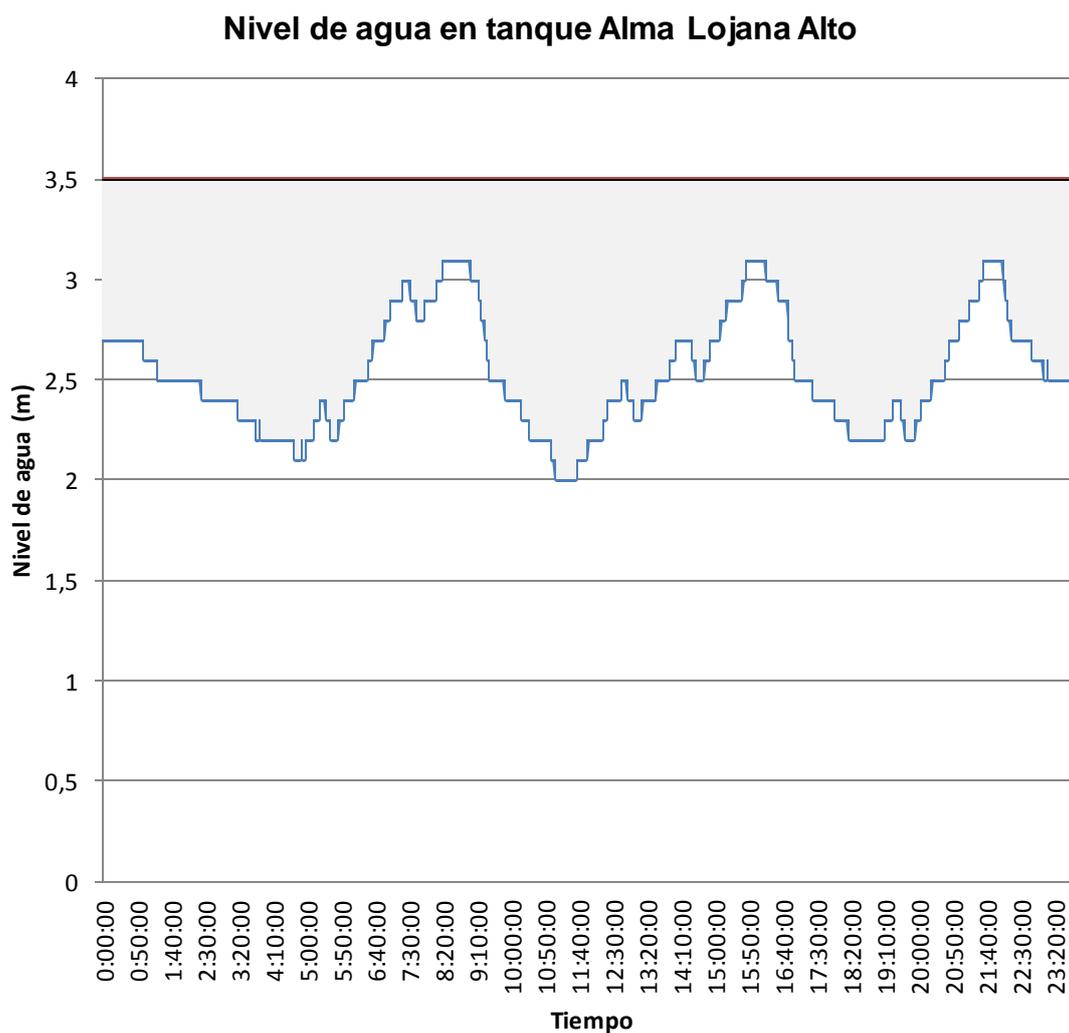


Figura 76. Gráfico de nivel diario  
Adaptado de (Radcom, 2013)

## 5.6 Gráfico semanal de operación 26 agosto 2017 al 2 de septiembre 2017.

Se ha tomado como referencia este intervalo de tiempo en el cual los datos obtenidos mediante los dataloggers instalados muestran de manera muy práctica y visual, cómo se ve afectada la operación del tanque cuando ocurra imprevistos como por ejemplo la falta de mensajes SMS, ya que desde el 27 de julio de 2016 fecha en la cual se dio de alta las tarjetas SIM de comunicaciones se contrató un paquete mensual de SMS, que de acuerdo a los cálculos de operación del tanque bastarían para cubrir un mes de operación, entonces los SMS se terminaron el día 28 de agosto justamente un día después de cumplirse un mes de la activación de las tarjetas SIM, como se puede ver en la gráfica siguiente, en este caso tomo de improviso el día 28 de agosto, y el tanque quedo prácticamente sin agua como se evidencia en el punto más bajo de la curva presentada, llegando a un nivel de agua de menos de 1 metro.

Además con el acontecimiento de este imprevisto, se puede evidenciar una fortaleza del sistema, que radica en la operación remota del sistema ya que aun cuando no existía la comunicación mediante los SMS, se la puede operar desde el teléfono celular designado como administrador o desde la plataforma de alertas y se evidencia en la misma gráfica resaltada con la línea de color rojo aproximadamente a las 08:30, cuando el operador de los tanques informa vía telefónica que el tanque se encuentra vacío, e inmediatamente se activa de manera remota el encendido de las bombas para nuevamente llenar el tanque, el cual alcanza su nivel de operación normal el día siguiente, pero mientras tanto el servicio se restableció el día 28 de agosto sin que la población que se sirve del tanque sufra desabastecimiento prolongado.

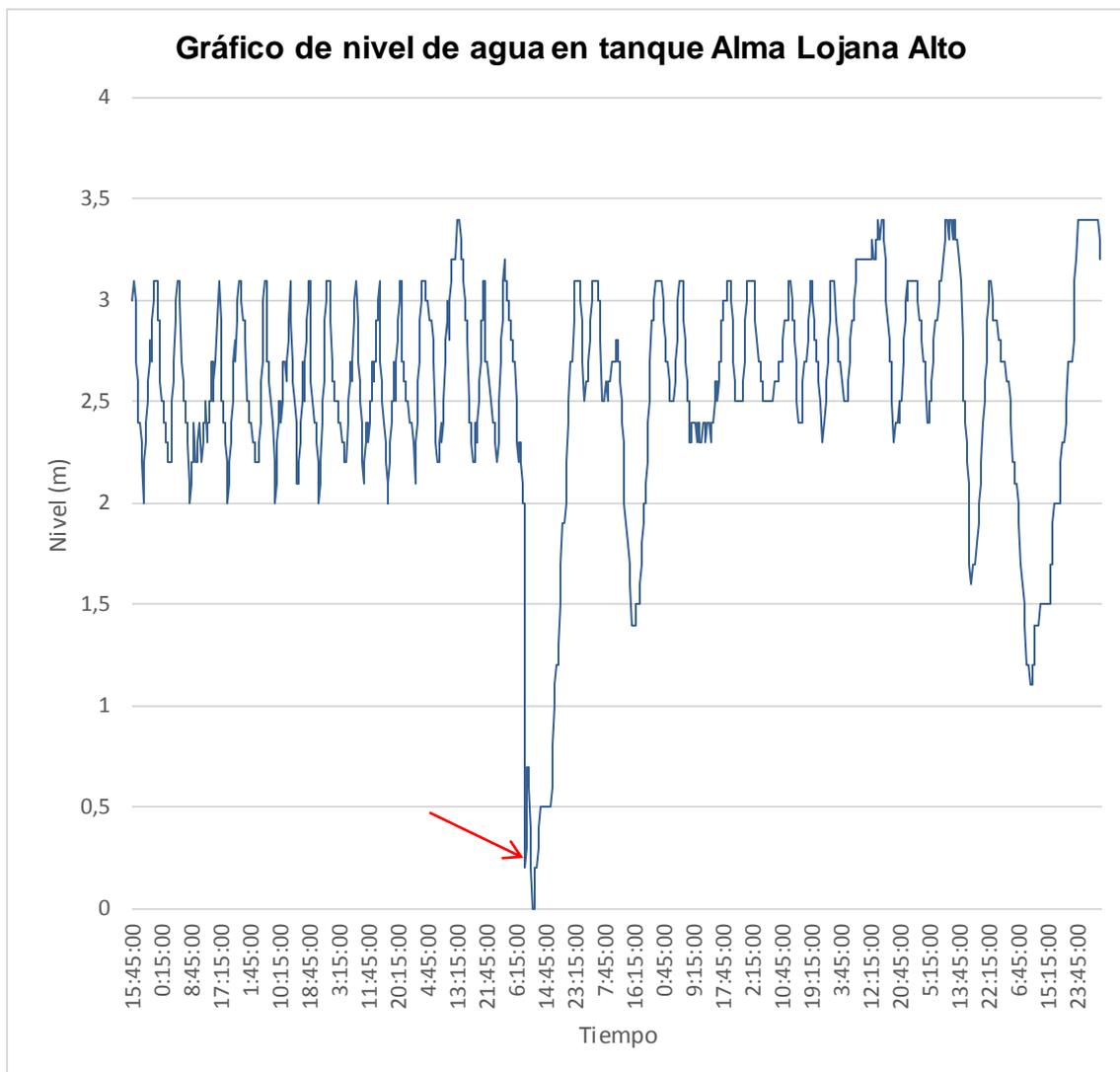


Figura 77. Gráfica de la curva de nivel  
Adaptado de (Radcom, 2013)

### 5.7 Gráfico mensual de operación 26 agosto 2017 al 26 de septiembre 2017.

Así como se indicó en el párrafo anterior se tuvo intervalos de tiempo en el cual no existió el método de control automático entre las RTU, por eso se puede evidenciar que la periodicidad de los tiempos de llenado y vaciado del tanque ya no eran constantes como los del primer mes, esto se debe a que la operación se la comenzó a realizar mediante el envío de mensajes desde el teléfono celular

con los comandos descritos en el anexo N° 8, para el encendido el comando OutPut#2#1# y para el apagado el comando OutPut#2#0#, que también pueden ser enviados desde la plataforma instalada en el servidor manualmente como se detalla en el anexo N° 13. Estos registros de nivel máximo se ve claramente en el gráfico que se han producido los días 29 de agosto 3 y 4 de septiembre, 6 de septiembre y el 15 de septiembre, produciéndose pequeños desbordes, esto se solucionó cambiando de plan de mensajes el día 16 de septiembre, en donde se optó por un plan de 10 dólares con 2000 mensajes en cada SIM card. De ahí en más no se ha tenido problemas de falla en el sistema hasta la actualidad.

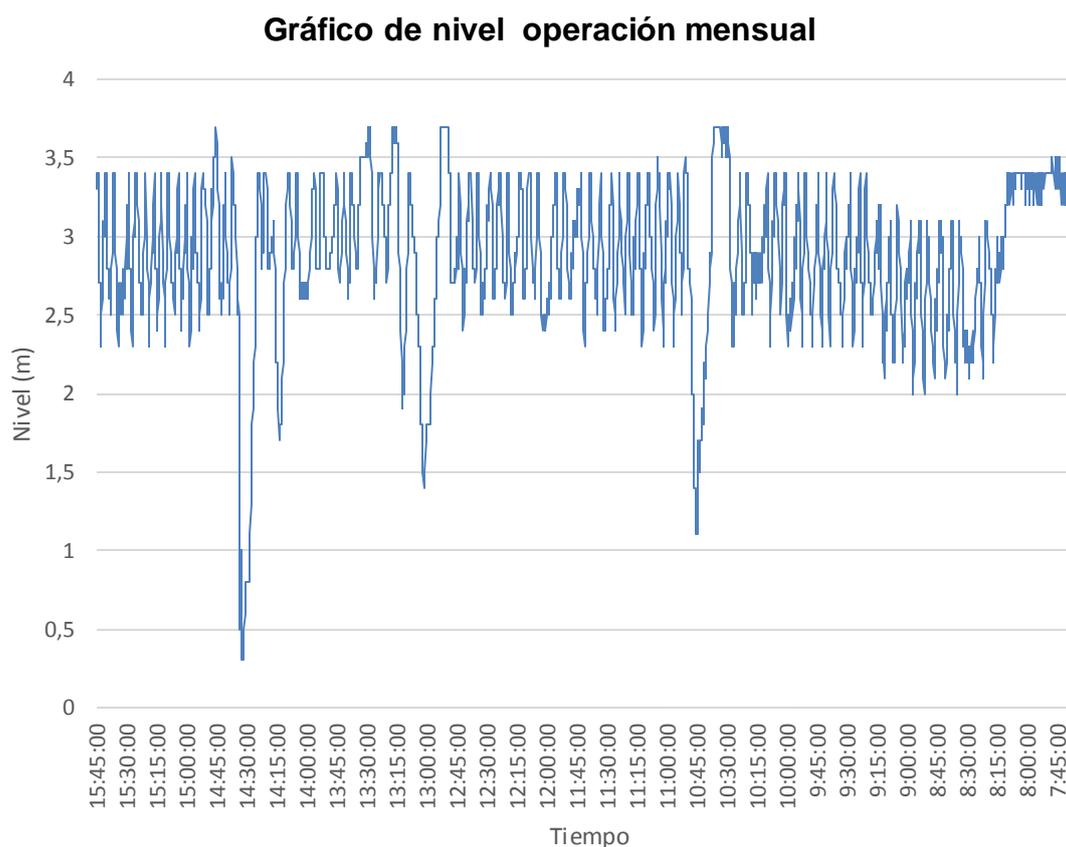


Figura 78. Curva de nivel mensual Agosto-Septiembre  
Adaptado de (Radcom, 2013)

En la siguiente captura de pantalla se puede observar cómo se almacenan los eventos producidos de la operación del sistema en la plataforma de gestión con el software OZEKI, en este se detalla hora de encendido y hora de apagado, que aunque son de fecha 2018-01-07 se relacionan perfectamente con los datos anteriores que indican que opera 4 veces al día, se observa en el detalle de la tabla tomada desde la base de datos del software OZEKI, en donde se puede verificar las fechas y horarios de encendido y apagado en las columnas 1 y 2 de la estación de bombeo, en la columna 3 está el número que envía el mensaje, columna 4 número de recepción en este caso es el del Gateway del servidor, columna 8 indica el estado de cambio de la estación Alma Lojana Alto y la columna 10 es el estado de la estación Alma Lojana Bajo, indicándose si está el contacto de la salida número dos de la RTU cerrado o abierto en el estado de cerrado estará encendida la bomba y en el estado de abierto estará apagada.

fecha	hora	envio	recepcion		entreda	salida	estado
01/05/2018	7:22:09	593984545955	593995813554	Device	ID :00000002(InPut 2):Change		
01/05/2018	7:22:09	593984382983	593995813554	Device	ID :00000001DO	2	:Open
01/05/2018	7:22:09	593984545955	593995813554	Device	ID :00000002(InPut 2):Change		
01/05/2018	7:22:09	593984382983	593995813554	Device	ID :00000001DO	2	:Close
01/05/2018	12:02:09	593984545955	593995813554	Device	ID :00000002(InPut 2):Change		
01/05/2018	12:02:21	593984382983	593995813554	Device	ID :00000001DO	2	:Open
01/05/2018	14:42:11	593984545955	593995813554	Device	ID :00000002(InPut 2):Change		
01/05/2018	14:42:23	593984382983	593995813554	Device	ID :00000001DO	2	:Close
01/05/2018	19:41:21	593984545955	593995813554	Device	ID :00000002(InPut 2):Change		
01/05/2018	19:41:34	593984382983	593995813554	Device	ID :00000001DO	2	:Open
01/05/2018	23:16:15	593984545955	593995813554	Device	ID :00000002(InPut 2):Change		
01/05/2018	23:16:31	593984382983	593995813554	Device	ID :00000001DO	2	:Close
01/06/2018	1:58:06	593984545955	593995813554	Device	ID :00000002(InPut 2):Change		
01/06/2018	1:58:18	593984382983	593995813554	Device	ID :00000001DO	2	:Open
01/06/2018	6:42:35	593984545955	593995813554	Device	ID :00000002(InPut 2):Change		
01/06/2018	6:42:47	593984382983	593995813554	Device	ID :00000001DO	2	:Close

Figura 79. Logs de eventos ocurridos en un día de operación  
Tomado de (Ozeki, 2012)

## 5.8 Análisis cuantitativo del proyecto.

En este apartado se hará un análisis simple de los recursos que están siendo recuperados a favor de la empresa, los cuales se basan principalmente en el valor proyectado de desborde que se analizó con la tabla N° 3 del capítulo 1.

*Tabla 11.*

Resumen de valores a recuperar.

Tarifas	Residencial	Industrial	Comercial	Producción	Alcantarillado	X10 tanques
costo m <sup>3</sup> agua	\$ 0.43	\$ 0.72	\$ 0.72	\$ 1.29	38.6 %	
desborde m <sup>3</sup>						
mensual 4340 m <sup>3</sup>	\$ 1866.2	\$ 3124.8	\$ 3124.8	\$ 5898.6	\$ 4330.9	\$43309.7
anual 52080 m <sup>3</sup>	\$ 22.394,40	\$ 37.497,60	\$ 37.497,60	\$ 67.183,20	\$ 51.971,67	\$ 519.716,7

Resumen de valores que se recuperarán por la implementación del sistema La tabla muestra el valor que se pierde con cada tipo de tarifa manejada por la empresa, que va desde la residencial que es la más baja, hasta la comercial e industrial que son las más altas, también se analiza el valor que se deja de percibir por servicio de alcantarillado que consiste en el cobro de 38.6% (EPMAPS QUITO, 2015), del valor de los metros cúbicos consumidos, por último en la sexta columna se hace una sumatoria del valor proyectado de desperdicio en los 10 tanques que no cuentan con control. Todos los datos referentes a los valores se han tomado del Pliego Tarifario 2015 de la EPMAPS (EPMAPS QUITO, 2015), el valor indicado en la cuarta columna que es el valor de producción de un metro cubico de agua potable, es superior al valor cobrado por las empresas de agua potable del país (El Tiempo, 2015), valor que es subsidiado por las empresas públicas de agua potable.

### 5.9 Consumo eléctrico año 2017 de la estación de bombeo Alma Lojana Bajo.

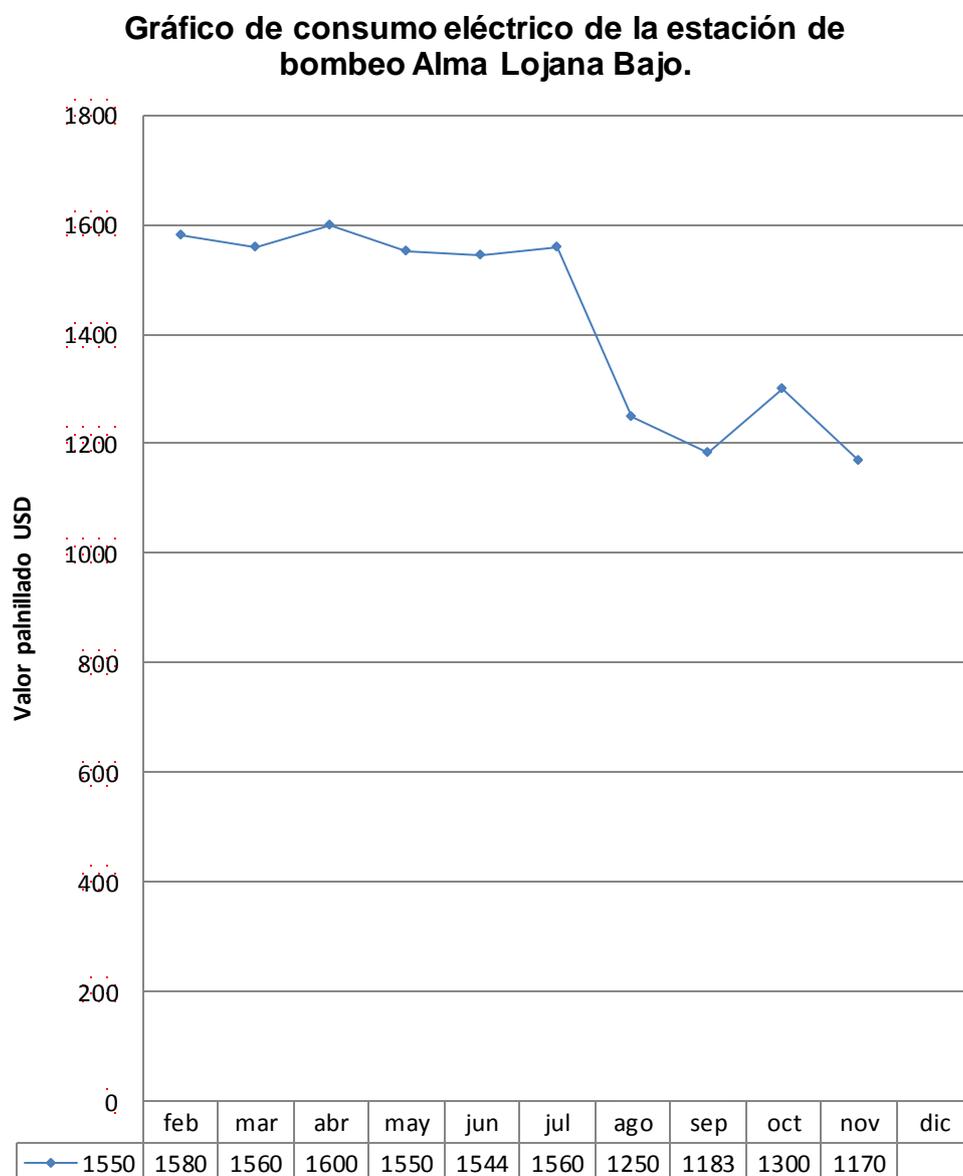


Figura 80. Gráfico de consumo eléctrico  
Adaptado de (EPMAPS QUITO, 2015)

Como se ve en el gráfico de consumo eléctrico, con los datos que han sido proporcionados por la Gerencia de Hidroelectricidad de la EPMAPS, hay un decremento del valor de la planilla mensual de servicio proporcionada por la

EEQSA. Valores que están detallados en el gráfico en el eje de las abscisas. El ahorro de recursos no va solamente relacionado con la eliminación del desperdicio de agua tratada, sino también con el ahorro monetario que se evidencia con esta gráfica, pasando de pagar un valor aproximado de 1565 USD a un pago promedio de 1225 USD ahorrando por consumo eléctrico 340 dólares mensuales que proyectados anualmente arrojan un total de 4080 USD, este valor puesto en el tiempo de manera retroactiva si se hubiese implementado este tipo de sistema hace 6 años serían 24480 USD. Que multiplicado por las 10 estaciones que sufren del mismo problema, representarían un ahorro significativo de 244.800 USD solo en servicio eléctrico.

### 5.10 Cálculo del VAN Y TIR

El valor actual neto y la tasa de retorno son los índices que garantizan que un proyecto sea viable en el tiempo y dará una guía de por donde se debería seguir invirtiendo, en este caso se toma un periodo de 4 años y una inversión inicial de 5000 USD y una tasa de descuento del 5%, datos con los cuales se realiza los cálculos internos mediante las formulas integradas de Excel, de donde arroja los siguientes valores.

$$VAN = C_0 + \frac{C_1}{1+r} + \frac{C_1}{(1+r)^2} + \frac{C_1}{(1+r)^3} + \dots \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{F_n}{(1+i)^n} = 0 \quad (\text{Ecuación 10})$$

*Tabla 12.*

Tabla de cálculo para VAN Y TIR

<b>año 0</b>	<b>-5000</b>	<b>INVERSIÓN</b>
<b>año 1</b>	37497	INGRESO
<b>año 2</b>	37497	INGRESO
<b>año 3</b>	37497	INGRESO
<b>año 4</b>	37497	INGRESO
<b>TASA DESCUENTO</b>	5%	
<b>VAN</b>	\$ 2.493,61	
<b>TIR</b>	75,0%	

De los resultados obtenidos se desprende que: la inversión en el caso de realizarla es beneficiosa para la empresa ya que el valor actual neto arroja valores positivos y la tasa interna de retorno también presenta cifras que son alentadoras ya que un porcentaje de retorno de 75% es muy bueno en términos de análisis económico.

### 5.11 Comparación de costos

Se realizó la investigación de mercado, solicitando una propuesta de un sistema que realice el mismo tipo de control con diferente tipo de elementos y medios de transmisión de los datos entre las estaciones de bombeo, que a continuación se detallan:

La cotización se refiere a la implementación del sistema de control basado en conexión bajo fibra óptica mono modo y dos PLCs montados en la estación alta y la estación baja, además realiza el control y comunicación por medio de un controlador con conexión Ethernet tipo MODICON M221.

El costo de la implementación es de \$37.110,66 incluidos los servicios de ingeniería e instalación, se ha desglosado únicamente los elementos de

telecomunicaciones y control que se requieren para el funcionamiento remoto de las estaciones, la proforma original se la puede revisar por completo en el anexo N° 14

El sistema de control basado en radio enlace también ha sido proformado y básicamente consta de los mismos elementos del sistema bajo fibra óptica, la diferencia es el sistema de comunicación que se lo realiza mediante un radio enlace con dos torres con antenas de transmisión que son las encargadas de la conexión entre las dos estaciones de bombeo, el sistema tiene un costo de \$24.938,39; se ha desglosado únicamente los elementos de telecomunicaciones y control que se requieren para el funcionamiento remoto de las estaciones, la proforma original se la puede revisar por completo en el anexo N° 14

El costo de implementación del sistema de control automático propuesto en este desarrollo, toma en cuenta las dos estaciones y todos los elementos que constituyen el sistema, se ha tomado los precios de referencia del mercado ecuatoriano ya que algunos de los elementos se los compro en Estados Unidos, los cuales se detallan a continuación:

*Tabla 13.*

Desglose del costo de la implementación del prototipo.

Descripción	Cant.	V. Unitario	Total
CONTROL REMOTO DE BOMBAS - ALMA LOJANA			
TABLERO ELÉCTRICO DE FUERZA Y CONTROL (TFC ESTACIÓN DE BOMBEO)	2	80	160,00
FUENTE DE PODER 650W CORSAIR	2	90	180,00
PLACA ARDUINO UNO	2	15	30,00
SHIELD SIM 900	2	40	80,00
MODULO RELES ESTADO SOLIDO	2	12	24,00
CABLE UTP CAT 5e	30	0,3	9,00
TARJETAS SIM	2	6	12,00
PLC SCHNEIDER ZELIO LOGIC	1	150	150,00
RELE FLOTADOR	1	20	20,00
MATERIAL MENUDO	1	40	40,00
SUBTOTAL			705,00

De este análisis de mercado se desprende que la implementación más económica es la propuesta del desarrollo del prototipo de control automático, basado en la tecnología GSM/GPRS, puesto que el costo de montaje representa el 1.89% del costo que supondría instalar la automatización mediante fibra óptica y es el 2.82% del costo de implementación que supondría instalar la automatización mediante enlace de radio.

El costo de mantenimiento del sistema anualmente será de \$180, que corresponde al plan de telefonía que sea contratado, además se toma en cuenta un mantenimiento anual que representaría alrededor de \$200, que básicamente es el traslado del personal al sitio de operación del sistema y la revisión de los

voltajes de operación de las fuentes, comprobación de la correcta operación del relé flotador, ajuste de terminales y limpieza de equipos.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones.

En base a los objetivos planteados y después de analizar el proceso de bombeo y llenado de tanques que se alimentan mediante este tipo de sistema, se determina que el principal problema con el abastecimiento y desborde de los tanques, es la falta de sistemas de control eficientes que se acoplen a las necesidades dinámicas de la red de distribución, puesto que los sistemas instalados que están basados en horarios predeterminados regidos por PLCs no son eficientes al momento de cambios del régimen de consumo de los usuarios.

Las mediciones de caudal realizadas para determinar el desborde del tanque en estudio, arrojan resultados que están dentro de los resultados esperados, se determina que existía un desborde de por lo menos 4.97 l/s en promedio después de calcular la diferencia entre caudal de ingreso y caudal total de salida, llegando a desperdiciarse anualmente 52.080 m<sup>3</sup> de agua potable, estos valores de agua desperdiciada ya no se desperdician desde el mes de julio de 2017.

Después de analizar las tecnologías existentes que permitan controlar a distancia los equipos de bombeo instalados en los tanques en estudio, se determina que la opción basada en telefonía celular es la más viable, porque es más económica que las demás tecnologías analizadas, respecto a fibra óptica \$37.110,66; enlaces radiales \$24.938,39; puesto que el costo de montaje del dispositivo diseñado representa el 1.89% del costo que supondría instalar la automatización mediante fibra óptica y es el 2.82% del costo de implementación que supondría instalar la automatización mediante enlace de radio, además no

requiere montar infraestructura de telecomunicaciones propia, para el control de equipos que únicamente necesitan señales discretas para operar, no se necesita tener gran ancho de banda, por este análisis realizado los servicios que brinda la telefonía celular son los que se ajustan a las necesidades.

Después de realizar el estudio de tecnologías y de acuerdo con los mapas de cobertura de las operadoras de telefonía celular del país, la operadora que mejor servicio ofrece en el sector de los tanques en estudio, es Movistar porque cuenta con niveles de señal mayor a  $-85\text{dBm}$  en cobertura 2G, en cobertura 3G llega hasta  $-85\text{dBm}$ , y cobertura 4G LTE se encuentra en un rango de  $-85\text{dBm}$  a  $-95\text{dBm}$ , que después de comparar con las demás operadoras tiene los valores más altos y cubre toda el área de influencia de los tanques.

Se llegó a implementar el prototipo de control de las estaciones de bombeo desde el mes de julio de 2017, en el tanque Alma Lojana Bajo y en el tanque Alma Lojana Alto utilizando hardware abierto y escalable como lo es ARDUINO basado en la variable de nivel de espejo de agua para el control de llenado del tanque Alma Lojana Alto. La placa utilizada ARDUINO UNO cumple con las necesidades y requerimientos del sistema, puesto que está basada en el chip AT MEGA 328P que es un microcontrolador tipo CMOS de 8 bits de bajo consumo, basado en la arquitectura AVR RISC mejorada. La placa ICOMSAT GSM/GPRS de comunicaciones para ARDUINO que está basada en el módulo SIM 900 para telefonía celular de cuatro bandas 850/900/1800/1900MHz se adapta de manera eficiente a la frecuencia de operación de 850 MHz que utiliza el proveedor de servicios Movistar.

La información obtenida después de la implementación del sistema mediante la medición de nivel y caudal en el tanque Alma Lojana Alto, arroja datos que son alentadores: desde el 27 de julio de 2017 hasta la fecha se ha producido un único evento de falla del sistema, por no contar con un plan postpago de servicio de telefonía celular que será solventado una vez que el sistema entre en etapa de producción.

El nivel del tanque se ha mantenido con un promedio de altura de 2.50 mH<sub>2</sub>O, mientras que anteriormente el promedio era de 3.12 mH<sub>2</sub>O, verificando que el sistema está funcionando de manera correcta, de acuerdo a lo planteado en los objetivos se ha eliminado el desborde del tanque Alma Lojana Alto, en base a los datos de nivel que indican que el nivel máximo al que ha llegado en este tiempo de funcionamiento es de 3.30 mH<sub>2</sub>O, que se contrapone con el nivel máximo alcanzado sin el sistema de control, que llegaba hasta los 3.60 mH<sub>2</sub>O y producía el desborde con el consiguiente desperdicio de recursos.

El costo beneficio de la solución implementada es rentable basado en los datos obtenidos del cálculo del VAN que arroja un valor de \$ 2.493,61 el cual está sobre los valores de valor del dinero en el tiempo para un proyecto y el TIR que tiene un porcentaje de retorno de inversión de 75% que es muy bueno en términos de análisis económico. Basado en el costo de la implementación que es de alrededor de \$ 5.000,00 en donde se incluye el costo de los equipos y accesorios y el trabajo de diseño e ingeniería, el retorno de recursos que es de \$ 67.183,20 anuales sin contar con el retorno por energía eléctrica no consumida que es de \$ 4.080,00 anuales.

El retorno por agua no tratada es decir, el agua que se queda en las fuentes es un factor importante de la solución planteada, ya que más agua podrá ser enviada a sectores que tengan problemas de abastecimiento, contribuyendo de esta manera a cuidar del recurso agua, muy importante para el desarrollo de las actividades productivas de la población.

## **6.2 Recomendaciones.**

Durante la realización del presente trabajo se determinó que uno de los factores importantes para la precisión de las mediciones del nivel de los tanques de almacenamiento son los sensores de presión utilizados hasta el momento por la EPMAPS, ya que no cumplen con las características idóneas con respecto al rango de medición, por este motivo se ha producido durante varios años el desborde sin ser detectado, se recomienda retirar los sensores actuales y cambiarlos por sensores que tengan un rango de medida que se ajuste a las alturas de los tanques que son de máximo 6 metros.

Se debería conformar una red de telecomunicaciones más robusta y convergente entre las diferentes tecnologías con las cuales cuenta la EPMAPS, utilizando computadores industriales que sean instalados en cada uno de los tanques para tener un control completo de las instalaciones y se puedan efectuar operaciones en tiempo real.

Después de la implementación del sistema se recomienda replicarlo en los demás tanques de la ciudad que acarrearán el problema del desperdicio de agua tratada, en la ciudad se determinó que por lo menos existen 10 estaciones que

sufren el mismo problema, y este se ha presentado en los 10 últimos años constantemente.

El actual sistema se lo puede mejorar, ya que es totalmente abierto y escalable y puede ser incluido como principal o back up del actual sistema SCADA con el que cuenta la empresa.

Los recursos recuperados podrían ser reinvertidos en la propia Unidad De Pérdidas Físicas para mejoramiento del equipo de instrumentación utilizado en las mediciones y control de desbordes, además de la adquisición de equipamiento para desarrollo de nuevas alternativas de comunicación y control de estaciones remotas.

El único problema detectado con relación al servicio de telefonía celular utilizado en el proyecto, fue cuando el saldo de la tarjeta SIM llego a su fin, en este caso los mensajes de comunicación entre las RTU y la comunicación hacia el servidor dejaron de trabajar automáticamente, pero se tuvo aún el control de la estación de bombeo completamente de manera remota mediante el envío de mensajes de operación hacia las bombas, con esto se garantiza que el sistema es confiable y administrable aun cuando se producen estos inconvenientes. Estos problemas deberían eliminarse en un entorno de producción ya que se contará con planes, habilitados mensualmente los que garanticen que el sistema sea operativo al 100% dejando de lado el inconveniente de recargar los planes de SMS de los números de servicio implicados en el sistema.

En un futuro se pueden adicionar a este sistema computadoras industriales que se sirvan de la conectividad ofrecida por los módems y crear una red robusta de transmisión y control de los equipos y variables que están involucradas en el tratamiento de agua potable, para la posterior distribución hacia los sectores de abastecimiento.

## REFERENCIAS

2cm. (2010). 2cm. Recuperado el 25 de Mayo de 2017, de <http://www.2cm.com.tw/news/images/N090421000220090421171933.jpg>

Asamblea Nacional. (2015). Ley Orgánica de Telecomunicaciones. Recuperado el 23 de Abril de 2017, de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Ley-Org%C3%A1nica-de-Telecomunicaciones.pdf>

ATMEL. (2015). MICROCHIP. Recuperado el 01 de Diciembre de 2017, de <http://www.mouser.com/ds/2/268/atmel-8271-8-bit-avr-microcontroller-atmega48a-48p-1065900.pdf>

Blasco, L. (2014). BBC. Recuperado el 20 de Julio de 2016, de <http://www.bbc.com/mundo/noticias-37247130>

CLARO. (2015). Servicios Cobertura. Recuperado el 10 de Octubre de 2016, de <http://www.claro.com.ec/personas/servicios/servicios-moviles/cobertura/>

CNT. (2017). Cobertura. Recuperado el 10 de Octubre de 2017, de <https://gis.cnt.gob.ec/appgeoportal/?u=-79.16996,-1.81029,7>

Creus, A. (2009). Instrumentos Industriales Ajuste y Calibración. Recuperado el 26 de Julio de 2017, de <https://neucalbeelefthern.firebaseio.com/8426707742.pdf>

EEQQ S.A. (2015). Normas Para Sistemas de Dsistribución. Recuperado el 01 de Agosto de 2017, de <https://www.eeq.com.ec:8443/documents/10180/921866/Gu%C3%ADa+para+dise%C3%B1o+de+redes+para+distribuci%C3%B3n/b681b238-2c70-4ee6-b737-ecca4ca8b55c>

El Tiempo. (2015). Diario El Tiempo . Recuperado el 01 de Diciembre de 2017, de <http://www.eltiempo.com.ec/noticias/cuenca/2/352245/etapa-duplica-la-tarifa-basica-de-agua-potable>

EPMAPS QUITO. (2015). Agua de Quito. Recuperado el 25 de Octubre de 2017, de [https://www.aguaquito.gob.ec/sites/default/files/documentos/pliego\\_tarifario\\_epmaps.pdf](https://www.aguaquito.gob.ec/sites/default/files/documentos/pliego_tarifario_epmaps.pdf)

Git Book. (2013). Master En Desarrollo De Software Para Dispositivos Móviles. Recuperado el 15 de Diciembre de 2017, de [https://mastermoviles.gitbooks.io/tecnologias2/content/sistemas\\_de\\_telefonia\\_y\\_comunicaciones\\_moviles.html](https://mastermoviles.gitbooks.io/tecnologias2/content/sistemas_de_telefonia_y_comunicaciones_moviles.html)

Google Earth. (2016). Google Earth. Recuperado el 11 de Mayo de 2017, de <https://www.google.com>

Khan Academy. (2015). Ingeniería Eléctrica Análisis de Circuitos. Recuperado el 15 de Diciembre de 2017, de <https://es.khanacademy.org/science/electrical-engineering/ee-circuit-analysis-topic/ee-resistor-circuits/a/ee-delta-wye-resistor-networks>

Maycotte, C. (2015). Academia Edu. Recuperado el 05 de Abril de 2016, de [https://www.academia.edu/3744160/Manejo\\_y\\_Conservaci%C3%B3n\\_de\\_los\\_Recursos\\_Naturales](https://www.academia.edu/3744160/Manejo_y_Conservaci%C3%B3n_de_los_Recursos_Naturales)

Ministerio de Educacion y Cultura de España. (2013). Observatorio Tecnológico. Recuperado el 01 de Diciembre de 2017, de <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/gl/component/content/article/502-monografico-lenguajes-de-programacion?start=2>

Ministerio de Educacion y Cultura de España. (2014). Educa Lab. Recuperado el 18 de Diciembre de 2017, de <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/gl/component/content/article/502-monografico-lenguajes-de-programacion?start=2>

MOVISTAR. (2016). MOVISTAR Perú. Recuperado el 15 de Diciembre de 2017, de <http://www.movistar.com.pe/movil/sim-card-chip>

MOVISTAR. (2017). Cobertura. Recuperado el 10 de Octubre de 2017, de <https://www.movistar.com.ec/productos-y-servicios/cobertura>

My Sensors . (2001). My Sensors.org. Recuperado el 30 de Noviembre de 2017, de <https://www.mysensors.org/dl/.../design/C20Y108E11.pdf>

Ozeki. (2012). Ozeki NG Gateway. Recuperado el 26 de Julio de 2017, de <http://www.ozekisms.com/index.php?owpn=133>

Project Management Institute. (2015). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del PMBOK®). Recuperado el 15 de Febrero de 2017, de <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards>

PROMETEC. (2012). Los Relés De Estado Sólido. Recuperado el 01 de Diciembre de 2017, de <https://www.prometec.net>

Radcom. (2013). Software. Recuperado el 15 de Octubre de 2016

Rosenbrock, K. H. (2012). Hillebrand. Recuperado el 26 de Abril de 2017, de <http://www.hillebrand-ce.com/books.html>

Schneider Electric. (2007). Schneider Electric Catálogos. Recuperado el 1 de Diciembre de 2017, de [https://www.schneider-electric.es/es/download/document/420003A07%20Capitulo\\_05/](https://www.schneider-electric.es/es/download/document/420003A07%20Capitulo_05/)

Sociedad Nacional de Industrias del Perú. (2017). Reporte sectorial marzo 2017 Elaboracion de Agua Embotellada. Recuperado el 15 de Diciembre de 2017, de <http://www.sni.org.pe/wp-content/uploads/2017/04/Marzo-2017-Elaboraci%C3%B3n-de-Agua-Embotellada.pdf>

TELCONET. (2017). Netlife. Recuperado el 10 de Octubre de 2017, de <http://www.netlife.ec/atencion-al-cliente/cobertura/>

Tu Electrónica. (2016). Tu electrónica. Recuperado el 30 de Noviembre de 2017, de <https://tuelectronica.es/como-conectar-un-pulsador-en-arduino/>

Universidad de Alicante. (2010). Manual de programación de arduino. Recuperado el 12 de Diciembre de 2017, de [http://dfists.ua.es/~jpomares/arduino/page\\_14.htm](http://dfists.ua.es/~jpomares/arduino/page_14.htm)

Universidad de la República de Uruguay. (2015). Facultad de Ingeniería. Recuperado el 23 de Marzo de 2017, de <https://eva.fing.edu.uy/>

Universidad de Sevilla. (2007). Open Course Ware. Recuperado el 10 de Diciembre de 2017, de [http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%207.%20Bombas/tutorial\\_07.htm](http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%207.%20Bombas/tutorial_07.htm)

## **ANEXOS**

## ANEXO 1: ESPECIFICACIONES DE RELE DE NIVEL

### RADAR DE CONTROL DENIVEL DELIQUIDOST-65AB



#### Radar ST-65AB CONTROLES DE NIVEL

Sencillo y económico para controlar motor de bombas para el vaciado o llenado de estanques con líquidos y sólidos. También para proteger y detener las bombas cuando ha bajado el nivel del agua en pozos evitando que la bomba trabaje en seco.

#### CARACTERÍSTICAS

Longitud del Cable : 3m  
Material Flotador : Polipropileno

#### CONTROL DENIVEL RADAR

Este control activo por el cambio de peso de 2 flotadores sale en contacto con el agua en un estanque, la distancia entre los 2 flotadores determina la desactivación de la bomba al llegar el nivel del agua al flotador superior o bien la conexión de esta al llegar el nivel a la posición del flotador inferior.

#### CARACTERÍSTICAS ST-65AB

Capacidad: 3amp 220VAC/15amp 110VAC Máximo 1hp  
Switch: SPDT 1C1NAy1NC  
Vida Mecánica: 1 Millón de Operaciones  
Altura de Aplicación: 0,18 a 3mts  
Presión Máx. Estanque: 1bar.  
Montaje: Vertical  
Fijación: Placa lateral incluida o rosca de 3/4" o 1"  
Incluye: 2 Flotadores

Para mayores potencias usar un Contactador, Vendido por separado (ATMEL, 2015)

## ANEXO 2: ESPECIFICACIONES TECNICAS MÓDULO ARDUINO UNO

Especificaciones Técnicas	
Microcontrolador	Atmega328P-PU
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (Recomendado)	7 – 12V
Voltaje de entrada (Límite)	6 – 20V
Pines para entrada- salida digital.	14 (6 pueden usarse como salida de PWM)
Pines de entrada analógica.	6
Corriente continua por pin IO	40mA
Corriente continua en el pin 3.3V	50mA
Memoria Flash	32 KB (0,5 KB ocupados por el bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Frecuencia de reloj	16 MHz

## ANEXO 3: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MÓDULO DE RELÉS

<b>Relés de estado sólido 4CH OMRON 5V 240V 2ª, salida con fusible resistivo 240V 2A.</b>	
<b>Tamaño:</b>	<b>62 * 42 mm * 24 mm</b>
<b>Fuente de alimentación:</b>	<b>5V DC (160mA)</b>
<b>Señal de voltaje de control de entrada:</b>	
<b>(SSR de etapa baja 0-0.5V está desactivado)</b>	
<b>(SSR de alta etapa de 2,5 a 20 V está encendido)</b>	
<b>Salida SSR (cada canal):</b>	
<b>Voltaje de carga:</b>	<b>75 a 264VAC (50/60Hz).</b>
<b>Carga soportada :</b>	<b>0.1 a 2 A</b>
<b>Alimentación:</b>	<b>5VDC / 160mA (all channel ON).</b>
<b>Voltaje de control de entrada:</b>	
	<b>0V - 0.5V estado bajo (SSR is OFF),</b>
	<b>0.5V - 2.5V (estado desconocido).</b>
	<b>2.5V - 20V estado alto (SSR is ON).</b>
<b>SSR Spec:</b>	
<b>Fabricante:</b>	<b>OMRON</b>
<b>Part number:</b>	<b>G3MB-202P, 5V version.</b>
<b>Aislamiento:</b>	<b>Phototriac.</b>
<b>Zero cross: SI</b>	
<b>Carga soportada promedio:</b>	<b>2A /100 a 240VAC.(50/60Hz).</b>

<b>Carga Tipo:</b>	<b>Propósitos Generales</b>
--------------------	-----------------------------

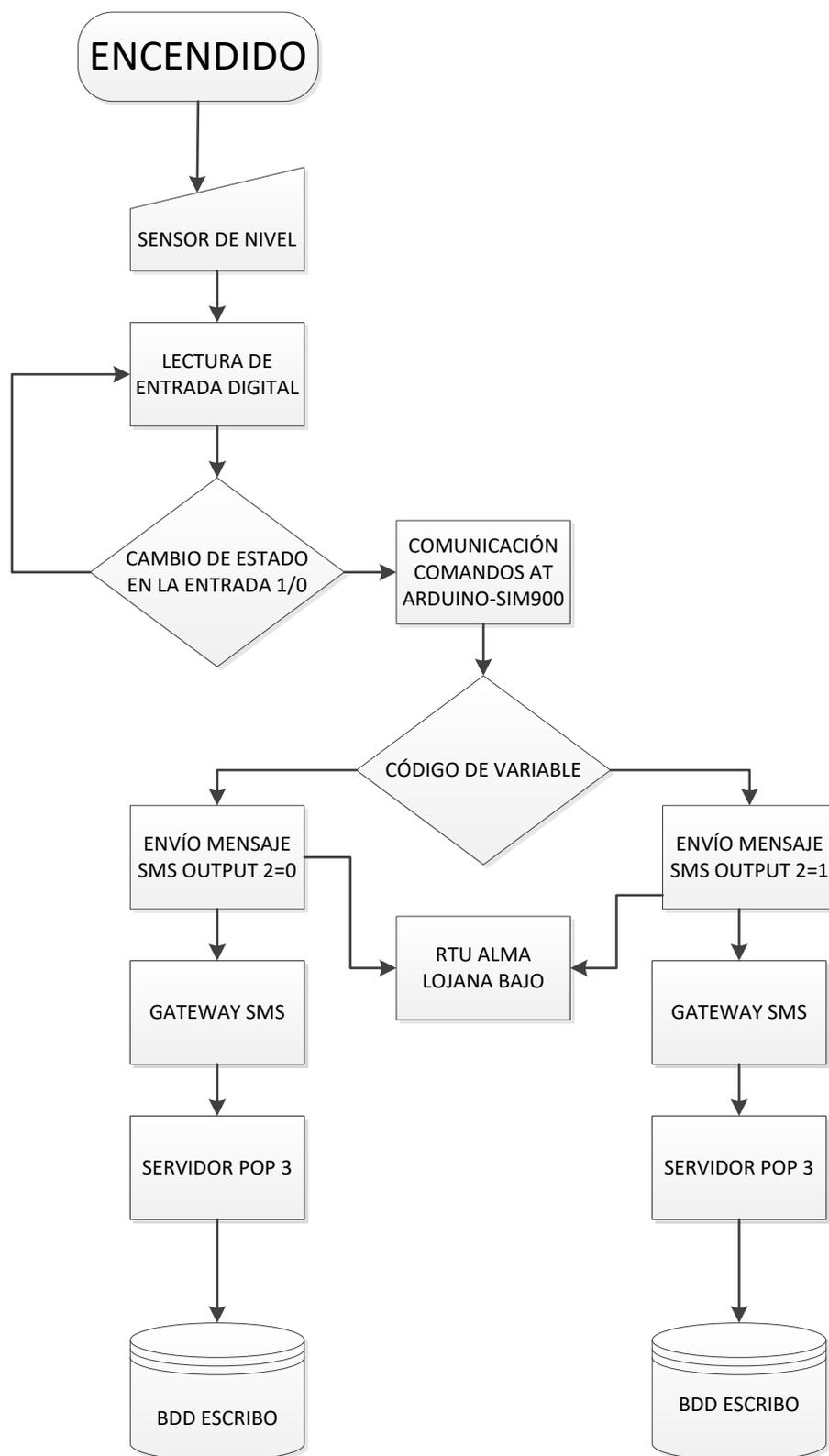
## ANEXO 4:PLACA DE COMUNICACIONES SIM 900

**CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS**

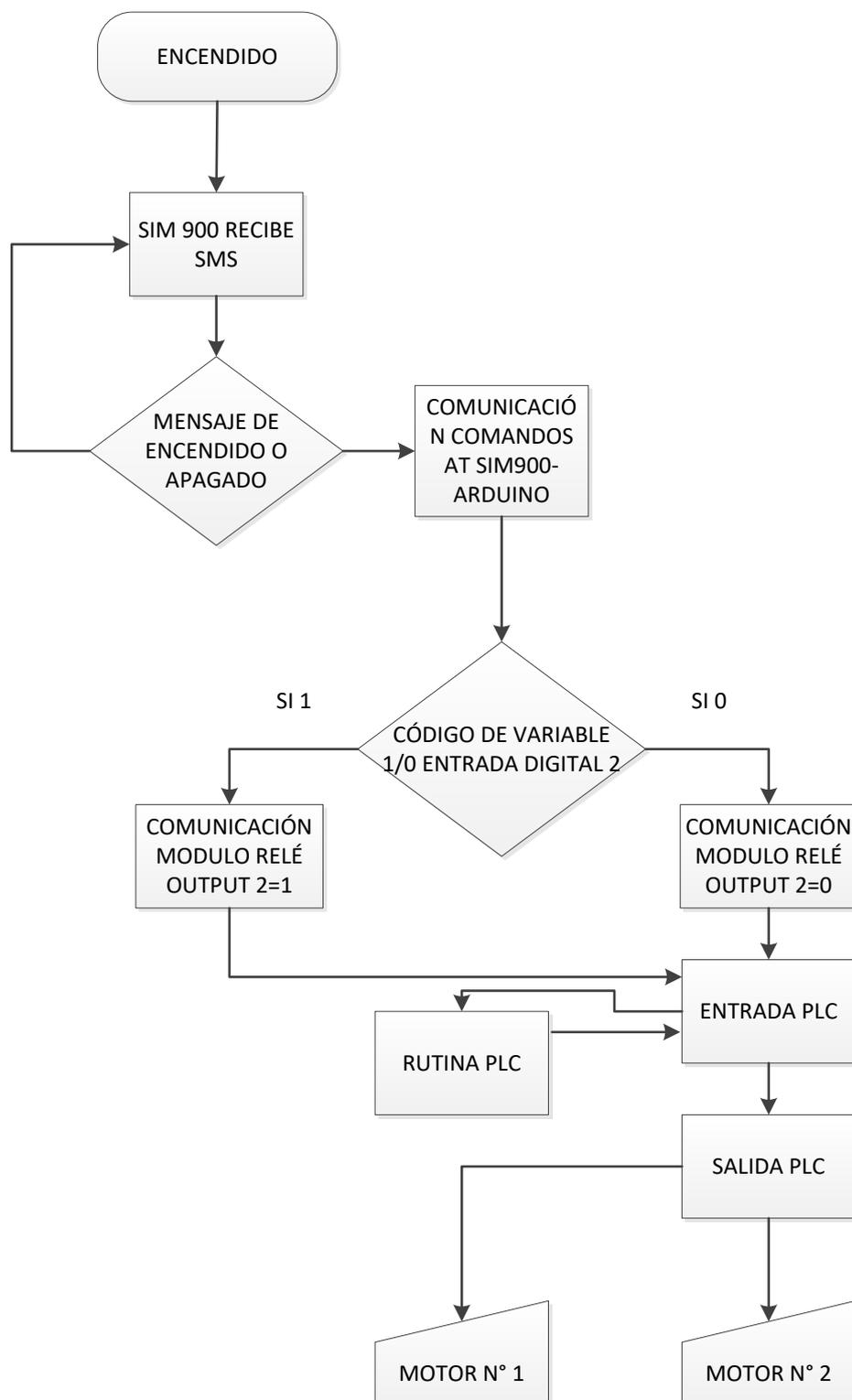
Especificaciones	Min	Type	Max	Unit
PowerVoltage(Vlogi c)	4.5	5	5.5	VDC
PowerVoltage(Vsup ply)	9	-	20	VDC
Input Voltage VH:	4.5	5	5.5	V
Input Voltage VL:	-0.3	0	0.5	V
Consumo de corriente pulso	-	-	2000	mA
Corriente Consumption(Conti nues)			500	mA
Tasas de transferencia		9600		bps
<b>DATOS TECNICOS DE PLACA SIM 900</b>				
Cuatri Banda 850/ 900/1800/1900 MHz		Protocolo TCP/UDP integrado		
GPRS multi-slot clase 10/8		FTP/HTTP(Disponible a fines de Julio 2010)		
GPRS estación móvil clase B		MMS (Disponible Julio 2010)		
Cumple con GSM phase 2/2+		Embedded AT (Disponible en Q3,2010)		
Clase 4 (2 W @850/ 900 MHz)		Tricodec		
Clase 1 (1 W @ 1800/1900MHz)		– Halfrate (HR)		

Dimensiones: 24mm x 24mm x 3mm	- Full rate (FR)
Peso: 3.4gramos	- Enhanced Full rate (EFR)
Control vía comandos AT (GSM 07.07 ,07.05 y comandos AT SIMCOM mejorados)	Operación manos libres (Echo suppression)
SIM applicationtoolkit	AMR
Rango de Alimentación: 3.1 4.8VDC.	- Halfrate (HR)
Bajo consumo de Energía: 1.5mA(sleepmode)	- Full rate (FR) Interfaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura de operación: -40°C to +85 °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfase a SIM externa de 3V/1.8V</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Group 3, class 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfase de Audio Analógico.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• GPRS clase 10: max. 85.6 kbps (downlink)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RTC backup</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soporta PBCCH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfase SPI (opción)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esquemas de Codificación CS 1, 2, 3, 4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfase Serial</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• CSD up to 14.4 kbps</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pad de Antena</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• USSD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• I2C</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modo No Transparente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GPIO</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PPP-stack</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PWM</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Point to point MO y MT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compatibilidad ADC</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• SMS cellbroadcast</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interface Celular de comandos AT</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modo Texto y PDU (Software features)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>

## ANEXO 6: DIAGRAMA DE FLUJO ALMA LOJANA ALTO

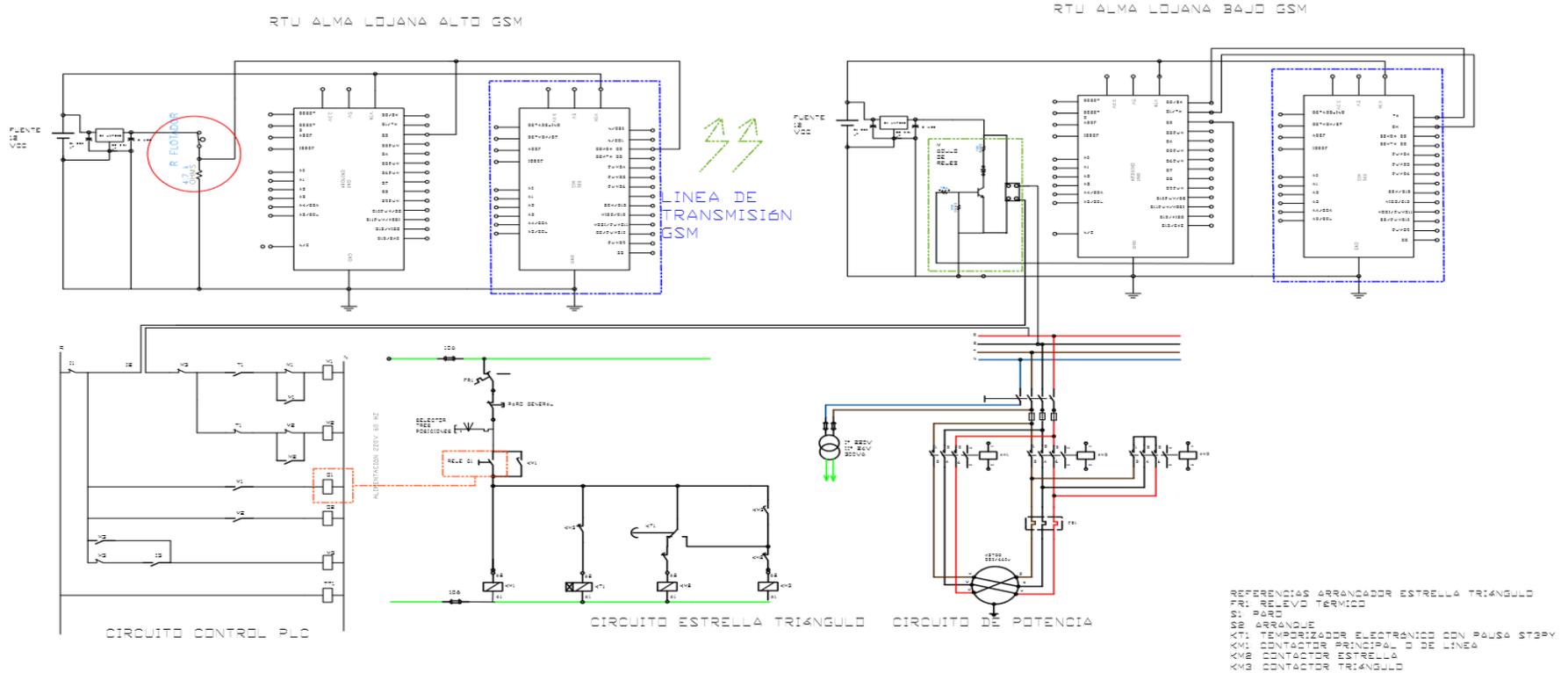


## ANEXO 7: DIAGRAMA DE FLUJO ALMA LOJANA BAJO



ANEXO 8

B ANEXO DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL CIRCUITO



## ANEXO 9: CODIFICACION DEL PROGRAMA PARA ARDUINO

```

#include<SoftwareSerial.h>
SoftwareSerialSIM900(7, 8); // Configura el puerto serie para el SIM900.

*****

*****

*****
void inicializaSIM900()
{
    //digitalWrite(9, HIGH); // Activar la alimentación de la tarjeta por Software
    //delay(1000);
    //digitalWrite(9, LOW);
    delay(5000);
    SIM900.begin(19200); //Configura velocidad del puerto serie para el SIM900
    Serial.begin(19200); //Configura velocidad del puerto serie del Arduino
    Serial.println("OK");
    delay(1000);
    SIM900.println("AT + CPIN = \"XXXX\""); //Comando AT para introducir el PIN de la
    tarjeta
    delay(25000); //Tiempo para que encuentre una RED
    Serial.println("PIN OK");
    SIM900.print("AT+CLIP=1\r"); // Activa la identificación de llamada
    delay(100);
    SIM900.print("AT+CMGF=1\r"); // Configura el modo texto para enviar o recibir SMS
    delay(1000);
    SIM900.print("AT+CNMI=2,2,0,0,0\r"); // Saca el contenido del SMS por el puerto serie
    del GPRS
    delay(1000);
    pinMode(2, input); // Establece 'pin' como salida
}
*****
void identifica_SMS()
{
    int led_on = mensaje.indexOf("OutPut#2#1#"); //Buscamos el texto en el SMS
    int led_off = mensaje.indexOf("OutPut#2#0#"); //Buscamos el texto en el SMS
    if (led_on >= 0)
    {
        digitalWrite( LED, HIGH) ;
        Serial.println("\nLED ENCENDIDO");
        mensaje = "" ; //Bórralo para la próxima vez
    }
    if (led_off >= 0)
    {
        digitalWrite( LED, LOW) ;
        Serial.println("\nLED APAGADO");
        mensaje = "" ; //Bórralo para la próxima vez
    }
}
*****

SIM900.println("AT+CMGS=\"0984382983\""); //Numero al que vamos a enviar el mensaje
delay(1000);
SIM900.println("*****"); // Texto del SMS
delay(100);
SIM900.println((char)26); //Comando de finalización ^Z
delay(100);
SIM900.println();
delay(5000); // Esperamos un tiempo para que envíe el SMS
Serial.println("SMS enviado");
}

*****
char incoming_char = 0; //Variable que guarda los caracteres que envia el SIM900
String mensaje = "";
int LED = 13 ;

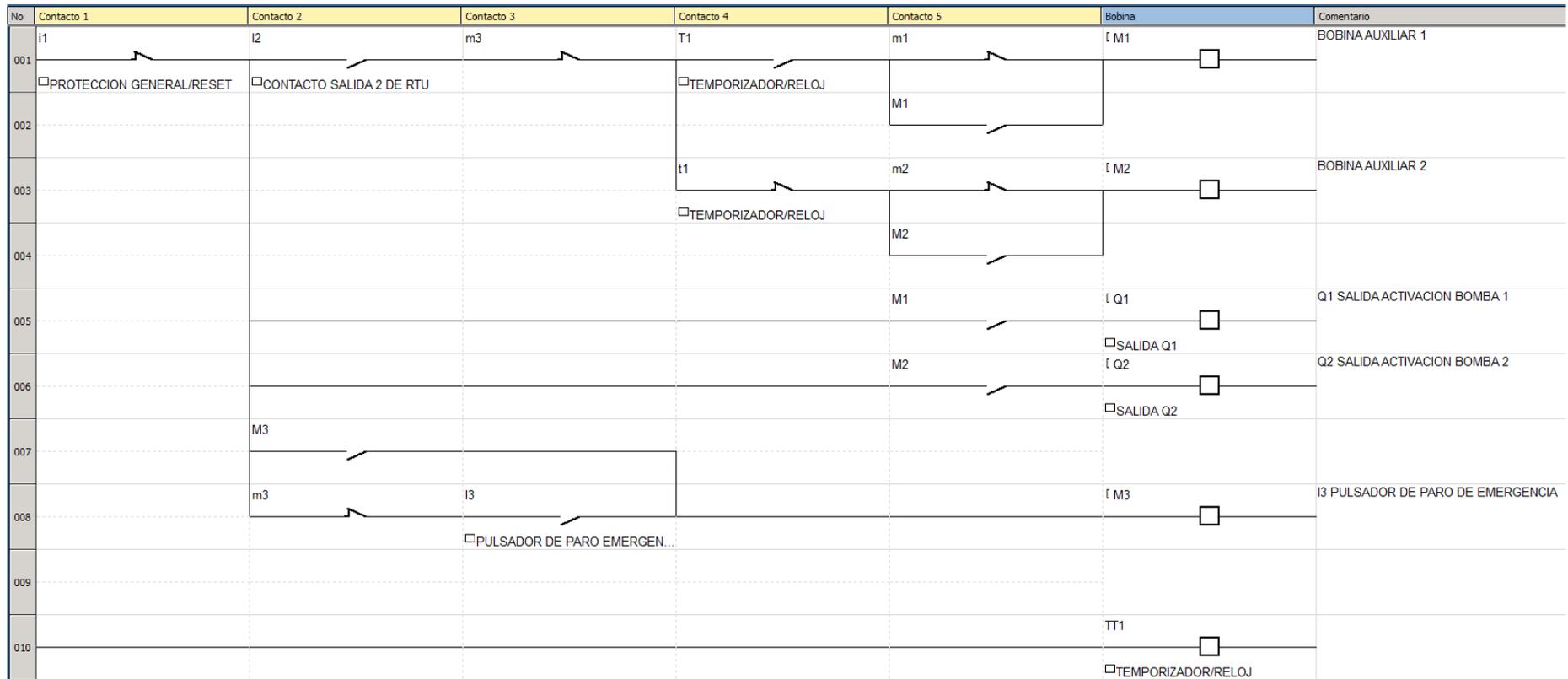
```

```
bool estado = false ; //Variable para guardar el estado del LED
Stringagenda[] = {"0984382983" , "0995813554"}; //Array con los números autorizados
intnumtotal = 2; //Cantidad de números de teléfono autorizados

voidsetup() {
pinMode(2, input); // Establece 'pin' como salida
}
void loop() {
digitalWrite(pin, HIGH); // Activa 'pin'
delay(1000); // Pausa un segundo
digitalWrite(pin, LOW); // Desactiva 'pin'
delay(1000);
}
void SIM900power(){ // Encendido por software del SIM900, es equivalente a precionar el
boton de encendido

digitalWrite(8, HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(8, LOW);
delay(5000);
}
```

ANEXO 10: DIAGRAMA ESQUEMATICO DE PROGRAMA DE PLC



## ANEXO 11

## MOTORES DE INDUCCION TRIFASICOS

Las dimensiones de las siguientes formas constructivas son iguales en tres:

- B3, B6, B7, B8, V5 y V6
- B5, V1 y V3
- B9, V8 y V9
- B10, V10 y V14
- B14, V18 y V19

Los motores Siemens hasta el tamaño 225 inclusive, se pueden instalar en cualquier de las formas indicadas en cada uno de los grupos anteriores. Por ejemplo, un motor de la forma constructiva B3 se puede instalar en la forma B6, B7, B8, V5 y V6.

### Clase de Protección

Con la elección de una adecuada clase de protección de acuerdo al servicio y las condiciones del medio ambiente, se evita:

La influencia nociva del agua, de los cuerpos extraños y del polvo: el contacto con partes rotativas en el interior del motor, o partes bajo tensión.

### Motor con refrigeración de superficie

Clase de protección	IP44	IP54
<b>1ª Cifra característica</b>		
Protección contra contactos involuntarios	Protección contra contactos involuntarios con herramientas u objetos similares	Protección total contra contactos involuntarios de cualquier clase
Protección contra cuerpos extraños	Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños con diámetro mayor de 1 mm.	Protección contra depósitos de polvo perjudiciales
<b>2ª Cifra característica</b>		
Protección contra agua	Protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección	Protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección

Las clases de protección de las máquinas eléctricas (según DIN 40050 IEC-34-5) se indican por medio de un código, el cual se compone de dos consonantes y dos cifras características. En algunos casos se emplea una consonante adicional:

**IP (International Protection):** Consonantes características para indicar el grado de protección contra contactos y entrada de agua o de cuerpos extraños.

**0 hasta 6:** 1ª cifra característica para indicar el grado de protección contra contactos y contra la entrada de cuerpos extraños.

**0 hasta 8:** 2ª cifra característica para indicar el grado de protección contra entrada de agua (ninguna protección contra aceite).

R, W, S, y M.

Consonante adicional para indicar una clase de protección especial.

### Transmisión por correas

En caso de que el accionamiento se haga por correa, el motor tiene que estar montado sobre rieles tensores sobre una base desplazable, con el fin de poder ajustar la tensión correcta de la correa y retensarla cuando sea preciso. Si la correa se tensa demasiado, se ponen en peligro los cojinetes y el eje; por el contrario, si se tensa poco, resbala la correa.

### Dispositivos tensores para el accionamiento de correas en V

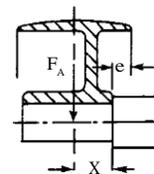
Se colocará de manera tal que la distancia entre poleas se pueda variar y resulte posible colocar las correas sin que queden tensas. Las correas se ajustarán de modo que no tengan flecha y no golpeen durante el servicio.

### Determinación de la polea

Las poleas se dimensionarán de forma tal, que no se sobrepasen los valores admisibles de las fuerzas que actúan sobre el extremo de la máquina eléctrica. En los accionamientos por correas, la carga radial depende de la tracción de la correa y de la tensión que ésta ejerce.

En los diagramas se representa la carga radial  $F_A$  en dependencia de la dimensión  $x$ , la cual indica la distancia existente entre el centro de la polea y el extremo del hombro de la polea.

Si el accionamiento se lleva a cabo con correas planas, la dimensión "e" debe proyectarse de forma que la polea no roce con la tapa portacojinetes. Si la transmisión se efectúa con correas V resultará, por regla general,  $e=0$ .



Con vistas al funcionamiento correcto de la transmisión, el ancho de la polea no debe ser mayor que el doble del longitudinal del extremo de la polea. Los diagramas representativos de la carga radial rigen para el modo de accionamiento con un par motor de hasta 687 Nm efectuando la tracción la correa en cualquier dirección, y con un par motor de más de 687 Nm cuando la tracción de la correa está dirigida en sentido horizontal.

Las dimensiones de las poleas se determinarán de acuerdo con la potencia a transmitir, la clase de correa utilizada y la relación de transmisión que se pretenda conseguir. Si fuese preciso, se consultará a la empresa suministradora de la correa.

Las poleas se pueden calcular de la siguiente forma:

$$\frac{F_A}{nD} = 2 \times 10^{-7} P C$$

siendo:

$F_A$ =cargar radial(N)

P=potencia nominal del motor(kW)

n=velocidad de rotación del motor(r.p.m.)

D=diámetro de la polea a emplear(mm)

C=factor de tensión previa de la correa.

Este factor asciende, aproximadamente, a los siguientes valores:

C=2 para correas de cuero planas normales sin rodillo tensor

C=2.2 a 2.5 para correas en V, según el tipo de carga

C=2.2 a 3 para correas especiales de plástico, según el tipo de carga y correa

El valor calculado para  $F_A$  se comprobará más adelante en la respectiva curva de cargas, y no deberá sobrepasar el valor indicado en los diagramas para x. Cuando la carga radial calculada sea superior a la admisible, y a pesar de elegir otra correa sometida a tensión previa distinta no se consiga una modificación esencial, habrá que usar una polea de diámetro mayor.

## Montaje de los elementos de accionamiento

Acoplamiento (embragues), poleas, piñones, etc. se deben montar con un dispositivo especial para el cual se dispone de un centro punto en el eje de los motores. Los golpes dañan los cojinetes y deben ser evitados. El peso de la polea se sumará a la carga radial.

Al elegir las poleas, habrá que observar que la sollicitación del material quede comprendida dentro del límite admisible, y que se pueda transmitir la potencia bajo una tensión previa normal de la correa. En la tabla figuran los diámetros máximos admisibles de las poleas de fundición. Para mayores diámetros habrá que emplear poleas de acero.

La tabla indica al mismo tiempo los diámetros para los que la velocidad de las correas de cuero planas de calidad mediana es más favorable. Si se emplean correas en V, la velocidad es más favorable de la correa es menor, lo que se consigue reduciendo en un 20% el diámetro. Si se utilizan correas de adhesión especiales, por ser mayor la velocidad admisible de la correa, se pueden aumentar aproximadamente en un 20% los diámetros que figuran en la tabla, debiéndose emplear, sin embargo, poleas de acero.

La distancia entre ejes de las dos poleas se fijará en concordancia con las indicaciones del fabricante de las correas y de las poleas. En lugares expuestos a peligro de explosión, solamente podrán utilizarse correas en las que sea imposible que se originen cargas electrostáticas.

## Accionamiento por ruedas dentadas

Si la transmisión se realiza mediante ruedas dentadas, habrá que observar que los ejes de las dos máquinas se encuentren paralelos y que la marcha del piñón y la corona sea circular. Los dientes del piñón no deberán atascarse en ninguna posición de

la corona, puesto que de lo contrario se someterían los cojinetes a un esfuerzo inadmisiblemente, motivándose vibraciones, trepidaciones y ruidos molestos. Para comprobar el buen ajuste, se coloca entre el piñón y la corona una tirada de papel de la misma anchura del piñón. Al girar, se marcan sobre la tirada de papel los puntos en los que el ataque es defectuoso. La comprobación se extenderá a todos los dientes de la corona. Según sea el resultado, se alineará cuidadosamente la máquina y se repetirá la comprobación hasta que se haya conseguido un ataque uniforme en todos los dientes.

## Cargas radiales y axiales admisibles

Los cojinetes, así como las partes mecánicas, están sometidos a cargas radiales y axiales.

En la tabla y gráficos de las páginas siguientes se detallan los valores que sirven para determinar las cargas que pueden soportar los motores equipados con cojinetes.

## Cargas radiales

De la tabla siguiente pueden obtenerse los valores máximos admisibles para una vida útil de los cojinetes de 20.000 horas:

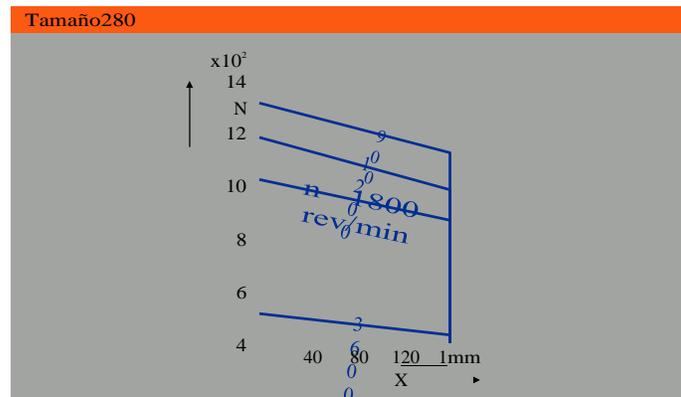
Tamaño según IEC	Tipo 1LA3, 1LA5/7	Número de polos	Carga admisible (FA) para X=IN	
71	070	2	200	
		4	310	
	073	2	200	
		4	310	
		6	350	
		6	400	
80	080	2	240	
		4	370	
		6	400	
	083	2	240	
		4	370	
		6	400	
90S	090	2	350	
		4	515	
90L	096	2	350	
		4	515	
		6	590	
	100L	106	4	710
			6	820
		107	4	710
112M	113	2	490	
		4	590	
		6	720	
	132S	130	2	780
			4	1.050
		6	1.200	
132M	133	2	780	
		4	1.050	
		6	1.200	
	160M	163	2	900
			4	1.120
		6	1.230	
160L	166	2	900	
		4	1.120	
	6	1.230		

# Motore trifásicos de inducción

## Generalidades

Entodos los casos, se considera que el punto de aplicación de la carga cae dentro de la zona de

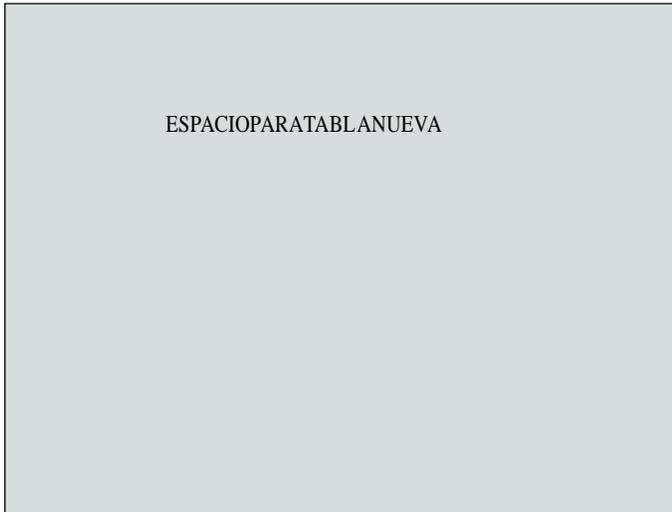
Tamaño según IEC	Tipo 1LA4, 1LA6/7	Número de polos	Carga admisible (FA) para X=IN
180M 180L	183 186	2	1.300
		4	1.630
		6	1.930
200L	206 207	2	2.000
		4	2.500
		6	3.000
225S 225M	220 223	2	2.850
		4	3.300
		6	4.000
250M	253	2	6.100
		4	7.350
		6	8.550



### Cargas axiales máximas admitidas

1800rpm					
Tamaño según IEC	Tipo 1LA3 1LA4, 1LA5 1LA6/7	Montaje Vertical			
		Peso del rotor N	Montaje horizontal N	Carga hacia abajo N	Carga hacia arriba N
71	070	12.74	110.74	98	127.4
	073	16.66	100.94	88.2	117.6
	080	25.28	129.36	107.8	156.8
90 L	096	44.02	211.68	176.4	254.8
	106	63.7	336.14	284.2	392
	107	73.5	288.12	225.4	362.6
112 M	113	98	577.22	499.8	676.2
	130	142.1	787.92	666.4	940.8
132 M	133	176.4	749.7	597.8	931
	163	240.1	1107.4	891.8	136.2
160 L	166	294	1009.4	735	1323
	183	343	1127	901.6	1597.4
180 M	186	392	1078	744.8	1548.4
	207	490	1715	1303.4	2303
225 S	220	823	2450	1820	3500
225 M	223	931	2350	1600	3500
250 M	253	1.176	2800	1850	4250
280 S	280	1.617	5800	4500	7800
280 M	283	1.813	5700	4200	7900

## Tipos de cojinete



Todos los motores hasta el tamaño 160L inclusive, poseen balinera de doble sello.

En los motores con dispositivo de reengrase, puede introducirse nueva grasa durante el servicio. Un disco centrifugador arroja automáticamente la grasa hacia el exterior y actúa, al mismo tiempo, como cierre estanco del cojinete.

Los motores trifásicos se suministran con rodamientos de diseño especial con juego interno C36CM.

### ¡Atención!

Los motores eléctricos normalizados a partir del tamaño 280 salen de fábrica con una protección para sus cojinetes durante el transporte. Esta protección consiste en un cilindro metálico que se abulona al centro de la base; la otra base apoya sobre la tapa portacojines, impidiendo así el movimiento del rotor.

## Características del rotor en caso de conectar directamente motores 1LA3, 1LA4, 1LA5 y 1LA7

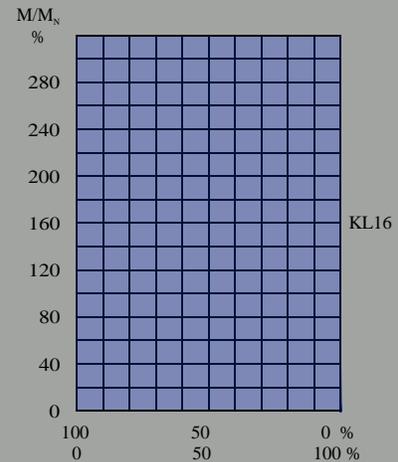
Par de giro en % de los valores nominales, velocidad de giro en % de la velocidad de giro sincrónica

Si los valores de servicio de la tensión o de la frecuencia discrepan de sus correspondientes valores nominales, el par de arranque y los pares mínimo y máximo varían, en la forma aproximada, proporcionalmente al cuadrado de las tensiones y en proporción inversa al cuadrado de las frecuencias.

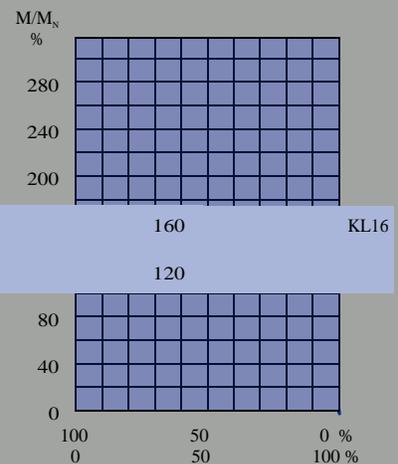
El par de arranque se indica en las tablas de selección, como múltiplo del par nominal. La posición del par máximo se tomará del diagrama si así conviene. Las tolerancias son  $\pm 10\%$  para el par máximo.

Deslizamiento: se expresa en % de la velocidad de sincronismo.

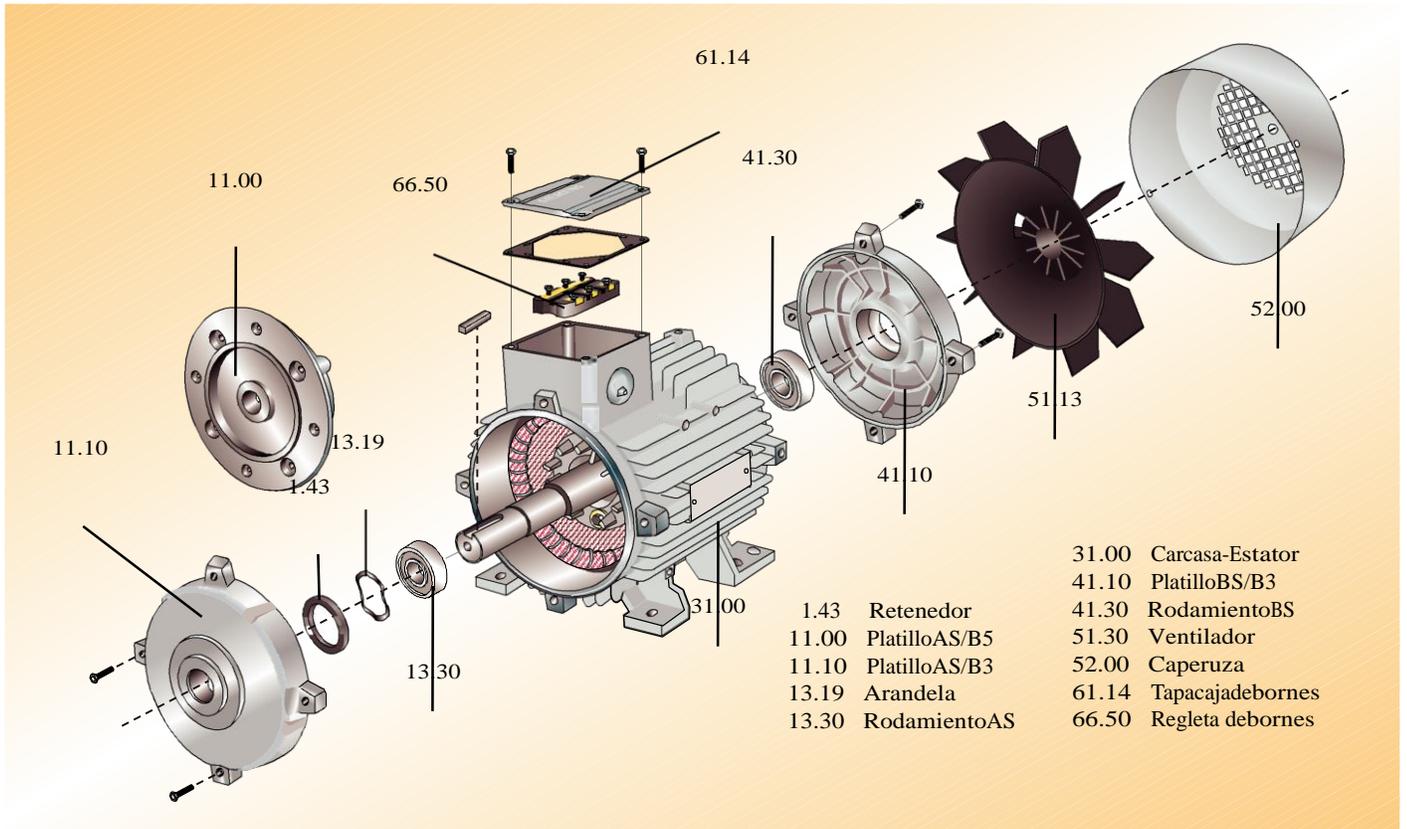
KL16  
Tamaños constructivos 71 hasta 160L  
2 polos



KL16  
Tamaños constructivos 180M y 200L  
2 polos



# Despiece



## Caja de conexiones

Los tamaños 71 y superiores, hasta el 220, poseen la caja de conexiones en la parte superior de la carcasa; en los demás motores va instalada a la derecha.

Para la conexión a tierra se dispone, en todos los tipos, de un borne en la caja de conexiones, debidamente marcado; del tamaño 180 en adelante, adicionalmente se tienen bornes de puesta a tierra en las patas. Los motores se suministran con los puentes correspondientes para las diferentes conexiones de sus bobinas.

## Carcasa

La carcasa de los motores de los tamaños 71 a 160 es de aluminio inyectado. Del tamaño 180 en adelante tienen la carcasa en hierro fundido.

## Platillos

Los tamaños AH71, 80 y 90 se fabrican con platillos de aleación de aluminio; a partir del tamaño 112 los platillos de los motores son de fundición de hierro, tanto en el lado de accionamiento AS como en el lado de servicio BS.

## Pintura

Los motores llevan dos capas de pintura. Una capa anticorrosiva, que ofrece protección en caso de humedad o de instalación a la intemperie o en locales en los que haya que contar con gases y vapores químicamente agresivos y otra de acabado color gris.

## Ventilador

Los ventiladores para la refrigeración del motor son de plástico en todos los tamaños de la serie I LA3/5/7 y su acción refrigerante es complementada por la caperuza, fabricada en lámina de acero. Para la serie I LA4 y I LA6 el ventilador es fundido en aluminio.

**Velocidad3600rpm(2 polos)**

Código Actual	Código Antiguo	Tipo	Frame IEC	HP	kW	F.S.	Ina		rpm	Eficiencia %	Torque nominal Nm	Momento de inercia Kgm2	Torque de arranque deTn	Intensidad deIn	Peso aprox. kg
							220V Amp.	440V Amp.							
01083	836273	1LA7070-2YA60	71	0.75	0.56	1.15	2.40	1.20	3430	79.0	1.56	0.00035	2.7	6.0	4.3
01084	836290	1LA7072-2YA60	71	0.90	0.67	1.05	3.20	1.60	3320	66.0	1.93	0.00035	2.3	4.9	6.0
01085	836274	1LA7073-2YA60	71	1.00	0.75	1.15	3.50	1.75	3320	65.0	2.20	0.00045	2.5	4.7	6.0
01086	836201	1LA7080-2YC60	80	1.20	0.90	1.05	4.00	2.00	3400	68.0	2.51	0.00085	2.3	4.9	8.4
01087	836276	1LA7080-2YA60	80	1.50	1.12	1.15	5.30	2.65	3370	69.0	3.17	0.00085	1.8	3.7	8.4
01088	836202	1LA7082-2YA60	80	1.80	1.34	1.05	5.80	2.90	3450	72.4	3.72	0.0011	2.1	5.3	10.0
01089	836278	1LA7083-2YA60	80	2.00	1.50	1.15	6.20	3.10	3410	74.0	4.18	0.0011	3.3	6.3	10.0
01090	836203	1LA7090-2YC60	90	2.40	1.79	1.05	7.00	3.50	3460	79.0	4.94	0.0015	2.4	5.5	11.7
01091	836279	1LA7090-2YA60	90	3.00	2.20	1.15	9.00	4.50	3490	76.0	6.12	0.0015	2.7	5.7	13.7
01092	836204	1LA7094-2YA60	90	3.60	2.70	1.05	10.80	5.40	3460	79.0	7.41	0.0020	2.7	6.0	14.9
01093	836281	1LA7096-2YA60	90	4.00	3.00	1.15	12.20	6.10	3440	82.0	8.20	0.0020	2.3	5.9	15.0
01094	836206	1LA7112-2YA60	112	5.00	3.73	1.15	16.00	8.00	3480	71.1	10.24	0.0055	2.0	5.2	28.0
01095	836207	1LA7113-2YA60	112	6.60	4.92	1.05	19.00	9.50	3480	79.0	13.51	0.0055	2.6	6.8	30.8
01096	836283	1LA7114-2YA60	112	7.50	5.60	1.15	21.80	10.90	3500	77.4	15.27	0.0055	2.0	5.8	33.4
01097	836284	1LA7130-2YA70	132S/M	10.00	7.50	1.15	28.00	14.00	3520	79.0	20.50	0.016	2.4	6.0	50.0
01098	836212	1LA7131-2YA70	132S/M	12.00	9.00	1.05	32.00	16.00	3525	80.0	24.60	0.021	2.7	6.8	52.5
01099	836285	1LA7132-2YA70	132S/M	15.00	11.20	1.15	41.00	20.50	3520	80.5	30.70	0.021	2.0	6.5	56.5
01100	836286	1LA5163-2YB70	160M/L	20.00	14.90	1.05	53.00	26.50	3528	87.0	40.39	0.034	2.0	6.0	69.5
01101	836224	1LA5164-2YB70	160M/L	25.00	18.70	1.15	70.00	35.00	3530	88.0	50.46	0.040	2.1	5.0	82.5
01102	836230	1LA5167-2YB70	160M/L	30.00	22.40	1.05	81.00	40.50	3540	90.0	60.38	0.052	2.1	4.6	94.0

**Motores de alta eficiencia (Eficiencia superior a E-Pact)**

01103	856235	1LA4183-2YC80	180M	35	26.1	1.05	87	43.5	3540	89.0	70.44	0.077	2.5	6.6	160.5
01104	856242	1LA4184-2YA80	180M	40	29.8	1.05	102	51.0	3510	90.5	81.19	0.077	2.3	6.4	162.0
01105	856248	1LA4206-2YC80	200L	50	37.3	1.15	124	62.0	3530	90.0	100.91	0.14	2.4	6.6	235.0
01106	856250	1LA4207-2YA80	200L	60	44.5	1.15	148	74.0	3545	91.0	120.58	0.16	2.4	6.5	260.0
01107	856275	1LA6224-2YC80	225M	75	55.5	1.15	188	94.0	3540	93.4	150.94	0.24	1.8	6.8	320.0
26690	843275	1LA6258-2BB90-Z	250M	100	75.0	1.2	240	120.0	3558	93.9	201.00	0.45	2.5	7.5	490.0
26691	843210	1LA6280-2AC60	280S	125	93.0	1.0	-	143.6	3570	94.3	241.00	0.79	2.7	7.0	570.0
26692	843212	1LA6283-2AC60	280M	150	112.0	1.0	-	169.7	3570	94.7	289.00	0.92	2.7	7.0	610.0
26693	843218	1LA6310-2AC60	315S	185	138.0	1.0	-	212.3	3576	94.8	353.00	1.3	2.8	7.0	790.0
26694	843220	1LA6313-2AC60	315M	225	168.0	1.0	-	257.4	3576	95.1	423.00	1.5	2.8	7.0	850.0
26695	843225	1LA6316-2AC90-Z	315L	275	205.0	1.1	-	309.9	3576	95.5	513.00	1.8	2.8	7.0	990.0
26696	843230	1LA6317-2AC90-Z	315L	325	242.0	1.1	-	360.7	3580	96.0	641.00	2.3	2.8	7.0	1100.0

**Velocidad 1800rpm(4 polos)**

Código Actual	Código Antiguo	Tipo	Frame IEC	HP	kW	F.S.	Ina		rpm	Eficiencia %	Torque nominal Nm	Momento de inercia Kg·m <sup>2</sup>	Torque de arranque de Tn	Intensidad de I <sub>n</sub> de I <sub>n</sub>	Peso aprox. kg
							220V Amp.	440V Amp.							
01108	836440	ILA7070-4YC60	71	0.40	0.29	1.05	1.6	0.80	1640	66.0	1.74	0.0006	1.8	2.8	4.7
01109	836472	ILA7070-4YA60	71	0.50	0.37	1.15	1.9	0.95	1590	66.0	2.20	0.0006	1.3	2.7	5.5
01110	836460	ILA7071-4YA60	71	0.60	0.45	1.05	2.2	1.10	1645	69.0	2.60	0.0008	1.8	3.4	6.0
01111	836473	ILA7073-4YA60	71	0.75	0.56	1.15	2.9	1.45	1650	65.0	3.30	0.0008	1.9	3.7	6.0
01112	836490	ILA7080-4YC60	80	0.90	0.67	1.05	3.1	1.55	1675	68.0	3.83	0.0015	2.3	4.4	8.1
01113	836474	ILA7080-4YA60	80	1.00	0.75	1.15	3.5	1.75	1660	69.2	4.29	0.0015	1.9	3.7	8.1
01114	836401	ILA7081-4YA60	80	1.20	0.90	1.05	4.0	2.00	1675	70.0	5.10	0.0018	2.2	3.7	9.3
01115	836476	ILA7083-4YA60	80	1.50	1.12	1.15	5.0	2.5	1650	72.0	6.48	0.0018	1.8	3.0	9.3
01116	836402	ILA7090-4YC60	90	1.80	1.34	1.05	6.4	3.2	1700	77.0	7.54	0.0028	2.4	5.2	11.9
01117	836478	ILA7090-4YA60	90	2.00	1.50	1.15	7.0	3.5	1700	77.0	8.38	0.0028	2.2	4.4	12.1
01118	836403	ILA7094-4YA60	90	2.40	1.79	1.05	7.4	3.7	1690	77.0	10.12	0.0035	2.0	4.5	14.9
01119	836479	ILA7096-4YA60	90	3.00	2.20	1.15	9.6	4.8	1708	79.0	12.51	0.0035	1.8	3.6	14.9
01120	836404	ILA7111-4YA60	112	4.00	3.00	1.15	13.0	6.5	1750	76.3	16.28	0.0048	2.2	5.6	27.1
01121	836406	ILA7112-4YA60	112	5.00	3.73	1.15	15.8	7.9	1750	80.5	20.36	0.0058	2.3	6.5	28.7
01122	836407	ILA7113-4YA60	112	6.60	4.92	1.05	19.6	9.8	1745	78.0	26.95	0.011	2.0	6.0	31.0
01123	836483	ILA7114-4YA60	112	7.50	5.60	1.15	23.2	11.6	1740	80.0	30.71	0.011	2.2	5.6	32.7
01124	836484	ILA7131-4YA70	132S/M	10.00	7.50	1.15	28.8	14.4	1750	81.0	41.50	0.018	2.3	6.0	46.5
01125	836412	ILA7133-4YA70	132S/M	12.00	9.00	1.05	34.0	17.0	1750	81.2	49.50	0.024	2.5	6.6	49.0
01126	836485	ILA7134-4YA70	132S/M	15.00	11.2	1.15	43.0	21.5	1750	82.5	62.00	0.024	1.8	5.0	62.0
01127	836486	ILA5164-4YB70	160M/L	20.00	14.9	1.15	53.0	26.5	1760	85.0	80.96	0.040	1.8	6.3	77.5
01128	836487	ILA5167-4YC70	160M/L	25.00	18.7	1.15	64.0	32.0	1755	89.0	101.5	0.052	1.8	5.4	85.5

**Motores de alta eficiencia(Eficiencia superior a E-Pact.)**

01129	856431	ILA4183-4YA80	180M	30	22.4	1.05	78	39.0	1755	90.7	121.8	0.13	2.0	4.9	170
01130	856436	ILA4186-4YA80	180L	36	26.8	1.05	93	46.5	1760	91.3	146.7	0.15	2.8	6.8	190
01131	856440	ILA4187-4YA80	180L	40	29.8	1.05	104	52.0	1750	91.3	162.8	0.15	2.0	5.6	190
01132	856448	ILA4207-4YC80	200L	50	37.3	1.15	126	63.0	1760	91.3	202.4	0.24	2.7	6.8	250
01133	856450	ILA6220-4YA80	225S	60	44.5	1.15	148	74.0	1765	96.2	242.2	0.44	2.7	6.6	314
01134	856475	ILA6224-4YC80	225M	75	56.0	1.15	188	94.0	1780	92.7	300.2	0.52	2.0	5.1	321
26697	843475	ILA6258-4BA90-Z	250M	100	75.0	1.20	240	120.0	1780	94.0	402	0.79	2.7	7.1	495
26698	843410	ILA6280-4BA90-Z	280S	125	93.0	1.05	290	145.0	1785	94.7	482	1.4	2.3	6.2	610
26699	843412	ILA6283-4BA90-Z	280M	150	112.0	1.00	355	177.5	1785	94.9	589	1.6	2.7	7.4	660
26700	843418	ILA6310-4AA60	315S	185	138.0	1.00	-	222.2	1783	94.8	707	2.2	2.5	6.7	830
26701	843420	ILA6313-4AA60	315M	225	168.0	1.00	-	265.2	1783	95.5	848	2.7	2.7	7.2	910
26702	843425	ILA6316-4AA90-Z	315L	275	205.0	1.10	-	323.1	1783	95.6	1030	3.2	2.6	7.0	1060
26703	843430	ILA6317-4AA90-Z	315L	350	261.0	1.10	-	409.5	1785	96.2	1280	4.2	2.7	7.0	1200

Velocidad 1200rpm(2 polos)															
Código Actual	Código Antiguo	Tipo	Frame IEC	HP	kW	F.S.	Ina		rpm	Eficiencia %	Torque nominal Nm	Momento de inercia Kgm2	Torque de arranque de Tn	Intensidad de I <sub>n</sub> comofac.	Peso aprox. kg
							220V Amp.	440V Amp.							
01135	836640	1LA7072-6YA60	71	0.40	0.29	1.05	1.60	0.80	1090	65.0	2.61	0.0006	2.3	4.9	5.7
01136	836672	1LA7073-6YA60	71	0.50	0.37	1.15	2.20	1.10	1020	61.0	3.70	0.0009	1.5	2.0	5.7
01137	836660	1LA7080-6YC60	80	0.60	0.45	1.05	2.40	1.20	1080	63.0	3.96	0.0015	1.8	2.7	8.5
01138	836673	1LA7080-6YA60	80	0.75	0.56	1.15	3.30	1.65	1075	62.0	4.97	0.0015	1.5	2.0	8.5
01139	836690	1LA7082-6YA60	80	0.90	0.66	1.05	3.60	1.80	1080	66.0	5.94	0.0018	1.9	3.1	10.5
01140	836674	1LA7083-6YA60	80	1.00	0.74	1.15	4.20	2.10	1090	67.0	6.54	0.0018	2.6	4.0	10.5
01141	836601	1LA7090-6YC60	90	1.20	0.90	1.05	5.20	2.60	1135	67.0	7.53	0.0028	2.0	3.2	11.9
01142	836676	1LA7090-6YA60	90	1.50	1.12	1.15	6.60	3.30	1110	69.0	9.63	0.0028	2.0	3.4	12.0
01143	836678	1LA7096-6YA60	90	2.00	1.50	1.15	7.80	3.90	1100	72.0	12.95	0.0035	2.7	6.0	14.9
01144	836679	1LA7112-6YA60	112	3.00	2.20	1.15	11.80	5.90	1150	72.1	18.59	0.011	1.9	4.0	26.7
01145	836681	1LA7113-6YA60	112	4.00	3.00	1.15	15.00	7.50	1150	76.8	24.78	0.011	2.0	4.5	29.6
01146	836606	1LA7130-6YA70	132S/M	5.00	3.73	1.15	16.40	8.20	1150	78.5	31.00	0.015	1.8	4.6	40.5
01147	836683	1LA7133-6YA70	132S/M	7.50	5.60	1.15	26.00	13.00	1150	78.0	47.00	0.019	1.8	5.1	54.0
01148	836684	1LA7135-6YA70	132S/M	10.00	7.50	1.05	33.00	16.50	1150	80.5	62.00	0.025	1.9	5.2	60.0
01149	836685	1LA5164-6YB70	160M/L	15.00	11.20	1.05	44.00	22.00	1150	85.0	92.93	0.041	2.0	5.9	73.5
01150	836686	1LA5167-6YC70	160M/L	20.00	14.90	1.05	60.00	30.00	1170	86.0	121.8	0.049	1.8	5.0	89.5
Motores de alta eficiencia (Eficiencia superiores a E-P Act.)															
01151	856624	1LA4186-6YA80	180L	25	18.7	1.05	67.5	33.8	1170	88.0	152.2	0.2	2.6	5.6	180
01152	856625	1LA4206-6YA80	200L	30	22.4	1.05	79.0	39.5	1175	89.0	181.9	0.29	2.3	5.4	240
01153	856630	1LA4207-6YA80	200L	36	26.8	1.05	95.0	47.5	1175	89.0	218.3	0.33	2.6	5.6	255
01154	856650	1LA6223-6YC80	225M	50	37.3	1.15	124.0	62.0	1170	92.0	304.5	0.57	2.4	5.8	315
26704	843606	1LA6253-6AA60	250M	60	45	1.10	-	73.9	1176	92.4	361	0.89	2.1	6.0	410
26705	843608	1LA6280-6AA60	280S	75	56	1.05	-	91.7	1178	93.0	438	1.3	2.3	6.0	540
26706	843609	1LA6283-6AA60	280M	100	75	1.00	-	121.7	1180	93.0	534	1.5	2.4	6.2	580
26707	843610	1LA6310-6AA60-Z	315S	125	93	1.10	-	151.6	1185	93.8	725	2.4	2.5	6.2	770
26708	843612	1LA6313-6AA60-Z	315M	150	112	1.10	-	181.3	1185	94.2	870	2.9	2.5	6.2	830
26709	843618	1LA6316-6AA90-Z	315L	175	131	1.10	-	210.4	1185	94.7	1060	3.5	2.5	6.6	970
26710	843620	1LA6317-6AA90-Z	315L	200	149	1.10	-	239.7	1183	94.7	1280	4.3	2.2	6.6	1060
26711	843625	1LA6318-6AA60	315L	250	187	1.05	-	299.3	1185	95.0	1550	4.9	2.3	6.6	1100

# Motorestrifásicosde inducción

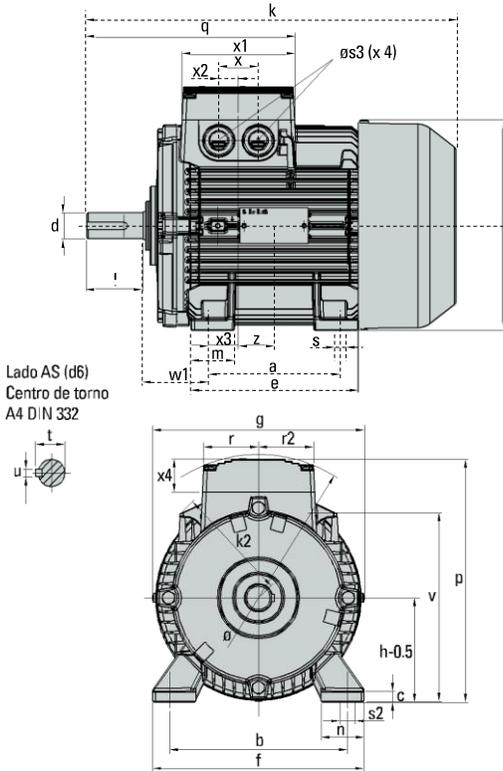
## Generalidades

### Medidasparamontaje

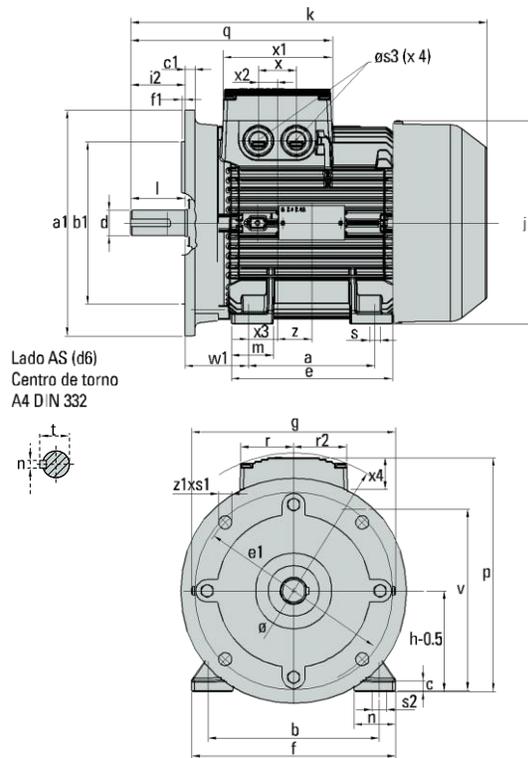
Motor tamaño	Medidascomunes (IMB3,IMB5)						medidasde laforma constructivaIMB3										Medidasde laforma constructiva IMB5/IMB35					
	l	d	t	u	g	g <sub>1</sub>	p/p <sub>2</sub>	k	a	b	h	w <sub>1</sub>	s	e	f	a1	b1	c1	e1	f1	s1	k
071	30	14	16.1	5	148	-	178.5	240	90	112	71	45	7	107.5	132	160	110	5.5	130	3.5	10.5	231
080	40	19	21.5	6	163	-	193.5	273.5	100	125	80	50	9.5	119.5	150	200	130	8	165	3.5	13	283
090S	50	24	26.9	8	181	-	211.5	331	100	140	90	56	10	114.5	165	200	130	7	165	3.5	13	324
090L	50	24	26.9	8	181	-	211.5	331	125	140	90	56	10	144.5	165	200	130	7	165	3.5	13	324
112M	60	28	31.0	8	227	-	260	393	140	190	112	70	12	176	226	250	180	11	215	4	14.5	388
132S	80	38	41.3	10	264.5	-	315	481	140	216	132	89	12	1218	256	300	230	14	265	4	15	481
132M	80	38	41	10	266	-	299	491	178	216	132	89	12	218	226	300	230	12	265	4	4.5	491
160M	110	42	45.0	12	320	-	365.5	629	210	254	160	109	15	300	300	350	250	20	300	5	18	628
160L	110	42	45.0	12	320	-	365.5	629	254	254	160	109	15	300	300	350	250	20	300	5	18	628
180M	110	48	51.5	14	357	499	410	653	241	279	180	121	16	301	339	350	250	13	300	5	18	653
180L	110	48	51.5	14	357	499	410	691	279	279	180	121	16	339	339	350	250	13	300	5	18	691
200L	110	55	59.0	16	403	534	460	743	305	318	200	133	20	385	398	400	300	15	350	5	18	743
225S	*140	*60	*64	18	447	-	569	*830	286	356	225	149	19	361	436	450	350	16	400	5	17.5	*830
225M	*140	*60	*64	18	447	-	569	*830	311	356	225	149	19	361	436	450	350	16	400	5	17.5	*830
250M	140	*65	*69	18	520	-	680	930	349	406	250	168	24	409	506	550	450	18	500	5	17.5	930
280S	140	*75	*79.5	*20	575	-	735	1005	368	457	280	190	24	479	557	550	450	18	500	5	17.5	1005
280M	140	*75	*79.5	*20	575	-	735	1005	419	457	280	190	24	479	557	550	450	18	500	5	17.5	1005
315S <sup>1)</sup>	140	65	69	18	645	-	-	1110	406	508	315	216	28	527	628	660	550	22	600	6	22	1110
315S <sup>2)</sup>	170	85	85	22	-	-	-	1140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1140
315M <sup>1)</sup>	140	65	69	18	645	-	-	1110	406	508	315	216	28	527	628	660	550	22	600	6	22	1110
315M <sup>2)</sup>	170	80	85	22	-	-	-	1140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1140
315L <sup>1)</sup>	140	65	69	18	645	-	-	1250	508	508	315	216	28	578	628	660	550	22	600	6	22	1250
315L <sup>2)</sup>	170	80	85	22	-	-	-	1280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1280

### Tamaños71a160

#### EjecuciónIMB3

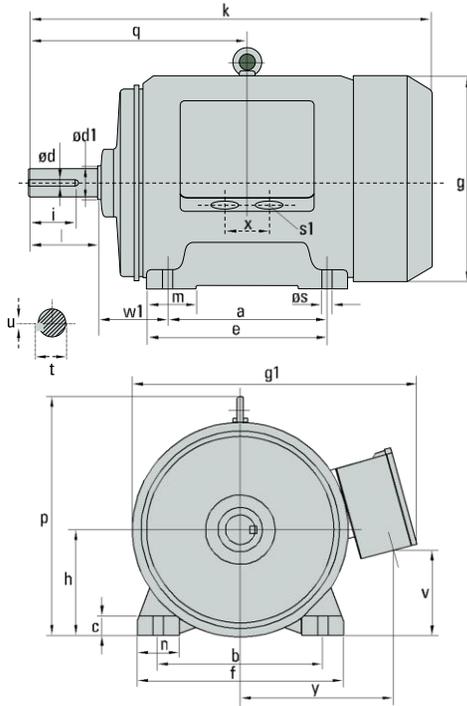


#### EjecuciónIMB35

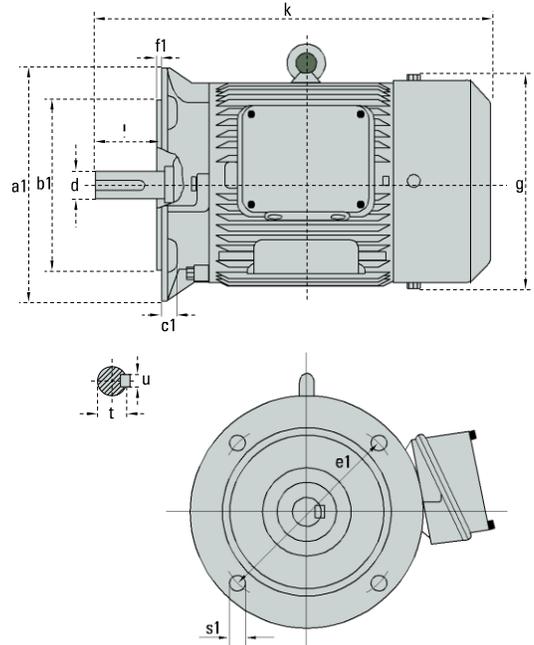


Tamaños 180 a 200

Ejecución IMB3

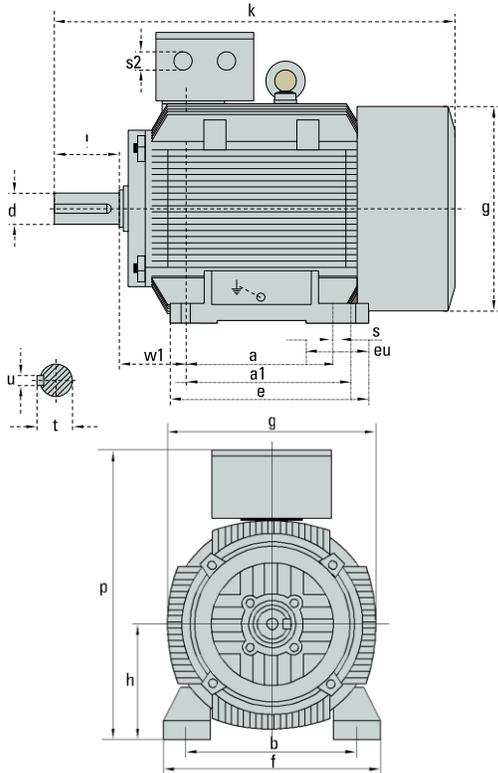


Ejecución IMB5

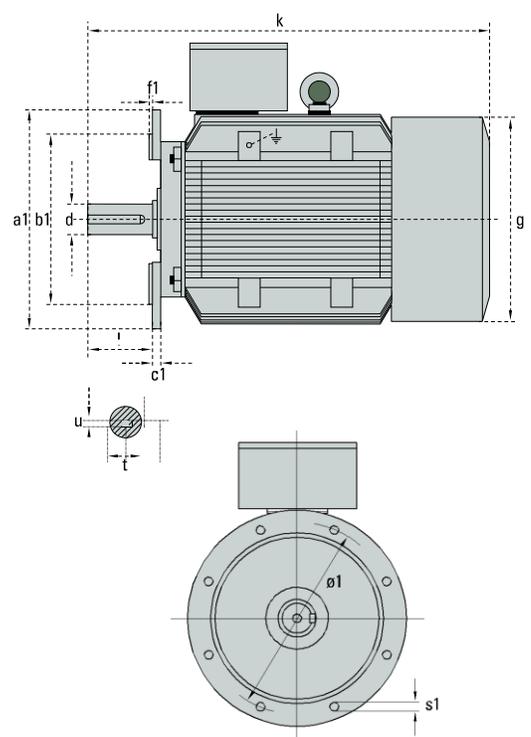


Tamaños 225 a 315

Ejecución IMB3



Ejecución IMB5



\*Parametros dedos polos cambian las siguientes medidas:  
 Tamaño constructivo 225M:  $l=110$ ;  $d=55$ ;  $t=59$ ;  $u=16$ mm.;  $k=800$ .....  
 Tamaño constructivo 280S:  $d=65$ ;  $t=69$ ;  $u=18$ mm.  
 1) Motores de dos polos

Tamaño constructivo 250M:  $d=60$ ;  $t=64$ .....

2) Motores de 4 a 8 polos

## Hoja de características del SR3B101FU

### producto

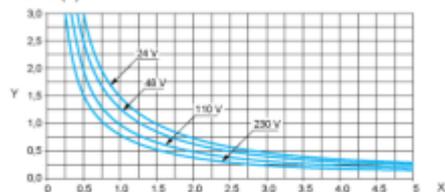
### Curvas de rendimiento

#### Módulos lógicos compactos y modulares

#### Capacidad de duración eléctrica de las salidas de relé

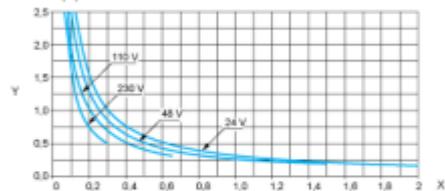
(en millones de ciclos de funcionamiento, conforme a IEC/EN 60947-5-1)

##### AC-12 (1)



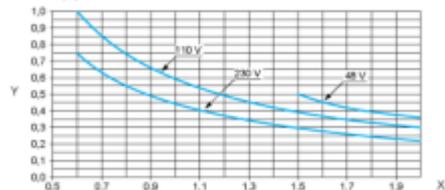
X: Corriente (A)  
 Y: Millones de ciclos de funcionamiento  
 (1) AC-12: conmutación de cargas resistivas y de cargas de estado sólido aisladas por optoacoplador,  $\cos \geq 0,9$ .

##### AC-14 (1)



X: Corriente (A)  
 Y: Millones de ciclos de funcionamiento  
 (1) AC-14: conmutación de cargas electromagnéticas pequeñas de  $\leq 72$  VA, cierre:  $\cos = 0,3$ , apertura:  $\cos = 0,3$ .

##### AC-15 (1)



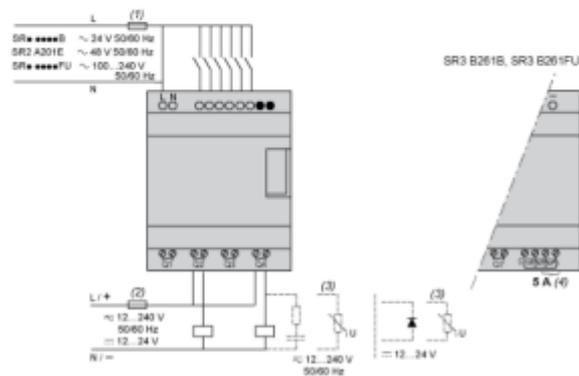
X: Corriente (A)  
 Y: Millones de ciclos de funcionamiento  
 (1) AC-15: conmutación de cargas electromagnéticas pequeñas de  $\geq 72$  VA, cierre:  $\cos = 0,7$ , apertura:  $\cos = 0,4$ .

## Hoja de características del producto SR3B101FU

### Conexiones y esquema

#### Conexión de módulos lógicos en alimentación CA

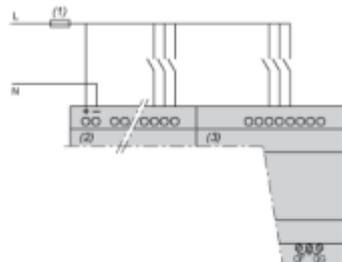
##### SR\*\*\*1B, SR\*\*\*1FU



- (1) Fusible de acción rápida de 1 A o disyuntor.
- (2) Fusible o disyuntor.
- (3) Carga inductiva.
- (4) Q9 y QA: 5 A (corriente máx. en terminal C: 10 A).

##### Con módulo de extensión de E/S binaria

SR3B\*\*\*B + SR3XT\*\*\*B, SR3B\*\*\*FU + SR3XT\*\*\*FU



- (1) Fusible de acción rápida de 1 A o disyuntor.

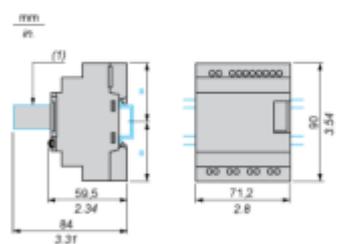
NOTA: QF y QG: 5 A para SR3XT141\*\*

## Hoja de características del producto SR3B101FU

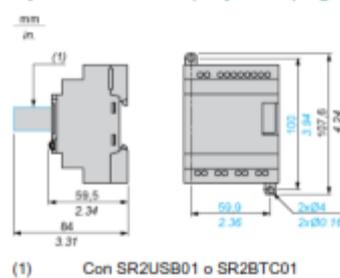
### Esquemas de dimensiones

#### Módulos lógicos compactos y modulares

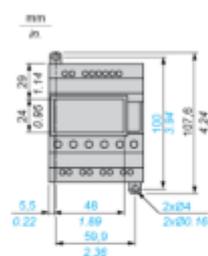
#### Montaje en un riel DIN de 35 mm (1.38 in)



#### Fijación de tornillos (orejetas plegables)



#### Posición de la pantalla



6 mm inserto cuadrado hembra	Clase B de acuerdo con EN 55022-11 grupo 1
Grado de contaminación	2 de acuerdo con EN/IEC 61131-2
Temperatura ambiente de funcionamiento	-20...40 °C em invólucro no ventilado acorde a IEC 60068-2-1 y IEC 60068-2-2 -20...55 °C acorde a IEC 60068-2-1 y IEC 60068-2-2
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...70 °C
Altitud máxima de funcionamiento	2000 m
Transporte de altitud	<= 3048 m
Humedad relativa	95 % sin condensación o goteo de agua

#### Información Logística

País de Origen	Francia
----------------	---------

#### Garantía contractual

Warranty period	18 months
-----------------	-----------

Estado de tensión 0 garantizado	<= 40 V para entrada digital
Current state 1 guaranteed	>= 0.17 mA para entrada digital
Current state 0 guaranteed	<= 0.5 mA para entrada digital
Tapa de conexiones trasero	350 kOhm (entrada digital)
Número de salidas	4 relé salidas
Límites de tensión de salida	24..0,250 V AC 5..0,30 V CC (salida del relé)
Tipo de contactos y composición	NA para salida del relé
Corriente térmica de salida	8 A para as 4 salidas (salida del relé)
Durabilidad eléctrica	500000 ciclos AC-12 en 230 V, 1.5 A para salida del relé de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 500000 ciclos AC-15 en 230 V, 0.9 A para salida del relé de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 500000 ciclos DC-12 en 24 V, 1.5 A para salida del relé de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 500000 ciclos DC-13 en 24 V, 0.6 A para salida del relé de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1
Capacidad de conmutación en mA	>= 10 mA en Ue 12 V (salida del relé)
Rango de operación en hz	0.1 Hz (a le) para código de fecha de fabricación salida del relé 10 Hz (sin carga) para código de fecha de fabricación salida del relé
Durabilidad mecánica	10000000 ciclos (salida del relé)
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	4 kV de acuerdo con EN/IEC 60947-1 y EN/IEC 60664-1
Reloj	Donde
Tiempo respuesta	10 ms (de estado 0 a estado 1) para código de fecha de fabricación salida del relé 5 ms (de estado 1 a estado 0) para código de fecha de fabricación salida del relé 50 ms con capacidad de sujeción: Ladder programac (de estado 0 a estado 1) para código de fecha de fabricación entrada digital 50 ms con capacidad de sujeción: Ladder programac (de estado 1 a estado 0) para código de fecha de fabricación entrada digital 50..0,255 ms con capacidad de sujeción: FBD programac (de estado 0 a estado 1) para código de fecha de fabricación entrada digital 50..0,255 ms con capacidad de sujeción: FBD programac (de estado 1 a estado 0) para código de fecha de fabricación entrada digital
Conexiones - terminales	Terminales de tornillo, capacid sujeción: 1 x 0,2...1 x 2,5 mm² AWG 25...AWG 14 semi-sólido Terminales de tornillo, capacid sujeción: 1 x 0,2...1 x 2,5 mm² AWG 25...AWG 14 sólido Terminales de tornillo, capacid sujeción: 1 x 0,25...1 x 2,5 mm² AWG 24...AWG 14 Flexible con terminal Terminales de tornillo, capacid sujeción: 2 x 0,2...2 x 1,5 mm² AWG 24...AWG 16 sólido Terminales de tornillo, capacid sujeción: 2 x 0,25...2 x 0,75 mm² AWG 24...AWG 19 Flexible con terminal
Par de apriete	0.5 N.m
Categoría de sobretensión	III de acuerdo con EN/IEC 60664-1
Peso del producto	0,25 kg

### Entorno

Inmunizado a microcortes	<= 10 ms
Certificaciones de producto	C-Tick UL GL GOST CSA
Normas	EN/IEC 61000-4-4 nivel 3 EN/IEC 61000-4-5 EN/IEC 61000-4-11 EN/IEC 61000-4-3 EN/IEC 61000-4-2 nivel 3 EN/IEC 60068-2-27 Ea EN/IEC 60068-2-6 Fc EN/IEC 61000-4-6 nivel 3 EN/IEC 61000-4-12
Grado de protección IP	IP20 (bloque de terminales) coordinación IEC 60529 IP40 (panel frontal) coordinación IEC 60529
Características ambientales	Directiva EMC de acuerdo con EN/IEC 61000-6-2 Directiva EMC de acuerdo con EN/IEC 61000-6-3 Directiva EMC de acuerdo con EN/IEC 61000-6-4 Directiva EMC de acuerdo con EN/IEC 61131-2 zona B Directiva bajo voltaje de acuerdo con EN/IEC 61131-2

## Hoja de características del producto

### Características

## SR3B101FU

relé inteligente modular Zelio Logic - 10 E S -  
100..240 V CA – relógio - visor



### Principal

Gama de producto	Zelio Logic
Tipo de producto o componente	Relés inteligente modular

### Complementario

Visualización local	Donde
Número de líneas de esquema de control	0...500 con FBD programac 0...240 con Ladder programac
Tiempo de ciclo	6...90 ms
Tiempo de backup	10 años en 25 °C
Deriv. reloj	6 s/mes en 25 °C 12 min/año en 0...55 °C
Comprobaciones	Memoria de programa en cada inicialización
[Us] tensión de alimentación nominal	100...240 V
Límites tensión alimentación	85...264 V
Frecuencia de alimentación	50/60 Hz
Corriente de alimentación	30 mA en Ue 240 V (sin extensión) 40 mA en Ue 240 V (con extensiones) 80 mA en Ue 100 V (con extensiones) 80 mA en Ue 100 V (sin extensión)
Consumo de potencia en VA	12 VA con extensiones 7 VA sin extensión
Tensión de aislamiento	1780 V
Tipo de protección	Contra inversión de terminales (instrucciones de control no ejecutadas)
De pie conductor	6
Voltaje entrada	100..0,240 V CA
Corriente de entrada discreta	0.6 mA
Frecuencia de entrada discreta	47..0,53 Hz 57..0,63 Hz
Estado de tensión 1 garantizado	>= 79 V para entrada digital

Jan 09, 2018

Libre de Schneider

1

## ANEXO 13: SOFTWARE OZEKI

### 1 *Como configurar el software OZEKI*

#### How to Set up an E-mail to SMS Gateway

**This guide instructs you how to set up an E-mail to SMS Gateway using the Ozeki NG - SMS Gateway software. In addition to an introduction explaining the convenience of this service, you are provided with a list of prerequisites, a description and depiction of the system architecture, an explanation of the SMS to E-mail and the E-mail to SMS configuration steps and some troubleshooting advice.**

##### 1.) Introduction

Using Ozeki NG - SMS Gateway you can realize a two-way E-mail - SMS gateway service. This service allows you to forward an incoming e-mail as an SMS message to a specified phone number (or phone numbers), and an incoming SMS message as an e-mail to a specified e-mail address (or e-mail addresses).

This service is highly convenient for office users, as it enables them to communicate via SMS. Using automated IT systems that are capable of sending or receiving e-mails, you can easily realize SMS-based communication. After the list of prerequisites (Section 2) and the description of the system architecture (Section 3), you can read a step-by-step explanation of how to perform the SMS to E-mail (Section 4) and the E-mail to SMS (Section 5) configuration. Finally, you are provided with some troubleshooting advice (Section 6).

##### 2.) Prerequisites

The following table contains a list of the prerequisites you need in order to set up the service described above. Please note that you can download Ozeki NG - SMS Gateway at the following URL:

<http://ozekisms.com/high-performance-sms-gateway/index.php?owpn=112>

Prerequisites	Comments
Personal Computer	Pentium 4 computer with 1,5 GHz CPU or better Minimum 512 MB RAM Minimum 40 MB hard disk space
Windows XP, Windows 2003, Windows Vista, Windows 2008, Windows 2008 R2, Windows 7, Windows 2012 R2, Windows 2016, Windows 8 or Windows 10	
Ozeki NG - SMS Gateway	Check out the <a href="#">Prerequisites</a> page.
GSM modem + SIM card (or IP SMS connection)	Check out the <a href="#">Supported phones</a> page
Mobile phonehandset	fortesting
E-mail server settings information	SMTP server information, POP 3 server information (including username and password)

### 3.) System Architecture

The figure below (Figure 1) depicts the system architecture of the service described above (Section 1).

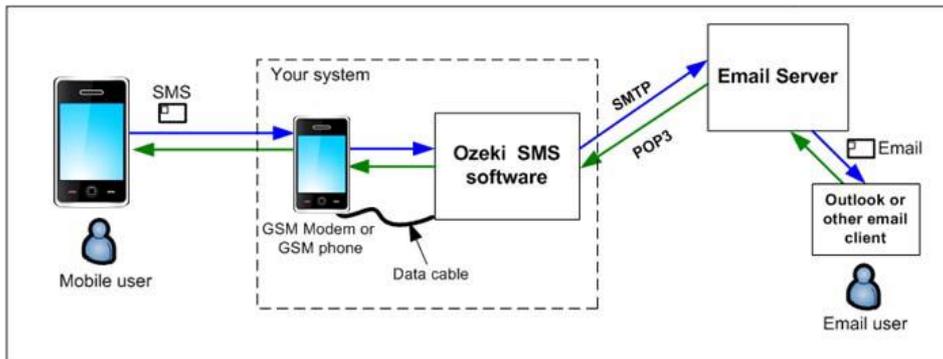


Figure 1 - System architecture of the service

The system depicted above involves different entities. The mobile user is an external user that sends an SMS message from a mobile phone to your system. Your system includes a GSM modem or GSM phone attached to your computer with a phone-to-PC data cable. Your computer runs the Ozeki NG - SMS Gateway program. This program controls the GSM modem, thus being able to send and receive SMS messages. It also includes an E-mail user. This is an automated user that can send and receive e-mails as an e-mail client. It uses an SMTP server to send, and a POP3 server to receive e-mails. The e-mails are sent to or received from an external (human) e-mail user. The e-mails received from the external (human) user are sent out by Ozeki NG - SMS Gateway as SMS messages over the GSM network to an external mobile user.

#### 4.) SMS to E-mail configuration

To configure the software to forward an incoming SMS message as an e-mail, take the steps below Figure 2:

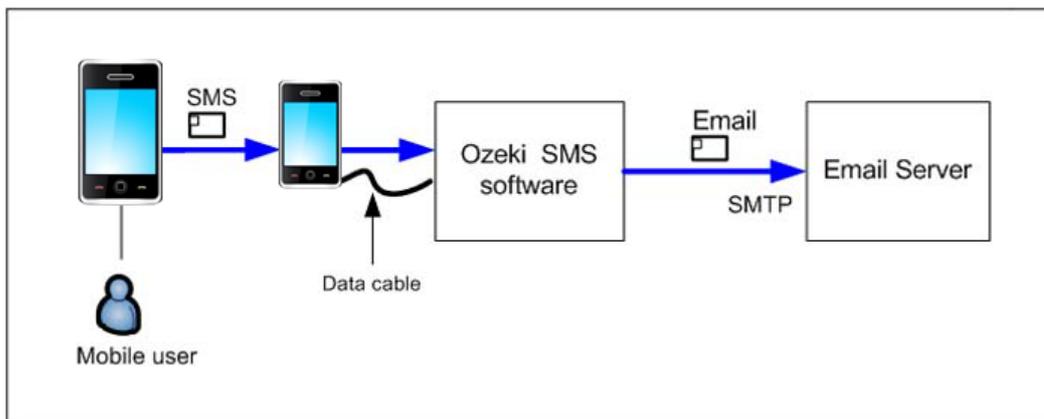


Figure 2 - Forwarding an incoming SMS message as an e-mail

Step 1: Install the Ozeki NG - SMS Gateway software. To find out how to do this, check out the [Installation Steps](#) page.

Step 2: Configure the GSM modem connectivity and the admin user (who is a Standard user). To find out how, check out the [GSM Modem Connectivity](#) and the [Standard user](#) page.

Step 3: Check if you can receive SMS messages with the modem. Send an SMS message to the modem, and then check if it has arrived in the admin mailbox. To find out how to open the admin user's account to check the Inbox, read the [Standard user](#) page.

Step 4: Install and configure an E-mail user. To find out how to install an E-mail user, read the [E-mail User](#) page. To learn how to perform the SMS to E-mail configuration, check out the [SMS to E-mail Configuration](#) page.

Step 5: Configure the inbound routing: add an inbound routing rule in which the destination is the E-mail user. To find out how to add and edit an inbound routing rule, read the [Inbound Routing](#) page. When you have added an inbound routing rule, an incoming SMS message matching the rule will be delivered to the automated E-mail user (Figure 3).

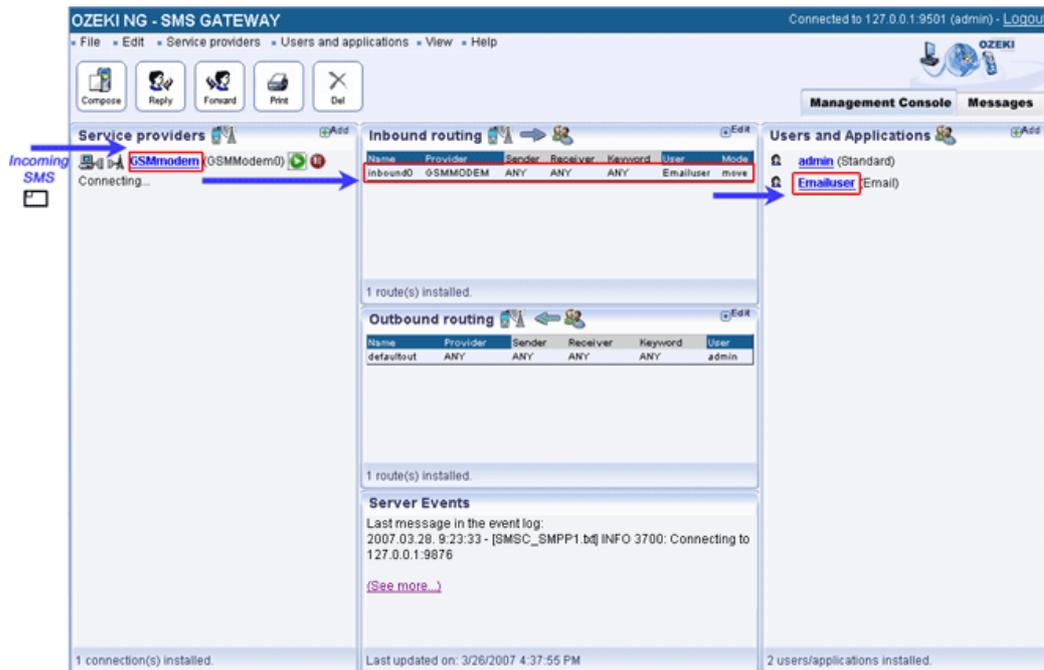


Figure 3 - SMS delivered to the E-mail user

The E-mail user will send it as an e-mail to a specified e-mail address. As a result, an incoming SMS message will finally arrive as an e-mail in a human user's e-mail box.

Step 6: Send an SMS message and check if it has arrived in your e-mail box.

#### 5.) E-mail to SMS Configuration

To configure the software to forward an incoming e-mail as an SMS message, take the steps below Figure 4:

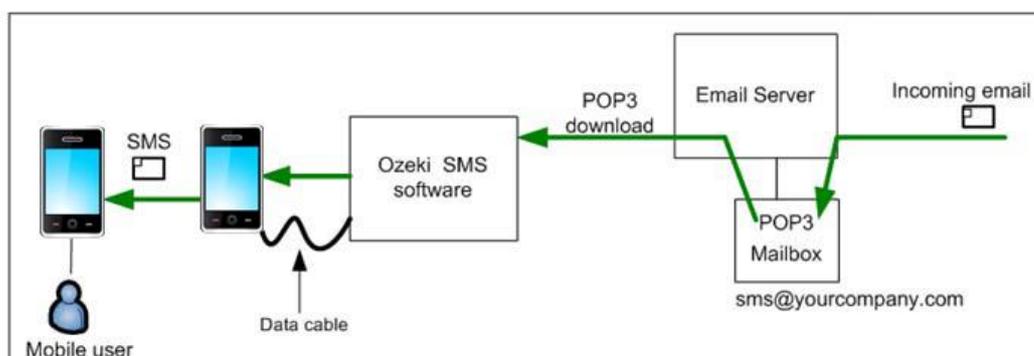


Figure 4 - Forwarding an incoming e-mail as an SMS

Step 1: Once you have installed and configured the GSM modem connectivity (Step 1 and Step 2 in Section 4 above), all you need to do is check if you can send SMS messages from the admin user's account using the GSM modem connectivity. Click the **Compose** button in the **Management Console**, and compose and send an SMS message to the mobile phone you use for the test (see the Prerequisites section above). For more details about using the **Compose** button in the **Management Console**, read [The Toolbar](#) page.

Step 2: Configure the outbound routing: add an outbound routing rule in which the source is the E-mail user. To find out how to add and edit an outbound routing rule, read the [Outbound Routing](#) page. When you have added an outbound routing rule, an incoming e-mail will be converted into an SMS message by the automated E-mail user, and it will be sent out using the GSM modem connection (Figure 5).

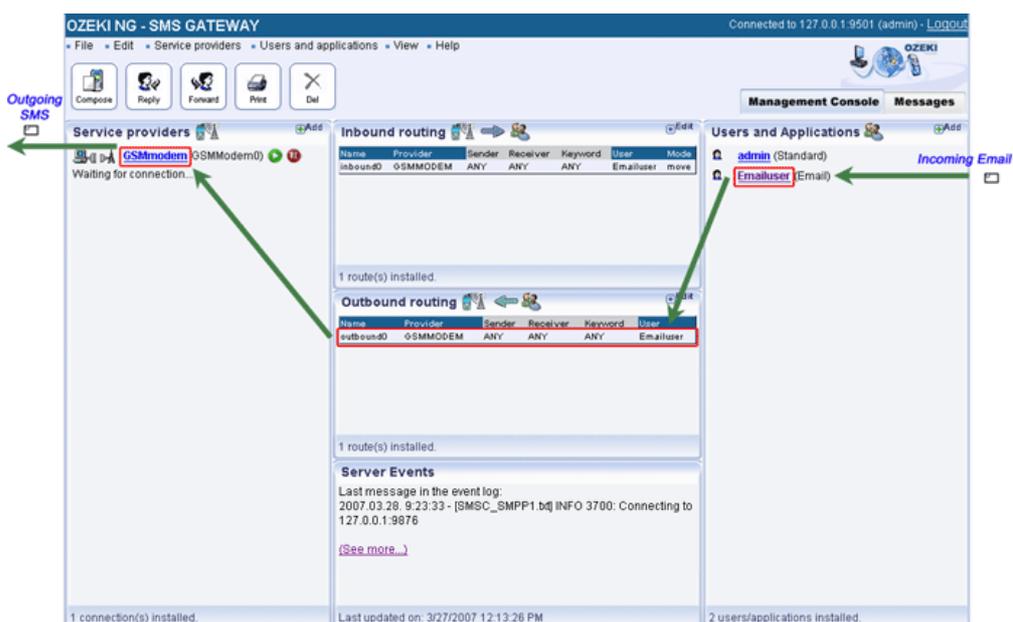


Figure 5 - SMS sent out from the E-mail user

Step 3: Perform the E-mail to SMS configuration in the E-mail user of Ozeki NG - SMS Gateway. During this configuration you need to specify, among others, information related to the POP3 Server, which is used to receive e-mails. For information about the configuration steps, check out the [E-mail to SMS Configuration](#) page.

Step 4: Test how it works: send an e-mail from Outlook Express to the POP3 Server. Ozeki NG - SMS Gateway will download and send it as an SMS message.

## 6.) Troubleshooting

If there are errors related to the E-mail user, you should start troubleshooting by viewing the logs. You can use 3 related logs to debug errors:

Server Events log: this is where you can find errors related to routing.

GSM Modem Events log: this is where you can find errors related to the GSM modem connection.

E-mail user Events log: this is where you can find errors related to the E-mail user.

You can find the Server Events log in the Client area of the **Management Console**, below the **Outboundrouting** table. See Figure 5 above.

You can find the GSM Modem Events log in the panel to the right of the panel of the GSM modem connection. To open the panel containing the Events log, click the **Events** link in the panel of the GSM modem connection. (Check out Figure 7 and the explanations below it on the [GSM Modem Connectivity](#) page.)

To view the E-mail user Events log, open the panel containing it by clicking the **Events** link in the panel of the E-mail user. To find out how to do this, check out Figure 3 and the instructions above it on the [E-mail User](#) page.

In order to successfully debug errors, you should check the **Log low level communication** checkbox in the configuration of the GSM modem connection. (Check out Figure 4 and the instructions above and below it on the [GSM Modem Connectivity](#) page.)

You can also access the log files in the file system by using Windows Explorer. The default access path is: **C:\Program Files\Ozeki\OzekiNG - SMS Gateway\Logs**  
For more details, read the **Viewing log entries** section on the [Login problems](#) page.

## SMS to E-mail Configuration

**This page provides you with step-by-step instructions on how to configure the E-mail user of the Ozeki NG - SMS Gateway software to forward an incoming SMS message as an e-mail to a specified e-mail address.**

The E-mail user, which is one of the installable users of Ozeki NG - SMS Gateway, can forward incoming SMS messages from a standard e-mail client to a specified e-mail address (or e-mail addresses). It will send e-mails using an SMTP server. The e-mail address is the first word of the SMS message. You can also specify this e-mail address in the configuration form of the E-mail user.

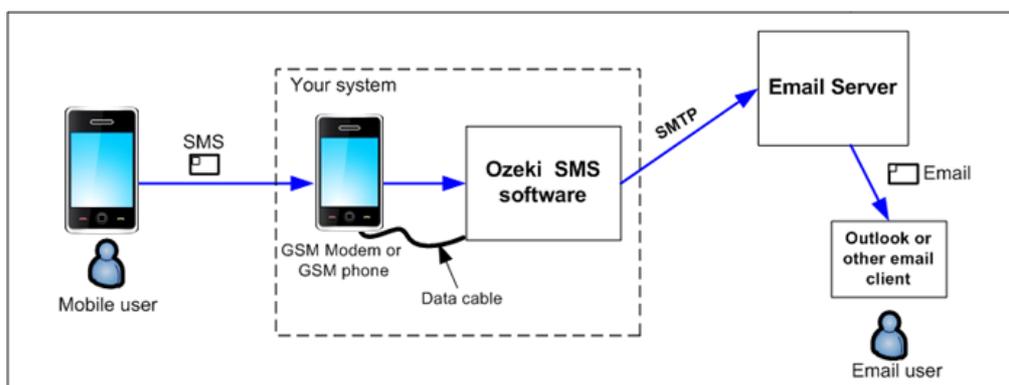


Figure 1 - Incoming SMS sent out as e-mail

You can use the [graphical user interface](#) of Ozeki NG - SMS Gateway to send an incoming SMS message as an e-mail.

After specifying a unique username for the E-mail user, the **Configuration** panel will show up. To start performing the SMS to E-mail configuration, click the **SMS to E-mail** tab.

This tab consists of the **SMTP server**, **Recipient**, **SMTP authentication**, and **Encoding** sections (Figure 2).

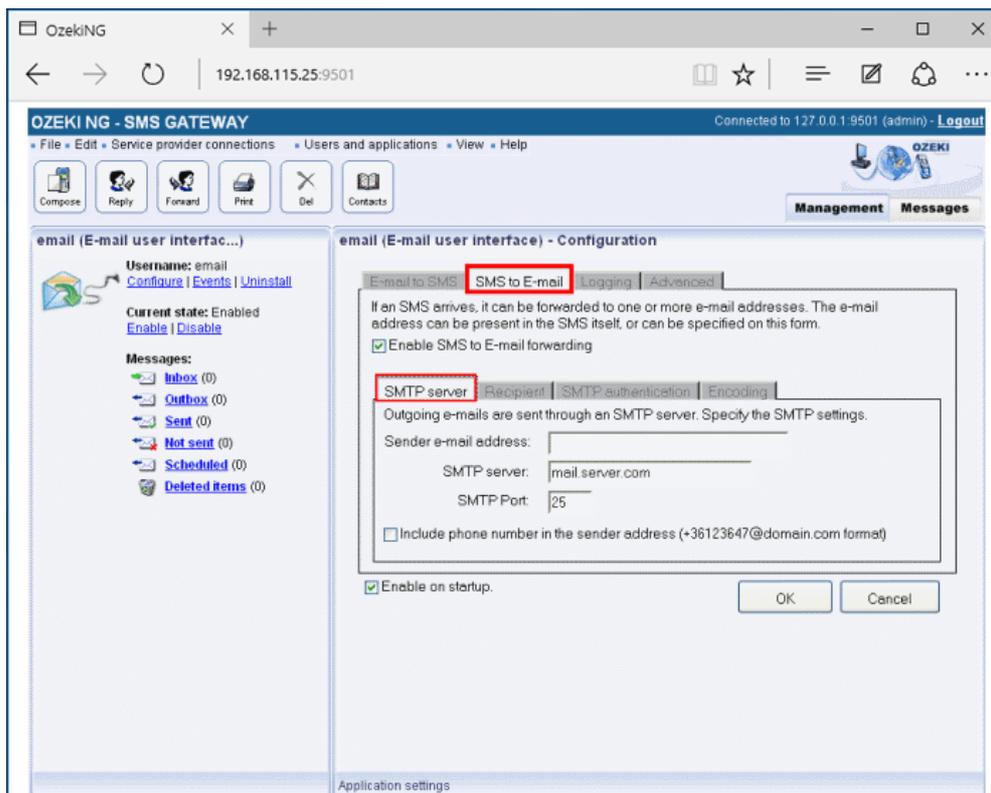


Figure 2 - The SMTP server section of SMS to E-mail tab

Outgoing e-mails are relayed by an SMTP server. In the **SMTP server** section, you can specify the address and the port of the SMTP server. Enter the information in the respective edit boxes.

If an SMS message arrives, it can be forwarded to one or more e-mail addresses. You can specify a e-mail address in the configuration form, or you can rely on the e-mail address information in the SMS itself.

In the **To (e-mail)** edit box in the **Recipient** section, you can specify the e-mail address to send incoming SMS messages to.

Check the **Use e-mail address in SMS if present** checkbox below the edit box to make the program send the SMS message to the e-mail address specified in the SMS message itself. If you check this checkbox, the e-mail will not be sent to the e-mail address specified in the configuration form. It will only be sent to the e-mail address(es) specified in the SMS itself.

The e-mail addresses have to be separated with a colon. It should look something like this: someaddress@hotmail.com;anotheraddress@yahoo.com;a\_third\_address@freemail.hu

In the **CC (e-mail)** edit box at the bottom of the **Recipient** section, you can specify another e-mail address to send a copy of an incoming SMS message to. Note, however, that if you rely on the e-mail addresses in the SMS itself, the e-mails will not be sent to this address. Then, they will only be sent to the e-mail addresses specified in the SMS (Figure 3).

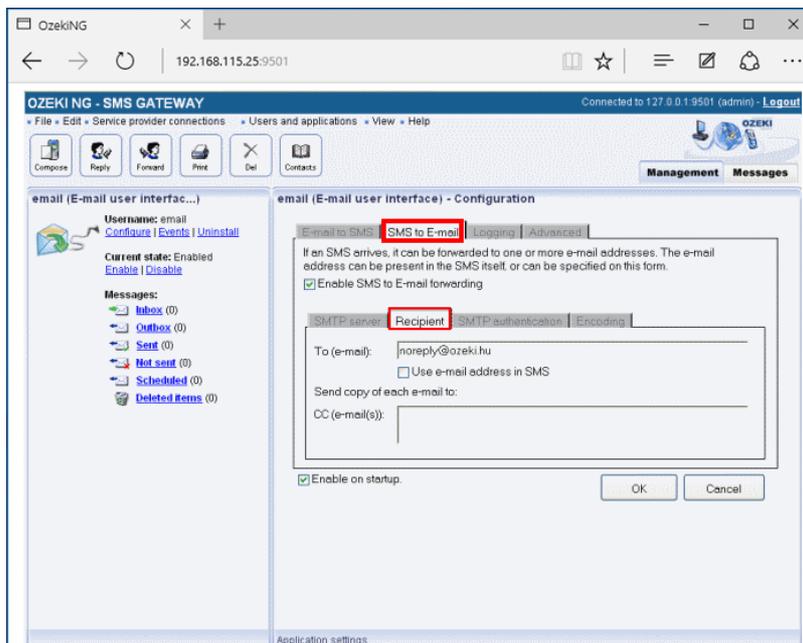


Figure 3 - The Recipient section of SMS to E-mail tab

If your SMTP server requires authentication, open the **SMTP authentication** section and set the username and password (Figure 4).

Some SMTP servers require user authentication for security reasons. To send messages using such an SMTP server, check the **My SMTP server requires authentication** checkbox, and specify your SMTP username and password in the respective edit boxes.

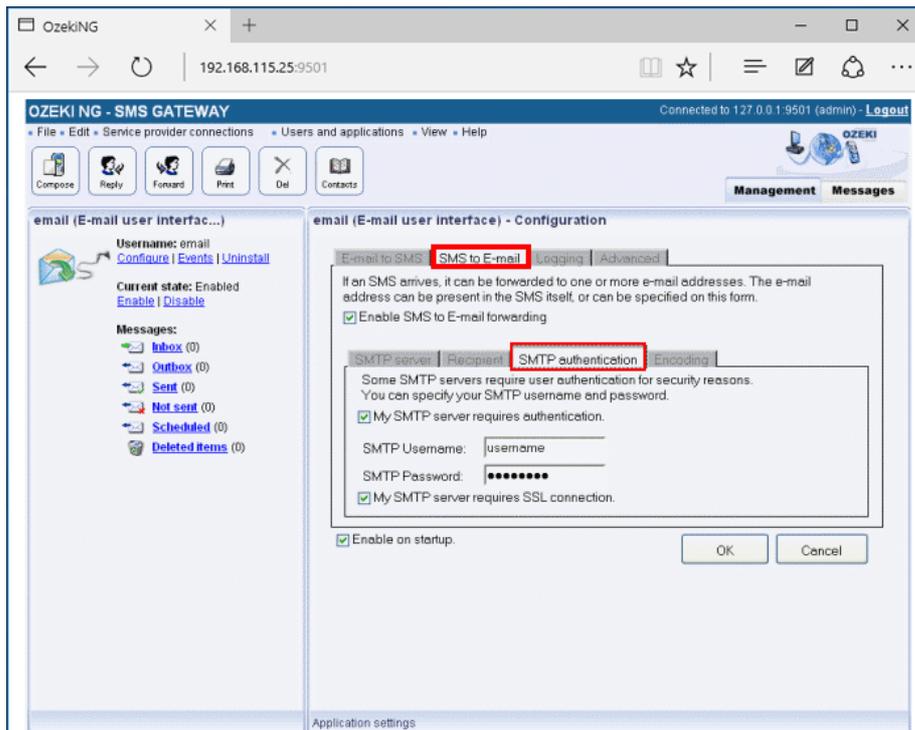


Figure 4 - The SMTP authentication section of SMS to E-mail tab

To find out how to configure it to forward an incoming e-mail as an incoming SMS message to a specified phone number, check out the [E-mail to SMS Configuration](#) page.

For detailed instructions on how to realize a two-way E-mail - SMS gateway service, check out the [How to Set up an E-mail - SMS Gateway](#) page.

## Anexo 14

## PROFORMA COMERCIAL PROYECTO ENLACE FIBRA ÓPTICA

 <div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 20px;"> <b>Cotización</b>            No. : EST16_1112            Fecha : 7/20/2016         </div>					
Cliente / Dirección	EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO - EPMAPS Av. Mariana de Jesús y Alemania Atn. Ing. Pablo Argoti Dirección de Pérdidas Físicas				
Tiempo de Entrega	Forma de Pago	Garantía	Rep.	Validez	Proyecto
12-14 SEMANAS	15 DIAS	12 MESES	DDM	8/3/2016	
Descripción			Cant.	V. Unitario	Total
CONTROL REMOTO DE BOMBAS - ALMA LOJANA					
TABLERO ELÉCTRICO DE FUERZA Y CONTROL (TFC ESTACIÓN DE BOMBEO)					
GABINETE METALICO AUTOSOPORTADO TS 8 MEDIDAS - 1000X2000X600					2,760.00T
JUEGO DE FIJACION MAGNETICO PARA ILUMINACION PARA ARMARIOS COMPACTA, 2 PZAS			1	16,69	16.69T
ILUMINACIÓN DE ARMARIOS COMPACTA MAGNÉTICA, 100 -240 VCA, 14 W			1	323,83	323.83T
INTERRUPTOR DE PUERTA CON CABLE PARA ALIMENTACIÓN DE ILUMINARIA			1	92,67	92.67T
MATERIAL MENUDO			1	50	50.00T

SUBTOTAL			3,243.19
DISYUNTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR.			
BREAKER NSX100F MARCO 100A TIPO F 3P 3F, UNIDAD DE DISPARO TERMOMAGNETICA TM100D, REGULABLE 0.7 A 1 IN, 36KA A 380/415VA	1	203,6	203.60T
MATERIAL MENUDO	1	200	200.00T
SUBTOTAL			403,6
PROTECTOR MULTIFUNCIÓN			
CONTROLADOR ETHERNET 5 100A 24VDC	1	2,252.50	2,252.50T
MÓDULO EXTENSIÓN DE RELÉ MUTLTFUNCIÓN PARA SUPERVISIÓN DE VOLTAJE	2	408,5	817.00T
CONNECTION CABLE	2	9,9	19.80T
SUBTOTAL			3,089.30
MEDIDOR DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS			
POWER METER MODELO PM5110 MEDIDOR MULTIFUNCION, LCD, 0,5S, COMM Modbus, NO MEMORIA	1	354	354.00T
SUBTOTAL			354
SUPRESOR DE TRASCIENTES PARA SISTEMA DE FUERZA			
VPU II 3 R 600V/25kA	1	156,65	156.65T

SUBTOTAL					156,65
DISYUNTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR					
BREAKER NSX100F MARCO 80A TIPO F 3P 3F, UNIDAD DE DISPARO TERMOMAGNETICA TM80D, REGULABLE 0.7 A 1 IN, 85KA A 220/240VAC			2	203,6	407.20T
SUBTOTAL					407,2
ARRANCADOR SUAVE ELECTRÓNICO					
ARRANQ. SUAVE-ATS22-CONT. 88 AMP 230 A 600 V AC.			2	2,398.20	4,796.40T
SUBTOTAL					4,796.40
CONDUCTOR DE COBRE #4, AWG, THHN					
CAB. CU.ST 4 X 4 AWG 600V (CONCEN.)			20	23,76	475.20T
SUBTOTAL					475,2
TUBERÍA CONDUIT 1/2"					
			Subtotal		
			IVA (14.0%)		
			Total		
Tiempo de Entrega	Forma de Pago	Garantía	Rep.	Validez	Proyecto

12-14 SEMANAS	15 DIAS	12 MESES	DDM	8/3/2016	
Descripción			Cant.	V. Unitario	Total
TUBO RÍGIDO ROSCADO IMC 1/2" x 1 M CON UNIÓN, UNIÓN RÍGIDA ROSCADA 1/2", CODO RÍGIDO ROSCADO 1/2"			15	14	210.00T
SUBTOTAL					210
TUBERÍA CONDUIT 1 1/2"					
TUBO RÍGIDO ROSCADO IMC 1 1/2" x 1 M CON UNIÓN, UNIÓN RÍGIDA ROSCADA 1 1/2", CODO RÍGIDO ROSCADO 1 1/2"			12	31,41	376.92T
SUBTOTAL					376,92
SISTEMA DE CONTROL DEL PROYECTO					
TABLERO METÁLICO PARA EQUIPOS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN (TANQUE)					
ARMARIO MURAL METÁLICO 600X1000X250 IP66			1	443	443.00T
ILUMINACIÓN DE ARMARIOS COMPACTA MAGNÉTICA, 100 -240 VCA, 14 W			1	323,83	323.83T
JUEGO DE FIJACION MAGNETICO PARA ILUMINACION PARA ARMARIOS COMPACTA, 2 PZAS			1	16,69	16.69T
INTERRUPTOR DE PUERTA CON CABLE PARA ALIMENTACIÓN DE ILUMINARIA			1	92,67	92.67T

SUBTOTAL			876,19
PLC M221 - ESTACIÓN DE BOMBEO			
CONTROLADOR LÓGICO MODICON M221 - 24 ENTRADAS 24 VDC PNP /NPN, 16 SALIDAS PNP, 2 ENTRADAS ANALÓGICAS 0...10 VDC, ALIMENTACION DE 24VDC PUERTOS DE COMUNICACIÓN ETHERNET Y 2 SERIE.	1	650	650.00T
SUBTOTAL			650
PLC TM221 - TANQUE DE DISTRIBUCIÓN			
CONTROLLER M221-16IO TR.SOURCE ETHERNET COMPACT	1	374	374.00T
EXPANSION DC24, 4E, 2S, 4~20MA, 4~20MA	1	446,53	446.53T
			820,53
SWITCH INDUSTRIAL ADMINISTRABLE			
SPIDER II 8TX/2FX-SM EEC	2	1,505.75	3,011.50T
SUBTOTAL			3,011.50
PANTALLA TACTIL 6"			
TERMINAL TACTIL HMI 320X240 PIXELS QVGA - 5.7" TFT - 96MB	1	1,741.30	1,741.30T
VIJEO DESIGNER 6.2, HMI CONFIGURATION SOFTWARE SINGLE LICENSE	1	1,204.81	1,204.81T
SUBTOTAL			2,946.11

SUBTOTAL					21,816.79
CABLES DE INTERCONEXIÓN, BORNERAS, MARQUILLAS, ETC					
TRANSFORMADOR CONTROL INDUSTRIAL. SQUARE D TIPO T MULTI TAP. PRIMARIO 240X480 SECUNDARIO 120/240; PRIMARIO 230 X 460 SECUNDARIO 115/230; PRIMARIO 220X440 SECUNDARIO 110/220 2 KVA			2	230	460.00T
CIRCUIT BREAKER C60N 2P 6A C			4	27,4	109.60T
CIRCUIT BREAKER C60N 2P 10A C			4	25,1	100.40T
			Subtotal		
			IVA (14.0%)		
			Total		
Tiempo de Entrega	Forma de Pago	Garantía	Rep.	Validez	Proyecto
12-14 SEMANAS	15 DIAS	12 MESES	DDM	8/3/2016	
Descripción			Cant.	V. Unitario	Total
CIRCUIT BREAKER C60N 1P 1A C			8	13,7	109.60T
CIRCUIT BREAKER C60N 1P 2A C			8	13,7	109.60T
CP M SNT 250W 24V 10A			2	201,93	403.86T
PATCH PANEL FIBRA OPTICA			2	300	600.00T

ETHERNET SFTP 2M CORD, UL&CSA	6	33,04	198.24T
ETHERNET SFTP 5 M CORD,UL&CSA	4	39,15	156.60T
RELE INDUST.MINIATURA 4NANC 5A 24VCC	10	8,7	87.00T
BASE RXM2 / 4, E/S MEZC, TORNILLO	10	6,3	63.00T
PDL 4 S/N/L/PE	50	3,81	190.50T
PAP PDL4S	10	0,56	5.60T
WDU 2.5	50	0,67	33.50T
WAP 2.5-10 TAPA PARA BORNA DE TORNILLO WDU2.5 / WDU4 / WDU6 /WDU10 BEIGE	10	0,34	3.40T
ZEW 35/2 TOPE DE BORNERA	10	0,64	6.40T
ACCESORIOS	1	200	200.00T
SUBTOTAL			2,837.30
FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 12 HILOS			
FIBRA ÓPTICA MONOMODO 6 HILOS ADSS (AEREA) SPAN 100 METROS	2,500	3,5	8,750.00T
FUSIÓN PUNTOS DE FIBRA	12	25	300.00T
CERTIFICACION PUNTOS DE FIBRA	12	25	300.00T
TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA	2,500	2	5,000.00T
ACCESORIOS	1	200	200.00T
SUBTOTAL			14,550.00
SUBTOTAL MATERIALES Y EQUIPOS			39,204.09
SERVICIOS DE INGENIERÍA			

DESARROLLO DE SOFTWARE DE VISUALIZACIÓN Y CONTROL PARA ESTACIÓN DE TRABAJO, INGENIERÍA, PANTALLAS TÁCTILES DE OPERACIÓN			1	1,500.00	1,500.00T
PROGRAMACIÓN PLC, PANTALLAS TÁCTILES, SWITCHES Y COMPONENTES DE RED EN GENERAL			1	2,200.00	2,200.00T
SUBTOTAL					3,700.00
MONTAJE, INSTALACIÓN, PRUEBAS, PUESTA EN MARCHA Y ENTRENAMIENTO					
MONTAJE MECÁNICO DE TABLEROS, CABLEADO E INTERCONEXIÓN DE EQUIPOS DE RED			1	1,600.00	1,600.00T
INSTALACIÓN, PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA			1	1,400.00	1,400.00T
ENTRENAMIENTO			1	1,200.00	1,200.00T
SUBTOTAL					4,200.00
			Subtotal		
			IVA (14.0%)		
			Total		
Tiempo de Entrega	Forma de Pago	Garantía	Rep.	Validez	Proyecto
12-14 SEMANAS	15 DIAS	12 MESES	DDM	8/3/2016	
			Subtotal USD 47,104.09		
			IVA (14.0%) USD 6,594.57		
			<b>Total USD 53,698.66</b>		

## PROFORMA COMERCIAL PROYECTO RADIO ENLACE

 <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>el system s.a.</b> Electricidad Sistemas y Tecnología Vasco de Contreras No.35-251 y Mañosca Teléfonos: (593-2) 2456510 - 2245241 Quito - Ecuador</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Cliente / Dirección EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO - EPMAPS Av. Mariana de Jesús y Alemania Atn. Ing. Pablo Argoti Dirección de Pérdidas Físicas</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p><b>Cotización</b></p> <p>No. : EST16_1112 Fecha : 7/20/2016</p> </div> </div>					
Tiempo de Entrega	Forma de Pago	Garantía	Rep.	Validez	Proyecto
12 SEMANAS	60% ANTICIPO - 40% CO...	12 MESES	DDM	7/20/2016	
Descripción			Cant.	V. Unitario	Total
CONTROL REMOTO DE BOMBAS - ALMA LOJANA					
SISTEMA DE CONTROL DEL PROYECTO					
TABLERO METÁLICO PARA EQUIPOS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN (TANQUE)					
ARMARIO MURAL METÁLICO 600X1000X250 IP66			1	443	443.00T
ILUMINACIÓN DE ARMARIOS COMPACTA MAGNÉTICA, 100 -240 VCA, 14 W			1	323,83	323.83T
JUEGO DE FIJACION MAGNETICO PARA ILUMINACION PARA ARMARIOS COMPACTA, 2 PZAS			1	16,69	16.69T
INTERRUPTOR DE PUERTA CON CABLE PARA ALIMENTACIÓN DE ILUMINARIA			1	92,67	92.67T
SUBTOTAL					876,19

PLC M221 - ESTACIÓN DE BOMBEO			
CONTROLLER M221-24IO TR.SOURCE ETH MODULAR	1	588,24	588.24T
SUBTOTAL			588,24
PLC TM221 - TANQUE DE DISTRIBUCIÓN			
CONTROLLER M221-16IO TR.SOURCE ETHERNET COMPACT	1	374	374.00T
EXPANSION DC24, 4E, 2S, 4~20MA, 4~20MA	1	446,53	446.53T
			820,53
SWITCH INDUSTRIAL ADMINISTRABLE			
SPIDER 5TX	2	214,49	428.98T
SUBTOTAL			428,98
CABLES DE INTERCONEXIÓN, BORNERAS, MARQUILLAS, ETC			
TRANSFORMADOR CONTROL INDUSTRIAL. SQUARE D TIPO T MULTI TAP. PRIMARIO 240X480 SECUNDARIO 120/240; PRIMARIO 230 X 460 SECUNDARIO 115/230; PRIMARIO 220X440 SECUNDARIO 110/220 2 KVA	2	230	460.00T
CIRCUIT BREAKER C60N 2P 6A C	4	27,4	109.60T
CIRCUIT BREAKER C60N 2P 10A C	4	25,1	100.40T
CIRCUIT BREAKER C60N 1P 1A C	8	13,7	109.60T
CIRCUIT BREAKER C60N 1P 2A C	8	13,7	109.60T

CP M SNT 120W 24V 5A	2	210,21	420.42T		
ETHERNET SFTP 2M CORD, UL&CSA	8	33,04	264.32T		
ETHERNET SFTP 40M CORD,UL&CSA	3	105,22	315.66T		
RELE INDUST.MINIATURA 4NANC 5A 24VCC	6	8,7	52.20T		
BASE RXM2 / 4, E/S MEZC, TORNILLO	6	6,3	37.80T		
PDL 4 S/N/L/PE	50	3,81	190.50T		
PAP PDL4S	10	0,56	5.60T		
WDU 2.5	50	0,67	33.50T		
WAP 2.5-10 TAPA PARA BORNA DE TORNILLO WDU2.5 / WDU4 / WDU6 /WDU10 BEIGE	10	0,34	3.40T		
ZEW 35/2 TOPE DE BORNERA	10	0,64	6.40T		
ACCESORIOS	1	200	200.00T		
SUBTOTAL			2,419.00		
RADIO COMUNICACIÓN BOMBEO - TANQUE					
		Subtotal			
		IVA (14.0%)			
		Total			
Tiempo de Entrega	Forma de Pago	Garantía	Rep.	Validez	Proyecto
12 SEMANAS	60% ANTICIPO - 40% CO...	12 MESES	DDM	7/20/2016	

Descripción	Cant.	V. Unitario	Total
RADIO DE COMUNICACIÓN 7,745- 5,805 GHZ, AP/PtP, CPE INCLUYE ADAPTADOR DE PODER, POE Y MONTAJE DE 2.5"	3	1,914.28	5,742.84 T
TORRE DE BASE TRIANGULAR SOPORTADAS CON VIENTOS, DE 9 METROS DE ALTURA, 30 CMM DE LADO Y DE TRAMOS DE 3 METROS, EMPOTRADOS SOBRE BASE TRIANGULAR FUNDIDA EN BASE DE HORMIGON GALVANIZADA AL COLOR Y PINTADA EN ESMALTE COLOR BLANCO Y TOMATE SOPORTADA CON CABLES DE ACERO A 12 METROS CON GRILLETES YEMPLADORES - BASE DE 1 METRO CUADRADO Y 80 CM DE PROFUNDIDAD CON ENREJADO DE VARILLA NO. 12 - INCLUYE MATERIALES DE BALIZAMIENTO Y PROTECCIONES	2	2,200.00	4,400.00 T
ACCESORIOS	1	200	200.00T
SUBTOTAL			10,342.8 4
SUBTOTAL MATERIALES Y EQUIPOS			15,475.7 8
SERVICIOS DE INGENIERÍA			
PROGRAMACIÓN PLC, PANTALLAS TÁCTILES, SWITCHES Y COMPONENTES DE RED EN GENERAL	1	2,500.00	2,500.00 T
SUBTOTAL			2,500.00
MONTAJE, INSTALACIÓN, PRUEBAS, PUESTA EN MARCHA Y			

ENTRENAMIENTO			
MONTAJE MECÁNICO DE TABLEROS, TORRES, CABLEADO E INTERCONEXIÓN DE EQUIPOS DE RED	1	2,500.00	2,500.00
INSTALACIÓN, PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA	1	1,400.00	1,400.00
SUBTOTAL			3,900.00
CONDICIONES COMERCIALES:			
1. El precio está dado en Dólares Americanos (USD)			
2. Validez de la oferta: 30 días			
3. Tiempo de entrega: 12semanas			
4. Forma de pago: 60% Anticipo, 40% puesta en marcha.			
5. Garantía: 1 año contra defectos de fabricación			
6. Lugar de Entrega: Estación de bombeo y tanque Alma Lojana			
7. País de Origen: YOKOGAWA - JAPÓN, SCHNEIDER ELECTRIC - FRANCIA, TRANZEO - USA, HIRSCHMAN - ALEMANIA			
	Subtotal	USD 21,875.78	
	IVA (14.0%)	USD 3,062.61	
	<b>Total</b>	<b>USD 24,938.39</b>	

## ANEXO 15

## Multi Log GPRSTM



**INTRODUCTION** Multi Log GPRS is an innovative cellular telemetry logger capable of downloading its data to a PC or centralised server, by sending an email directly from the logger. The receiving PC only requires an email account, either a local Outlook or a server based Exchange email account, and does not need a dedicated modem to collect data from loggers. No special email system is required.

Like our other cellular telemetry loggers it is suitable for applications where cabled Telephone lines are costly or prohibitive.

A dual band (900MHz /1800MHz) GPRS telemetry module, fitted internally, offers full coverage with most cellular communications network providers worldwide.

2-way communications: Emails can be sent from the logger. The logger can be configured to receive SMS instructions from the office PC or mobile phone. Alternatively a GSM link can be used.

MultiLogGPRS is completely waterproof, submersible and battery powered and will require no maintenance for at least five years.

Email Data directly from logger

**TYPICAL APPLICATIONS** District and Zone Monitoring MultiLogGPRSTM is ideal for monitoring flow, pressure and or water quality parameters to assess demand, leakage and conformance

Network Analysis Investigations MultiLogGPRSTM can be used to perform dynamic flow & pressure analysis of network models.

Key Account Customers MultiLogGPRSTM confirms levels of service and enables extra data to be provided to key customers.

**ADVANCED DESIGN** MultiLogGPRS can be supplied with up to four inputs of any type and has many features common to the popular MultiLog data logger.

The logger contains a SIM card to enable cellular telemetry. A "GPRS" enabled service typically permits high speed internet connectivity which is charged on the number of megabytes (MB) of data transmitted per month. It is possible for a logger to transmit 4 channels of data every hour and remain under the typical 1 MB monthly GPRS inclusive tariff.

Therefore a near SCADA type, relatively real time data can be obtained from a battery powered logger with upto a 5 year battery life.

Furthermore the office PC only requires a standard Outlook Email connection, and does not require a dedicated modem for data collection.

All of Radcom's data loggers and controllers are compatible with Rad Log for Windows™, the industry-standard for data trending, reporting, analysis and archiving.

Typical Rad Log display showing Flow and Pressure channels from MultiLogGPRS

A HALMA GROUP C O M P A N Y

Radcom Technologies Ltd Sentry House • 10 Romsey Ind Park • Romsey  
SO51 0HR • UK Tel: +44 (0)1794 52 8700 • Fax: +44 (0)1794 52 8760  
[www.radcom.co.uk](http://www.radcom.co.uk)

Multi Log GPRSTM

TECHNICAL DATA

Uni- or bi-directional pulse. Instrument powered or non-powered sensors eg PD100.Digital Up to 128 pulses per second. Internal Pressure Transducer 0-20 bar / 0-200 metres head / 0-300 psig, accuracy  $\pm 0.25\%$  External Pressure Transducer (volt) or Transmitter (mA) 0-20 bar / 0-200 metres head / 0-300 psig, accuracy  $\pm 0.1\%$  4-20mA from isolated sensor.

## Sensor Input Options

### Analogue

0-1v, 1-5v, or 0-100mVolt.

### Memory

Recording 48,720 readings. (memory expandable to 245,280 readings on request) Can be programmed to read continuously (cyclic mode) or for a specific period of time (block). Frequency 15 minute sample rate (for hourly data download) Other settings available on request.

### Alarms

Optional Alarms sent by SMS. Minimum or maximum threshold alarm with persistence factor per channel. 7 Alarms per logger. Each alarm out comment field 16 characters. Can be programmed to auto dial up to 4 telephone numbers on alarm. Logger ID Up to 8 alphanumeric characters – can be programmed with GIS number. Also readable factory set serial number in firmware. Site ID Up to 127 alphanumeric characters. Clock On board 24 hour real time clock with date facility.

### Logging Features

Count & Event Logging Modes Count and Event logging modes Serial RS232 by MIL connector for connection to Rad Link hand held programming and data collection unit, laptop PC or desktop PC. Programmable up to 19,200 Baud. GPRS (Email) communications Typically 1x Email per day to transmit 1 or 2

channels of compressed data at 15 minute sample rate SMS (Text)  
 communications SMS message transmitted on Alarm GSM (Data)  
 communications If SIM card is enabled for GSM service, Office PC can  
 establish real time communications with Logger for reconfiguration etc.

## Communications

Cellular module 2-way Dual Band Cellular modem, 900/1800MHz. Optional  
 power up time window to receive instructions by SMS Dimensions 250H x  
 175W x 90D mm (9.9"H x 6.9"W x 3.6" D) Construction Die-cast aluminium  
 enclosure, powdercoat spray painted Weight 4.5 Kg (9.9 lb) Operating  
 temperature -20 to +70°C (-5 to +160°F) Ingress protection IP68 submersible

## Physical

### Power

Lithium-ion cell operational for 5 years under normal operating  
 conditions. Warranted for continuous operation of up to five years. Low battery  
 alarm in data packet when downloaded.

1= digital pulse input 2= 0-1 volt input 3= external pressure 5= 4-20mA 6=  
 internal pressure

1= 1 input 2= 2 inputs etc.. up to 4= 4 inputs

GPRS/ i/p 4 i/p 3 i/p 2

i/p 1/ L 6 6 L D R

18/05/2005MLF Due to our policy of continuous product development Radcom reserves the right to change specifications without notice.

Palmer Environmental Ltd Ty Coch House • Llantarnam Park Way • Cwmbran

Tel: +44 (0) 1633 489 479 • Fax: +44 (0) 1633 877 857

[www.palmer.co](http://www.palmer.co)



