



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE ELÉCTRICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEMÁTICA**

**Tesis previa a la obtención  
del título de Ingeniero en  
Telemática**

**TESIS DE GRADO**

**TÍTULO:**

**“DISEÑO DE UN PROTOTIPO TELEMÉTRICO, PARA LECTURAS Y  
FACTURACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN EL  
EMPALME”**

**AUTOR:**

**HEVERT MAURICIO PALLO VELAÑA**

**TUTOR DE TESIS:**

**ING. EMILIO RODRIGO ZHUMA MERA, MSc.**

**QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR**

**2015**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEMÁTICA**

**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, **Hevert Mauricio Pallo Velaña**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. \_\_\_\_\_  
**Hevert Mauricio Pallo Velaña**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE ELÉCTRICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEMÁTICA**

**CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS**

El suscrito, **Ing. Emilio Zhuma Mera, MSc**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el egresado **Hevert Mauricio Pallo Velaña**, realizó la tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Telemática titulado “**DISEÑO DE UN PROTOTIPO TELEMÉTRICO, PARA LECTURAS Y FACTURACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN EL EMPALME**”, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Emilio Zhuma Mera, MSc**  
**DIRECTOR DE TESIS**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEMÁTICA**

**CERTIFICACIÓN DE REDACCIÓN**

Yo, Ing. Moisés Menacé Almea , CC N° **1203849654-0** , encargado de redacción de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifico que he revisado la tesis de grado del egresado **PALLO VELAÑA HEVERT MAURICIO**, No. De cédula **091893045-4**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Telemática, titulado **“DISEÑO DE UN PROTOTIPO TELEMÉTRICO, PARA LECTURAS Y FACTURACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN EL EMPALME”**, habiendo cumplido con la redacción y corrección ortográfica.

f. \_\_\_\_\_

Ing. Moisés Menacé Almea  
**DOCENTE DE REDACCIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEMÁTICA**

**CERTIFICACIÓN DEL ABSTRACT**

Yo, **Lcdo. Miguel Montalvo Robalino**, con **CC N° 0200497261**, Docente de la Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifico que he revisado el Abstract de la tesis de grado del egresado **PALLO VELAÑA HEVERT MAURICIO**, No. de cédula **091893045-4**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Telemática, titulado **“DISEÑO DE UN PROTOTIPO TELEMÉTRICO, PARA LECTURAS Y FACTURACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN EL EMPALME”**, habiendo cumplido con la traducción.

---

**Lcdo. Miguel Montalvo Robalino**  
**Docente**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEMÁTICA**

“DISEÑO DE UN PROTOTIPO TELEMÉTRICO, PARA LECTURAS Y FACTURACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN EL EMPALME”.

Presentado a Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de INGENIERO EN TELEMÁTICA.

APROBADO:

---

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS**  
**ING. BYRON OVIEDO B., MSc**

---

**MIEMBRO DE TRIBUNAL DE TESIS**  
**ING. VÍCTOR NASIMBA MEDINA**

---

**MIEMBRO DE TRIBUNAL DE TESIS**  
**ING. JUAN CARLOS PISCO, MSc.**

**QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR**  
**2015**

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios.

A mis padres, Manuel Santos Pallo y Zoila María Velaña, que siempre me han dado su apoyo incondicional y a quienes debo este triunfo profesional, por todo su trabajo y dedicación para darme una formación académica y sobre todo humanista y espiritual. De ellos es este triunfo y para ellos es todo mi agradecimiento.

A mi esposa mis hijos, Thaiz, Derian y Darling, que son la base de mi existencia, por darme la felicidad que me mueve a emprenderme en propósitos de superación de mi vida.

A docentes y amigos, por haber compartido enseñanzas y consejos.

**Hevert Mauricio Pallo Velaña**

## **DEDICATORIA**

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda humildad de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

De igual forma, a mis padres que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mis hermanos que siempre han estado junto a mí y brindándome su apoyo cada momento de mi vida y sobre todo en mis estudios universitarios.

A mi tía Martha, por estar siempre dispuesta ayudarme en cualquier momento y compartir sus conocimientos.

A mi gran amigo Arturo por brindarme su apoyo incondicional desde la lejanía.

**Hevert Mauricio Pallo Velaña**

## CONTENIDO

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....	ii
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS .....	iii
CERTIFICACIÓN DE REDACCIÓN.....	iv
CERTIFICACIÓN DEL ABSTRACT .....	v
TRIBUNAL DE TESIS.....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS .....	xv
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xvi
CÓDIGO DUBLIN .....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
CAPÍTULO I.....	xx
MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN .....	xx
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMATIZACIÓN .....	2
1.2.1. Análisis del problema.....	2
1.2.2. Formulación del problema .....	2
1.2.3. Sistematización del problema .....	3
1.3. Justificación .....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Resultados Esperados.....	4
1.6. Hipótesis.....	4
1.6.1. Planteamiento.....	4
1.6.2. Operacionalización de las variables .....	2
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN .....	6

2.1. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL .....	7
2.1.1. Sistema .....	7
2.1.2. Sistema de telemetría.....	7
2.1.3. Sistema de control.....	8
2.1.4. Telefonía celular .....	8
2.1.5. Internet .....	8
2.1.6. Lectura y facturación .....	9
2.1.7. Puntos de medida.....	9
2.1.8. Eficiencia de facturación del consumo de agua potable.....	9
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	9
2.2.1. Tipos de sistemas de control.....	9
2.2.1.1. Sistemas de control en lazo abierto.....	9
2.2.1.2. Sistemas de control en lazo cerrado .....	10
2.2.2. Señales de control.....	10
2.2.3. Telemetría .....	10
2.2.4. Telefonía móvil .....	12
2.2.4.1. Estándares más utilizados:.....	12
2.2.5. Generación 2.5 G .....	12
2.2.6. 3-G: Tercera generación .....	13
2.2.7. 4-G: Cuarta generación .....	13
2.2.8. Funcionamiento de la telefonía móvil celular.....	13
2.2.9. Microordenador Raspberry Pi.....	14
2.2.9.1. Característica y funcionamiento interno .....	15
2.2.9.2. Energía y Alimentación Raspberry Pi.....	17
2.2.9.3. Tecnología Raspberry pi 2 .....	18
2.2.9.4. Aplicaciones en Raspberry .....	18
2.2.9.5. Sistema Operativo Raspbian Wheezy .....	18
2.2.9.6. GPIO en la Raspberry Pi .....	18
2.2.9.7. Definición de los puertos GPIO en la Raspberry Pi.....	19
2.2.10. Raspberry Pi y Arduino.....	20
2.2.11. Módulo UART .....	20
2.2.12. LCD (Liquid Crystal Display) .....	21

2.2.13. Arduino (Microcontrolador 16F887A).....	21
2.2.13.1. Memoria RAM.....	22
2.2.14. Router TP- Link .....	23
2.2.14.1. Características (Velocidad y alcance inalámbrico) .....	23
2.2.15. Tarjeta SIM.....	23
2.2.16. Tarjeta MicroSD.....	24
2.2.17. Módulos GSM.....	25
2.2.18. Módulo Relé .....	27
2.2.19. Medidor de agua.....	27
2.2.20. Sensor de flujo o volumen .....	28
2.2.21. Electroválvulas .....	29
2.2.22. Lenguajes de programación .....	29
2.3. Marco referencial.....	30
CAPÍTULO III.....	32
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
3.1. Métodos y técnicas utilizadas en la investigación.....	33
3.1.1. Método científico.....	33
3.1.2. Proceso del método científico.....	33
3.1.3. Planteo del problema.....	33
3.1.4. Construcción de un modelo teórico .....	33
3.1.5. Prueba de la hipótesis .....	34
3.2. Tipo de Investigación .....	34
3.2.1. Cuasi-experimental.....	34
3.3. Técnicas de investigación.....	35
3.4. Equipos y materiales.....	37
3.4.1. Equipos.....	37
3.4.1.1. Hardware .....	37
3.4.1.2. Software.....	38
3.4.2. Materiales .....	38
3.4.2.1. De campo .....	38
3.4.2.2. De oficina.....	39
3.4.3. Recursos humanos.....	39

3.5.	Presupuesto.....	40
	Tabla 9. Costos de equipos de oficina.....	41
3.6.	Factibilidad.....	41
3.6.1.	Factibilidad Técnica.....	41
3.6.2.	Factibilidad Operacional.....	41
3.6.3.	Factibilidad Económica.....	42
3.7.	Alcance.....	42
CAPÍTULO IV.....		43
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		43
4.	Resultados.....	44
4.1.	Análisis e interpretación de datos.....	44
4.2.	Metodología del desarrollo.....	52
4.2.1.	Costos de equipos telemétricos vs los sistemas de telemetría existentes en el mercado.....	53
4.2.2.	Comparativas de funcionalidades de los equipos.....	53
4.2.3.	Comparativa de dispositivos programables.....	54
4.2.4.	Comparativas de tecnologías y protocolos de comunicación... ..	55
4.2.5.	Recolección y refinamiento de requisitos.....	57
4.2.6.	Diseño telemetría y control.....	58
4.2.6.1.	Descripción general del sistema de telemetría y control.....	58
4.2.7.	Principales funcionalidades Sistema de Telemetría y Control..	59
4.2.7.1.	Telemetría.....	59
4.2.7.2.	Control.....	59
4.2.7.3.	Aplicaciones informáticas.....	60
4.2.7.4.	Esquema y diseño del sistema electrónico.....	60
4.2.7.5.	Modulo SIM GSM.....	61
4.2.7.6.	Módulo control esclavo Pic 16F887A.....	61
4.2.7.7.	Módulos UART serial.....	62
4.2.7.8.	Módulo relé.....	62
4.2.7.9.	LCD 16x2.....	62
4.2.7.10.	Mini ordenador Raspberry Pi.....	62
4.2.7.11.	Raspberry Pi puerto de red.....	62

4.2.7.12. Aplicación informática .....	64
4.2.7.13. Sensor de flujo.....	65
4.2.7.14. Estructura .....	65
4.2.7.15. Refinamiento del Prototipo.....	65
4.2.7.16. Producto de ingeniería.....	65
4.2.7.17. Error del sistema.....	69
CAPÍTULO V.....	70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
5.1. CONCLUSIONES .....	71
5.2. RECOMENDACIONES .....	71
CAPÍTULO VI.....	73
6. BIBLIOGRAFÍA .....	74
CAPÍTULO VII.....	77
ANEXOS.....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema.....	7
Figura 2. Control mediante realimentación .....	10
Figura 3. Sistema Telemetría y Control .....	11
Figura 4. Partes de la Telemetría.....	11
Figura 5. Las celdas diseñadas como hexágonos .....	14
Figura 6. Características físicas básicas del Raspberry .....	15
Figura 7. Procesador BROADCOM de Raspberry PI.....	16
Figura 8. Salida de video RCA en la Raspberry Pi 2 .....	16
Figura 9. Puerto Ethernet y puertos USB para mouse y teclado .....	17
Figura 10. Fuente de Alimentación de la Raspberry Pi.....	17
Figura 11. Localización del puerto GPIO en la Raspberry Pi .....	19
Figura 12. Puertos GPIO .....	19
Figura 13. Módulo USB 2.0 serial RS 232 .....	21
Figura 14. LCD 16x2.....	21
Figura 15. Diagrama de pines.....	22
Figura 16. Diagrama de Bloque Microcontrolador 16F887A .....	22
Figura 17. Router TP-Link.....	23
Figura 18. Tarjeta SIM .....	24
Figura 19. Tarjeta MicroSD.....	24
Figura 20. Hardware Raspberry PI GSM .....	26
Figura 21. Módulo de Relé.....	27
Figura 22. Medidor de agua.....	27
Figura 23. Sensor de flujo o sensor de volumen.....	28
Figura 24. Electroválvulas.....	29
Figura 25. Icono de JAVA .....	30
Figura 26. Diagrama de creación de prototipos .....	52
Figura 27. Esquema del sistema de Telemetría y Control .....	61
Figura 28. Puertos de red de la Raspberry .....	63
Figura 29. Configuración de la aplicación MOBAXTEM.....	63
Figura 30. Consola de comandos de actualización.....	64
Figura 31. Aplicación usuario administrativo.....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de Operacionalización de variables.....	2
Tabla 2. Especificaciones .....	25
Tabla 3. Características Eléctricas.....	25
Tabla 4. Interfaces Raspberry GSM.....	26
Tabla 5. Especificaciones Sensor de volumen .....	28
Tabla 6. Habitantes del Cantón El Empalme .....	36
Tabla 7. Habitantes que poseen agua potable .....	36
Tabla 8. Costos de equipos y herramientas utilizadas.....	40
Tabla 9. Costos de equipos de oficina .....	41
Tabla 10. Población con medidor y sin medidor de agua .....	44
Tabla 11. Frecuencia de lectura de su medidor .....	45
Tabla 12. Consumo promedio mensual de agua potable en m <sup>3</sup> .....	46
Tabla 13. Revisión de factura por lectura no tomada.....	47
Tabla 14. Usuarios inconformes con el registro del medidor .....	48
Tabla 15. Aplicación de sistema de toma de lecturas.....	49
Tabla 16. Existencia de fuga de agua en las instalaciones de su casa ...	50
Tabla 17. Acciones correctivas con los daños que presentan las instalaciones de su casa u otra dependencia .....	51
Tabla 18. Comparaciones de sistemas telemétricos.....	53
Tabla 19. Funcionalidades que cumplen los sistemas telemétricos.....	53
Tabla 20. Comparación dispositivos programables .....	54
Tabla 21. Tecnologías de comunicación.....	56
Tabla 22. Protocolos de comunicación .....	57
Tabla 23. Clase: Servidor Mensajes Raspberry.....	59
Tabla 24. Clase: Base de Datos .....	60
Tabla 25. Muestras recogidas antes y después de implementado el servicio. (Metros cúbicos) .....	66
Tabla 26. Toma de lecturas .....	66
Tabla 27. Toma de datos para Pre-pruebas y Pos-prueba .....	67
Tabla 28. Aplicación de la Prueba T-Student (Excel).....	67
Tabla 29. Pruebas estadísticas de 2 variables.....	68

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Población con medidor y sin medidor de agua.....	44
Gráfico 2. Frecuencia de lectura de su medidor .....	45
Gráfico 3. Consumo promedio mensual de agua potable en m <sup>3</sup> .....	46
Gráfico 4. Revisión de factura por lectura no tomada.....	47
Gráfico 5. Usuarios inconformes con el registro del medidor.....	48
Gráfico 6. Aplicación de sistema de toma de lecturas .....	49
Gráfico 7. Existencia de fuga de agua en las instalaciones de su casa...	50
Gráfico 8. Acciones correctivas con los daños que presentan las instalaciones de su casa u otra dependencia. ....	51
Gráfico 9. Prueba T-Student .....	68

## CÓDIGO DUBLIN

Título/Title		M	“Diseño de un prototipo telemétrico, para lecturas y facturación del servicio de agua potable del cantón El Empalme”.
Creador/Creator		M	Hevert Mauricio Pallo Velaña
Materia/Subject		M	Ciencias de la Ingeniería; Carrea de Ingeniería en Telemática
Descripción/Description		M	El presente trabajo se lo ejecutó desde diciembre 2014 a noviembre 2015 en los predios del autor. El objetivo del mismo consistió en el Diseño de un prototipo telemétrico, para lecturas y facturación del servicio de agua potable del Cantón el Empalme.
5	Editor/Publisher	M	FCI: Carrera de Ingeniería en Telemática; Hevert Mauricio Pallo Velaña
6	Colaborador/contributor	O	NINGUNO
7	Fecha/Date	M	/11/2015
8	Tipo/Type	M	Tesis
9	Formato/Format	R	Microsoft Office Word 2010
10	Identificador/Identifier	M	<a href="http://biblioteca.uteq.educ.ec">http://biblioteca.uteq.educ.ec</a>
11	Fuente/Source	O	
12	Lenguaje/Language	M	Español
13	Relación/Relation	O	Ninguno
14	Cobertura/Coverage	O	Municipio el Empalme
15	Derechos/Rights	M	Ninguno
16	Audiencias/Audience	O	Thesis

## RESUMEN

Este trabajo está compuesto en la parte de hardware por un mini ordenador “Raspberry Pi 2” en la cual es el en cargo de almacenar y procesar la informaciones asignadas para cada módulo de comunicación mediante el internet hacia el servidor. Además posee electroválvula y un sensor de flujo, en la que este envía datos hacia el ordenador para ser procesados y después enviarlas hacia módulo esclavo al pic 16F887, para poder ser visualizado la información a través de la pantalla de cristal líquida (LCD) de interfaz paralela. Para controlar inalámbricamente se implementó un módulo GSM sim 900, para envió de mensajes de texto hacia el abonado por el valor del consumo mensual del servicio de agua potable.

El Software adaptado para sistema operativo para Raspberry Pi es un Raspbian (Debian Linux), dentro de esta configuración se utilizó el lenguaje de programación Java, es la principal para la comunicación, tanto para la electroválvula, el sensor de flujo, brinda él envió de datos e información mediante el internet, genera reportes y la que son enviado al correo electrónico, y mensajes de texto a los dispositivos móviles de cada abonado, el valor a cancelar y los días de plazo a cancelar.

Este sistema de telemetría y control se lo comprobó en la casa del autor, realizado varias pruebas conjuntamente con el medidor común. En la que se tomó lectura y se procedió a crear una tabla de mediciones, para comparar con el sistema del administrador. En la que cada minuto se hace el cambio de lectura en m<sup>3</sup> en la que debe constar en la aplicación su reporte real del consumo por el servicio de agua potable.

El presente trabajo de investigación brinda una alternativa al proceso convencional, aplicando tecnologías orientadas a las telecomunicaciones y automatizaciones de procesos mediante el empleo de aplicaciones electrónicas, que ofrezcan con mayor exactitud la toma de lecturas de los abonados por el servicio de agua potable. Se precisó utilizar recursos de hardware y software siendo este el complemento sobre una estructura física ya existente en los medidores de agua en cada domicilio.

## ABSTRACT

This work is composed in part of hardware by a mini computer "Raspberry Pi 2" which is in charge of storing and processing the information assigned to each module of communication through the internet to the server. This system is composed of solenoid valve and a flow sensor, which sent the data to the computer to be processed and then send them to the slave module (pic 16F887), to be able to be visualized information through the LCD liquid of parallel interface. To wirelessly control was implemented a GSM module 900 sim, for sending text messages to the Subscriber the valve of the monthly consumption of the drinking water service.

The Software adapted for the operating system for Raspberry (Pi) is a Raspbian (Debian Linux), within this configuration used the Java programming language, it is the principal for communication, both for the solenoid valve, the flow sensor, which provides us with the sent data and information through the internet, generates reports and sends them to the e-mail address and text messages to mobile devices for each Subscriber, the value of the consumption of the drinking water.

This telemetry and control system is found in the author's house, carried out several tests together with the common meter. In which it took reading and proceeded to create a table of measurements, to compare with the system administrator. In which every minute did the change of reading in m<sup>3</sup> which should consist in the application its real consumption report by drinking water service.

The present research work provides an alternative to the conventional process, applying the telecommunications-oriented technologies and automation of processes by the use of electronic applications, which offer more accurately plug readings of subscribers by drinking water.

For this project as a prototype is said to use hardware and software resources, this being the complement on a physical structure existing in each household water meters.

**CAPÍTULO I**  
**MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. INTRODUCCIÓN**

Los avances tecnológicos de la información y comunicación, hoy en día se han convertido en una de las principales ayudas para solucionar problemas de labor diaria y así simplificar tareas realizadas de manera manual por el ser humano. Las telecomunicaciones como la red de internet han avanzado a gran nivel, reconociendo los adelantos en la ciencia de la electrónica.

Las mismas que son aplicables para la transmisión de datos bidireccionales, sistemas de telemetría y control, toma de lecturas de agua potable, gas licuado y energía renovable, logrando ser empleado como herramienta útil para empresas de manufacturación, sistema de invernadero que quieran tecnificar su red de distribución inteligente.

El primer capítulo está orientado al marco contextual de la investigación en el cual se realiza una descripción del problema, justificación, objetivos generales, específicos, planteamientos y qué se pretende alcanzar en el desarrollo del proyecto.

El segundo capítulo hace referencia al marco conceptual, teórico y legal que ayudan a la comprensión de las definiciones básicas para la implementación de este trabajo de investigación.

El tercer capítulo está conformado por la metodología de investigación deductiva e inductiva, utilizando la técnica cuasi-experimental realizando el respectivo análisis e interpretación de resultados alcanzados, que ayudaron con la demostración de la hipótesis.

El cuarto capítulo está estructurado por la presentación, análisis y selección de las técnicas que ayudarán en el establecimiento óptimo en relación con los objetivos y demostrar la hipótesis de este proyecto de investigación.

El quinto capítulo establece las conclusiones generadas por la investigación también relacionadas a los objetivos y se establecen las recomendaciones para futuros proyectos de sistemas de telemetría y control.

El sexto capítulo se refiere a los fundamentos consultados para sobre llevar este trabajo de investigación y a la vez añadir los anexos para las respectivas constancias.

## **1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMATIZACIÓN**

### **1.2.1. Análisis del problema**

Los inconvenientes que afrontan las empresas de agua potable con sus abonados desde hace muchos años, es en el control de lecturas y facturación por el servicio que brinda. La ilustre municipalidad del cantón El Empalme y la empresa de agua potable adolecen de una infraestructura adecuada para la aplicación e implementación de un sistema de facturación y lectura en tiempo real de parámetros claramente definidos.

Por tratarse de servicios técnicos especializados, el municipio del cantón El Empalme junto con la empresa de agua potable, que prestan servicio a un rango aproximado de cincuenta y dos mil personas, no cuenta con tecnología de avanzada, además de carecer de personal calificado y profesional con plenos conocimientos en la prestación de dichos servicios, porque se ven en la necesidad de contratar con proyectos de inversión como el sistema automatizado de telemetría.

Para corregir los inconvenientes de los abonados en la gestión de recaudación por el servicio de agua potable, es preciso instalar un sistema de lectura y control telemétrico a cada abonado para llevar una lectura veraz y confiable, la cual impida afectar directamente a los pobladores.

### **1.2.2. Formulación del problema**

¿Cómo un sistema de telemetría y control incide en los reportes de lecturas y facturación mensuales del consumo de agua potable del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón El Empalme?

### **1.2.3. Sistematización del problema**

1. ¿Será posible implementar una tecnología de control adecuada para monitorear el sistema de agua potable?
2. ¿Será posible la comunicación de dispositivos electrónicos para la transmisión de datos dentro el sistema de agua potable?
3. ¿Será posible integrar estos mecanismos?

### **1.3. Justificación**

El objetivo del presente proyecto es mejorar el proceso de lectura y facturación del consumo de agua potable, para ello se obtendrá una combinación de tecnologías de transmisión de datos conocidas como GSM/GPRS y una red LAN, utilizando como medio el canal de datos de las operadoras celulares e internet, estos permitirán automatizar los procesos y simplificar las actividades de la empresa.

Es de importancia especificar que este proyecto no aumentará el desempleo, sino más bien permitirá una integración entre el recurso humano y los medios tecnológicos, lo cual conducirá a una capacitación permanente por parte de los encargados de la empresa.

La propuesta de este proyecto para la empresa de agua potable del cantón El Empalme es automatizar los procesos lectura y facturación, mejorando la eficiencia y rentabilidad, para brindar un mejor servicio a la comunidad. Además el usuario será informado sobre la fecha de vencimiento, día del suspensión, valor pendiente mediante el envío de mensaje de texto, utilizando un número telefónico celular empleado por la empresa de agua.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Diseñar un prototipo telemétrico que permita automatizar la lectura y facturación del servicio de agua potable, utilizando como medio la comunicación de la telefonía móvil e Internet.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Establecer los protocolos de comunicación que permitan un canal bidireccional de información de los diferentes terminales.
- Analizar la tecnología de control adecuada para el manejo de dispositivos electrónicos dentro del sistema de agua potable.
- Integrar diferentes módulos electrónicos que permitan mayor información acerca del estado del sistema de agua potable.

## **1.5. Resultados Esperados**

- La comunidad del Gobierno Descentralizado del cantón El Empalme se siente estimulado que se realice esta investigación en sus predios, con el objetivo de obtener valores reales por el consumo mensual del servicio de agua potable.
- Los habitantes que obtienen el servicio de agua potable, se encuentran satisfechos al implementarse esta nueva tecnología.
- El personal de administración del sistema ofrece un mejor servicio al utilizar una herramienta de fácil manejo y exactitud.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Planteamiento**

El diseño de un sistema de telemetría y control en el departamento de agua potable del Gobierno Descentralizado del cantón El Empalme permitirá mejorar la recopilación de información de los medidores de agua potable.

### 1.6.2. Operacionalización de las variables

Tabla 1. Matriz de Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores
<b>INDEPENDIENTE:</b> Sistema Telemetría y Control	Sistema de medición compuesto de hardware y software que permite y controla el consumo de agua potable y a aplicar en función a los abonados del Cantón del Empalme.	Software	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilidad en el proceso de la información de datos.</li> <li>• Encaja fácilmente con la forma de trabajar del usuario.</li> <li>• Módulo que permite definir la distribución de agua para los usuarios.</li> <li>• Genera reportes mensuales de los abonados.</li> </ul>
		Hardware	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confianza de los dispositivos electrónicos.</li> <li>• Uso de router</li> <li>• Modelo de comunicaciones para redes inalámbricas IEEE_802.11n</li> <li>• Activación automática de sensores de flujo y electroválvulas.</li> </ul>
<b>DEPENDIENTE:</b> Control del servicio el agua potable Recolección de datos “toma de lectura” facturación, cortes y reconexiones del servicio.	Basada en las validaciones para el Control del servicio del agua potable destinada a los abonados, utilizando el sistema de comunicación remota.	Utilización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoreo del consumo de agua potable de cada abonado.</li> </ul>

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN**

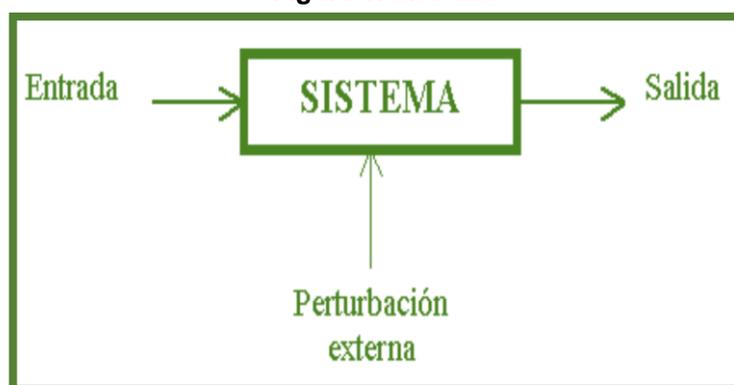
## 2.1. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL

### 2.1.1. Sistema

“Conjunto de elementos organizados que se encuentran en interacción los cuales buscan una meta o metas comunes, operando para ellos sobre una información y sobre una energía o materias u organismo de referencia temporal para producir como salida la información o energía materia u organismo. [1]

“Un sistema de información realiza cuatro actividades básicas: entrada, almacenamiento, procesamiento y salida de información”. [2]

Figura 1. Sistema



Fuente: (Peralta, 2008)

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

### 2.1.2. Sistema de telemetría

Procede de la palabra griega tele (lejos) y metrón (medida). “Consiste en la medición de cualquier variable tanto física como eléctrica, medida a través de un sensor o cualquier otro dato que tenga la característica de ser accesible en forma analógica o digital, sin necesidad de estar físicamente en el lugar en donde se realiza [3]”, señalando, además que, la gran utilidad de la Telemetría es la de la obtención de datos distribuidos. Con un sistema de telemetría se pueden lograr ventajas como:

- Elimina el error humano en la medición.

- Disminución del tiempo de la recopilación de las mediciones tomadas.
- Bajos costos de lectura de la información.
- Almacenamiento de la información en archivos con diferentes formatos para su procesamiento. [4]

El sistema de telemetría se realiza normalmente mediante comunicación inalámbrica pero también se puede realizar a través de otros medios como: teléfono, redes de ordenadores, enlace de fibra óptica, entre otros. La telemetría facilita que la Telegestión a través de los contadores, obtener las lecturas del consumo y controlar el sistema de forma remota. En que también se debe ligar la instrumentación.

### **2.1.3. Sistema de control**

Un sistema de control es un conjunto de dispositivos encargados de administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema, con el fin de reducir las probabilidades de fallo y obtener los resultados deseados. Se usan sistemas de control industrial en procesos de producción industriales para controlar equipos o máquinas. [5]

### **2.1.4. Telefonía celular**

La telefonía celular, es un sistema de comunicación telefónica inalámbrica, que mediante estaciones transmisoras y receptoras de radio (radio base), posibilita la comunicación entre los terminales de comunicación portátil y comunicaciones fija. Un dispositivo móvil cumple las mismas funciones que uno que posee línea convencional, presentando como ventaja la conexión inalámbrica, es decir que no necesita de cables para que funcione. [6]

### **2.1.5. Internet**

Es un anglicismo que significa red informática descentralizada de alcance global. Un sistema de redes informáticas interconectadas mediante distintos medios de conexión, que ofrece una gran diversidad de servicios y recursos. También se le conoce como 'Red de redes'.

### **2.1.6. Lectura y facturación**

Permite la recolección automática de consumo, diagnóstico y datos de estado del contador de agua para su facturación.

### **2.1.7. Puntos de medida**

Lugar donde se encuentran los elementos electrónicos que permiten la medición y lectura de un sistema de agua y su posterior reconexión.

### **2.1.8. Eficiencia del servicio de facturación del consumo de agua potable.**

Reportes mensuales establecidos por el sistema inteligente.

## **2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

Las tecnologías son parte de las necesidades creciente del hombre y soluciones que el hombre debe de dar a los problemas, en la actualidad la automatización juega un papel de suma importancia en la producción de productos y procesos, lo cual permite obtener información y datos estadísticos más detallados. La automatización consiste cada vez más en un control descentralizado e inteligente y con componentes de control que se puedan comunicar con otros medios. En la actualidad las máquinas operadas con Controles Programables (PLC), tienen gran utilidad en la industria.

### **2.2.1. Tipos de sistemas de control**

#### **2.2.1.1. Sistemas de control en lazo abierto**

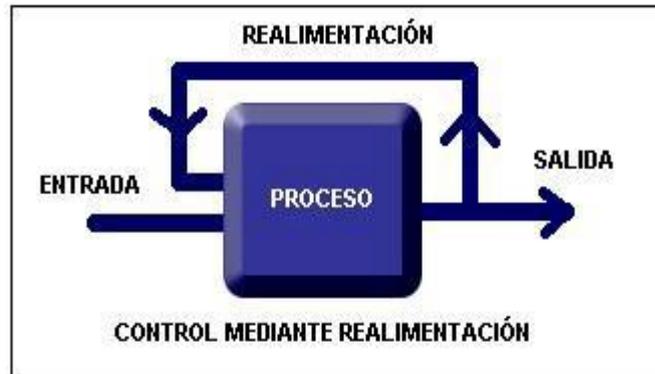
La variable de salida (variable controlada) no tiene efecto sobre la acción de control (variable de control). Entre sus características están:

- Es necesario una calibración precisa del sistema
- No existe una comparación de la salida con la entrada
- Son afectados por las perturbaciones

### 2.2.1.2. Sistemas de control en lazo cerrado

La señal de salida del sistema (variable controlada) tiene efecto directo sobre la acción de control (variable de control).

Figura 2. Control mediante realimentación



Fuente: (Peralta, 2008)

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

### 2.2.2. Señales de control

Los sistemas de control operan con magnitudes de baja potencia. Las señales de control gobiernan los accionamientos de potencias (válvulas, contadores, motores, válvulas de cierre o apertura, electroválvulas, etc...) que actúan sobre equipo, planta o proceso. Las señales que llegan al accionamiento del sistema, señales de control, son producida a través de señales de referencia y de realimentación que llegan al dispositivo de comparación, el cual emite una señal de desviación que actúa sobre el elemento de control y esté sobre el proceso.

Las señales de realimentación son producidas por sensores, que convierten la información física real, como presión, caudal, temperatura. En una señal de realimentación que una vez procesada es utilizada para controlar y supervisar el sistema. [7]

### 2.2.3. Telemetría

Telemetría es una tecnología que permite la medición de las características de un objeto (como la presión existente en una tubería) y transportar los

resultados a una estación distante donde es desplegados, guardado y analizados. [8]

**Figura 3. Sistema Telemetría y Control**



**Fuente:** (CECSA, 2015)

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

La telemetría es un proceso que se desarrolla en tres partes:

**Figura 4. Partes de la Telemetría**



**Fuente:** (CECSA, 2015)

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

- El operador (infraestructura de telecomunicaciones, por ejemplo una red celular, una computadora, entre otros).
- El desarrollador (lo realiza en base a la necesidad del cliente o usuario)
- El usuario (la persona que posee y hará uso del sistema de telemetría). [9]

#### 2.2.4. Telefonía móvil

El sistema de comunicación inalámbrica, basado en la tecnología de ondas de radio (es decir, transmite por radiofrecuencia), tiene la misma funcionalidad que cualquier teléfono de línea fija. Se caracteriza por ser un dispositivo portable e inalámbrico, por tanto no requiere de ningún tipo de cableado para llevar a cabo la conexión a la red. Además de realizar llamadas se han incorporado en la actualidad nuevos valores agregados y aplicaciones que aumentan la potencialidad de utilización de estos dispositivos. [10] La implementación de los primeros dispositivos supuso el comienzo de la evolución hacia los dispositivos que conocemos en la actualidad.

##### 2.2.4.1. Estándares más utilizados:

- **GSM:** Sistema Global para Comunicaciones Móviles (Global System for Mobile Communications).
- **CDMA:** Code Division Multiple Access - Acceso Múltiple por División de Código.
- **GPRS:** General Packet Radio Service - Servicio General de Radio por Paquetes. [11]

#### 2.2.5. Generación 2.5 G

Este servicio se basa en las redes GSM, permitiendo una conexión a internet mediante un paquete de datos, en la cual se aplica una tarifa de datos por parte de la operadora celular sin contar el tiempo que se lleve conectado a este servicio.

- **GPRS:** Es un sistema de segunda generación basado en la capa física de GSM que utiliza la conmutación de paquetes y la clase multi slot junto con varias codificaciones de Canal para obtener diferentes caudales [12]

### **2.2.6. 3-G: Tercera generación**

Utilizan conversión de voz y datos mediante el acceso a Internet; es apta para aplicaciones multimedia y altas tasas de transmisión de datos. En esta generación se unen las tecnologías anteriores con la nueva incorporada en los teléfonos celulares. Está basado en una infraestructura de backbone paralela, consistente por un lado en nodos de conmutación de circuitos y por otro lado en nodos de conmutación de paquetes (Circuit-Switched and Packet-Switched Domains), “Dominio de conmutación de paquete y conmutación de circuito”. [13]

### **2.2.7. 4-G: Cuarta generación**

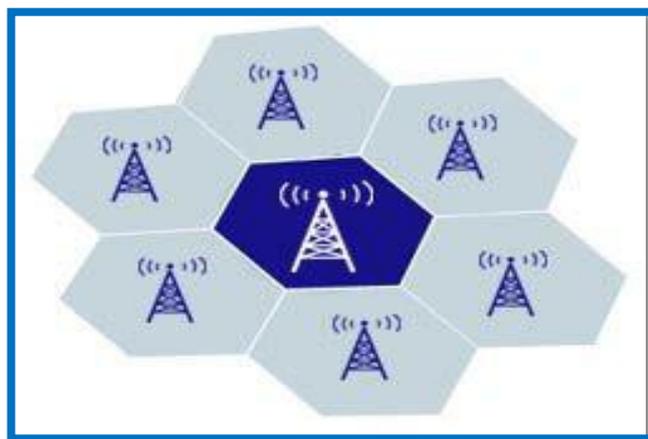
Es un nuevo estándar y una tecnología de acceso inalámbrica LTE (Long Term Evolution), Terminales de Larga Evolución que sirve para la navegación y descarga de datos de alta velocidad de Internet a través de un router LTE-Wi Fi, está basada totalmente en IP, Protocolo de Internet. Se utiliza para varios tipos de acceso móvil de banda ancha, no sólo sistemas de telefonía celular, con un mínimo costo posible. Los estándares para 4G deben cumplir los siguientes requisitos: [14]

- Acceso de banda ancha móvil y eficiencia de ancho de banda
- Alta capacidad de red y servicio
- Conectividad y Roaming a través de redes heterogéneas
- Desarrollo y estado de las normas

### **2.2.8. Funcionamiento de la telefonía móvil celular**

La telefonía celular debe su nombre a la forma como se divide el área de servicio del operador en una serie de hexágonos, que al ser unidos forman una malla. En cada celda hay una estación base que cuenta con un transmisor y un receptor de radio de baja potencia. La unión de varias de ellas forma la red celular, donde se puede establecer comunicaciones de voz y datos. [14]

**Figura 5. Las celdas diseñadas como hexágonos**



**Fuente:** (Whitepaper, 2012)

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

Cada celda utiliza la séptima parte de un canal de voz que se encuentre disponible. Una red celular posee siete celdas, y cada celda utiliza la séptima parte de la misma; poseen un grupo único de frecuencias para que no existan colisiones.

### **2.2.9. Microrordenador Raspberry Pi**

Es una minicomputadora con un Broadcom BCM2836, con cuatro núcleos a 900 MHz, 1GB de RAM para ofrecer hasta seis veces más potencia que la versión anterior, para poder establecer un GPU Videocore IV, es necesario para poder crear un programa básico, para poder navegar y ser programados. [15] El sistema más conocido para la raspberry Pi es Raspbian, de la distribución de Linux; un sistema operativo basado en Debian que nos ofrece un entorno tanto en modo consola como en escritorio. Este sistema operativo puede ser instalado en una tarjeta SD de preferencia de 4Gb en la requiere 2Gb de espacio libre.

Este mini ordenador permite la utilización de 2 programas contenidas en librerías de programación: Wiring Pi y la Rpi. GPIO. [16]

Este Ordenador tiene entradas USB para adaptador Wifi, teclado, mouse inalámbrico. Comprende dos salidas digitales y analógicas; la primera

HDMI en la que podemos conectar la raspberry a la TV con entrada de la misma o monitores para poder interactuar con ella, la segunda es de audio estéreo por Jack de 3.5 mm, pines de entrada y salida para propósito general, además podemos tener acceso desde un sitio remoto a través de otros dispositivos móviles, como laptops o smartphone, etc. [16]

**Figura 6. Características físicas básicas del Raspberry**



Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

### 2.2.9.1. Característica y funcionamiento interno

- Este Procesador de cuatro núcleos Broadcom BCM2836 ARM Cortex-A7
- Posee dos memorias especiales: una de 1GB LPDDR2, SDRAM y la otra es GPU Video Core IV reforzado por 2 núcleos,
- Open GL es de 2.0
- La rapidez por hardware OpenVG
- 1080p 30 frames
- H.264 es el acelerador de video propio de la tarjeta.
- Un total de 1G está compartida entre las dos, permite al usuario seleccionar la memoria de acuerdo a sus necesidades.
- Soporta 3 diferentes estándares para videos:
- RCA y video combinado (NTSC Y PAL)
- HDMI (rev 1.3 y 1.4)
- DSI para los LCD. [17]

**Figura 7. Procesador BROADCOM de Raspberry PI**



**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

Este mini ordenador tiene integrado un conector de audio de 3.5mm, y un puerto de dos funciones que es el HDMI, conectando con un solo cable lo suficiente para obtener audio y video. En caso de no tener entrada HDMI el display se utilizará las salidas de audio. [18]

**Figura 8. Salida de video RCA en la Raspberry Pi 2**



**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

Mediante la Raspberry se puede emplear los dos puertos USB 2.0 (vía hub USB integrado) se pueden conectar dispositivos tales como el mouse, teclado, módem WIFI, se puede adicionar un hub para alimentar a más dispositivos con salida USB para así conectarlos a la tarjeta. [19] Además este modelo actual del Raspberry Pi, posee un puerto Ethernet RJ-45 en la cual nos proporciona una conectividad a 10/100 Mbps. [20]

Este mini ordenador Raspberry se puede unir directamente mediante un cable Rj45 sin necesidad de tener un router, no es preciso utilizar un cable cruzado, en la que el conector red contiene unas de las características como auto-MDI, la que nos permite reconfigurarse automáticamente. [20]

Los actuales modelos de Raspberry Pi no detallan en su característica integrada para facilitar su comunicación por redes inalámbricas, se puede añadir soporte Wi-Fi a cualquier Mini ordenador Pi utilizando cualquier adaptador USB para red inalámbrica. [20]

**Figura 9. Puerto Ethernet y puertos USB para mouse y teclado**



**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

### **2.2.9.2. Energía y Alimentación Raspberry Pi.**

Este mini ordenador no tiene un botón de apagado y encendido, con la que podemos alimentar de energía mediante un cargador de 5V. El consumo de la raspberry pi es de 700mA, (3,5W). Muchos cargadores diseñados para teléfonos, funcionarán con la Raspberry Pi, pero no todos su debido amperaje, ya que, algunos solo suministran hasta 500mA y la Raspberry consume más energía que la mayoría de los dispositivos micro-USB y requiere de al menos 700mA para funcionar. [18]

**Figura 10. Fuente de Alimentación de la Raspberry Pi**



**Fuente:** (Alvarado, 2013)

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

### 2.2.9.3. Tecnología Raspberry pi 2

Este modelo de Raspberry Pi 2 se mantiene en compatibilidad total con los modelos anteriores en la que establece la optimización de tecnologías libres como Libre Office WebKit, etc, trabajando junto con el proyecto Raspbian, que como es la particular adaptación de Debían para este tipo de dispositivos basados en la arquitectura ARM, en el Raspberry Pi. [21]

### 2.2.9.4. Aplicaciones en Raspberry

Raspberry Pi, el ordenador de código abierto, ha incentivado a crear interesantes proyectos con una inversión de precios muy accesible. La versatilidad que ofrece este dispositivo ha adecuado una plataforma muy comprensible para que los aficionados a la programación. [22]

- **Automatización y Control:** Es unas de las numerosas aplicaciones basados en Raspberry Pi, en podemos sistematizar y determinadas diferentes actividades.
- **Seguridad:** Cámaras de vigilancia para transmitir imagen, drones, aperturas de puertas, ventanas, etc. [23]

### 2.2.9.5. Sistema Operativo Raspbian Wheezy

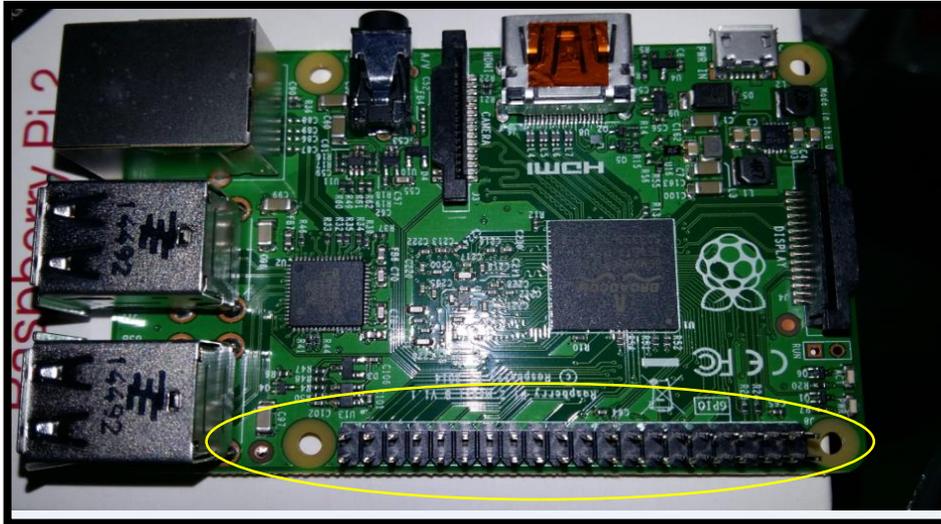
El Raspbian Wheezy es un Debian Linux adaptado para sistema operativo Raspberry Pi, este software el más factible es el que nos permitirá instalar y ejecutar otros programas. [23] Es un software liviano, debido a que posee las aplicaciones necesarias para su funcionamiento, si se deseara instalar alguna aplicación adicional en él se debe emplear el comando LXTerminal dentro de la Raspberry y digitar el programa que se desea.

### 2.2.9.6. GPIO en la Raspberry Pi

Los puertos de entrada y salida son los que diferencian a la Raspberry pi de un computador común. En tal propósito podemos hacer que nuestra Raspberry pueda comunicarse adecuadamente e interactuar remotamente

el estado de un servo motores, sensores de flujo etc. Esta tarjeta cuenta con 40 puertos de estos 26 se pueden usar como entradas/salidas. [24]

Figura 11. Localización del puerto GPIO en la Raspberry Pi

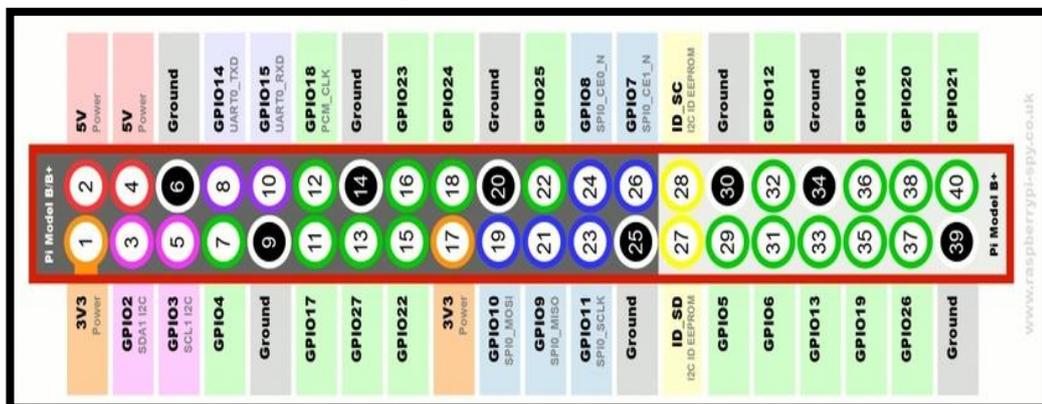


Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

### 2.2.9.7. Definición de los puertos GPIO en la Raspberry Pi

Como se muestra en la figura 12, los puertos son de tipo “unbuffered”, es decir, no tienen buffers para la protección, así que se debe tener en cuenta las magnitudes (intensidad, voltajes) cuando se deba conectar componentes a este para no perjudicar este mini ordenador.

Figura 12. Puertos GPIO



Fuente: Isaac, P. Puertos GPIO (2015)

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

- **Los puertos de alimentación:** se pueden apreciar pines de 3.3 hasta 5 v (limitados a 50mA) y tierra (GND o Ground), estos puertos sirven como una fuente de alimentación.
- **DNC (Do Not Connect):** estos puertos por el momento no tienen ningún destino de funcionamiento. En las presentes placas han sido marcados como GND.
- **GPIO normales:** son conexiones configurables en la que podemos programar.
- **GPIO especiales:** internamente se encuentran algunos puertos de destinados a una interfaz UART, con conexiones TXD y RXD que sirven para las comunicaciones en serie, como por ejemplo, conectar con una placa Arduino. [25]

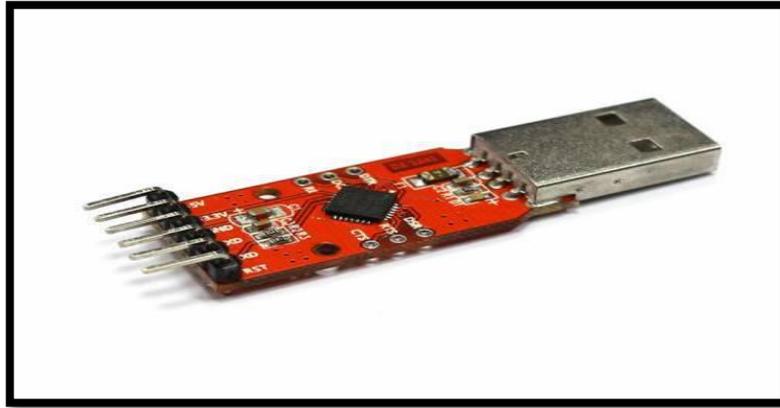
### 2.2.10. Raspberry Pi y Arduino

Raspberry Pi es una mini computadora totalmente funcional, mientras que Arduino es un microcontrolador, el cual es sólo un componente de una computadora. Sin embargo Arduino puede ser programado con pequeñas aplicaciones como C, este no puede ejecutar todo un sistema operativo y ciertamente no podrá sustituir una computadora en un tiempo cercano. [26]

### 2.2.11. Módulo UART

Con este dispositivo convertidor de USB a UART o USART podemos conectar el microcontrolador con puerto UART a la computadora sin necesidad del MAX232 aunque lo puedes añadir para que maneje niveles del protocolo RS232. Ideal para aplicaciones con puerto serial entre PC y microcontroladores, arduinos, módulos. Acepta niveles 3.3V ó 5 Voltios, Permite Energizar circuitos externos ya que tiene salidas de 3.3V y 5V. [27]

**Figura 13. Módulo USB 2.0 serial RS 232**



**Fuente:** (Wifex telematics S.A.S, 2015)

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

### **2.2.12. LCD (Liquid Crystal Display)**

Muestra información de manera gráfica. LCD conocida por sus siglas en inglés Liquid Crystal Display (Display de cristal líquido), permite el envío de datos desde un circuito hacia la pantalla, presentándolo de manera gráfica. Este tipo de dispositivo posee dos pines de E/S para los datos. [28]

**Figura 14. LCD 16x2**

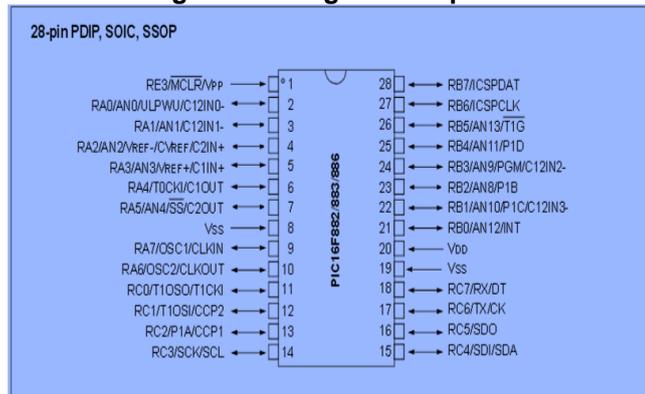


**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

### **2.2.13. Arduino (Microcontrolador 16F887A)**

Un microcontrolador es un dispositivo programable en cualquier lenguaje de programación que permite realizar varias actividades que involucran el control de dispositivos electrónicos ya sea procesamiento de datos y comunicaciones digitales.

**Figura 15. Diagrama de pines**

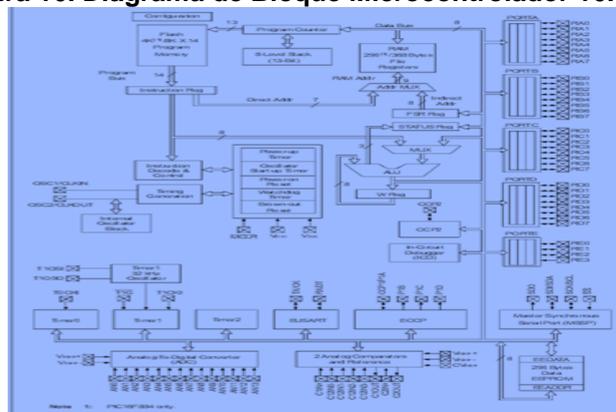


**Fuente:** Datasheet 16F887A (2010)

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

Existen diversos tipos de microcontroladores, los mismos que varían en cuanto a capacidad de memoria de almacenamiento de datos, en las que poseen registros especiales para la ejecución de instrucciones que se le programen. [29]

**Figura 16. Diagrama de Bloque Microcontrolador 16F887A**



**Fuente:** Datasheet 16F887A (2010)

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

### 2.2.13.1. Memoria RAM

La memoria RAM tiene cuatro bancos de registro. Los bits RP1 y RP0 (bits 6 y 5 del Registro de STATUS) nos permiten seleccionar el banco activo. Para simplificar el funcionamiento, los SFR (Registro de Funciones Especiales), utilizados con más frecuencia tienen la misma dirección en todos los bancos, lo que permite accederlos con facilidad. [30]

#### 2.2.14. Router TP- Link

El router Inalámbrico N300Mbps, el TL-WR841N se puede conectar por cable/inalámbrico. Inalámbricamente a una velocidad de 300Mbps para las aplicaciones sensibles como la interrupción de difusión de vídeo HD y VoIP. También, el botón WPS en el exterior liso y vanguardista asegura encriptaciones WPA2, previniendo intrusiones externas a la red. [31]

Figura 17. Router TP-Link



Fuente: TP-LINK (2015)

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

##### 2.2.14.1. Características (Velocidad y alcance inalámbrico)

Se basa en la norma internacional IEEE 802.11 b/g/n, con velocidades de transmisión de hasta 300Mbps. Está encriptado WPA/WPA2 - Seguridad Avanzada.

- **WPS-Botón de Seguridad**

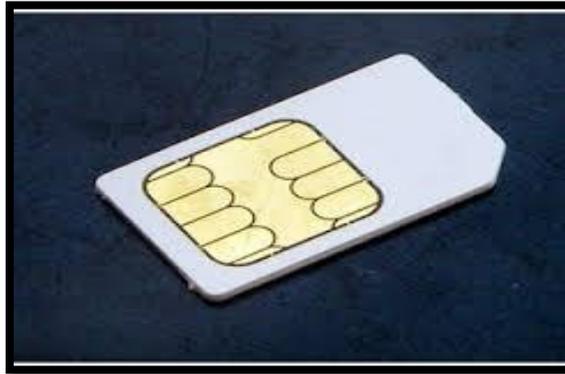
El TL-WR841N cuenta con Wi-Fi por Configuración Protegida (WPS), que permite a los usuarios la configuración de su seguridad, pulsando el botón "WPS" establecen automáticamente una conexión segura WPA2, que es una mayor seguridad en comparación con encriptaciones WEP. [31]

#### 2.2.15. Tarjeta SIM

La tarjeta SIM (SIM son las siglas de Subscriber Identity Module (Módulo de Identificación del Suscriptor)), es una tarjeta que se utiliza en los teléfonos móviles en la que se almacena de forma segura la información del usuario del teléfono necesaria para identificarse en la red (clave de

autenticación e identificación del área local). La tarjeta SIM también almacena datos del operador necesarios para el servicio de mensajes cortos y otros servicios. La capacidad de almacenamiento de una tarjeta SIM va desde 2Kb hasta 1Gb, aunque las más comunes común es 128Kb. [32]

**Figura 18. Tarjeta SIM**



**Fuente:** (Orozco, 2011)

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

#### **2.2.16. Tarjeta microSD**

En la parte posterior del Raspberry se inserta una tarjeta microSD donde se guardará el sistema operativo. Otros archivos también podemos guardarlos aquí o en una memoria USB (o disco duro) externos. Se recomienda un micro SD de al menos 4 GB y clase 10. [33]

**Figura 19. Tarjeta microSD**



**Fuente:** (Orozco, 2011)

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

### 2.2.17. Módulos GSM

La tecnología celular GSM es usada para transmitir datos, sus protocolos de comunicaciones GPRS y SMS. Además se describe el protocolo de comunicación RDP (Remote Desktop Protocol), usado para intercambiar información entre los medidores de agua y el dispositivo móvil. [34]

Raspberry Pi GSM V1.0 Add-on es la medida para la interfaz de Raspberry Pi basado en SIM900 cuatribanda módulo GSM / GPRS. EN los comandos se pueden enviar a través del puerto serie del Raspberry Pi, por lo tanto las funciones como la marcación y responder a las llamadas, enviar y recibir mensajes y navegar en línea se pueden realizar. Por otra parte, el módulo es compatible con la alimentación de mano y restablecer a través del software. [35]

**Tabla 2. Especificaciones**

PCB size	73.8mm X 70mm X 1.6mm
Input voltaje	5V
Interface	UART
Braud rate	9600 (default)

**Fuente:** (Martin, 2013)

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

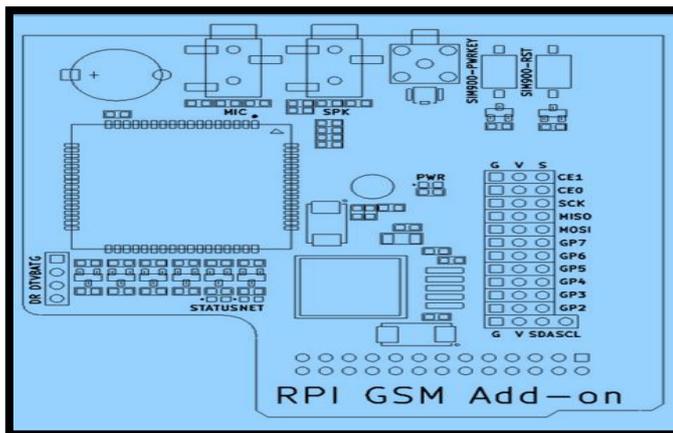
**Tabla 3. Características Eléctricas**

Parámetros	Min	Typical	Max.	Unidad
Supply voltage	•	5	5.5	VDC
Current consumption (average)	•	500	•	mA
Manteneous current consumption	•	•	2	A

**Fuente:** (Martin, 2013)

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

**Figura 20. Hardware Raspberry PI GSM**



Fuente: : (Martin, 2013)

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

**Tabla 4. Interfaces Raspberry GSM**

Raspberry PI Pin N.O	Pin name	Pin of SIM900 Module	Description
11	GPIO0	SIM900-PWERKEY	Powering-on key vía software
12	GPIO1	SIM900-RST	Resetting key vía software
13	GPIO2		
15	GPIO3		
16	GPIO4		
18	GPIO5		
22	GPIO6		
7	GPIO7		
3	SDA0		
5	SCL0		
24	CE0		
26	CEI		
19	MOSI		
21	MISO		
23	SCLK		
8	TXD	SIM900_RX	Receiving end for SIM900 serial port
10	RXD	SM9C0_TX	Sending end for SIM900 serial port
2	+5V		
1	+33V		
6	GND		

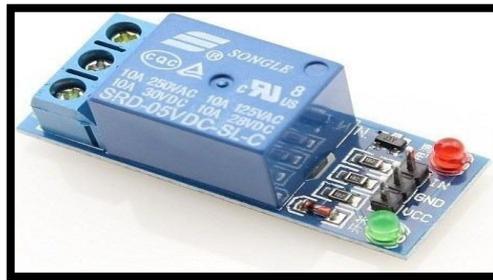
Fuente: (Martin, 2013)

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

### 2.2.18. Módulo Relé

Funciona con un voltaje de salida de 5 voltios por medio del pin que posee. Este puede ser empleado para proyectos que utilicen dispositivos programables (Arduino, PIC, ARM y MSP430), son fáciles de conectar y configurar. [36]

Figura 21. Módulo de Relé



Fuente: Miriam Portilla (2014)

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

### 2.2.19. Medidor de agua

Sirve para medir, guardar y mostrar en el visor de manera permanente el volumen de agua que pasa a través del transductor de medición. Las partes de un medidor son:

- Un transductor
- Un calculador y;
- Un dispositivo indicador.

Estos dispositivos pueden estar en fuentes diferentes y funcionar de manera conjunta para la medición. [37]

Figura 22. Medidor de agua



Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

## 2.2.20. Sensor de flujo o volumen

Se compone de una válvula con cuerpo de plástico, un rotor de agua, y un sensor de efecto Hall. Cuando el líquido pasa por los rodillos del rotor, este gira, y es allí en donde la velocidad cambia de acuerdo a las diferentes tasas de flujo. [38]

Figura 23. Sensor de flujo o sensor de volumen



Fuente: Pablo Noriega (2015)

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

Este tipo de sensor tiene las siguientes especificaciones:

Tabla 5. Especificaciones Sensor de volumen

<b>Voltaje de funcionamiento</b>	<b>5V- 24V</b>
<b>Corriente máxima</b>	15mA (DC 5V)
<b>Peso</b>	43 g
<b>Rango de caudal</b>	1 ~ 30 L / min
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	0c ~ 80c
<b>Temperatura del líquido</b>	<120C
<b>Humedad de funcionamiento</b>	35% - 90% RH
<b>Presión de trabajo</b>	bajo 1.75Mpa
<b>Temperatura</b>	-250 ~ +80 C
<b>Humedad</b>	25% ~ 90% RH

Fuente: Pablo Noriega (2015)

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

### 2.2.21. Electroválvulas

Una electroválvula es un actuador diseñada para controlar el paso del fluido de por un conducto o un tubería. Por lo general, los actuadores transforman la energía eléctrica en una rotación, calor, luz, etc. y están controlados eléctricamente a través de una bobina. [39] Las principales característica es tensión de su bobina.

Figura 24. Electroválvulas



Fuente: Tejedor & Otros. Manual de Domótica (2011)

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

### 2.2.22. Lenguajes de programación

Los lenguajes de programación tienen una estructura compleja que se compone de varias partes: sintaxis, semántica, elementos del lenguaje, nivel de abstracción, paradigma, estructuras de control para ordenar la ejecución de los programas, tipos de datos (números, letras, etc.), y funciones o procedimientos (unidades) que contienen un conjunto de instrucciones, entre otras. [40]

- **JAVA:** Java es un lenguaje de programación orientado a objetos, de una plataforma independiente. Con la programación en Java, se pueden realizar distintos aplicativos, como son applets, que son aplicaciones especiales, que se ejecutan dentro de un navegador al ser cargada una página HTML en un servidor WEB, Por lo general los applets son programas pequeños y de propósitos específicos.

- Además se pueden realizar aplicaciones como un procesador de palabras, una hoja que sirva para cálculos, una aplicación gráfica, etc. Puede ser modificado por lo que lo convierte en lo que comúnmente se denominado Código abierto. Su uso está extendido en los dispositivos móviles. En defensa del lenguaje puede decirse que ha logrado la mayoría de los objetivos para los que se desarrolló. [41]

**Figura 25. Icono de JAVA**



**Fuente:** Gutti Alfred (2015)

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

- **MYSQL – SERVER:** Es un sistema de gestión de base de datos de tipo relacional (RDBMS) de código abierto, basado en lenguaje de consulta estructurado (SQL). Es usado como servidor a través del cual pueden conectarse múltiples usuarios de forma simultánea. Es usado en diferentes plataformas entre ellas podemos mencionar Open Solaris, Perl y Python entre otras. [42]

### **2.3. Marco referencial**

#### **Medidor de consumo de Agua aplicando la Telemetría con Raspberry y gestionado por web.**

En este trabajo de investigación los autores crean un modelo-prototipo que responde a las especificaciones de los requisitos que debe desempeñar

una red de medición de agua. Aplicación de sistema empotrados Raspberry pi como datalogger para el tratamiento de datos con una disponibilidad alta. En la actualidad, los sistemas de telemetría son comúnmente utilizados en aplicaciones industriales para el monitoreo y control de variables como nivel, presión, volumen, entre otras; también para detección de flotas y sistemas de seguridad; es decir macro medición, en cambio para los edificios se centra en micro medición, que permite obtener la lectura de los medidores residenciales. [43]

#### **Diseño de una red de telemetría para el complejo hidroeléctrico del Mantaro**

Este proyecto fue diseñado que surge por la necesidad de contar permanentemente con datos de información climática y a la vez recurrir a potenciales reservorios naturales de agua, los cuales serían utilizados en épocas de sequía para mantener un volumen y generar la misma potencia promedio todo el año. [44]

**CAPÍTULO III**  
**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1. Métodos y técnicas utilizadas en la investigación**

#### **3.1.1. Método científico**

En la presente investigación este método fue utilizado para llevar las tácticas adecuadas e identificar las relaciones existentes tanto interna como externa, que inciden de manera natural o no en el proceso investigado en el desarrollo del sistema de telemetría y control de un medidor de agua potable y la sincronización del mismo con la base de datos en Java.

#### **3.1.2. Proceso del método científico**

Este método científico permitió adquirir información imprescindible para la realización de esta investigación, además mediante ella se corrigieron algunos errores que se presentan en la medición del volumen de agua consumido por el abonado, permitiendo enfocar los objetivos en el desarrollo de este proyecto.

#### **3.1.3. Planteo del problema**

- **Observación y Reconocimiento de los hechos:** inspeccionar las actividades y procesos actuales de sistema de agua potable.
- **Planteamiento del problema:** Identificar el problema primordial existente en el sistema de agua potable del cantón El Empalme.
- **Formulación del problema:** ¿Cómo optimizar la eficacia en el proceso de control y facturación del consumo de agua potable del cantón el Empalme?

#### **3.1.4. Construcción de un modelo teórico**

En este caso se seleccionó el sistema de Telemetría y control, pues se considera la solución más oportuna para enfrentar el problema existente con relación al control y facturación del servicio de agua potable del cantón El Empalme.

### 3.1.5. Prueba de la hipótesis

- **Diseño de la prueba:** Se desarrolló un sistema telemetría y Control para el servicio de agua potable mediante combinaciones de red LAN, GSM/GPRS, con la implementación de sensores de flujo y electroválvula lo que permitiría demostrar su funcionalidad.
- **Ejecución de la prueba:** Implantación del sistema de telemetría y control para recolección de datos.
- **Obtención de datos:** Prueba de datos para su clasificación, análisis, estimación de los datos proporcionados por el sistema.
- **Inferencia de la conclusión:** Permitted la interpretación de los datos obtenidos y se comprobó si el cumplimiento de las metas planteadas.
- **Demostración del cumplimiento de hipótesis:** Se realizó la comparación entre los resultados de las pruebas del sistema de Telemetría y control ejecutado en esta prueba experimental con la hipótesis planteada, demostrando que este sistema permite llevar el control del consumo del agua potable generado por el abonado.

## 3.2. Tipo de Investigación

### 3.2.1. Cuasi-experimental

Este tipo de investigación permitió aproximarse a los datos alcanzados en la investigación realizada, debido a que la misma fue experimental y no resultaba posible tener el control y manipulación de las variables.

Se utilizó la metodología cuasi-experimental para medir el margen de error de lecturas tomadas mensualmente, de los abonados que obtienen el servicio de agua potable.

Su notación es: G1, O1, X, O2

Dónde:

- **G1=** Es el grupo de población a las que se observó y analizo para la comprobación de la hipótesis.
- **O1=** Resultados de la evaluación sin el sistema.
- **X=** Sistema Telemetría y Control.
- **O2=** Resultados de la evaluación con la utilización del sistema.

### **3.3. Técnicas de investigación**

La técnica de investigación utilizada fue la observación, la cual se aplicó a los abonados que desconocen su valor a por el consumo de agua potable en la ciudad del Empalme.

- **Observación**

Por medio de este proyecto tecnológico se logró evidenciar el funcionamiento de los componentes que integran a un sistema Telemetría y control realizando las pruebas necesarias hasta lograr su óptimo funcionamiento.

- **Entrevista**

Se realizó una encuesta a los directivos del GAD Municipal del Empalme, con el fin de conocer, la situación actual en cuanto al sistema de cobro del agua potable que posee esta institución. **(Ver Anexo 1)**

- **Encuesta**

Esta técnica permitió obtener información de los habitantes del Cantón El Empalme, de acuerdo a determinadas preguntas que formaron parte de la

encuesta, pues los pobladores que formaron parte de la muestra, dieron a conocer realmente los procesos que se cumplen en el sistema manual de lectura y facturación de agua potable. **(Ver Anexo 2)**

- **Universo**

El universo que es objeto de la investigación fue integrada por los ciudadanos del cantón El Empalme, personal que habita dentro del perímetro urbano y rural.

**Tabla 6. Habitantes del Cantón El Empalme**

<b>POBLACIÓN</b>	<b>N° PERSONAS.</b>
Urbana	20.051
Rural	54.400
<b>Total</b>	<b>74.451</b>

**Fuente:** Datos obtenidos del GAD Municipal del Empalme (2012)

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

- **Población**

Debido a que el tamaño del universo es grande, se tomó como población un porcentaje de los habitantes tanto como la zona urbana (Los Laureles, Las Tecas y 2 de mayo) y rural (Coop. Atilio Vélez Aray) que poseen agua potable mediante un medidor.

**Tabla 7. Habitantes que poseen agua potable**

<b>POBLACIÓN</b>	<b>N° PERSONAS.</b>
Urbana (Los Laureles, Las Tecas y 2 de mayo)	500
Rural (Coop. Atilio Vélez Aray)	100
<b>Total</b>	<b>600</b>

**Fuente:** Datos obtenidos del GAD Municipal del Empalme (2012)

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

**Muestra:**

$$n = \frac{N * 0,25}{(e^2 * (N - 1) + 1)}$$

Donde:

N= Universo

E= Margen de error 5% = 0.05

1= Unidad de corrección

Tomando en cuenta los siguientes valores:

$$n = \frac{600 * 0,25}{(0.05^2 * 600 - 1) + 1}$$

$$n = \frac{150}{(0.0025 * 599) + 1}$$

$$n = \frac{150}{(1,49) + 1}$$

$$n = \frac{150}{1.5}$$

$$n = 100 R//$$

### **3.4. Equipos y materiales**

Los recursos necesarios para la investigación y desarrollo del sistema informático son los siguientes:

#### **3.4.1. Equipos**

##### **3.4.1.1. Hardware**

- Computadora de escritorio HP
- Notebook Compaq Presario

- Impresora Epson L355
- Dispositivo móvil celular

#### **3.4.1.2. Software**

- Java x64 bit Windows 8
- MY-SQL x64 bit Windows 8
- Python, Linux
- Raspbian
- ISIS 7 Proteus versión 7.8
- NetBeans IDE 8.1(APK)
- MobaXterm
- Paquete de Microsoft de Office 2013 (Word, Excel y Power Point)
- Sistema Operativo Android 4.1

#### **3.4.2. Materiales**

##### **3.4.2.1. De campo**

- Módulo Raspberry Pi 2
- Módulo Raspberry Pi GSM
- USB 2.0 Serial Rs232 UartTtl Cp210
- Cable USB-miniUSB
- Tarjeta MicroSD y SIM
- Módulo Relevadores con Optoacoplador
- Router TP-LINK TL-WR841ND
- Medidor agua
- Electroválvulas
- Uniones

- Manguera de ½
- Resistencias
- Diodos LED rojo
- Potenciómetro
- Caja plástica línea Eléctrica
- Rollo de estaño
- Pasta de soldar
- Cintas de Teflón
- Placas para circuito impreso (PCB)
- Papel Transfer Carta PRESS-N-PEEL
- Cloruro férrico

#### **3.4.2.2. De oficina**

- Resma de papel A4 CopyLaser
- Tintas Epson 4 colores (Negro, Rojo, Amarillo y Azul)
- Pendrive Kingston 16GB
- CD's RW

#### **3.4.3. Recursos humanos**

- Encargado de la Administración del Departamento de Agua Potable del GAD Municipal de El Empalme
- Autor de la tesis
- Tutor de tesis
- Docente de redacción de la UTEQ – FCI

### 3.5. Presupuesto

Tabla 8. Costos de equipos y herramientas utilizadas

Cant.	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
<b>EQUIPOS</b>			
1	Módulo Rapsberry Pi 2		\$42,00
1	Módulo Raspberry Pi Gsm		\$40,00
2	USB 2.0 Serial Rs232 UartTTL Cp210		\$20,00
2	Cable USB-miniUSB	\$1,50	\$3,00
1	Tarjeta MicroSD		\$10,00
1	Tarjeta Sim	\$5,00	\$5,00
1	Módulo Relevadores con Optoacoplador		\$10,00
1	Router TP-LINK TL-WR841ND		\$38,00
2	Resistencias	\$0,10	\$0,20
1	Diodos LED rojo.		\$0,25
1	Potenciómetro		\$1,00
1	Caja plástica línea Eléctrica		\$5,00
1	Medidor agua		\$25,00
1	Electroválvulas		12,00
8	Uniones.		\$8,00
6	Manguera de ½		\$4,00
1	Medidor agua		\$25,00
<b>HERRAMIENTAS</b>			
1	Protoboard	\$20,00	\$20,00
1	Cautín	\$15,00	\$15,00
1	Rollo de estaño	\$6,00	\$6,00
1	Pasta de soldar	\$6,00	\$6,00
1	Juego de destornilladores (planos y estrellas)	\$8,00	\$8,00
1	Juego de cables para protoboard	\$3,00	\$3,00
1	Juego de pinzas	\$10,00	\$10,00
1	Multímetro digital	\$25,00	\$25,00
3	Cintas Teflón	\$1,00	\$3,00
1	Placas para circuito impreso (PCB)	\$10,00	\$10,00
2	Papel Transfer Carta PRESS-N-PEEL	\$1,00	\$2,00
1	Cloruro férrico	\$5,00	\$5,00
<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$336,20</b>
<b>IVA 12%</b>			<b>\$40,35</b>
<b>TOTAL</b>			<b>\$375,55</b>

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

**Tabla 9. Costos de equipos de oficina**

<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
3	Resma de papel A4	\$3,50	\$10,50
3	Tintas Epson 4 colores	\$10,00	\$10,00
1	Pendrive 16GB	\$10,00	\$10,00
	Gastos Varios	\$ 800,00	\$800,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 830,50</b>

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

### **3.6. Factibilidad**

Para demostrar la factibilidad del proyecto se requirió implementar un prototipo de telemetría y control seleccionado los puntos donde se requiera automatizar comunicándolas hacia el servidor. Cabe indicar que la red GSM/GPRS implementada se ha denominado “red de pruebas” y se diseñó únicamente para transmitir la aplicación de la adquisición de datos.

#### **3.6.1. Factibilidad Técnica**

Los componentes técnicos utilizados en este proyecto prototipo telemétrico y de control tales como: (sensores de flujo, electroválvulas, módulos relé, módulo GSM, módulos UART y el mini ordenador Raspberry PI) para el Gobierno Descentralizado del cantón El Empalme permite ser mejorado o complementado con otros dispositivos para la utilización de nuevas tecnologías.

#### **3.6.2. Factibilidad Operacional**

El desarrollo del prototipo le permite al Gobierno descentralizado del cantón El Empalme, poner en marcha la nueva tecnología de comunicación, aprovechando los beneficios que esta ofrece, por otra parte el correcto funcionamiento de este proyecto estará sujeto al personal de operación del sistema que está establecido por los miembros de la directiva municipal.

### **3.6.3. Factibilidad Económica**

Para el desarrollo de este proyecto basado en un prototipo de sistema telemétrico y control, los gastos son asumidos por el autor. En la parte software y control va ofrecer beneficios económicos a la ciudad mejorando el servicio a los abonados, y disminuyendo el desperdicio de los recursos hídricos, como se muestra en la siguiente.

### **3.7. Alcance**

El sistema de telemetría y control que se desarrolló, para el departamento de agua potable del Gobierno Descentralizado del cantón El Empalme, específicamente permitirá medir y controlar el detalle de lectura y facturación, con la finalidad de mejorar el servicio y optimizar recursos hídricos, en la cual el abonado tendrá su factura de consumo real mediante la utilización de la red GSM/GPRS o internet.

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4. Resultados

### 4.1. Análisis e interpretación de datos

La encuesta se aplicó a un total de 100 personas, las cuales se dividieron en 2 zonas: urbana comprendida por: Los Laureles, Las Tecas y 2 de mayo y rural: Coop. Atilio Vélez Aray, quienes poseen el servicio de agua potable. El objetivo fue conocer su opinión y percepción en lo referente al sistema manual de lectura y facturación de agua potable antes y después de su servicio. Las preguntas y respuestas resultado de la encuesta son las siguientes:

#### ENCUESTA APLICADA A LOS HABITANTES QUE POSEEN EL SERVICIO DE AGUA POTABLE EN SECTORES URBANOS Y RURALES.

##### 1. ¿Su predio urbano dispone de medidor de agua potable?

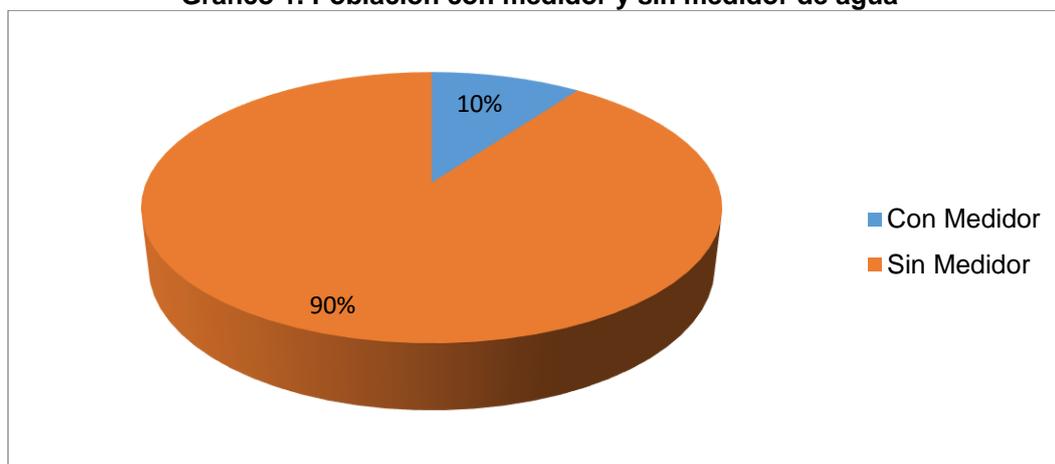
Tabla 10. Población con medidor y sin medidor de agua

Código	Categorías	Frecuencias	Porcentaje
Ítem N° 1	Con Medidor	10	10%
	Sin Medidor	90	90%
<b>TOTALES</b>		<b>100</b>	<b>100%</b>

Fuente: Encuesta aplicada a los habitantes de zonas urbanas en el cantón El Empalme

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

Gráfico 1. Población con medidor y sin medidor de agua



Fuente: Encuesta aplicada a los habitantes de zonas urbanas en el cantón El Empalme

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

### Análisis:

De las muestras obtenidas el 90% de los abonados no disponen de medidor de agua potable. El 10% de los usuarios disponen de la conexión de medidores.

### Interpretación:

No existe un control del suministro, ni los usuarios finales tienen conocimiento de la cantidad de agua que ha sido utilizada. Es difícil contar con una facturación que revele el volumen real de agua consumida, haciendo que los planes enfocados al manejo de la demanda de agua no puedan ser implementados efectivamente.

## 2. ¿Con que frecuencia le toman lectura de su medidor?

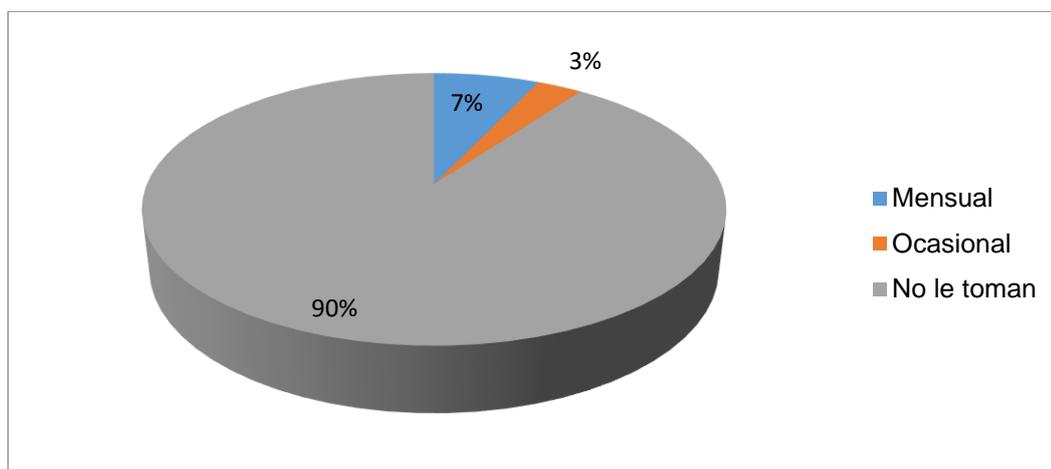
Tabla 11. Frecuencia de lectura de su medidor

Código	Categorías	Frecuencias	Porcentaje
Ítem N° 2	Mensual	7	7%
	Ocasional	3	3%
	No le toman	90	90%
<b>TOTALES</b>		<b>100</b>	<b>100%</b>

Fuente: Encuesta aplicada a los habitantes de zonas urbanas en el cantón El Empalme

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

Gráfico 2. Frecuencia de lectura de su medidor



Fuente: Encuesta aplicada a los habitantes de zonas urbanas en el cantón El Empalme

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

### Análisis:

En la aplicación de la encuesta podemos observar que al 90% de usuarios la empresa de agua potable no les toma la lectura del consumo, un 7% menciona que lo hacen mensualmente y un 3% respondió que es ocasional la toma de lectura.

### Interpretación:

Refleja que se deben tomar acciones correctivas, con el fin de minimizar estos inconvenientes.

### 3. ¿Cuál es su consumo promedio mensual de agua potable en m<sup>3</sup>?

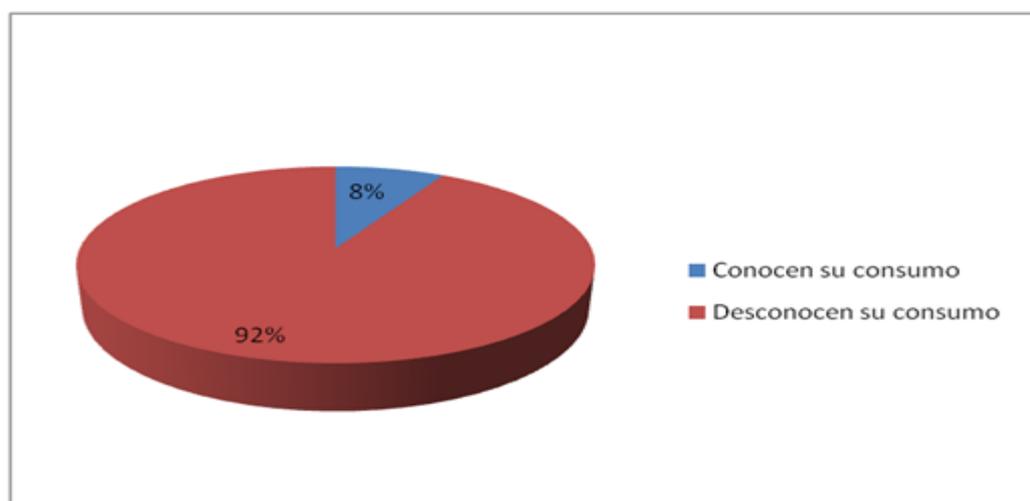
Tabla 12. Consumo promedio mensual de agua potable en m<sup>3</sup>

Código	Categorías	Frecuencias	Porcentaje
Ítem N° 3	Conocen su consumo	8	8%
	Desconocen su consumo	92	92%
<b>TOTALES</b>		<b>100</b>	<b>100%</b>

Fuente: Encuesta aplicada a los habitantes de zonas urbanas en el cantón El Empalme

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

Gráfico 3. Consumo promedio mensual de agua potable en m<sup>3</sup>



Fuente: Encuesta aplicada a los habitantes de zonas urbanas en el cantón El Empalme

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

### Análisis:

La encuesta determina que apenas el 8% de los usuarios conoce el volumen de su consumo y sabe qué valor debe pagar, en contraste con el 92% de usuarios que no se fijan en el volumen de agua que le facturan y por tanto que pagan.

### Interpretación:

Demuestra que los clientes simplemente se fijan en el valor a pagar y no en el volumen que consumieron durante el mes lo que permite establecer que el abonado cancela el valor de su factura sin ningún reclamo.

#### 4. ¿Ha solicitado usted revisión de su factura por lectura no tomada?

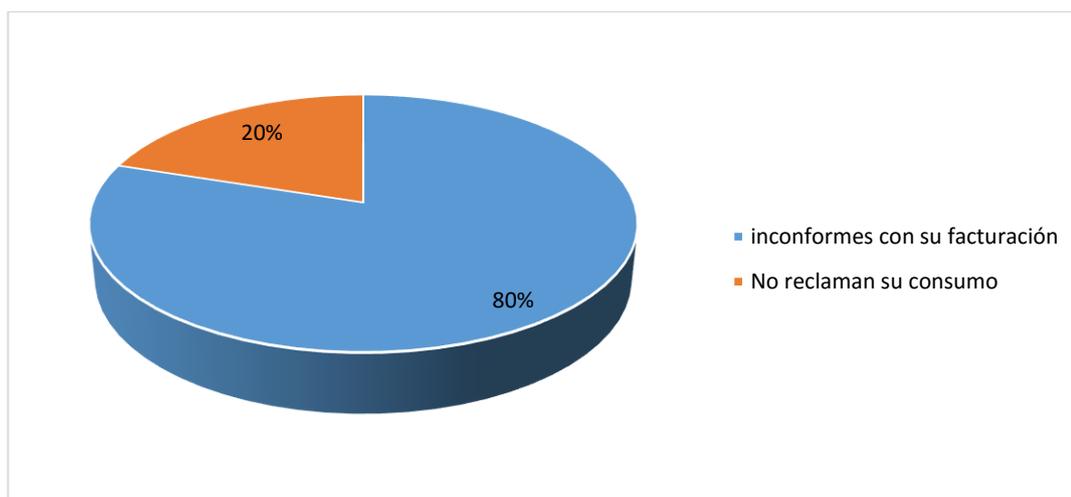
Tabla 13. Revisión de factura por lectura no tomada

Código	Categorías	Frecuencias	Porcentaje
Ítem N° 4	Inconformes con su facturación	80	80%
	No reclaman su consumo	20	20%
<b>TOTALES</b>		<b>100</b>	<b>100%</b>

Fuente: Encuesta aplicada a los habitantes de zonas urbanas en el cantón El Empalme

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

Gráfico 4. Revisión de factura por lectura no tomada



Fuente: Encuesta aplicada a los habitantes de zonas urbanas en el cantón El Empalme

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

### Análisis:

Según la encuesta muestra un alto índice de inconformidad por el pago de su factura de agua potable y alcantarillado el cual llega al 80% de reclamos por la factura a pagarse. El 20% de clientes de este servicio no tienen inconvenientes por el valor a pagar y con o sin razón pagan normalmente.

### Interpretación:

Es necesario implementar un sistema confiable de medición de agua que mida y facture el consumo de cada consumidor para que los usuarios estén conformes.

## 5. ¿Cree usted que su medidor le está marcando correctamente?

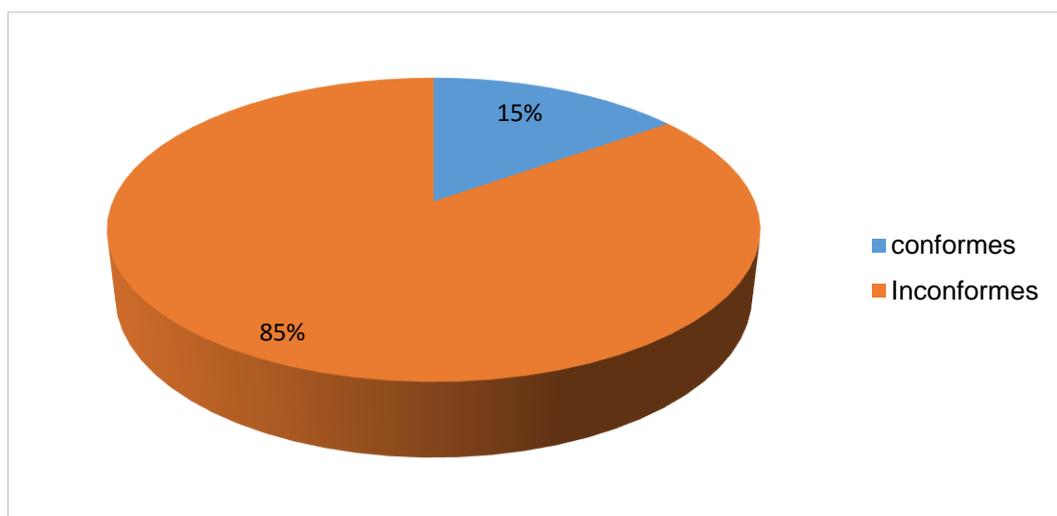
Tabla 14. Usuarios inconformes con el registro del medidor

Código	Categorías	Frecuencias	Porcentaje
Ítem N° 5	Conformes	15	15%
	Inconformes	85	85%
<b>TOTALES</b>		<b>100</b>	<b>100%</b>

Fuente: Encuesta aplicada a los habitantes de zonas urbanas en el cantón El Empalme

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

Gráfico 5. Usuarios inconformes con el registro del medidor



Fuente: Encuesta aplicada a los habitantes de zonas urbanas en el cantón El Empalme

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

### **Análisis:**

Con los resultados obtenidos, podemos analizar que el 85% de los usuarios afirma que su medidor no está registrando correctamente sus lecturas y que apenas el 15% está satisfecho con el registro de su medidor.

### **Interpretación:**

La inconformidad de los usuarios y los reclamos constantes por la lectura de sus contadores no permite que la empresa suministradora consolide su imagen, además que debe implementar estrategias para brindar un mejor servicio.

## **6. ¿Le gustaría un sistema de lecturas utilizando nuevas tecnologías?**

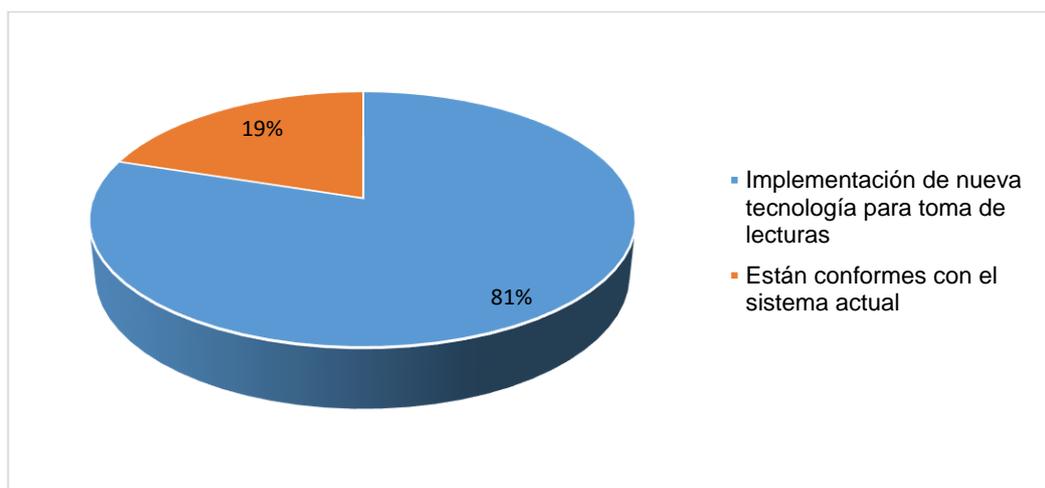
**Tabla 15. Aplicación de sistema de toma de lecturas**

<b>Código</b>	<b>Categorías</b>	<b>Frecuencias</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Ítem N° 6</b>	Implementación de nuevas tecnología para toma de lecturas	81	81%
	Están conformes con el sistema actual	19	19%
<b>TOTALES</b>		<b>100</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Encuesta aplicada a los habitantes de zonas urbanas en el cantón El Empalme

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

**Gráfico 6. Aplicación de sistema de toma de lecturas**



**Fuente:** Encuesta aplicada a los habitantes de zonas urbanas en el cantón El Empalme

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

### Análisis:

Los resultados obtenidos, el 81% de los usuarios encuestados están de acuerdo con la aplicación de sistemas innovadores de tomas de lectura. Paralelamente el 19% está conforme con el sistema actual de tomas de lecturas a medidores de agua potable.

### Interpretación:

Los encuestados se identifican con las nuevas tecnologías porque de esa manera el consumidor puede comprobar que la lectura de su factura, sea la misma que refleja el medidor para una mayor satisfacción del servicio.

### 7. ¿Has notado Usted que tiene fuga de agua en las instalaciones de su casa u otra instalación?

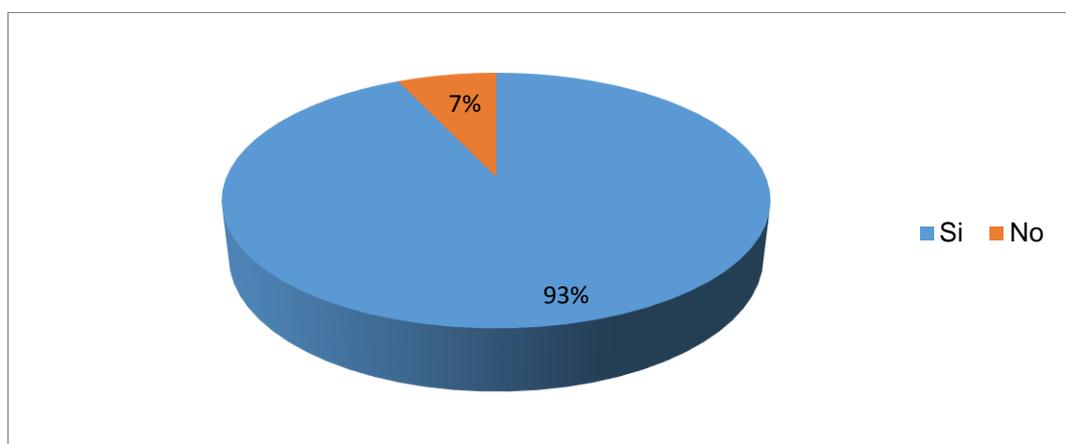
Tabla 16. Existencia de fuga de agua en las instalaciones de su casa

Código	Categorías	Frecuencias	Porcentaje
Ítem N° 7	Si	93	93%
	No	7	7%
<b>TOTALES</b>		<b>100</b>	<b>100%</b>

Fuente: Encuesta aplicada a los habitantes de zonas urbanas en el cantón El Empalme

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

Gráfico 7. Existencia de fuga de agua en las instalaciones de su casa



Fuente: Encuesta aplicada a los habitantes de zonas urbanas en el cantón El Empalme

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

### Análisis:

La mayoría de los encuestado, en un 93%, expresaron tener fugas de agua en sus casas, solo un 7% refieren no tener este problema.

### Interpretación:

Se debe implementar estrategia que evite el desperdicio de agua, dar solución rápida y eficaz para cada tipo de problema, con la capacidad de reparar y rehabilitar tuberías o efectuar un mantenimiento preventivo.

### 8. ¿Ha tomado acciones correctivas con los daños que presenta las instalaciones de su casa u otra dependencia?

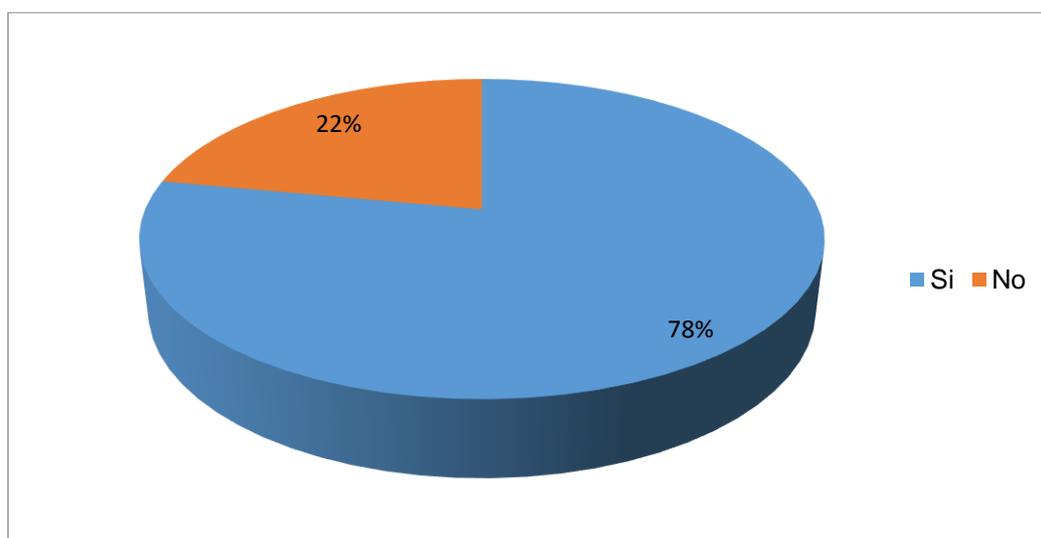
Tabla 17. Acciones correctivas con los daños que presentan las instalaciones de su casa u otra dependencia

Código	Categorías	Frecuencias	Porcentaje
Ítem N° 8	Si	78	78%
	No	22	22%
<b>TOTALES</b>		<b>100</b>	<b>100%</b>

Fuente: Encuesta aplicada a los habitantes de zonas urbanas en el cantón El Empalme

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

Gráfico 8. Acciones correctivas con los daños que presentan las instalaciones de su casa u otra dependencia.



Fuente: Encuesta aplicada a los habitantes de zonas urbanas en el cantón El Empalme

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

### **Análisis:**

Según la encuesta una vez detectado el daño interno un 78% procede con su reparación y el 22% sabiendo que tiene este problema no lo corrige.

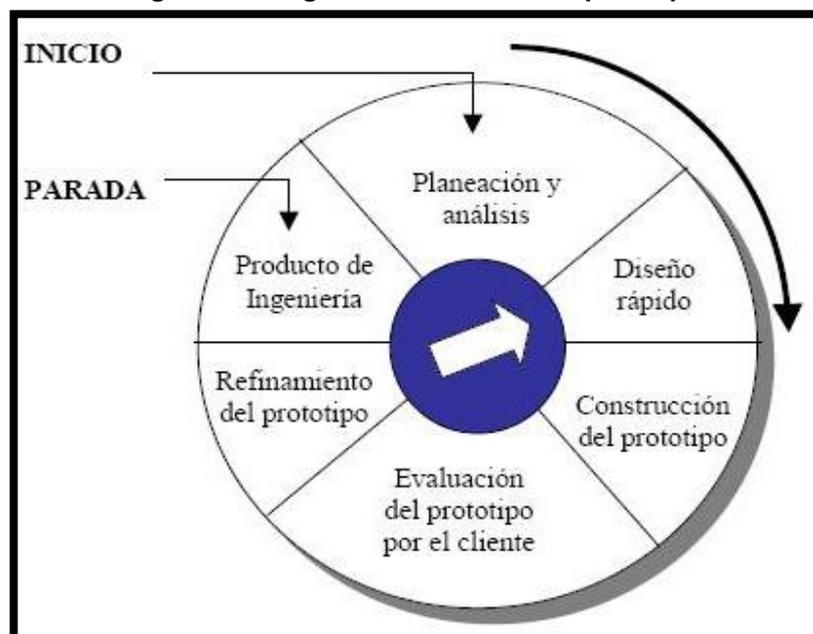
### **Interpretación:**

Es necesario concientizar a la población en cuanto al ahorro del líquido vital con políticas que fomenten el cuidado del mismo, además de campañas y consejos para la optimización del uso de este recurso hídrico en las actividades diarias.

## **4.2. Metodología del desarrollo**

La construcción de este prototipo en la presente investigación representa una estrategia de desarrollo rápida y económica, cuando no es posible determinar todos los requerimientos del usuario. Una vez en operación el modelo del proyecto se depura hasta que cumpla con los requerimientos de los usuarios.

**Figura 26. Diagrama de creación de prototipos**



**Fuente:** Tamayo La Investigación (2014)

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

#### 4.2.1. Costos de equipos telemétricos vs los sistemas de telemetría existentes en el mercado.

Tabla 18. Comparaciones de sistemas telemétricos

Sistema Telemetría Raspberry pi	Sistema Telemetría celular	Sistema Telemetría Zigbee
\$180,00	\$220,00	\$250,00

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

#### 4.2.2. Comparativas de funcionalidades de los equipos

Tabla 19. Funcionalidades que cumplen los sistemas telemétricos

SISTEMA TELEMETRÍA RASPBERRY PI	SISTEMA TELEMETRÍA CELULAR	SISTEMA TELEMETRÍA ZIGBEE
Visualización mediante el sistema en el administrador	Visualización del estado actual de las entradas analógicas y digitales del equipo.	Visualización mediante puerto serial RS232 USB en sistema SCADA, PLC software
Envío de reporte del mes de consumo hacia el abonado al correo electrónico y celular el valor a pagar	Contrato por cada Abonado Adicional para agregar al servidor de telemetría celular.	Sistema conformado por dos dispositivos un concentrador y nodos remotos
Envío de datos bidireccionales a través del internet	Envío de datos por tarifas mensuales	Envío de datos por nodos cada uno de ellos extiende alcance de comunicación
Puerto de comunicación asignado SSH <sup>1</sup> (22)	Comunicación GSM	Redes Mesh (radio serie) 1 x puerto serie RS232, RS485 o USB
Control automático de dispositivos mediante el software	Confiable en data center	Alcance hasta 2 km entre dispositivos con las antenas incorporadas de 2dBi
Servidor de bajo costo	Servidor de tarifa mensuales	Servidor de bajo costo pero con poco alcance
Módulos conectados por separado para sus respectivos mantenimiento	Configuración de nombres de entradas y escalamientos para facilitar la lectura de la información	Módulos separados, cada nodo tiene sus propias comunicaciones con todos los demás.

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

<sup>1</sup> Secure Shell: Interpreté de seguridad cifrado para los puertos de comunicación

En cuanto a lo expuesto en la tabla anterior el sistema que se pretende diseñar posee características que facilitarían la utilización y manipulación que tendrá el personal encargado de cobranza del servicio de agua potable de este prototipo. Para que se dé cumplimiento a los objetivos se realizaron varias tablas comparativas en cuanto al costo que se involucra en el desarrollo e implementación frente a los sistemas que existen en el mercado en cuanto a sistemas telemétricos o electrónicos.

Este sistema ofrece grandes ventajas frente a los sistemas diseñados por empresas dedicadas a ofrecer los servicios de administración con dispositivos telemétricos, dado que al utilizar un mini ordenador este proyecto puede ser mejorado en base a las necesidades que requiere el usuario. Las funciones que realiza el sistema de telemetría y control diseñado presentan opciones fáciles de manipular y obtener datos reales para la facturación del servicio de agua potable.

#### 4.2.3. Comparativa de dispositivos programables

Tabla 20. Comparación dispositivos programables

Características	Arduino	Raspberry	Intel Galileo
<b>Tipo</b>	Microcontrolador	Mini ordenador	Mini ordenador
<b>Voltaje de Entrada</b>	7 a 12 V	5V	7 a 15 V
<b>Tamaño</b>	7.6 x1.9 x 64	8.5cmx 5.3cmx 1.7cm	123.8 mmx 72.0 mm
<b>Velocidad de reloj</b>	16MHZ	700 MHz	400MHz
<b>Puertos USB</b>	Uno	Cuatro	uno
<b>Multitarea</b>	No	Si	Si
<b>Memoria</b>	0.002 MB	1GB	256MB
<b>Memoria Flash</b>	32 KB	Tarjeta SD (2 a 16 GB)	8 MB
<b>Entorno de desarrollo Integrado(IDE)</b>	Arduino	Scratch, IDLE, Cualquiera con soporte Linux	Linux
<b>Sistema Operativo</b>	Ninguno	Distribuciones de Linux	Linux
<b>Valor</b>	\$35	\$35	\$70

Fuente: (Martínez & Martínez, 2014)

Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

Las características en cuanto a sistemas embebidos (sistemas que permiten ser programados) deben ser las óptimas para el funcionamiento y rendimiento del prototipo a desarrollar.

En el caso de este proyecto se realizó una comparación entre dos módulos que permiten ser manipulados de acuerdo a las necesidades del programador.

Arduino y Raspberry aunque son muy parecidos poseen características diferentes en cuanto a entorno de desarrollo, tamaño, memoria, entre otras, es por ese motivo que se empleó Raspberry para la programación de las funcionalidades del sistema a diseñar.

Debido a que el proyecto diseñado debía permitir el manejo de datos se empleó la placa Raspberry porque al ser un mini ordenador está permitiría cumplir con las funcionalidades para las que fue programada.

#### **4.2.4. Comparativas de tecnologías y protocolos de comunicación**

Al realizar una comparativa de las tecnologías se priorizó que el sistema debía poseer sincronización con la base de datos que se almacena en Java, dado que dicha información recopilada sería utilizada por los encargados de cobranza del departamento de agua potable para ofrecer un servicio tecnológico de administración a los abonados del GAD del cantón El Empalme.

La tecnología empleada fue la GSM porque está ofrece conexión mediante mensajes de texto y es la que permite la monitorización de la electroválvula inalámbricamente aprovechando el rango de cobertura de la telefonía móvil.

A continuación se muestran las siguientes tablas comparativas de los beneficios que presentan su empleo en el desarrollo de este trabajo investigativo.

**Tabla 21. Tecnologías de comunicación**

<b>GSM (Global System Position)</b>	<b>CDMA (Code Division Multiple Access)</b>	<b>WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access)</b>
Se utiliza en todo el mundo	Cubre una porción del mundo mucho menor que el GSM	Cubre una porción del mundo mayor de CDMA
Poseen Chips removibles	No tienen tarjetas SIM.	No tienen tarjetas SIM.
Se pueden cambiar de un celular a otro	Quita la posibilidad de cambiar de equipo a voluntad	Quita la posibilidad de cambiar de equipo a voluntad
Pueden interferir con algunos equipos electrónicos y de audio mientras transfieren información	No interfieren con equipos de audio mientras envían o reciben información	Si no existe señal el teléfono deja de utilizar redes 2G en absoluto es decir que no tendrá ninguna señal.

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

El protocolo que permitió la sincronización con la tecnología GSM es el SSH porque permite la administración de manera remota mediante una computadora de escritorio frente a los protocolos telnet y SSL que necesitan de configuraciones complejas y utilizar equipos dedicados.

Otra de las razones es la seguridad en el cifrado de la información que se traslada desde un equipo inicial al equipo terminal que en este caso el servidor del GAD Municipal del cantón El Empalme, además de que este tipo de protocolos ofrece un control de acceso para el usuario, el mismo que debe ser programado.

**Tabla 22. Protocolos de comunicación**

<b>PROTOCOLO SSH (SECURE SHELL)</b>	<b>PROTOCOLO TELNET</b>	<b>Protocolo SSL (SECURE SOCKETS LAYER)</b>
Acceso a máquinas remotas a través de una red	Acceso a modo terminal, es decir, sin gráficos, pero fue una herramienta muy útil para arreglar fallos a distancia	Mantener el contexto es complicado
Permite manejar por completo la computadora mediante un intérprete de comandos SSH.	Para acceder necesitas que ese servidor de soporte a telnet y además tener una cuenta de usuario en la máquina a la que te conectas.	Mantiene la información protegida, ya que sólo se envía al dispositivo correcto.
Usa técnicas de cifrado que hacen que la información que viaja por el medio de comunicación vaya de manera no legible y ninguna tercera persona pueda descubrir el usuario y contraseña de la conexión ni lo que se escribe durante toda la sesión.	Permite a los usuarios acceder a un ordenador huésped para realizar tareas como si estuviera trabajando directamente en ese ordenador	Cada conexión necesita una configuración diferente.
Su conexión es segura más usada en el mundo ya sea desde Internet o dentro de una LAN.	Su mayor problema es de seguridad, ya que todos los nombres de usuario y contraseñas necesarias para entrar en las máquinas viajan por la red como texto plano.	La tecnología SSL puede ser difícil de instalar en un sitio web, especialmente para alguien que no está muy familiarizado con el desarrollo web.

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

#### **4.2.5. Recolección y refinamiento de requisitos**

Mediante los análisis se evidenció el inconveniente que presentan los abonados al no obtener un valor real de su consumo mensual por el servicio agua potable dentro del perímetro urbano y rural del cantón El Empalme, constatándose que las personas recurren al proceso tradicional a pagar sus impuestos prediales. De esta manera se determinó las funcionalidades del prototipo a implementarse.

## **4.2.6. Diseño telemetría y control**

### **4.2.6.1. Descripción general del sistema de telemetría y control**

El proyecto prototipo, está compuesto de un hardware y software en el que los abonados podrán obtener una lectura real de su consumo de agua potable.

Para el desarrollo del “**SISTEMA DE TELEMETRIA Y CONTROL PARA LECTURAS Y FACTURACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE**” se utilizaron los siguientes elementos:

- **Software:**

- ❖ Java. Lenguaje de Programación
- ❖ MySql server 5.7.9.1 Base de Dato Relacional
- ❖ Protocolos TCP/IP, Telnet y SSH
- ❖ MicroBasic Pro ForPic
- ❖ Plataforma Netbeans 8.1
- ❖ Sistema de Herramientas MobaXterm

- **Hardware:**

- ❖ Tarjeta Raspberry
- ❖ Modulo SIM 900 GSM
- ❖ Tarjeta de control de fuerza
- ❖ Módulos USB serial UART
- ❖ Sensor de Flujo
- ❖ Electroválvula
- ❖ Display de Visualización 16X2
- ❖ Modulo Relevador Optoacoplador
- ❖ Cargador de alimentación 5V
- ❖ Cable V8 - USB
- ❖ Router TP-LINK WR841ND

## 4.2.7. Principales funcionalidades del Sistema de Telemetría y Control

### 4.2.7.1. Telemetría

Sistema de telemetría que permite la medición remota de magnitudes físicas.

### 4.2.7.2. Control

Consiste en el envío de indicaciones a distancia mediante un enlace de transmisión, con el fin de realizar reportes de lecturas de agua potable y corte y reconexión de la misma. Este sistema puede soportar máximo 5 usuarios pero para su máximo rendimiento se recomienda solo 3 usuarios dado que el módulo Raspberry posee 5 puertos libres para los abonados. Además cabe mencionar que cada abonado debe poseer con electroválvula y su sensor de flujo para que los datos sean obtenidos de manera individual.

Para esto se vio necesario el desarrollo de scripts ubicados en la clase Servidor Mensajes Raspberry porque contiene todos los procesos principales que corren en el dispositivo (Raspberry), para el correcto funcionamiento y comunicación de los módulos embebidos.

**Tabla 23. Clase: Servidor Mensajes Raspberry**

<b>METODO</b>	<b>FUNCIONAMIENTO</b>
conectarAServidor()	Realiza la conexión vía TCP/IP
inicializarTodo()	Inicializa todos los campos, variables, Hilos, Recursos, Puertos COM, todo lo necesario
enviarMensaje(String número, String mensaje)	Enviar mensajes de texto comunicando vía COM con el modulo SIM
escribirDatosSIM() Método que envía los datos vía TCP/IP , los valores recogidos por los sensores usados (envía los metros cúbicos)	Método que envía los datos vía TCP/IP , los valores recogidos por los sensores usados (envía los metros cúbicos)

**Fuente:** Investigación

**Elaborado por:** Hevert Pallo V. (2015)

**Tabla 24. Clase: Base de Datos**

<b>METODO</b>	<b>FUNCIONAMIENTO</b>
ArrayList busquedaCedula(String nCedula)	Retorna un ArrayList con los datos de la persona a quien pertenece el número de cedula enviado por parámetro
insertarCliente(String cedula, String telefono, String clase, String nombre, String direccion, String tipoConsumo, String correo)	Para insertar/agregar un Nuevo cliente al sistema
actualizarCliente(String nCuenta, String estadoDispositivo, String consumo)	Actualiza el valor del consumo del cliente, cada vez que el Sistema recibe un valor que es enviado desde el dispositivo del cliente, entonces se actualicé su consumo, por medio del número de cedula, también actualiza el estado del dispositivo, si esta encendido o apagado
ArrayList busquedaNombre(String nombreCliente)	Busca y retorna los datos del cliente por medio del número de cedula
busquedaNCuenta(String nCuenta)	Busca y retorna el número de cuenta del cliente por el número de cedula ingresado.

**Fuente:** Investigación

**Elaborado por:** Hevert Pallo V. (2015)

#### **4.2.7.3. Aplicaciones informáticas**

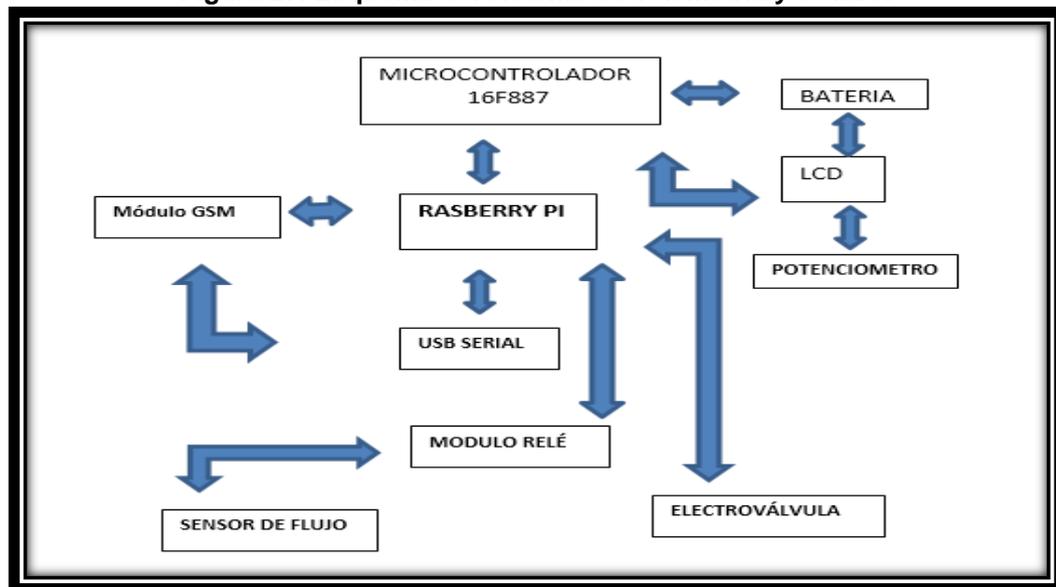
Aplicación de escritorio diseñada para la interacción entre el sistema de telemetría, control y el administrador, para facilitar los reportes mensuales del consumo de agua de los abonados.

#### **4.2.7.4. Esquema y diseño del sistema electrónico**

Antes de implementar el sistema de telemetría y control se determinó algunos detalles, en la que este debía cumplir con la funciones de forma remota, la lectura del servicio de agua y a la vez controlar la electroválvula

utilizando la misma tecnología. Las ventajas de este proyecto, es que se ha realizado con una tecnología de hardware de última generación apta para numerosos proyectos de investigación reales y prototipos.

**Figura 27. Esquema del sistema de Telemetría y Control**



Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

#### 4.2.7.5. Módulo SIM GSM

- Para la comunicación GSM se utilizó el chipset Sim900, un emisor-receptor. Es cuatribanda que opera en el rango de los (850/hasta/1900MHz).
- Mediante la entrada de conexión módulo UART permite tomar Bytes de datos que serán enviados y controlados por la raspberry por donde su salida transmite estos bits de manera individual y secuencial hacia el módulo GSM.

#### 4.2.7.6. Módulo control esclavo Pic 16F887A

Para la implementación del módulo se eligió este pic dado que es el encargado de recibir los datos enviados por la raspberry, antes de su comunicación directa con el pic, con el que tiene que convertir los datos

mediante el Modulo UART para luego ser aceptado por el microcontrolador y poder ser visualizado en el LCD.

#### **4.2.7.7. Módulos UART serial**

Este conversor USB-TTL crea un COM<sup>2</sup> virtual y crea una interfaz ideal para comunicar el PC con los PICs, ATmega u otros microcontroladores.

#### **4.2.7.8. Módulo relé**

Este módulo relé es el que ayuda para el control o switcheo de carga de potencia, en emitida desde el celular o sistema de operación.

#### **4.2.7.9. LCD 16x2**

Este display nos ayuda visualizar los datos enviados desde el mini ordenador raspberry para luego ser convertido por el módulo UART y ser recibido por microprocesador y poder ser presentado por el LCD.

#### **4.2.7.10. Mini ordenador Raspberry Pi**

Raspberry pi es un computador en tamaño reducido, que facilito para el diseño del prototipo para el sistema de Telemetría y Control ,debido a que trae consigo un firmware de código abierto capaz de controlar cualquier propósito encomendado a través de códigos de lenguajes programación compatibles con el ordenador.

#### **4.2.7.11. Raspberry Pi puerto de red**

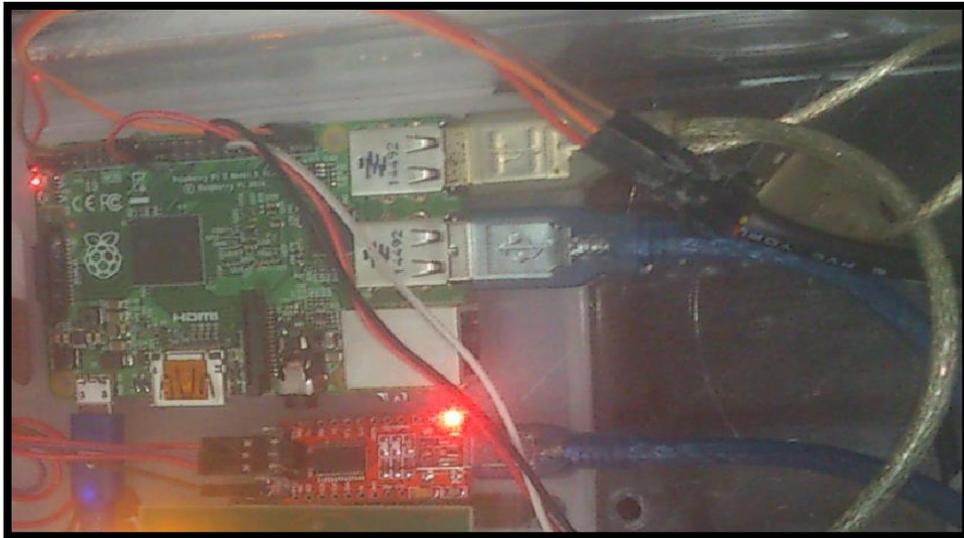
Existen dos maneras para controlar la raspberry Pi la primera es conectarle una pantalla con entradas HDMI, teclado, mouse y la segunda es mediante el protocolo SSH (Secure Shell), el cual permitió trabajar desde una

---

<sup>2</sup> COM.- Puerto de comunicación

computadora de escritorio. Para utilizar la conexión SSH se procedió a descargar la aplicación MOBAXTEM una vez que se ha identificado la IP (protocolo de Internet) de la raspberry.

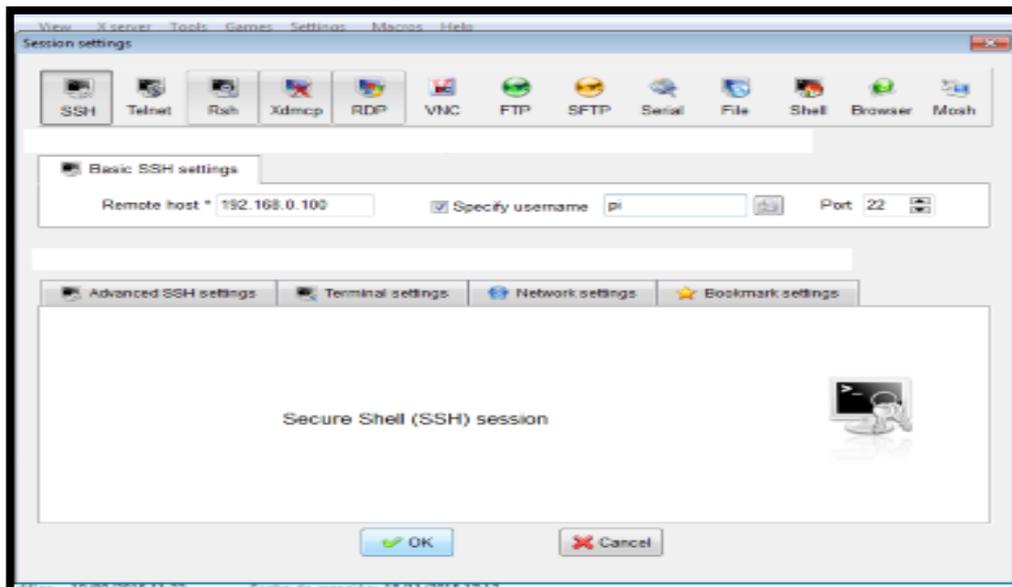
**Figura 28. Puertos de red de la Raspberry**



**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

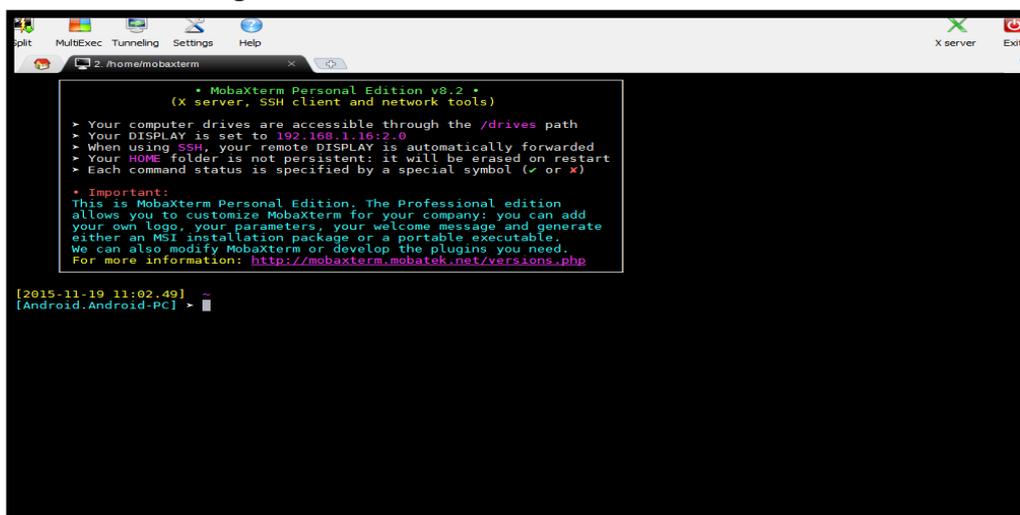
En la siguiente figura se muestra la interfaz gráfica de la aplicación y los pasos para su configuración

**Figura 29. Configuración de la aplicación MOBAXTEM**



**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

Figura 30. Consola de comandos de actualización

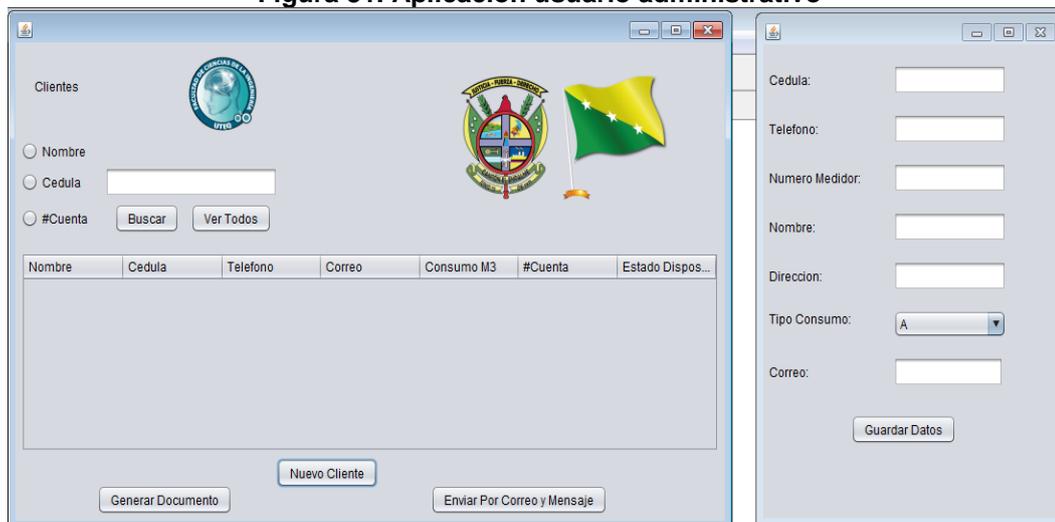


Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

#### 4.2.7.12. Aplicación informática

Una vez lograda la comunicación del sistema de telemetría y control a través de la consola de comandos, se procedió a diseñar la interfaz gráfica, que permitirá accionar al mecanismo telemétrico de forma fácil y sencilla. Para el diseño de la aplicación de escritorio se empleó el entorno de programación Java con sus librerías facilitando la ejecución, lectura, escritura y transferencia de datos a través de canales SSH a la tarjeta Raspberry Pi.

Figura 31. Aplicación usuario administrativo



Elaborado por: Hevert M. Pallo V. (2015)

#### **4.2.7.13. Sensor de flujo**

Sensor de flujo que permitirá medir el pasó del agua. Junto con la electroválvula ayudará a controlar el detalle del consumo de misma.

#### **4.2.7.14. Estructura**

Se diseñó una estructura mecánica en la parte del medidor común, donde se añadieron dos componentes electrónicos.

#### **4.2.7.15. Refinamiento del Prototipo**

Para la comunicación estable del sistema se debe asegurar que no haya pérdidas de datos para la cual se procede hacer un ping entre el sistema y el mini ordenador a una IP asignada la que es 192.168.0.100, esta acción logrará determinar que el puerto de salida asignando es el puerto número 22 de esta manera garantiza la comunicación del sistema.

#### **4.2.7.16. Producto de ingeniería**

Una vez que el sistema telemétrico y control fue totalmente verificado se procede a realizar las respectivas pruebas sobre los sectores de mayor población del cantón El Empalme.

Utilizando Java como lenguaje de programación Multiplataforma en la cual se desarrolló una aplicación de escritorio que permitirá autorizar, administrar, enlazándose con la base de datos desarrollada en MySQL server, en la que constaran los abonados que tengan este nuevo servicio.

Este prototipo en funcionamiento se procedió a realizar las pruebas, de campo internas. Una vez implementado el sistema de autenticación por Internet/GSM/GPRS, se procedió a medir los tiempos de validación, las muestras no deberían variar pero se obtuvo una pequeña variación.

Según un estudio realizado en Guatemala en el 2014 por el Ing. Nicolás Guzmán menciona “que una persona consume un promedio mensual de 5.10 metros cúbicos de agua, lo que representa 510000 litros” [45]. En el

cantón El Empalme conviven un aproximado de 74451 personas, de ellas un aproximado de 42000 poseen el servicio de agua potable en sus hogares.

En la tabla que se muestra a continuación se estableció la toma de lecturas de manera manual frente a la toma realizada por el prototipo de sistema de telemetría y control del medidor de agua potable en metros cúbicos, en las que se demostró los datos exactos en cuanto al consumo de las pruebas realizadas para la demostración de la factibilidad del mismo.

**Tabla 25. Muestras recogidas antes y después de implementado el servicio. (Metros cúbicos)**

Variable independiente	Prueba sin sistema	Prueba con sistema	DIFERENCIA
1	4.10 m <sup>3</sup>	3.89 m <sup>3</sup>	0.205 m <sup>3</sup>
2	3.80m <sup>3</sup>	3.61 m <sup>3</sup>	0.190 m <sup>3</sup>
3	3.75m <sup>3</sup>	3.56 m <sup>3</sup>	0.187 m <sup>3</sup>
4	3.60 m <sup>3</sup>	3.40 m <sup>3</sup>	0.180 m <sup>3</sup>
5	3.10 m <sup>3</sup>	2.94 m <sup>3</sup>	0.155 m <sup>3</sup>
Promedio	3.67 m <sup>3</sup>	3.48 m <sup>3</sup>	0.183 m <sup>3</sup>
	Tiempo Promedio Media Aritmética	d	0.183

**Fuente:** Investigación

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

De acuerdo a los resultados de la **tabla 23** se puede ver con claridad, que sin la implementación del sistema de telemetría y control del servicio de agua potable, el margen de error con la que se afectaba la facturación de los clientes es el 5%.

**Tabla 26. Toma de lecturas**

INDICADOR	Toma de Lecturas		DIFERENCIA
	Sin Sistema	Con Sistema	
Toma de Lecturas m <sup>3</sup>	3.67 m <sup>3</sup>	3.48 m <sup>3</sup>	0.183 m <sup>3</sup>

**Fuente:** Investigación

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

Para comprobar la hipótesis, se empleó la prueba estadística T-Student dado que esta prueba se utiliza para muestras independientes.

- **Hipótesis Nula**

**Ho:** La ejecución de un sistema de Telemetría, que permita a los pobladores del cantón El Empalme llevar el control del consumo de agua potable, no disminuirá los inconvenientes de las tomas de lecturas de los abonados del Empalme.

- **Hipótesis Alterna**

**Ha:** Al Implementarse el sistema de Telemetría y Control del servicio de agua potable en el cantón El Empalme, se erradicaran los errores de las tomas de lecturas de los abonados.

**Tabla 27. Toma de datos para Pre-pruebas y Pos-prueba**

<b>Grupo</b>	<b>Pre-Prueba</b>	<b>Método</b>	<b>Pos-Prueba</b>
<b>G<sub>1</sub></b>	<b>O<sub>1</sub></b>	<b>X</b>	<b>O<sub>2</sub></b>
Abonados Servicio de Agua Potable	Resultado de la evaluación sin el sistema	Sistema de Telemetría y Control	Resultados obtenidos en el sistema

**Fuente:** Investigación

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

El cuadro siguiente muestra la diferencia de la aplicación de la prueba sin el sistema y con el sistema, permitiendo conocer si es viable o no el Sistema Telemetría y Control para su implementación. Aplicando la prueba T – Student se demuestra que:

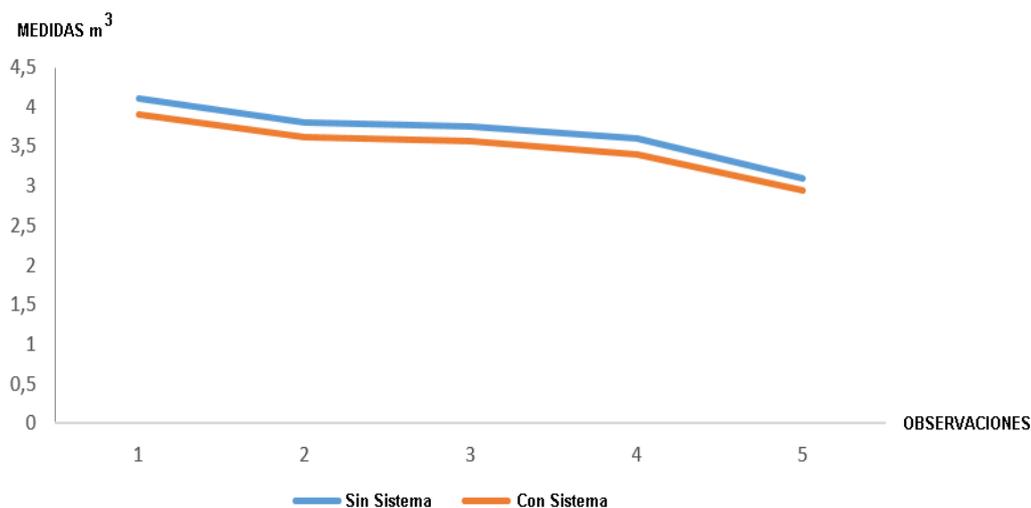
**Tabla 28. Aplicación de la Prueba T-Student (Excel)**

<b>Lecturas</b>	<b>Sin el Sistema</b>	<b>Con el sistema</b>
1	4,10 m <sup>3</sup>	3,89 m <sup>3</sup>
2	3,80 m <sup>3</sup>	3,61 m <sup>3</sup>
3	3,75 m <sup>3</sup>	3,56 m <sup>3</sup>
4	3,60 m <sup>3</sup>	3,40 m <sup>3</sup>
5	3,10 m <sup>3</sup>	2,94 m <sup>3</sup>

**Fuente:** Investigación

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

**Gráfico 9. Prueba T-Student**



**Fuente:** Investigación

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

Mediante lo mostrado en las tabla 22 el valor de T–Student calculado es de 21,482 siendo mayor que 2,131 que representa el valor crítico; demostrando la diferencia antes de usar el sistema de telemetría, por la tanto, los datos permiten llegar a la conclusión de que se aplica la Hipótesis Alterna ( $H_a$ ).

**Tabla 29. Pruebas estadísticas de 2 variables**

<b>Prueba Estadísticas de dos variables</b>		
	<b>Variable 1</b>	<b>Variable 2</b>
<b>Media</b>	3,67	3,4824
<b>Varianza</b>	0,1345	0,1221113
<b>Observaciones</b>	5	5
<b>Coefficiente de correlación de Pearson</b>	0,99967979	
<b>Diferencia hipotética de las medias</b>	0	
<b>Grados de libertad</b>	4	
<b>Estadístico t</b>	21,4824809	
<b>P(T&lt;=t) una cola</b>	1,39E-05	
<b>Valor crítico de t (una cola)</b>	2,13184679	
<b>P(T&lt; =t) dos colas</b>	2,78E-05	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	2,77644S11	

**Fuente:** Investigación

**Elaborado por:** Hevert M. Pallo V. (2015)

Es así que  $21,482 > 2,131$ , permitiendo demostrar que:

- Al implementarse un Sistema de telemetría y control para los habitantes que disponen del servicio de agua potable del cantón El Empalme, se disminuirá los errores de toma de lecturas de cada vivienda en los sectores de esta población.
- El sistema telemetría y control, es una tecnología capaz de corregir los errores de lectura y facturación dentro del cantón El Empalme.

#### **4.2.7.17. Error del sistema**

La comprobación de la efectividad del sistema de Telemetría y Control se realizó de la siguiente forma: se calculó su valor estándar para conocer su precisión, el primero la diferencia entre el valor real (medidor mecánico) y por la otra parte valor conseguido por el sensor de flujo efecto hall. Para la cual ambos indicaron la calidad de las mediciones al momento de efectuarse la medición. Donde ambos deben analizarse porque son complementos de mediciones.

Según los datos que se muestran en el gráfico 9 el error de medición es mínimo, es decir que se encuentra en el rango de error permitido, siendo este el 5%, permitiendo concluir que el sistema si se llegase a implementar, cumpliría las funciones de manera correcta.

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1. CONCLUSIONES**

Se realizó el diseño de un prototipo telemétrico, para lecturas y facturación del servicio de agua potable del cantón el Empalme llegando a las siguientes conclusiones:

- Se consideraron los protocolos de comunicación como SSH y GSM siendo tecnologías competitivas que ofrecen fiabilidad de datos y son de bajo costo y demás características que se establecieron en las tablas 21, además de que al usar estas tecnologías permitieron que el sistema diseñado trabajara con las bandas de telefonía móvil existentes en el país, comunicando los diferentes dispositivos dentro del sistema de control (automatización).
- El estudio comparativo realizado en la tabla 21 de los módulos programables que permitirían la sincronización mediante la comunicación mediante puerto USB, logró establecer que la técnica más efectiva es la del mini ordenador Raspberry PI dado que sus costos de implementación son cómodos en relación a los beneficios para la gestión del servicio que requiere el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Empalme (GADME).
- Se integraron módulos embebidos de diferentes fabricantes para hacer más factible la comunicación bidireccional de datos.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda por lo tanto que se tome este trabajo, como ideas iniciales que pueden ser complementadas, mejoradas e implementadas teniendo en cuenta siempre el uso factible de esta tecnología de costos cómodos para mejorar los servicios de lectura y facturación de las municipalidades, que aún no pueden adherirse

a esta nueva tecnología, de la que ya disfrutaban ciudades con mayor desarrollo tecnológico.

- Se propone implementar el sistema de telemetría y control del agua potable que se utilizó en la presente investigación, pues se demostró su efectividad en cuanto al uso y seguridad de este sistema.
- Debe implementarse el uso de la facturación del servicio de agua potable utilizado por el sistema de telemetría y control, pues no es costoso, de fácil manejo y evita errores que existen en la actualidad con este tipo de servicios.

**CAPÍTULO VI**  
**BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Kendall and Kendall, in *Análisis Y Diseño de Sistema*, México, Prentice Hall, 1998.
- [2] M. Peralta, in *Sistema de Información*, España, Prentice Hall, 2008.
- [3] O. Miño, in *Implementación del Protocolo*, Lima, 2009.
- [4] J. Zamora, A. Wladimir and T. Torres, "Diseño e implementación de un sistema de telemetría para monitoreo Climatológico," México, 2011.
- [5] A. Pizarro, "Blogspot," 19 Noviembre 2015. [Online]. Available: <http://imforsant.blogspot.com/2015/03/de-control-un-sistema-de-control-es-un.html>.
- [6] M. Ceebes, "Wordpress," 12 Enero 2014. [Online]. Available: <https://mariaacebes.wordpress.com/2014/10/12/funcionamiento-y-diferencias-entre-el-telefono-fijo-el-inalambrico-y-el-movil/>. [Accessed 08 Noviembre 2015].
- [7] M. Ramirez, 19 Noviembre 2015. [Online]. Available: <http://imforsant.blogspot.com/2015/03/de-control-un-sistema-de-control-es-un.html>. [Accessed 12 Diciembre 2015].
- [8] T. Rubius, "Manual de computacion," MMiX ed., España, Grupo Cultural S.A, 2009.
- [9] CECSA, 31 Julio 2015. [Online]. Available: <http://www.cecsa.mx/servicios.html>. [Accessed 16 Noviembre 2015].
- [10] M. Cooper, "History of Cell phone," Newstream/Arraycomm, 2015, p. 12.
- [11] Timo Halonen, Javier Romero, Juan Melero, in *Gsm, GPRS and Edge*, 2b Edition ed., 2003.
- [12] F. Casadevall and O. Sallet, "Sistema Gprs UPC," Barcelona, 2002.
- [13] G. Bostelman and R. Zarit, "UMTS design Details and System Engineering," Works Price, 2002.
- [14] E. Whitepaper, "LTE 4G Solution," EE.UU, 2012.
- [15] M. Lucas, "Culturación," 12 Octubre 2015. [Online]. Available: <http://culturacion.com/raspberry-pi-que-es-caracteristicas-y-precios/>. [Accessed 08 Noviembre 2015].
- [16] Upton and Eben, "Official Raspberry Pi User Guide: 2nd edition out now!," 21 Mayo 2014. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/blog/raspberry-pi-user-guide-2nd-edition/>. [Accessed 31 Noviembre 2015].
- [17] Raspberry PI, "Getting Started Guide," Upton, Raspberry PI, 2012.
- [18] M. Alvarado, "Blog Historia de la Informática," Dablauri, 18 Diciembre 2013. [Online]. Available:

- <http://histinf.blogs.upv.es/2013/12/18/raspberry-pi/>. [Accessed 09 Noviembre 2015].
- [19] F. Doutel, 24 Octubre 2012. [Online]. Available: <http://www.xatakahome.com/domotica/algunas-cosas-a-tener-en-cuenta-antes-de-usar-una-raspberry-pi>. [Accessed 09 Noviembre 2015].
- [20] Raspberry Pi, "Raspberry Pi User Guide," 2012.
- [21] T. Moncayo, "Robots Didácticos," Didactico Arg, 2012, p. 12.
- [22] M. A. Perez, 12 Febrero 2014. [Online]. Available: <http://blogthinkbig.com/tag/raspberry-pi/page/2/>. [Accessed 2015 Noviembre 16].
- [23] L. Nergiza, "Nergiza," 04 Mayo 2015. [Online]. Available: <http://nergiza.com/raspberry-pi-2-b-que-es-y-para-que-nos-puede-servir/>. [Accessed 09 Noviembre 2015].
- [24] Raspberry Pi, "Guia Usuario," 2012.
- [25] P. Isaac, 26 Mayo 2015. [Online]. Available: <http://comohacer.eu/gpio-raspberry-pi/>. [Accessed 09 Noviembre 2015].
- [26] J. Cajamarca, A. Torres and Torres, "Hacedores," 12 Mayo 2014. [Online]. Available: <http://hacedores.com/arduino-o-raspberry-pi-cual-es-la-mejor-herramienta-para-ti/>. [Accessed 08 Diciembre 2015].
- [27] Wifex telematics S.A.S, "USB 2.0 SERIAL RS232 UART TTL," Noviembre 2015. [Online]. Available: <http://www.wifextelematics.com/quienes/>. [Accessed 09 Noviembre 2015].
- [28] Anthony Garcia-Kiara Navarro, "Panama Hitec," 2013.
- [29] M. J. Villareal, "Microsvirtual," 04 Diciembre 2011. [Online]. Available: <http://microsvirtual.blogspot.com/2011/12/circuitos-dentro-del-microcontrolador.html>. [Accessed 09 Noviembre 2015].
- [30] M. Henriquez, "MikroElektronika," Julio 2013. [Online]. Available: <http://www.mikroe.com/chapters/view/81/capitulo-3-microcontrolador-pic16f887/>. [Accessed 09 Noviembre 2015].
- [31] TP-LINK, "TP-LINK," 12 Noviembre 2015. [Online]. Available: <http://www.tp-link.com/co/products/details/?model=TL-WR841N>. [Accessed 25 Diciembre 2015].
- [32] E. J. Orozco, "TARJETA SIM," 16 Junio 2011. [Online]. Available: <https://www.masadelante.com/servicios>. [Accessed 09 Noviembre 2015].
- [33] P. Quintana, "Nergiza," 05 Mayo 2015. [Online]. Available: <http://nergiza.com/raspberry-pi-2-b-que-es-y-para-que-nos-puede-servir/>. [Accessed 09 Noviembre 2015].
- [34] G. Loretto, "Tecnología al Instante," 07 Enero 2013. [Online]. Available:

- [http://tecnologiahechapalabra.com/tecnologia/glosario\\_tecnico/articulo.asp?i=7566](http://tecnologiahechapalabra.com/tecnologia/glosario_tecnico/articulo.asp?i=7566). [Accessed 09 Noviembre 2015].
- [35] L. Martin, "Itead Studio Raspberry PI GSM Add," 27 Diciembre 2013. [Online]. Available: [http://wiki.iteadstudio.com/RPI\\_SIM900\\_GSM/GPRS\\_ADD-ON\\_V1.0](http://wiki.iteadstudio.com/RPI_SIM900_GSM/GPRS_ADD-ON_V1.0). [Accessed 09 Noviembre 2015].
- [36] M. Portilla, "Arduino uno mega automatismos Shield 1 Relé 1 Canal 5v," Europa, 2014.
- [37] Gobierno de Argentina, "Reglamento para medidores para agua Potable fria," 01 Febrero 2014. [Online]. Available: <http://www.inti.gov.ar/metrologia/pdf/agua.pdf>. [Accessed 31 Noviembre 2015].
- [38] P. Noriega, 22 Agosto 2015. [Online]. Available: <http://silicio.mx/sensor-de-flujo-de-agua-1-2>.
- [39] J. Tejedor, M. Huidobro and R. Millan, Manual de Domótica, México, 2011.
- [40] Informatica ++, 07 Noviembre 2015. [Online]. Available: <http://cesarcabrera.info/blog/%C2%BFque-es-el-modelo-osi-definicion/>.
- [41] A. Gutti, "Definición," Abril 2011. [Online]. Available: <http://definicion.mx/java/>.
- [42] S. Marx, "MySQL," Septiembre 2015. [Online]. Available: <http://bdmysql.wikispaces.com/8.-+Lenguaje+de+control+de+datos+DCL>. [Accessed 09 Noviembre 2015].
- [43] J. Griffiths and J. Chambi, "Medidor de consumo de Agua para Edificios Aplicando Telemetría con Raspberry pi y gestionado por Web," 28 Octubre 2014. [Online]. Available: [https://www.academia.edu/9373367/Medidor\\_de\\_consumo\\_de\\_Agua\\_para\\_Edificios\\_Aplicando\\_Telemetr%C3%ADa\\_con\\_Raspberry\\_pi\\_y\\_gestionado\\_por\\_Web](https://www.academia.edu/9373367/Medidor_de_consumo_de_Agua_para_Edificios_Aplicando_Telemetr%C3%ADa_con_Raspberry_pi_y_gestionado_por_Web). [Accessed 09 Noviembre 2015].
- [44] A. Jáuregui H., 29 Noviembre 2011. [Online]. Available: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1052>. [Accessed 25 Diciembre 2015].
- [45] N. Guzmán, 21 Julio 2014. [Online]. Available: [www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/RefereedPapers/RP052.pdf](http://www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/RefereedPapers/RP052.pdf). [Accessed 25 Diciembre 2015].

**CAPÍTULO VII**  
**ANEXOS**

## ANEXO 1



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE ELÉCTRICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEMÁTICA**

**1. ¿Su predio urbano dispone de medidor de agua potable?**

Con Medidor  Sin Medidor

**2. ¿Con que frecuencia le toman lectura de su medidor?**

Mensual  Ocasional  No le toman

**3. ¿Cuál es su consumo promedio mensual de agua potable en m<sup>3</sup>?**

Conocen su consumo  Desconocen su consumo

**4. ¿Ha solicitado usted revisión de su factura por lectura no tomada?**

Inconformes con su facturación

No reclaman su consumo

**5. ¿Cree usted que su medidor le está marcando correctamente?**

Conformes  Inconformes

**6. ¿Le gustaría un sistema de lecturas utilizando nuevas tecnologías?**

Implementación de nueva tecnología para toma de lecturas

Están conformes con el sistema actual

**7. ¿Ha notado Usted que tiene fuga de agua en las instalaciones de su casa u otra instalación?**

Sí  No

**8. ¿Ha tomado acciones correctivas con los daños que presenta las instalaciones de su casa u otra dependencia?**

Sí  No

## ANEXO 2



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE ELÉCTRICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEMÁTICA**

**ENTREVISTA A LOS DIRECTIVOS DEL DEPARTAMENTO DE AGUA POTABLE.**

**1. ¿Qué acciones despliega principalmente la empresa de agua potable en el cantón El Empalme? ¿Cuáles son sus metas y objetivos?**

Estamos considerando la opinión de todos los trabajadores en las diferentes áreas de la empresa. El punto de partida de una buena estrategia es la comprensión total de las necesidades, motivaciones, razones y requerimientos de los diferentes estamentos de la institución.

Además nuestra razón de ser, con miras a la búsqueda permanente de la mejora continua de la organización, para asegurar el progreso de la misma y la satisfacción de nuestros clientes con una relación más estrecha que afecte el buen servicio.

**2. ¿Cuántos abonados disfrutan aproximadamente del servicio de agua potable en el cantón El Empalme?**

Alrededor de 15.000 abonados

**3. ¿Existe un Plan de Inversiones en la empresa de agua potable?**

Estamos elaborando un Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado a largo plazo, para establecer las prioridades en agua potable y saneamiento básico del Cantón para garantizar estos servicios vitales a la población.

**4. ¿De qué forma se efectúa la tarificación en la empresa de agua potable?**

Mediante un sistema, tomado las lecturas manualmente por el personal asignado en el área.

**5. ¿Qué tarifas y costes se aplican en el servicio de abastecimiento de agua potable en el Cantón El Empalme?**

Una tarifa básica de \$ 4.70 centavos hasta 15 m<sup>3</sup> pasado de 15,01 pagara por cada m<sup>3</sup> de consumo 0.36 centavos

**6. ¿Se garantiza una facturación responsable por parte de la empresa de agua potable?**

Con el sistema a implementarse garantizará de la mejor manera la recopilación de datos de las tomas de lecturas de los abonados por el servicio de agua potable

## ANEXO 3

### CÓDIGO DOMINIO CLIENTE

```
package demonioclienteraspberry;
import java.io.DataInputStream;
import java.io.DataOutputStream;
import java.net.ServerSocket;
import java.net.Socket;
public class DemonioClienteRaspberry {
    ServerSocket servidor;
    Socket socket;
    DemonioClienteRaspberry() {
    iniciarServidor();
    }
    Void metodoEscribirCliente(final DataOutputStream dos, final DataInputStream dis) {
    new Thread(new Runnable() {
        @Override
        public void run() {
        try {
        while (true) {
            String msn = dis.readUTF();
            if (msn != null) {
                //0.00415575;On;0
                String[] datos = msn.split(";");

                System.out.println(datos[0] + " metros Cubicos");
                System.out.println("Estado : " + datos[1]);
                new bd().actualizarCliente(datos[2], datos[1], datos[0]);
            }
        } catch (Exception e) {
        }
        }
        }).start();
    }
    void iniciarServidor() {
    try {
    servidor = new ServerSocket(5000);
        DataOutputStream dos;
        DataInputStream dis;
        while (true) {
            if (servidor != null) {
                System.out.println("Esperando Conexiones..");
                socket = servidor.accept();
                System.out.println("Aceptadoo...");
                dos = new DataOutputStream(socket.getOutputStream());
                dis = new DataInputStream(socket.getInputStream());
                metodoEscribirCliente(dos, dis);
            }
        } catch (Exception e) {
        }
    }
    public static void main(String[] args) {
    new DemonioClienteRaspberry();
    }
}
```

## ANEXO 4

### CÓDIGO GENERADOR DE FACTURA

```
package demonioclienteraspberry;
import java.io.File;
import java.io.FileInputStream;
import java.io.FileOutputStream;
import java.text.SimpleDateFormat;
import java.util.Calendar;
import java.util.Date;
import java.util.List;
import org.apache.poi.openxml4j.opc.OPCPackage;
import org.apache.poi.util.Units;
import org.apache.poi.xwpf.usermodel.XWPFDocument;
import org.apache.poi.xwpf.usermodel.XWPFParagraph;
import org.apache.poi.xwpf.usermodel.XWPFRun;
import org.apache.poi.xwpf.usermodel.XWPFTable;
import org.apache.poi.xwpf.usermodel.XWPFTableCell;
import org.apache.poi.xwpf.usermodel.XWPFTableRow;
/**
 *
 * @author IDETEC
 */
public class PruebasWord {
static double resultado, totalAlcantarillado = 7.88, costoBasico = 3.0, total;
public static String fechaHoy() {
    SimpleDateFormat sdf = new SimpleDateFormat("dd/M/yyyy");
    String date = sdf.format(new Date());
    System.out.println(date);
    return date;
}
public static String fechaMes() {
    String dt = fechaHoy();
    try {
        SimpleDateFormat sdf = new SimpleDateFormat("dd/M/yyyy");
        Calendar c = Calendar.getInstance();
        c.setTime(sdf.parse(dt));
        c.add(Calendar.DATE, 30);
        dt = sdf.format(c.getTime());
    } catch (Exception e) {
    }
    return dt;
}
public static String fechaHoyIncompleta() {
    SimpleDateFormat sdf = new SimpleDateFormat("M/yyyy");
    String date = sdf.format(new Date());
    System.out.println(date);
    return date;
}
//nombre, cedula, telefono, correo, consumoM3, nCuenta,direccion,
tipoConsumo,claseCliente
public static void main(String nombre, String cedula, String telefono, String correo, String
consumoM3, String nCuenta, String direccion, String tipoConsumo, String claseCliente) {
    try {
        XWPFDocument doc = new XWPFDocument(OPCPackage.open(new
File("").getAbsolutePath() + "/plantilla.docx"));
        for (XWPFParagraph p : doc.getParagraphs())
```



```

        } else if (text.contains("metros3")) {
text = text.replace("metros3", consumoM3);
System.out.println("Se reemplazo xD");
r.setText(text, 0);
        } else if (text.contains("tFacturac")) {
text = text.replace("tFacturac", "Normal");
System.out.println("Se reemplazo xD");
r.setText(text, 0);
        } else if (text.contains("mesAnio")) {
text = text.replace("mesAnio", fechaHoyIncompleta());
System.out.println("Se reemplazo xD");
r.setText(text, 0);
        } else if (text.contains("fechaVencimiento")) {
text = text.replace("fechaVencimiento", fechaMes());
System.out.println("Se reemplazo xD");
r.setText(text, 0);
        } else if (text.contains("totalAgua")) {
double m3 = Double.parseDouble(consumoM3);
resultado = m3 * (0.35);
resultado = resultado * 100;
resultado = Math.round(resultado);
resultado = resultado / 100;
text = text.replace("totalAgua", String.valueOf(resultado));
System.out.println("Se reemplazo xD");
r.setText(text, 0);
        } else if (text.contains("totalAlcantarillado")) {
text = text.replace("totalAlcantarillado", String.valueOf(totalAlcantarillado));
System.out.println("Se reemplazo xD");
r.setText(text, 0);
        } else if (text.contains("costoBasico")) {
text = text.replace("costoBasico", String.valueOf(costoBasico));
System.out.println("Se reemplazo xD");
r.setText(text, 0);
        } else if (text.contains("intereses")) {
text = text.replace("intereses", "0");
System.out.println("Se reemplazo xD");
r.setText(text, 0);
        } else if (text.contains("subTotal")) {
//resultado, totalAlcantarillado = 7.88, costoBasico = 3.0
total = resultado + totalAlcantarillado + costoBasico;
total = total * 100;
total = Math.round(total);
total = total / 100;
text = text.replace("subTotal", String.valueOf(total));
System.out.println("Se reemplazo xD");
r.setText(text, 0);
        } else if (text.contains("total")) {
//resultado, totalAlcantarillado = 7.88, costoBasico = 3.0
total = resultado + totalAlcantarillado + costoBasico;
total = total * 100;
total = Math.round(total);
total = total / 100;
text = text.replace("total", String.valueOf(total));
System.out.println("Se reemplazo xD");
r.setText(text, 0);
        } else if (text.contains("sadoAPagar")) {
//resultado, totalAlcantarillado = 7.88, costoBasico = 3.0
total = resultado + totalAlcantarillado + costoBasico;

```



## ANEXO 5

### CÓDIGO COMUNICACIÓN BASE DE DATOS

```
package demonioclienteraspberry;
import java.sql.Connection;
import java.sql.DriverManager;
import java.sql.PreparedStatement;
import java.sql.ResultSet;
import java.sql.Statement;
import java.util.ArrayList;
import javax.swing.JOptionPane;
public class bd {
    String usuariobd = "root";
    String claveBd = "admin";
    String nombreBd = "Agua";
public bd() {

    }
    ArrayList busquedaCedula(String nCedula) {
        ArrayList Informacion = new ArrayList();
    try {
        String myDriver = "org.gjt.mm.mysql.Driver";
        String myUrl = "jdbc:mysql://localhost/" + nombreBd;
        Class.forName(myDriver);
        Connection conn = DriverManager.getConnection(myUrl, usuariobd, claveBd);
        String query = "SELECT * FROM Cliente where nCedula='" + nCedula + "'";
        Statement st = conn.createStatement();
        ResultSet rs = st.executeQuery(query);
        while (rs.next()) {
            String datos[] = new String[7];
            datos[0] = rs.getString("nombreCliente");
            datos[1] = rs.getString("nCedula");
            datos[2] = rs.getString("telefono");
            //precioVentaUnit
            datos[3] = rs.getString("correo");
            datos[4] = rs.getString("Consumo");
            datos[5] = rs.getString("nCuenta");
            datos[6] = rs.getString("estadoDispositivo");
            Informacion.add(datos);
        }
        st.close();
    } catch (Exception e) {
        e.printStackTrace();
    }
    return Informacion;
    }
    ArrayList busquedaFaltante(String nCedula) {
        ArrayList Informacion = new ArrayList();
    try {
        String myDriver = "org.gjt.mm.mysql.Driver";
        String myUrl = "jdbc:mysql://localhost/" + nombreBd;
        Class.forName(myDriver);
        Connection conn = DriverManager.getConnection(myUrl, usuariobd, claveBd);
        String query = "SELECT * FROM Cliente where nCedula='" + nCedula + "'";
        Statement st = conn.createStatement();
        ResultSet rs = st.executeQuery(query);
        while (rs.next())
```

```

{
    String datos[] = new String[3];
    datos[0] = rs.getString("direccionCliente");
    datos[1] = rs.getString("tipoConsumo");
    datos[2] = rs.getString("claseCliente");
    Informacion.add(datos);
}
st.close();
} catch (Exception e) {
e.printStackTrace();
}
return Informacion;
}
ArrayList todos() {
    ArrayList Informacion = new ArrayList();
try {
    String myDriver = "org.gjt.mm.mysql.Driver";
    String myUrl = "jdbc:mysql://localhost/" + nombreBd;
    Class.forName(myDriver);
    Connection conn = DriverManager.getConnection(myUrl, usuariobd, claveBd);
    String query = "SELECT * FROM Cliente";
    Statement st = conn.createStatement();
    ResultSet rs = st.executeQuery(query);
while (rs.next()) {
    String datos[] = new String[7];
    datos[0] = rs.getString("nombreCliente");
    datos[1] = rs.getString("nCedula");
    datos[2] = rs.getString("telefono");
    //precioVentaUnit
    datos[3] = rs.getString("correo");
    datos[4] = rs.getString("Consumo");
    datos[5] = rs.getString("nCuenta");
    datos[6] = rs.getString("estadoDispositivo");
    Informacion.add(datos);
}
st.close();
} catch (Exception e) {
e.printStackTrace();
}
return Informacion;
}
//cedula,telefono,clase,nonbre,direccion,tipoConsumo,correo;
void insertarCliente(String cedula, String telefono, String clase, String nombre, String
direccion, String tipoConsumo, String correo) {
try {
    String myDriver = "org.gjt.mm.mysql.Driver";
    String myUrl = "jdbc:mysql://localhost/" + nombreBd;
    Class.forName(myDriver);
    Connection conn = DriverManager.getConnection(myUrl, usuariobd, claveBd);
    System.out.println("insert into Cliente
(nCedula,telefono,claseCliente,nombreCliente,direccionCliente,tipoConsumo,correo,Con
sumo) "
        + "VALUES (" + cedula + ", " + telefono + ", " + clase + ", " + nombre + ", "
+ direccion + ", " + tipoConsumo + ", " + 0 + ")");
    Statement st = conn.createStatement();
    st.executeUpdate("insert into Cliente
(nCedula,telefono,claseCliente,nombreCliente,direccionCliente,tipoConsumo,correo,Con
sumo) "

```

```

                + "VALUES (" + cedula + ", " + telefono + ", " + clase + ", " + nombre + ", "
+ direccion + ", " + tipoConsumo + ", " + correo + ", " + 0 + ")");
System.out.println("");
conn.close();
JOptionPane.showMessageDialog(null, "Dato Insertado Correctamente");
    } catch (Exception e) {
e.printStackTrace();
    }
}
public void actualizarCliente(String nCuenta, String estadoDispositivo, String consumo) {
try {
    String myDriver = "org.gjt.mm.mysql.Driver";
    String myUrl = "jdbc:mysql://localhost/" + nombreBd;
    Class.forName(myDriver);
    Connection conn = DriverManager.getConnection(myUrl, usuariobd, claveBd);
    String query = "update Cliente set estadoDispositivo = ? , Consumo = ? where nCuenta =
?";
    PreparedStatement preparedStmt = conn.prepareStatement(query);
    preparedStmt.setString(1, estadoDispositivo);
    preparedStmt.setString(2, consumo);
    preparedStmt.setString(3, nCuenta);
    //System.out.println(query + " - - "+nCuenta+"--"+estadoDispositivo+" --
"+consumo);
    preparedStmt.executeUpdate();
    conn.close();
    } catch (Exception e) {
e.printStackTrace();
    }
}
ArrayList busquedaNombre(String nombreCliente) {
    ArrayList Informacion = new ArrayList();
try {
    String myDriver = "org.gjt.mm.mysql.Driver";
    String myUrl = "jdbc:mysql://localhost/" + nombreBd;
    Class.forName(myDriver);
    Connection conn = DriverManager.getConnection(myUrl, usuariobd, claveBd);
    String query = "SELECT * FROM Cliente where nombreCliente like '%" +
nombreCliente + "%'";
    Statement st = conn.createStatement();
    ResultSet rs = st.executeQuery(query);
    while (rs.next()) {
        String datos[] = new String[7];
        datos[0] = rs.getString("nombreCliente");
        datos[1] = rs.getString("nCedula");
        datos[2] = rs.getString("telefono");
        //precioVentaUnit
        datos[3] = rs.getString("correo");
        datos[4] = rs.getString("Consumo");
        datos[5] = rs.getString("nCuenta");
        datos[6] = rs.getString("estadoDispositivo");
        Informacion.add(datos);
    }
    st.close();
    } catch (Exception e) {
e.printStackTrace();
    }
return Informacion;
}
}

```

```

    ArrayList busquedaNCuenta(String nCuenta) {
        ArrayList Informacion = new ArrayList();
    try {
        String myDriver = "org.gjt.mm.mysql.Driver";
        String myUrl = "jdbc:mysql://localhost/" + nombreBd;
        Class.forName(myDriver);
        Connection conn = DriverManager.getConnection(myUrl, usuariobd, claveBd);
        String query = "SELECT * FROM Cliente where nCuenta=" + nCuenta + "";
        Statement st = conn.createStatement();
        ResultSet rs = st.executeQuery(query);
    while (rs.next()) {
        String datos[] = new String[7];
        datos[0] = rs.getString("nombreCliente");
        datos[1] = rs.getString("nCedula");
        datos[2] = rs.getString("telefono");
        //precioVentaUnit
        datos[3] = rs.getString("correo");
        datos[4] = rs.getString("Consumo");
        datos[5] = rs.getString("nCuenta");
        datos[6] = rs.getString("estadoDispositivo");
        Informacion.add(datos);
    }
    st.close();
    } catch (Exception e) {
    e.printStackTrace();
    }
    return Informacion;
    }
    public static void main(String[] args) {
    }
    }

```

## ANEXO 6

### CÓDIGO MICROCONTROLADOR PROGRAMACION DEL PIC

```

program lcd_serial
dim LCD_RS as sbit at RB0_bit
LCD_EN as sbit at RB1_bit
    LCD_D4 as sbit at RB2_bit
    LCD_D5 as sbit at RB3_bit
    LCD_D6 as sbit at RB4_bit
    LCD_D7 as sbit at RB5_bit
    LCD_RS_Direction as sbit at TRISB0_bit
    LCD_EN_Direction as sbit at TRISB1_bit
    LCD_D4_Direction as sbit at TRISB2_bit
    LCD_D5_Direction as sbit at TRISB3_bit
    LCD_D6_Direction as sbit at TRISB4_bit
    LCD_D7_Direction as sbit at TRISB5_bit
dim txt2 as char[33]
dim counter as byte
' Declarations section
main:
' Registro Oscilador de control
    OSCCON = 0X75 ' Oscilador interno de 8mhz

```

```

' Registro PUERTO A
  TRISA = 0X00 ' PORTA.0 Entrada
  PORTA = 0X00
' Registro PUERTO B
  TRISB = 0X00 ' PORTB salidas
  PORTB = 0X00
' Registro PUERTO C
  TRISC = 0XFF ' PORTC salidas
  PORTC = 0X00
' Registro PUERTO D
  TRISD = 0X03 ' PORTE como salidas digital
  PORTD = 0X00
' Seleccion de registro analogico. 1 analogico, 0 digitales
  ANSEL = 0X00 ' AN<7:0>
  ANSELH = 0X00 ' AN<13:8>
Lcd_Init() ' Inicializacion Lcd
  Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR) ' encera display
  Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF) ' Cursor off
Lcd_Out(1,1,"PROYECTO ") ' escribe la cadena en la primera fila
  Lcd_Out(2,1,"TESIS ") ' escribe la cadena en la segunda fila
delay_ms(2000)
  Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR) ' encera display
Lcd_Out(1,1,"POR:") ' escribe la cadena en la primera fila
  Lcd_Out(2,1,"HEVERT PALLO") ' escribe la cadena en la segunda fila
delay_ms(2000)
  Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR) ' encera display
delay_ms(250)
  UART1_Init(9600)
  Lcd_Out(1,1,"LECTURA:") ' escribe la cadena en la primera fila
while(1)
if (UART1_Data_Ready() <> 0) then ' If data is received,
UART1_Read_Text(txt2,"-",32) ' lee la cadena hasta que encuentre la letra K
mayuscula
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR) ' encera display
Lcd_Out(1,1,"LECTURA:") ' escribe la cadena en la primera fila
Lcd_Out(2,1,txt2)
end if
wend
end.

```

**ANEXO 7**  
**ENSAMBLADO DEL SISTEMA DE TELEMETRÍA**



**ANEXO 8**  
**SOLDADA DE DISPOSITIVOS DEL SISTEMA DE TELEMETRÍA**



## ANEXO 9

### APLICACIÓN DEL USUARIO

The screenshot shows a web application interface with the following elements:

- Search Section:** Radio buttons for 'Nombre', 'Cedula', and '#Cuenta'. A search input field and buttons for 'Buscar' and 'Ver Todos'.
- Table:** A table with columns: Nombre, Cedula, Telefono, Correo, Consumo M3, #Cuenta, and Estado Dispositivo. It lists 8 clients.
- Form:** A 'Nuevo Cliente' form with fields for Cedula, Telefono, Numero Medidor, Nombre, Direccion, Tipo Consumo (dropdown), and Correo. A 'Guardar Datos' button is at the bottom.
- Footer:** 'Generar Documento' and 'Enviar Por Correo y Mensaje' buttons.

Nombre	Cedula	Telefono	Correo	Consumo M3	#Cuenta	Estado Dispositivo
John Rivera	0910456321	123456	jarver86@hotmail.com	0.206694	1	Off
Hevert Pallo	0918930454	0989808305	hevertsaund@hotmail.com	0	3	
Emlilo Zhuma M	1715393193	0982600591	ezhuma@uteq.edu.ec	0	4	
Victor Nasimba	1707716922	0983004797	vnasimba@uteq.edu.ec	0	5	
J.Carlos Pisco	0000000000	0996621124	juanca_75@hotmail.com	0	6	
Byron Oviedo B	0000000000	0997930945	boviedo@uteq.edu.ec	0	7	
FRANCISCO VENTURA	0922835335	0939661083	venturasound@hotmail.com	0	8	

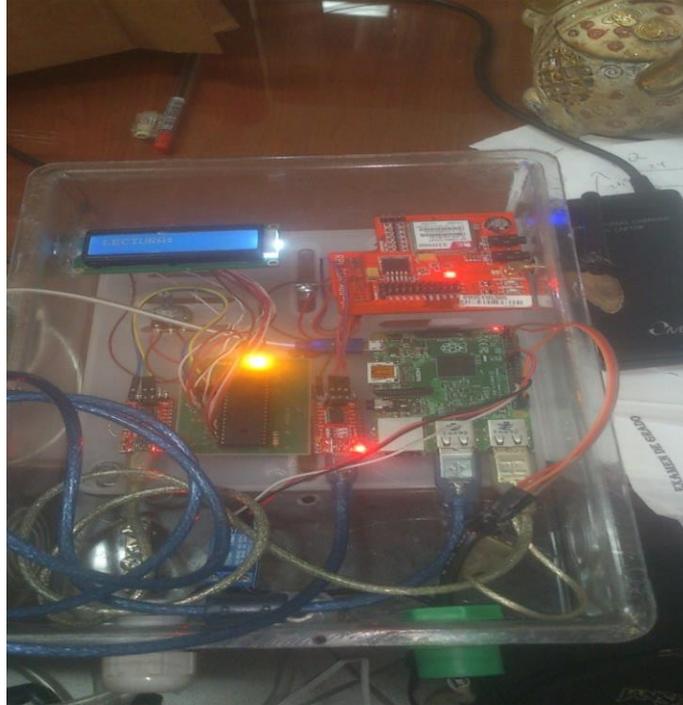
## ANEXO 10

### PLANILLA DE CONSUMO MENSUAL

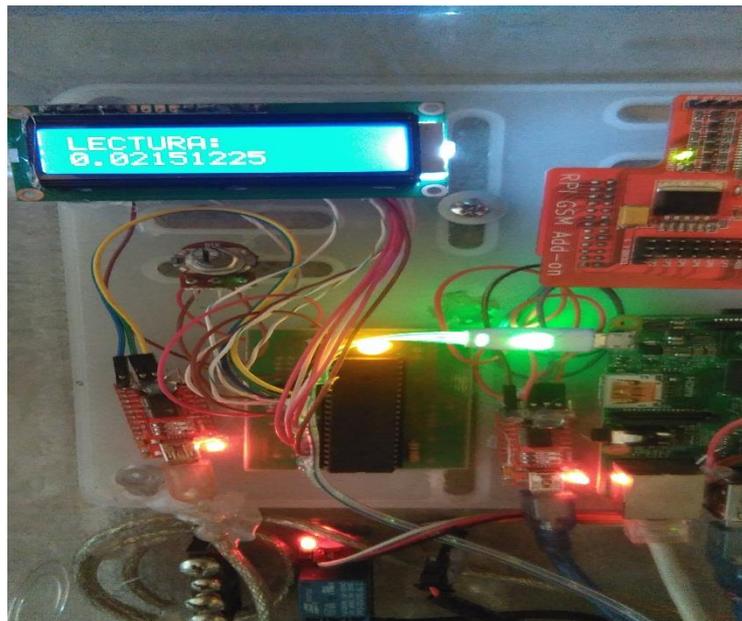
### CONSULTA DE PLANILLAS

<b>Cuenta</b>	2	<b>Nombre del Cliente</b>	Hevert Pallo
<b>CI/RUC</b>	09189345	<b>Dirección</b>	Empalme
<b>Telefono</b>	0996808305	<b>Tipo de Consumo de Agua</b>	Normal
<b>Clase de Cliente</b>	alta	<b>Correo Electrónico</b>	hevertsaund@hotmail.com
<b>INFORMACION FACTURA VIGENTE</b>			
<b>Fecha de la Factura</b>	14/11/2015	<b>Fecha Vencimiento</b>	14/12/2015
<b>Consumo</b>	0,01713	<b>Consumo Promedio</b>	0
<b>Facturación</b>	Normal	<b>Periodo de Facturación</b>	11/2015
<b>VALORES FACTURA</b>			
<b>AGUA</b>			6.17
<b>ALCANTARILLADO</b>			0.0
<b>COSTO BASICO</b>			4.70
<b>INTERESES Extra</b>			0
<b>SubTotal</b>			10.87
<b>I.V.A.</b>			0.00
<b>TOTAL</b>			10.87
<b>SALDO x PAGAR</b>			10.87

**ANEXO 11**  
**PRUEBAS CON EL SISTEMA TELEMETRÍA**



**ANEXO 12**  
**SISTEMA DE TELEMETRÍA PRIMERAS PRUEBAS DE**  
**FUNCIONAMIENTO**



**ANEXO 13**  
**PRUEBAS REALES CON EL SISTEMA DE TELEMETRÍA**

