



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE
INFORMACIÓN PARA MEDIDORES DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE
QUITO

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingenieros en Electrónica y Redes de
Información.

Profesor Guía

Alejandro Paúl Gómez Reyes

Autores

Sabrina Nataly Padilla Cevallos

Paúl Guillermo Hernández Granda

Año

2015

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con los estudiantes, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Alejandro Paúl Gómez Reyes

Ing. en Electrónica y Control

CI: 1714913637

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Sabrina Nataly Padilla Cevallos

CI: 1723120877

Paúl Guillermo Hernández Granda

CI: 1714821962

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi guía y mi compañero incondicional en cada etapa de mi vida. Por darme las fuerzas necesarias para seguir adelante cuando estaba al borde de rendirme.

A mis queridos padres y hermana por su apoyo y sacrificio para hacer de mí, una persona de bien.

A mi compañera de tesis, por brindarme de su ayuda.

Paúl Hernández

AGRADECIMIENTOS

Al dueño de mi vida, a quien ha estado cada día, cada instante, momento a momento. A Aquél que dio su vida por la mía y me ha amado incondicionalmente, a ti Dios mío.

Para ustedes familia mía, fundamentales en mi vida, su existencia es sin duda la más grande bendición que ha puesto Dios en mi camino. Los amo.

A ti Paúl, por todo tu apoyo.

Sabrina Padilla

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios por ser mi confidente, el cual me enseña todos los días lo importante que es el esfuerzo y la dedicación para alcanzar mis objetivos sin pasar por encima de las personas.

A mis padres y mi hermana, ya que son las personas que más amo y admiro, por todos sus enseñanzas, su apoyo incondicional y el esfuerzo que han realizado para que pueda terminar mis estudios.

Paúl Hernández

DEDICATORIA

Por ser el autor de mi vida, mi Padre, amigo y salvador, para ti Dios, el fundamento de mi vida, aquél que me ha regalado las mejores bendiciones.

Para mi mamá y mi papá, por marcar el norte en mi vida y enseñarme que Dios es mi guía, gracias a sus mayores esfuerzos hoy he llegado hasta aquí. A mis hermanitos, por su gran apoyo.

Para mi Paúl, por tu gran apoyo, sin duda eres mi bendición.

Sabrina Padilla

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad dar a conocer la implementación de un prototipo electrónico para la medición del consumo de agua potable en la ciudad de Quito, con el fin de obtener mayor ahorro de recursos, optimización en el proceso de recolección de datos y mayor eficiencia en la consulta remota de información almacenada. El dispositivo Arduino Uno ha sido seleccionado entre varias opciones que ofrece el mercado como plataforma de desarrollo para las conexiones de la parte electrónica.

A la par, se desarrolla una página web utilizando el lenguaje HTML, CSS y PHP con una base de datos en MySQL, que permite la vista de dos ambientes distintos; la primera presenta una interface exclusiva para el cliente, la cual muestra el consumo de agua junto con el valor a pagar mediante el número del sensor, mientras que la segunda presenta herramientas e información necesarias para el administrador, como por ejemplo, la creación, modificación, eliminación de registros. Posteriormente, se asigna a cada cliente un medidor como identificador único. El software trabaja en conjunto con el prototipo electrónico para el almacenamiento de los datos.

Tras un análisis de los sistemas existentes para la recolección de datos, se destacan varias soluciones que el prototipo brinda ante los diferentes problemas encontrados en la empresa agua potable. Entre los inconvenientes mencionados anteriormente, se encuentra el uso no recomendado de recursos, la falta de información en tiempo real en la página web de la institución, la seguridad de los empleados y la manipulación indebida de medidores.

De la misma forma se realiza varias pruebas del prototipo en diferentes redes inalámbricas, con el fin de evaluar la comunicación entre el sistema de administración y el dispositivo electrónico, el correcto funcionamiento en el almacenamiento de información de consumo y la resistencia que presenta el prototipo en ambientes exteriores, de forma que tenga una larga duración y represente un avance tecnológico que tenga un impacto positivo para la sociedad.

ABSTRACT

The present project aims to publicize the implementation of an electronic prototype for the measurement of water consumption in the city of Quito, in order to obtain savings on the company resources, optimization in the data collection process and greater efficiency in the remote lookup of information stored. The device Arduino Uno has been selected among several options offered by the market, as a development platform for the connections of the electronic part.

At the same time, it is necessary the development of a web site using HTML, CSS and PHP language with a MySQL database. Together they allow the view of two separated environments; the first features a unique interface for the client, which shows the consumption of water associated to the number of sensor and the value to be paid, while the second presents tools and information necessary to the administrator, as for example, the creation, modification and elimination of records. After all of that, there is a sensor that is assigned to the clients as a unique identifier. The software works with the electronic prototype for data storage.

Next, there is an analysis of the existing systems for the collection of data that shows various problems encountered in the water provider company. Through the use of the prototype, there is a solution for those issues. Among the disadvantages mentioned above, It is visible the bad use of resources, the lack of information in real time on the institution website, the safety of employees and the improper use of water meters.

Finally, several tests of the prototype in different wireless networks are made, in order to evaluate the communication of the administration system with the electronic device, the proper storage for the consumption data and the physical resistance on outdoor environments, so that the device can reach a long life and become a technological breakthrough with a positive impact on the society.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	5
1.1 Definición	5
1.2 Descripción	6
1.3 Estructura Principal	9
1.3.1 Operativa	9
1.3.2 Control	9
1.3.3 Lecturas de tiempo real	10
1.3.4 Manejo de información	11
1.3.5 Tipos de PLC	11
1.4 Recolección de datos	12
1.5 Transmisión de datos	14
1.6 Almacenamiento de datos	14
2. CAPÍTULO II. ANÁLISIS DEL ESQUEMA ACTUAL DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	17
2.1 Esquema actual de recolección de información.....	17
2.2 Toma de lecturas.....	17
2.3 Control de emisión de facturas	20
2.4 Entrega de facturas	22
2.5 Planteamiento de la problemática	23
2.6 Seguridad de la Información.....	24
2.7 Riesgo Social	25
2.8 Riesgo Económico	26
2.9 Servicio al cliente	26
2.10 Los problemas en campo	27
2.11 El sistema Ideal	27
2.12 Soluciones existentes	29

3	CAPÍTULO III. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO	33
3.1	Componentes.....	35
3.2	Arduino Uno	36
3.3	Selección de Microcontrolador	37
3.4	Arduino Wi-Fi Shield.....	39
3.5	Sensor de efecto Hall	40
3.6	Diseño del Prototipo	41
3.6.1	Primera Etapa.....	41
3.6.2	Segunda Etapa.....	42
3.6.3	Tercera Etapa.....	43
3.7	Construcción del Prototipo	44
4	CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL SOFTWARE DE ADMINISTRACIÓN	60
4.1	MySQL	60
4.2	PHP.....	61
4.3	CSS.....	61
4.4	Base de Datos del Sistema de Administración	61
4.5	Programa de Arduino	63
4.5.1	Librerías.....	63
4.5.2	Medidas del Caudal	65
4.5.3	Variables.....	66
4.5.4	Métodos.....	68
4.6	Página Web de Administración.....	72
4.6.1	Inyección SQL	72
4.6.2	Get y Post.....	72
4.7	Integración y Funcionamiento.....	78
5	CAPÍTULO V. PRUEBAS Y RESULTADOS	79
5.1	Pruebas del Caudal.....	79
5.1.1	Ambiente de pruebas.....	79
5.1.2	Prueba bomba de agua	80

5.1.3	Prueba de sensor	81
5.1.4	Pruebas entre medidores analógico y digital.	87
5.2	Pruebas del Prototipo Arduino.....	89
5.3	Prueba de Resistencia	92
5.4	Prueba de la Herramienta de Administración	93
5.4.1	En la Base de Datos	93
5.4.2	En el control de ingreso al sitio.....	96
5.4.3	En el Usuario	97
5.4.4	En el Administrador	98
6	CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
6.1	Conclusiones.....	102
6.2	Recomendaciones.....	104
	REFERENCIAS	106
	ANEXOS	112

INTRODUCCIÓN

Los medidores de servicios básicos como agua potable y luz eléctrica, han facilitado la información métrica para realizar la facturación de cada uno de ellos, llevando así el control del consumo de cada vivienda, centro comerciales, y demás edificaciones que cuenten con alguno de los servicios ya mencionados.

Desde la implementación de los medidores de agua potable en la ciudad de Quito, no se han realizado cambios en el método que se utiliza para la recolección de los datos y posteriormente la facturación del consumo de agua potable.

La empresa de agua potable, se mantiene con el método tradicional de recolección manual de datos, el cual consiste en designar personal para cada uno de los sectores de la ciudad, que obtenga la información en formularios del consumo de un medidor de agua potable. A pesar de que en los últimos años se ha contado con tecnologías que permitirán el diseño e implementación de los medidores digitales en la ciudad de Quito, no se ha dado a conocer ninguna noticia con respecto a proyectos que involucren la toma de mediciones de agua potable de manera remota, ya que el reemplazo masivo conlleva un gran proceso de coordinación y adquisición que no se ha aprobado por parte de las autoridades gubernamentales a cargo.

Como parte de las innovaciones previamente presentadas, el concepto de *Smart grids* o redes inteligentes, proponen establecer un sistema integrador de todos los componentes de una red con el fin de proveer este recurso de forma segura y eficiente, sin dejar de lado la rentabilidad. El elemento diferenciador de la red “inteligente” de otras redes, que permite la comunicación directa y en tiempo real entre el principal agente suministrador del recurso y los usuarios, es la tecnología digital. (Endesa, s.f.)

Un ejemplo basado en Smart Grid, se lo puede encontrar en Corea del Sur, específicamente en la isla de Jejú, donde se planteó un macro proyecto en el desarrollo de *Smart Grids*, que implicaba desde la generación de energía hasta el usuario final en una “cadena inteligente” de principio a fin. (Castrillón, 2013)

La idea de implementar una Smart Grid en esta isla, toma fuerza en el año 2010 época en la que las altas tasas de consumo de energía en la isla provocaban un déficit en el presupuesto, debido a que el 97% de la energía era importada. El primer paso para el desarrollo del proyecto fue el designar un punto de control de la red, para lo que no se halló mejor candidato que la capital de Corea. Posteriormente el reto sería el tendido de la red desde el punto concentrador hasta los puntos más lejanos de consumo. El tercer paso sería determinar el software integrador que ejercería el control sobre la red y los recursos energéticos. Esta Smart Grid aún se encuentra en desarrollo, el proyecto de ley aprobado en el año 2010 determina que se debe destinar el 2% del PIB con el fin de financiar por completo la propuesta. (Castrillón, 2013)

ALCANCE

Este proyecto de titulación, plantea la elaboración de un prototipo de un sistema de recolección de datos de consumo de agua potable de los medidores de zonas urbanas de la ciudad de Quito.

Para poder cumplir con el objetivo antes mencionado, se elaborará un prototipo del aparato electrónico que tomará los datos del medidor digital de agua el cual será simulado por un circuito electrónico, que desplegará los datos en un display, los mismos que posteriormente serán enviados a través de una red de comunicaciones hacia el software de administración.

El software de administración contará con una interfaz gráfica que permitirá identificar al usuario en caso de ser cliente o administrador, de manera que se desplieguen las herramientas necesarias en ambos casos.

JUSTIFICACIÓN

El constante aumento de edificaciones en la ciudad de Quito, la complejidad de la recolección manual de datos del sistema actual, la manipulación indebida de los datos de los medidores actuales, y la seguridad de los ciudadanos que se ha

visto comprometida los últimos años, requiere que la empresa de agua potable adopte un nuevo sistema para obtener la información del consumo de agua potable, optimizando así los recursos de esta organización y aumentando la precisión en las mediciones y en la facturación mensual.

El seguir con el método tradicional de recolección de datos, representa una gran inversión económica en el consumo de recursos como el combustible, movilización y personal a cargo de obtener esta información, por lo que un sistema de recolección remoto, es ideal para reducir los gastos mensuales generados por el sistema actual.

La recolección remota de los datos que ofrece este proyecto de titulación se alinea a los requerimientos antes mencionados, solucionando así los distintos problemas planteados.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar el prototipo del sistema para la recolección de información del consumo en los medidores de agua potable dentro de la ciudad de Quito.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar el esquema actual mediante el cual se realiza la recolección de información de agua potable en la ciudad de Quito.
- Analizar, equipos, tecnología, producto, sistemas y soluciones existentes, que permitan realizar la consulta de información de los medidores de agua potable.
- Diseñar la solución electrónica que permita automatizar la recolección de datos de los medidores de agua potable a través de internet.
- Desarrollar una aplicación, para administrar y consultar la información tomada de los medidores de agua que se encontrará almacenada en la base de datos.

- Realizar pruebas al prototipo y al software de administración, con el fin de presentar el análisis de resultados.

1. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Definición

Un sistema es la agrupación de ideas y conceptos plasmados en un plan de acción que tiene como objetivos el control y la coordinación de las actividades de una organización, tomando en cuenta sus procedimientos y políticas de trabajo. La estructura de trabajo que un sistema proporciona es vital para el correcto funcionamiento de los instrumentos que participan dentro de una empresa o industria.

Si por un momento el planteamiento de una empresa se realiza sin una metodología de trabajo, el caos sería la situación de todos los días ya que no se puede avanzar con un trabajo si no se tiene una visión de los planes y tareas que se debe realizar para alcanzar tanto objetivos como metas planteadas. Es imposible definir avance, establecer prioridades, y distribuir el trabajo sin tener en claro qué objetivos se quiere alcanzar y qué tareas se deben realizar para conseguirlos. Un sistema es entonces el que decide cómo se lleva a cabo todo tipo de actividades dentro de la organización y que tomando en cuenta la misión y visión de una organización plantea la estructura de trabajo a seguir así como el plan emergente para posibles eventualidades, estableciendo objetivos a corto y largo plazo que permitan determinar el avance de la misma a lo largo del tiempo.

Un sistema eficiente de trabajo, debe tener la capacidad de adaptarse a los cambios que sufre una organización en el desarrollo de sus actividades de producción, es decir, que debe ser escalable hacia las necesidades futuras y crecimiento de la empresa.

La razón principal para establecer el funcionamiento de un sistema dentro de una organización es determinar la estructura de trabajo en el sistema laboral tanto de producción como comercial para evitar el desperdicio de recursos ya sean estos materiales, económicos o humanos y poder monitorear los avances

hacia las metas y objetivos proyectados, estableciendo tiempos de respuesta y tomando medidas de cumplimiento.

1.2 Descripción

Un sistema automatizado es un conjunto de procesos donde las actividades de producción se trasladan de operadores humanos a dispositivos mecánicos. El enfoque de este tipo de sistemas es formar parte de un sistema más grande dentro de una organización, es decir, constituir una parte del sistema global que rige las operaciones. En la actualidad la tendencia de producción se dirige hacia los sistemas automatizados. La importancia de estos, radica en que prometen una mejora en la productividad de la empresa permitiendo la reducción de los costos de producción.

Un sistema automatizado tiene dos tipos de componentes, los operativos y los de control. Los componentes operativos son elementos mecánicos que realizan las funciones dentro de la maquinaria, mientras que los de control son equipos electrónicos programados en lenguaje de bajo nivel cuya función principal es dirigir el proceso secuencial de una máquina de tipo industrial, es decir, que permiten que la maquinaria funcione correctamente; a estos equipos se les denomina autómatas programables.

La importancia de estos sistemas radica en que prometen una mejora en la productividad de la empresa permitiendo la reducción de los costos de producción, dando paso al concepto de producción en masa. Hoy en día, muchos de los principales productos de consumo masivo, han sido fabricados dentro de un ambiente automatizado.

Para conceptualizar las ventajas de estos sistemas es necesario plantear un esquema de producción tradicional, donde los recursos empleados son los ya conocidos, fuerza de trabajo operacional, maquinaria, materia prima, procesos definidos e instalaciones adecuadas. Por tomar un ejemplo, el escenario de una pequeña fábrica textil, donde la competencia clave es la transformación de

materia prima en productos de consumo como hilaturas, telas e inclusive prendas de vestir y calzado.

Los operarios son en su mayoría mujeres que se dedican al proceso de convertir fibras de algodón y sintéticas en hilaturas. Sus tareas comienzan colocando la materia prima en las máquinas principales para más tarde controlar el proceso de mezcla y refinamiento. El tiempo empleado en estos dos procesos no solo depende de la velocidad con que la maquinaria pueda procesar la materia prima sino que también dependerá de la agilidad de los operarios en el momento de alimentar la maquinaria con la misma.

En este sentido el operario humano dentro del sistema tradicional es vital, compartiendo parte, sino igual aún mayor, de responsabilidad en el proceso de producción. Ahora si se resta responsabilidad del operario y se la entrega a un sistema sofisticado de operaciones, la única labor posible para un recurso humano es la de supervisión de dicho sistema.

Si se lo aplica en el ejemplo de la pequeña fábrica textil, el tiempo de producción será mucho menor, debido a que la carga en la maquinaria podría depender de un simple clic en una pantalla desde el punto de control.

Por contar otro de los beneficios de esta implementación, la carga será exacta en medida y peso, reduciendo los errores de producción y desperdicios. Es de esta forma que definen los autores Ponza y Villanova al rol del operario en su libro Automatización de procesos mediante la guía GEMMA (Ver figura 1).

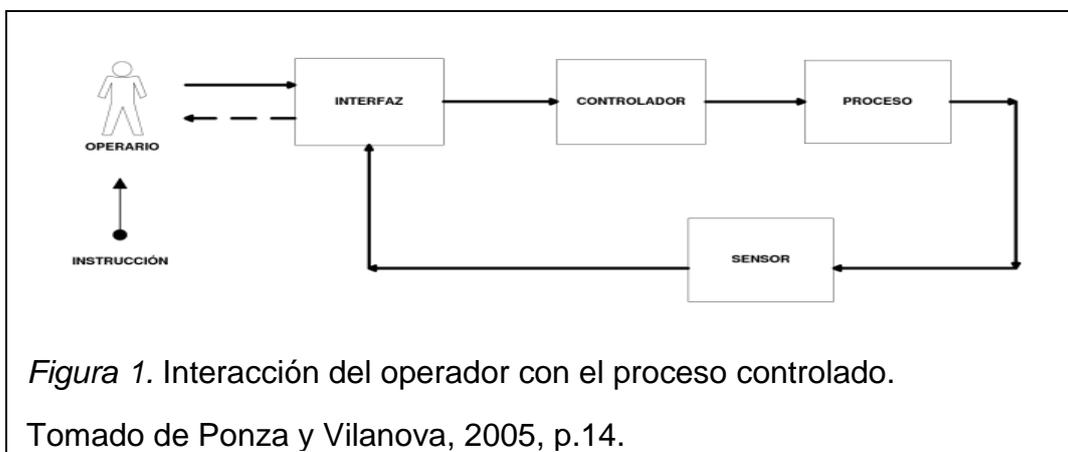


Figura 1. Interacción del operador con el proceso controlado.

Tomado de Ponza y Vilanova, 2005, p.14.

Se entiende que los principales fuertes que ofrece todo sistema automatizado frente al sistema tradicional de trabajo son el aumento de la productividad reduciendo tiempos “muertos” y la minimización de los errores que se presentan en los procedimientos manuales, ya sea en los procesos de una organización o en la producción directa de un bien o servicio.

La producción en masa, sin duda depende de la tecnología que nos ofrece un sistema automatizado. Esto se debe a que ningún recurso humano podrá igualar el tiempo de respuesta y precisión de producción frente a una máquina que realice el mismo procedimiento, es en este punto donde los sistemas automatizados cobran fuerza, pues es necesario producir más, a medida que la demanda sube. No es suficiente producir en calidad sino en cantidad para la sociedad de consumo que rige el mercado de hoy en día.

Otra de las ventajas de la producción en este tipo de ambientes, es el precio al que los productos son expuestos al mercado. Los precios de venta sufren decremento en medida de la producción en masa, es decir, a mayor producción menor precio de venta. Esto sin duda resulta muy atractivo tanto para productor como para consumidor. Desde el punto de vista del productor, se destaca el beneficio de realizar una inversión en un sistema de máquinas que bajo programación realicen el trabajo que se necesita en una organización, frente a los gastos operativos que representan los recursos humanos. Si se es consumidor, no solo se observa el precio al que se adquiere el bien o servicio, sino que la disponibilidad del mismo en el mercado, será un factor decisivo para la compra.

Por las razones planteadas, los sistemas automatizados son la tendencia en la producción de las industrias de la actualidad, disminuyendo cada vez más la brecha existente entre el desarrollo de la tecnología y el uso de la misma como medio de producción y control.

1.3 Estructura Principal

Todo Sistema automatizado, está conformado de dos partes, la parte operativa y la de control.

1.3.1 Operativa

La parte operativa de un sistema automatizado es aquella que trabaja directamente sobre la maquinaria, es decir, que se compone de los elementos que conforman la máquina en sí y le permiten realizar las operaciones para las que fue diseñada.

Para que la parte operativa pueda ejercer su trabajo, es necesario que conozca las condiciones de su entorno, para esto debe adquirir información que le permita conocer de la variación de magnitudes y estados físicos de los componentes del sistema de máquinas. Esta información, la recepta a través de sensores. (Canto C., Arquitectura Interna del Autómata Programable o PLC, s.f.)

1.3.2 Control

La parte de control es aquella que mediante el uso de un aparato electrónico programable es capaz de comunicarse con todo el sistema de máquinas para que estas realicen sus actividades en un ambiente sincronizado de operaciones.

Estos aparatos electrónicos que permiten ejercer el control, se los denomina autómatas programables. Los autómatas programables o PLC son pequeños equipos programados en lenguaje de bajo nivel, no informático, que controla procesos secuenciales en tiempo real.

El uso de PLCs se realiza en procesos de producción, recolección de información, procesos secuenciales, procesos variables, en ambientes que requieren señalización y control y en maquinarias que dependen de chequeo de programación de las partes de un proceso. Este tipo de proyectos electrónicos

traen consigo las ventajas de realizar en menor tiempo la producción que lo que normalmente se ha programado bajo el uso de mano de obra de operarios humanos. Otra de las ventajas es el mínimo espacio que ocupan dentro de las maquinarias y su capacidad de extender su directiva con un software de control en una estación.

El tiempo de puesta en funcionamiento de un sistema de control es relativamente pequeño con relación al tiempo empleado en la instalación de la parte operativa. A pesar de las ventajas que ofrecen el uso de autómatas programables, el costo de la implementación es elevado, así como la capacitación del personal que esté a cargo del área de supervisión y control y que por lo tanto tenga acceso total o parcial a las funcionalidades del sistema.

1.3.3 Lecturas de tiempo real

Un PLC controla un ambiente de producción recibiendo datos para posteriormente procesarlos y entregarlos empleando un tiempo de respuesta casi inmediato, lo que quiere decir que constantemente realiza un escáner general del funcionamiento del sistema. Ofreciendo datos estadísticos del estado de producción (Ver figura 2).

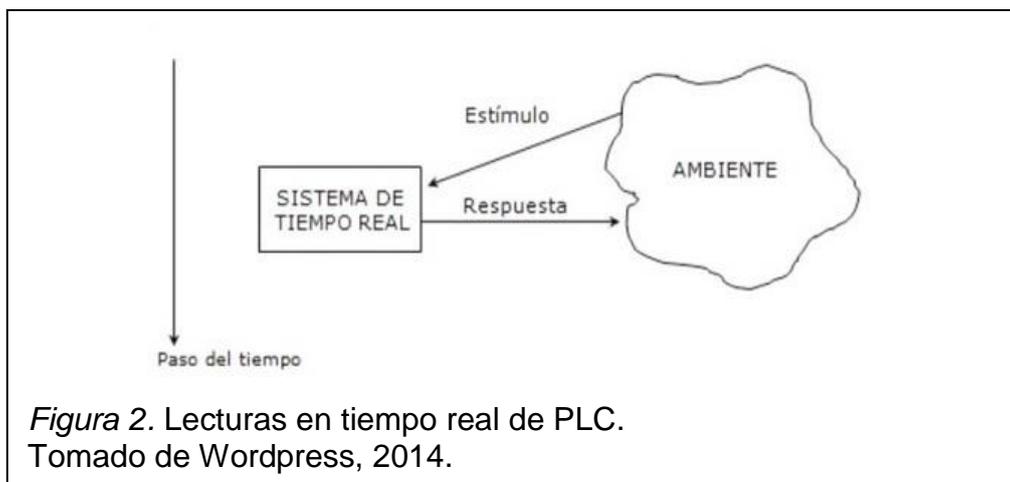


Figura 2. Lecturas en tiempo real de PLC.
Tomado de Wordpress, 2014.

1.3.4 Manejo de información

Una vez que un PLC recolecta la información, la consolida para mostrar un resumen ordenado en forma de indicadores que posteriormente se utiliza para la toma de decisiones a nivel empresarial.

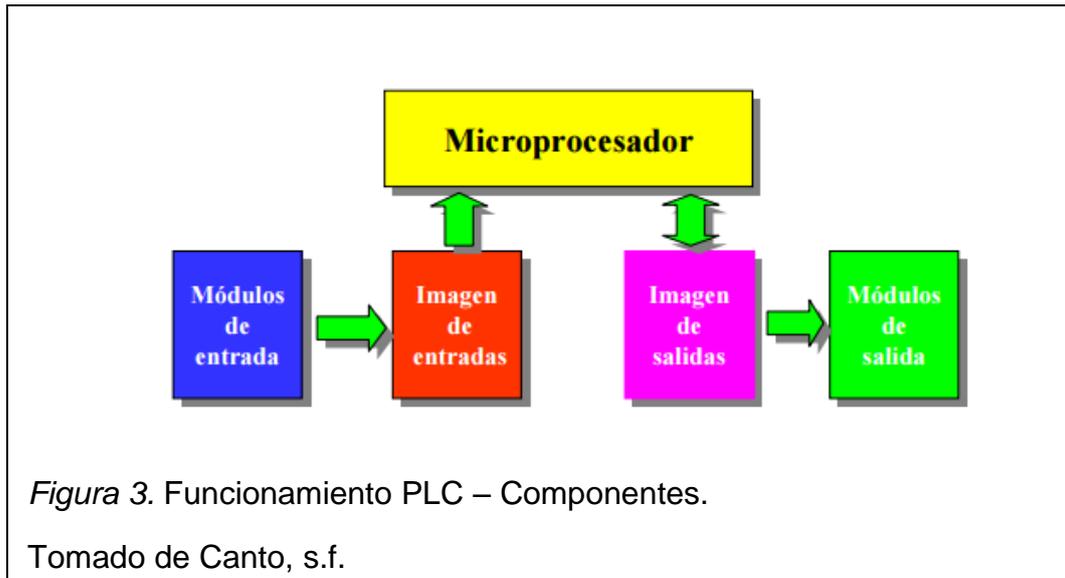
1.3.5 Tipos de PLC

Por la conformación de su estructura, existen dos tipos de PLC.

PLC Compactos, son aquellos que tienen todos sus componentes electrónicos dentro de una misma placa, mientras que los PLC Modulares son aquellos que poseen tarjetas independientes que se unen al acoplarse a un módulo de conexión más conocido como bus de datos. Un PLC se compone de:

- ✓ Módulos de entrada que le permiten recaudar datos de su entorno, creando una imagen de la información recibida, un ejemplo son los sensores.
- ✓ Microprocesador que ejecuta un programa cargado para procesar la información recibida por los módulos de entrada. Crea imágenes de respuesta que posteriormente serán desplegadas por los módulos de salida.

Módulos de salida que le permiten ejecutar las instrucciones establecidas por el microprocesador frente a la información previamente recibida y procesada (Ver figura 3).



1.4 Recolección de datos

La información constituye un recurso de vital importancia dentro de los procesos de una organización. Puede que se la utilice como “materia prima” a ser procesada en el caso de empresas consultoras o como el indicador de la situación actual por la que atraviesa una empresa. En cualquier caso, los datos que llegan a un sistema para ser procesados, deben ser claros y precisos. Partiendo de este punto, cualquier tipo de distorsión puede considerarse un ataque severo contra los procesos de una organización, afectando así la competitividad y el desarrollo de los objetivos que la misma se haya planteado.

Los sistemas de información dentro de la empresa están comprendidos por el recurso humano, la planificación de procesos, las herramientas y materiales. Dichos sistemas, pueden encontrarse dentro de una empresa conformado por un departamento o incluso en una sola persona. Si posee todos los elementos mencionados, cumple con las características para ser llamado sistema.

Por lo general las cantidades de información que se procesan dentro de una empresa mediana a grande superan las capacidades que una base de datos dentro de un archivo puede ofrecer. Por esta razón, este tipo de sistemas deben estar apoyados por los sistemas informáticos.

Un sistema informático está diseñado para almacenar y procesar datos, se compone de una parte física y una lógica, la primera le permitirá almacenar y procesar la información, mientras que la segunda le dará las directrices para la gestión de la misma. El proceso de “alimentar” el sistema con información, es fundamental para que tanto los resultados como las acciones que se tomen en base a estos resultados sean precisos y confiables, si en este primer proceso, se permiten (ocurren revisar sinónimos) desfases, el resultado obtenido no será el esperado.

En los últimos años, el avance tecnológico ha dado lugar a los sistemas automatizados, que facilitan todo tipo de tareas mecánicas y rutinarias mejorando tiempos de realización de las mismas, evitando errores, lo que a su vez genera un aumento de calidad en la producción. El proceso de recolección de información haciendo uso de la tecnología que proponen estos sistemas, reduce los errores que se presentan en la actualidad al confiar a operadores humanos la actividad del ingreso manual de datos a un sistema, lo que hace más confiable la información para la organización.

Un tipo de sistema automatizado especialmente diseñado para recolectar información es el AMR (Ver anexo 3). Este, permite realizar la toma de mediciones de dispositivos tanto analógicos como digitales que marquen un consumo. Se puede evidenciar este escenario en ambientes de consumo masivo como lo es el servicio básico de una población, la luz eléctrica. A lo largo de la historia, la recolección de información que se realiza para este tipo de ambientes es manual, es decir realizada por operadores humanos, la implementación de un sistema automatizado tal y como lo determina su definición, no solo realizaría este proceso en menor tiempo sino que eliminaría los errores de captura de información.

Un AMR está diseñado para mantener control sobre los datos que se recolectan, emitiendo lecturas en tiempo real, dando lugar a una mejor administración y gestión de la información recolectada. La funcionalidad de los AMR incluye un subsistema de información que permite la administración de usuarios y cálculo de consumo, un subsistema de toma de información, que permite almacenar los

datos recolectados en una base de datos y un subsistema de telecontrol, que realiza la medición automática mediante el uso de un dispositivo electrónico y que realiza el envío a la base a través de tecnologías de conectividad.

1.5 Transmisión de datos

Un sistema sofisticado que recolecte información, debe no solo recuperar el dato, sino asegurarse de almacenarlo para su posterior procesamiento. Existen diversas vías de comunicación que son empleadas por los sistemas para transmitir datos obtenidos hacia los equipos adecuados de almacenamiento. Las tecnologías de comunicación digital se dividen en dos grandes grupos, aquellas de transmisión física y aquellas de transmisión inalámbrica. La diferencia entre ambos grupos radica en el canal de comunicación que utilizan. Las primeras hacen uso de canales físicos como la fibra o el par trenzado, mientras que su contraparte realiza la transmisión utilizando ondas radioeléctricas, ondas electromagnéticas, microondas o infrarrojos.

La elección entre estas dos tecnologías, dependerá de la capacidad del canal, de la velocidad de transmisión y de la seguridad requerida sobre la información a ser transmitida.

Independientemente del medio de transmisión que se elija, el envío de la información debe cumplir con ciertos requisitos para poder garantizar la integridad, confidencialidad y disponibilidad de los datos recuperados. Inclusive y dependiendo del tipo de datos a ser enviados, se debe incluir un tipo de encriptación sobre un código determinado que camufle el sentido y forma de la información transmitida.

1.6 Almacenamiento de datos

A lo largo de la historia, los seres humanos han empleado un sin número de variedades tanto de materiales como medios para archivar información. En la

antigüedad, sin la aparición de la tecnología, la única forma de guardar registros era utilizando papel. Las desventajas del uso de archivos físicos como este, eran evidentes, una de ellas es el deterioro de la tinta y del papel que con el pasar del tiempo y las condiciones de almacenamiento, impedían mantener archivos de larga duración; otra desventaja es la gran cantidad de espacio físico que demanda un archivo de esta naturaleza.

Con la llegada de los primeros computadores, el almacenamiento de datos empezó a evolucionar, pues en lugar de utilizar un medio físico como el papel, se empleó dispositivos electrónicos como los medios magnéticos, que más tarde serían reemplazados con dispositivos que utilizan técnicas como la difracción de las ondas de luz para poder almacenar información. La principal ventaja de esta evolución, es la capacidad de almacenar grandes cantidades de información en espacios físicamente muy pequeños y que permiten movilizar la información con facilidad.

En 1957 se tiene el primer registro de una unidad de disco duro implementado por IBM. La capacidad de almacenamiento apenas alcanzó a cinco megabytes de datos. En la actualidad, estas capacidades han incrementado hasta llegar a los Terabytes de información. Desde entonces, el disco duro ha constituido la forma más común de guardar grandes cantidades de información. Otra ventaja del uso de discos duros es su diseño, ya que como todo producto electrónico, la tendencia de compactibilidad, ha sido incorporada a su fabricación, es por eso que tanto en computadores de escritorio como en computadores personales la implementación de este tipo de medios ha ganado más acogida.

El mundo digital de la actualidad propone una nueva tendencia de almacenamiento que satisface las necesidades de la vida moderna. Los servicios de almacenamiento en internet permiten acceder a todo tipo de información independientemente del lugar en donde se encuentre el objeto de consulta.

Este modelo de servicio denominado “nube”, propone un esquema de trabajo donde los datos que se recolectan de un sistema informático se almacenan, respaldan y administran remotamente en servidores que físicamente se encuentran en las instalaciones de un proveedor. Estos datos se ponen a la

disposición del usuario mediante el uso de un medio de comunicación como lo es la red Internet.

Las principales ventajas de trabajar en la nube son la capacidad de modificar el espacio de almacenamiento de acuerdo a la demanda actual, la seguridad de mantener respaldos de información fuera del ambiente laboral y la accesibilidad de consulta de datos desde cualesquier lugar.

Para realizar este tipo de consultas, hace falta tener una interfaz de usuario que acceda al archivo digital que esté publicado por el proveedor. La interfaz de usuario puede estar desarrollada para ser compatible tanto con estaciones de trabajo de escritorio, laptops, tabletas y teléfonos inteligentes.

La necesidad del acceso recurrente a los datos mediante el uso de los diferentes dispositivos ya mencionados, se garantiza al tener la información en la nube en lugar de tenerla en una tarjeta de memoria o servidor local. El uso de este tipo de modelos dentro de los sistemas automatizados como el AMR, permite la versatilidad de consulta y gestión de la información por parte de la estructura organizacional de la compañía que los implemente.

2. CAPÍTULO II. ANÁLISIS DEL ESQUEMA ACTUAL DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

2.1 Esquema actual de recolección de información

En 1906, bajo la dirección de Eloy Alfaro, empieza la distribución de varios canales para el abastecimiento de agua potable a los ciudadanos en la ciudad de Quito, desde entonces el sistema de facturación de alcantarillado y agua potable ha sufrido varios cambios. En la actualidad, el proceso de recolección de información o toma de medidas para proceder con la facturación de acuerdo al consumo del servicio de agua potable, sigue siendo el tradicional, variando un poco en cuanto a tecnología utilizada para la toma de datos pero en esencia el mismo sistema.

El sistema de facturación tradicional estándar tiene como fin grabar el consumo de metros cúbicos que marque el medidor con la tarifa definida por el organismo de control y administración del servicio de agua potable. Como todo sistema cuenta con varias etapas que son:

- Toma de lecturas.
- Emisión de facturas.
- Control de la emisión de facturas.
- Entrega de facturas.

2.2 Toma de lecturas

En el proceso de toma de lecturas se define la ruta que se debe recorrer y el calendario de visitas por lotes que se realizará dentro del recorrido. Existen dos métodos posibles, por el sistema tecnológico que otorga las rutas o por el sistema manual de mapeo de lotes. Sea cualesquier sistema que se utilice, se lo denomina sistema de Catastro, el mismo que debe programar el ciclo de recorrido de acuerdo a la estructura de facturación establecida por el sistema

Comercial de la organización a cargo, en este proceso será fundamental tomar en cuenta la fecha de corte del servicio y fecha máxima de pago del valor consumido por el usuario.

Una vez planteadas las rutas adecuadas, se asigna un distintivo al lote dentro de la ruta del recorrido establecido, lo que permitirá la correcta identificación de lo que llamamos un suministro y a su vez facilitará la emisión de un listado de consumo y cumplimiento de ruta. Un inspector se apoya totalmente por la ruta previamente establecida por el sistema.

Los principales datos otorgados por el sistema de catastro son nombres del propietario, ubicación del predio, número de cuenta o suministro. Es fundamental alimentar la base de datos del sistema con información real y puntual, ya que en base a los datos existentes, se dará paso al ingreso de las lecturas obtenidas a los medidores contenidos en el sistema, se realizará la facturación e inclusive la pre facturación, donde se hace un análisis estadístico de consumo promedio por lote. A este sub proceso se lo denomina loteo de rutas.

La toma de lecturas comienza cuando un empleado de la organización encargada del sistema de Agua potable, al que se llama lector, de acuerdo a las rutas definidas, realiza una visita a los predios de los clientes que posean el medidor. Debido a que los aparatos de medición de flujos (hidrómetros) no poseen conexión directa con el sistema donde se almacenan las medidas de consumo por lote, es necesario que estos sean "leídos", es decir que para obtener las medidas exactas del medidor es preciso llevar un reporte o listado que debe ser manual en primera instancia. Este reporte revelará la cantidad de metros cúbicos de agua potable que se han consumido dentro de un periodo determinado.

En la ciudad de Quito, el despliegue de medidores en las zonas, se ha realizado con la marca Elster modelo s120. La unidad de medida que marca en este modelo de medidores es metros cúbicos. Para realizar la correcta toma de la lectura del medidor, se tomará en cuenta el esquema de marcación que se puede observar en la figura 4 .

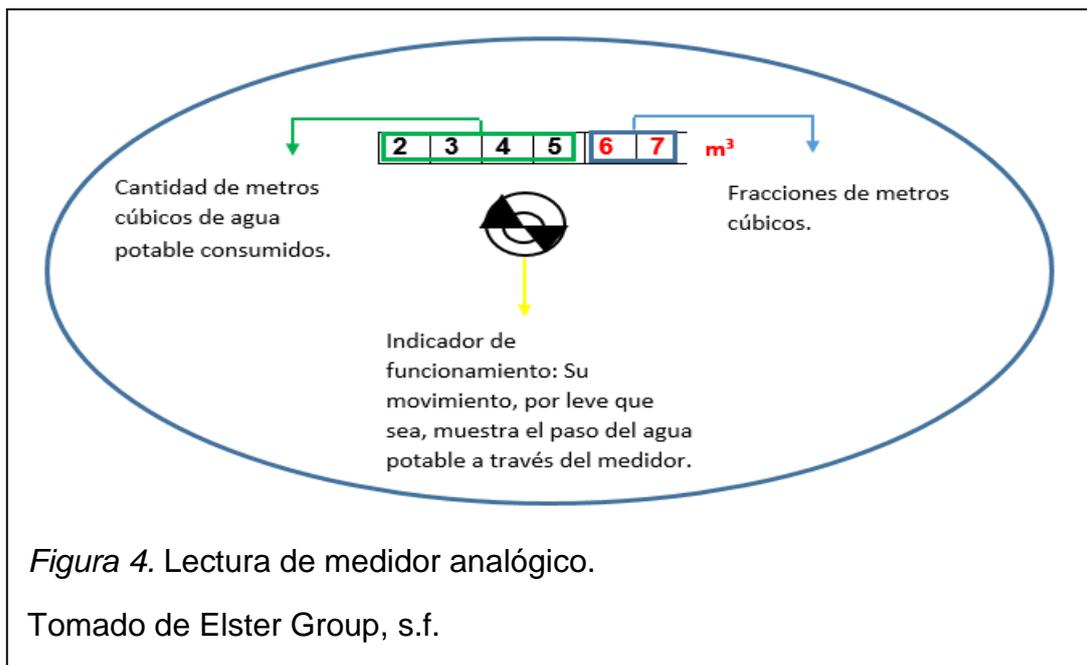


Figura 4. Lectura de medidor analógico.

Tomado de Elster Group, s.f.

Una vez que se cuente con el reporte de lecturas, se procederá a entregarlo en la oficina de asignación de ingreso en el sistema. Este departamento cuenta con personal calificado para digitar datos dentro del sistema. Con las lecturas ingresadas a un cliente o usuario, se realiza un estudio estadístico donde se determina el promedio de consumo, cuando no se tiene coherencia en las lecturas de un período con otro, se realiza un reproceso de lectura, que consiste en enviar a un equipo con personal especialmente capacitado que tome nuevamente las lecturas del medidor. Este reproceso se lo realiza inclusive cuando la información proporcionada en los reportes de lecturas no refleja códigos de lecturas o se registran lecturas borrosas.

La pre facturación inicia cuando se verifica que toda la información obtenida tanto en los reportes de lecturas como la ingresada al sistema de archivo de lecturas no presenta inconsistencias. En caso de que las haya, se regulariza a todas aquellas cuentas que dentro del sistema constan con lecturas mayores o menores al promedio mensual de consumo calculado por el sistema, y a las que no presenten lecturas o lecturas de cero consumo. La regularización consiste en unificar el valor bajo la fórmula del promedio de consumo mensual, en caso de que haya valores mayores o menores por lecturas decimales.

Lo que denominamos consumo está dado principalmente por el valor que se marca en el medidor de agua potable. Sin embargo para efectos de no omisión de errores, se aplica la etapa de verificación donde, como antes se mencionó, se revisa el valor promedio de consumo de agua potable determinando la exactitud de la medida de los registros y la normalidad de la misma. Previa facturación, todos los consumos deben ser sometidos a la etapa de verificación garantizando así el cobro justo y correcto de los servicios.

La facturación es el conjunto de fases del proceso operativo que permite la creación de una nueva cuenta de consumo, su respectiva actualización por periodos de facturación, así como la cancelación de cuentas. Dentro del proceso de facturación, se realiza el cálculo de los valores que corresponden a cada cuenta, la asociación de los mismos en el sistema y la recolección de los pagos realizados por los consumidores. Es fundamental dentro del proceso productivo del sistema integral de la organización ya que basándose en sus resultados, se puede establecer la transparencia y legalidad de las actividades económicas realizadas.

2.3 Control de emisión de facturas

En el proceso de emisión de facturas, se establece un formato en el cuál se colocarán los valores obtenidos previo cálculo del sistema. El documento, ya sea impreso o digital, donde se reflejen estos valores se denominará factura. El propósito de la facturación es dar un respaldo tanto al usuario final del servicio como a la empresa prestadora del mismo, del cumplimiento de ambas partes del compromiso de pago. Existen dos escenarios de facturación posibles, el primero únicamente incluye valores a pagar correspondientes al servicio que se haya recibido y posibles valores generados por tarifas y deudas a la sociedad que se recargan como adicionales, a este tipo de facturación se la llama "facturación simple". El segundo escenario nos presenta ciertos valores acumulados por periodos de consumo no concurridos en pago, es decir, se hace una facturación con los valores mencionados en la facturación simple más los acumulativos, esta

es la “facturación con arrastre de deuda” o “facturación de consumo acumulativo”.

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO
 MATRIZ: Av. Mariposa de Jesús SN y Alemanes www.aguaquito.gub.ec - Atención al cliente: 1800-242424
 RUC: 1708194260001 CONTROLANTE ESPECIAL: Resolución No. 201 del 23 de Enero de 1997
 AUTORIZACIÓN SRI No. VALIDO HASTA
 FECHA DE EMISIÓN:

CUENTA N°: RUCI: CLIENTE: TELÉFONO:
 DIRECCIÓN: PLACA PREDIAL: SECTOR: CTÁ. ESP.
 N° DE MEDIDOR:

CICLO	SECTOR	RUTA	MZ	SECUENCIA	PISO	DPTO.
CONSUMO (M3)	N. DEP	TARIFA				
FACTURACIÓN	SEC. ECO					
DESCRIPCIÓN	DETALLE DE FACTURACIÓN	VALOR USD				

FECHA Y LECTURA ANTERIOR: FECHA Y LECTURA ACTUAL:
 EVOLUCIÓN DE SU CONSUMO: MENSAJES AL CLIENTE

Plague únicamente el monto facturado en nuestros Centros Integrales de Atención al Cliente y puntos autorizados. La EPMAPS no realiza cobros a domicilio. ¡Denuncie estos casos! Llame al 1 800 24 24 24.

PERÍODO: M³ FECHA EMISIÓN: FECHA VENCIMIENTO:
 VALIDO ÚNICAMENTE CON REGISTRO DE PAGO, SELLO O COMPROBANTE ELECTRÓNICO

MESES DEUDA: TOTAL A PAGAR: USD RECAUDACIÓN

QUITO
 Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento

Figura 5. Modelo de facturación física – Servicio Agua Potable Quito.

Tomado de Aguaquito, s.f.

Tal cual se puede apreciar en la figura 5, los principales componentes de este documento físico son:

1. Clave del Registro de Contribuyentes del emisor, actualizado en periodo vigente.
2. Régimen Fiscal en que se realiza la actividad económica.
3. Lugar de emisión de las facturas.
4. Logotipo del emisor que expide el documento.
5. Fecha de expedición de facturas.
6. RUC o cédula de cliente final.
7. Descripción del servicio.
8. Descripción del período de facturación.
9. Valor unitario por consumo.
10. Impuestos al consumo.
11. Total de consumo.

Para el formato digital, se añade:

1. Sello digital
2. Autorización de Firma digital y facturación emitida por el Banco Central.

Cabe recalcar que los elementos mencionados son los indispensables que componen a las facturas de las que disponemos hasta la actualidad. La emisión de facturas debe realizarse desde el sistema central de cálculo, esto asegurará la precisión en el momento de aplicar la retrospectión de pagos, en caso de que se incurra en un consumo acumulativo. Es importante que se tenga especial cuidado al aplicar las tarifas correctas vigentes en cuanto a consumo y últimos acuerdos en aportes a la sociedad.

Otro de los controles que se debe tener en el momento de emitir la facturación es el registro de los consumidores. Este control relacionará a los consumidores activos registrados en el sistema con el total de facturas emitidas por rutas. Dentro de los datos del sistema se deben encontrar las solicitudes de cuentas activas e inactivas, en caso de existir diferencias entre los usuarios activos y la facturación emitida, se debe revisar las últimas cuentas que solicitaron activación e inactivación de consumo, pues puede que se haya obviado alguna baja o alta de consumidor. Este proceso de verificación, deberá estar a cargo del departamento de control de emisión de facturación.

2.4 Entrega de facturas

El catastro de la ciudad de Quito nos permite conocer la información predial de los ciudadanos residentes a la actualidad. Para proceder con la entrega de la facturación emitida por el servicio de agua, se necesita tener la información que nos ofrece el sistema de catastro predial. Una vez que la facturación esté lista, se procede a verificar el domicilio registrado en la activación de cuentas del sistema versus el que se tiene en la factura, si estos coinciden, se realiza la impresión del documento para su posterior entrega. En la actualidad el sistema

de facturación electrónica propone la no impresión de documentos sino la entrega de los mismos en formato digital al mail del usuario final. A pesar que el sistema de facturación electrónica ya se encuentra activo dentro de varias instituciones, existe muchas que prefieren el manejo de ambos tipos de facturación, física y digital mientras se culmina el período de migración.

La entrega del documento físico se realizará en el domicilio del consumidor final, un mensajero de la institución, recorrerá la ruta ya definida para la toma de lecturas de los medidores en una programación diferente de calendarios especialmente definida, para que no sobrepase el período definido para la recaudación de pagos en oficinas y puntos pago a lo largo de la ciudad. Es importante que la entrega de las facturas se realice dentro del tiempo y en el domicilio correcto, para que no existan confusiones por parte del cliente en cuanto al valor a pagar y tiempo máximo de pago, ya que si no se realiza de esta forma, la institución al no recibir la cancelación del consumo puede tomar medidas como corte del servicio o recargo adicional por valores no pagos en el siguiente periodo de facturación, tal y como se mencionó anteriormente. Como se puede apreciar una de las dificultades de este proceso radica en el volumen de facturación emitida en la ciudad. Existen tantos predios a ser facturados que en el momento de la entrega existen confusiones, lo que genera complicaciones al receptor los pagos.

2.5 Planteamiento de la problemática

Los principales puntos débiles que se encuentran dentro de este sistema se los puede evidenciar en la toma manual de información de los medidores, el ingreso de datos dentro del sistema a partir de las tablas de registro y la entrega de la facturación a domicilio como punto central para la recaudación de los pagos por el servicio ya brindado.

Para entender más a fondo la problemática existente en el sistema tradicional, es necesario un análisis de cada proceso realizado en el momento de la toma de información.

Hasta el año 2011 la Defensoría del Pueblo ha registrado un total de 800 quejas por parte del consumidor, de las cuales el 30% corresponden a servicios básicos como luz, agua y teléfono. La mayoría de los casos que se han denunciado corresponden a facturaciones elevadas, esto es que de un mes a otro se registra el aumento de hasta 3 veces el valor a pagar de meses anteriores. En el 15% de los casos denunciados, se ha hallado que la facturación errada se debe a dos factores principales, una toma equivocada de la información o un mail ingreso en el sistema de los valores reportados de lecturas. El factor de riesgo humano está presente en el momento de la toma de información del medidor y en el ingreso de datos en el sistema por parte de los digitadores.

Según cifras del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC), el 96% de la población de la ciudad de Quito cuenta con el servicio de agua potable. Si hasta el 2010 se registra un total de 763 719 viviendas en Quito, se puede deducir que la facturación por predio asciende a 733 170. El volumen de datos por recolectar es alto, por lo que se necesitará mayor personal tanto para la toma de información como para el ingreso de la misma en el sistema. Esto representa no solo un riesgo en cuanto a precisión de la información para la facturación, sino que también una mayor inversión de recursos económicos para la adquisición del personal y manutención del mismo, lo que significa que se requiere de condiciones laborales estables como oficinas y beneficios otorgados por la ley.

2.6 Seguridad de la Información

Por otro lado el sistema tradicional no ofrece un control centralizado de las operaciones, ya que el sistema maneja únicamente la etapa de cálculo de datos para la facturación, ignorando el de dónde proceden los datos y sin llevar registros actualizados ni monitoreo de la información generada por los medidores en tiempo real. Una vez que realiza la facturación, los datos se almacenan en una base de datos que se alimentará en el siguiente período tras el ingreso de información por parte de los digitadores. Es decir, existen tiempos muertos en

los que los sistemas y el personal de digitación no se están aprovechando ni vigilando, lo que representa una brecha de seguridad y un desperdicio de recursos.

La seguridad es un factor muy importante. No existe seguridad de los datos en el sistema tradicional, debido a que los digitadores tienen acceso al sistema para poder modificar los datos de entrada con los valores a facturar, si los datos son alterados, no existe ningún indicador de que sucedió el cambio. Es verdad existe un histórico de consumos que son calculados y analizados en la etapa de pre facturación, pero si lo cambios son mínimos y se considera que el volumen de facturación a realizar es alto, los controles serán obsoletos frente a datos alterados.

2.7 Riesgo Social

La comunidad sin duda se halla expuesta a un sin número de peligros a diario. El envío de personal para realizar la toma de datos de los medidores ha dado lugar a que delincuentes aprovechen esta situación e intenten cometer actos delictivos en contra de los propietarios de las casas que tiene el servicio de agua potable. En casos en los que el medidor de agua se encuentre fuera del domicilio y en un lugar visible, no existiría la necesidad de dejar pasar al lector, sin embargo en los demás domicilios es necesario que el lector ingrese al domicilio, es ahí donde el riesgo se presenta. A pesar de los lectores tienen ciertas características que permitirían reconocerlos como colaboradores o no de la institución, como lo es el uniforme, la instrumentación que llevan consigo y documentación que confirma su identidad dentro de la institución, estos son claramente falsificables o a su vez, pueden ser obviadas en el control por el propietario del domicilio.

2.8 Riesgo Económico

En sistemas donde la responsabilidad sobre información económica depende de operarios humanos, el riesgo de fraude aumenta ya que se da el conflicto de intereses. Dentro de este sistema cada operario registra una dirección de predio, lo que puede dar lugar a que el mismo reduzca su consumo o a su vez lo desvíe a otros suministros registrados. En realidad el procedimiento de la toma de medidas no puede ser alterado una vez que existe el respaldo físico como el de las hojas de reporte de tomas, sin embargo, el tiempo que tomará hallar esta alteración dentro del sistema, llevará el tiempo de una auditoría exhaustiva a reporte de rutas y cada cuenta activa con sus respectivos históricos de consumo, lo que dificulta una vez más detectar este tipo de eventos.

2.9 Servicio al cliente

Desde el punto de vista del cliente, el hecho de no disponer de un sistema de consulta en línea del consumo que ha realizado hasta el momento, le da una sensación de mal servicio, pues en la actualidad los proveedores le ofrecen servicios que incluyen un control sobre el consumo que realiza y el valor que debe cancelar en tiempo real. Adicional, el hecho de no poder conocer esta información genera cierta incertidumbre e inseguridad acerca de las fechas de facturación por lo que no le permite conocer con exactitud el tiempo límite del pago que debe realizar sino que debe esperar a que llegue la documentación hasta su domicilio ya que no existe ninguna otra vía de consulta. En caso de que no llegue la factura, el cliente se ve obligado a recurrir a la oficina matriz de la institución de facturación ya que no podrá realizar el trámite de pago sin el documento de respaldo, por lo que deberá solicitar una copia certificada de la factura. Esto además de ser un trámite que le tomará tiempo, tendrá un costo en oficinas por los trámites de reimpresión.

2.10 Los problemas en campo

Existen riesgos inciertos que se presentan para los lectores en el momento de recolectar la información. Puede que no se pueda tomar la información del medidor por varias razones, lo que implica un incumplimiento de la ruta y por ende un incumplimiento de los tiempos determinados para este proceso. Esto puede desencadenar reprocesos, lo que implica necesariamente un desembolso adicional de recursos. Es necesario aclarar que todo proceso que desencadene un reproceso, está mal definido desde el inicio, por lo tanto, la necesidad de reemplazarlo es inminente e impostergable.

Para un inicio, como el que tuvo la incorporación de agua potable a la ciudad de Quito, el sistema tradicional contaba con los procedimientos adecuados tanto para brindar el servicio como para realizar la facturación del mismo, pero si trasladamos este sistema a la actualidad, la población y las necesidades de abastecimiento a la misma han crecido, lo que demanda un mayor control sobre las operaciones realizadas y sobre la producción del servicio en sí.

La escalabilidad del sistema tradicional no se realizó con visión al aumento de la demanda del servicio con el pasar de los años, lo que lo vuelve obsoleto frente a la situación que presenta en la actualidad la ciudad de Quito. Por estas razones, la búsqueda de un nuevo sistema basado en las buenas prácticas de servicio, procesos y producción, es una necesidad prioritaria.

Es así que se llega a la conclusión que el nuevo sistema debe cumplir con las exigencias del consumidor actual y las necesidades básicas de control del consumo, que se pudo tratar en párrafos anteriores.

2.11 El sistema Ideal

La idea de suplir todas las necesidades ya planteadas, permite partir del punto de que es necesario un sistema centralizado y automatizado que permita realizar un control sobre los procesos ya definidos en el sistema tradicional, es decir, las

bases que nos otorga el sistema ya incorporado no se modificarán ya que las etapas están bien establecidas. La idea del nuevo sistema entonces no pretende derogar las etapas del sistema actual, pero si afectará la forma de realizar los procesos ya definidos.

El primer punto a tomar en cuenta en el planteamiento del nuevo sistema es el tipo de recolección de datos, que al momento es manual, pero que por los problemas presentados por las fallas en las lecturas, estas deben ser tomadas automáticamente. Un sistema de recolección automática de los datos, no permite datos fuera del rango definido por el medidor digital, los datos son precisos ya que no existe intervención por parte de ningún operario, por lo que la información está en su estado más óptimo.

El siguiente proceso es el ingreso de la información que ya fue tomado, debe ser inalterable, para evitar el riesgo de la posterior mala facturación y reclamos. Si la recolección de información se realiza automáticamente, entonces no hay razón para que los datos que ingresan al sistema tengan que pasar por la manipulación de operarios dentro de la institución, por lo que los mismo son almacenados en una base de datos afín con el sistema.

La seguridad de la información es muy importante, por lo que el nuevo sistema ofrece una plataforma segura de administración de datos. La base de datos donde es almacenada toda la información recolectada no puede ser administrada sino por personal calificado como proveedores u operarios de la institución altamente capacitados.

Hay que cumplir con los tiempos de cada proceso, para evitar incumplimientos en los procesos siguientes o los denominados reprocesos. Un sistema automatizado solo necesita de la programación adecuada para realizar la toma de los datos programados en las fechas necesarias para realizar la facturación. De la misma forma es necesario definir los términos de la facturación y la misma estará lista para el tiempo necesario.

Al poseer una mejor administración de la información recolectada por el sistema, se puede dar un mejor servicio al cliente, pues, al tener un mayor control sobre

todo el consumo, se puede informar al usuario de su condición actual dentro del sistema, permitiéndole así realizar consultas en tiempo real del consumo del servicio, que no solo le permite llevar un control de sus obligaciones en cuanto a fechas y valores de pago sino que adicionalmente incentiva la cultura del ahorro y conciencia por el medio ambiente.

Sin dudas un sistema que resuelve todos estos problemas identificados, debe ser planteado correctamente para que tenga la acogida esperada. Es por esto que si se analiza al sistema tradicional, su principal fuerte radica en la difusión que ha tenido en la comunidad por años, es decir, que todos ya conocen como deben realizar trámites como reclamos y nuevos requerimientos, que conlleva tener el servicio de agua potable, de la misma forma el nuevo sistema tiene que tener la mejor de las difusiones para que todos los beneficios que ofrece sean aprovechados en su máxima capacidad.

2.12 Soluciones existentes

Actualmente las soluciones que se encuentran en el mercado permiten la toma de medidas para obtener reportes y realizar consultas de información orientadas a resultados, sin embargo, este tipo de soluciones se enfocan principalmente al sector de la energía eléctrica. Si bien es cierto que los productos diseñados para este tipo de sistemas no son compatibles tanto en funcionalidad como en estructura a un sistema de agua potable, entregan pautas para realizar la investigación necesaria y proceder a incorporar esta nueva e innovadora forma de trabajo al sistema actual en pequeñas ciudades.

En ciudades con mayor desarrollo tecnológico y económico, el plantear una solución de estas dimensiones conlleva un gran trabajo de investigación del entorno de desarrollo del proyecto. El éxito de la adaptación del sistema diseñado, dependen de cuán preciso y minucioso haya sido el estudio previo realizado, a estas ciudades se las conoce como Ciudades inteligentes o Smart Cities.

Una ciudad inteligente es un conjunto urbano de personas en el que se desarrolla el comercio la industria y servicios con infraestructura y tecnología de vanguardia con el fin de optimizar recursos, brindar el mejor resultado de operatividad y aportar con el medio ambiente.

Según Iese Insight, el quinto portal de negocios más importante de Madrid-España, los aspectos que determinarán si una ciudad es o no inteligente, los encontramos en el trabajo de innovación que se realice en gobernación, gestión pública, planificación urbana, tecnología, medio ambiente, proyección internacional, cohesión social, movilidad y transporte, capital humano y la economía. Las diez ciudades que se destacan dentro de esta clasificación, se las aprecia en la figura 6.



Dentro de la planificación urbana se encuentran los conceptos de conectividad; el desarrollo de ciudades con servicios más accesibles e inteligentes es su principal objetivo. La integración de los usuarios y la centralización de información de los servicios en un sistema de control en tiempo real, asegurará un sistema sostenible, eficiente, seguro y de calidad. El emplear sistemas de automatización y control en los servicios básicos ofertados a los usuarios de una

ciudad, ha revolucionado a los sistemas que suministran servicios como la luz eléctrica. El sistema de transporte de energía eléctrica ha sido uno de los primeros campos en donde se ha experimentado con la implementación de sistemas avanzados de integración y automatización de procesos, con el fin de dar seguimiento actualizado al comportamiento de la infraestructura y del consumo del servicio prestado.

Las mejoras permiten que el sistema de energía eléctrica, por ejemplo, adquieran fiabilidad en la lectura de consumos, seguridad en el procesamiento de datos y calidad y eficiencia en la facturación. Para el año 2010 países como Francia, Alemania e Italia ya contaban con aparatos inteligentes que permiten la captura del consumo de energía eléctrica en cada hogar, siendo la ciudad de Berlín una de las pioneras en implementar redes inteligentes de consumo con el mayor porcentaje de éxito.

La apuesta por los sistemas inteligentes es cada vez mayor, países como Estados Unidos, invierten grandes capitales en estudios de factibilidad y pruebas de prototipos de estas tecnologías con el fin de implementar el mejor sistema en sus ciudades. Alemania, ha implementado este tipo de pruebas al crear todo un hogar tecnológico que va desde una cocina a inducción, duchas con opción a personalización, sistemas de iluminación inteligentes hasta un automóvil eléctrico.

Por mencionar a alguna de las marcas más poderosas en ofrecer este tipo de sistemas en el mercado se tiene a Hidrobal, empresa española ubicada en el municipio español de Calviá, se define a sí misma como "...una empresa del sector del medioambiente que gestiona todos los procesos relacionados con el ciclo integral del agua: la captación, la potabilización, el transporte y la distribución para el consumo ciudadano con absolutas garantías sanitarias."

Hidrobal tiene a su cargo el proyecto de registro de lecturas remotas de contadores de suministros de agua potable del municipio de Calviá, a través del desarrollo de un dispositivo que almacene los datos permanentemente en una base y los transmita a un control de punto a través de una red establecida.



Figura 7. Sistema de Telectura de Contadores de Agua Potable.

En la figura 7, se puede apreciar al dispositivo de toma de datos de consumo. Este proyecto entró en funcionamiento el 16 de enero del 2015.

En Latinoamérica, la empresa pública Aguas de Cartagena ubicada en la ciudad de Cartagena –Colombia, ofrece un sistema de telectura del consumo de agua potable utilizando el dispositivo iMeter, el mismo que está diseñado para controlar el contador individual de un medidor de agua potable. El iMeter, sin embargo no es una solución de la empresa Aguas de Cartagena, iMeter fue diseñado por la empresa española Aqualogy, con el objetivo de automatizar la toma de medidas de consumo de medidores de pulso de fluidos.

La implementación del iMeter ha sido posible en lugares como Reino Unido, Santiago de Chile, Indonesia y Escocia, permitiendo a los usuarios tener mayor control sobre el consumo de agua en sus hogares, sin embargo, los usuarios de Aqualogy, han reportado el más grande inconveniente, el soporte técnico. La gran mayoría de ciudades con este sistema, deben recurrir a los manuales de instalación o distintos proveedores para realizar el despliegue de los dispositivos ya que la compra del sistema no incluye servicios de instalación y mucho menos soporte técnico o mantenimiento a largo plazo para clientes directos, es necesario que se contacte con un distribuidor oficial o canal para obtener esta clase de servicios con la empresa, lo que dificulta el acceso si no se tiene un contacto directo con distribuidores de este tipo en la ciudad requerida para implementar la solución.

3 CAPÍTULO III. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

Conceptualmente el proyecto proviene del internet de las cosas, conocido también por sus siglas IoT. Su principal objetivo, es lograr que todo artefacto o dispositivo electrónico que se encuentra en el entorno, tenga la capacidad suficiente de conectarse a internet con la finalidad de facilitar las tareas de la vida cotidiana.

El interés por parte de las empresas que se dedican al desarrollo de dispositivos electrónicos con conexión a la red, se ha incrementado de forma considerable. En la actualidad se puede encontrar desde relojes inteligentes hasta cámaras especializadas que son capaces de identificar el rostro de un individuo.

Partiendo del concepto de conectividad y automatización de control mencionado en los capítulos anteriores, se propone el diseño y desarrollo del prototipo electrónico, con el fin de dar soluciones a la problemática que actualmente presenta el sistema convencional de toma de datos en los medidores de agua potable en la ciudad de Quito. Cabe recalcar que la migración de medidores analógicos a digitales y la implementación de los dispositivos para la recolección de información remota, representa un avance tecnológico muy importante para la sociedad de hoy en día, proponiendo el concepto de ciudad inteligente.

Las ciudades inteligentes son sociedades con una ideología de progreso y de cuidado del medio ambiente, pues se tiene como objetivo principal, el disminuir la contaminación y el consumo de energía mediante el uso de tecnologías amigables con el planeta, las conocidas tecnologías verdes reutilizables y de larga duración.

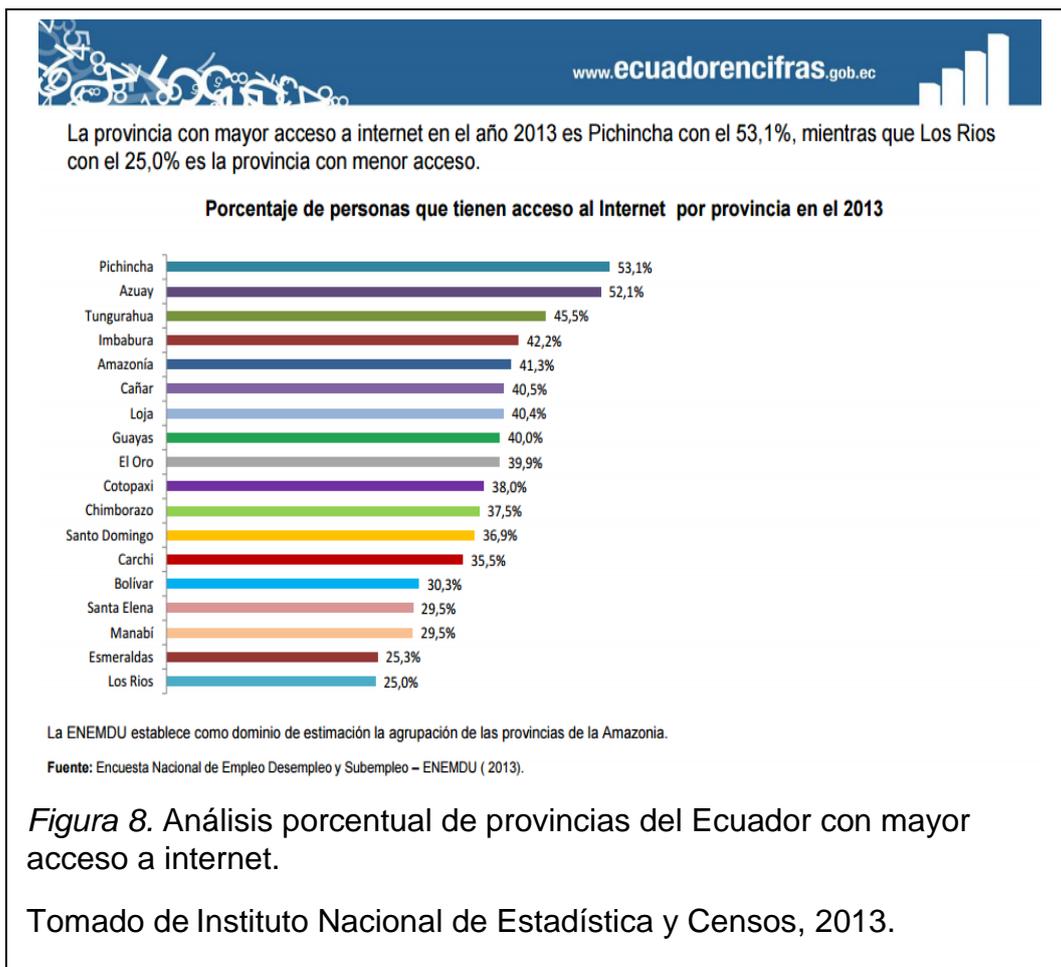
Los problemas existentes que requieren mayor atención son:

- El gran número de personas que se requiere para la recolección de información en cada sector, es uno de los inconvenientes que presenta la empresa de agua potable, lo que representa un costo elevado en recursos, los mismos que podrían ser aprovechados de mejor manera en diferentes actividades.

- Existe un sistema de administración, el cual permite la consulta de información de consumo con respecto al medidor de agua. El inconveniente se da por la carencia de datos en tiempo real. Los datos que se presenta, tienen una diferencia de tiempo significativa, lo cual hace ver desactualizado al sistema.
- Un punto adicional es el riesgo laboral de los lectores que frente a robos y accidentes de tránsito, no se encuentran totalmente protegidos. Por otro lado, se considera una brecha de seguridad a la manipulación indebida de los medidores y la alteración en la información que presenta los reportes de rutas.

El dispositivo en estos momentos no se encuentra en capacidad de ser instalado en establecimientos con tecnología analógica, ya que es necesario el uso de medidores digitales para poder realizar las respectivas conexiones y posteriormente enviar los datos de forma precisa y segura, con el objetivo de beneficiar a los involucrados en el proceso de recolección de datos y garantizar un servicio óptimo para los ciudadanos.

Inicialmente, la implementación se encuentra considerada únicamente para los sectores urbanos de la ciudad de Quito, ya que existe una mayor población con acceso a conexión de datos e internet, mejores condiciones de red y la posibilidad más cercana de una migración en los medidores existentes (Ver figura 8).



3.1 Componentes

El prototipo posee varios componentes electrónicos que cumplen una función específica en el prototipo, y estos son:

- *Arduino Uno*: Placa con microprocesador que permite la interacción con varios componentes electrónicos externos como el sensor de flujo de agua.
- *Arduino Wifi*: Accesorio que hace posible la conexión a internet para el envío de información a una base de datos.
- *Sensor de Flujo de Agua YFS201*: Dispositivo que envía pulsos eléctricos en base a las revoluciones ante el paso de agua (Ver anexo 7).

- *LCD 16x2*: Dispositivo que muestra la información deseada, en este caso los litros/minuto, el volumen total en metros cúbicos y el identificador del sensor.
- *Potenciómetro de 1K*: Permite regular el contraste del display de tal forma que se pueda observar los datos correctamente.

3.2 Arduino Uno

Es considerado una placa de circuito impreso PCB. Fue diseñado de manera que pueda hacer uso de microcontroladores, conectores de entradas y de salidas. Cuenta también con diferentes componentes electrónicos que le permiten funcionar de manera adecuada y de extender sus funcionalidades. (Nussey, 2013, pág. 7)

Los microcontroladores son computadoras de pequeño tamaño con chip integrado, que posibilita al usuario a programar de forma fácil y controlar dispositivos electrónicos mediante conectores que ofrece cada placa.

Varias de las ventajas que se puede encontrar al utilizar Arduino son:

- Las placas son más fáciles de adquirir, a diferencia de otras, como *Basic Stamp*.
- El IDE puede ser instalado en sistema operativo Windows, Linux o Mac OSX.
- Entorno de programación amigable para el usuario.
- El software puede extender sus funcionalidades importando librerías.

En el año 2005, empezó el proyecto de Arduino ante la necesidad de obtener dispositivos asequibles y fáciles de usar para los estudiantes de diseño de interacción y de esta manera dar vida a sus proyectos. (Nussey, 2013, pág. 10)

El proyecto evolucionó a partir del framework de código abierto Wiring para microprocesadores y del lenguaje de programación Processing. Al mantenerse la convención de nomenclatura de Processing en Arduino, los programas desarrollados en la plataforma se denominaron sketches y así se permite que las personas plasmen sus ideas de hardware. Para que no exista error alguno, el IDE tiene un compilador, que despliega de manera efectiva errores encontrados en la estructura del código. (Nussey, 2013, pág. 10)

3.3 Selección de Microcontrolador

Existen varias opciones en el mercado en cuanto a placas con microcontroladores y microprocesadores para la realización del prototipo, entre las más nombradas se encuentran Arduino Uno, Raspberry Pi e Intel Galileo. A continuación se presenta la comparación de los tres dispositivos mencionados.

Tabla 1. Comparación de los Microcontroladores.

PLACA	Arduino Uno	Intel Galileo	Raspberry Pi
PRECIO	\$29.99	\$84.99	\$39.99
RESUMEN	Placa Arduino con pines de entrada y salida análogas y digitales.	Placa con arquitectura x86 basada en Linux con cubierta Arduino y compatible con IDE	Placa de computadora Linux con procesamiento de video y puertos GPIO
PROCESADOR	ATmega328	Intel® Quark SoC X1000	ARM1176JZF-S

VELOCIDAD DEL PROCESADOR	16 MHz	400 MHz	700 MHz
PINS ANÁLOGOS	6	6	-
PINS DIGITALES	14 (6 PWM)	14 (6 PWM)	8 GPIO Digital
MEMORIA	SRAM 2KB - EEPROM 1KB	8MB Flash, 512KB SRAM, 256MB DRAM	RAM 512MB
LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	Arduino / Variantes de C	Arduino IDE (Capaz de ejecutar distribuciones de Linux desde MicroSD)	Cualquier lenguaje soportado por una distribución de Linux (Raspbian o Occidentalis)
PROGRAMADOR	USB, ISP	USB, SSH	Se puede utilizar cualquier editor de texto o IDE´s compatible con Linux directamente en el <i>Raspberry Pi</i>
EXPANSIÓN	Placa o Accesorios	Placa o Accesorios	Placa de Interfaz, como el Plato Pi y Pi de Cobre

Adaptado de Markershed, s.f.

Evaluación de la mejor opción en tanto a aspectos físicos económicos y funcionales que se acoplen al prototipo.

A simple vista se puede ver que Raspberry es la mejor opción, pero si nos preguntamos ¿Cuál es el mejor placa para mi proyecto?, entonces se debe tener en cuenta que si se desea controlar dispositivos como motores, lcds y sensores, la mejor opción es Arduino o Galileo, pero para elaborar un proyecto con cámaras, contenido de video, matemática compleja e interfaces gráficas, la mejor opción es Raspberry. Las tres opciones no son perfectas para todas las aplicaciones, pero es importante la elección correcta dependiendo de las necesidades del proyecto.

Para el prototipo, Arduino ha sido selecto como la mejor opción, ya que tiene un bajo costo y no son necesaria las funcionalidades de audio, video o cualquier contenido multimedia. Otro punto importante que se debe destacar, es la integración de la placa WiFi, como complemento a la base principal.

3.4 Arduino Wi-Fi Shield

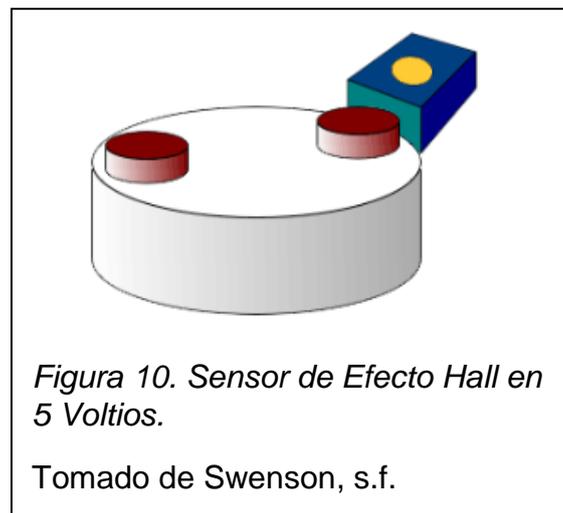
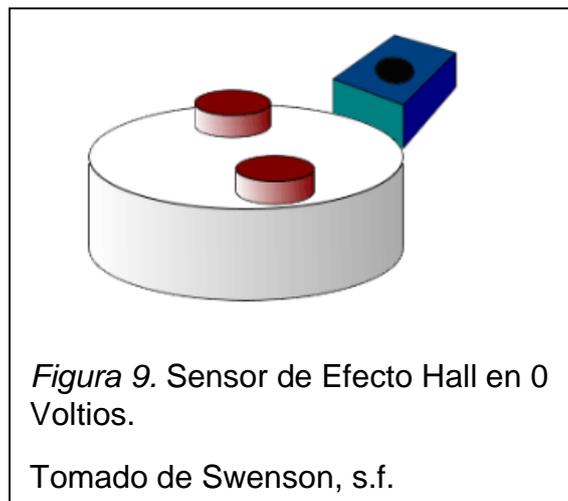
Para que Arduino Uno tenga la capacidad de conectarse a internet de forma inalámbrica, es necesario el uso de la placa Wi-Fi, la cual se la adquiere de forma separada. Al unirse con la base, empieza a funcionar como un cliente o como servidor *Web*, soportando varios tipos de cifrado como es el caso de WPA Personal, WPA2 Personal, y WEP. Una de las funcionalidades especiales, es la integración de un espacio para micro SD, la cual permite el almacenamiento de información en una memoria externa de manera que se pueda compartir los datos.

Es importante hacer uso de las librerías que posee el IDE, para desbloquear todas las funcionalidades que posee la placa.

3.5 Sensor de efecto Hall

El sensor de efecto hall posee una entrada y una salida de agua. Cuando se producen un giro, se genera un pulso que se transmiten mediante el cable de datos.

Gracias a los Sensores de Efecto Hall, se facilita la conexión con los dispositivos de Arduino, haciendo posible la simulación de un medidor de agua para la ejecución de pruebas y recolección de datos.



3.6 Diseño del Prototipo

Durante el diseño del prototipo, se genera tres etapas diferentes para describir cada una de las fases del proceso.

3.6.1 Primera Etapa

En la fase inicial, se realiza el diseño esquemático del prototipo, haciendo uso de la herramienta ISIS, la cual presenta la conexión de la placa base Arduino, con el accesorio Wi-Fi perteneciente a la misma compañía, las mismas que se conectan en conjunto con la base, formando así un dispositivo inalámbrico. Previo a dicha conexión, se procede a juntar el sensor de efecto hall, el display y el potenciómetro. Cabe recalcar que existen pines de entrada y de salida en ambas placas Arduino, por lo que se inicia verificando el funcionamiento de cada uno de los pines.

Como se puede observar en la figura 11, se conecta el sensor de efecto hall en el pin digital 2. La función de este pin, es actuar como un interruptor externo, el cual recibe los pulsos que pasan por el cable de datos en cada rotación que produce el paso de agua.

A continuación se muestra la integración del LCD 16x2 con la finalidad de desplegar la información necesaria, como es el caso del consumo de agua en litros por minuto, el volumen total y el identificador del sensor. Arduino envía los datos mediante los pines A1, A0, 5, 6, 8 y 9, ya que los otros puertos digitales 4, 7, 10, 11, 12, se encuentran ocupados por la placa Wi-Fi. Se debe tomar en cuenta que el LCD tiene un pin de lectura y escritura, sin embargo para el presente dispositivo, no es necesaria la función de lectura, por lo que se conecta a tierra directamente para saetear la función de escritura.

De manera que se logró visualizar de claramente la información en el LCD, se maneja un potenciómetro conectado en el pin VEE del display de forma que sea

posible la regulación del contraste. Los pines VDD y VSS, se conectan a 5 voltios y a tierra respectivamente.

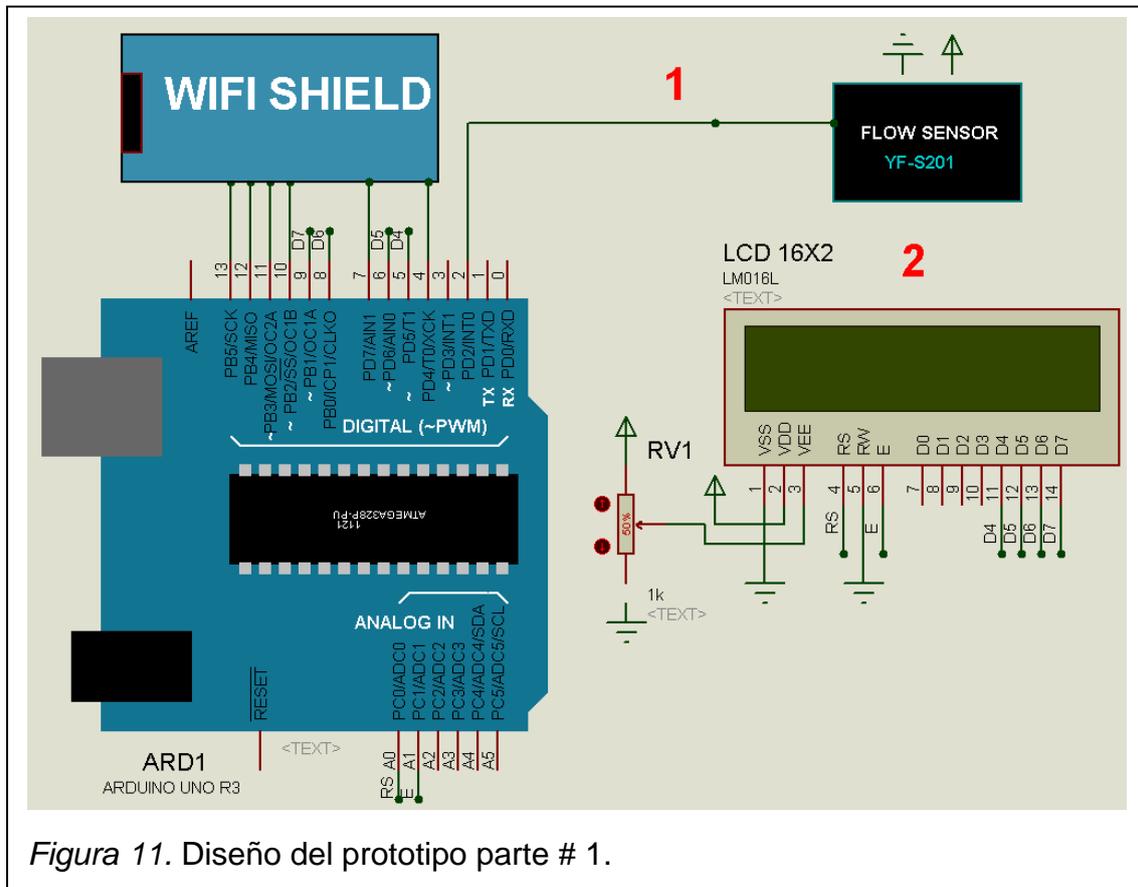


Figura 11. Diseño del prototipo parte # 1.

3.6.2 Segunda Etapa

En la segunda fase, se efectúa las conexiones de los componentes que serán ubicados en una PCB mediante la aplicación de regletas de diferentes tamaños, de tal forma que sea posible el enlace con las placas de Arduino y el sensor, formando así el prototipo físico como se puede ver en la figura 12. El funcionamiento del display, hace referencia a la simulación de un medidor digital, el cual es necesario para el funcionamiento del dispositivo final.

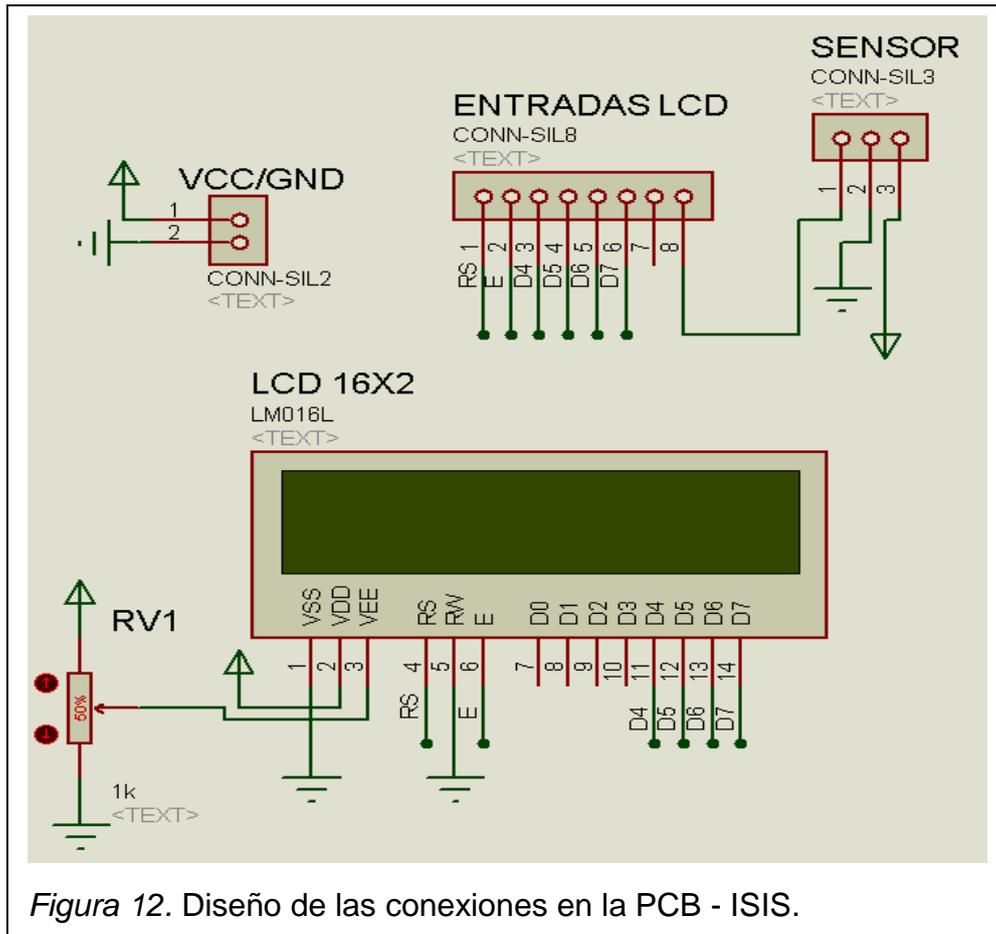
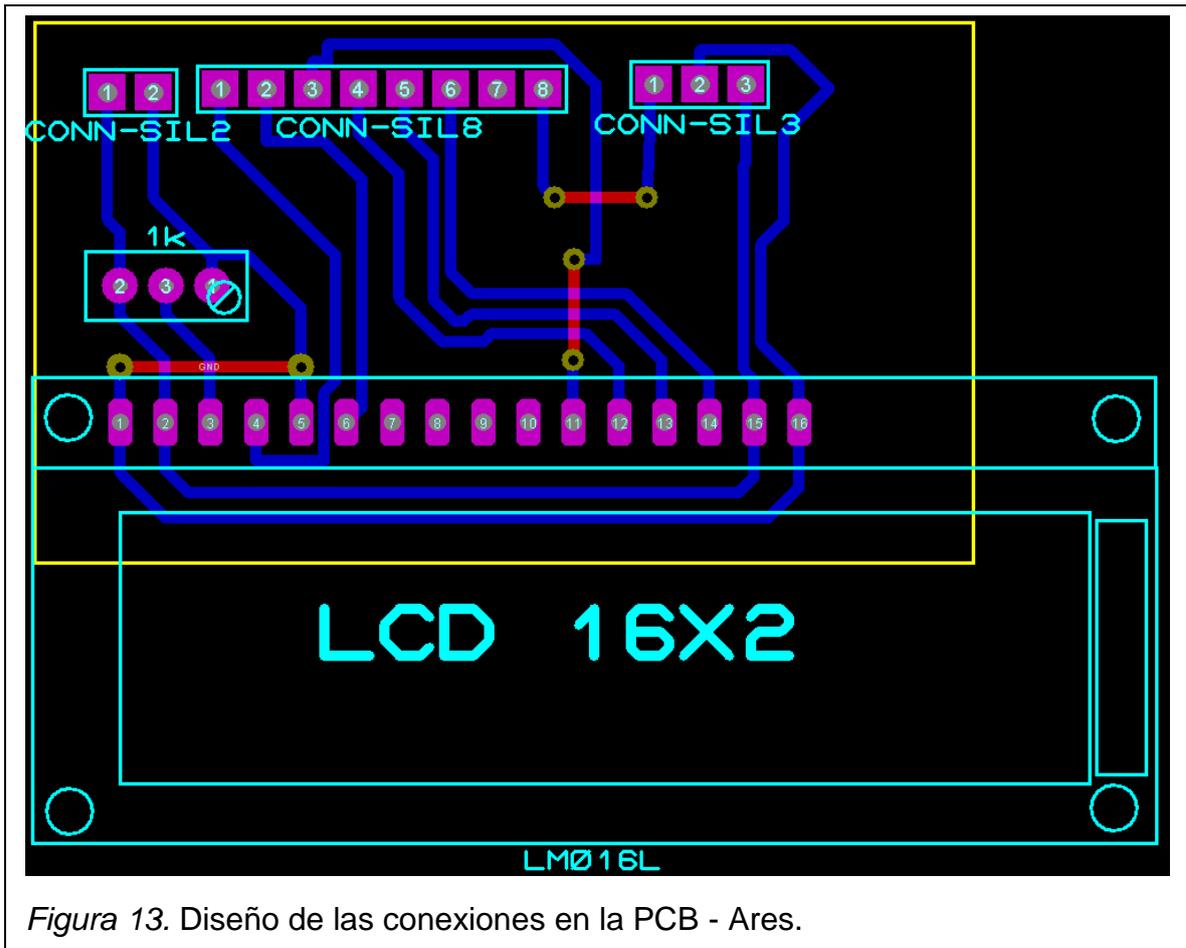


Figura 12. Diseño de las conexiones en la PCB - ISIS.

3.6.3 Tercera Etapa

Gracias a las funcionalidades de la herramienta ISIS, es posible la visualización del diseño de la PCB mediante la opción ARES, de tal forma que sea posible la fabricación de la placa de circuito impreso (Ver figura 13).



3.7 Construcción del Prototipo

En la fase de construcción, se empieza por la fabricación del PCB, seguido de las conexiones entre cada componente y se concluye con la caja que permitirá la protección del prototipo.

Se inicia juntando todos los componentes que se menciona en el diseño inicial. También se realiza la impresión del esquema PCB en un papel termotransferible o brillante (Ver figura 14).

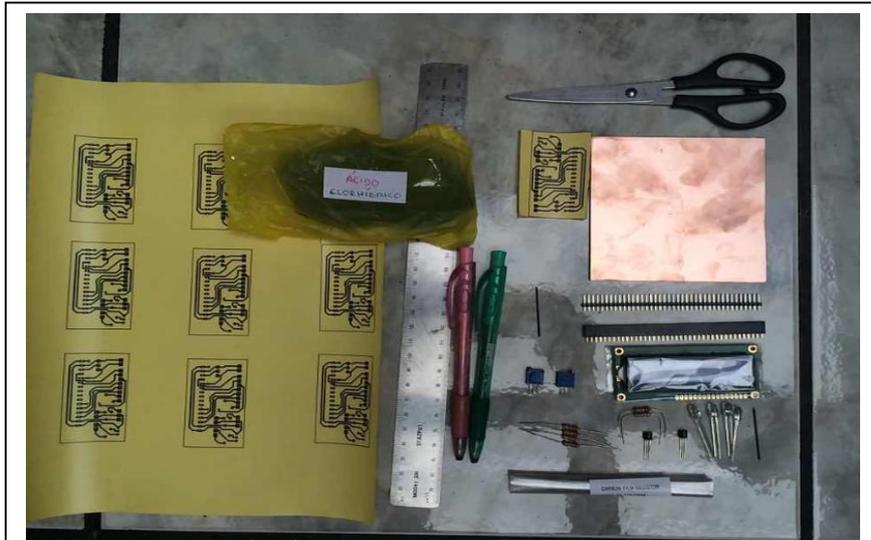


Figura 14. Materiales del medidor digital.

Posteriormente, se realiza los cortes de los diseños que sean necesarios, cuidando de que no se salga el tóner del papel (Ver figura 15).

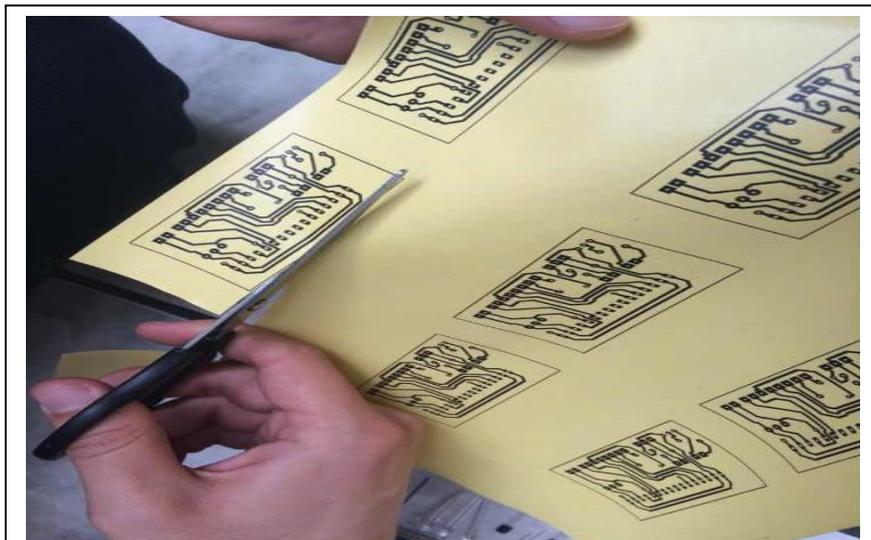


Figura 15. Recortes del diseño.

Se dibuja el borde del diseño en el PCB, para realizar los cortes de forma precisa (Ver figura 16).



Figura 16. Dimensionamiento en el PCB.

Haciendo uso de una mini sierra, se corta cuidadosamente las placas de acuerdo al el número de diseños que se tenga (Ver figura 17).



Figura 17. Recortes del PCB.

Si queda algún residuo en el borde de las placas, se lija uniformemente hasta tener una forma lisa en cada lado (Ver figura 18).



Figura 18. Lijado de los bordes.

Después, se lava la placa por primera vez, para que se retire cualquier impureza que se haya dejado en pasos anteriores (Ver figura 19).

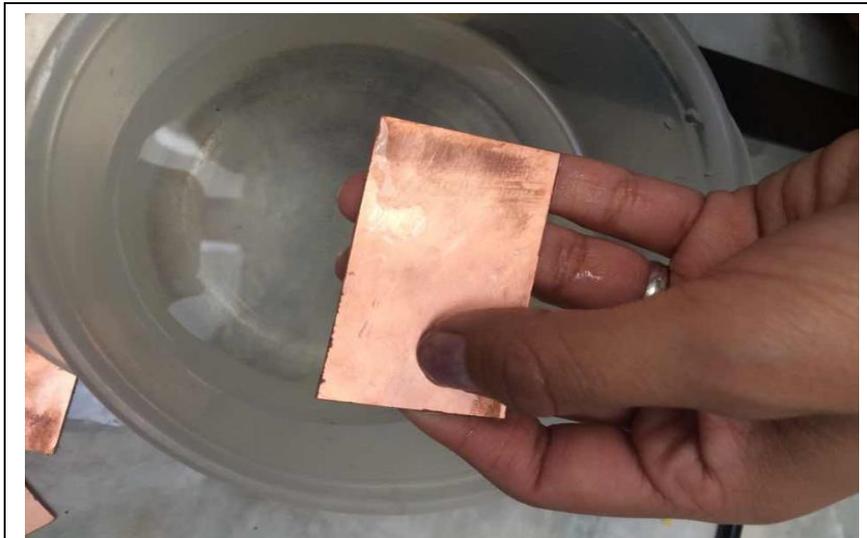


Figura 19. Primer lavado.

Ciertas manchas o marcas pueden quedar en la superficie, por lo que se necesita limpiarlo con una lija delgada o esponja de cocina, evitando así, el retiro excesivo de cobre (Ver figura 20).

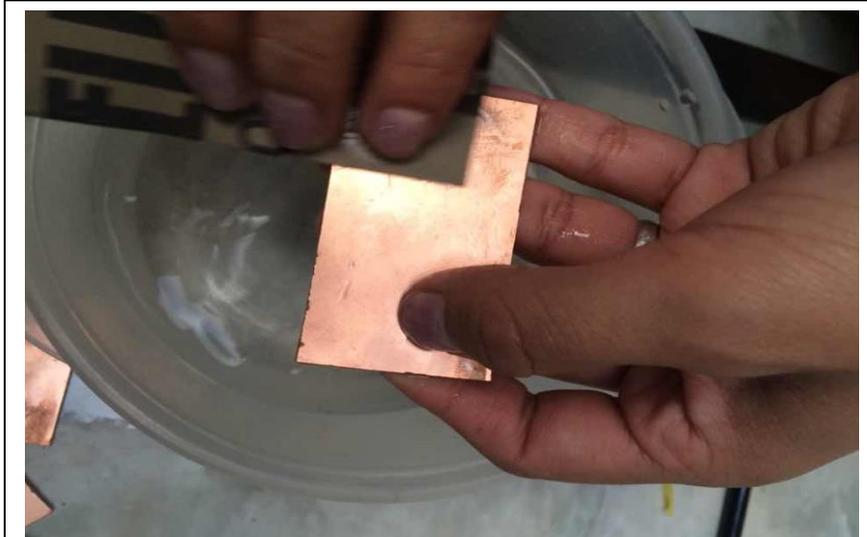


Figura 20. Lijado de la superficie.

Se lava a la placa por segunda vez, para retirar residuos del lijado (Ver figura 21).



Figura 21. Segundo lavado.

Se termina la limpieza, utilizando alcohol o agua oxigenada. En este paso, ya no se debe tocar la superficie de la placa (Ver figura 22).



Figura 22. Aplicación de alcohol.

Tras la limpieza del PCB, se procede a ubicar el diseño en la placa, evitando que se mueva bruscamente (Ver figura 23).

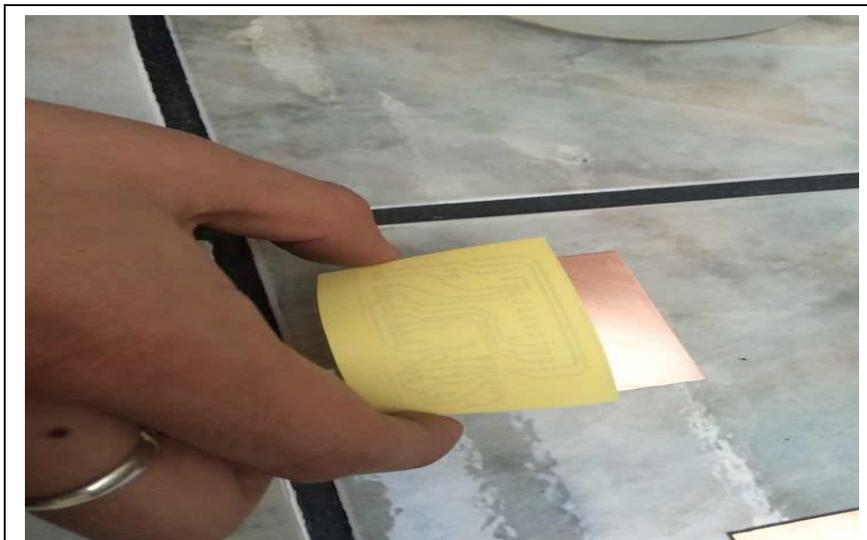


Figura 23. Posicionamiento del diseño.

Mientras se tiene mantiene fijo el diseño, se procede a calentar la placa junto con el papel durante dos minutos (Ver figura 24).



Figura 24. Método de planchado.

Se espera alrededor de 5 minutos, mientras el papel se humedece por completo y el tóner se graba en el cobre (Ver figura 25).



Figura 25. Grabado del tóner.

Cuidadosamente, se retira el papel termotransferible y se verifica que no se haya alterado el diseño. En el caso de que suceda, se lo completa con un marcador permanente (Ver figura 26).

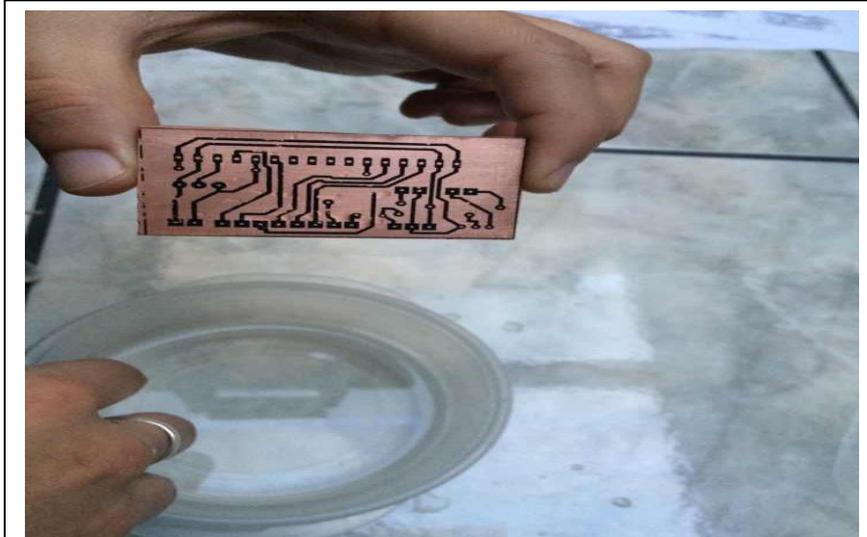


Figura 26. Retiro del papel.

Se coloca tres cucharadas de ácido clorhídrico granulado, en un recipiente de plástico (Ver figura 27).



Figura 27. Preparación del ácido clorhídrico líquido.

Se utiliza agua caliente para que la reacción química en la placa sea rápida (Ver figura 28).



Figura 28. Mezcla del ácido.

Después de 5 a 10 minutos, se procede a retirar la placa del ácido. Si el color se torna más claro, se puede decir que la placa se encuentra lista para el siguiente paso (Ver figura 29).



Figura 29. Retiro del PCB.

Con un algodón lleno de acetona, se limpia el tóner de la placa, de forma que se ve el diseño inicial cubierto de cobre (Ver figura 30).



Figura 30. Limpieza del tóner.

Mediante el uso del taladro, se realiza las perforaciones en los lugares correctos (Ver figura 31).



Figura 31. Perforación del PCB.

Se procede a soldar cuidadosamente cada uno de los elementos en la placa (Ver figura 32).



Figura 32. Soldadura de los componentes.

Al terminar la soldadura de los componentes, se corta los residuos de los elementos para que se vea estéticamente bien y sea fácil de manipular (Ver figura 33).

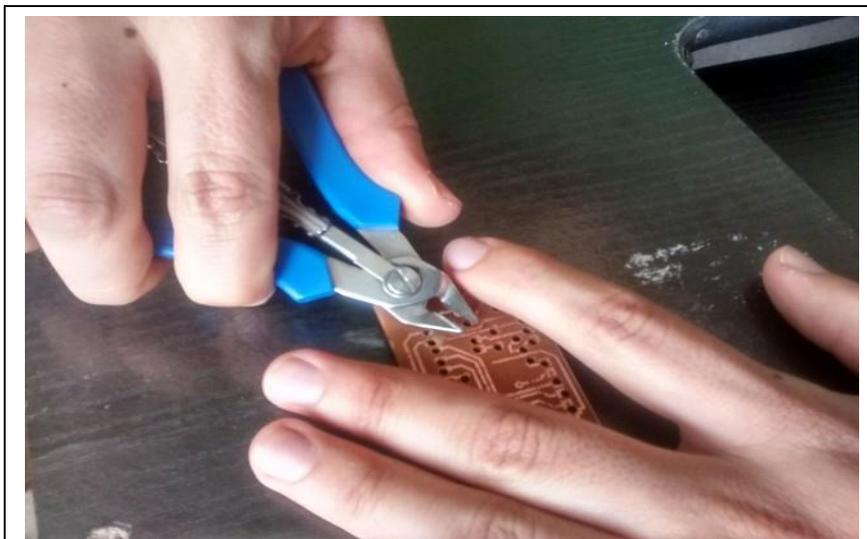


Figura 33. Cortes en los componentes.

Tras varios intentos por terminar la fabricación de la placa, se concluye de manera exitosa (Ver figura 34).

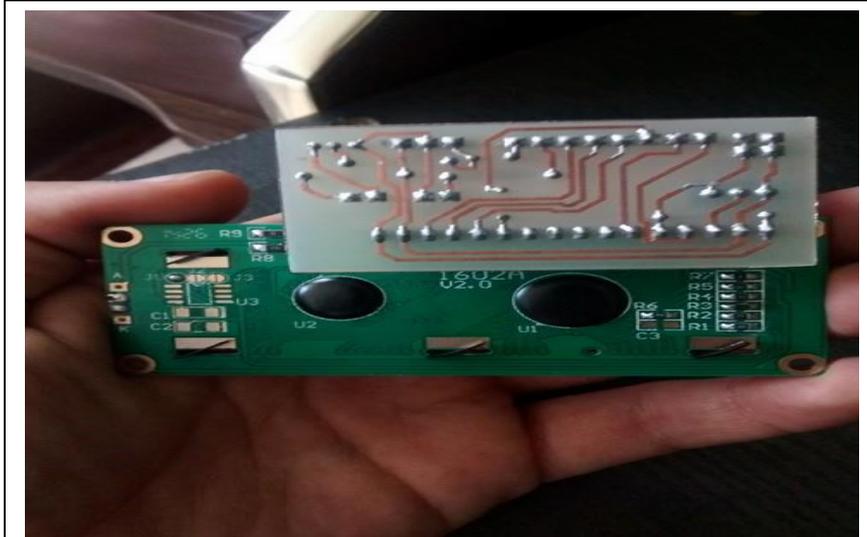


Figura 34. Parte posterior del PCB.

Se puede observar todos los componentes conectados en la placa (Ver figura 35).

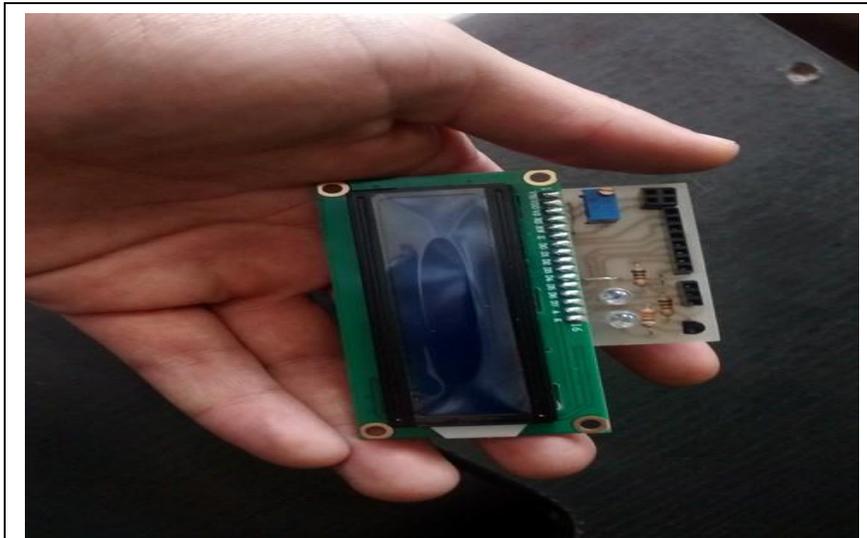


Figura 35. Parte posterior del PCB.

A continuación, se realiza las respectivas conexiones con los dispositivos de Arduino (Ver figura 36).

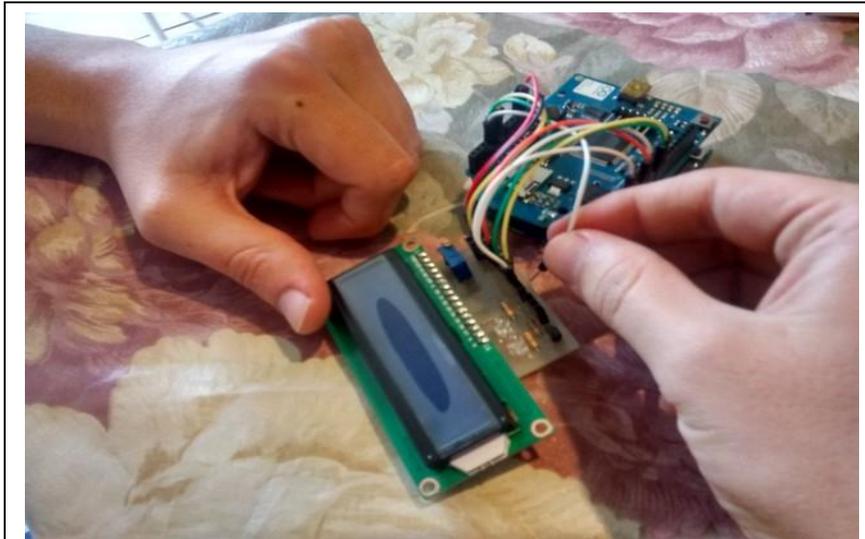


Figura 36. Conexión del PCB con Arduino.

Se realiza la conexión del sensor, tomando en cuenta los pines adecuados (Ver figura 37).

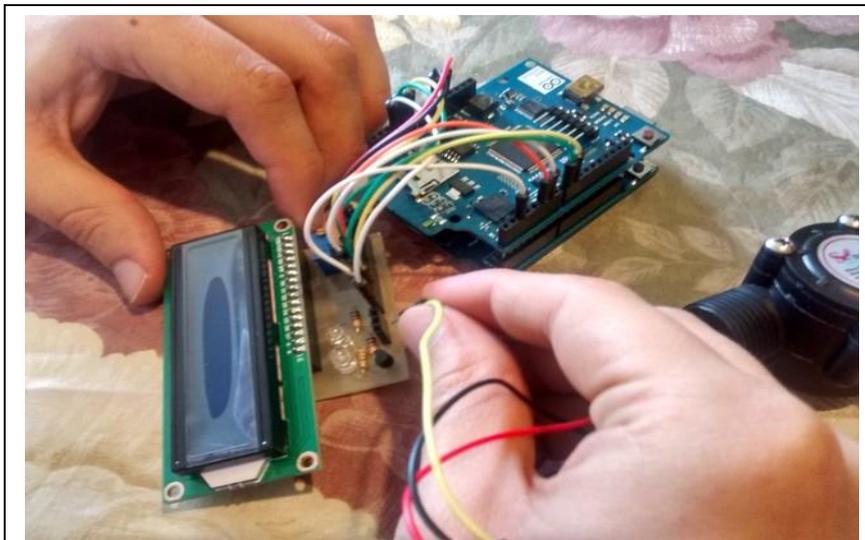


Figura 37. Conexión del PCB con el sensor.

Al terminar con las conexiones entre todas las partes, el prototipo se encuentra listo para ser programado (Ver figura 38).



Figura 38. Prototipo conectado.

Para la parte del recubriendo, se adquiere una caja de plástico resistente al agua, polvo, entre otros elementos (Ver figura 39).



Figura 39. Caja de plástico.

Se agrega una esponja negra en la parte inferior del prototipo para sujetar y realiza dos aberturas para la conexión de los cables. Cabe recalcar que cuando exista la presencia del medidor digital, solo se tendrá que hacer un agujero para el cable de datos (Ver figura 40).

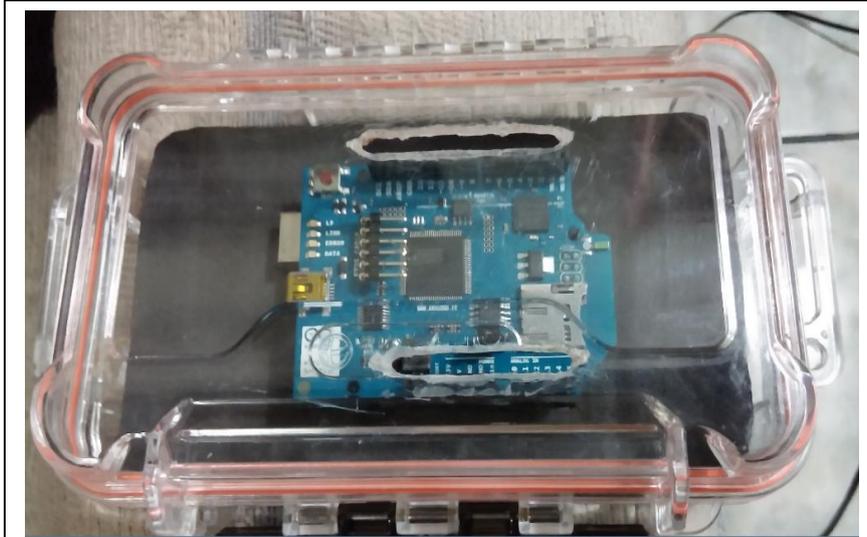


Figura 40. Modificación de la caja.

Es necesario un orificio adicional para el cable de poder. Se los recubre con silicón para evitar el paso del agua. En este caso también se agrega el cable usb tipo A/B para la conexión al computador (Ver figura 41).



Figura 41. Conexión del cable Tipo A/B y cable de poder.

Se coloca dos pedazos de esponjas en los orificios superiores para la protección del prototipo (Ver figura 42).

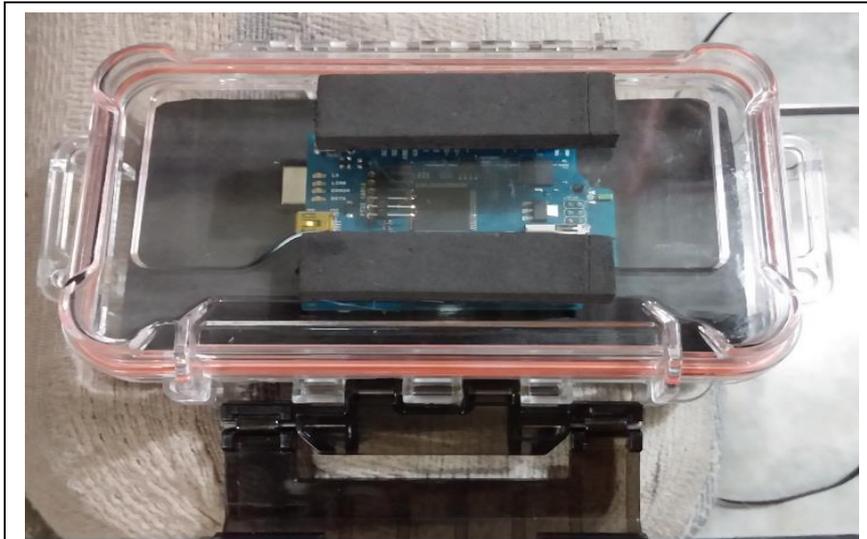


Figura 42. Cobertura de orificios.

Por último se atraviesa los cables por los orificios en las esponjas de tal forma que sea fácil la conexión al LCD (Ver figura 43).

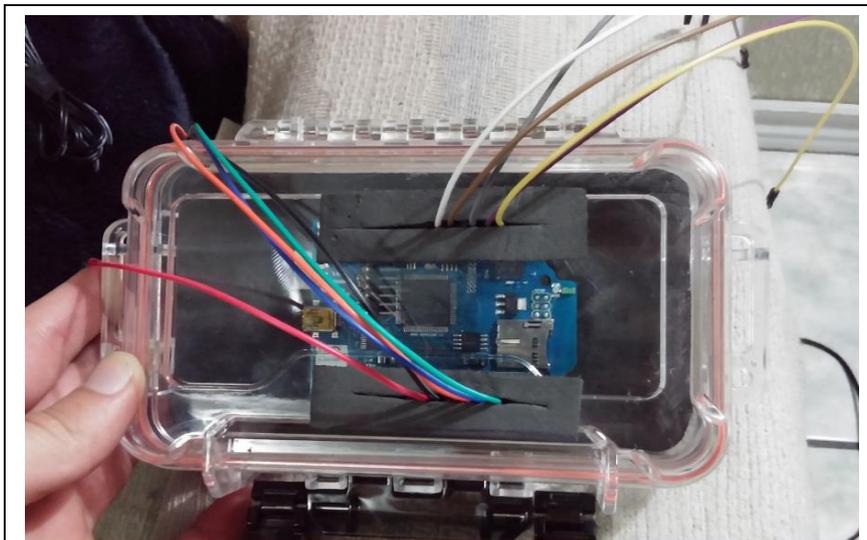


Figura 43. Prototipo terminado.

4 CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL SOFTWARE DE ADMINISTRACIÓN

El prototipo consta de un software de administración, el cual ejecuta la gestión de la información de tal forma que los datos se muestren claramente tanto en administradores como en clientes.

El sistema se encuentra conformado por el recolector de información, el almacenamiento de datos en servidores y el front que despliega consultas para el cliente permitiendo así, control de cuentas y tarifas para el administrador, es decir que está constituido por el programa en Arduino, la base de datos creada en MySQL, y la página web construida en PHP, HTML y CSS, respectivamente.

4.1 MySQL

MySQL hace referencia a un popular sistema gestor de base de datos conocido y que posee un buen rendimiento. A pesar de que le faltan varias funcionalidades encontradas en otros sistemas, es fácil de usar y asequible para los usuarios en general gracias a su libre distribución en internet soportando e en varios sistemas operativos, entre ellos, Windows y Linux. (Casillas, Ginesta, & Pérez, s.f.)

A continuación se listan algunas de las características más relevantes que posee la herramienta:

- Su administración se basa en usuarios y privilegios.
- Su desarrollo se basa en C/C ++.
- Puede funcionar como cliente-servidor o integrado en aplicaciones.
- Cuando se habla de estabilidad, es altamente confiable.
- Se destaca en la velocidad de respuesta. (Casillas, Ginesta, & Pérez, s.f.)

4.2 PHP

Es un lenguaje de programación y una herramienta útil para el desarrollo de páginas web dinámicas e interactivas para el usuario. Dicho lenguaje es eficiente, de código abierto y una buena alternativa. (W3Schools, s.f.)

4.3 CSS

Es un mecanismo sencillo, por medio del cual se hace referencia a la forma de presentar o imprimir un documento en pantalla. Los desarrolladores al hacer uso de CSS, tienen el control total sobre los estilos de las páginas web. Se puede aplicar tanto a HTML como a XML y funcionan en base a reglas o declaraciones aplicadas a uno o a varios elementos. (W3C, s.f.)

4.4 Base de Datos del Sistema de Administración

Gracias a la herramienta Dia de código abierto, se diseña la base de datos partiendo por el modelo entidad-relación. A continuación se realiza el diagrama en el aplicativo MySQL *Workbenck*, el cual posee una interfaz fácil de utilizar y un sinnúmero de opciones capaces de ejecutar tareas simples y complejas. Finalmente se obtiene la base de datos lista para almacenar, modificar y eliminar información que tenga coherencia con su estructura.

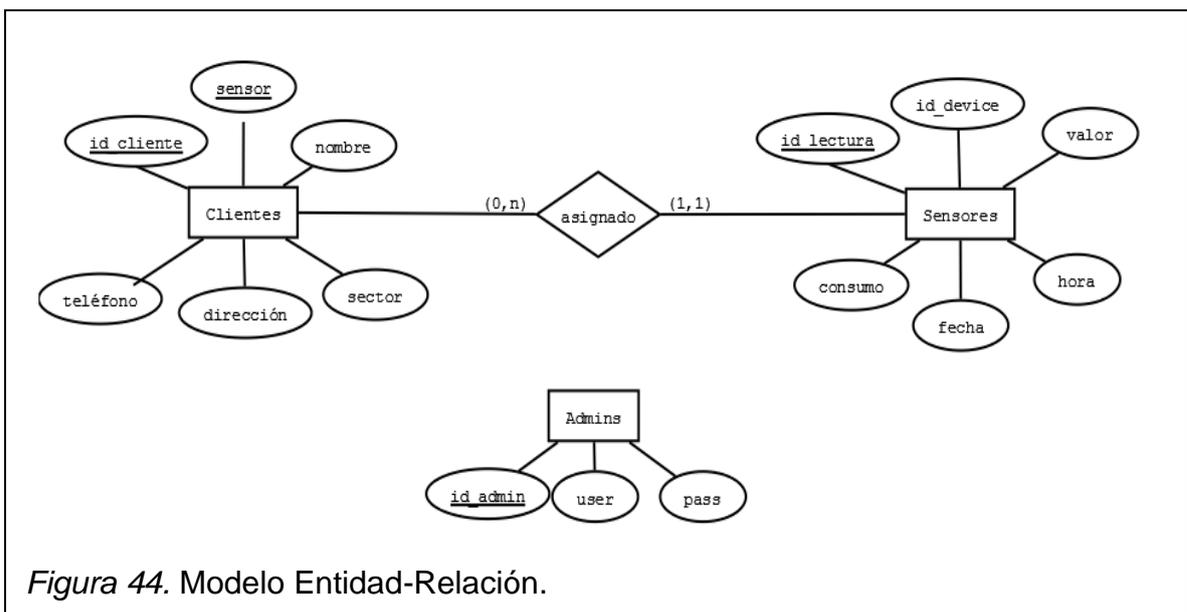
Una entidad se define en una estructura de base de datos con el fin de representar a objetos o cosas reales o abstractas diferenciándolas entre sí por sus características únicas, las mismas que proveen información precisa sobre la entidad. A estas características se las denomina atributos.

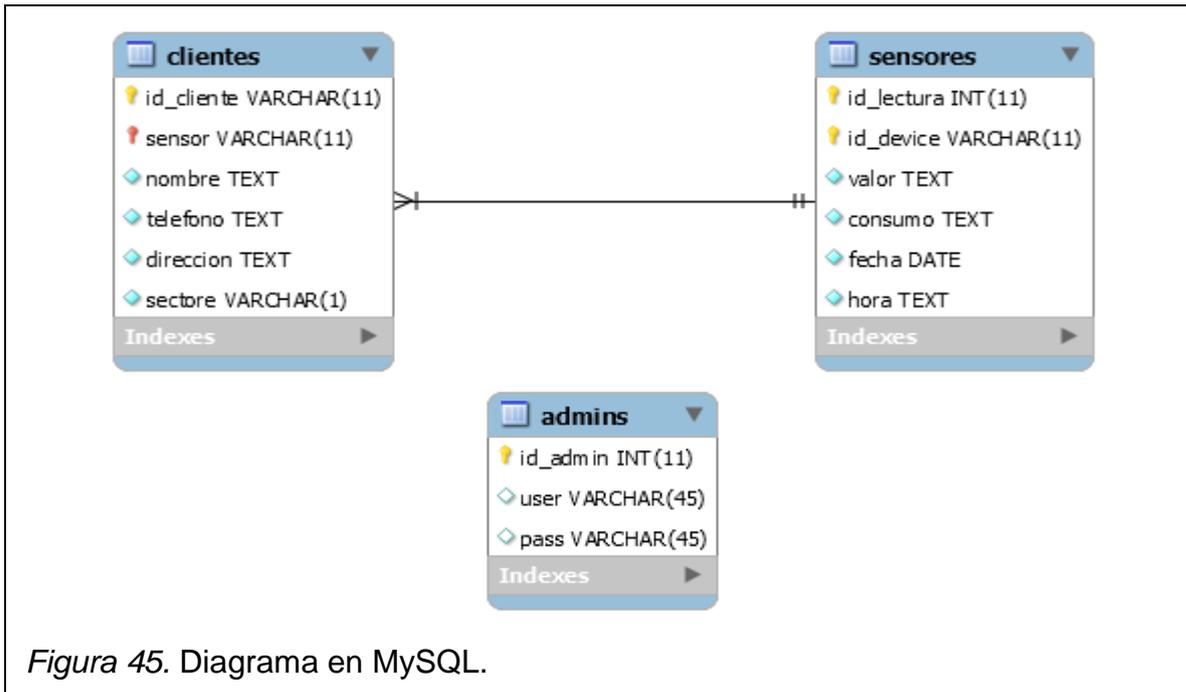
El planteamiento del modelo entidad relación, permite vincular a varias entidades, creando una dependencia entre aquellas que compartan atributos. Existen varias relaciones de cardinalidad que permiten diferenciar y clasificar el tipo de relación que se establece entre las entidades. Para el presente proyecto,

el modelo de cardinalidad que se ajusta apropiadamente al concepto y estructura de trabajo de la base de datos es “Uno a muchos”.

“Uno a muchos” permite que un elemento o registro de una entidad se relacione con muchos registros de otra entidad, limitándolo a existir una sola vez en la entidad.

La base consta de las entidades clientes, sensores y admins presentados en la figura 45 en el modelo entidad-relación y en el diagrama de MySQL ilustrado en la figura 46. Las entidades de clientes y sensores son aquellos que se relación. El sensor posee el identificador del dispositivo, el consumo de agua, el valor a pagar junto con la fecha y hora de la medición. En clientes se ingresa datos personales y el sensor asignado. Por último se tiene a los admins o administradores, los cuales tendrán acceso a la parte de gestión que tiene la herramienta de administración.





4.5 Programa de Arduino

El programa de Arduino consta de varias líneas de código para establecer la conexión, calcular y enviar la información a la base de datos.

Gracias a la IDE de Arduino, se puede reutilizar los ejemplos precargados para cada interacción de la palca base con los componentes activos, pasivos y placas compatibles.

Es importante tomar en cuenta que todo lo que el prototipo realiza, se lo puede ver en la consola serial, de tal forma que sea fácil identificar los errores en el dispositivo.

4.5.1 Librerías

Se empieza por importar tres librerías soportadas por el IDE y la placa WiFi:

1. SPI: La presenta librería se denomina Interfaz Periférico Serial, la cual es un protocolo síncrono de datos en serie que permite establecer la

comunicación entre uno o varios dispositivos encontrados a cortas distancias de manera rápida. En la conexión SPI existe un dispositivo maestro, que por lo general es un microcontrolador, el mismo que toma el control de los dispositivos periféricos. (Arduino, Arduino WiFi Shield, s.f.)

2. WiFi: Se utiliza la siguiente librería, con la finalidad de que Arduino tenga la posibilidad de conectarse a internet mediante la placa WiFi. Puede actuar como un servidor que acepta conexiones entrantes o como un cliente que realiza conexiones salientes. La biblioteca soportan cifrados WEP y WPA Personal y WPA2 Personal. Cabe recalcar que sin el SSID, la conexión de la placa WiFi no puede funcionar. Arduino y su placa inalámbrica logran la comunicación mediante el uso del bus SPI, es por esta razón se hace uso de la librería SPI. (Arduino, Arduino WiFi Shield, s.f.)
3. EEPROM: Como el microprocesador en Arduino tiene una memoria EEPROM, es necesario el uso de esta librería para poder leer y escribir en dicha memoria. (Arduino, EEPROM Library, s.f.)
4. LiquidCrystal: Por último, la librería LiquidCrystal, crea un tipo de variable, el cual hace posible el despliegue de información en el LCD del prototipo. (Arduino, LiquidCrystal Library, s.f.)

La forma en la que se importa las librerías se realiza de la siguiente manera:

- `#include <SPI.h>`
- `#include <WiFi.h>`
- `#include <EEPROM.h>`
- `#include <LiquidCrystal.h>`

4.5.2 Medidas del Caudal

Las medidas de caudal en tuberías se realizan de distintas formas, todo dependerá del instrumento que se utilice para realizar la medición. La medida de caudal utilizada con mayor frecuencia en el mercado es aquella que interpreta a la señal de pulso como una función cuadrática generada por la frecuencia de pulsos diferencial. El instrumento utilizado en el presente proyecto, toma las mediciones del caudal empleando la detección de rotación de las paletas de una turbina direccionada al flujo de corriente del fluido, es decir, se emplea un caudalímetro a turbina.

Las partes principales de este caudalímetro son el captor magnético y el rotor de turbina. Una vez que el fluido corre en dirección de las paletas del sensor, se genera una tensión en la bobina interna, pues el campo magnético generado se interrumpe en el momento que el detector capta este movimiento. La salida de pulsos que produce el sensor, está determinada por la frecuencia con que suceda la tensión anteriormente descrita.

$$7,5Q \left[\frac{L}{min} \right] = \text{Pulso de Frecuencia (Hz)} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

Q: Presión diferencial, relacionada con el flujo de fluido por el tiempo, corresponde a caudal.

Pulso de Frecuencia: Es una señal de pulso de una onda cuadrada. Se definirá como 1 cuando exista paso el agua y 0 cuando no. Se mide en hercios (Hz).

7,5: Es una constante que dependerá de características del producto como la densidad y/o diámetro interno y externo del sensor. Esto está definido por el fabricante.

Es entonces que la fórmula para calcular la medida de un caudal por presión diferencial del sensor corresponde a la otorgada por el fabricante en las especificaciones técnicas del producto, definidas en la ecuación 1.

Pulse frequency (Hz) / 7.5 = flow rate in [L/min]

$$7,5Q \left[\frac{L}{min} \right] = \text{Pulso de Frecuencia (Hz)}$$

$$7,5Q[L] = \text{Pulso de Frecuencia (Hz)} \times [min]$$

$$Q[L] = \frac{\text{Pulso de Frecuencia (Hz)} \times [min]}{7,5}$$

4.5.3 Variables

Existen varias variables que son utilizadas en el programa y a continuación se presenta la funcionalidad de cada uno de ellas.

Tabla 2. Variables del programa

VARIABLES	DEFINICIÓN
LiquidCrystal lcd	Variable que asigna los pines por los cuales se envía la información.
Int id	Identificador del sensor.
Float valorPagar	Valor a pagar por el consumo del agua.
Byte interrupcionSensor	Representa el número de interrupción.
Byte pinSensor	Número de pin en el cual se conecta el sensor.

Float factorCalibracion	Factor del sensor que muestra los pulsos por segundo por litro/minuto.
Volatile Byte contadorPulsos	Realiza el conteo de los pulsos que emite el sensor.
Float flowRate	Almacena los litros/minuto.
Unsigned int flujoMililitros	Almacena los mililitros/segundo.
Float totalMililitros	Almacena el volumen total en mililitros.
Float descuentoSe	Porcentaje del descuento según el sector económico.
Long u	Unidad.
Long d	Decena.
Long c	Centena.
Long uM	Unidad de mil.
Long dM	Decena de mil.
Long periodoFact	Periodo de facturación en segundos.
Unsigned Long pasoTiempo	Guarda un valor de tiempo para saber que ya paso un segundo.
Int envioDeDatos	Segundos transcurridos antes del envío de datos.
Int segundos	Contador de un ciclo while.
Char ssid	Nombre de la red inalámbrica.
Char pass	Contraseña de la red inalámbrica.
Int keyIndex	Número de índice de la clave de red, se lo utiliza únicamente cuando es una conexión WEP.

Int status	Estado que informa cuando no se encuentra conectado a una red, pero esta encendido.
Char server	Nombre del servidor.
WiFiClient client	Inicia la conexión con el servidor.

Nota: Se realiza la descripción de cada una de las variables, de forma que se entienda su uso en los posteriores métodos. La variable que posee la palabra *unsigned*, únicamente almacena valores positivos. Por otro lado, el término *volatil*, dirige al compilador a cargar una variable que se encuentra en la RAM y no la de un registro almacenado.

4.5.4 Métodos

Para que el programa funcione correctamente, se utiliza diferentes métodos, los cuales realizan las funciones necesarias, como es el caso del envío de información a la base de datos. Gracias al repositorio de información de Arduino, se detalla cada una de los métodos por defecto que incluye el IDE.

4.5.4.1 Interrupción

Se habla de interrupciones, siempre y cuando se produzca un cambio de estado de 1 a 0 o viceversa en las entradas de la placa.

4.5.4.2 Attach interrupt

El presente método especifica un ISR, denomina Servicio Rutinario de Interrupción, el mismo que es llamado cuando sucede una interrupción. Si se hace uso de la misma, reemplaza cualquiera de las funciones previamente atadas a interrupción mencionada. Los pines que pueden ser utilizados para

emplear el método, es en el pin digital 2 y 3. Son de gran utilidad al realizar automáticamente ciertas tareas en los programas de microcontroladores y resolver problemas de sincronización. Existen varios tipos de interrupciones que pueden ser utilizados según la necesidad de cada proyecto:

- *LOW*: Cada vez que el pin interrupción se encuentre en 0, se mantiene ejecutando la función asignada una y otra vez hasta el cambio de estado.
- *CHANGE*: Ejecuta la rutina cada vez que cambie de estado.
- *RRISING*: Se utiliza siempre y cuando el pin detecte un cambio de estado de 0 a 1.
- *FALLING*: Funciona cuando el estado cambia de 1 a 0. (Arduino, AttachInterrupt(), s.f.)

La utilización de cada tipo, dependerá de las necesidades para cada proyecto.

Tabla 3. Métodos del programa

MÉTODOS	FUNCIÓN
Void flow()	Cambio de estado al momento de ejecutar la interrupción.
Void escribireep()	<p>Eeprom es la memoria en la que se almacena el valor de consumo. La memoria solo guarda un número de 8 bits, es decir, el número más grande a guardar es el 255. El consumo supera indudablemente el límite, por lo que es necesario que se divida este registro para ser guardado en distintas direcciones de la memoria.</p> <p>Ejemplo:</p> <p>Consumo = 13457</p> <ul style="list-style-type: none"> • $dM = \text{consumo}/10000 = 1$ • $uM = (\text{consumo} - (dM * 10000))/1000 = 3$

	<ul style="list-style-type: none"> • $c = (\text{consumo} - ((dM * 10000) + (uM * 1000))) / 100 = 4$ • $d = (\text{consumo} - ((dM * 10000) + (uM * 1000) + (c * 100))) / 10 = 5$ • $u = (\text{consumo} - ((dM * 10000) + (uM * 1000) + (c * 100) + (d * 10))) = 7$ <p>Todas las variables son de tipo Long, lo que numéricamente significa que solo se tomará la parte entera del resultado.</p>
Void leerep()	<p>Lee las posiciones de la memoria eeprom. A partir de la lectura, se reconstruye el número.</p> <p>Ejemplo:</p> <p>$dM = 1; uM = 3; c = 4; d = 5; u = 7$</p> <ul style="list-style-type: none"> • $\text{consumo} = u + (d * 10) + (c * 100) + (uM * 1000) + (dM * 10000)$
Void sendata()	<p>Si el cliente se encuentra conectado al servidor, se envía el dato de id, valorPagar y consumo a la base.</p>
Void printWifiStat us()	<p>Muestra el SSID, la IP y la fuerza de la señal recibida en la red conectada.</p>
Void setup()	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se inicializa el LCD 16x2 junto con los pines declarados en la variable lcd. 2. Se asigna al pin A2 de Arduino como puerto de entrada para los pulsos del sensor. 3. Abre el puerto serial e ingresa una tasa de transmisión de 9600 bps. 4. Se inicializa la interrupción con los parámetros necesarios. 5. Lee la memoria eeprom en la primera posición para comprobar si se encuentra vacía. Si lo está, empieza a

	<p>contar desde 0 y si no los está, toma el valor en el que se guardó por última vez.</p> <ol style="list-style-type: none"> 6. Se habilita la interrupción. 7. Después de la inicialización de variables, se muestra en el LCD la palabra “Iniciado...”. 8. Posteriormente se verifica que exista la presencia de la placa WiFi. Si se encuentra conectado, sigue con el programa, si existe algún inconveniente, se despliega un mensaje de error. 9. A continuación se realiza el intento de conexión a la red. Si falla al conectar, lo intenta cada 10 segundos. 10. Por último se llama al método de enviar.
Void loop()	<p>La importancia de este método radica en el cálculo y la asignación de las variables previamente descritas. Cada segmento ejecuta las siguientes acciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mientras exista bytes de entrada desde el servidor, la información se muestra en la consola de monitoreo serial. 2. Cada segundo se calcula, se presenta los datos de litros/minuto, volumen total en litros en el LCD. En la consola se muestra los litros/minuto, el volumen total en litros, el consumo en metros cúbicos y el valor a pagar. Se envía los datos después de un cierto tiempo, el cual se lo especifica en la variable de segundo. 3. Antes de llegar al fin del método, se valida el periodo de facturación, dependiendo del tiempo en segundos que se asigne a la variable periodoFact, el consumo se vuelve cero y empieza nuevamente el conteo.

- | | |
|--|--|
| | 4. Finalmente se llama al método de <code>escribereep()</code> para que se guarden los datos en la memoria <code>eeprom</code> . |
|--|--|

Nota: Se detalla detenidamente todas las funciones que realiza cada uno de los métodos en el programa.

4.6 Página Web de Administración

El software de administración, se divide por paginas HTML en conjunto con PHP, uno para la administración de la herramienta y el otro para las consultas del cliente. Las funcionalidades que se ofrece, son varias empezando por la seguridad y finalizando en las consultas de información que se encuentra en la base de datos.

4.6.1 Inyección SQL

Gran parte de los desarrolladores de páginas web, pasan por alto el tema la alteración en las consultas SQL, es decir que los atacantes son tan hábiles que logran eludir ciertos controles de acceso para evadir los tradicionales métodos de autenticación. La técnica de inyección SQL, se basa en alterar consultas existentes con parámetros ocultos, de tal forma que se logre sobrescribir la información o peor aún, introducir comandos no permitidos que pueda perjudicar la integridad de la base. (Php, s.f.)

4.6.2 Get y Post

Cuando se envía los datos a través del método GET, estos son transportados en la URL y se los puede visualizar al momento que el sitio termine de cargar. POST procede a enviar la información mediante formularios que no se muestran en el código fuente de la página HTML. (Velasquez, 2013)

Tabla 4. Páginas Html y Php

PÁGINA	FUNCIONAMIENTO
Conexion.php	<p>Se inicia por la página de conexión, la misma que accede a la base de datos alojada en el servidor seleccionado.</p> <p>Otra funcionalidad del sitio, es la capacidad de evitar la inyección SQL que se menciona anteriormente.</p> <p>Si por algún motivo existen problemas para conectarse a la base, se muestra el error existente.</p>
Arduino.php	<p>Desde la presente página hasta la última, se incluye la conexión de manera que se pueda acceder a la base de datos sin inconvenientes.</p> <p>El sitio valida que exista contenido en las variables enviadas desde el programa de Arduino. Si la respuesta es positiva, se ingresa un nuevo registro tomando los datos del identificador del sensor, el consumo, el valor a pagar, la fecha y hora del servidor, caso contrario se muestra el respectivo error.</p>
Index.php	<p>En el presente archivo, se presenta la parte de inicio de sesión para el personal que posee acceso a la herramienta. Al ingresar la información en los cuadros de texto, el formulario POST envía los datos ingresados hacia el sitio ingreso.php.</p> <p>Cada página contiene sus validaciones para informar los errores que se presentan. Si se recibe un error = 1 enviado por el método GET, se imprime el aviso "LAS CREDENCIALES SON INCORRECTAS".</p>

Ingreso.php	<p>Se empieza tomando las credenciales del administrador mediante las variables POST de usuario y contraseña.</p> <p>Se comprueba la existencia del registro en la tabla admins, de forma que sea posible iniciar la sesión y mostrar el próximo sitio.</p> <p>En el caso de fallo en la validación de credenciales, se muestra el error = 1 de index.php.</p>
Administrador.php	<p>Se consulta todos los datos en la tabla de cliente, donde se presenta en la pantalla junto a la opción para modificar y eliminar el registro. Al seleccionar el sensor, se despliega la página opciones.php.</p> <p>La opción de modificación, envía los identificadores tanto del cliente como del sensor hacia la página nuevo.php con un valor mod = 1 para diferenciar de la creación de un nuevo usuario.</p> <p>Nuevamente en la eliminación, se envían ambos identificadores y se direcciona hacia eliminar.php.</p> <p>Existen dos botones, uno para crear un nuevo usuario y otro que permite salir de la sesión.</p> <p>Al crear un usuario, se puede asignar varios sensores al mismo, por lo que si llega a existir un registro de este tipo, recibirá un warning = 1 y se desplegará el mensaje “EL REGISTRO SE HA INGRESADO CORRECTAMENTE CON EL NOMBRE DEL USUARIO REGISTRADO”.</p> <p>Si no encuentra información alguna en la tabla, se despliega un mensaje de que no hay datos.</p>
Opciones.php	<p>En la venta se muestra siguientes botones:</p>

	<p>con ciertas funcionalidades haciendo uso del lenguaje JavaScript:</p> <ul style="list-style-type: none"> • tabla.php. • graficaMes. • graficaDia.
Tabla.php	<p>La información presentada, hace referencia a todos los registros del sensor seleccionado, los cuales almacenan la información proveniente del sensor, según el tiempo establecido en el programa Arduino.</p> <p>Adicionalmente, se paginan los datos de tal forma que se despliegue la información de manera eficaz.</p>
GraficaMes.php	<p>Tras seleccionar el año y la fecha, se presenta un histograma de los consumos más altos de cada día del mes gracias a librería Highcharts.</p>
GraficaDia.php	<p>La página muestra otro histograma de los diez últimos consumos de cada día al momento de seleccionar la fecha deseada, utilizando nuevamente la librería ya mencionada.</p>
Nuevo.php	<p>Para el caso de tener un nuevo cliente, se muestra los campos para el ingreso de información personal y el identificador del sensor. La mayoría de los campos, valida los datos ingresados de la siguiente forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cédula: Máximo de 10 dígitos. • Sensor: Máximo de 7 dígitos. • Nombres: Únicamente letras. • Dirección: Acepta letras, números y caracteres especiales en un máximo. • Sector Económico: Acepta un número del 1 al 9. • Teléfono: Máximo de 15 dígitos.

	<p>Existe el botón de Guardar Registro, el cual dirige el contenido de los campos hacia la página de guardar.php, mientras que el botón de regresar, vuelve al sitio del administrador.</p> <p>En la parte de validaciones, se tiene tres casos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. En la validación inicial, se verifica que exista el identificador del dispositivo en la tabla de sensores, en caso de no estar registrado, el error # 3 entra en acción, mostrando un mensaje de la inexistencia del sensor. 2. Si los campos identificadores de cliente y sensor ya se encuentran en la base, se despliega el error # 2 que menciona la existencia del registro. 3. En el caso de encontrar al cliente y hallar el sensor en otro cliente, se visualiza el error # 1, el cual deja saber la existencia del dispositivo en otro registro. <p>Si se obtiene el valor de mod = 1, se muestran los mismos campos encontrados en la parte de nuevo cliente, variando las opciones de ingreso. Aparecen dos botones en la parte inferior, el de Modificar Registro, que direcciona al sitio modificar.php y el botón de Regresar. En este caso, solo se habilita la modificación en los campos de dirección y teléfono, mientras que en las otras cajas de texto, solamente se presenta la información guardada.</p>
Guardar.php	La página obtiene mediante variables POST, todos los valores provenientes del formulario de nuevo cliente.

	<p>Posteriormente se realizan las consultas a la base para determinar la existencia de registros almacenados en la tabla cliente. Las validaciones son las que se explican en el sitio nuevo.php.</p> <p>Si la información ingresada es la correcta, se valida el caso de que exista el cliente. Si la respuesta es positiva, se almacena la información reemplazando el nombre por el existente en la base, caso contrario se envía la información tal cual.</p>
Modificar.php	Se toma los datos que proviene del formulario modificación y realiza los cambios necesarios en el registro.
Eliminar.php	Se elimina el registro de la tabla cliente, haciendo uso de las variables GET, las cuales toman los datos de identificación que se envía desde la página administrados.php.
Consumo.php	<p>En este sitio, se encuentra un campo en el que se ingresa el identificador del sensor y un botón de consultar, el mismo que procede a mostrar el último valor de consumo y el precio a pagar por el suministro de agua.</p> <p>En caso de no existir el sensor, se despliega un mensaje informativo.</p>

Nota: Se describe cada una de las páginas contenidas en el sitio web. Se toma la seguridad necesaria para proteger la información por lo que mientras no se ingrese el usuario de administrador, no es posible acceder a ninguna de las páginas a excepción del sitio cliente. Todos los campos o cajas de texto, deben de ser llenados para poder continuar hacia las diferentes páginas de la herramienta.

4.7 Integración y Funcionamiento

La energía que se proporciona al prototipo, puede ser suministrada de dos formas, la primera por una batería de 9 voltios conectada a la placa base y la segunda con un adaptador que convierta la corriente alterna entre 100-240v a corriente continua de 9 voltios y 1 amperio. Además se puede hacer uso de las baterías para mantener en funcionamiento al prototipo.

Para posibilitar la integración del prototipo con el sistema de administración, debe existir obligatoriamente una conexión a internet, ya sea alámbrica o inalámbrica, de tal forma que permita el acceso a la base de datos alojando en el servidor web desde las viviendas de los usuarios finales. En el presente proyecto se ha contemplado el método inalámbrico para facilitar la conexión física del prototipo.

Actualmente, los proveedores de internet, son aquellos que facilitan los dispositivos inalámbricos a los usuarios finales. Estos equipos soportan el estándar IEEE 802.11 a/b/g/n y son capaces de establecer cifrados WEP, WPA Personal y WPA2 Personal, las mismas que son aceptadas por la placa WiFi.

Para que se de protección al sistema de administración, se implementa una parte de código en el archivo de conexión a la base de datos, el cual evita que se presente un ataque por inyección SQL, la misma que se menciona en un capítulo anterior. Únicamente el personal que posea tanto el nombre de usuario como la clave de acceso, será capaz de administrar la herramienta, haciendo uso de todas sus funcionalidades.

5 CAPÍTULO V. PRUEBAS Y RESULTADOS

En cada etapa de construcción y programación del prototipo, se realizaron pruebas para adaptar la funcionalidad de acuerdo a los lineamientos planteados en el inicio del proyecto. Las comprobaciones tienen como objetivo, verificar el desempeño del prototipo tanto en el software como en el hardware. A continuación se brinda una descripción de las pruebas efectuadas en la construcción del dispositivo y del sistema de administración.

5.1 Pruebas del Caudal

Para calcular el error relativo respecto a algún referente, es necesario calcular a la par el error absoluto. El error absoluto se define como la cantidad exacta o real obtenida de una medición.

El error relativo plantea una comparación entre el resultado de la medición del error absoluto y la referencia de lo que se mide. A continuación, se utiliza la teoría del error relativo para obtener el porcentaje de diferencia entre las medidas que arroja el medidor analógico y las medidas obtenidas del medidor digital.

Para que las pruebas se realicen en las mismas condiciones y la comparación sea válida, se define un mismo ambiente para aplicar pruebas.

5.1.1 Ambiente de pruebas

Se ha colocado dos mangueras tanto para el medidor analógico como para el digital. En el primer caso, se puede visualizar los datos en el display y en la consola de software tras el paso de agua, mientras que en el medidor analógico, los resultados son reflejados en su mismo contador.

Se utiliza dos baldes de 11 litros de capacidad para poder tener la referencia real de cuanto volumen pasa de un balde a otro. Se emplea el uso de una bomba

que por especificaciones técnicas puede entregar hasta 720 litros por hora o 12 litros por minuto.

5.1.2 Prueba bomba de agua

Como primer paso, se comprueba la cantidad de litros que la bomba puede entregar. Para lograr las mediciones, se utiliza una de las dos mangueras, los dos baldes y un cronómetro (Ver figura 46).



Figura 46. Medición de la bomba.

Tabla 5. Medición de la bomba.

BOMBA – LITROS	SEGUNDOS
8.7	61.100
8.5	59.980
8.5	60.020
8.6	60.978

8.6	61.010
8.5	59.993
8.5	60.021
8.5	60.000
8.5	59.787
8.6	60.990
8.5	60.000
8.5	60.021
8.5	60.000

La bomba entrega un promedio de 8.5 litros por minuto, lo que refiere a 510 litros por hora.

5.1.3 Prueba de sensor

La siguiente prueba se la realiza al sensor (Ver figura 47), para evidenciar que cantidad de pulsos por minuto está entregando (Ver figura 48).



Figura 47. Medición del sensor.



Figura 48. Verificación de los rpm.

Tabla 6. Pruebas al Sensor.

SENSOR - RPM	PRUEBA
55.0	1
55.0	2
56.0	3
55.0	4
55.0	5
56.0	6
55.0	7
55.0	8
55.0	9
55.0	10

Se concluye que el funcionamiento del sensor junto con la bomba, está entregando un promedio de 55.0 rpm o pulsos por minuto.

Para verificar el correcto funcionamiento del medidor digital, se utiliza el software en Arduino, los baldes, mangueras y cronómetro.



Figura 49. Ambiente para el medidor digital.

En las diez pruebas realizadas, no existe congruencia entre la cantidad de litros medidos por el software, con la cantidad de litros que tenemos en el balde, como podemos ver en la tabla 7.

Tabla 7. Pruebas de software.

MEDIDA REAL	SOFTWARE
5.5	4.36
4.7	3.56
3.0	1.86
6.6	5.46
7.7	6.56
5.8	4.66
6.0	4.86
3.5	2.36
6.3	5.16
1	0

Nota: Se realizaron pruebas con el factor de 7.5, pero no se obtuvo los resultados esperados.

Razón por la cual, se revisa la fórmula planteada en un capítulo anterior.

$$Q[L] = \frac{\text{Pulso de Frecuencia (Hz)} \times [\text{min}]}{7,5}$$

Si se toma los datos obtenidos por las dos pruebas anteriores, se tiene la medida de caudal máxima entregada por la bomba y los pulsos de frecuencia del sensor utilizado.

El siguiente paso es el reemplazo de los pulsos de frecuencia en la fórmula.

$$Q[L] = \frac{55.0[\text{rpm}]}{7,5}$$

$$Q[L] = 7.33$$

Como resultado tenemos un caudal de 7.33 litros, lo que no equivale a los 8.5 litros que está entregando la bomba, como lo evidencia la tabla 5.

El siguiente reemplazo es mantener el Caudal de la bomba y obtener las rpm.

$$8.5[L] = \frac{\text{Pulso de Frecuencia (Hz)} \times [\text{min}]}{7,5}$$

$$\text{Pulso de Frecuencia (Hz)} \times [\text{min}] \text{ o RPM} = 63.75$$

Se tiene 63.75 (rpm), lo que tampoco concuerda con los datos obtenidos en la tabla 6, que son las pruebas realizadas al sensor. Por lo tanto, el único factor que no va acorde en la fórmula y que es variable de acuerdo a las especificaciones del fabricante es 7.5, factor que ha sido colocado de acuerdo a la tubería utilizada, y las curvaturas por las que el caudal debe pasar previo al ingreso al sensor. Adicionalmente se debe tomar en cuenta, el tipo de acoples

que se emplea para armar el circuito de tubos o mangueras, en nuestro caso, por donde pasa el caudal.

Si se reemplaza los dos datos ya obtenidos de las pruebas anteriores, se podrá despejar el valor de la constante.

$$Q[L] = \frac{\text{Pulso de Frecuencia (Hz)} \times [\text{min}]}{7,5}$$

$$8.5[L] = \frac{55.0}{X}$$

$$X = \frac{55.0 [\text{rpm}]}{8.5[L]}$$

$$X = 6.47$$

Para validar que el factor que se obtiene es el correcto, se realiza pruebas reemplazando la constante inicial indicada por el fabricante que es 7.5 por el valor 6.47.

Tabla 8. Pruebas de software # 2.

MEDIDA REAL	SOFTWARE
5.0	4.999
3.4	3.399
2.0	1.999
6.6	6.599
7.7	7.699
5.5	5.499
4.7	4.699
3.0	2.999
4.5	4.499
4.3	4.299

Nota: Tras varias pruebas realizadas, se obtienen los valores de la tabla.

La prueba realizada en el medidor analógico se la muestra en la figura 50 y para el caso del medidor digital, se presentan en las figuras 51 y 52.



Figura 50. Paso del agua con el medidor analógico.



Figura 51. Paso del agua con el sensor de flujo.



Figura 52. Información de litros en medidor digital.

5.1.4 Pruebas entre medidores analógico y digital.

Una vez ajustado el programa para medir el caudal, es indispensable realizar pruebas entre la cantidad de agua que registra el medidor analógico, versus la cantidad que muestra el medidor digital.

Empleando el mismo ambiente de pruebas, se utiliza el medidor analógico (Ver figura 53), digital (Ver figura 54), las mangueras, los acoples para el sensor, un acople de $\frac{1}{2}$ de cabecera inversa para el medidor analógico, los baldes con capacidad de 11 litros y el software para el prototipo.



Figura 53. Pruebas con medidor analógico.



Figura 54. Pruebas con medidor digital 1.

En la figura 55, se puede observar el paso de los litros junto con los segundos transcurridos.

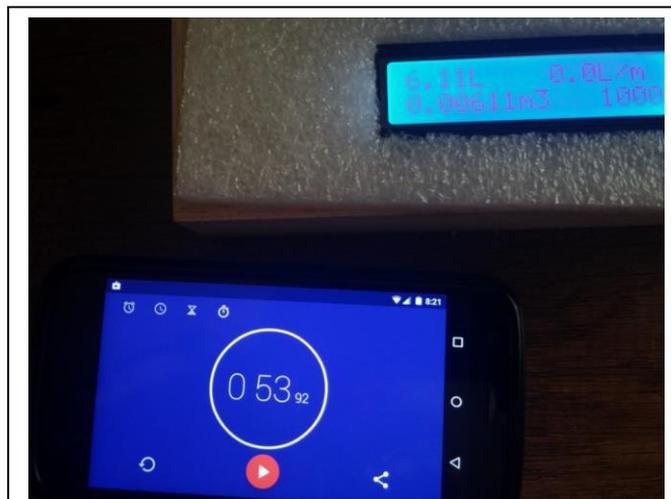


Figura 55. Pruebas con medidor digital 2.

Tabla 9. Comparación Medidor Análogo-Digital.

Análogo	Digital	Seg.	Diferencia	% error
6.0	5.91	49.95	0.075	1%
6.0	5.93	51.9	0.039	1%
6.2	6.11	52.22	0.044	1%

6.1	6.11	53.92	0.04	1%
6.3	6.22	54.63	0.038	1%
5.9	5.87	53.12	0.038	1%
6.2	6.18	54.13	0.038	1%
6.0	5.98	51.78	0.032	1%
6.0	5.99	51.99	0.031	1%
6.0	6.00	52.03	0.038	1%
6.0	5.98	48.73	0.034	1%
6.0	5.94	51.62	0.03	1%

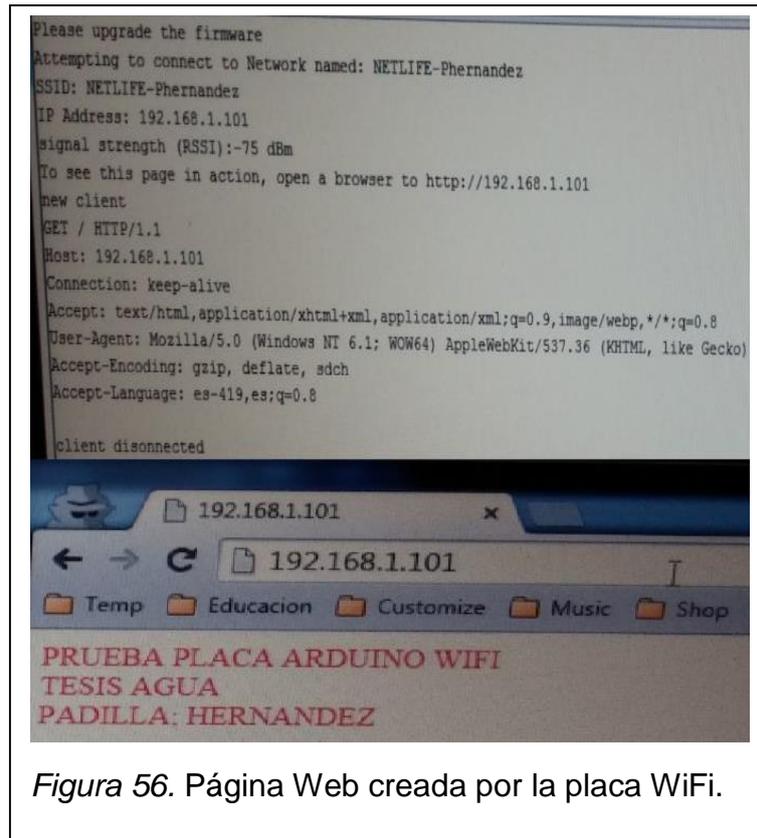
5.2 Pruebas del Prototipo Arduino

Para validar el programa de Arduino, se empieza por la conexión a internet, la fórmula para calcular el consumo, el envío de la información a la base de datos, el reinicio del consumo cuando cumpla el tiempo de facturación establecido, por último que sea posible leer el último registro de consumo guardado al reiniciar el prototipo.

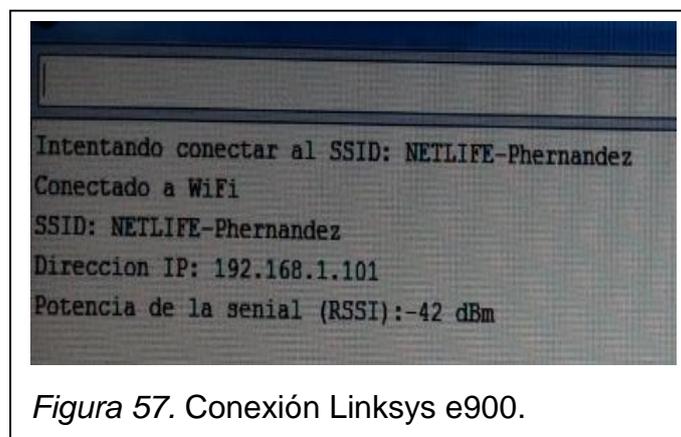
Los parámetros que varían en el programa, son:

- El SSID.
- Clave para WEP, WAP Personal o WAP2 Personal.

A continuación se levanta brevemente un servidor simple de tal forma que se pueda validar el correcto funcionamiento del accesorio WiFi (Ver figura 56).



La conexión se efectúa de forma exitosa en las diferentes redes de prueba. Mientras la placa intenta conectarse, se visualiza en la consola serial, los procesos ejecutados por el programa. La primera primer enlace se establece en un Router Linksys e900 (Figura 57) y el segundo se conecta a un Modem Huawei e5330 (Figura 58).



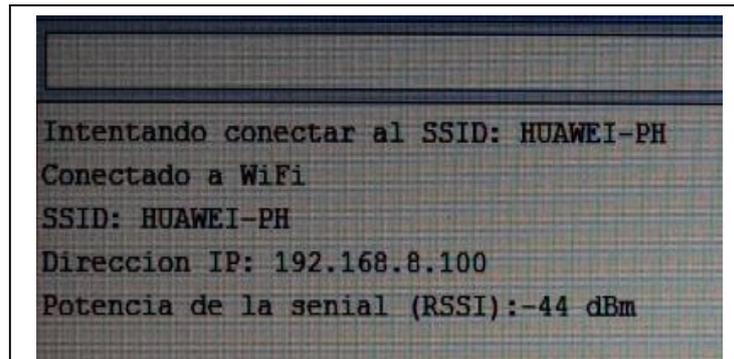


Figura 58. Conexión a Huawei e5330.

Otra prueba efectuada, es el envío de información al servidor web. Por un lado se muestra en la pantalla del prototipo (Figura 59), y por otro lado se consulta el registro almacenado en la base de datos (Figura 60) y así verificar el correcto funcionamiento en el envío de datos.



Figura 59. Datos mostrados en el display.

id_lectura	id_device	valor	consumo	fecha	hora
43301	2000	0.00035	0.00096	2015-10-03	12:31:46
43300	2000	0.00025	0.00068	2015-10-03	12:29:30
43299	2000	0.00001	0.00002	2015-10-03	12:27:58
43297	1000	18.9	45	2015-10-05	16:00:00

- Valor: € 0.00035
 - Tiempo: 66 seg
 Id Sensor: 2000
 - Flujo: 0.0 L/min
 - Litros: 0.96 L
 - Metros Cubicos: 0.00096 m3
 - Valor: € 0.00035
 - Tiempo: 67 seg
 Conectado al servidor
 ++++++LOS DATOS SE HAN ENVIADO Y GUARDADO EN LA MEMORIA+++++
 Id Sensor: 2000

Figura 60. Datos mostrados en la base de datos.

Se procede desconectando la placa base y se la enciende nuevamente para verificar que continúe desde el último valor enviado (figura 61).

```

Intentando conectar al SSID: NETLIFE-Phernandez
Conectado a WiFi
SSID: NETLIFE-Phernandez
Direccion IP: 192.168.1.133
Potencia de la senial (RSSI):-72 dBm

Iniciando conexion al servidor...
Id Sensor: 2000
- Flujo: 0.0 L/min
- Litros: 0.96 L
- Metros Cubicos: 0.00096 m3
- Valor: $ 0.00035
- Tiempo: 10 seg

```

Figura 61. Recuperación del dato almacenado.

Finalmente se reinicia el valor de consumo a cero de acuerdo al periodo de facturación establecido, en este caso de 10 segundos, de tal forma que no sea necesario el cálculo de los registros tomados previamente (figura 62).

```

Id Sensor: 2000
- Flujo: 0.0 L/min
- Litros: 0.96 L
- Metros Cubicos: 0.00096 m3
- Valor: $ 0.00035
- Tiempo: 10 seg
Id Sensor: 2000
- Flujo: 0.0 L/min
- Litros: 0.00 L
- Metros Cubicos: 0.00000 m3
- Valor: $ 0.00000
- Tiempo: 11 seg
Id Sensor: 2000

```

Figura 62. Reinicio del valor de consumo.

5.3 Prueba de Resistencia

Posteriormente, se somete la caja a una prueba de resistencia de agua (Ver figura 63). Esta caja tiene un recubrimiento de plástico muy fuerte con una banda alrededor para evitar filtraciones. A pesar de que se hicieron varios agujeros en la estructura, se obtuvo un resultado positivo al no tener residuos en el interior (Ver figura 64). Cabe recalcar que para protección en cuanto a lluvias, se lo debe colocar por el reverso para que el líquido no ceda por la parte de salida de cables.



Figura 63. Prueba de resistencia.



Figura 64. Verificación de filtrado.

5.4 Prueba de la Herramienta de Administración

5.4.1 En la Base de Datos

Para comprobar que los datos de la base se gestionan correctamente, se procede a eliminar, almacenar y modificar datos ingresados manualmente dentro del sistema.

Las siguientes demostraciones se realizarán tomando en cuenta el sensor con identificación 3000 (Ver figura 65).

«T»	id_lectura	id_device	valor	consumo	fecha	hora
<input type="checkbox"/>  	43239	3000	4.41	10	2015-09-29	12:01:00

Figura 65. Sensor almacenado en la base.

En la figura 66, se muestra el ingreso de la información desde la página.



ADMINISTRADOR

[Regresar](#)

Cédula #: 1898989898

Sensor #: 3000

Nombres Completos: Henry

Dirección: Panamericana Norte

Sector Económico: 4

Teléfono: 2333223

[Guardar Registro](#)

Figura 66. Ingreso de datos.

Seguidamente, se verifica que los datos se ingresaron de forma correcta en la base de datos (Ver figura 67).

«T»	id_cliente	sensor	nombre	telefono	direccion	sectore
<input type="checkbox"/>  	1714821962	2001	Pañol Guillermo Hernández Granda	0992669665	Av. General Enriquez	1
<input type="checkbox"/>  	1723120877	1000	Sabrina Nataly Padilla Cevallos	2023798	Panamericana Norte	9
<input type="checkbox"/>  	1898989898	3000	Henry	2333223	Panamericana Norte	4

Figura 67. Verificación del dato almacenado.

De la misma forma, para validar la modificación, se ejecuta los cambios de sector económico desde la herramienta de administración (Ver figura 68).

ADMINISTRADOR

Nuevo Usuario Salir

CEDULA	SENSOR	NOMBRES	DIRECCION	SECTOR ECONOMICO	TELEFONO	ACCION
1898989898	3000	Henry	Panamericana Norte	4	2333223	
1723120877	1000	Sabrina Nataly Padilla Cevallos	Panamericana Norte	9	2023798	
1714821962	2001	Paúl Guillermo Hernández Granda	Av. General Enriquez	1	0992669665	

Figura 68. Modificación del sector económico.

Se revisa los cambios tanto en la herramienta (Ver figura 69) como en la base (Ver figura 70).

ADMINISTRADOR

Nuevo Usuario Salir

CEDULA	SENSOR	NOMBRES	DIRECCION	SECTOR ECONOMICO	TELEFONO	ACCION
1898989898	3000	Henry	Panamericana Norte	5	2333223	
1723120877	1000	Sabrina Nataly Padilla Cevallos	Panamericana Norte	9	2023798	
1714821962	2001	Paúl Guillermo Hernández Granda	Av. General Enriquez	1	0992669665	

Figura 69. Verificación del dato modificado en el herramienta.

«T»

	id_cliente	sensor	nombre	telefono	direccion	sectore
<input type="checkbox"/>	1714821962	2001	Paúl Guillermo Hernández Granda	0992669665	Av. General Enriquez	1
<input type="checkbox"/>	1723120877	1000	Sabrina Nataly Padilla Cevallos	2023798	Panamericana Norte	9
<input type="checkbox"/>	1898989898	3000	Henry	2333223	Panamericana Norte	5

Figura 70. Verificación del datos modificado en la base.

Por último se elimina el registro con número de sensor 3000 mediante la opción que ofrece la página (Ver figura 71) y se verifica que el dato ya no exista en la base (Ver figura 72).

ADMINISTRADOR

CEDULA	SENSOR	NOMBRES	DIRECCION	SECTOR ECONOMICO	TELEFONO	ACCION
1898989898	3000	Henry	Panamericana Norte	5	2333223	
1723120877	1000	Sabrina Nataly Padilla Cevallos	Panamericana Norte	9	2023798	
1714821962	2001	Paúl Guillermo Hernández Granda	Av. General Enriquez	1	0992669665	

Figura 71. Eliminación del sensor.

«T»	id_cliente	sensor	nombre	telefono	direccion	sectore
<input type="checkbox"/>	1714821962	2001	Paúl Guillermo Hernández Granda	0992669665	Av. General Enriquez	1
<input type="checkbox"/>	1723120877	1000	Sabrina Nataly Padilla Cevallos	2023798	Panamericana Norte	9

With selected:

Figura 72. Verificación del dato eliminado en la base.

5.4.2 En el control de ingreso al sitio

El sistema cuenta con dos ambientes, el de consulta y el de administración, el sistema de consulta se asocia directamente al uso del consumidor final y propietario del sensor del servicio de agua; mientras que el de administración está ligado a un usuario con los conocimientos necesarios para manipular la herramienta y los datos contenidos en él, por lo que la necesidad de un control de acceso era inminente.

PROYECTO AGUA

Inicio de Sesión

Nombre de Usuario: *

Contraseña: *

o, consulta tu consumo de agua

Figura 73. Página de ingreso.

5.4.3 En el Usuario

Para verificar que el front al cliente de la página web, sea amigable y lo suficientemente claro en el acceso, se realizan pruebas con clientes reales de diferentes edades. El tamaño de la muestra para esta prueba, es de cinco personas entre los 19 a los 61 años a quienes se les pide ingresar a la página y navegar sin ningún tipo de instrucción. En esta primera impresión, se decide cambiar el fondo de la página ya que al ser muy fuerte en tonalidad y diseño, opaca los componentes informativos de la misma.

Centrando nuevamente la atención en la funcionalidad, se presenta el problema de la ubicación de los elementos desde el punto de vista del usuario. Basados en sus recomendaciones y la psicología del consumidor, se obtiene la idea de lo que los usuarios desean y necesitan visualizar en la página, así como la forma más sencilla de apreciar esta información. Por lo que en la figura 74, se procede a presentar el área de consulta y el resultado que se obtiene al ingresar el identificador 3000 (Ver figura 74).





Figura 75. Resultado de la consulta.

5.4.4 En el Administrador

El administrador, aparte de tener el acceso para ingresar, modificar, eliminar información de cualquiera de los usuarios que se encuentran registrados, es capaz de visualizar los datos que envía el sensor a la base y generar gráficos de los valores máximos en el mes o de cada día, de tal forma que se puede llevar un control completo de la información. Adicionalmente la herramienta integra una función de impresión de los gráficos mencionados en diferentes formatos.

En primer lugar, se tiene a la ventana de los usuarios (Ver figura 76), donde al dar un click en el número de sensor, aparece tres opciones importantes (Ver figura 77).

ADMINISTRADOR

[Nuevo Usuario](#) [Salir](#)

CEDULA	SENSOR	NOMBRES	DIRECCION	SECTOR ECONOMICO	TELEFONO	ACCION
1714821962	1000	Paúl Hernández	Av. La Floresta	2	2334335	

Figura 76. Ventana de usuarios.



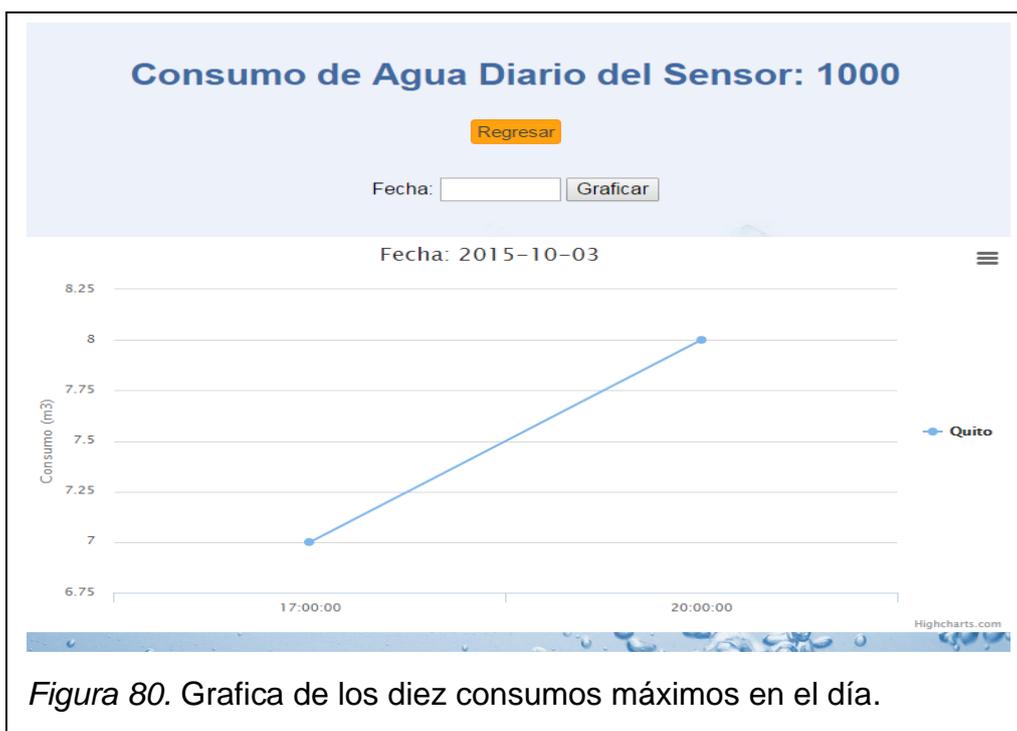
En la parte de registro, se listan todos los datos que el sensor envía la base limitando cinco por página (Ver figura 78).



La opción de gráfica de consumo por mes, muestra los valores de consumo máximos de cada día. Para esto se tiene la posibilidad de seleccionar el año y mes deseado.



De la misma forma, la gráfica de consumo diario, presenta los diez valores de consumo máximo que se registra durante el día (Ver figura 80).



Finalmente se llega al complemento que permite al administrador imprimir el gráfico descargarlo en el formato de preferencia (Ver figura 81).



Figura 81. Opciones impresión o descarga.

6 CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- El sistema de facturación desarrollado en este proyecto de tesis, en contraste con el sistema tradicional, es escalable pues flexiblemente se adapta a las condiciones variantes que supone un sistema que constantemente está en crecimiento como lo es el servicio de agua potable.
- La funcionalidad del sistema ofrece tanto al administrador como al cliente la posibilidad de manejar la información de acuerdo a sus necesidades con interfaces de consultas simples y seguras.
- El sistema permite tener la información del consumo del servicio en tiempo real, lo que da lugar a que el cliente y el administrador de la herramienta, realicen controles progresivos del consumo, y puedan tomar medidas preventivas y correctivas inmediatas en caso de presentarse inconsistencias en las lecturas.
- La telelectura ofrece la seguridad de una facturación precisa, real y a tiempo, evitando inconformidades en el usuario final del servicio. Adicional, reduce los reprocesos de toma de lecturas, que como se mencionó en el capítulo dos, en el sistema tradicional no solo aumentaba los costos de operatividad, sino que daba lugar a demoras en la facturación y por lo tanto retrasos en el cierre de procesos administrativos (Ver anexo 9c rf).
- Los costos de operación al implementar un sistema de telelectura reducen indiscutiblemente, ya que al no tener operarios en campo realizando la toma de lecturas en cada corte de servicio, se puede desviar esos recursos económicos para invertir una sola vez en este sistema y planificar mantenimientos preventivos y correctivos sobre el mismo, suponiendo una reducción de aproximadamente un 50% de los costos actuales de acuerdo a Hidrobal.
- La lectura de medidas directamente desde el contador, elimina la posibilidad de que se produzcan errores en la información, causados por mal ingreso de datos, mal toma de lectura o confusión en lecturas, por lo que los errores en

la facturación generados por este tipo de situaciones frecuentes en el sistema tradicional, se eliminan automáticamente en el nuevo sistema propuesto.

- La apertura del mercado al introducir una opción de automatización como lo supone este prototipo, permite crear nuevas y grandes oportunidades de negocio, impulsando la economía y dando lugar así al desarrollo de la ciudad y país que la implementen (Ver anexo 9).
- El diseño del prototipo es compacto y resistente al medio, su estructura se adapta físicamente a un medidor digital o de pulsos, por lo que la implementación, no requiere de un estudio profundo del funcionamiento del medidor o de complicadas conexiones entre dispositivos.
- Los componentes electrónicos utilizados en la construcción del prototipo, son asequibles en el mercado. Se consigue con facilidad para producción y al ser fabricados dentro de un ambiente de economías de escala, simplifican la producción masiva del prototipo para un futuro.
- La tecnología que permitirá al prototipo mantener conectividad a la red y a su vez acceder al servidor de almacenamiento de información, es inalámbrica. Esta conectividad se tomará del usuario final sin importar el proveedor que la gestione, lo que reduce costos operativos, trasladándolos al usuario.
- Las pruebas realizadas al prototipo, garantizan su correcto funcionamiento en su ambiente real de trabajo. Su estructura física le permite tener una conexión estable y segura frente a otros productos existentes en el mercado actual.
- Ya que la automatización reduce el contacto directo con el operario, se reduce el riesgo de accidentes laborales, lo que permite ofrecer un ambiente de trabajo más seguro a los colaboradores de la compañía.
- A pesar que la implementación del sistema propuesto tiene como objetivo reemplazar por completo al sistema tradicional, esto no es posible en la actualidad, debido dos principales inconvenientes. El primero se enfoca en el uso del medidor analógico, previo a la instalación o a la par, es necesario realizar el despliegue de la tecnología digital o medidores de pulso que sean compatibles con el sistema desarrollado, lo cual es viable e incluso un proyecto ya planteado por la alcaldía de la ciudad, sin embargo el costo no

ha permitido realizarlo todavía. El segundo inconveniente radica en el acceso a internet en los hogares, según la INEC, a diciembre de 2013, el 28,3% de hogares en el territorio ecuatoriano cuentan con acceso a internet, del total de estos, las zonas rurales suman el 9,1% mientras que en el área urbana el 37%.

6.2 Recomendaciones

- Sin duda la automatización en los procesos de producción tanto de bienes como de servicios da lugar a dos principales beneficios que son el aumento de la productividad y de la rentabilidad de una industria, sin embargo, previa adopción de procesos automatizados en una línea de producción, es necesario calcular los costos operativos fijos que supone la implementación y manutención de un ambiente de trabajo con maquinarias completas y complejas.
- Para que los resultados de producción en una línea de negocio sean los esperados, es necesario definir desde un principio los requerimientos en base a los objetivos operativos planteados. Realizar cambios a lo largo de la implementación de la producción, aumenta los costos y disminuye la eficiencia operativa empleando más recursos de los planificados en el presupuesto de la organización.
- Un prototipo de telelectura pone a disposición la información recuperada del medidor, sin embargo, el solo hecho de tener este tipo de información, no significa que se tengan estados del servicio o resultados de avances. Es vital tratar la información recuperada para poder generar reportes para la toma de decisiones a nivel corporativo.
- Colocar operarios calificados al mando de los principales sistemas o máquinas que coordinen la producción, es de vital importancia, ya que de los mismos dependerá que la producción avance con estabilidad y acierto a cumplir con los objetivos definidos por la industria

- La placa que trabaja directamente con la extracción de datos del medidor, requiere de un ambiente libre de interrupciones físicas como lo es el espacio, que le impidan realizar el trabajo para el que se le programó.
- El tipo de seguridad que se emplea para proteger información sensible e importante, debe emplearse en el momento de incorporar credenciales de acceso como administrador en el sistema. Un administrador debe manipular la información de acuerdo a los principios éticos establecidos por la organización.
- La precisión de la facturación del consumo del servicio de agua potable, no solo depende de la toma de medidas del sensor, sino que a su vez depende de las tarifas establecidas para el cobro del consumo, por lo que es necesario colocar correctamente las tarifas en el momento de programar el dispositivo de telelectura.
- Capacitar continuamente al personal operativo y al usuario del sistema es necesario, ya que del buen o mal uso que estos le den a la herramienta, dependerá el éxito o fracaso de la implementación de la misma. La acogida de un sistema nuevo e innovador por parte del usuario puede impulsar o hundir las ideas de un proyecto que por muy bueno que sea, si no se plantea correctamente al consumidor o administrador, no les generará la sensación de conformidad.
- Es importante utilizar dispositivos inalámbricos que sea compatibles con cifrado WPA2 Personal o WPA, ya que el tipo WEP, sufre varias vulnerabilidades en la seguridad. Se puede hacer uso de herramientas de ethical hacking para encontrar la frase de seguridad.

REFERENCIAS

- Aguaquito. (s.f.). *Sistema de Facturación*. Recuperado el 7 de Abril de 2015, de <http://www.aguaquito.gob.ec/sistema-de-facturacion>
- Alasdair, A. (2014). *Which Board is Right for Me?* Recuperado el 6 de Mayo de 2015, de <http://makezine.com/magazine/make-36-boards/which-board-is-right-for-me/>
- Arduino. (s.f.). *Arduino Uno*. Recuperado el 28 de Abril de 2015, de <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- Arduino. (s.f.). *Arduino WiFi Shield*. Recuperado el 28 de Abril de 2015, de <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoWiFiShield>
- Arduino. (s.f.). *AttachInterrupt()*. Recuperado el 28 de Abril de 2015, de <http://www.arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Reference/AttachInterrupt>
- Arduino. (s.f.). *EEPROM Library*. Recuperado el 28 de Abril de 2015, de <http://www.arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Reference/EEPROM>
- Arduino. (s.f.). *LiquidCrystal Library*. Recuperado el 28 de Abril de 2015, de <http://www.arduino.cc/en/Reference/LiquidCrystal>
- Arduino. (s.f.). *SPI library*. Recuperado el 6 de Mayo de 2015, de <http://www.arduino.cc/en/Reference/SPI>
- Arduino. (s.f.). *WiFi library*. Recuperado el 6 de Mayo de 2015, de <http://www.arduino.cc/en/Reference/WiFi>
- Baltazar, J. (2011). *¿Qué es un sistema automatizado?* Recuperado el 7 de Abril de 2015, de <http://es.slideshare.net/JuanPabloBaltazarTorres/que-es-un-sistema-automatizado>
- Canal Visual Basic. (s.f.). *Descomponer un número en cifras*. Recuperado el 6 de Mayo de 2015, de <http://www.canalvisualbasic.net/foro/visual-basic-6-0/descomponer-un-numero-en-cifras-11287/>

Canto, C. (s.f.). *Arquitectura Interna del Autómata Programable o PLC*. Recuperado el 7 de Abril de 2015, de http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/4_EL_PLC.PDF

Canto, C. (s.f.). *Automatización: Conceptos Generales*. Recuperado el 7 de Abril de 2015, de http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/3_AUTOMATIZACION_GENERAL.PDF

Casillas, A., Ginesta, G., & Pérez, O. (s.f.). *Bases de datos en MySQL*. Recuperado el 6 de Mayo de 2015, de http://ocw.uoc.edu/computer-science-technology-and-multimedia/bases-de-datos/bases-de-datos/P06_M2109_02151.pdf

Castrillón, M. (2013). *Estudio de Viabilidad de Implementación de Tecnologías*. Recuperado el 7 de Abril de 2015, de <http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/1440/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20-%20DEFINITIVO.pdf>

Consumer Council for Water. (s.f.). *Cómo leer el medidor de agua*. Recuperado el 7 de Abril de 2015, de <http://www.ccwater.com/files/SPWaterMeterReading.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2013). *Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC'S) 2013*. Recuperado el 6 de Mayo de 2015, de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/Resultados_principales_140515.Tic.pdf

Edesa. (s.f.). *Las redes inteligentes*. Recuperado el 1 de Abril de 2015, de <http://www.endesasmartgrids.com/index.php/es/las-redes-inteligentes>

El cajón de Arduino. (2013). *Tutorial: conectando una pantalla LCD 1602A a Arduino UNO*. Recuperado el 1 de Abril de 2015, de <http://elcajondeardu.blogspot.com/2013/12/tutorial-conectando-una-pantalla-lcd.html>

- García, L. (2007). *Los sistemas automatizados de acceso a la información bibliográfica: Evaluación y tendencias en la red de internet*. Salamanca, España: Kadmos.
- Hernández, L. (2014). *Tendencias para 2015 en el ámbito tecnológico*. Recuperado el 7 de Abril de 2015, de <http://sinlios.com/blog/2014/12/27/tendencias-para-2015-en-el-ambito-tecnologico/>
- Hobbytronics. (s.f.). *Adding External I2C EEPROM to Arduino (24LC256)*. Recuperado el 1 de Abril de 2015, de <http://www.hobbytronics.co.uk/arduino-external-eprom>
- Hobbytronics. (s.f.). *YF-S201 Hall Effect Water Flow Meter / Sensor*. Recuperado el 25 de Marzo de 2015, de <http://www.hobbytronics.co.uk/yf-s201-water-flow-meter>
- iFuture. (s.f.). *Multi Turn Preset*. Recuperado el 25 de Marzo de 2015, de <http://www.ifuturetech.org/product/multi-turn-preset/>
- Jácome, E. (2013). *Consumo de agua y energía aumenta en verano*. Recuperado el 7 de Abril de 2015, de <http://www.elcomercio.com/actualidad/consumo-agua-energia-aumenta-verano-quito.html>
- Labcenter. (s.f.). *The VSM Advantage*. Recuperado el 25 de Marzo de 2015, de http://www.labcenter.com/products/vsm/vsm_overview.cfm
- Markershed. (s.f.). *Microcontroller Comparison*. Recuperado el 25 de Marzo de 2015, de <http://www.makershed.com/pages/microcontroller-comparison>
- Molinari, N. (s.f.). *Automatizaciones con Controladores Lógicos Programables Capítulo 1 Controladores Lógicos Programables -Antecedentes Históricos*. Recuperado el 7 de Abril de 2015, de http://www.academia.edu/7316405/Automatizaciones_con_Controladores_L%C3%B3gicos_Programables_Capitulo_1_Controladores_L%C3%B3gicos_Programables_-Antecedentes_Hist%C3%B3ricos

- Montaño, E. (2011). *La Información catastral al servicio de la Planificación*. Recuperado el 7 de Abril de 2015, de http://www.catastrolatino.org/documentos/seminario_montevideo2011/po-nencias/ACTUALIZACION%20CATASTRO%20QUITO%202011.pdf
- Nelson Mandela Metropolitan University. (s.f.). *Control Software*. Recuperado el 25 de Marzo de 2015, de <http://controlsoft.nmmu.ac.za/MultiPIC-Development-Board/What-do-you-need->
- Nussey, J. (2013). En *Arduino For Dummies*. Chichester, Inglaterra: John Wiley & Sons, Ltd.
- Php. (s.f.). *Inyección de SQL*. Recuperado el 25 de Marzo de 2015, de <http://php.net/manual/es/security.database.sql-injection.php>
- Ponsa, P., & Vilanova, R. (2005). En *Automatización de procesos mediante la guía GEMMA* (1ra ed.). Granada, España: Tecfoto.
- Quishpe, M. (2008). *TELEMETRIA O TELECTURA PARA MEDIDORES Del DMQ*. Recuperado el 7 de Abril de 2015, de <http://repositorio.iaen.edu.ec/bitstream/24000/108/1/CD-IAEN-0131.pdf>
- Red Users. (s.f.). *Internet of Things en 60 segundos*. Recuperado el 30 de Abril de 2015, de <http://www.redusers.com/noticias/internet-of-things-en-60-segundos/>
- Romatech. (s.f.). *Sistemas AMR*. Recuperado el 7 de Abril de 2015, de http://www.romatech.cl/Romatech/AMR_files/AMR%20Expo%202.pdf
- Universidad de Antioquia. (s.f.). *Método GET y POST*. Recuperado el 30 de Abril de 2015, de <http://aprendeonlinea.udea.edu.co/lms/moodle/mod/resource/view.php?inpopup=true&id=75211>
- Velasquez, R. (2013). *PHP desde Cero: Get & Post*. Recuperado el 30 de Abril de 2015, de <http://codehero.co/php-desde-get-post/>

- W3C. (s.f.). *Guía Breve de CSS*. Recuperado el 30 de Abril de 2015, de <http://www.w3c.es/Divulgacion/GuiasBreves/HojasEstilo>
- W3 Schools. (s.f.). *PHP 5 Tutorial*. Recuperado el 30 de Abril de 2015, de <http://www.w3schools.com/php/>.
- Swenson, S. (s.f.). *Sensor de efecto Hall*. Recuperado el 30 de Abril de 2015, de <http://slideplayer.com/slide/3943316/#>
- Wordpress. (2014). *Sistemas de Tiempo Real*. Recuperado el 30 de Abril de 2015, de <https://chsos20141910073.wordpress.com/tag/sistemas-de-tiempo-real/>
- Engineers Garage. (s.f.). *LCD*. Recuperado el 30 de Mayo de 2015, de <http://www.engineersgarage.com/electronic-components/16x2-lcd-module-datasheet>
- Hidrobal. (2015). *Implantación de Sistema de Telectura de Contadores de Agua Potable*. Recuperado el 30 de Mayo de 2015, de <http://www.hidrobal.net/es/noticias/10/6/implantacion-de-sistema-de-telectura-de-contadores-de-agua-potable>
- Iese Insight. (s.f.). *¿Cuáles son las ciudades más "inteligentes" del mundo?* Recuperado el 30 de Mayo de 2015, de <http://ieseinsight.com/doc.aspx?id=1582&idioma=1>
- Marcusjenkins. (s.f.). *The definitive Arduino Uno pinout diagram*. Recuperado el 30 de Mayo de 2015, de http://marcusjenkins.com/wp-content/uploads/2014/06/ARDUINO_V2.pdf
- Microrobotics. (s.f.). *LIQUID FLOW METER - PLASTIC 1/2" NPT THREADED*. Recuperado el 30 de Mayo de 2015, de https://www.robotics.org.za/index.php?route=product/product&product_id=411
- Aguaquito. (2008). *Pliego Tarifario Vigente desde Mayo del 2008*. Recuperado el 30 de Mayo de 2015, de <http://www.aguaquito.gob.ec/pliego-tarifario-vigente>

Mateos, F. (2001). *Sistemas automatizados (PLC´s)*. Recuperado el 30 de Mayo de 2015, de <http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/plc.pdf>

Wasionmeter. (s.f.). *Concentrador de datos para sistemas AMR WMJZ-8000u*. Recuperado el 30 de Mayo de 2015, de <http://www.wasionmeter.com.ar/4-3-amr-data-concentrator/174147>

Wasionmeter. (s.f.). *Dispositivos de Comunicación*. Recuperado el 30 de Mayo de 2015, de <http://www.wasionmeter.com.ar/4-communication-device/174110>

Aqualogy. (s.f.). *iMeter*. Recuperado el 30 de Mayo de 2015, de <http://goo.gl/Bzgo9N>

ANEXOS

Anexo 1. Ilustraciones de pines en los componentes con mayor relevancia

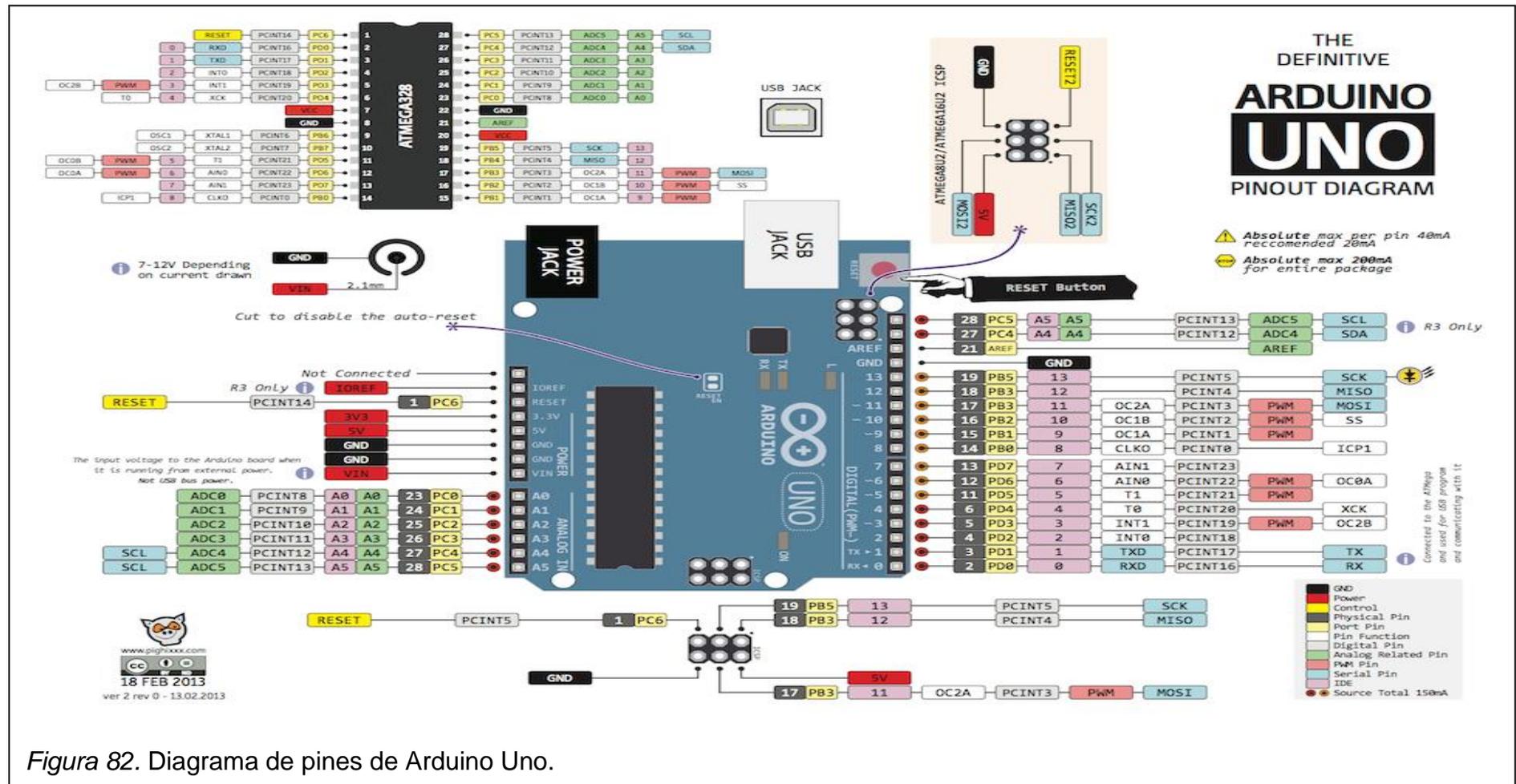


Figura 82. Diagrama de pines de Arduino Uno.

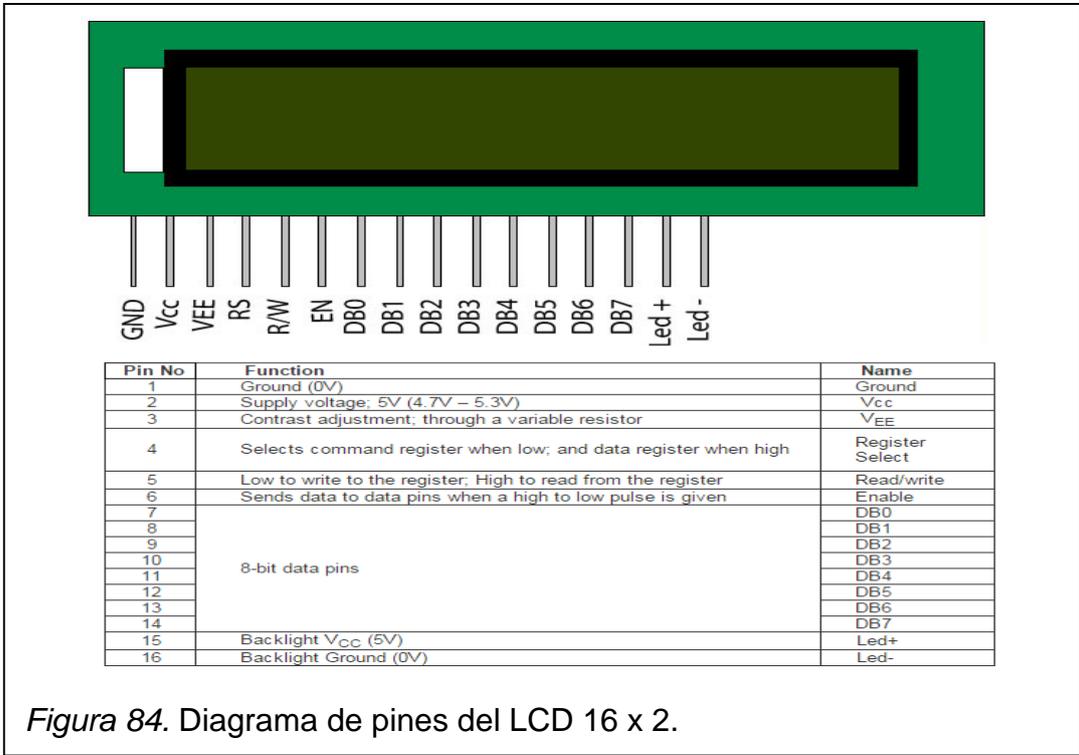
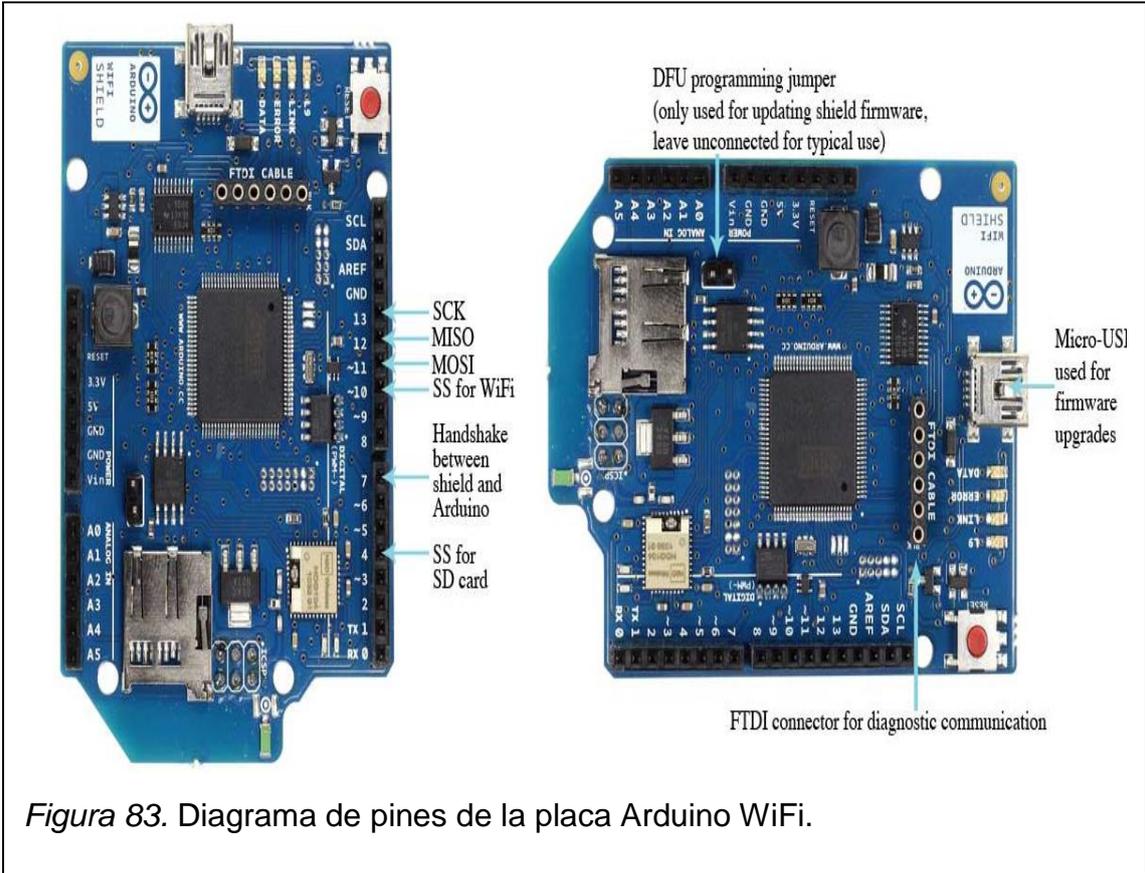
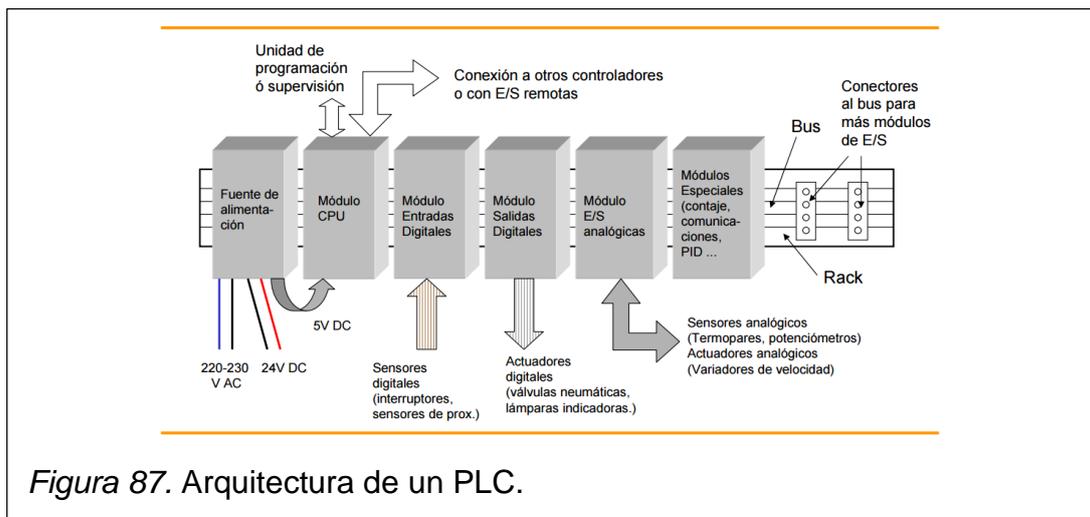
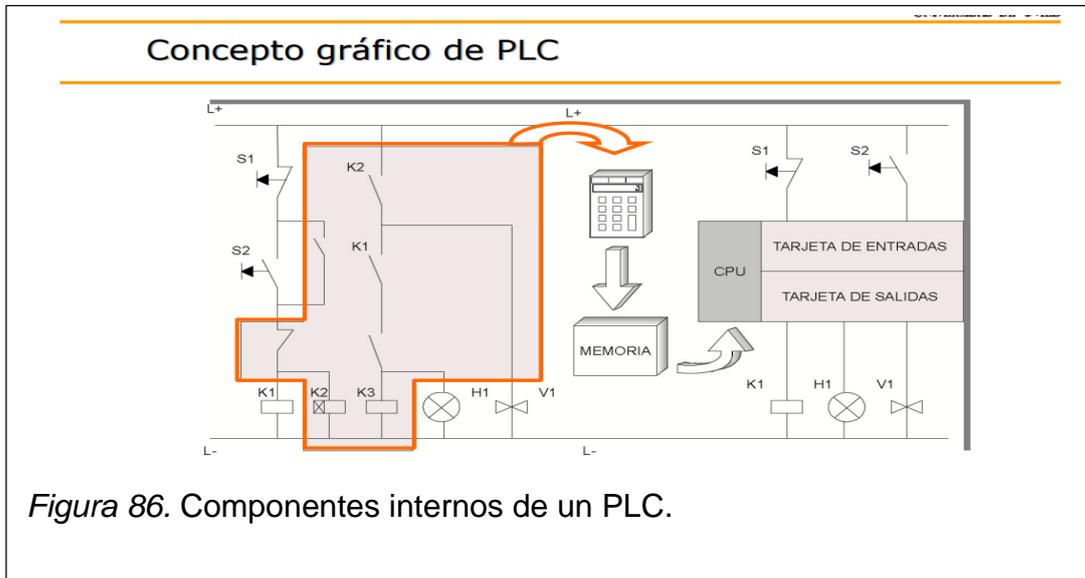




Figura 85. Diagrama de pines del sensor de agua.

Anexo 2. Estructura y funcionamiento de un PLC.



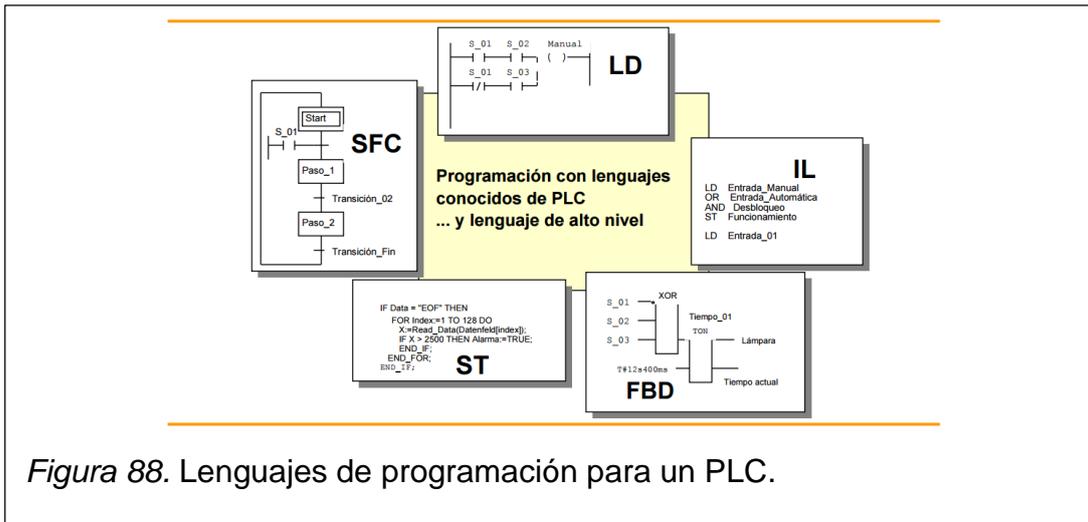


Figura 88. Lenguajes de programación para un PLC.

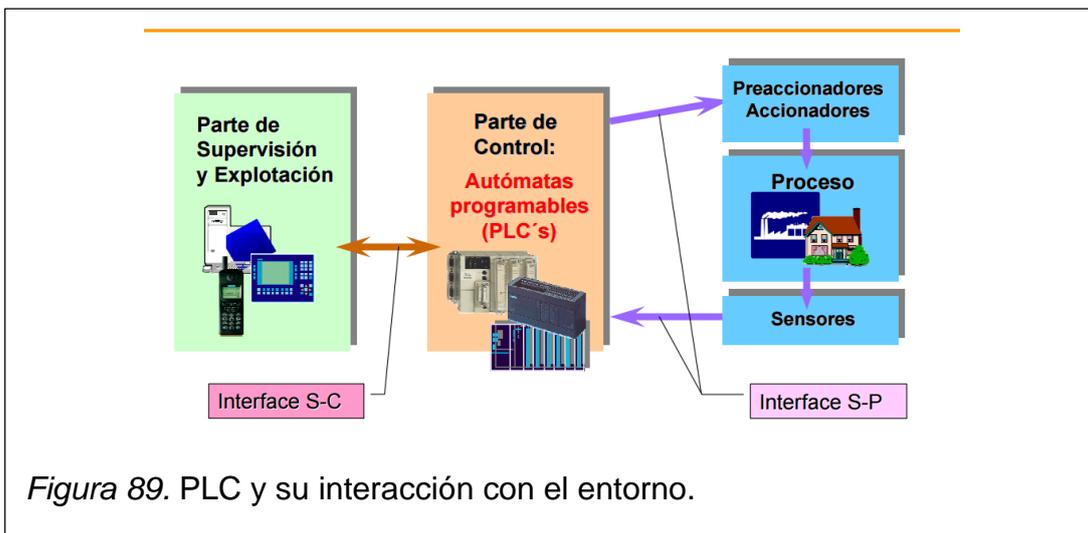


Figura 89. PLC y su interacción con el entorno.

Anexo 3. Sistemas AMR

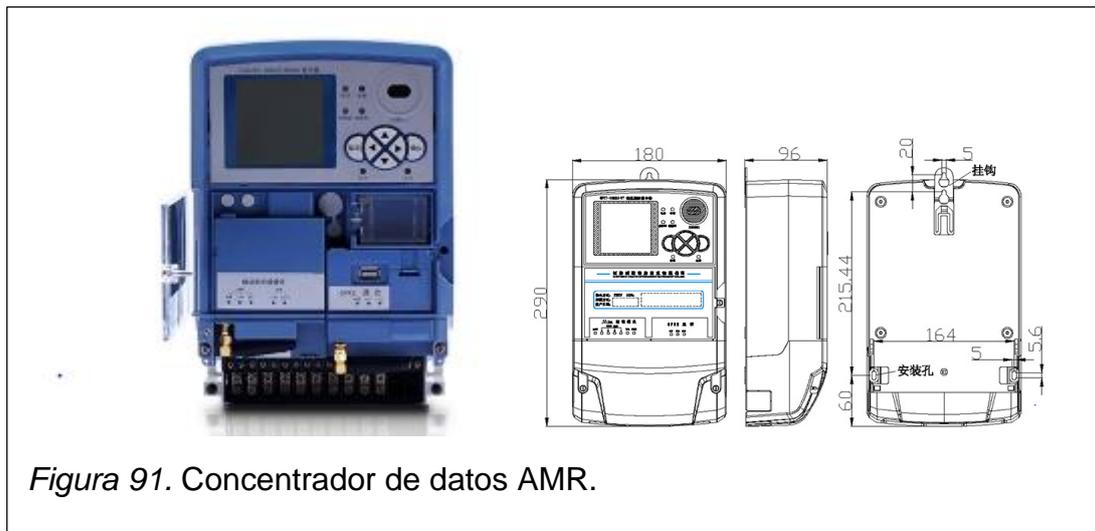
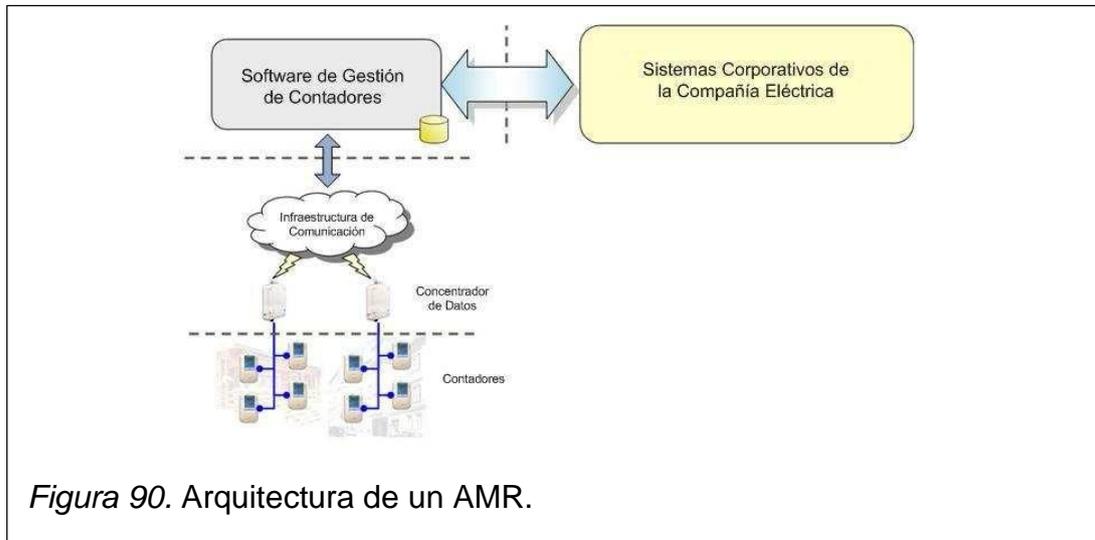


Tabla 10. Especificaciones técnicas del concentrador de datos AMR.

Tensión de trabajo	Tensión nominal monofásica AC220V
	Permite un $\pm 20\%$ de fluctuaciones de tensión
	Frecuencia 50Hz, con una desviación permitida de $\pm 5\%$
Condiciones de trabajo	Humedad relativa: $\leq 95\%$
	Temperatura de trabajo: $-25^{\circ}\text{C} \sim +65^{\circ}\text{C}$
	Temperaturas límite de trabajo: $-30^{\circ}\text{C} +75^{\circ}\text{C}$
Interfaz de transmisión de datos	GPRS
Interfaz local	R S485/RF/M-Bus
Encriptación de datos	Encriptación de paquetes AES128bits (opcional)
Actualización remota de firmware	El firmware puede actualizarse de forma remota
Capacidad de almacenamiento	FLASH 64MB, capaz de grabar datos durante 5 años
Cantidad de medidores	Más de 1000
Cantidad de colectores permitidos	100pcs
Consumo de energía	$\leq 5\text{W}$
Fiabilidad	MTBF $\geq 100,000\text{h}$

Anexo 4. Soluciones en el mercado AMR



Las principales características de la solución Aqualogy iMeter son:

- Tamaño aproximado de 94 mm x 94 mm x 57 mm.
- 70 cm de cable, incorporados de serie para facilitar la instalación.
- Temperatura de funcionamiento de -20 a +70 °C.
- Protección total frente a agua y polvo (IP68). Apto para ser instalado en exteriores y entornos húmedos o inundables gracias a su resinado interior.
- Solución basada en un microprocesador que minimiza el consumo de energía.
- Duración de la batería según periodicidad de captura y envío de datos. Ejemplos:
 - 96 lecturas/día y envío diario > 5 años
 - 24 lecturas/día y envío semanal > 10 años
- Gestión remota de la configuración (frecuencia de lectura y envío de datos).

Información capturada:

- Cálculo en tiempo real del volumen del flujo de agua.
- Caudal máximo y mínimo.
- Información del nivel de batería en cada conexión, lo que permite activar el mantenimiento preventivo.
- Identificación y aviso en tiempo real de las condiciones de alarma configuradas:
 - Manipulación (sabotaje)
 - Fuga (uso continuado con un consumo reducido)
 - Uso anómalo (por encima de un umbral predefinido)
- Data-logging: almacenamiento de los datos en la memoria interna hasta que el envío sea posible.

Máxima seguridad:

- Física: la encapsulación con resina de los componentes electrónicos y la e-SIM garantizan la máxima protección frente a todo tipo de condiciones meteorológicas.
- Infraestructura informática: servidores de aplicaciones y bases de datos ubicados en un entorno seguro y controlado.
- Comunicaciones: tarjetas e-SIM soldadas a la placa de circuito impreso y uso de una red privada.
- Fraudes: la configuración local específica impide el fraude.

Figura 93. Características de Imeter de Aqualogy-España.

Anexo 5: Sistema de consumo según Catastro

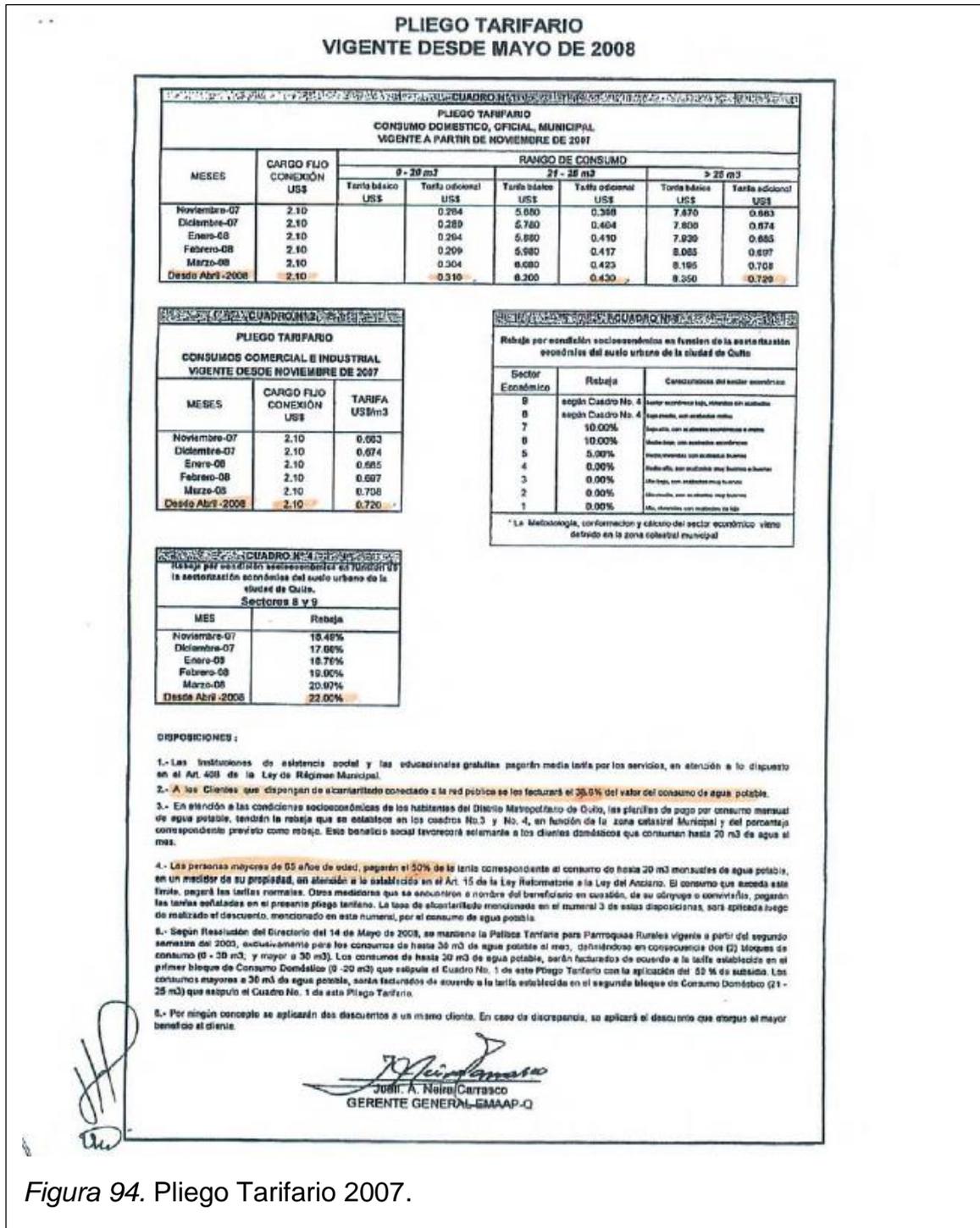


Figura 94. Pliego Tarifario 2007.

LAS PRINCIPALES PROVEEDORAS DE AGUA

AMBATO

Administra: **Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EP-Emapa)**

- Usuarios del sector residencial: **56.376**
- Sector comercial: **8.165**
- Sector industrial: **191**
- Otros usuarios: **6** por la Ley del Anciano y **74** con diversas discapacidades.

Tarifa básica mensual por 10 m³

- \$ **3,48** en tarifa residencial
- \$ **10,35** por tarifa comercial
- \$ **19,19** por tarifa industrial

No se cobra el alcantarillado.

Cobertura de la empresa: 92,82%, de 365.072 habitantes de Ambato.

El último ajuste fue del 9%, efectuado en enero de 2012.

LATACUNGA

Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado

- Usuarios del sector residencial: **13.840**
- Sector comercial: **3.827**
- Sector industrial: **1.257**

Las tarifas se mantienen desde 2000. Existe una ordenanza de 2002 en la cual se establecen los parámetros a seguir para elevar los costos del m³ de agua por año, pero en la práctica solo suben en centavos anualmente.

Mensualmente se debe cancelar \$ 1,65 por concepto de alcantarillado.

En la planilla se cobran también rubros de manutención de las plantas por un valor de \$ 3,54. La cobertura de la empresa es para todo el perímetro urbano y parte del rural.

CUENCA

Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento

- Usuarios del sector residencial: **109.631**
- Sector comercial: **6.373**
- Sector industrial: **242**

Las tarifas no se elevaban desde hace 14 años. El lunes los directivos de la empresa anunciaron un incremento del 100% en el pliego tarifario. El costo del metro cúbico, dependiendo de la categoría y los rangos de consumo, va desde \$ **0,10** (especial con descuento) hasta \$ **1,20** (comercial - industrial - construcción).

La cobertura de la empresa es para todo el perímetro urbano y parte del rural. La cobertura de la empresa es del **96%** para el área urbana y del **88%** para el sector rural.

MACHALA

TripleOro CEM (en liquidación)

Usuarios **45.000** (De ellos solo pagan unos 25 mil, el resto mantiene deudas de hasta 2 años.)

- El costo del metro cúbico es de aproximadamente \$ **0,48**.
- El **50 %** de los usuarios tiene medidor.
- Las familias que no poseen el aparato pagan una tarifa básica de \$ **8 mensuales** para las casas de 1 piso y las de dos plantas es \$ **16**.

Cobertura de agua en Machala es 85%. Abastece también a Pasaje y El Guabo.

RIOBAMBA

Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba

- Usuarios del sector residencial: **28.700**
- Del sector comercial: **4.920**
- Del sector industrial: **3.690**
- Otros usuarios: **3.690**

El consumo de 20 metros cúbicos de agua bordea los \$ **0,48**. Este valor puede variar y llegar a un pago mínimo de \$ **10,19**.

El 57% del total de clientes mantiene una cobertura las 24 horas, el 43% en tres horarios; de este porcentaje, el 15% recibe el líquido en dos horarios. La distribuidora cobra \$ 1 adicional en la planilla por los trabajos del Plan Maestro.

Fuentes: Emapa-Epmapa-Étapa-Triple Oro CEM en Liquidación-EPAM-Epmapi-Emapar-Interagua*

*Tomado de la página web de Interagua y del informe de rendición de cuentas Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil (Emapag).

MANTA

Empresa Pública Aguas de Manta

- Usuarios del sector residencial: **45.922**
- Del sector comercial: **2.663**
- Del sector industrial: **316**
- Otros usuarios: **6.692**

La tarifa doméstica en rango de 0 a 5 metros cúbicos es \$ **0,32**; de 6-10, \$ **0,41**; de 11 a 20, es \$ **0,55**; de 21 a 30, \$ **0,55**; de 31 a 50, \$ **0,83**; y 81 en adelante, es \$ **0,88**.

Los costos: La doméstica oscila desde rango menor a mayor de \$ **1,50 a \$ 8**; la comercial de \$ **3,75 a \$ 11**; la industrial \$ **15 a \$ 35**; tercera edad y discapacitados, \$ **0,75 a \$ 6,50**.

Se paga el **40%** por uso de alcantarillado sanitario y **10%** por mantenimiento de los desfogaderos.

La cobertura es Manta, Rocafuerte, Jaramijó, Montecristi y Crucita de Portoviejo.

El nuevo pliego tarifario fue aprobado en octubre de 2014.

QUITO

Empresa Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas

Número total de usuarios: **2'378.000 personas**

Valor promedio m³ consumo residencial: \$ **0,41**

Valor promedio m³ comercial: \$ **0,72**

Valor promedio m³ industrial: \$ **0,72**

Cobertura urbana: **99,91%**

Cobertura rural: **98,57%**

GUAYAQUIL

Interagua

Total de usuarios: **484.397** (2014)

El valor referencial por metro cúbico es \$ **0,55**.

La tarifa por m³ varía según consumo: de 0 a 15, \$ **0,31**; de 16 a 30, \$ **0,46**; de 31 a 60, \$ **0,65**; de 61 a 100, \$ **0,88**; de 101 a 300, \$ **0,98**; de 301 a 2.500, \$ **1,50**; de 2.501 a 5.000, \$ **1,92** y de 5.000 en adelante cuesta \$ **3,13**.

El monto del alcantarillado corresponde al **80%** del valor facturado por concepto de agua potable. Es decir, \$ **0,80** por cada \$ **1** de consumo.

La cobertura de agua es 100% en el límite de asentamientos consolidados reconocidos por la Alcaldía y de alcantarillado sanitario, 88%.

Desde 2013 no se revisan las tarifas.

En la factura se pagan costos por la prestación de los servicios, de mantenimiento y reposición de la reconexión domiciliar y el medidor.

Figura 95. Pliego Tarifario 2015.

Anexo 6: Especificaciones técnicas del medidor de agua S120 Elster



Confiabilidad, solidez y exactitud.

El Contador S120 es un medidor inferencial de chorro único, tipo velocimétrico, transmisión magnética, lectura directa, relojería super seca.

Generalidades

Los medidores de agua potable de la serie S120 son instrumentos de precisión de gran robustez, debido a su diseño y a los diferentes materiales utilizados en las partes que lo componen.

Cumplen con las exigencias metro-lógicas de las clases A y B de la Resolución 246,2000 del INMETRO, de las normas MERCOSUR NM 212 y ISO 4064. Para la transmisión de movimiento tiene dos potentes imanes (conductor y conducido), los cuales soportan la influencia exterior de imanes con una intensidad de campo magnético superior a 1.000 Gauss, sin alteración en su funcionamiento.

La regulación es exterior, a través de un tornillo regulador, el cual se encuentra protegido de manipulaciones y fraudes, mediante un tornillo precintable.

Características

Cuerpo:

El cuerpo es de latón fundido en una

aleación de un 60% de cobre, norma ABNT NBR 6941, ideal para medidores de agua y metales sanitarios. Posee un alojamiento en el conducto de salida del medidor donde puede ser instalada una válvula para evitar el contra flujo.

Turbina:

Está fabricada en polipropileno, teniendo una densidad muy próxima a la del agua. Tal característica proporciona un efecto de flotación con una mínima presión de agua, traduciéndose esto en un bajo rozamiento de la misma.

Tiene montado en su parte superior un eje de acero inoxidable, para sostener y permitir el giro de la pieza y un soporte con un imán conductor que transmite el movimiento hasta el imán conducido.

Distribuidor o Cámara Distribuidora:

El distribuidor, conjuntamente con la cámara separadora y turbina, componen el conjunto de medición del medidor, producido en poliestireno de alto impacto y posee en la parte inferior un eje de acero inoxidable que sostiene y permite el giro de la turbina.

Anillo de cierre:

Es fabricado en PC lo que le garantiza una elevada robustez y estabilidad dimensional. Lleva montado en su parte superior el anillo de protección de relojería, formando un conjunto de fácil montaje y mantenimiento.



Figura 96. Características de medidor de agua elster S120.

S120

Medidor para agua

del tipo Chorro Único - 1,5 y 3 m³/h



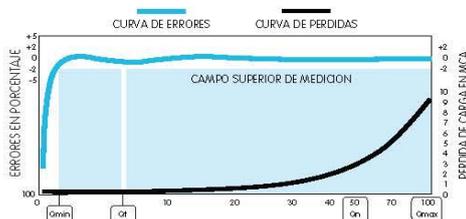
Relojería:
Es un conjunto herméticamente cerrado montado en cápsula cobre-vidrio. La protección total contra empañamiento es garantizada por la estanqueidad del conjunto y por la ausencia total de contacto con el agua. El conjunto de relojería puede ser girado hasta en 359°, lo que permite una lectura desde cualquier punto de la instalación.

Conjunto de protección de la relojería:
Los componentes de la protección de la relojería son fabricados en ABS y PC con aditivos protectores a la radiación ultravioleta y llevan en su superficie el logotipo del fabricante.

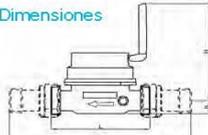
Protección antimagnética:
Este componente es fabricado en Acero al Carbono con una doble cobertura de Cromo (Bicromatizado), teniendo la función de proteger los imanes en contra de campos magnéticos exteriores, soportando valores arriba de 1.000 Gauss.

Datos Técnicos

MEDIDOR	1,5 m ³	3 m ³
Modelo	S120	
Clase metrológica	B - H	
Diámetro Nominal (DN)	mm Pol.	15 - 20 1/2 - 3/4
Caudal Máximo (Q _{max})	m ³ /h	1,5 3
Caudal Nominal (Q _n)	m ³ /h	0,75 1,5
Caudal de Transición (Q _t)	l/h	60 120
Caudal Mínimo (Q _{min})	l/h	15 30
Caudal de 10 m.c.a. de pérdida de carga	m ³ /h	1,90 3,30
Temperatura máxima de trabajo	°C	40 40
Presión máxima de trabajo	Kgf/cm ²	10 10
Menor indicación de volumen	litros	0,05 0,05
Mayor indicación de volumen	m ³	9,999 - 99,999



Dimensiones



		S120	
		3 m ³	1,5 m ³
Longitud	(L)	mm	115
	(L')	mm	200 - 219
Longitud con tubo largo		mm	243 - 284
Altura	(H)	mm	142
	(H')	mm	13,6
Ancho		mm	83
Peso	Sin conexiones	g	542
	Con conexiones	g	832
Rosca de conexión de hidrómetro	pol.	G 3/4" B - G 1" B	
Rosca de conexión de tubo	pol.	R 1/2 - R 3/4	



Elster Medidores S.A.
J. I. Rucci 1051 - (B1822CJU) - Valentin Alsina
Pcia. de Buenos Aires - Argentina
Tel.: 54 11 4229-5600 - Fax: 54 11 4229-5656
E-mail: elster.medidores@ar.elster.com
www.elstermetering.com

Figura 97. Características de medidor de agua elster S120.

Anexo 7: Especificaciones técnicas del sensor de efecto hall YFS-201

YF-S201 Hall Effect Water Flow Meter / Sensor

This sensor sits in line with your water line and contains a pinwheel sensor to measure how much liquid has moved through it. There's an integrated magnetic hall effect sensor that outputs an electrical pulse with every revolution. The hall effect sensor is sealed from the water pipe and allows the sensor to stay safe and dry.

The sensor comes with three wires: red (5-24VDC power), black (ground) and yellow (Hall effect pulse output). By counting the pulses from the output of the sensor, you can easily calculate water flow. Each pulse is approximately 2.25 milliliters. Note this isn't a precision sensor, and the pulse rate does vary a bit depending on the flow rate, fluid pressure and sensor orientation. It will need careful calibration if better than 10% precision is required. However, its great for basic measurement tasks!

We have as example Arduino sketch that can be used to quickly test the sensor, it will calculate the approximate flow of water in liters/hour.

The pulse signal is a simple square wave so its quite easy to log and convert into liters per minute using the following formula.

Pulse frequency (Hz) / 7.5 = flow rate in L/min.

Features:

- Model: YF-S201
- Sensor Type: Hall effect
- Working Voltage: 5 to 18V DC (min tested working voltage 4.5V)
- Max current draw: 15mA @ 5V
- Output Type: 5V TTL
- Working Flow Rate: 1 to 30 Liters/Minute
- Working Temperature range: -25 to +80°C
- Working Humidity Range: 35%-80% RH
- Accuracy: ±10%
- Maximum water pressure: 2.0 MPa
- Output duty cycle: 50% +-10%
- Output rise time: 0.04us
- Output fall time: 0.18us
- Flow rate pulse characteristics: Frequency (Hz) = 7.5 * Flow rate (L/min)
- Pulses per Liter: 450
- Durability: minimum 300,000 cycles
- Cable length: 15cm
- 1/2" nominal pipe connections, 0.78" outer diameter, 1/2" of thread
- Size: 2.5" x 1.4" x 1.4"

Connection details:

- Red wire : +5V
- Black wire : GND
- Yellow wire : PWM output.

Figura 98. Características del sensor YFS201.

Anexo 8: Vocabulario

PLC: Programmable Logic Controller

AMR: Automatic Meter Reading

IoT: Internet of Things

LCD: Liquid Crystal Display

PCB: Printed Circuit Board

IDE: Integrated development environment

GPEIO: General Purpose Input/Output

PWM: Pulse-width modulation

USB: Universal Serial Bus

ISP: In-system programming

SSH: Secure Shell

WPA: Wi-Fi Protected Access

WEP: Wired Equivalent Privacy

VEE: Fuente de alimentación Negativa

VDD: Fuente de alimentación Positiva

VSS: Fuente de alimentación Negativa

CSS: Cascading Style Sheets

SPI: Serial Peripheral Interface

Anexo 9: Costos

Mediante el presente análisis de costo-beneficio pretendemos brindar una descripción tanto de riesgos como de ganancias entorno al desarrollo del proyecto agua. En este análisis se toma en cuenta factores decisivos en la creación e implementación del prototipo.

ADMINISTRACIÓN ACTUAL

A continuación la cedula presupuestaria referente a egresos del año 2015 tomada de la empresa a cargo de la administración del servicio de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Quito.



EMAAP-Q: CEDULA PRESUPUESTARIA DE EGRESOS DEL 1° DE ENERO AL 31 DE ENERO 2015

Partida Presup	Concepto	Asignación inicial	Reforma	Asignación Codificada	Devengado	Saldo por devengar
5	Gastos corrientes	37,723,648.54	0.00	37,723,648.54	2,256,503.77	35,467,144.77
	Gastos en personal	16,035,846.37	0.00	16,035,846.37	864,133.67	15,171,712.70
51.01.05	Remuneraciones Unificadas	16,035,846.37		16,035,846.37	864,133.67	15,171,712.70
53	Bienes y servicios de consumo	9,243,275.49	0.00	9,243,275.49	151,587.38	9,091,688.11
53.01.04	Energía Eléctrica	256,000.00		256,000.00	4,638.52	251,361.48
53.01.05	Telecomunicaciones	134,490.00		134,490.00	8,717.54	125,772.46
53.01.06	Servicio de Correo	0.00	19.79	19.79	19.79	0.00
53.02.01	Transporte de Personal	126,036.00		126,036.00	0.00	126,036.00
53.02.04	Edición, Impresión, Reproduc. y Public.	41,400.00		41,400.00	621.80	40,778.20
53.02.07	Difusión, Información y Publicidad	716,325.44		716,325.44	32,526.91	683,798.53
53.02.08	Servicio de Vigilancia	380,640.00		380,640.00	0.00	380,640.00
53.02.09	Servicio de Aseo	115,347.38		115,347.38	6,923.65	108,423.73
53.02.99	Otros Servicios Generales	176,464.74		176,464.74	73.49	176,391.25
53.03.01	Pasajes al Interior	8,400.00		8,400.00	28.25	8,371.75
53.03.02	Pasajes al Exterior	21,000.00		21,000.00	0.00	21,000.00
53.03.03	Viáticos y Subsistencias Interior	12,345.96		12,345.96	1,017.50	11,328.46
53.03.04	Viáticos y Subsistencias Exterior	27,972.00		27,972.00	0.00	27,972.00
53.04.02	Gasto Edificio Locales y Residencias	505,010.39		505,010.39	2,762.80	502,247.59
53.04.03	Gasto Mobiliarios	229,556.12		229,556.12	643.00	228,913.12

53.04.04	Gasto Maquinaria y Equipo	0.00	4,672.10	4,672.10	4,672.10	0.00
53.04.05	Gasto Vehículos	61,892.34		61,892.34	8,353.43	53,538.91
53.04.99	Otras Instalaciones Mantenimiento y Reparaciones	6,900.00		6,900.00	240.00	6,660.00
53.05.01	Arrendamiento de Terrenos	16,250.00		16,250.00	320.00	15,930.00
53.05.02	Arrendamiento Edificio Locales y Residencias	8,184.00		8,184.00	592.00	7,592.00
53.05.05	Arrendamiento Vehículos	10,074.00		10,074.00	150.00	9,924.00
53.06.01	Consultoría-Asesoría-Investigación	3,649,355.00		3,649,355.00	1,725.00	3,647,630.00
53.06.02	Servicio de Auditoría	81,600.00		81,600.00	0.00	81,600.00
53.06.03	Servicio de Capacitación	299,880.00		299,880.00	15,837.60	284,042.40
53.07.02	Arrendamiento y Licenc.de Uso Paq.Inform.	12,000.00		12,000.00	89.47	11,910.53
53.07.03	Arrendamiento de Equipos Informáticos	246,500.00		246,500.00	60.00	246,440.00
53.07.04	Manten.y Reparac.Equipos y Sistem.Inform.	368,950.00		368,950.00	1,259.50	367,690.50
53.08.02	Vestuario, Lencería y Prendas Protección	490,211.69		490,211.69	26,125.60	464,086.09
53.08.03	Combustibles y Lubricantes	53,512.00		53,512.00	2,384.16	51,127.84
53.08.04	Materiales de Oficina	411,294.16		411,294.16	0.00	411,294.16
53.08.05	Materiales de Aseo	12,895.56		12,895.56	0.00	12,895.56
53.08.06	Herramientas	5,000.00		5,000.00	0.00	5,000.00
53.08.09	Medicinas y Productos Farmacéuticos	42,935.75		42,935.75	0.00	42,935.75
53.08.10	Materiales para Laboratorio y Uso Médico	8,750.00		8,750.00	0.00	8,750.00
53.08.13	Repuestos y Accesorios	50,200.00		50,200.00	0.00	50,200.00
53.08.99	Otros de Uso y Consumo Corriente	218,214.00		218,214.00	31,805.27	186,408.73
53.99.01	Asignaciones a Distribuir para Bienes y Servicios de Consumo	437,688.96	-4,691.89	432,997.07	0.00	432,997.07
56	<u>Gastos financieros</u>	10,271,193.75	0.00	10,271,193.75	1,167,463.01	9,103,730.74
	<u>Deuda interna</u>					
56.02.01	Intereses BdE	32,166.00		32,166.00	1,443.18	30,722.82
	<u>Deuda externa</u>					
56.03.01	Intereses	10,081,400.18		10,081,400.18	1,166,019.83	8,915,380.35
56.03.06	Comisiones y Otros Cargos	157,627.57		157,627.57	0.00	157,627.57
57	<u>Otros gastos corrientes</u>	372,332.89	0.00	372,332.89	2,113.45	370,219.44
57.01.02	Tasas Generales	0.00	670.00	670.00	670.00	0.00
57.02.01	Seguros	272,332.89	-2,113.45	270,219.44	0.00	270,219.44
57.02.03	Comisiones Bancarias	0.00	1,384.45	1,384.45	1,384.45	0.00
57.02.06	Costas Judiciales	0.00	59.00	59.00	59.00	0.00
57.02.15	Indemnizaciones por Sentencias Judiciales	100,000.00		100,000.00	0.00	100,000.00
58	<u>Transferencias y donaciones corrientes</u>	1,801,000.04	0.00	1,801,000.04	71,206.26	1,729,793.78
58.01.02	A entidades descentralizadas y autónomas	850,000.00		850,000.00	71,206.26	778,793.74

58.01.03	A Empresas Públicas	406,000.04		406,000.04	0.00	406,000.04
58.01.08	Transf. Fondos Especiales (Fondo de Seguridad)	545,000.00		545,000.00	0.00	545,000.00
	Total gastos corrientes	37,723,648.54	0.00	37,723,648.54	2,256,503.77	35,467,144.77
6	Gastos de producción	70,219,569.90	0.00	70,219,569.90	3,835,512.03	66,384,057.87
61	Gastos en personal para producción	30,155,607.00	0.00	30,155,607.00	2,345,501.06	27,810,105.94
61.01.05	Remuneraciones Unificadas	30,155,607.00		30,155,607.00	2,345,501.06	27,810,105.94
63	Bienes y servicios para producción	36,513,635.37	0.00	36,513,635.37	1,488,471.94	35,025,163.43
63.01.04	Energía Eléctrica	1,646,000.00		1,646,000.00	135,377.47	1,510,622.53
63.01.05	Telecomunicaciones	81,000.00		81,000.00	6,045.90	74,954.10
63.01.06	Servicio de Correo	376,167.00		376,167.00	120.32	376,046.68
63.02.01	Transporte de Personal	364,774.80		364,774.80	0.00	364,774.80
63.02.04	Edición, Impresión, Reproduc. y Public.	194,588.00		194,588.00	16.87	194,571.13
63.02.07	Difusión, Información y Publicidad	0.00	350.00	350.00	350.00	0.00
63.02.08	Servicio de Vigilancia	2,759,640.00		2,759,640.00	0.00	2,759,640.00
63.02.09	Servicio de Aseo	203,158.25		203,158.25	20,203.37	182,954.88
63.02.99	Otros Servicios Generales	5,406,674.00		5,406,674.00	242,670.13	5,164,003.87
63.03.01	Pasajes al Interior	1,800.00		1,800.00	324.26	1,475.74
63.03.01	Pasajes al Exterior	4,500.00		4,500.00	0.00	4,500.00
63.03.03	Viáticos y Subsistencias en el Interior	11,046.96		11,046.96	0.00	11,046.96
63.03.04	Viáticos y Subsistencias en el Exterior	5,994.00		5,994.00	0.00	5,994.00
63.04.02	Gasto Edificio Locales y Residencias	921,953.92		921,953.92	14,952.39	907,001.53
63.04.03	Gasto Mobiliarios	72,136.31		72,136.31	1,328.22	70,808.09
63.04.04	Gasto Maquinaria y Equipo	1,400,287.49		1,400,287.49	53,576.14	1,346,711.35
63.04.05	Gasto Vehículos	918,069.71		918,069.71	95,589.00	822,480.71
63.04.06	Gasto en Herramientas	0.00	34.82	34.82	34.82	0.00
63.04.99	Otras Instalaciones, Mantenim. y Reparac.	10,319,359.89		10,319,359.89	359,365.33	9,959,994.56
63.05.02	Arrendamiento Edificios, Local, y Resid.	142,650.00		142,650.00	4,332.85	138,317.15
63.05.05	Arrendamiento Vehículos	242,400.00		242,400.00	0.00	242,400.00
63.05.06	Arrendamiento de Herramientas	0.00		0.00	0.00	0.00
63.06.01	Consultoría-Asesoría-Investigación	683,530.20		683,530.20	10,025.00	673,505.20
63.06.02	Servicio de Auditoría	15,000.00		15,000.00	0.00	15,000.00
63.06.03	Servicio de Capacitación	99,960.00		99,960.00	2,678.98	97,281.02
63.07.02	Arrendamiento y Licencias Paquetes I	0.00	260.63	260.63	260.63	0.00
63.07.04	Manten.y Reparac.Equipos y Sistem.Inform.	0.00	3,461.85	3,461.85	3,461.85	0.00
63.08.02	Vestuario, Lencería y Prendas Protección	995,742.50		995,742.50	64,871.91	930,870.59
63.08.03	Combustibles y Lubricantes	470,905.60		470,905.60	8,484.85	462,420.75
63.08.04	Materiales de Oficina	63,652.67		63,652.67	13,444.30	50,208.37
63.08.05	Materiales de Aseo	22,879.22		22,879.22	3,964.55	18,914.67

63.08.06	Herramientas	73,611.59		73,611.59	2,093.99	71,517.60
63.08.10	Materiales para Laboratorio y Uso Médico	213,173.56		213,173.56	20,757.33	192,416.23
63.08.11	Materiales de Const.Eléct.Plom.y Carpint.	4,261,947.63		4,261,947.63	149,373.16	4,112,574.47
63.08.13	Repuestos y Accesorios	833,625.20		833,625.20	6,053.52	827,571.68
63.08.99	Otros de Uso y Consumo Producción	429,595.23	-4,107.30	425,487.93	268,714.80	156,773.13
63.10.02	Productos Químicos e Industriales	3,277,811.64		3,277,811.64	0.00	3,277,811.64
67	Otros gastos de producción	3,550,327.53	0.00	3,550,327.53	1,539.03	3,548,788.50
67.01.02	Tasas Generales	55,500.00		55,500.00	0.00	55,500.00
67.01.99	Otros Impuestos, Tasas, Contribuciones	0.00	1,526.27	1,526.27	1,526.27	0.00
67.02.01	Seguros	3,494,827.53	-1,539.03	3,493,288.50	0.00	3,493,288.50
67.02.99	Otros Gastos Financieros	0.00	12.76	12.76	12.76	0.00
7	Gastos de inversión	70,158,098.97	0.00	70,158,098.97	3,131,200.78	67,026,898.19
71	Gastos en personal para inversión	6,795,144.17	0.00	6,795,144.17	555,321.44	6,239,822.73
71.01.05	Remuneraciones Unificadas	6,795,144.17		6,795,144.17	555,321.44	6,239,822.73
73	Bienes y servicios para inversión	8,507,073.74	0.00	8,507,073.74	89,324.56	8,417,749.18
73.01.04	Energía Eléctrica	79,043.00		79,043.00	640.23	78,402.77
73.01.05	Telecomunicaciones	30,246.00		30,246.00	1,128.21	29,117.79
73.01.06	Servicio de Correo	7,392.00		7,392.00	0.00	7,392.00
73.02.01	Transporte de Personal	43,555.20		43,555.20	0.00	43,555.20
73.02.06	Eventos Públicos y Oficiales	0.00	149.50	149.50	149.50	0.00
73.02.04	Edición, Impresión, Reproduc. y Public.	0.00	1,860.00	1,860.00	1,860.00	0.00
73.02.08	Servicio de Vigilancia	65,320.00		65,320.00	0.00	65,320.00
73.02.09	Servicio de Aseo	51,713.01		51,713.01	3,010.28	48,702.73
73.02.99	Otros Servicios Generales	2,400.00		2,400.00	34.25	2,365.75
73.03.01	Pasajes al Interior	3,000.00		3,000.00	48.00	2,952.00
73.03.02	Pasajes al Exterior	11,500.00		11,500.00	800.00	10,700.00
73.03.03	Viáticos y Subsistencias Interior	43,086.96		43,086.96	0.00	43,086.96
73.03.04	Viáticos y Subsistencias Exterior	33,702.00		33,702.00	0.00	33,702.00
73.04.01	Gasto en Terrenos	0.00		0.00	0.00	0.00
73.04.02	Gasto edificios, locales y residencias	254,133.72		254,133.72	866.43	253,267.29
73.04.03	Gasto Mobiliarios	72,136.31		72,136.31	0.00	72,136.31
73.04.04	Gasto Maquinaria y Equipo	0.00	930.01	930.01	930.01	0.00
73.04.05	Gasto Vehículos	76,296.95		76,296.95	2,541.25	73,755.70
73.05.01	Arrendamiento Terrenos	0.00	45.00	45.00	45.00	0.00
73.05.02	Arrendamiento Edificios, Local, y Resid.	0.00	580.00	580.00	580.00	0.00
73.05.05	Arrendamiento Vehículos	118,800.00		118,800.00	600.00	118,200.00
73.06.01	Consultoría-Asesoría-Investigación	2,061,602.31		2,061,602.31	25,443.57	2,036,158.74
73.06.02	Servicio de Auditoría	97,000.00		97,000.00	0.00	97,000.00
73.06.03	Servicio de Capacitación	190,760.00		190,760.00	319.25	190,440.75
73.06.04	Fiscalización e Inspecciones Técnicas	704,366.57	-4,441.62	699,924.95	0.00	699,924.95
73.06.05	Estudio y Diseño de Proyectos	4,386,498.76		4,386,498.76	38,480.33	4,348,018.43

73.07.02	Arrendamiento y Licenc.de Uso Paq.Inform.	0.00	38.90	38.90	38.90	0.00
73.07.04	Manten.y Reparac.Equipos y Sistem.Inform.	0.00	838.21	838.21	838.21	0.00
73.08.02	Vestuario, Lencería y Prendas Protección	62,253.35		62,253.35	5,222.08	57,031.27
73.08.03	Combustibles y Lubricantes	22,226.72		22,226.72	682.09	21,544.63
73.08.04	Materiales de Oficina	78,217.08		78,217.08	4,660.33	73,556.75
73.08.05	Materiales de Aseo	5,823.80		5,823.80	406.64	5,417.16
73.08.13	Repuestos y Accesorios	6,000.00		6,000.00	0.00	6,000.00
75	Obras públicas	54,777,571.66	0.00	54,777,571.66	2,473,090.88	52,304,480.78
75.01.01	Obras agua potable	15,919,859.64		15,919,859.64	613,236.79	15,306,622.85
75.01.03	Obras alcantarillado	35,629,484.99		35,629,484.99	1,836,187.02	33,793,297.97
75.01.07	Construcciones y Edificaciones	393,178.03		393,178.03	23,667.07	369,510.96
75.01.13	Explotación de aguas subterráneas	754,300.00		754,300.00	0.00	754,300.00
75.01.99	Otras obras de infraestructura	1,030,000.00		1,030,000.00	0.00	1,030,000.00
75.02.01	Obras para generación eléctrica hidráulica	324,999.00		324,999.00	0.00	324,999.00
75.05.99	Mantenimiento y Reparación Estruct. Obras Pública	560,000.00		560,000.00	0.00	560,000.00
75.99.01	Asignaciones a distribuir a obras	165,750.00		165,750.00	0.00	165,750.00
77	Otros gastos de inversión	78,309.40	0.00	78,309.40	13,463.90	64,845.50
77.01.02	Tasas Generales	0.00	4,100.00	4,100.00	4,100.00	0.00
77.01.99	Otros Impuestos, Tasas, Contribuciones	0.00		0.00	82.50	
77.02.01	Seguros	76,809.40	-13,381.40	63,428.00	0.00	63,428.00
77.02.03	Comisiones Bancarias	0.00	9,281.40	9,281.40	9,281.40	0.00
77.02.06	Costas Judiciales	1,500.00		1,500.00	0.00	1,500.00
78	Transferencias y donaciones para inversión	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
78.01.08	A cuenta o Fondos Especiales	0.00		0.00	0.00	0.00
8	Gastos de capital	14,488,504.58	0.00	14,488,504.58	232,417.84	14,256,086.74
84	Bienes de larga duración	13,688,504.58	0.00	13,688,504.58	95,381.17	13,593,123.41
84.01	Bienes muebles	11,368,504.58	0.00	11,368,504.58	93,756.47	11,274,748.11
84.01.03	Mobiliarios	171,062.15		171,062.15	5,954.76	165,107.39
84.01.04	Maquinaria y Equipo	8,634,657.64		8,634,657.64	43,062.13	8,591,595.51
84.01.05	Vehículos	216,800.00		216,800.00	2,916.00	213,884.00
84.01.06	Herramientas	210,318.09		210,318.09	3,065.14	207,252.95
84.01.07	Equipos, sistemas y paquetes informáticos	1,979,430.00		1,979,430.00	38,758.44	1,940,671.56
84.01.09	Libros y colecciones	20,346.70		20,346.70	0.00	20,346.70
84.01.11	Partes y repuestos	135,890.00		135,890.00	0.00	135,890.00
84.03	Expropiaciones de bienes	2,320,000.00	0.00	2,320,000.00	1,624.70	2,318,375.30
84.03.01	Terrenos	2,320,000.00		2,320,000.00	1,624.70	2,318,375.30
84.04	Intangibles	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
84.04.01	Intangibles-servidumbres forzosas	0.00		0.00	0.00	0.00
87	Inversiones Financieras	800,000.00	0.00	800,000.00	137,036.67	662,963.33

87.01.04	Compra de Acciones	800,000.00		800,000.00	137,036.67	662,963.33
	Total Gastos de inversión y capital	154,866,173.45	0.00	154,866,173.45	7,199,130.65	147,667,042.80
9	Aplicación del financiamiento	16,159,426.01	0.00	16,159,426.01	548,306.05	15,611,119.96
96	Amortización de la deuda pública	16,159,426.01	0.00	16,159,426.01	548,306.05	15,611,119.96
96.02.01	Amortización BdE	94,203.23	321,709.75	415,912.98	415,912.98	0.00
96.03.01	Amortización BID	16,065,222.78	321,709.75	15,743,513.03	132,393.07	15,611,119.96
	Total gastos de financiamiento	16,159,426.01	0.00	16,159,426.01	548,306.05	15,611,119.96
	Total gastos e inversiones	208,749,248.00	0.00	208,749,248.00	10,003,940.47	198,745,307.53

Lcda. Rocío Poma I.

JEFE ADMINISTRACIÓN PRESUPUESTARIA

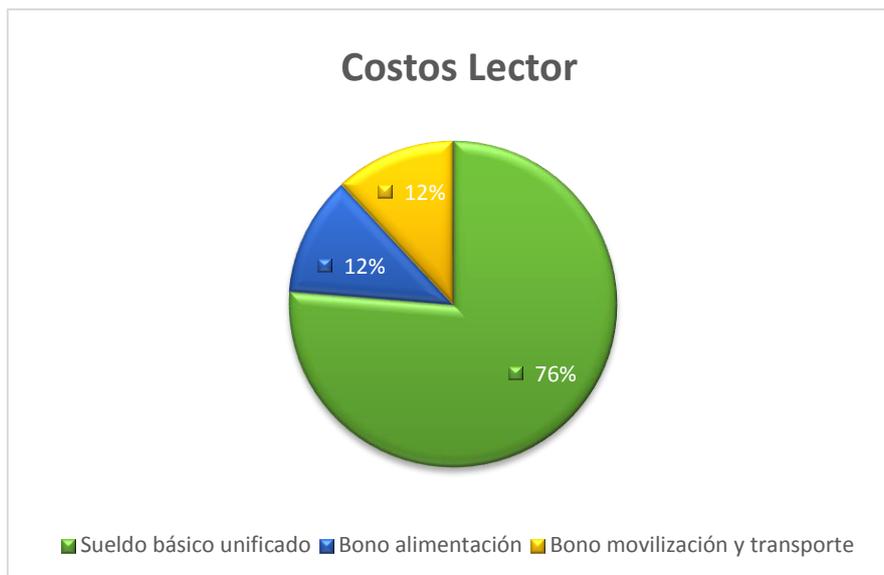
De acuerdo al informe anterior, se tiene 3 tipos de egresos acordes al sistema de facturación que actualmente se está manejando. Estos representados en color amarillo y el presupuesto estatal asignado a la administración EMAAP con color verde.

CONCEPTO	VALOR USD	%
Presupuesto estatal asignado EMAAP 2015	\$ 208,749,248.00	100%
Remuneraciones Unificadas	\$ 16,035,846.37	7.7%
Otras Instalaciones Mantenimiento y Reparaciones	\$ 6,900.00	0.003%
Manten.y Reparac.Equipos y Sistem.Inform.	\$ 368,950.00	0.2%
Restante de presupuesto	\$ 192,337,551.63	92%



Al desglosar el valor asignado para Remuneraciones unificadas, es necesario centrar la atención en el rubro que compete el estudio de la toma de información de los medidores de agua potable. De acuerdo a la ley actual, los valores aprobados como remuneraciones para los lectores, es el presentado en la siguiente tabla.

	Diario	Mensual	Anual
Sueldo básico unificado	\$ 16.09	\$ 400.00	\$ 4,800.00
Bono alimentación	\$ 2.50	\$ 55.00	\$ 660.00
Bono movilización y transporte	\$ 2.50	\$ 55.00	\$ 660.00
Total	\$ 21.09	\$ 510.00	\$ 6,120.00



Lo que da lugar al planteo de un nuevo escenario, que permite relacionar el costo del recurso humano frente al presupuesto asignado, para de esta forma poder comparar con el planteamiento económico de proyecto agua. Previo a poder conocer el porcentaje de remuneraciones de lectores, es indispensable conocer qué tipo de carga laboral y con cuanto personal se cuenta en la actualidad.

Únicamente para las zonas urbanas de Quito se cuenta con un personal de planta fijo que realiza, tanto la toma de lecturas y la generación de reportes como la comprobación de normal funcionamiento de cada uno de los medidores ubicados en los predios correspondientes a la ruta asignada por la empresa a cargo.

El personal fijo designado para realizar el trabajo de lectores, lo dividimos en 100 cuadrillas de 10 personas cada una de ellas. La organización en cuadrillas de trabajo, permite mantener un mayor control del trabajo realizado, así como la manutención del orden en cuanto a la asignación de predios y rutas de trabajo.

En el siguiente cuadro, se tiene una idea más clara del trabajo de distribución de rutas hacia los predios urbanos de la ciudad de Quito.

	Cantidad	Porcentaje
Predios en la ciudad de Quito	763,719.00	100%
Predios urbanos	610,976.00	80%



Lectores de campo	1000
Predios a visitar	611
Predios diarios a visitar	122

Mediante una sencilla operación matemática, se obtiene que, un lector tiene la obligación de tomar la información de suministros de aproximadamente 611 predios urbanos al mes, mismo de los cuales debe dar seguimiento en caso de reporte de robo, realizar levantamiento de informes en caso de mal funcionamiento, para que en cualquiera de estos casos se pueda generar una orden de trabajo y proceder con un diagnóstico previo al cambio total o parcial del medidor analógico.

Por otro lado, digitadores y archivadores de planillas de información de predios tienen un sueldo de \$700. En la EMAAP, existe un grupo de operaciones llamado catastro y facturación – lecturas, que realiza el ingreso de las planillas al sistema, este grupo está conformado por 200 trabajadores.

	Mensual	Anual
Sueldo básico unificado	\$ 700.00	\$ 8,400.00

Adicional, el precio de costo de los medidores análogos que la empresa adquiere para reservarlos como repuestos en caso de reporte de daño de uno de los medidores que se encuentran en funcionamiento en los predios, es de \$60. De acuerdo a políticas internas, por ser una empresa estatal, se debe entregar al usuario final los medidores, al mismo precio de adquisición. Se debe tener un 10% de los medidores totales instalados, como previsión para reemplazos, es decir el 5% de 610,976.00 que corresponde a 30549 medidores.

A continuación, una tabla resumen.

Concepto	Valor- USD
Remuneraciones Unificadas Lectores	\$ 6,120,000.00
Remuneraciones Unificadas Digitadores	\$ 1,680,000.00
Otras Instalaciones Mantenimiento y Reparaciones	\$ 6,900.00
Obras agua potable	\$ 15,919,859.64
Manten.y Reparac.Equipos y Sistem.Inform.	\$ 368,950.00
Repuestos medidores	\$ 3,665,856.00
TOTAL	\$ 27,761,565.64

PROYECTO AGUA

Los costos para el proyecto agua se los ha dividido en dos partes.

Los costos del prototipo

En esta primera parte, se describe los costos por concepto de materiales, y recursos empleados para producir un prototipo.

Concepto	Precio Unitario	Unidad	Costo
Placas	\$ 3.20	200	\$ 640.00
arduino	\$ 5.50	1000	\$ 5,500.00
materiales	\$ 15.00	1000	\$ 15,000.00
ISD	\$ 275.00	1	\$ 275.00
transporte	\$ 5.67	1000	\$ 5,670.00
Mano de obra	\$ 354.00	5	\$ 1,770.00
Maquinaria y equipos	\$ 1,000.00	1	\$ 1,000.00
Servicios básicos - agua	\$ 120.00	1	\$ 120.00
Servicios básicos - luz	\$ 270.00	1	\$ 270.00
Servicios básicos - teléfono	\$ 110.00	1	\$ 110.00
Arriendo	\$ 800.00	1	\$ 800.00
TOTAL			\$ 31,155.00

Los costos del software de administración

En esta segunda parte, se coloca los costos por producción de software de control de datos que envía el prototipo.

Concepto	Precio Unitario	Unidad	Costo
Base de datos- Desarrollo	\$ 3,000.00	1	\$ 3,000.00
Implementación	\$ 6,000.00	1	\$ 6,000.00
Hosting	\$ 2,000.00	1	\$ 2,000.00
Honorarios Desarrolladores	\$ 10,000.00	2	\$ 20,000.00
TOTAL			\$ 31,000.00

La implementación por punto de instalación del prototipo junto con el medidor digital, tiene un costo total de acuerdo a la siguiente tabla.

Concepto	Punto de configuración
Prototipo	\$ 31.00
Conexión	\$ 2.50
Configuración	\$ 2.50
Medidor digital	\$ 20.00
TOTAL	\$ 56.00

Deseamos ganar un 35% sobre el costo de producción en el prototipo, por lo que el precio de venta al distribuidor será de \$75.6 por unidad.

En cuanto a los costos de implementación del sistema de gestión tenemos

	GLOBAL PROYECTO
Servicio de Hosting	\$ 10,000.00
Implementación / puesta en marcha	\$ 100,000.00
Capacitación uso de sistema 5 personas	\$ 3,000.00
mantenimiento del sistema 1 vez por año	\$ 100,000.00
Soporte remoto a BD	\$ 2,400.00
Soporte en sitio a punto de conexión	\$ 25.00
TOTAL	\$ 215,425.00

A continuación, un cuadro comparativo entre el presupuesto asignado en la actualidad, y el presupuesto propuesto por el proyecto agua.

	ANUAL	3 Años
Administración actual	\$ 27,761,565.64	\$ 83,284,696.92
Proyecto Agua	\$ 15,545,695.20	\$ 47,995,185.60

Lo que nos permite evidenciar que el porcentaje de ahorro que propone el proyecto agua sobre el costo de producción de la administración actual en rubros de agua potable es del 58%. Los costos de producción han sido amortizados a 36 meses con el fin de que el valor a pagar durante dicha temporalidad permita tener un payback de 2 años y 3 meses. Una vez terminados los 36 meses, el MRC o mensualidad, será del 50% del valor actual.

Los valores a cancelar por mensualidad y por instalación por la empresa a implementar el sistema, son los descritos a continuación.

	MRC - Mensualidad	NRC – Costos Instalación
Servicio de Hosting	\$ 10,000.00	\$ 203,000.00
Soporte remoto a BD	\$ 2,400.00	
Soporte en sitio a punto de conexión	\$ 25.00	
Mensualidad sistema integral	\$ 1,283,049.60	
TOTAL	\$ 1,295,474.60	