

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERA ELECTRÓNICA  
E INGENIERO ELECTRÓNICO.

PROYECTO TÉCNICO CON ENFOQUE INVESTIGATIVO:

**“DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA SCADA PARA  
EL MONITOREO Y CONTROL DE CONSUMO DE AGUA EN  
VIVIENDAS RESIDENCIALES”**

AUTORES:

LISSY JANNETH PALACIOS OCHOA  
FLAVIO DANIEL TRELLES CABRERA

TUTOR:

ING. LUIS JAVIER SERPA ANDRADE

CUENCA – ECUADOR

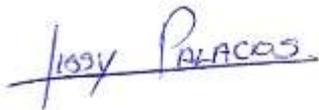
2018

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Lissy Janneth Palacios Ochoa con documento de identificación N° 0105663348 y Flavio Daniel Trelles Cabrera con documento de identificación N° 0923864540, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: “DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA SCADA PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE CONSUMO DE AGUA EN VIVIENDAS RESIDENCIALES”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniera Electrónica e Ingeniero Electrónico*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 15 de octubre del 2018



Lissy Janneth Palacios Ochoa.

CI: 0105663348

AUTORA



Flavio Daniel Trelles Cabrera

CI: 0923864540

AUTOR

## CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi **tutoría** fue desarrollado el trabajo de titulación: “DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA SCADA PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE CONSUMO DE AGUA EN VIVIENDAS RESIDENCIALES”, realizado por Lissy Janneth Palacios Ochoa y Flavio Daniel Trelles Cabrera, obteniendo el **Proyecto Técnico con enfoque investigativo** que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 15 de octubre del 2018



Ing. Luis Javier Serpa Andrade

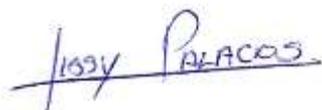
CI: 0103779096

**TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Lissy Janneth Palacios Ochoa con número de cédula CI. 0105663348 y Flavio Daniel Trelles Cabrera con número de cédula CI. 0923864540 autores del trabajo de titulación: “DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA SCADA PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE CONSUMO DE AGUA EN VIVIENDAS RESIDENCIALES”, certificamos que el total contenido del **Proyecto Técnico con enfoque investigativo**, son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría

Cuenca, 15 de octubre del 2018



Lissy Janneth Palacios Ochoa

CI: 0105663348

AUTORA



Flavio Daniel Trelles Cabrera

CI: 0923864540

AUTOR

# AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres Frank y Fanny por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo, por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanos por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar. A Sebastián por llenar mi vida de alegrías y amor cuando más lo he necesitado. A Angie y Barbará por ser las que me apoyaron cuando creí no poder llegar más allá en aquellos momentos duros de mi vida; recuerden que al final de la tormenta siempre encontraremos un rayo de sol.

Le agradezco la confianza, apoyo y dedicación de tiempo a mi tutor: Ing. Luis Serpa. Por haber compartido conmigo sus conocimientos y sobre todo su amistad.

A Flavio por haber sido un excelente compañero de tesis y amigo, por haberme tenido la paciencia necesaria y por motivarme a seguir adelante en los momentos de desesperación y angustia.

A mis amigos por confiar y creer en mí y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré.

A mis abuelos, que a pesar de la distancia han sido una parte fundamental en mi formación humana, siempre estarán presentes en mi corazón, por haber creído en mí hasta el último momento. ¡Ya soy Ingeniera!

*Lissy Janneth Palacios Ochoa*

Estas letras de agradecimiento, en este corto espacio jamás reflejaran el eterno agradecimiento que siento por tantas personas que han colaborado en mi crecimiento profesional y personal, pero intentaré dar mi más profundo agradecimiento con expresiones reducidas he aspirando no olvidar a nadie.

Primeramente a mis Padres ustedes han sido los mejores sentimientos en los que un hijo nace y crece, el resultado tanto como profesional, y personal los debo en su totalidad a ustedes, ya que han generado cada una de las oportunidades para crecer, me han guiado, aconsejado, patrocinado, obligado, soportado, etc. cada uno de los momentos que se han presentado durante este largo caminar, quisiera aprovechar este espacio también para pedirles mis disculpas por haber alargado tanto este momento, por no dedicarme solo a construirme profesionalmente, y seguir una línea adecuada de mi crecimiento saltándome los pasos en la vida, no sabría decir si lamentablemente las cosas no salen como uno se las planea, porque soy muy feliz.

En segundo lugar mi agradecimiento profundo a mi esposa y compañera de vida por toda la entrega, paciencia y sacrificio dado, fueron duros momentos superados, ha sido una labor ardua, pero hermosa, juntos hemos construido nuestros cimientos para construir nuestra familia en base del amor, y fruto de ello tenemos dos grandes campeones, a quienes daremos las mimas o más oportunidades de las que nuestros padres no han dado, Katty te agradezco de todo corazón, eres una mujer de lucha incansable, no aseguro que el futuro sea fácil, pero si te aseguro que mi entrega será infinita.

En tercer lugar agradezco infinitamente a la Universidad Politécnica Salesiana, por guiarme en mis estudios, por consolidar mis conocimientos profesionales con mucha calidad, a cada uno de los profesores porque han sido cada uno un escalón para conseguir tan ansiada meta el conocimiento por su entrega y carisma bajo la metodología Salesiana que Don Bosco nos dejó, especialmente quiero agradecer a Director de Carrera el Ingeniero Rene Ávila, quien sabiamente ha dado siempre el mejor acompañamiento al estudiante que yo he podido percibir, yo siempre he sentido un acompañamiento paternal, que nos guía no solo en lo profesional sino también en lo personal, generando bases profundas en el conocimiento, perdonando y aconsejando en cada uno de los errores humanos con mucha experiencia de cada uno de su alumnado, realmente usted es un padre con muchos hijos.

A los Ingenieros, Ítalo Mogrovejo, Luis Serpa, Eduardo Pinos, Julio Verdugo, Marco Carpio, Julio Zambrano, Christian Salamea, Juan Pablo Bermeo, Esteban Ordoñez. Mi mayor admiración por su profesionalismo y voluntad de

educador, y las mejores metodologías empleadas en nuestra educación, ustedes son las primeras personas que en mi sentir nos abren la mente para generar soluciones reales a problemas reales dando un valor agregado a la educación impartida en las aulas.

También quiero darles mis más profundos agradecimientos a los ingenieros Leonardo Sarmiento, Ricardo Prieto, compañeros de clases, grandes amigos, las primeras personas que confiaron en mi como profesional, yo les considero como mis guías en el camino del emprendimiento y la programación, son ustedes los promotores de algunas soluciones que hemos generado juntos, Ingeniero Ricardo Prieto a ti te considero un hombre multifacético con exageradas virtudes, entre ellas te considero un cazataleños sabes leer a las personas y sus virtudes al verlas, tú me enseñaste y me diste grandes responsabilidades, un gran compañero de trabajo juntos hemos logrado grandes éxitos gracias.

Y, por último, quiero agradecer a cada uno de los compañeros de aula ustedes han aportado con un granito muy importante de arena para cumplir la meta gracias.

***Flavio Daniel Trelles Cabrera***

# DEDICATORIAS

Dedico esta tesis a Dios, quien fue mi principal inspiración espiritual para la culminación de esta tesis, a mis padres quienes me dieron la vida y me supieron guiar y aconsejar durante todo este camino que ha sido mi educación, a mis amigos y maestros, quienes con su apoyo incondicional me ayudaron a llegar a este punto de mi vida logrando culminar una etapa más de la misma, a todos aquellos que no creyeron en mí, que esperaban verme fracasar en cada uno de los pasos que di a lo largo de este camino, a aquellos que nunca esperaron que termine mi carrera, aquellos que lucharon por que me rindiera a medio camino, a los que supusieron que no lo lograría. A todo ellos les agradezco del fondo de mi corazón porque de una u otra manera colaboraron a que yo me encuentre aquí.

*Lissy Janneth Palacios Ochoa.*

Este trabajo de grado va dedicado, en primer lugar, a mi familia mi padre, mi madre, mi esposa y mis hijos, es una pequeña y muy importante muestra del trabajo que se viene por delante y lo que nos toca hacer para aportar a nuestra sociedad.

En segundo lugar, este trabajo lo dedico a la Universidad Politécnica Salesiana, que nos ha enseñado cada una de los conocimientos aplicados en este prototipo de sistema SCADA. Y que año a año contribuye con ingenieros con

múltiples conocimientos generando soluciones para mejorar la calidad de vida de las personas.

Y, por último, pero no menos importante a la sociedad que nos rodea, a la ciudad de Cuenca, a nuestro País Ecuador, este prototipo es el inicio de nuestro trabajo es una pequeña muestra de lo que los profesionales de La Universidad Politécnica Salesiana estamos orientados a resolver cada uno de los problemas que nos afectan, y que esperamos resolverlos para mejorar la calidad de vida de todos.

*Flavio Daniel Trelles Cabrera*

# ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos .....	I
Dedicatorias.....	V
Índice General .....	VII
Índice de Figuras .....	IX
Índice de Tablas .....	X
Resumen.....	XI
Introducción .....	XII
Antecedentes del Problema de Estudio .....	XIII
Justificación.....	XV
Objetivos .....	XVI
Objetivo General .....	XVI
Objetivos Específico .....	XVI
Capítulo 1: Fundamentación Teórica .....	1
1.1 Medidores inteligentes .....	1
1.2 Medidores tradicionales .....	8
1.3 Descripción del sistema.....	11
1.3.1 Esquema general del sistema .....	11
1.3.2 Etapa de sensado .....	13
1.3.3 Modulo wi fi ESP – 07.....	14
1.3.4 Servidor y Etapa de control.....	18
1.3.5 Sistema de carga.....	19
Capítulo 2: Marco Metodológico .....	21
2.1 Rational unified process (rup) .....	23
2.1.1 Características principales.....	23
2.1.2 Estructura de la medotodogia Rup .....	25
2.2 Scrum.....	27
2.2.1 Características .....	28
2.2.2 Valores .....	29
2.2.3 Roles.....	30
2.2.4 Artefactos .....	31
2.2.5 Reuniones.....	32
2.2.6 El proceso SCRUM.....	34
Capítulo 3: Implementación y Análisis de Resultados .....	37

3.1	Proceso de obtención de datos de consumo de agua potable .....	40
3.1.1	Proceso de obtención de datos de consumo empleado por la empresa ETAPA EP .....	40
3.1.2	Proceso de obtención de datos de consumo empleados por el prototipo 41	41
3.2	Evaluación del prototipo SCADA.....	42
Capítulo 4: Conclusiones y Recomendaciones .....		48
Referencias Bibliográficas .....		50
Apéndices.....		56
Apéndice A: Cuadro Comparativo de Medidores inteligentes .....		56
Apéndice B: Flujograma del funcionamiento del prototipo.....		57
Apéndice C: Esquema de la arquitectura RUP .....		60
Apéndice D: Pliego tarifario de la empresa etapa ep .....		61
Apéndice E: Diagrama de la tarjeta de lectura.....		67
Apéndice F: PCB de la tarjeta de lectura .....		68
Apéndice G: ESTRUCTURA DE DESGLOCE DE TRABAJO.....		69
Apéndice H: Diagrama P&ID del Prototipo .....		71

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Conexión del medidor digital propuesto por Pruna.....	4
Figura 1.2 Método de lectura de medidores propuesto por Valle .....	5
Figura 1.3 Esquema del sistema de medición propuesto por Valdiosera.....	6
Figura 1.4 Sistema de medición de consumo de agua basado en un sensor Hall .....	7
Figura 1.5 Pagina de consulta del consumo de agua del prototipo de Sabrina Padilla .....	8
Figura 1.6 Clasificación de los medidores de agua convencionales .....	9
Figura 1.7 <i>Medidor de chorro múltiple</i> .....	10
Figura 1.8 Diagrama de instalación del prototipo .....	11
Figura 1.9 <i>Diagrama del prototipo</i> .....	12
Figura 1.10 <i>Sensor de flujo empleado</i> .....	13
Figura 1.11 <i>Método de conexión</i> .....	14
Figura 1.12 Diagrama de bloques del módulo ESP - 07 .....	15
Figura 2.1 <i>Iteración de RUP.</i> .....	24
Figura 2.2 <i>Proceso de SCRUM.</i> .....	34
Figura 3.1 <i>Medidor inteligente propuesto</i> .....	38
Figura 3.2 <i>Case para el medidor inteligente propuesto</i> .....	38
Figura 3.3 <i>Flujo de agua en la maqueta de pruebas</i> .....	39
Figura 3.4 <i>Flujo de datos en el prototipo</i> .....	42
Figura 3.5 <i>Medición del consumo de agua aproximado de una semana del medidor convencional</i> .....	43
Figura 3.6 <i>Medición del consumo de agua aproximado de una semana del prototipo</i> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 3.7 <i>Error del prototipo en la lectura semanal</i> .....	44
Figura 3.8 <i>Error del prototipo en intervalos de 15 litros</i> <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Figura 3.9 <i>Proceso empleado para la realización de pruebas</i> .....	45

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Características del sensor de flujo YF-S201 .....	14
Tabla 1.2 ZigBee vs Wi-Fi vs Bluetooth. <b>Adaptado de</b> (Valdiosera, 2013).....	18
Tabla 3.1 Consumo de agua mensual promedio por vivienda .....	42
Tabla 3.2 Pliego tarifario residencial .....	46

## RESUMEN

En la actualidad una de la problemáticas que más se ve es aquella que viene dado por el manejo de los recursos naturales como lo es el agua, esta es considerada como uno de los elementos básicos para vivir, razón por la cual se busca que todas las personas tengan acceso a este recurso, sin embargo este no es un servicio que se dé gratis, las múltiples empresas encargadas de prestar este servicio cuentan con un amplio equipo de trabajo que se encarga de llevar el control y manejo de este recurso, sin embargo este control está expuesto a sufrir múltiples vulneraciones ya que como seres humanos no somos perfectos, dándose así las fallas de lectura o digitación de los valores consumidos por las viviendas residenciales, otro de los factores que afecta a las empresas de esta índole son las posibles fugas que pueden existir en la red de distribución del agua.

A partir de esta problemática se plateo el presente proyecto con el cual se busca automatizar el proceso de recolección de datos de consumo de agua potable en la ciudad de Cuenca, basándose en el uso de un sistema SCADA caracterizado por la adquisición, gestión y uso de datos, de esta forma mediante una serie de proceso se puede solventar la problemática antes planteada, constando de una etapa inicial de captación del dato de consumo de agua, procesamiento y conversión de la información captados por los sensores en la etapa anterior y un proceso final de almacenamiento y transmisión de los datos de consumo de un determinado cliente o medidor hacia la empresa pública para su posterior facturación.

# INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos más importantes para la vida del ser humano, por lo que es de vital importancia asegurar la accesibilidad a este recurso ya que si bien el planeta está conformado en su mayoría de agua solo una pequeña porción de esta es apta para el consumo humano; por esta razón es que cada día se busca implementar con mayor énfasis la conservación de este recurso.

Una de las medidas que se ha llegado a tomar frente a esta problemática es la implantación de medidores inteligentes, los cuales además de ayudar a mejorar el servicio de recolección de datos de consumo gracias a que este dato se envía de manera directa a la empresa encargada de la distribución, ayudando a evitar posibles fallas humanas como lo son la falta de lectura del medidor a manos de los técnicos encargados de esta labor, este problema se da básicamente debido a que en muchos de los casos los medidores se encuentran ubicados dentro de los domicilios, o por las grandes distancias que hay que recorrer para poder llegar a ellos. Es así como la implementación de los equipos que se mencionan anteriormente ayudarían además a detectar posibles fugas o desvíos de este servicio pues se llevaría un control más exacto de cuánta agua se envía desde la empresa y cuanto liquido es consumido en cada vivienda y a su vez cuanto liquido se pierde en la red de distribución por múltiples factores.

El presente documento está formado por cuatro capítulos los cuales abarcan las siguientes temáticas: Capítulo 1 presenta el marco teórico referencial en el que se basa el presente proyecto, así como un breve análisis del estado del arte sobre los medidores inteligentes, así como los medios de transmisión que estos emplean. En el Capítulo 2 se podrá apreciar la metodología empleada en el desarrollo del proyecto conjuntamente con diagramas que indicaran detalladamente estas. En el Capítulo 3 se emprendan los resultados obtenidos de diversas pruebas a las que se sometió el sistema para su validación. En el Capítulo final, se encuentran una serie de recomendaciones, así como conclusiones sobre la realización del proyecto e impacto de este en la sociedad cuencana.

# ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE ESTUDIO

Como antecedentes, en la actualidad y a nivel nacional el proceso de recolección de datos del consumo de agua de las viviendas se da de manera manual, es decir, existen personas que se encargan de realizar la recolección de los datos de los medidores mediante una visita al mes, luego estos datos son ingresarlos al sistema de forma manual, sin embargo, esta técnica de recolección de datos genera algunos problemas, entre los más importantes son: el factor de error humano y el tiempo en que se realiza el monitoreo de datos (muestreo). [1]

El problema que presenta el factor de error humano se da al tomar los datos de consumo mensual y al ingresarlos al sistema, generando reportes erróneos.

Otro de los problemas generados, es el del tiempo de muestro, el mismo que fue analizado desde la presidencia de la República del Ecuador, donde en base del artículo 315 de la constitución: el que faculta al estado la constitución de empresas públicas para la gestión de sectores estratégicos, como el aprovechamiento sustentable de recursos, y el artículo 411 de la República que dice: “El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua”<sup>1</sup>. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua; La presidencia de la República del Ecuador ejecutó el decreto No 310, en la cual crea la Agencia de Regulación de la calidad y la cantidad de Agua; este último emitió el informe regulatorio 2017 en el que se expone que la eficiencia en el uso de agua potable a nivel nacional es de 57%; Esta baja eficiencia del uso del agua se da porque actualmente todas las empresas de distribución realizan la recolección de datos de consumo cada mes, lo que no permite mantener el correcto control entre la producción y consumo; es posible aumentar la eficiencia del uso de agua potable mediante la implementación de tecnologías de medición en tiempo real, ya que estos sistemas permiten contrastar la cantidad

---

<sup>1</sup> Constitución de la República del Ecuador. Disponible en: <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/09/Decreto-310.pdf>

producida versus la consumida de forma sectorizada, y evidenciar así las posibles fugas [2][3].

De manera internacional, se ha buscado dar solución a estos problemas y se ha realizado la producción de medidores con capacidad de transmitir los datos de consumo, bajo el protocolo de comunicación M-BUS. [4]

## JUSTIFICACIÓN

Evidenciando las problemáticas expuestas en los antecedentes, donde los consumidores finales que contratan el servicio de agua potable presentan quejas por mediciones de consumo falsas, y por el grave problema encontrado en la eficiencia de consumo de agua potable a nivel nacional, se ha decidido realizar un prototipo de sistema SCADA para el monitoreo y control de consumo en viviendas en tiempo real.

La solución que planteamos con nuestro sistema SCADA, resolvería de manera eficiente los dos problemas expuestos, ya que gracias a la transmisión de datos mediante el protocolo IEEE 802.11, podemos monitorear los datos de consumo de manera remota evitando errores humanos. Asimismo, el monitoreo en tiempo real nos permitirá tener un adecuado control de los datos de producción y consumo, pudiendo evidenciar posibles fallos en las tuberías de transmisión de agua.

El prototipo de sistema SCADA se lo va realizar mediante el protocolo inalámbrico IEEE 802.11, ya que con este protocolo economizaremos el costo del sistema de recolección de datos frente al protocolo M-Bus, el cual tiene un valor elevado por el costo del cobre que utiliza para la transmisión.

De esta manera se facilita la tarea del personal de la empresa pública, evitando que una persona recorra largas distancias recolectando la información personalmente; reemplazando su labor a la de observar los datos de consumo que brinda el servidor. Y a su vez evitando las tan comunes fallas de digitación en el ingreso de datos en el sistema y omisión de información del consumo real de un determinado medidor debido a factores como la no visibilidad del medidor y fugas en la red de distribución.

Permitiendo a la empresa pública determinar la existencia de anomalías como fugas o hurto del líquido vital, a partir de las lecturas en casos en que la medida del sistema no concuerde con la suma de las partes individuales del sector.

# **OBJETIVOS**

## **OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar y construir un prototipo de un sistema SCADA para el monitoreo y control de consumo de agua en viviendas residenciales, mediante protocolo IEEE 802.11

## **OBJETIVOS ESPECÍFICO**

- Realizar el estudio de los sistemas de monitoreo actuales para determinar el método óptimo del diseño del prototipo en base al proceso de monitoreo que se desea plantear.
- Diseñar el software y construir el hardware que nos permitan realizar la lectura, control y transmisión de datos.
- Diseñar un plan de pruebas para la comprobación del funcionamiento del prototipo.

# **CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

En la actualidad el termino Smart o “Inteligente” ha tomado mayor importancia en la sociedad, a partir de dispositivos inteligentes como los Smart Phones hasta las Smart Grid buscando automatizar procesos y a su vez reducir el impacto de la contaminación en el ambiente, mejorando la eficiencia de las redes de transición y distribución; permitiendo integrar nuevas facultades y elementos a las redes ya existentes. [5]

El crecimiento población, económico y tecnológico conllevan a que la sociedad incremente el consumo de los recursos y bienes a su alrededor, ya siendo estos materiales o energéticos, como es el caso del consumo de agua o energía eléctrica; en la región el Ecuador consume un 40% más de agua, en donde un ecuatoriano promedio consume 249 litros diarias, estando por encima de la cantidad recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) con 100 litros.

En [6] se puede apreciar que la provincia de Los Ríos consume mayor cantidad de agua diaria por habitante con 325 litros, mientras que nuestra provincia el Azuay se encuentra en la media de consumo del país con un valor de 200 litros.

## **1.1 MEDIDORES INTELIGENTES**

Partiendo de la tediosa tarea de recolección de información del consumo del servicio de energía eléctrica como agua potable se han generado diversos sistemas capaces de captar dicha información y transmitirla para su posterior facturación.

A partir de esta problemática se han planteado una serie de sistema de medición de energía y consumo de recursos, entre los que resaltan los sistemas de medición de energía eléctrica, consumo de agua o medición de caudales

volumétricos, así como adicionalmente se han integrado sistema de monitoreo del nivel de emisión de CO<sub>2</sub>. [7]

A nivel industrial los sistemas de medición inteligentes se caracterizan por su robustez y versatilidad al campo en que se emplean, por lo cual estos basan su funcionamiento en el uso de controladores lógicos programables (PLC) que se encargan de tomar los datos de consumo y centralizarlos en un solo punto, a partir del uso de estos dispositivos se generan diferencias con los sistemas domésticos, ya que en estos predomina el uso de protocolos industriales y mayor seguridad.

En la Empresa The Tesalia Springs Company S.A, Jhon Reinoso ha implementado un sistema de medición inteligente del consumo de los servicios antes mencionados, energía eléctrica y agua, el sistema está constituido por medidores digitales de energía, caudalímetros, controladores lógicos programables, además de switches utilizados para ampliar la capacidad de la red de comunicación ethernet industrial. [7]

Un punto clave en el ámbito industrial de los sistemas inteligentes es el de controlar el uso y gestionar el uso de las diversas cargas en las horas pico, es decir, emplear cargas de menor consumo las horas pico, generando así un mercado competitivo en el ámbito energético. Procurando moverse a las redes inteligentes no solo en la nación sino en el planeta. [8]

De esta forma se busca que las redes eléctricas sean inteligentes, para lo cual debería implementar el uso de medidores inteligentes como fue el caso de The Tesalia Springs Company S.A, generando sistemas que permitan monitorizar y controlar el consumo de un determinado recurso ya sea este energía eléctrica o agua potable.

En el Ecuador el 50.4 % de agua potable que se distribuye en zonas urbanas se pierde entre las fases de potabilización y distribución hacia las viviendas, según los datos de estudios realizados por la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA). [9]

Al hablar del consumo del líquido vital, un factor determinante en este son las pérdidas, debido al desperdicio, el derramamiento y los escapes [10], por motivos como estos es que se ha encaminado la investigación y desarrollo tecnológico hacia las ciudades inteligentes, en donde varios aspectos de la gestión de las mismas es controlado por sistemas electrónicos.

Como en el caso de la gestión de carga eléctrica, control y supervisión del consumo, se ha generado un campo de investigación paralelo a este en el ámbito del consumo de agua potable, los cuales buscan ayudar en la gestión del manejo de información del antes mencionado consumo de agua, empleando para ello sistemas basados en diversos tipos de controladores, sensores y protocolos de comunicación.

Al habla de medidores inteligentes la idea no es únicamente contabilizar la cantidad de agua usada, sino a su vez brindar el dato de como se ha consumido esta, para lo cual los equipos deben ser una herramienta potente que puede suministrar la información de tiempos de uso o el caudal empleado, de esta forma se optimizara la gestión de este recurso, permitiendo localizar fugas o consumos anómalos; buscando fomentar en la sociedad el uso adecuado del agua, creando una mejor conciencia social sobre esta. [11]

En mayor parte la información que brindan estos sistemas, es de tipo digital, brindada por un sensor, tras una etapa de procesamiento esta será enviada a un elemento de visualización o almacenada para su posterior facturación. Así estos datos pueden ser enviado a diversas formas ya sea empleando una línea telefónica, mensajes de texto, internet entre otros.

Edwin Pruna propone un medidor de agua digital con comunicación inalámbrica, en la etapa de captación de la información se empleó un sensor tipo turbina que genera un tren de pulsos, el que conjuntamente con un optoacoplador se determinara la cantidad de pulsos, en donde, un litro es equivalente a seis pulsos. Estos datos serán enviados a un PIC el cual almacenará dicha información en una variable para su posterior visualización en un GLCD y de manera paralela este dato será enviado mediante un módulo GSM para su visualicen en un dispositivo móvil en forma de SMS.



Figura 1.1 Conexión del medidor digital propuesto por Pruna  
**Fuente:** Edwin Pruna [12]

En la ciudad de Lima Perú, Elizabeth Valle propuso un sistema móvil de lectura de medidores, el cual se basa en el uso de un celular NEXTEL en donde se ingresan manualmente las lecturas de los medidores, empleando tecnología WAP (Wireless Application Protocol) para reducir el tiempo de información entre el medidor y el servidor su uso WML Script, que es un dialecto derivado del Java para el uso de páginas WML [13], así al implementar en el medidor una comunicación Bluetooth permite al operario tomar la lectura en lugares de difícil acceso, ya que mediante el lenguaje Java se programa un sistema de comunicación entre el medidor y el dispositivo móvil. Las combinaciones de estos sistemas garantizan el acceso a los datos de consumo del abonado y gracias al rango de la comunicación Bluetooth

se puede tomar datos de varios abonados desde un punto. En la siguiente figura se puede apreciar el método de lectura propuesto por este autor.

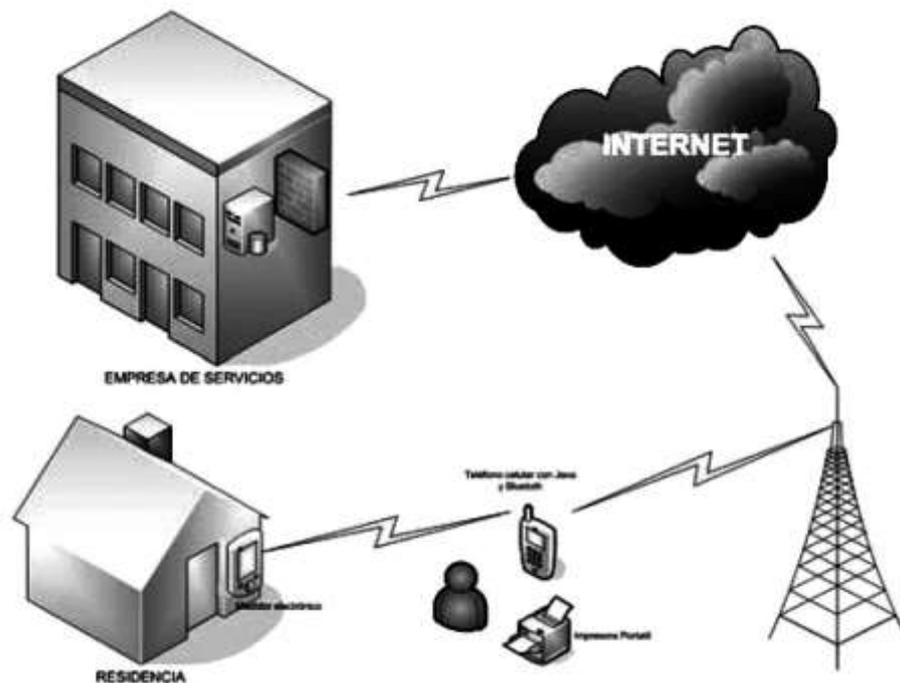


Figura 1.2 Método de lectura de medidores propuesto por Valle  
**Fuente:** Elizabeth Valle [13]

Abraham Valdiosera propone una Infraestructura de Medición Avanzada (AMI), el que emplea en microcontrolador Freescale para la digitalización de señales analógicas, cálculo de variables y el control de los procesos que se dan en el medidor. El modulo cuenta con un receptor GPS y un módulo de radio frecuencia que le permite enlazare a una red inalámbrica que opera bajo el protocolo ZigBee. [14]

El módulo de comunicación es un Gateway ZigBee – Ethernet el que se encarga de crear una red de comunicación local entre el medidor y los sensores, enlazando la red ante mencionada con la internet a través de un puerto Ethernet, permitiendo así que se pueda acceder a los datos del consumo desde un computar con conexión a internet. En la figura 1.3 se puede apreciar el esquema del medido inteligente propuesto.

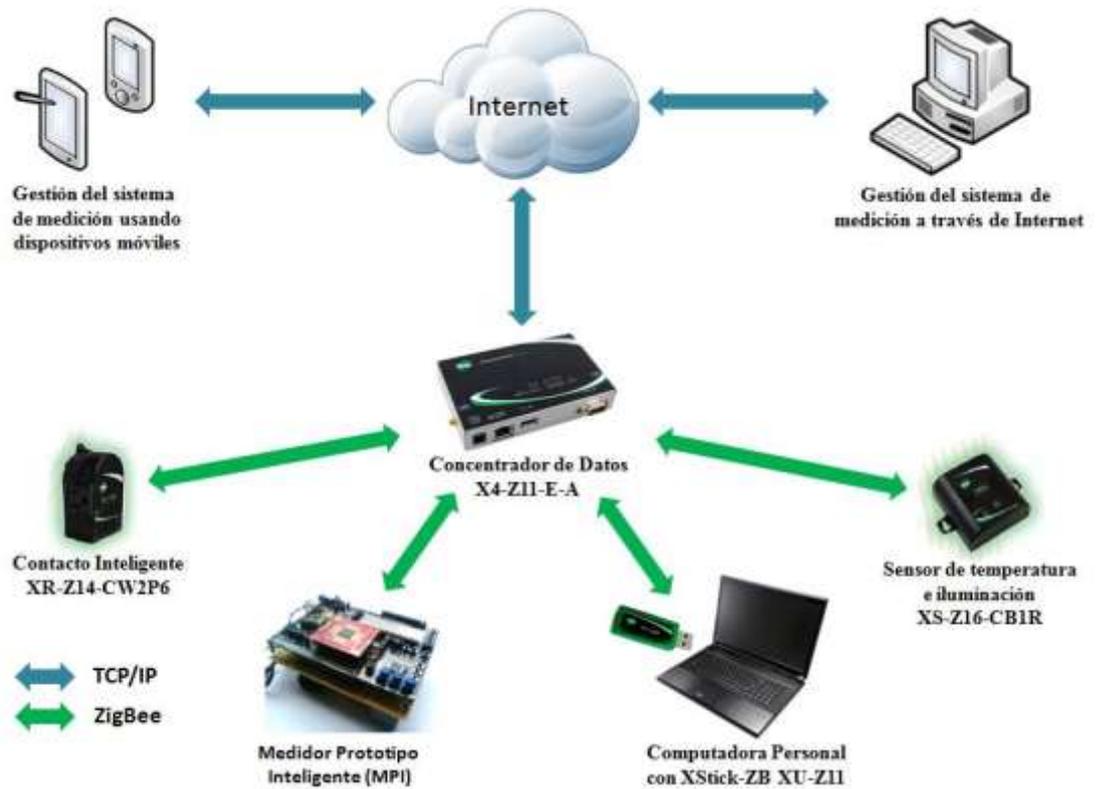


Figura 1.3 Esquema del sistema de medición propuesto por Valdiosera  
**Fuente:** Abraham Valdiosera [14]

Corral y Cornado proponen un Sistema de Medición Inteligente (SMI), para recoger los datos se emplea un contador digital previamente configurado en intervalos de tiempo que van desde los quince minutos a los tres meses, dichos datos serán almacenados para su posterior procesamiento y envío. Para la implementación del dispositivo móvil en una red 802.15.4 se emplea un micro controlador, un transceptor y una antena. Mediante el micro controlador se puede controlar al medidor y sus componentes Para la comunicación se emplea una comunicación serie síncrona entre el micro controlador y el transceptor en donde actuaran como maestro y esclavo respectivamente. [15]

Entre los sistemas de medición propuestos se ha ampliado esta investigación a una rama de la domótica buscando gestionar y cuantificar el consumo de agua potable, a través de un sistema basado en internet con visualización en tiempo real mediante reportes de correo electrónico. El prototipo está basado en un sensor de flujo de efecto Hall, estos datos serán enviados al núcleo principal de medición del

sistema que es una Raspberry Pi, que almacenara la información y la enviara hacia un servidor que desplegara los datos en una página web. Además esta información será visualizada en una pantalla LCD .[16]



Figura 1.4 Sistema de medición de consumo de agua basado en un sensor Hall  
**Fuente:** Edison Chuquimarca [16]

Padilla y Hernández proponen un prototipo de sistema de recolección de información para medidores de agua potable en la ciudad de Quito, el prototipo antes mencionado está conformado por un Arduino uno que realiza la interacción entre los diversos componentes y realizando el control del prototipo, un Arduino Wifi que es el dispositivo encargado del envío de datos y conexión del prototipo con internet, sensor de flujo de agua, que enviara una serie de pulsos al Arduino uno, siendo estos los datos del consumo de agua y un LCD que será una interfaz que permitirá conocer el consumo de agua como en un medidor convencional. Como punto final del prototipo se encuentra un servidor en el que se podrán visualizar los datos de

consumo del abonado contando con un sistema de gestión de usuarios para visualizar a diversos abonados de manera independiente.



Figura 1.5 Pagina de consulta del consumo de agua del prototipo de Sabrina Padilla  
**Fuente:** Sabrina Padilla y Paúl Hernández [17]

## 1.2 MEDIDORES TRADICIONALES

En la actualidad se emplean medidores basados en el desplazamiento volumétrico o mediante una turbina. En la siguiente figura se puede apreciar una breve clasificación de estos medidores.



Figura 1.6 Clasificación de los medidores de agua convencionales  
**Fuente:** *El Autor*

Para los medidores de desplazamiento el consumo es determinado dividiendo la corriente del fluido en fracciones equivalentes de un volumen conocido. El valor de consumo será determinado por la cantidad de fracciones en una unidad de tiempo.

En los medidores de disco oscilante al ingresar el fluido por el agujero de entrada empujara a un disco impidiendo el movimiento de rotación de este. El movimiento del disco antes mencionado se caracteriza por girar y al terminar este caerá. Dicho disco posee una serie de ranuras que forman un ángulo recto por el que circulara el flujo de agua moviendo una serie de engranes que marcaran el valor de consumo.

El medidor de pistón oscilante, de manera similar que en el caso anterior el fluido ingresara por un orificio entre unos anillos, por los cuales se guiara el pistón, para salir finalmente por una orificio de descarga. A partir del movimiento de este pistón y un agujero en la cubierta se comunica este movimiento a unas ruedas dentadas que registran sobre una esfera graduada el volumen de agua consumido.

Los medidores de turbina emplean un mecanismo mecánico que por acción de la velocidad del agua giran ya sea una turbina o una hélice. [16]

Los medidores de chorro único se basan en la incidencia de un chorro de agua que ingresa de manera tangencial sobre una turbina que se encuentra en el cuerpo del medidor.

En los medidores de chorro múltiple el mecanismo es accionado por varios chorros de agua que ingresan tangencialmente en una turbina dentro de la cámara la que cuenta con varios orificios de entrada y salida ubicados de manera opuesta. En la ciudad de Cuenca se emplean los medidores de turbina. En la siguiente figura se puede apreciar un modelo de medidor de chorro múltiple usado por la empresa de agua potable de la ciudad.



Figura 1.7 *Medidor de chorro múltiple*  
**Fuente:** *El Autor*

### 1.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

#### 1.3.1 ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA

El presente prototipo se basa en los sistemas SCADA (Supervisión, Control y Acceso de Datos) los cuales permiten supervisar y controlar las diversas variables que representan un proceso o planta. [18]

Para que el operario pueda tener un acceso completo al sistema este debe estar compuesto por diversas partes como una serie periféricos, software de aplicación, unidades remotas, sistemas de comunicación entre otros.

El presente prototipo está formado por varias etapas que se detallaran en las siguientes secciones de este apartado, partiendo desde una etapa de censado hasta una etapa final de comunicación y almacenamiento de datos en el servidor, en la siguiente figura se ilustra la conexión del prototipo con la red de distribución de agua potable.



Figura 1.8 Diagrama de instalación del prototipo

**Fuente:** *El Autor*

El prototipo se instalará en lugar del medidor convencional de agua, como se indica en la figura anterior, se tomará el ingreso de agua a partir de la red de distribución, como se lo realiza actualmente, y al final de este se realiza la instalación

domiciliaria, es decir, el sistema será el vínculo entre la red de distribución y la instalación en el domicilio.

Al prototipo en un inicio se lo puede considerar como un sistema de medida al que adicionalmente se le ha agregado una etapa de control de consumo en la cual a partir de una electroválvula se controlará si el abonado tendrá este servicio o si se realiza un corte del servicio debido a falta de sus pagos. De esta forma que un solo dispositivo pueda contabilizar el consumo de agua y controlar los cortes de agua ya sea por falta de pago o ya sea para mantenimiento de la red. En la siguiente figura se puede apreciar los diversos elementos que conforman el prototipo, de los cuales se hablarán en secciones posteriores.

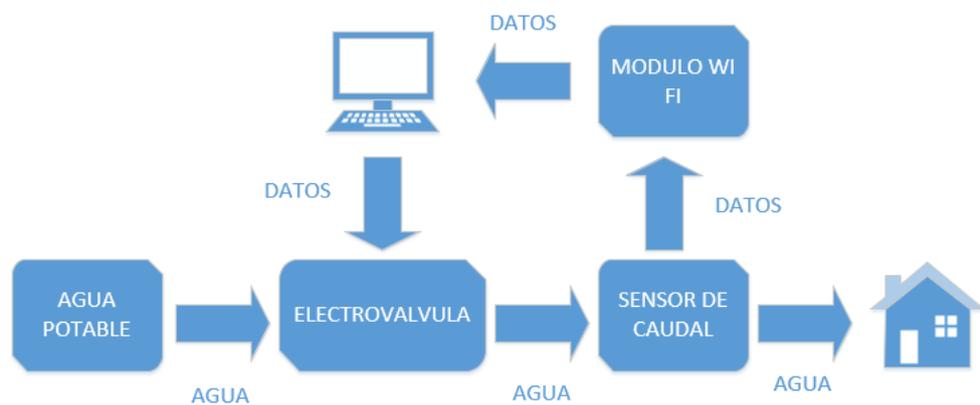


Figura 1.9 *Diagrama del prototipo*  
**Fuente:** El Autor

Como se puede apreciar en la figura anterior en el sistema existen dos flujos principales, el primero es el líquido vital tomado desde la red de distribución y llevado hacia el domicilio, mientras que de manera conjunta existe un flujo de datos los que se originan en la etapa de censado hasta llegar a un servidor en donde estos serán almacenados y según el caso se desee cortar el servicio este transmitirá un señal al prototipo nuevamente para que este cierra la electroválvula, la que realiza la función de una llave de paso.

### 1.3.2 ETAPA DE SENSADO

En esta etapa se adquiere el dato de consumo de agua para lo cual se empleará un sensor de caudal, el que a su salida entregará un tren de pulsos. En la siguiente figura se puede apreciar en la siguiente figura.



Figura 1.10 *Sensor de flujo empleado*  
**Fuente:** *El Autor*

El sensor empleado se caracteriza por basar su funcionamiento en el uso de un sistema formado por un rotor que se encuentra en una cámara aislada para evitar fugas, el cual en sus paletas posee una serie de imanes los cuales generan un campo magnético que es detectado por un sensor tipo hall ubicado en la cámara antes mencionada, este sensor hall entregará una serie de pulsos por uno de los cables del sensor que posteriormente será tratado y convertido a un valor equivalente en litros.  
[19]

El sensor cuenta con tres terminales de los cuales dos están destinados a la alimentación del dispositivo y un tercer pin destinado a la transmisión del tren de pulsos de salida.

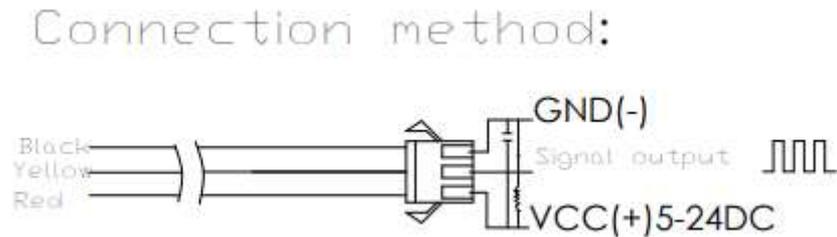


Figura 1.11 Método de conexión  
Fuente: YIFA the plastics Ltd. [20]

Se empleó un sensor de flujo de efecto hall, que a su salida brinda un tren de pulsos cuadrados a una determinada frecuencia, en la siguiente tabla se puede apreciar las principales características del sensor.

Tabla 1.1 Características del sensor de flujo YF-S201

Características del sensor de flujo YF-S201	
Voltaje de operación	5 a 18V DC
Máxima corriente	15mA @ 5V
Tipo de salida	5V TTL
Rango de flujo de trabajo	1 a 3 Litros/Minuto
Rango de temperatura de trabajo	-25 a +80°C
Máxima presión	2.0 MPa
Pulsos por litro	450

### 1.3.3 MODULO WI FI ESP – 07

El modulo empleado para el procesamiento y transmisión del dato de consumo de agua es el ESP – 07, el que cuenta con un procesador central ESP8266, con un micro MCU de 32 bits, además de los beneficios del microcontrolador este integra una tarjeta para la comunicación Wi-Fi soportando los estándares IEEE 802.11 b/g/n. En la siguiente figura se puede apreciar el diagrama de bloque del módulo.

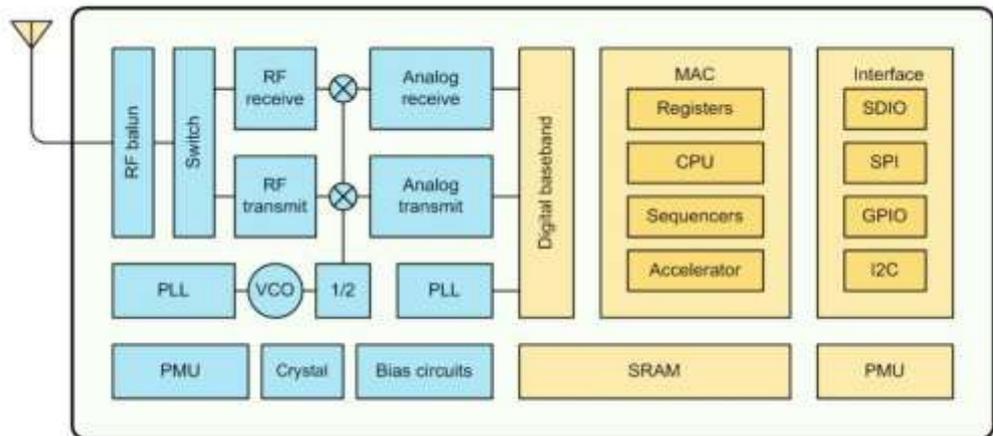


Figura 1.12 Diagrama de bloques del módulo ESP - 07  
**Fuente:** Shenzhen Anxinke Technology CO;LTD. [21]

Adicionalmente este módulo brinda las siguientes características:

- Soporta el protocolo TCP/IP.
- Integra un switch TR, balun, LNA y un amplificador de potencia.
- Integra PLL, reguladores y una unidad de gestión de poder.
- Soporta varias antenas.
- Posee GPIO (Entrada/Salida de propósito general)

Mediante los GPIO se pueden conectar al módulo diversos sensores, ampliando la aplicación del módulo de transmitir datos a captarlos mediante sensores, tratar o procesar esta información para enviarla a un dispositivo en una red ya sea de ordenadores o dispositivos semejantes a estos.

### 1.3.3.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.

Una vez captada la información por el sensor de flujo este emitirá un tren de pulsos que serán enviados al módulo ESP-07, para lo cual se ha destinado un puerto de propósito general, que emplea una interrupción externa, siendo este el pin denominado GPIO5.

Al llegar el pulso al módulo este cambiara el valor de un contador, el que almacenara el valor de la cantidad de pulsos generados por el sensor. Dicho valor es empleado en una doble tarea, en un inicio y como labor principal del prototipo lo convertirá en un valor equivalente a litros, el que será almacenado en una base de datos en el servidor.

Y de manera conjunta este dato hará variar el valor de otro contador, el cual será empleado en la visualización, es decir, el valor del contador inicial aumentara el valor del siguiente contador cada quince litros y enviándolo al servidor para el monitoreo del dato de consumo.

Para la tarea antes mencionada se empleó un valor de quince litros ya que el modulo al no poseer un búfer de gran capacidad tiende a desbordarse al emplear valores pequeños, generando que el modulo no pueda procesar la información.

En la sección de apéndices se puede apreciar un flujograma que describe la tarea antes mencionada y a su vez las tareas que puede realizar el prototipo.

### **1.3.3.2. COMUNICACIÓN**

Uno de los aspectos que definen al prototipo es su etapa de comunicación de datos, como se mencionó en la sección de medidores inteligentes, estos medidores emplean varios tipos de comunicación pasando por una comunicación cableada hasta las comunicaciones de tipo inalámbrica. A continuación, se detallará brevemente los diversos tipos de comunicación que se han empleado actualmente, así como el protocolo que emplea este módulo.

La comunicación Bluetooth posee una tasa de transmisión media [15] un valor menor al que emplean otros tipos de comunicación como ZigBee o Wi-Fi, de

los cuales se hablara a continuación, otra de las características de esta comunicación es que posee un rango corto lo que dificulta su desempeño en este prototipo, ya que este necesitaría que el servidor o la persona encargada de recolectar estos datos deba estar cerca del prototipo.

En la actualidad se emplea mayoritariamente la comunicación ZigBee, la que adopta el estándar IEEE 802.15.4 para la capa física y la capa de acceso al medio y agrega la capa de red y aplicación. [22] La comunicación ZigBee se puede denominar como una serie de protocolos, esta se emplea para redes de bajo volumen de datos y corto alcance. Entre sus principales características se pueden enlistar las siguientes:

- Bajo costo.
- Mínimo consumo de energía por poseer SEP (Smart Energy Profile) [23]
- Soporta redes tipo malla.
- Utiliza un protocolo asíncrono, half dúplex y estandarizado, permitiendo a productos de distintos fabricantes trabajar juntos. [22]
- No presenta interferencias con otros protocolos de comunicación.

Wi-Fi emplea la frecuencia de radio emplea los protocolos 802.11 a/b/g permitiendo realizar conexiones inalámbricas en lugar de una comunicación cableada. [13] A manera breve se puede se pueden mencionar las siguientes características técnicas de este protocolo.

- Es el estándar que lidera los desarrollos actuales de WLAN, puede alcanzar hasta los 11 Mbps de velocidad.
- Opera en una banda de 5 GHz y ofrece una capacidad de hasta 54 Mbits/s.
- Permite emplear dos interfaces de aire ya sea DS-SS (Direct Sequence Spread Spectrum) o FH-SS (Frequency Hopped Spread Spectrum) [24]

Así mismo entre las principales ventajas que ofrece este protocolo se pueden resaltar las siguientes.

- Bajo costo de los equipos.
- Facilidad de instalación, configuración y puesta en funcionamiento.
- Bajo consumo de potencia

- Uso de frecuencias libres (2.4 y 5.8 GHz). [25]
- Diversidad de equipos en el mercado.
- Continuo desarrollo y actualización de los estándares.

En la siguiente tabla se puede apreciar los rangos y velocidades de operación, debido a estas características se decidió emplear este protocolo en la etapa de comunicación.

Tabla 1.2 ZigBee vs Wi-Fi vs Bluetooth. **Adaptado de** (Valdiosera, 2013)

Protocolo	Velocidad	Rango
ZigBee	20-250 Kbps	10-100m
Bluetooth	1-3 Mbps	2-10m
Wi-Fi	1-11 Mbps	30-100m

#### 1.3.4 SERVIDOR Y ETAPA DE CONTROL

Se emplea un servidor en el cual como se encuentra una base de datos en la que se almacenaran los valores de consumo de agua de los diversos abonados, este dato será obtenido del sensor y procesado en el módulo ESP-07.

El servidor no posee la única función de almacenar los datos de consumo, sino que cuenta con un servidor web en él, permitiendo a un trabajador de la empresa pública observar dichos datos y generar el proceso de facturación y como se ha mencionado el servidor posee una comunicación bidireccional con el prototipo, recibiendo los datos de consumo y transmitiendo comandos para la apertura y cierre de la electroválvula e control.

Un operario en el servidor puede generar estas dos sentencias u órdenes las que serán transmitidas al prototipo, el prototipo estará en espera de esta orden, la que será almacenada en un variable, dependiendo el caso este variará el estado de un puerto GPIO ya sea el 12 o 14 para apertura o cierre respectivamente.

### **1.3.5 SISTEMA DE CARGA**

Para asegurar la funcionalidad continua del prototipo se implementó un banco de baterías el cual evitara que este deje de funcionar al perder alimentación de una fuente externa como lo es la red eléctrica de la vivienda del abonado.

Este sistema funciona de tal manera que al cortarse la energía eléctrica el banco de baterías se convierte en alimentación del prototipo, asegurando así que el envío y recepción de información sea continuo.

Este tipo de seguridad se implementó para evitar que persona mal intencionadas realicen acciones que generen el corte de energía y afecten la funcionalidad del prototipo, ya que esto afectaría de manera directa al proceso de facturación y cobro del consumo de agua, generando que el dato de consumo del medidor con el de cobro en el servidor no cuadren.

La alimentación del sistema se toma de una fuente de 5V conectada a una toma 120VAC de la instalación eléctrica del abonado. Se puede considerar que la fuente de 5V y el banco de baterías trabajan como fuentes en paralelo, logrando así que al cortarse la alimentación principal entra en funcionamiento el banco de baterías y a su vez en el caso de que la batería se descargue existirá una diferencia de tensión entre estas, en donde la misma toma de 5V será la encargada de cargar el banco de baterías.



## CAPÍTULO 2: MARCO METODOLÓGICO

Cuando hablamos de metodología es importante que se tenga en cuenta las diferentes clases que existe, así como las múltiples aplicaciones que se les puede dar a cada una de estas, razón por la cual es de vital importancia saber cuáles son sus principales características y puntos débiles, para así en base a esta buscar la más idónea, la cual fue aplicada en nuestro proyecto.

En los años 80 se propuso que la mejor técnica a ser aplicada para el desarrollo de un sistema de software era la planificación rígida y meticulosa del proyecto, esta se encontraba a su vez soportada por herramientas CASE (Ingeniería de Software Asistida por Computador) también por procesos rigurosos y de alto control llegando así a garantizar la calidad del software. [26]

Estas metodologías antiguas generaban que el trabajo de planificación, diseño y documentación sean extremadamente pesados; generando así que en muchos de los casos se llegara a ocupar parte del tiempo que se había destinado para el desarrollo del sistema con el que se está trabajando en otras tareas; al aplicar este tipo de metodologías en proyectos pequeños y medianos, los cuales se caracterizaban por tener una mayor exigencia en cuanto a tiempo de respuesta, por lo cual se llegó a determinar que eran métodos totalmente ineficientes ya que generaban que se llegara a pasar más tiempo en el diseño del sistema que en el desarrollo del mismo, lo que trajo a la larga que al culminar el sistema y entregarlo al cliente, esto no permitía poder hacerle cambios de sus especificaciones a futuro, ya que esto implicaría empezar desde cero, haciendo así que el proceso sea ineficiente y que no generara los resultados requeridos. [26] [27]

Sin embargo, en la actualidad aún se aplica este tipo de metodología a algunos proyectos cuya principal característica no es tener resultados en el menor tiempo, sino el de tener mayor exactitud de los mismos. Es por esto que ya en los años 90 se llegó a proponer métodos ágiles para cumplir con estas labores, los cuales

ayudaban al desarrollador a enfocarse más en el software y no en el desarrollo de la documentación del diseño. [27]

Generando así metodologías con un enfoque mucho más interactivo, ya que empleando estas los desarrolladores son conscientes de que los requerimientos se encuentran cambiando permanentemente tanto en el diseño como en el desarrollo del sistema, lo que lleva a tener como resultado la entrega de sistemas totalmente funcionales en más corto tiempo y con la posibilidad de realizar cambios a sus especificaciones. [27] [26]

Es por ello que en la actualidad se ha llegado a analizar desde diferentes métodos el proceso de desarrollo de software, cada uno de estos métodos posee características que son las que lo diferencian de otros, una de las diferencias que poseen estos es la manera en la que se hace el análisis y documentación del software ya que uno pone especial énfasis en este paso para luego enfocarse en lo que es el desarrollo y pruebas del proyecto, mientras que otros creen que es mejor centrarse en lo que a la organización respecta, incluyendo al cliente de manera activa y así buscar que se obtengan datos satisfactorios en un menor tiempo. [27]

Un criterio importante para la selección de la metodología a emplear en un proyecto esta en la naturaleza del mismo, pudiendo así en mucho de los casos combinarse varias metodologías para poder encontrar un balance en estas y los mejores resultados.[26]

Las principales metodologías que en la actualidad se usa son: La metodología Rational Unified Process (RUP) de IBM, la metodología Microsoft Solutions Framework (MSF) de Microsoft, la metodología Extreme Programming (XP) la cual está basada en los métodos ágiles la que fue propuesta por Kent Beck, y por último la metodología de SCRUM la cual se basa en la rapidez y flexibilidad de métodos de desarrollo avanzados probados ya en la industria de productos , esta última ha sido la seleccionada para ser aplicada en nuestro proyecto por las características que se detallaran en las siguientes secciones. [26] [27]

## 2.1 RATIONAL UNIFIED PROCESS (RUP)

Esta se caracteriza por ser una metodología donde su principal objetivo es mantener ordenado y bien estructurado el desarrollo del software, de tal manera que se pueda llegar a realizar un conjunto de actividades que transformarán los requisitos que establece el cliente a un sistema Software. En un principio se conocía como UP (Unified Process), pero luego se agregó el respaldo de Rational Software de IBM razón por la cual se pasó a llamar RUP. [27][28]

### 2.1.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Las principales características de esta metodología son que se basa en un proceso guiado y manejado por casos de uso, se encuentra centrado en la arquitectura del sistema en el que se va a trabajar, maneja un proceso de desarrollo iterativo e incremental, [28] [26]

**2.1.1.1. Casos de uso:** es el encargado de realizar la descripción de un servicio que debe tener el sistema por requerimiento el cliente, incluso la secuencia completa de interacciones entre el cliente y el sistema. [26]

**2.1.1.2. Centrado en la arquitectura:** esta etapa básicamente nos permite comprender los diferentes puntos de vista del sistema en desarrollo, los cuales hacen referencia a los modelos del sistema los cuales son: los modelos de casos de uso, de análisis, de diseño y finalmente de despliegue e implementación. (Tinoco Gómez et al., 2014) Si hablamos de arquitectura es de vital importancia tomar las mejores decisiones pues estas ayudaran a comprender el sistema como un todo y a la vez sus diferentes etapas. (González, 2014). Lo que genera que algunos de los recursos puedan volver a ser reutilizados maximizando la funcionalidad del sistema. [26].

Durante el desarrollo del proyecto se puede ver como los diferentes modelos de la arquitectura se complementan en cada ciclo que se van dando, esto lo podemos observar en el Apéndice B. En esta se

ve como por ejemplo en la línea base de la arquitectura cuando nos referimos a la parte del despliegue esta barra esta está incompleta lo que nos da como resultado que su implementación aun es parcial, esto quiere decir que las funciones y propiedades que posee el software no se verán de manera completa sino fragmentada, a la fragmentación que se produce por este fenómeno se le conoce como arquitectura ejecutable, lo que da como resultado un prototipo que es evolutivo y funcional. [29]

**2.1.1.3. Iterativo e Incremental:** en este punto se busca establecer que la aplicación está dividida en partes más pequeñas, de estas solo unas pocas están destinadas a dar especificaciones del sistema, mientras que si hablamos de desarrollo del mismo este se da por una interacción que va aumentando la funcionalidad del mismo.[26]

Este proceso se puede apreciar en la figura 2.1 ya que nos explica como una interacción se encuentra compuesta por los requisitos, análisis, diseño, implementación y pruebas, sin embargo, esta interacción entrega una parte pequeña pero funcional del sistema. Es por esto que el desarrollo de los requisitos y los demás modelos se llevan a llevar a cabo en más de una interacción, logrando así que se llegue a garantizar la entrega de manera funcional e iterativa. [26]

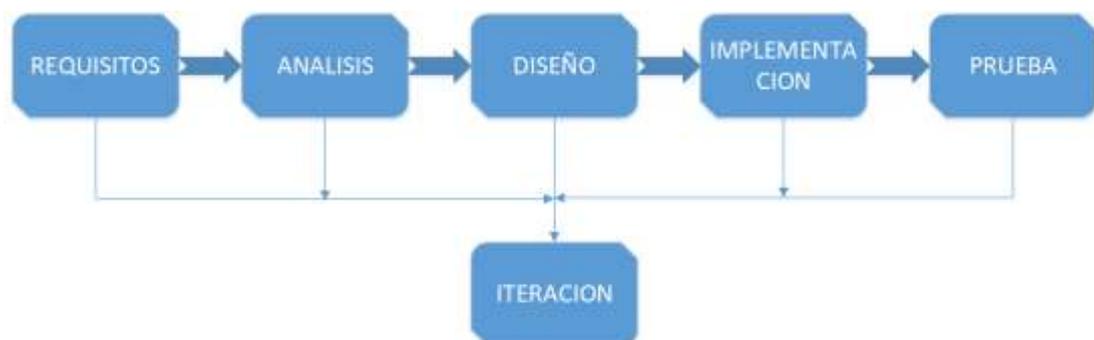


Figura 2.13 Iteración de RUP.  
Adaptado de (Pérez A., 2011)

## 2.1.2 ESTRUCTURA DE LA METODOLOGIA RUP

Este proceso se lleva a cabo en base a tres perspectivas, estas son: La dinámica, esta se enfoca en el modelado sobre el tiempo; la estática esta en cambio nos muestra las actividades que se dan en el transcurso del proceso y la práctica, que es la que nos habla de las correctas prácticas que se dan durante todo el proceso. [26]

Para entender de mejor manera la relación que existe entre estas tres perspectivas se las describirá a continuación:

**2.1.2.1. La perspectiva dinámica:** esta se encuentra formada por las fases de inicio, elaboración, construcción y transición, cada una de estas a su vez está dividida en muchas interacciones, además de que tienen diferentes objetivos tal como se muestran a continuación.

- Fase de inicio: Su principal función es la de mantener la comunicación con el cliente, así como también con las actividades de control. En este punto se llega a determinar cuál es el caso de negocio que se implementara al sistema, también se da la identificación de todas las entidades que se verán inmersas con el sistema y las interacciones que efectuaran sobre el mismo. [26], [30]
- Fase de elaboración: Aquí lo que se busca es alcanzar un completo entendimiento del dominio, así como generar un marco de trabajo arquitectónico para nuestro sistema y lograr tener un plan para el proyecto que nos permita identificar los posibles riesgos que llegaran a presentarse. Logrando así que al terminar con esta fase se obtenga como resultado un modelo con los requerimientos que posee el sistema, así como también la arquitectura y el plan de desarrollo que deberá tener el sistema. [30], [31]
- Fase de construcción: En esta fase lo que principalmente se busca es llegar a conseguir los mejores resultados en cuanto al diseño, la programación, las pruebas y la integración de todas las partes del sistema que se está elaborando. Es así como al terminar con esta se requiere que se obtenga un software operativo que cuente con su propia documentación [26], [31]

- Fase de transición: Es en esta fase en donde se llega a entregar el software a sus usuarios finales para que estos lo prueben y den sus opiniones acerca del producto. Es así como al terminar con esta se requiere que se obtenga un software documentado y con una funcionalidad alta, que cumpla a cabalidad los requisitos solicitados por el cliente. [26], [31]

**2.1.2.2. La perspectiva estática:** en esta se determina el encargado de cada cosa, es decir quién hace qué, cómo y cuándo se hace. Si hablamos de “quien” hacemos referencia a los diferentes roles que se tendrán, el “que” y el “como” en cambio nos habla de las diferentes actividades y las herramientas que requerirán cada una de estas para ser llevadas a cabo, y finalmente el “cuando” nos lleva a determinar cuál será el flujo de trabajo. [26], [29], [30] Para esto es de vital importancia tener claro los siguientes conceptos:

- Roles: en este se establece cuáles son las actitudes y responsabilidades que tiene cada uno de los individuos o grupos de individuos involucrados en el sistema. Pudiendo llegar a si a que un rol pueda ser desempeñado por varios individuos o que un individuo pueda desempeñar varios roles. Los roles que se pueden llegar a tener en la metodología RUP son los de analistas, desarrolladores, gestores, apoyo, especialistas en pruebas y cualquier otro rol que pudiera llegar a necesitarse en el transcurso de la elaboración del sistema. [26]
- Actividades: es la unidad de trabajo que una persona bajo determinado rol debe llevar a cabo. Estas siempre deben tener un objetivo concreto, estos objetivos pueden ser: Plantear una iteración, llevar a cabo la revisión de un diseño, realizar pruebas de rendimiento, así como muchas más cosas. [29]
- Artefactos: en algunas ocasiones se los suele llamar productos, son aquello que se lo define como un modelo de información que se ha llega a obtener después de un proceso de producción en el que se lo modifico para aumentar su funcionalidad. Por lo tanto, se puede decir que son los resultados tangibles del proyecto, aquellos que fueron creados y usados hasta llegar a obtener el producto final. [29], [30]
- Flujo de trabajo: esto se puede definir como la relación que existe entre los roles y los artefactos que al trabajar en conjunto llevan a obtener resultados tangibles en el proceso de desarrollo del sistema. Estos pueden dividirse en flujos de trabajo de proceso, son

los encargados de mostrar las actividades del proceso de desarrollo bajo un modelo en cascada, también contiene el modelado de negocios, es decir requerimientos, análisis y diseño, implementación, pruebas y despliegue; mientras que los flujos de trabajo de soporte son los que contienen las configuraciones y gestiones de los cambios que se llevaron a cabo en el desarrollo del sistema, así como también las gestiones de todo el proyecto y el entorno en el que se va a desempeñar. [26], [31]

**2.1.2.3. La perspectiva práctica:** en esta se explican las seis buenas prácticas en la ingeniería de software recomendadas para el desarrollo de un sistema, estas son:

- Un desarrollo iterativo.
- Una buena gestión de requisitos.
- Un desarrollo basado en los componentes.
- Un modelado visual UML.
- Una verificación continua de la calidad del sistema.
- Un control supervisado de cambios en el software.

Estas prácticas se aplican de manera continua durante todo el proceso de desarrollo y de manera transversal a las otras dos perspectivas. [26], [31]

## **2.2 SCRUM**

Este tipo de metodología se caracteriza por ser un marco de trabajo que está basado en los ya conocidos métodos ágiles, cuyo principal objetivo es el control continuo sobre el estado en que se encuentra el proceso de un sistema. En este el cliente establece cuáles son sus prioridades, luego de esto el equipo SCRUM se organiza para encontrar la mejor forma de entregar resultados. [32], [33]

Esta metodología tiene su origen en 1986 por Hirotaka Takeuchi e Ikujiro Nonaka, con el objetivo de lograr obtener un método que permitiera incrementar la rapidez y la flexibilidad en el proceso de desarrollo de nuevos productos. El enfoque en el que se encuentra basado este método es el de rugby, en donde lo que se busca es que todo el equipo trabaje de una forma que nos dé como resultado una respuesta que se consideraría como si fueran

un solo hombre, para de esta manera llegar al otro lado del campo, pasando el balón de un lado a otro entre los que integran el equipo. [26], [33], [34]

A pesar de que esta metodología en un principio se aplicaba en el campo de la industria automovilística y tecnología, es en el año de 1990 que Ken Schwaber lo puso en práctica en su compañía Advanced Development Methods al igual que XP, en este método se hace esencial énfasis en lo que a gestión de recurso humano se refiere, esto se entenderá de mejor manera al describir cuales son las principales características de este método. [26], [31]

### **2.2.1 CARACTERÍSTICAS**

Esta metodología se resalta por dar una mayor prioridad a los individuos y a la interacción que a lo que se refiere al proceso y las tareas, es decir que la mayor parte de éxito de un proyecto está basado en la organización que tenga el equipo de trabajo, ya que obtener un logro no es solo cuestión de un miembro sino de todo el equipo SCRUM, es decir existe una colaboración mutua entre todos los integrantes. [26], [33]

El enfoque que se busca mediante SCRUM es la de obtener un software funcional mas no una excesiva documentación, lo que lo diferencia de RUP cuyo objetivo es mucho más estricto en cuanto a documentación. Logrando así que al cliente se le entregue soluciones operables y no simples reportes de progresos, llegando así el cliente a decidir si se continuo o no con el proceso.[26], [32]

Además, SCRUM se caracteriza por promover que el cliente este en constante en colaboración con el avance del proyecto en lugar de regirse únicamente a las negociaciones que se haya llegado a tener en el contrato. Por lo que se busca que exista una alta capacidad de respuesta para los cambios en lugar de limitarse a una estricta planificación, esto basándose en el principio de que el software es de carácter cambiante. Todo esto se realiza con el fin de que el cliente vaya observando los resultados que se obtienen a lo largo de proceso, decidiendo así si se realizan cambios ya sobre la marcha o en último de los casos dar un giro de 360° al proyecto. [26], [31], [35]

## 2.2.2 VALORES

Promueve valores que ayudaran que se entienda con mayor claridad los procesos de la metodología, garantizando así el cumplimiento y la evaluación del método, esos valores son los siguientes:

**2.2.2.1. Empoderamiento y compromiso de las personas:** Este se da a base de que es de vital importancia el delegar y atribuir responsabilidades a los miembros con esto se logra que el equipo tenga la capacidad de auto-organizarse y a su vez tomar decisiones sobre el desarrollo del proyecto. Ya que se considera que un miembro del equipo no puede tomar decisiones si no está lo suficientemente involucrado en el proceso de desarrollo. (Pérez A., 2011; Sonia & Pedro, 2014)

**2.2.2.2. Foco en desarrollar lo comprometido:** En este punto se busca que los miembros del grupo estén completamente centrados en llevar a cabo el desarrollo de lo pactado con el cliente y lo que se acordó con el resto del equipo. [26], [33]

**2.2.2.3. Transparencia y visibilidad del proyecto:** Hace énfasis en mantener a todo el equipo informado de todo avance que se vaya dando al proceso, siempre procurando dejar evidencia de cualquier anomalía que se pueda presentar, y así proceder con total transparencia, ya que de no ser socializados podrían traer problemas al resto del proceso. Además, se recomienda hacer visible todos los avances que se den durante el proceso. [26], [33], [36]

**2.2.2.4. Respeto entre las personas:** Todos los miembros del equipo al igual que si habláramos de un equipo deportivo deben tener una confianza plena entre ellos, además de que deben respetar las capacidades y conocimientos que poseen el resto de integrantes, ya

que las cualidades que poseen cada uno de ellos son las fortalezas de todo el grupo y esto los llevara a alcanzar las metas establecidas. [26], [35]

**2.2.2.5. Coraje y responsabilidad:** Es de mucha importancia que cada uno de los miembros del equipo sea responsable y auto-disciplinado, esto quiere decir que cada miembro debe estar dispuesto a dar las soluciones más positivas a los diferentes problemas que se puedan presentar por cambios que se deban dar en el proyecto. [26], [35], [36]

### 2.2.3 ROLES

Como ya se sabe en todo proceso de desarrollo de un software es importante que existan los roles, ya que estos determinan comportamientos y actividades que debe realizar cada uno de los miembros del proyecto. [26], [37], [38]

Es por esto que SCRUM divide el trabajo en cinco grupos de persona:

**2.2.3.1. Propietario del producto:** Es aquel que establece las prioridades que tiene un proyecto, además debe conocer muy bien y saber qué es lo que verdaderamente se quiere obtener con el mismo para que de esta forma el equipo se encamine para lograr llegar a la obtención de los objetivos que se planteó. [26], [35], [39]

**2.2.3.2. SCRUM Manager:** Es el que se encarga de la gestión y de facilitar la ejecución del proyecto, también de garantizar el seguimiento para que se cumpla la metodología y las metas que se hayan trazado, así como también deberá atender y buscar una solución a los múltiples problemas externos que se puedan presentar en el proyecto. [26], [33], [37]

**2.2.3.3. Equipo SCRUM:** Este es el centro o también llamado corazón de la metodología, ya que ellos son los encargados de construir el producto, básicamente está conformado por los desarrolladores. [26], [31], [40]

**2.2.3.4. Interesados:** También conocidos como StakeHolders, son los encargados de observar y de asesorar el proceso en desarrollo, sin embargo, estos también pueden ser agentes externos que posee algún interés en el proyecto como el de financiar o promover el mismo. [32], [35], [41]

**2.2.3.5. Usuarios:** Puede que sea uno de los que menos se tome en cuenta, sin embargo, son estos los que realizan las pruebas lógicas de nuestro sistema y determinan si cumplen o no sus expectativas. Algo que no se puede pasar por alto es que en muchas ocasiones los clientes pueden aportar ideas o sugerencias que no han sido consideradas con el equipo.

## **2.2.4 ARTEFACTOS**

Cuando hablamos de artefactos al igual que en la metodología anterior hacemos referencia a los diversos modelos de información que se van generando a lo largo del proceso de desarrollo del sistema, es por esto que en el caso de SCRUM podemos encontrar los siguientes artefactos:

**2.2.4.1. Pila del producto:** Es la base de SCRUM, en esta se puede ver todos los requisitos del producto, no es necesario que sea dé demasiado detalle de cada uno de los mismo, sin embargo, si es importante que se los prioricen. Esta pila se encuentra en constante evolución y está a total disposición de todos los roles, pero el único que decide sobre esta el propietario del producto. [26], [32], [37]

**2.2.4.2. Pila del SPRINT:** Este es el conjunto de requisitos que el equipo se comprometió a cumplir para el Sprint, este si debe construirse con el mayor detalle que se pueda para así conseguir que sea ejecutado por el equipo de trabajo encargado. [26], [36], [39]

**2.2.4.3. Incremento:** Es parte de nuestro producto desarrollado en el Sprint, y que posee total factibilidad de ser usado, ya que en esta están todas las pruebas, además de una codificación limpia y documentada. [26], [34], [39]

## **2.2.5 REUNIONES**

Es uno de los principales elementos de la metodología SCRUM, estas se deben realizar de manera periódica. A diferencia de otras metodologías SCRUM establece como deben ser estas reuniones de trabajo y los resultados que se quiere obtener para cada una de ellas. [26], [31], [32]

A continuación, se describirá un poco a cada una de estas:

**2.2.5.1. Planificación del SPRINT:** Esta es una de las reuniones más importante que tendrá el equipo pues su mala planificación puede arruinar todo nuestro Sprint. Es en esta reunión donde el propietario del producto dice cuáles son los requisitos que necesita, las prioridades y las dudas que pueda tener con respecto al equipo de trabajo. Logrando así que se llegue a estimar el esfuerzo que involucran los requisitos prioritarios, se incluye una lista de los miembros y el nivel de dedicación que tendrá cada uno. En base a todo esto se genera la pila de Sprint, además el SCRUM Manager define en una frase el objetivo que tiene el Sprint. [26], [36], [38]

**2.2.5.2. Reunión diaria:** En este tipo de reuniones se busca que tengan una duración de mínimo 15 minutos y máximo 30 minutos, resaltado que estas siempre deben ser en el mismo lugar y a la misma hora. Esta está encabezada por el SCRUM Manager y solo puede haber intervenciones del Equipo SCRUM. [26], [38], [39] Donde se realizarán las siguientes preguntas a cada miembro del equipo:

- ¿Qué hiciste ayer?
- ¿Cuál es el trabajo para hoy?
- ¿Qué necesitas?

Una vez que ya se ha establecido la situación actual del equipo SCRUM se procede a actualizar la pila del Sprint y es en ese momento en que el SCRUM Manager debe tomar decisiones sobre los siguientes pasos que se deberán seguir para el avance del proyecto, además debe señalar los obstáculos que necesitan ser resueltos para no alargar más la reunión. [26], [31], [37]

**2.2.5.3. Revisión del SPRINT:** Esta reunión es de carácter informativo, dura aproximadamente 4 horas, donde el que guie el desarrollo de la misma será el SCRUM Manager. Es esta se presenta el incremento del proyecto, también se plantean sugerencias y se anuncia el próximo Sprint. [26], [36]–[38]

**2.2.5.4. Retrospectiva del SPRINT:** Una vez que ya se ha superado un Sprint los miembros del equipo se reúnen y expresan su opinión acerca del mismo, esto con la finalidad de que se puedan producir mejoras en los procesos, por lo que se puede decir que en esta se realiza una evaluación y mejoramiento del proceso que se lleva efectuando. [26], [32], [37]

## 2.2.6 EL PROCESO SCRUM

Como ya sabemos la metodología SCRUM se enfoca con mayor énfasis en la organización del equipo de trabajo, por lo que se busca dividir al proyecto en periodos de aproximadamente 4 semanas, a cada uno de estos periodos se los llama Sprint, una vez establecido estos periodos se les entrega a cada equipo una lista de pedidos que se deberán cumplir en cada sprint. [26], [32], [39] Es por esto que a continuación se ve como se conjuga lo que son los valores, artefactos y reuniones que se dan durante el proceso de desarrollo.

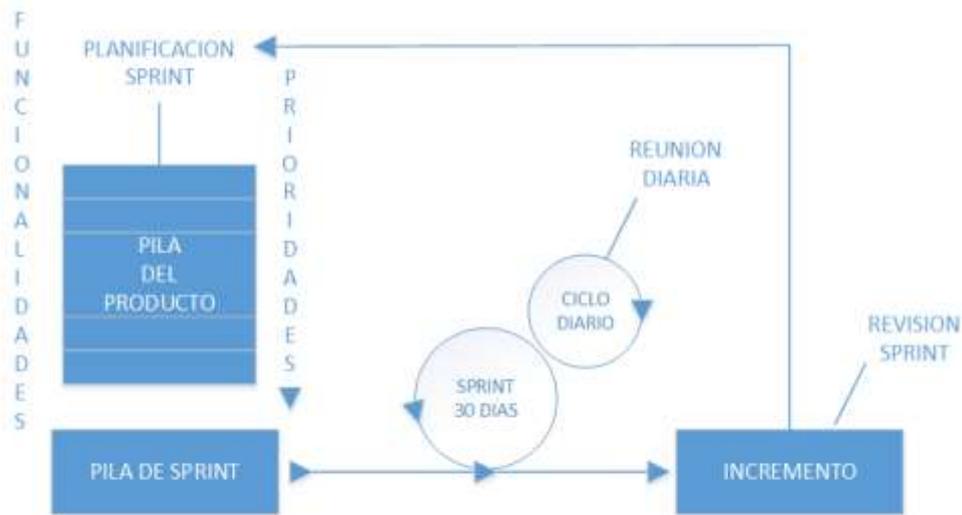


Figura 2.14 *Proceso de SCRUM.*  
Adaptado de (Pérez A., 2011)

Las 5 fases que forman el proceso SCRUM, contienen las actividades que se deben realizar en un periodo determinado, las cuales se plantean de la siguiente manera:

**2.2.6.1. Revisión de planes de Release:** es lo que en la figura anteriores se muestra como “Planificación del Sprint”. Se pone en ejecución esta fase una vez que ya se haya establecido la pila de producto, el equipo la lleva a cabo con la finalidad de evaluar las diferentes factibilidades que tienen los requisitos y estimaciones, todo esto basándose en la funcionalidad y las prioridades que posee la pila de producto. [26], [36], [37]

#### **2.2.6.2. Distribución, revisión y ajustes de estándares de producto:**

Este en cambio se representa en la figura como la “Pila de Sprint”. Es en esta fase donde los desarrolladores hacen los ajustes de estándares y requerimientos mínimos, para luego si poder iniciar la fase de Sprint. [26], [34], [39]

**2.2.6.3. Sprint:** Esta fase tiene una duración de aproximadamente 30 días en los que se efectúa el desarrollo del software y se realizan las reuniones, además está formado de las siguientes subfases: elaboración, integración, revisión y ajuste. Si bien estas fases no son estrictas se basan en prácticas de otras metodologías. [26], [36]

**2.2.6.4. Revisión del Sprint:** Este en cambio hace referencia al “Incremento”. En este punto se hace las revisiones pertinentes al Sprint y de ser necesario se agregarían nuevos ítems a lo que la pila de producto refiere. Este punto se repetirá las veces necesarias hasta conseguir q el producto esté listo para la fase de cierre.

**2.2.6.5. Cierre:** Es aquí donde se da la fase de depuración y correcciones de posibles errores, repitiendo hasta alcanzar la calidad que el producto requiere. Para luego de esto realizar el Marketing y promoción del producto y al finalizar con esto se llega al punto de cierre del proyecto. [26], [33], [39]

Si hablamos en el ciclo de vida de SCRUM se dice que cada periodo que por lo general duran aproximadamente 4 semanas dará como resultado una versión del producto en ejecución. Una vez entregado esta versión se procede a iniciar nuevamente la planificación del nuevo Sprint y se inicia nuevamente con el proceso SCRUM. El ciclo de vida de SCRUM se termina únicamente cuando el producto alcance los objetivos para los cuales fue diseñado. [26], [38], [39]



## **CAPÍTULO 3: IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Los sistemas SCADA se caracterizan por realizar tareas de supervisión, control y adquisición de datos; permitiendo al usuario visualizar la información del proceso y a su vez tomar decisiones sobre este en tiempo real. Los sistemas SCADA poseen un elemento que permite visualizar y controlar el proceso, a este elemento se lo denomina HMI (Interfaz Maquina Humano) los cuales pueden ser desde una pantalla o un software que se ha desarrollado para realizar esta tarea.

El sistema propuesto se considera SCADA ya que cumple con las características antes mencionadas, posee una etapa de adquisición de datos mediante el sensor de caudal, la tarea de supervisión se realiza en el servidor web en donde se presentan los datos de consumo del usuario, lo que son almacenados para su posterior facturación en una base de datos en un servidor que poseerá la empresa pública y las tareas de control se realizan en la página web que maneja la empresa pública, controlando remotamente la electroválvula que permite el paso del flujo de agua, pudiendo generar el corte o suspensión del servicio debido a falta de pago.

El prototipo propuesto consta de diversas etapas las que inician con la captación de la información de consumo de agua, mediante un sensor de caudal, el procesamiento y transmisión de este dato se realiza en el módulo ESP – 07 y como etapa final se tiene la presentación de datos en el servidor web conjuntamente con el control del consumo que se da entre la electroválvula y servidor.

Como se indica en la figura 1.9 el prototipo se coloca en el lugar del medidor convencional de agua, estando entre la red de distribución y la instalación domiciliaria, colocando el sensor de caudal en este punto, el que estará conectado con el módulo ESP – 07, para un funcionamiento autónomo del prototipo se ha desarrolla un circuito de prueba, que consta de una batería externa con un sistema de carga que permite al sistema funcionar en ausencia de energía eléctrica proveniente del domicilio, evitando así que el usuario retire este suministro para reducir el valor de consumo que indica el medidor.

Para realizar pruebas de funcionamiento y fidelidad del sistema se ha propuesto la maqueta que se puede apreciar en la figura 2.1, en donde se ha reemplazado la red de distribución de agua potable con una bomba que toma el líquido vital de un reservorio, que será enviado al prototipo y a un medidor convencional con el cual posteriormente se comparará la lectura de ambos dispositivos para determinar el error en litros que presenta el sistema.



Figura 3.15 *Medidor inteligente propuesto*  
**Fuente:** *El Autor*

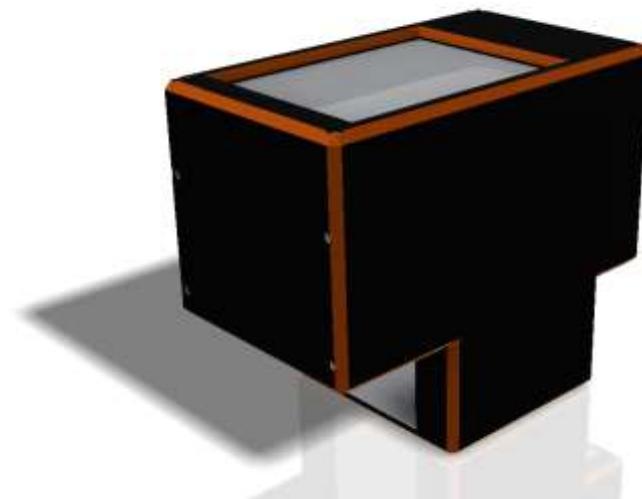


Figura 3.16 *Case para el medidor inteligente propuesto*  
**Fuente:** *El Autor*

De la figura 3.1 se puede identificar que el agua en el circuito circula de manera cíclica, esto se ha realizado para simular el flujo de agua que entrega la empresa pública, empleando en este caso una bomba para que el agua circule de esta forma, para después ser almacenada en el reservorio.

El flujo de agua iniciara en el reservorio, pasando por la bomba, la que enviara el agua con mayor presión al sistema, a continuación, se colocan los medidores, en primera instancia está el medidor convencional, para pasar por un T que dividirá el flujo en dos para ingresar a dos prototipos, para realizar las pruebas del sistema se ha de cerrar una llave de paso presente en cada medidor para que el líquido vital solo pueda pasar por un solo prototipo.

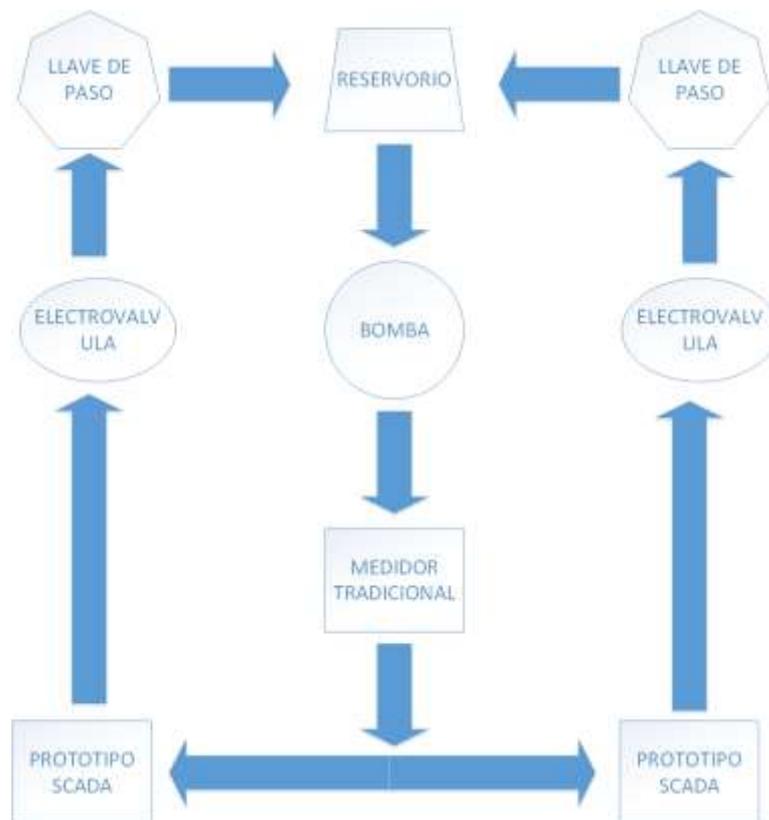


Figura 3.17 Flujo de agua en la maqueta de pruebas

Fuente: El Autor

Cada prototipo contara con una electroválvula para controlar el flujo de agua a través de estos, para realización de pruebas con los dos prototipos se ha incorporado dos

llaves de paso en los mismos, para poder alternar el funcionamiento de estos, permitiendo realizar pruebas con cada uno.

Los datos de consumo que capta el prototipo son enviados y almacenados en una base de datos en el servidor que poseerá la empresa pública. Este dato se envía cada 15 litros, lo que permite a la empresa y al usuario monitorizar el valor de consumo. Adicionalmente se envía el consumo semanal de la vivienda, este valor se almacenará en la base de datos, tras lo que se reiniciará el valor del contador en el módulo ESP – 07. En la base de datos se encuentran los valores de consumo en intervalos de 15 litros conjuntamente con la fecha y hora que se registró este dato.

### **3.1 PROCESO DE OBTENCIÓN DE DATOS DE CONSUMO DE AGUA POTABLE**

En esta sección se encuentra una breve descripción del proceso de recolección del valor de consumo de agua potable que emplea actualmente la empresa ETAPA EP y el proceso de recolección de información que se propone con el prototipo desarrollado.

#### **3.1.1 PROCESO DE OBTENCIÓN DE DATOS DE CONSUMO EMPLEADO POR LA EMPRESA ETAPA EP**

El proceso de recolección de los datos de consumo en la empresa ETAPA EP se inicia con la distribución de rutas y calendarios a los lectores. Los que realizan la ruta asignada y toman la lectura de los medidores asignados, percatándose de la existencia de anomalías en sus áreas.

Una vez recolectada la lectura de los medidores esta se debe enviar a un digitador que ingresara este dato al sistema. De manera conjunta un responsable de micromedición analiza las lecturas en busca de inconsistencias, en el caso de que exista un error este enviara al personal de lectura a realizar una nueva medición.

Una vez que se ha determinado que no existe inconsistencias estos datos se envían a un asistente de facturación el cual realiza una corrección en el caso de que existan errores caso contrario ingreso los datos para su valoración y facturación.

### **3.1.2 PROCESO DE OBTENCIÓN DE DATOS DE CONSUMO EMPLEADOS POR EL PROTOTIPO**

El proceso de obtención de datos en el prototipo nace en el valor de caudal que capta el sensor al inicio del sistema y termina con el almacenamiento de este en una base de datos en el servidor.

A diferencia del sistema de captación que emplea la empresa ETAPA EP, en el prototipo se debe considerar que el dato de consumo nace en el sensor, en donde este genera un tren de pulsos al existir un caudal que circule por el mismo.

El tren de pulsos que genera el sensor en su salida debe ser interpretado como un valor de consumo en litros, para lo cual este dato debe ser procesado en el módulo Wi – Fi, lo cual se logra empleando un contador que almacena la cantidad de pulso que genera el sensor, para emplearlo en una relación que convertirá este a un valor equivalente en litros. En la siguiente ecuación se puede apreciar la relación empleada para convertir la cantidad de pulsos en un valor útil que puede ser interpretado como consumo.

$$\text{Consumo} = \text{Cantidad de pulsos} \times \frac{15 \text{ litros}}{6668 \text{ pulsos}}$$

Una vez se ha determinado el valor de consumo en litros, se envía el dato al servidor empleando la red de área local del usuario, para lo cual el módulo ESP – 07 posee una dirección IP fija, lo que asegura que el servidor envíe y reciba datos de manera ágil, evitando que se deba determinar la dirección IP en el caso que se use una dirección otorgada por el router.

La comunicación entre el servidor y el módulo ESP es bidireccional, el modulo envía el dato de consumo al servidor, mientras este envía un valor pre establecido para suspender el servicio, ya sea por mantenimiento o por falta de pago.

Para monitorizar el valor de consumo se puede acceder a una página web, en donde el usuario podrá consultar su consumo; mientras que desde el servidor los trabajadores de empresa pública podrán visualizar el valor de consumo y controlar la electroválvula para suspender o reanudar el servicio de agua potable. En la figura inferior se puede apreciar el flujo de datos en el prototipo.

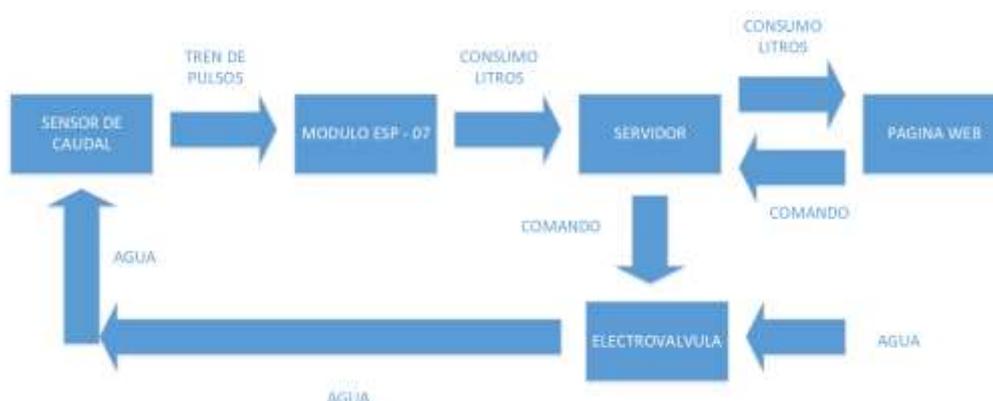


Figura 3.18 *Flujo de datos en el prototipo*

### 3.2 EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO SCADA

En la ciudad de Cuenca según datos expuestos por ETAPA EP, el consumo promedio mensual de agua es de 16 metros cúbicos. En la siguiente tabla se puede apreciar el valor de consumo mensual promedio de los últimos años.

Tabla 3.1 Consumo de agua mensual promedio por vivienda

Año	Consumo promedio mensual por vivienda (m3)
2007	16.3
2008	16.4
2009	17.0
2010	17.1
2011	17.1

2012	17.5
2013	18.0
2014	18.1
2015	17.5
2016	16.6
2017	16.2
Jun - 2018	16.4

El sistema almacenara el valor de consumo semanalmente, si se considera el valor promedio de los datos expuestos se obtiene un valor de 17 m<sup>3</sup>, aproximando el consumo semanal se obtendrá un valor de 4.3 metros cúbicos.

Considerando el valor de consumo semanal estimado, se realizaron varias mediciones con un límite de 4.3 m<sup>3</sup>, considerando que estas mediciones son equivalentes al consumo semanal promedio de una vivienda en la ciudad de Cuenca.

Las mediciones realizadas se pueden apreciar en la sección de apéndices, a partir de estos datos se presentan la siguiente grafica de la aproximación de consumo semanal de una vivienda, Conjuntamente se estima el valor del error de medición que presenta el prototipo, para lo cual se compara la lectura del prototipo y la de un medidor convencional.

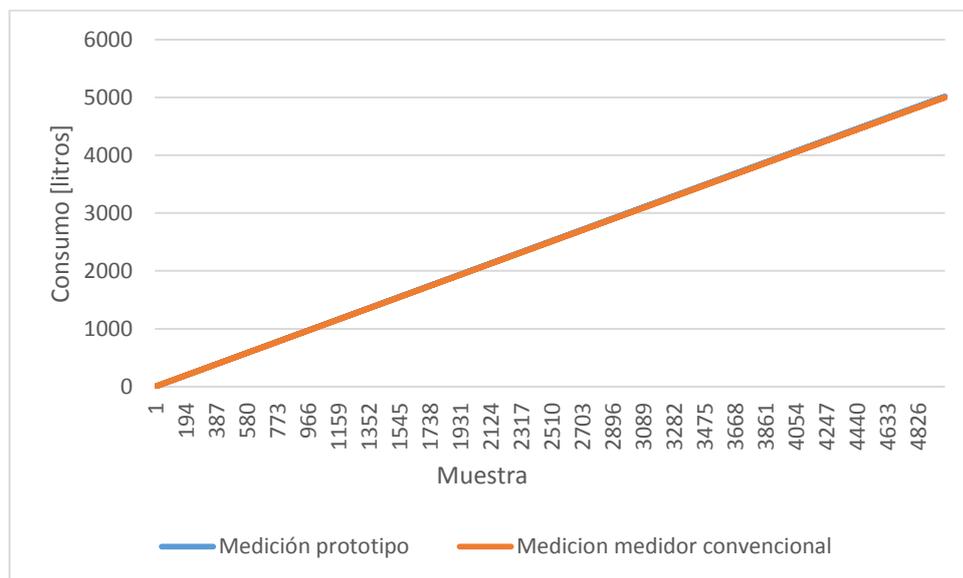


Figura 3.19 *Medición del consumo de agua aproximado de una semana*

Para la obtención del error se han considerado dos aspectos, la medición del consumo total, es decir la medición del valor que se capta en una semana. También

se debe considerar el error que se presenta en las lecturas de 15 litros, para lo cual se compara el valor actual y anterior que indican el medidor tradicional y el prototipo, la diferencia que se obtenga de esto debe dar un valor próximo a los 15 litros. En las siguientes graficas se puede apreciar el valor de error considerando estos dos aspectos.

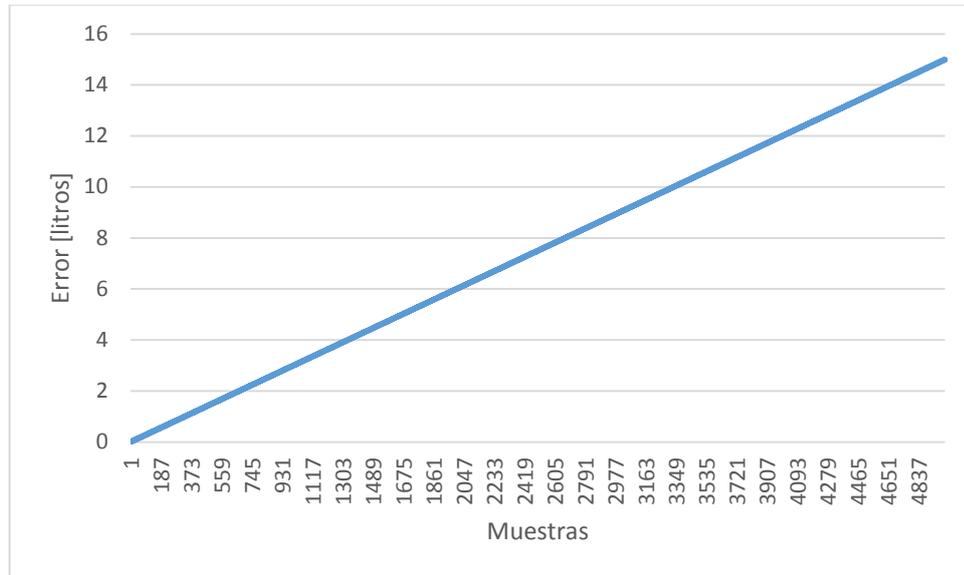


Figura 3.20 Error del prototipo en la lectura semanal

Para realizar las pruebas se empleó el esquema que se ilustra en la figura inferior. Se ha de considerar que la bomba entrega un caudal de agua constante, si se desea variar el caudal se debe emplear la llave de paso presente en el prototipo. Una vez determinado el caudal que circulara por la maqueta se ha de encender la bomba, en ese momento el prototipo indicara un valor de 0 litros de consumo, mientras el agua circule por la maqueta el prototipo tomara lecturas, cuando llegue a un valor de 15 litros, enviara este dato al servidor para que sea almacenado, esta tarea se repetirá varias veces hasta que se alcance un valor de consumo cercano a los 4.63 m<sup>3</sup> que representan un valor de consumo semanal aproximado.

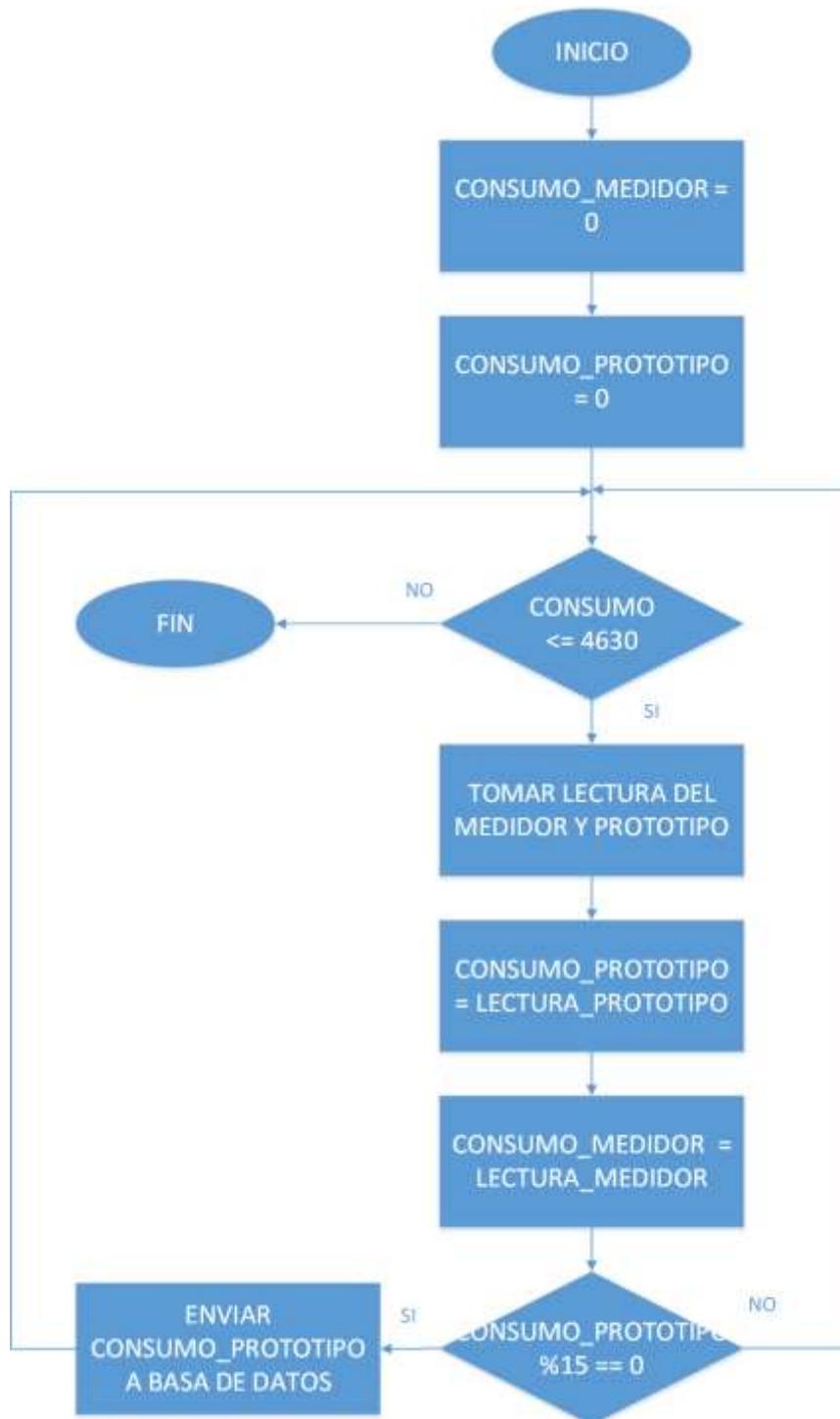


Figura 3.21 *Proceso empleado para la realización de pruebas*

Una vez que se ha realizado el proceso indicado en la figura anterior se tomaron mediciones cada veinte litros procurando que los cambios realizados produzcan una variación de 15 litros entre medidas en su mayoría, los resultados obtenidos de estas pruebas se pueden apreciar en la sección de apéndices.

El error que se presente en las lecturas este error cambia constantemente con base en el valor mínimo que se obtuvo en la primera lectura. Se debe considerar que este error vario también la lectura semanal, implicando que el error que presente un intervalo de lectura se acumula en el valor semanal y así sucesivamente aumentando este valor, si se compara el error semanal con la lectura ideal que brinda el medidor tradicional se puede apreciar que este valor es inferior a una décima parte del consumo.

Se debe considerar el costo que este error implica en la tarifa que ha de pagar el usuario, rigiéndose en la tarifa del año en curso de la empresa ETAPA EP, se puede estimar este valor. En la siguiente tabla se puede apreciar la tarifa de agua potable para consumo residencial, mayor información sobre el pliego tarifario de la empresa se puede apreciar en la sección de apéndices.

Tabla 3.2 Pliego tarifario residencial

Rango de consumo (m3)	Cargo por disponibilidad (\$/mes)	Cargo variable (\$/mes)
0 -20	3.13	0.415
21 – 25	3.13	0.63
26 – 40	3.13	0.68
Más de 40	3.13	0.73

Para determinar el valor que pagara un usuario se debe emplear la siguiente ecuación:

$$\text{Valor} = (\text{Consumo} \times \text{Cargo variable}) + \text{Cargo por disponibilidad}$$

Si se considera el consumo promedio mensual de este año, el rango de consumo estará entre los 0 a 20 m3 por lo cual el rango variable será de \$0.415, para determinar el costo del error se debe calcular la tarifa que se paga con el medidor convencional y la del prototipo. Tomando los datos de las pruebas realizadas se puede estimar que el valor de consumo a pagar con el medidor tradicional es de \$11.43 mientras que el del prototipo será \$11.454 si se realiza la diferencia de estos se obtiene un error de \$0.024.



# **CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En la actualidad el uso de los servicios básicos se ha convertido en un problema para las ciudades, ya que estas mediante empresas publicas los distribuyen y comercializan a sus abonados, por lo cual estos cuantifican este consumo para una posterior facturación del mismo, para lo cual emplean un personal destinado a recorrer las viviendas de los abonados recolectando los datos de consumo de sus medidores. Los medidores inteligentes nacen para solventar esta problemático buscando optimizar el proceso de recolección de datos y facturación.

Los medidores inteligentes se caracterizan por optimizar la precisión de la lectura y a su vez la transmisión de este dato a través de un canal, este puede ser mediante un cable en una red local o una comunicación inalámbrica ya sea de corto o largo alcance.

Para realizar el diseño de medidores de este tipo se debe considerar el mercado al cual se abordará, buscando que este pueda costear la implementación de estos medidores. Por lo cual es recomendable emplear elementos que se puedan encontrar en el mercado local y sean capaces de cubrir las necesidades del sistema, como son la comunicación de datos a un servidor de la empresa pública y la adquisición de los mismos.

Los diversos tipos de medidores ya sean inteligentes o convencionales basan su funcionamiento en la variación de caudal a través de estos, ya sea empleando un dispositivo mecánico o un sensor para esta tarea; partiendo de este principio se realiza una adquisición de datos, los cuales posteriormente se convertirán en un dato perceptible para su interpretación, ya sea un valor en litros o galones, según el medidor este sensor ya sea mediante un sistema mecánico girara una serie de engranes que moverán un indicador o ya sea el sensor generara un tren de pulsos que posteriormente serán procesados y convertidos a su equivalente en litros.

En este proyecto hemos estudiado la factibilidad de la implementación de un SCADA para la trasmisión y control del flujo de agua que suministra en los hogares.

Dentro del estudio hemos podido comprobar la transmisión por el protocolo IEEE 802.11, con una topología de red en estrella, hemos logrado llevar los valores obtenidos de un medidor de volumen a un servidor para el control de consumo en las casas.

A la vez el prototipo consta de una electroválvula motorizada la cual permite simular la acción de corte y reconexión del servicio de agua de manera inalámbrica, con solo enviar un comando desde la plataforma web que se encuentra corriendo en el servidor.

La plataforma Web nos permite mostrar en tiempo real el consumo de las casas, a la vez podemos visualizar estadísticamente los datos, y realizar la acción de corte y reconexión del servicio

El tipo de medidor que se implementado en el prototipo propuesto es de chorro simple el cual no da un error de 3% en comparación de un medidor comercial mecánico de múltiple chorro, lo que se puede traducir que un consumo normal de un hogar compuesto de cuatro personas que consume en promedio al mes 16 metros cúbicos el error generado por el prototipo es de  $\pm 48$  litros.

El trabajo futuro es necesario mejorar el sensor para obtener para obtener una mejor medición en tiempo real.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] L. A. Parroquia, D. E. S. La, and E. E. T. A. P. A. Ep, “Propuesta de medición de la calidad del servicio de provisión de agua potable y alcantarillado que abastece a la parroquia de Sayausí la Empresa E.T.A.P.A. EP.,” p. 162, 2013.
- [2] R. Correa, “Decreto 310,” 2014. .
- [3] ARCA, “Agenda Regulatoria 2007.” pp. 0–47, 2017.
- [4] I. L. Espejo, “Introducción a Meter-Bus,” *Introd. a Meter-Bus*, no. Mayo, pp. 1–4, 2011.
- [5] C. Andrés, D. Andrade, and J. C. Hernández, “Smart Grid : Las TICs y la modernización de las redes de energía eléctrica – Estado del Arte,” vol. 9, pp. 53–81, 2011.
- [6] EL Comercio, “En Ecuador se gasta 40% más agua que el promedio de la región | El Comercio.” 2018.
- [7] R. Jhon and S. Gabriel, “Sistema de Medición Inteligente de Energía Eléctrica en la Empresa The Tesalia Springs Company S . A .: Implementación y Análisis de Resultados Intelligent Electrical Energy Measurement System in The Tesalia Springs Company S . A .: Implementation and Res,” *Rev. Politécnica*, vol. 39, no. 2, pp. 1–7, 2017.
- [8] P. McDaniel and S. McLaughlin, “Security and privacy challenges in the smart grid,” *IEEE Secur. Priv.*, vol. 7, no. 3, pp. 75–77, 2009.
- [9] Telégrafo, “El 46% del agua potable que se consume en el Ecuador no se mide ni se factura.” Quito, Jul-2018.
- [10] OMS and OPS, “Cantidad mínima de agua necesaria para uso doméstico,” *Guías Técnicas sobre Saneamiento, Agua y Salud*, no. 9, pp. 1–4, 2009.
- [11] J. S. Díaz, “Equipos de medida inteligentes para la gestión de la demanda de agua,” 2008.
- [12] E. Pruna, V. Andaluz, C. Molina, R. Lara, C. Naranjo, and I. Escobar, “Medidor digital de agua potable con comunicación inalámbrica Digital drinking water meter with wireless communication,” vol. 3, no. 2, pp. 85–94, 2016.
- [13] E. S. Valle, M. E. R. Rivera, and R. C. Agnelli, “Diseño de un sistema móvil

- para la lectura de medidores mediante tecnología Bluetooth,” *Ind. Data*, vol. 16, no. 1, pp. 134–143, 2013.
- [14] A. Valdiosera, “Diseño de medidor inteligente e implementación de sistema de comunicación bidireccional,” Instituto Politécnico Nacional, 2013.
- [15] P. Corral, B. Coronado, A. C. De Castro Lima, and O. Ludwig, “Design of Automatic Meter Reading based on Zigbee,” *Lat. Am. Trans. IEEE (Revista IEEE Am. Lat.)*, vol. 10, no. 1, pp. 1150–1155, 2012.
- [16] E. Chuquimarca, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE UN SISTEMA DOMÓTICO PARA LA MEDICIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE A TRAVÉS DE INTERNET Y CORREO ELECTRÓNICO,” Universidad Nacional de Loja, 2014.
- [17] S. Padilla and P. Hernández, “DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PARA MEDIDORES DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE QUITO,” Universidad de las Américas, 2018.
- [18] G. Sánchez and Á. Custodio, *DESARROLLO DE SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL DE CAUDAL BASADO EN LINUX*, vol. 11, no. 44. Dirección de Investigación y Postgrado, Vicerrectorado Puerto Ordaz de la Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre,” 2007.
- [19] A. Creus, *Instrumentación industrial*, Alfaomega. Mexico DF, 2010.
- [20] YIFA, “Datasheet YF-S201.” p. 2, 2013.
- [21] S. A. T. Corporation, “ESP-07 Wifi Module.”
- [22] M. F. Contreras Morocho, “DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE MEDICION, MONITORE Y CONTROL DE CARGA ELECTRICA PARA APLICACIONES DOMESTICAS,” 2015.
- [23] X. Fang, S. Misra, G. Xue, and D. Yang, “Smart Grid — The New and Improved Power Grid: A Survey,” *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 14, no. 4, pp. 944–980, 2012.
- [24] F. Ramón, G. Pedraja, V. Quílez, S. De Alcatel, and T. De Red, “IEEE 802.11(Wi-Fi) El estándar de facto para WLAN,” pp. 28–33, 2011.
- [25] P. Rodas and P. Zumba, “PROPUESTA VALORADA Y ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD, PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE COMUNICACIONES INALÁMBRICA COMUNITARIA PARA LA PARROQUIA SAN RAFAEL DE SHARUG DEL CANTÓN PUCARÁ,

PROVINCIA DEL AZUAY.,” Universidad Politécnica Salesiana, 2016.

- [26] O. A. Pérez A., “Cuatro enfoques metodológicos para el desarrollo de Software RUP – MSF – XP - SCRUM,” *Rev. Inven.*, vol. 6, no. 10, p. 64, 2011.
- [27] O. Tinoco Gómez, P. P. Rosales López, and J. Salas Bacalla, “Criterios de selección de metodologías de desarrollo de software,” *Ind. Data*, vol. 13, no. 2, p. 070, 2014.
- [28] A. J. González, “Ingeniería de Software : Metodologías Algunas Metodologías ...,” 2014.
- [29] B. Chilton and L. W. Hurtado, “El proceso unificado de Desarrollo de Software,” *The Jewish Quarterly Review*, vol. 81. Madrid, p. 447, 2000.
- [30] A. Martínez, “Guía a Rational Unified Process,” p. 15, 2011.
- [31] R. G. Figueroa, C. J. Solis, and A. A. Cabrera, “Metodologías tradicionales vs. Metodologías ágiles,” *Univ. Técnica Part. Loja, Esc. Ciencias en Comput.*, pp. 1–9, 2008.
- [32] Paola Becerra, “Revisión de estado del arte del ciclo de vida de desarrollo de software seguro con la metodología SCRUM | INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN TIC,” *Revisión estado del arte del ciclo vida Desarro. Softw. seguro con la Metodol. SCRUM*, p. 1, 2018.
- [33] A. Peralta, “Metodología SCRUM,” p. 12, 2003.
- [34] E. Ávila Domenech and A. M. Abad, “Delfdroid y su comparación evaluativa con XP y Scrum mediante el método 4-DAT Comparative Evaluation of Delfdroid whit XP and Scrum using the 4- DAT,” *Rev. Cuba. Ciencias Informáticas*, vol. 7, no. 1, pp. 2227–1899, 2013.
- [35] I. Sonia and L. Pedro, “Implementación de SCRUM en el diseño del proyecto del Trabajo Final de Aplicación Implementing SCRUM in design of the Trabajo Final de Aplicación,” *Sci. Tech.*, vol. 19, pp. 413–418, 2014.
- [36] G. Hernández, Á. Martínez, I. Argote, and D. Coral, “Metodología adaptativa basada en Scrum : Caso empresas de la Industria de Software en San Juan de Pasto - Colombia,” *Rev. Tecnológica ESPOL*, vol. 28, no. 5, pp. 211–223, 2015.
- [37] M. Trigas Gallego, “Metodología Scrum.,” *Openaccess.Uoc.Edu*, p. 56, 2012.
- [38] D. Godoy, “Diseño de un Simulador Dinámico de Proyectos de Desarrollo de Software que utilizan Metodología Scrum,” Universidad Nacional de La Plata,

- 2014.
- [39] M. Trigas Gallego and A. C. Domingo Troncho, “Gestión de Proyectos Informáticos. Metodología Scrum.,” *Openaccess.Uoc.Edu*, p. 56, 2012.
- [40] A. Goñi, J. Ibáñez, J. Iturrioz, and J. Á. Vadillo, “Aprendizaje Basado en Proyectos usando metodologías ágiles para una asignatura básica de Ingeniería del Software,” *XX Jornadas sobre la Enseñanza Univ. la Informática (JENUI 2014)*, pp. 133–140, 2014.
- [41] E. Delgado Expósito, “Metodologías de desarrollo de software. ¿Cuál es el camino?,” *Rev. Arquít. e Ing.*, vol. 2, 2008.
- [42] J. Tschmelak *et al.*, “Automated Water Analyser Computer Supported System (AWACSS) Part I: Project objectives, basic technology, immunoassay development, software design and networking,” *Biosens. Bioelectron.*, vol. 20, no. 8, pp. 1499–1508, Feb. 2005.
- [43] J. Tschmelak *et al.*, “Automated Water Analyser Computer Supported System (AWACSS) Part II: Intelligent, remote-controlled, cost-effective, on-line, water-monitoring measurement system,” *Biosens. Bioelectron.*, vol. 20, no. 8 SPEC. ISS., pp. 1509–1519, 2005.
- [44] R. Correa, “Decreto 310.” 2014.
- [45] A. AGUIRRE, “Determinación de la dotacion de agua.” .
- [46] J. Adrianzen, “DETERMINAR UNA PROPUESTA DE IMPLEMENTACION AUTOMATIZADA PARA LA TOMA DE LECTURAS EN MEDIDORES DE AGUA BASADO EN LA TECNOLOGIA AMR PARA LA EMPRESA EPS GRAU SA ZONAL - CHULUCANAS,” Universidad Nacional de Piura, 2015.
- [47] CEPAL, “Diagnóstico de la estadísticas del agua en Ecuador,” *Diagnostico la Inf. Estad. del agua*, p. 81, 2011.
- [48] D. E. L, T. P. Wilmer Gómez, I. Fernando Vásquez, and I. V Wilson Enríquez, “Diseño del control de las compuertas radiales, compuertas de desagüe de fondo y bombas de drenaje de la presa Daniel Palacios, del Proyecto Hidroeléctrico Paute Molino, asegurando la comunicación del comportamiento de las compuertas con e,” 2010.
- [49] E. comercio, “Ecuador consume más agua en la región :: Planeta :: EL COMERCIO.” 2015.
- [50] Ambientum, “El consumo de agua en porcentajes.” pp. 1–4, 2009.

- [51] IEEE 802.15, “El estandar IEEE 802.15.4,” pp. 1–18, 2007.
- [52] El Telégrafo, “En el centro del país se consumen 166 litros diarios de agua por persona en promedio.” 2015.
- [53] J. M. Navarro and J. Garzás, “Experiencia en la implantación de CMMI-DEV v1. 2 en una micropyme con metodologías ágiles y software libre,” *REICIS Rev. Española Innovación, Calid. e Ing. del Softw.*, vol. 6, no. 1, pp. 6–15, 2010.
- [54] J. Andrade, “IMPACTO SOCIAL DE LOS MEDIDORES INTELIGENTES EN LAS ÁREAS KENNEDY, URDENOR I, URDENOR II, EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL,” Universidad de Guayaquil, 2015.
- [55] C. Camargo, J. Sáenz, and N. Rosas, “Implementación de un sistema de seguridad en medidores inteligentes (Smart Grids),” *Ingenium*, vol. 15, pp. 28–38, 2014.
- [56] INEC, “Información Ambiental en Hogares Junio 2012,” 2012.
- [57] T. Boyle *et al.*, “Intelligent metering for urban water: A review,” *Water (Switzerland)*, vol. 5, no. 3, pp. 1052–1081, 2013.
- [58] W. Savelle, W. Cain, and V. Bangalore, “IRRIGATION FLOW CONVERTER MONITORING SYSTEM AND INTELLIGENT WATER MANAGEMENT SYSTEM,” *US Pat. 4,575,330*, vol. 1, no. 12, pp. 1–16, 1986.
- [59] J. I. Vega, G. Salgado, M. A. Lagos, V. N. Tapia, and F. J. Sánchez, “Monitoreo remoto de nivel de agua usando el procesador de red Amber EM260,” *SOMI. Congr. Instrumentación. XXIX Edición. Puerto Vallarta, Jalisco, México. Oct. 2014*, pp. 1–6, 2014.
- [60] A. Navarro Cadavid, J. D. Fernández Martínez, and J. Morales Vélez, “Revisión de metodologías ágiles para el desarrollo de software,” *Prospectiva*, vol. 11, no. 2, pp. 30–39, 2013.
- [61] E. Pérez López, “SCADA systems in the industrial automation,” *Tecnol. en Marcha*, vol. 28, no. 4, pp. 3–14, 2015.
- [62] D. Ortiz, J. Llanos, O. Jácome, and G. León, “SISTEMA DE MEDICIÓN INTELIGENTE PARA LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA Y MEDICIÓN DE AGUA POTABLE EN LOS HOGARES Diego Ortiz Villalba, Jacqueline Llanos Proaño, Omayra Jácome Riera, Gabriel León Amores Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga,” pp. 1–7.

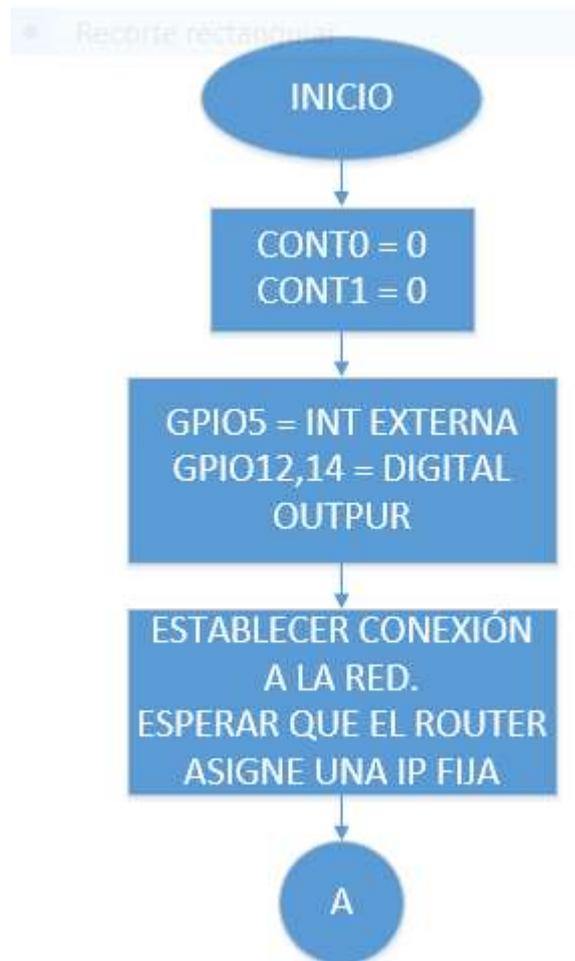
- [63] B. S. In, “Smart-Grid Security Issues,” no. February, pp. 81–85, 2010.
- [64] H. Farhangi, “The path of the smart grid,” *IEEE Power Energy Mag.*, vol. 8, no. 1, pp. 18–28, 2010.

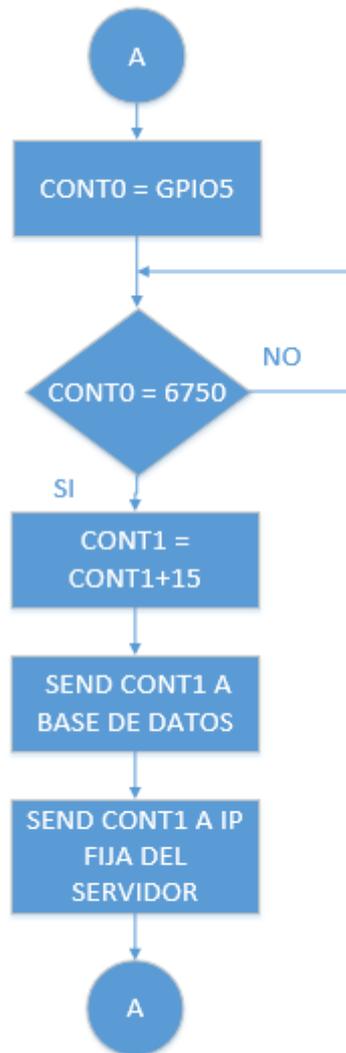
# APÉNDICES

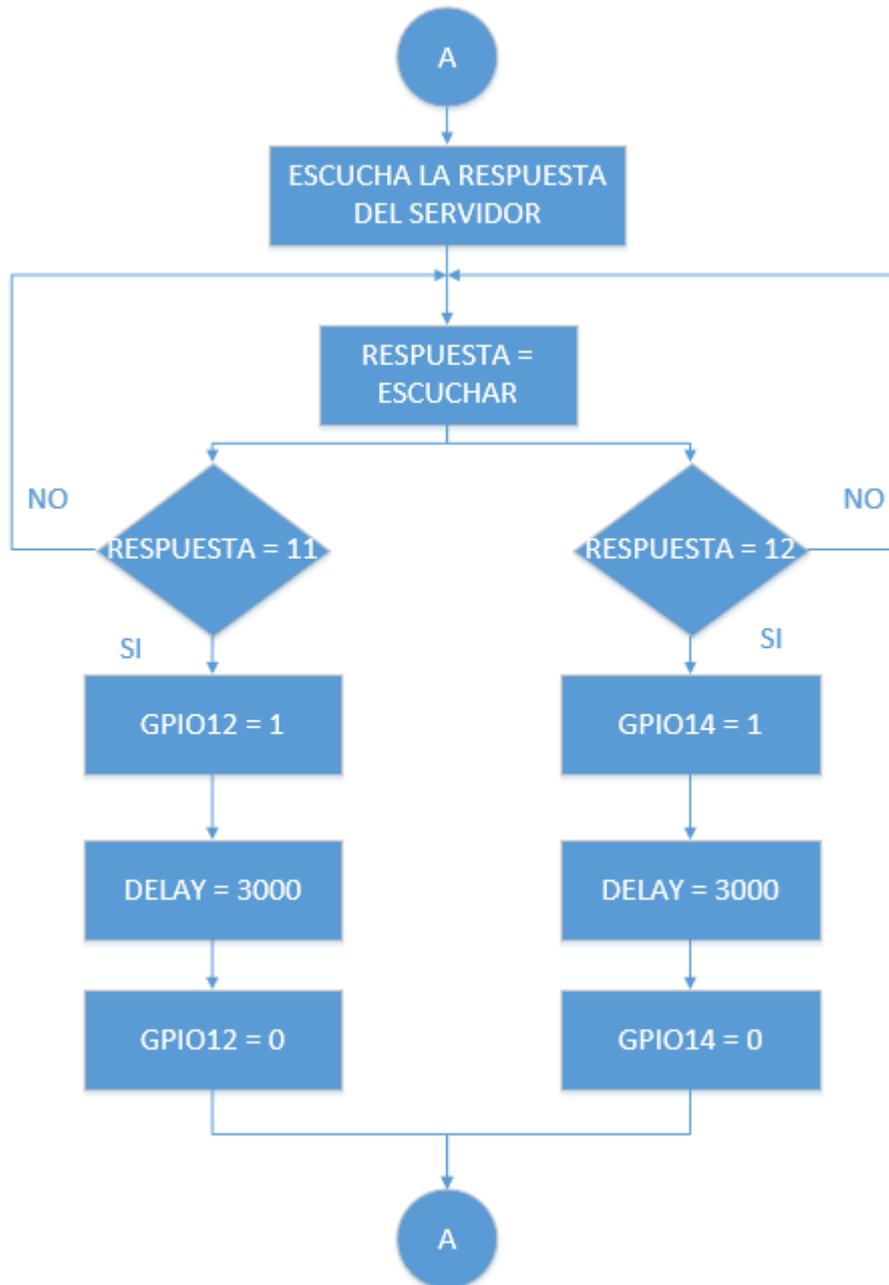
## APÉNDICE A: CUADRO COMPARATIVO DE MEDIDORES INTELIGENTES

Propuesto por:	Año	Características
E. Valle, M. Rivera	2013	Emplea tecnología Bluetooth
		Emplea un celular NEXTEL
		Permite tomar los datos de 7 medidores a la vez
		No emplea un MODEM GSM
		Emplea la metodología RUP
A. Valdiosera	2013	Emplea tecnología ZigBee
		Emplea un microcontrolador MCF51EM256
		Un Gateway crea y coordina la red
		Un concentrador enlaza la red ZigBee con internet
J. Tschmelak, D. Proll	2005	Emplea un biosensor AWACSS
		Una PC controla la medición y adquisición de datos
		Envía alarmas mediante un e-mail o SMS
P. Corral, B. Coronado	2012	Emplea tecnología ZigBee
		Un módulo almacena en una pila el valor de consumo
		La información se envía al servidor mediante GPRS
E. Chuquimarca	2014	Emplea tecnología Wi-Fi
		El núcleo del sistema es una Raspberry Pi
		Envía reportes del consumo al correo del usuario
		Los datos pueden ser visualizados en una página web y en un LCD
		Crea tablas de consumo diario a las 23H59
J. Adrianzen	2015	Emplea tecnología AMR
		Los datos de lectura se cargan en un dispositivo móvil del operador
		Un asistente EPS GRAU realiza la facturación
		Requiere de una red GSM/GPRS
		Requiere de un transmisor/receptor ZigBee
		Requiere una red Wi-Fi para transmitir datos
S. Padilla, P. Hernández	2018	Emplea tecnología Wi-Fi
		El núcleo del sistema es un Arduino Uno
		En una página web se puede ver el consumo de agua
		El consumo está dado por un código de identificación único del sensor
		La página web permite modificar, crear y eliminar registros de usuarios
		La lectura se puede visualizar en un pantalla LCD

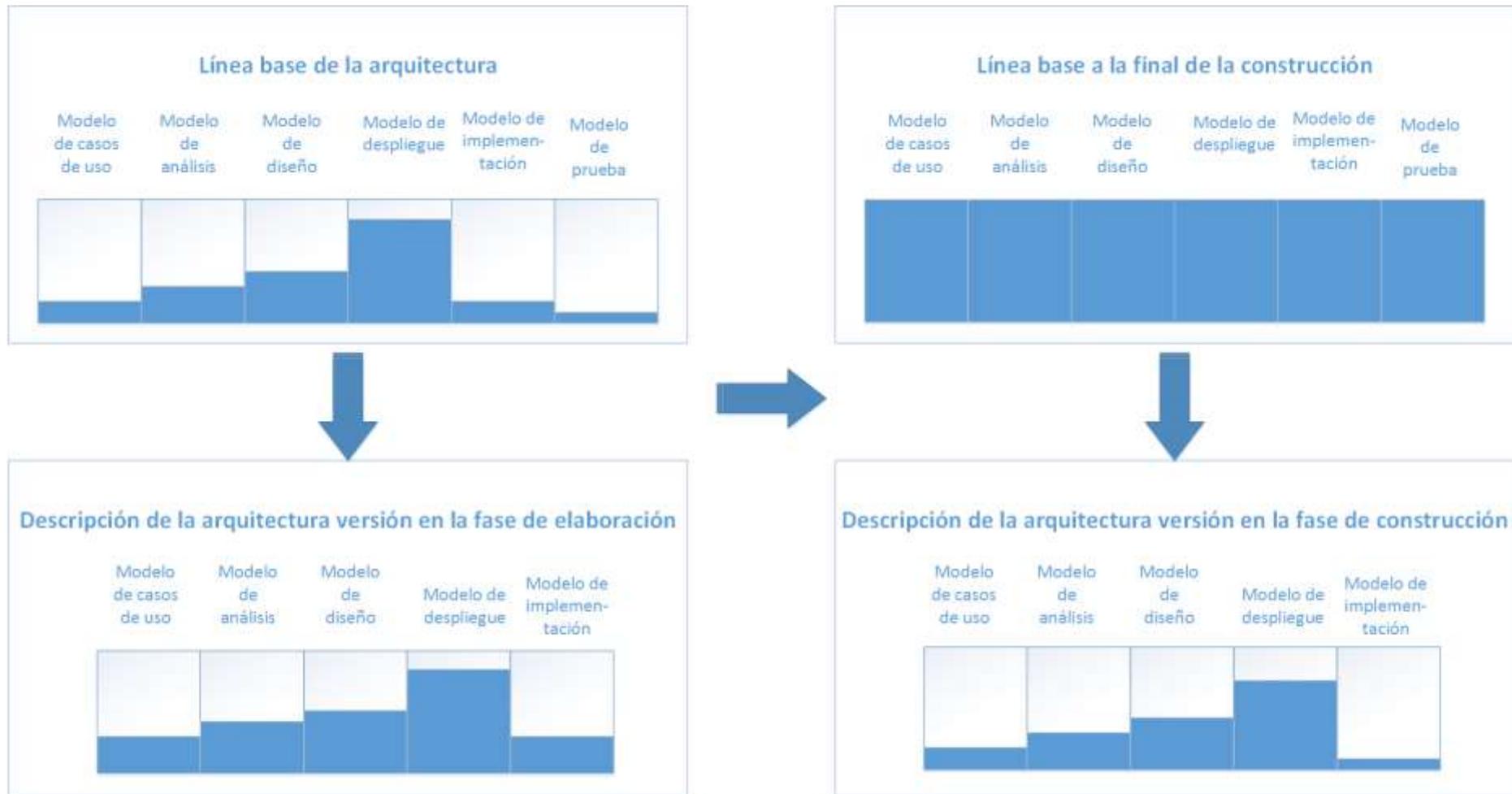
**APÉNDICE B: FLUJOGRAMA DEL FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO**







## APÉNDICE C: ESQUEMA DE LA ARQUITECTURA RUP



## APÉNDICE D: PLIEGO TARIFARIO DE LA EMPRESA ETAPA EP



Subgerencia de Planificación  
Dpto. Estudios Económicos y Financieros



# TARIFAS DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO AÑO 2018



Septiembre 2018

TARIFAS PARA EL SERVICIO DE AGUA POTABLE PRESTADO POR LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DE CUENCA, ETAPA EP

TARIFA ÚNICA SISTEMAS RURALES COMUNITARIOS DE AGUA POTABLE ADMINISTRADOS POR



ETAPA EP

CATEGORÍA RESIDENCIAL

AÑO 1

Rango de Consumo	Cargo por disponibilidad (US\$/mes)	Cargo variable (US\$/m <sup>3</sup> )	Subsidio al Cargo variable (US\$/m <sup>3</sup> )	Cargo variable con Subsidio (US\$/m <sup>3</sup> )
0-5	2,00	0,70	0,70	\$ 0,00
6-15	2,00	0,70	0,65	\$ 0,05
16-30	2,00	0,70	0,40	\$ 0,30
Más de 30	2,00	0,70	0,20	\$ 0,50

AÑO 2

Rango de Consumo	Cargo por disponibilidad (US\$/mes)	Cargo variable (US\$/m <sup>3</sup> )	Subsidio al Cargo variable (US\$/m <sup>3</sup> )	Cargo variable con Subsidio (US\$/m <sup>3</sup> )
0-5	2,00	0,70	0,70	\$ 0,00
6-15	2,00	0,70	0,65	\$ 0,05
16-30	2,00	0,70	0,40	\$ 0,30
Más de 30	2,00	0,70	0,10	\$ 0,60

AÑO 3

Rango de Consumo	Cargo por disponibilidad (US\$/mes)	Cargo variable (US\$/m <sup>3</sup> )	Subsidio al Cargo variable (US\$/m <sup>3</sup> )	Cargo variable con Subsidio (US\$/m <sup>3</sup> )
0-5	2,00	0,70	0,7	\$ 0,00
6-15	2,00	0,70	0,65	\$ 0,05
16-30	2,00	0,70	0,40	\$ 0,30
Más de 30	2,00	0,70	0,00	\$ 0,70

Nota: Los subsidios aplican al cargo variable. Por esta razón el cargo fijo de US\$ 2 se mantiene para todo el periodo de desmonte de subsidios.

Se establece una tasa de alcantarillado equivalente al 50% del valor de la planilla de agua potable, es decir sobre los valores de consumo de agua potable una vez descontado el subsidio.

Propuesta aprobada en Sesión Extraordinaria de Directorio del 30 de agosto de 2013

## Pliego Tarifario Sistemas Rurales

TARIFAS PARA EL SERVICIO DE AGUA POTABLE PRESTADO POR LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DE CUENCA, ETAPA EP

<b>PLIEGO TARIFARIO SISTEMAS RURALES DE AGUA POTABLE ADMINISTRADOS POR ETAPA EP</b>
---

CATEGORÍA RESIDENCIAL					
No.	PARROQUIA	SISTEMA	Rangos de consumo (m <sup>3</sup> )	Cargo por disponibilidad (US\$/mes)	Cargo variable (US\$/m <sup>3</sup> )
1	SININCAY	SININCAY	0 - 25	\$ 0,20	\$ 0,000
			26 - 30		\$ 0,020
			31 - 35		\$ 0,040
			36 - 50		\$ 0,060
			51 en adelante		\$ 0,080
2	TARQUI	ATUCLOMA	0 - 20	\$ 0,12	\$ 0,000
			21 - 30		\$ 0,020
			31 - 35		\$ 0,040
			36 - 50		\$ 0,060
			51 en adelante		\$ 0,080
3	TARQUI	TUTUPALI	0 - 20	\$ 0,20	\$ 0,000
			21 - 30		\$ 0,020
			31 - 40		\$ 0,040
			41 en adelante		\$ 0,080
4	TARQUI	CHAULLAYACU	0 - 15	\$ 1,50	\$ 0,000
			16 - 20		\$ 0,200
			21 - 25		\$ 0,300
			26 - 30		\$ 0,400
			31 - 50		\$ 0,500
5	TARQUI	GUALAY	0 - 15	\$ 1,55	\$ 0,100
			16 - 20		\$ 0,130
			21 - 25		\$ 0,170
			26 - 30		\$ 0,220
			31 - 35		\$ 0,290
			36 - 40		\$ 0,370
6	PACCHA	AUZHANGATA	0 - 15	\$ 2,50	\$ 0,000
			16 - 20		\$ 0,200
			21 - 25		\$ 0,300
			26 - 30		\$ 0,400
			31 - 50		\$ 0,500
7	PACCHA	PUCACRUZ	0 - 10	\$ 2,50	\$ 0,000
			11 - 15		\$ 0,400
			16 en adelante		\$ 0,600
8	MOLLETURO	MOLLETURO	0 - 15	\$ 0,08	\$ 0,000
			16 - 20		\$ 0,016
			21 - 30		\$ 0,032
			31 - 40		\$ 0,048
9	PACCHA	BAHUANCHI	0 - 15	\$ 2,50	\$ 0,000
			16 - 20		\$ 0,200
			21 - 25		\$ 0,300
			26 - 30		\$ 0,400
			31 - 50		\$ 0,500
10	TARQUI	TARQUI	0 - 14	\$ 2,50	\$ 0,000
			15 en adelante		\$ 0,250
11	QUINGEO	QUINGEOLOMA	0 - 15	\$ 2,50	\$ 0,000
			16 en adelante		\$ 0,250

1. Para los abonados que sean beneficiarios, por concepto de discapacidad o por su calidad de adultos mayores, se mantendrá el pliego tarifario anterior al aprobado por el Directorio en fecha 30 de abril de 2015 y seguirán recibiendo los beneficios que les corresponde y que ETAPA EP viene aplicando regularmente de conformidad a la Ley y Ordenanzas.

**NOTAS:**

1. Las Tarifas de los presentes cuadros, se refieren al servicio de Agua Potable.
2. La Tasa por el servicio de Alcantarillado es el 50% del valor del consumo de Agua Potable, Art.34 Reforma de la Ordenanza de Administración, Regulación y Tarifas para el uso de los Servicios de Alcantarillado del Cantón Cuenca.
3. El cobro de alcantarillado para abonados de otros Sistemas de Agua Potable deberá actualizarse en función de los valores vigentes, para lo cual se gestionará con dichos sistemas el mecanismo de cobro.
4. Los cargos por Disponibilidad del Servicio y Tarifa por Consumo se deberán actualizar anualmente con indexación a la Inflación Anual acumulada. Para los valores tarifarios del año 2018 se aplicará la inflación acumulada del año 2017.
5. Se mantienen los valores tarifarios vigentes para el área rural hasta realizar un análisis en conformidad con la Ley de Recursos Hídricos.
6. A las tarifas propuestas se debe aplicar los descuentos de Ley.
7. El consumo básico de la categoría especial con descuento se refiere al definido técnicamente por la Gerencia Comercial para cada una de las instituciones que corresponden a esta categoría.
8. El Pliego Tarifario se aplicará a la zona urbana en el área de influencia inmediata de la ciudad de Cuenca, cabeceras parroquiales y en general a los territorios del cantón Cuenca en los que se ha venido aplicando el pliego tarifario motivo de la ratificación.
9. En la categoría residencial, para los jubilados sin trabajo y personas de la tercera edad, se aplica un descuento del 50% en la tarifa por m<sup>3</sup> (carga variable), para los primeros 20 m<sup>3</sup> de consumo.
10. Para el pago de los servicios básicos de suministro de agua potable y alcantarillado sanitario, a nombre de usuarios con discapacidad o de la persona natural o jurídica sin fines de lucro que represente legalmente a la persona con discapacidad se aplica la Ordenanza de Discapacidad del cantón Cuenca.
11. Se mantiene la categoría especial con descuento para los asilos de ancianos, orfanatos, guarderías, albergues para indigentes, casas de acogida y centros de tratamiento (de drogadictos, víctimas de violencia y otros), siempre y cuando sean públicos o de entidades no gubernamentales sin fines de lucro.  
  
El consumo básico será aplicable para un nivel de consumo promedio, determinado técnicamente para cada una de estas instituciones. De superarse este consumo mensual, el establecimiento pagará los metros cúbicos adicionales a la tarifa del consumo excedente por m<sup>3</sup> de agua potable.
12. Los demás valores tarifarios no objetos de esta propuesta se mantienen conforme las aprobaciones vigentes, entre estos la Resolución del Directorio de ETAPA en sesión ordinaria celebrada el 16 de septiembre de 2016, referida a la Aprobación de el "Alcance a la Propuesta Tarifaria de Agua Potable y Saneamiento del Año 2015 relativo a las tarifas de Saneamiento de las descargas domésticas y no domésticas, presentada por la Gerencia de Agua Potable".

### Pliego Tarifario Año 2018

Categoría	Rangos de consumo (m <sup>3</sup> )	Cargo por disponibilidad (US\$/mes)	Cargo variable (US\$/m <sup>3</sup> )
RESIDENCIAL	0 - 20	\$ 3,13	\$ 0,415
	21 - 25	\$ 3,13	\$ 0,63
	26 - 40	\$ 3,13	\$ 0,68
	más de 40	\$ 3,13	\$ 0,73
COMERCIAL	0 - 50	\$ 4,19	\$ 0,84
	más de 50	\$ 4,19	\$ 1,25
INDUSTRIAL - CONSTRUCCIÓN	0 - 50	\$ 4,19	\$ 0,84
	más de 50	\$ 4,19	\$ 1,25
ESPECIAL	Para cualquier consumo	\$ 4,19	\$ 0,84
ESPECIAL CON DESCUENTO	Consumo Básico	\$ 3,13	\$ 0,104
	Consumo Excedente		\$ 0,415

**Nota:** Estos valores se ajustarán automáticamente en el mes de enero de 2018 en base a la inflación acumulada del año inmediato anterior

**Cuadro 15**  
**Pliego Tarifario Propuesto Año 2018 – Beneficiarios Medidas Complementarias**

Categoría	Rangos de consumo (m <sup>3</sup> )	Cargo por disponibilidad (US\$/mes)	Cargo variable (US\$/m <sup>3</sup> )
RESIDENCIAL	0 - 20	\$ 1,78	\$ 0,212
	21 - 40	\$ 2,09	\$ 0,324
	más de 40	\$ 2,09	\$ 0,68

**Nota:** Estos valores se ajustarán automáticamente en el mes de enero de 2018 en base a la inflación acumulada del año inmediato anterior

#### Resolución del Directorio de ETAPA en sesión celebrada el 01 de junio de 2015

- a. "Conocimiento y aprobación de medidas complementarias a las resoluciones sobre beneficios tarifarios de agua potable"

**TARIFA ÚNICA SISTEMAS RURALES COMUNITARIOS DE AGUA POTABLE ADMINISTRADOS  
POR ETAPA EP**

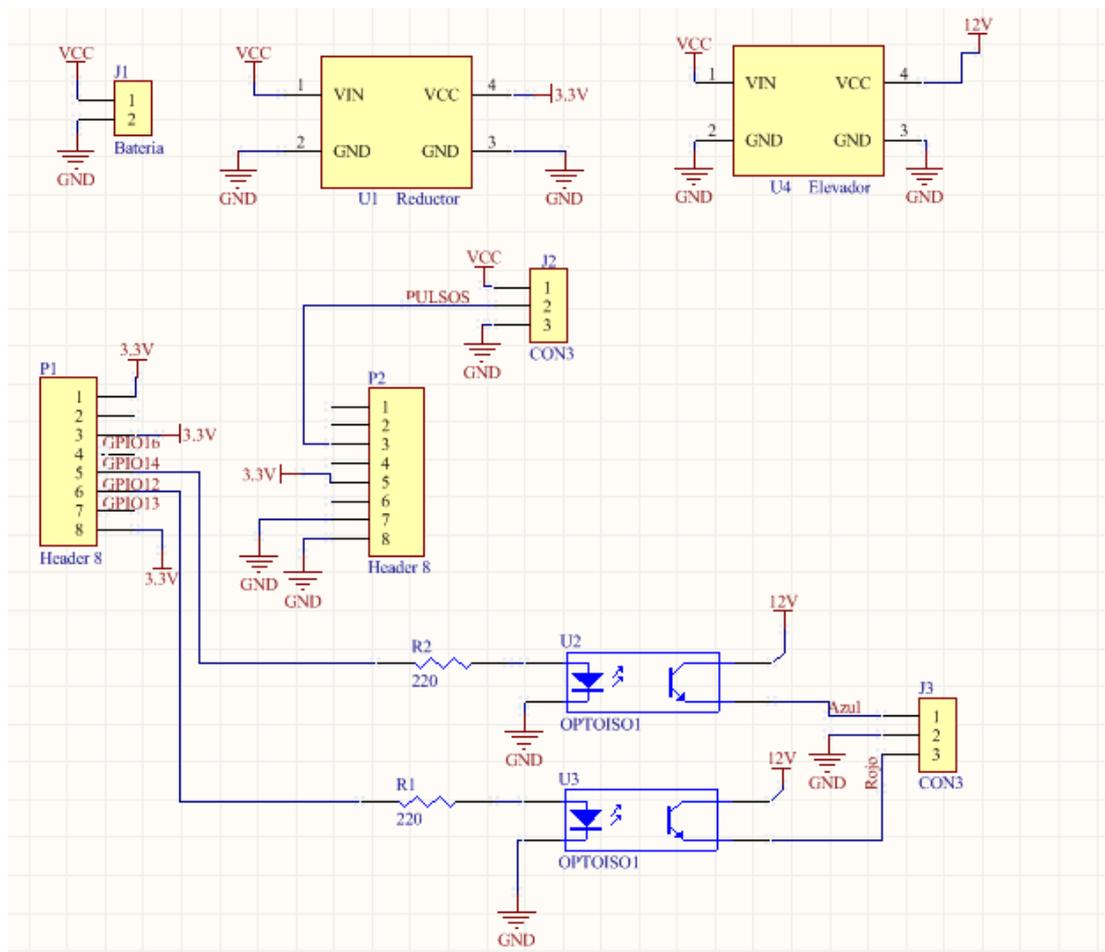


SISTEMA	CATEGORÍA	Rangos de consumo	Cargo por disponibilidad	Cargo variable
		(m <sup>3</sup> )	(US\$ / mes)	(US\$ / m <sup>3</sup> )
PAREZ	RESIDENCIAL	0-5	\$ 2,00	\$ 0,00
		jun-15		\$ 0,05
		16-30		\$ 0,30
		31 en adelante		\$ 0,60
PILLACHIQUIR	RESIDENCIAL	0-5	\$ 2,00	\$ 0,00
		jun-15		\$ 0,05
		16-30		\$ 0,30
		31 en adelante		\$ 0,60
QUINZHALOMA	RESIDENCIAL	0-5	\$ 2,00	\$ 0,00
		jun-15		\$ 0,05
		16-30		\$ 0,30
		31 en adelante		\$ 0,60
ZHIZHO	RESIDENCIAL	0-5	\$ 2,00	\$ 0,00
		jun-15		\$ 0,05
		16-30		\$ 0,30
		31 en adelante		\$ 0,60
RAMBRAM	RESIDENCIAL	0-5	\$ 2,00	\$ 0,00
		jun-15		\$ 0,05
		16-30		\$ 0,30
		31 en adelante		\$ 0,60

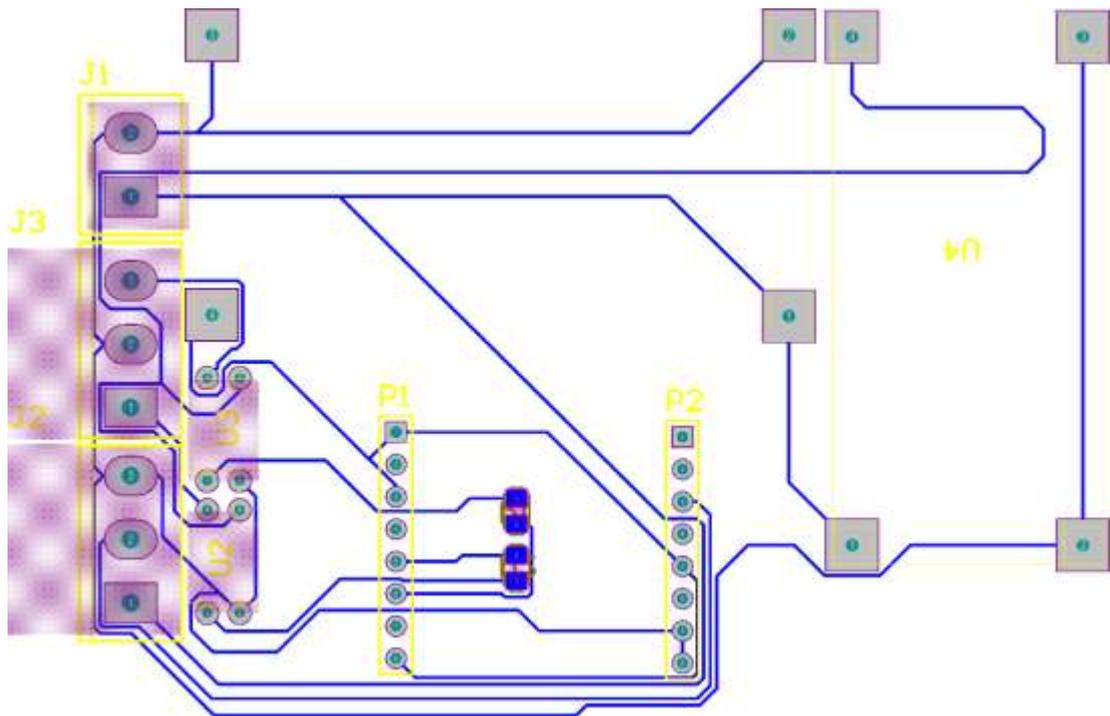
**FUENTE:** Departamento de Facturación - Gerencia Comercial

NOTA: Consumos de 31 en adelante a se actualiz taída a \$ 0,70 desde el mes de octubre 2015

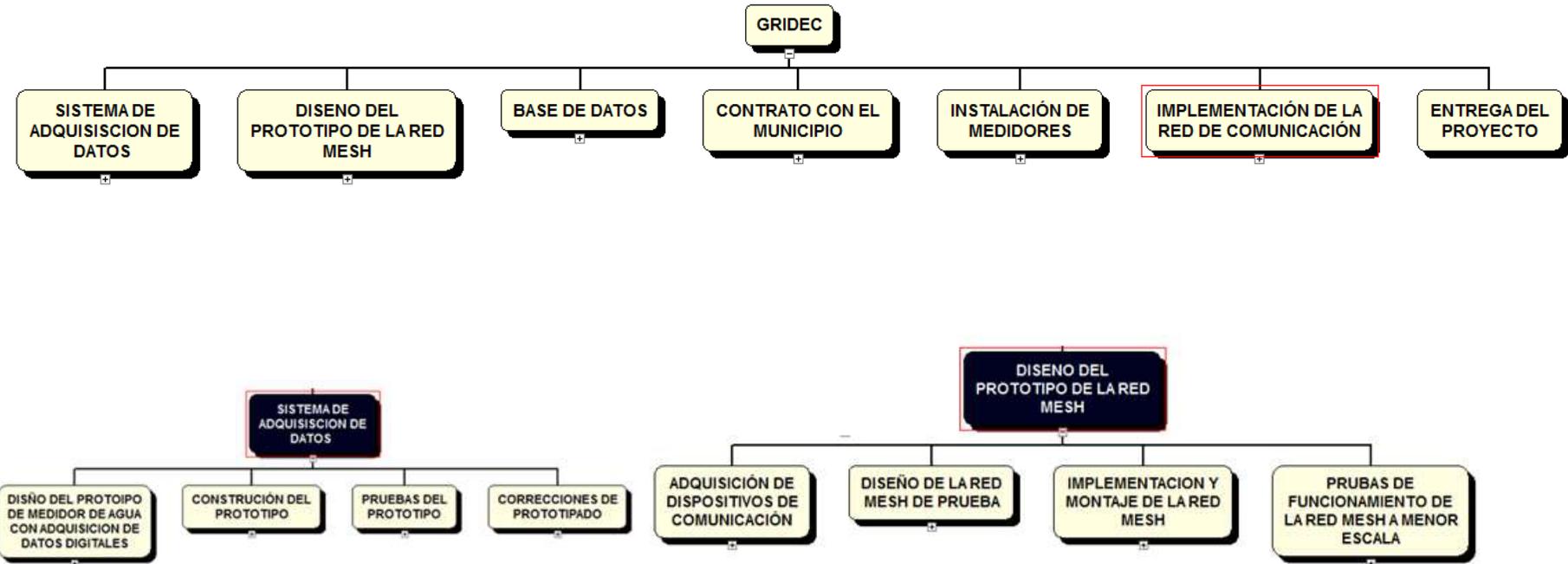
## APÉNDICE E: DIAGRAMA DE LA TARJETA DE LECTURA



## APÉNDICE F: PCB DE LA TARJETA DE LECTURA



**APÉNDICE G: ESTRUCTURA DE DESGLOCE DE TRABAJO**





APÉNDICE H: DIAGRAMA P&ID DEL PROTOTIPO

