

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TEMA:

**Desarrollo de un sistema de Telemetría para el control y supervisión
del consumo de agua en hogares residenciales.**

AUTOR:

Pincay Canales, Kevin Bryan

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de

**INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y
AUTOMATISMO**

TUTOR:

Romero Rosero, Carlos Bolívar

Guayaquil, Ecuador

12 de Marzo del 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Pincay Canales, Kevin Bryan**, como requerimiento para la obtención del Título de **INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO**.

TUTOR

f. _____

ROMERO ROSERO, CARLOS BOLIVAR

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO

Guayaquil, a los 12 días del mes de Marzo del año 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Pincay Canales, Kevin Bryan**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación “**Desarrollo de un sistema de Telemetría para el control y supervisión del consumo de agua en hogares residenciales**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 12 días del mes de Marzo del año 2018

EL AUTOR

f. _____
Pincay Canales, Kevin Bryan



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

AUTORIZACIÓN

Yo, **Pincay Canales, Kevin Bryan**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “**Desarrollo de un sistema de Telemetría para el control y supervisión del consumo de agua en hogares residenciales**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 12 días del mes de Marzo del año 2018

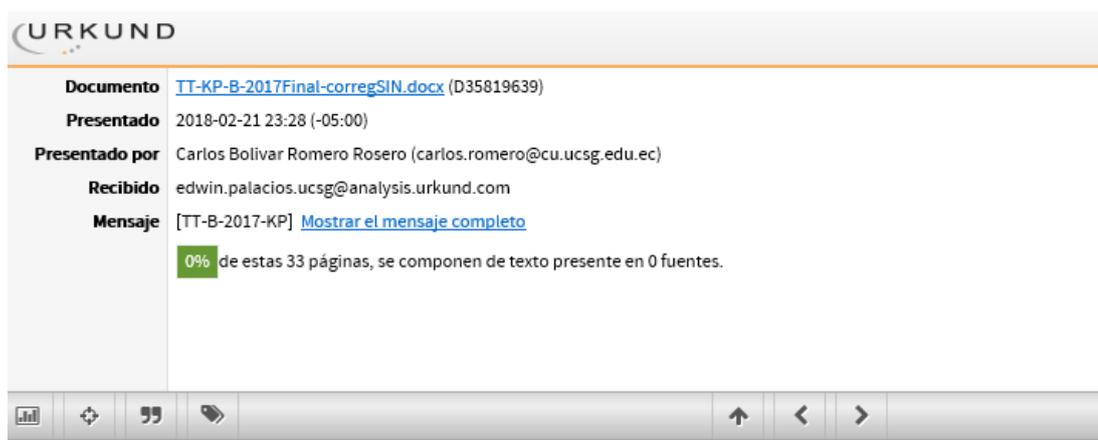
EL AUTOR:

f. _____
Pincay Canales, Kevin Bryan

REPORTE DE URKUND

Informe del trabajo de titulación de la carrera de Electrónica en Control y Automatismo, con porcentaje de **0%** de coincidencias, perteneciente al estudiante:

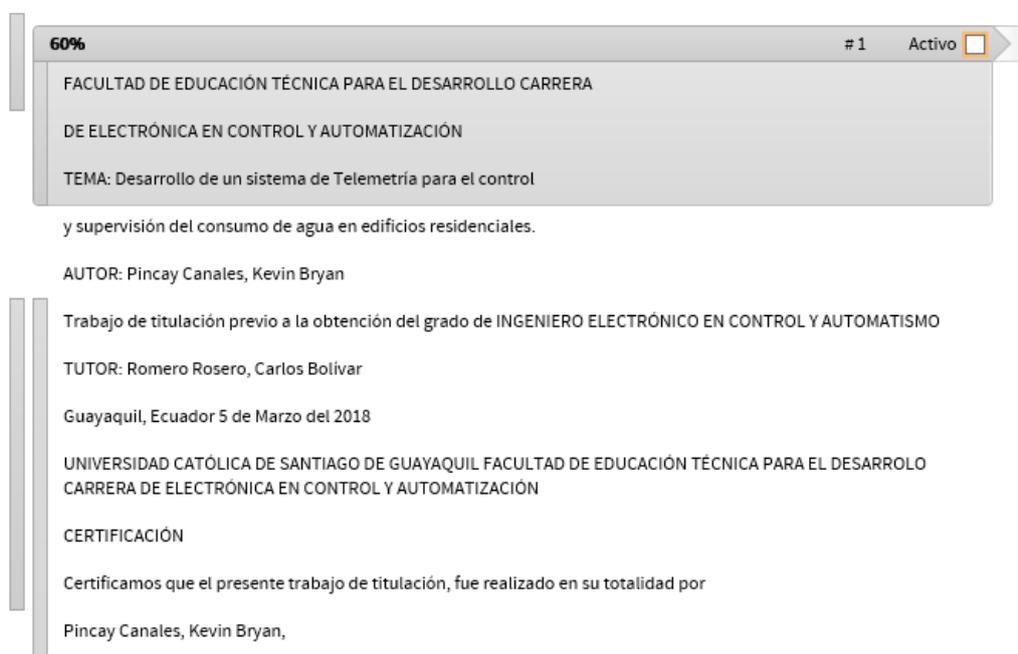
PINCAY CANALES KEVIN BRYAN.



The screenshot shows the URKUND interface with the following details:

- Documento:** [TT-KP-B-2017Final-corregSIN.docx](#) (D35819639)
- Presentado:** 2018-02-21 23:28 (-05:00)
- Presentado por:** Carlos Bolivar Romero Rosero (carlos.romero@cu.ucsg.edu.ec)
- Recibido:** edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com
- Mensaje:** [TT-B-2017-KP] [Mostrar el mensaje completo](#)

A green box indicates: **0%** de estas 33 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes.



The document preview window shows the following content:

60% # 1 Activo

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA
DE ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN

TEMA: Desarrollo de un sistema de Telemetría para el control
y supervisión del consumo de agua en edificios residenciales.

AUTOR: Pincay Canales, Kevin Bryan

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TUTOR: Romero Rosero, Carlos Bolívar

Guayaquil, Ecuador 5 de Marzo del 2018

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por

Pincay Canales, Kevin Bryan,

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres Cesario Pincay y Elizabeth Canales, quienes con esfuerzo, dedicación y paciencia me guiaron siempre por el camino correcto y me dejaron como herencia principal los estudios. A mis hermanos César Eduardo, Francisco Xavier y Kathy Elizabeth y a César Mathew que siempre han estado a mi lado en los buenos y malos momentos.

EL AUTOR

PINCAY CANALES, KEVIN BRYAN

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y la oportunidad de culminar mis estudios y honrar a mis padres; a mi tutor el Ingeniero Carlos Romero, quien con su conocimiento, paciencia y motivación me ayudó a culminar exitosamente el trabajo de titulación.

EL AUTOR

PINCAY CANALES, KEVIN BRYAN



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS

DECANO

f. _____

MENDOZA MERCHÁN, EDUARDO VICENTE

COORDINADOR DE TITULACIÓN

f. _____

SUÁREZ MURILLO, EFRAÍN OSWALDO

OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
Resumen	XV
Abstract	XV
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Introducción	2
1.2. Antecedentes del problema a investigar.	3
1.3. Hecho científico.....	5
1.4. Definición del problema.	5
1.5. Justificación.	5
1.6. Objetivos del problema de investigación.....	6
1.6.1. Objetivo general.....	6
1.6.2. Objetivos específicos	7
1.7. Hipótesis.	7
1.8. Metodología de investigación.....	7
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	9
2.1. Sistemas de control	9
2.1.1. Elementos de un sistema de control.....	9
2.1.2. Tipos de sistemas de control.....	10
2.2. Sistemas Embebidos	11
2.2.1. Elementos de un sistema embebido	12
2.2.2. Características y Aplicaciones de los sistemas embebidos.....	15
2.3. Flujo o Caudal.....	17
2.3.1. Unidades de medición del flujo	18
2.3.2. Métodos de medición de caudal.....	19
2.4. Sensores	20
2.4.1. Sensores de Caudal	20
2.5. Memoria.....	21
2.5.1. Memoria RAM.....	22
2.5.2. Memoria ROM.....	23
2.5.3. PROM	23

2.5.4.	EPROM.....	24
2.5.5.	EEPROM	24
2.5.6.	Memoria Flash	25
2.6.	Microcontroladores	25
2.7.	Actuadores	26
2.8.	Interfaz de usuario.....	27
2.8.1.	Tipos de Interfaces.....	28
2.9.	Sistema Operativo.....	30
2.9.1.	Sistema Android	31
2.10.	Telemetría	32
2.11.	Sistemas de abastecimiento de agua	34
2.11.1.	Tipos de sistemas de abastecimiento de agua en edificios	34
2.12.	Comunicación inalámbrica	38
2.12.1.	Radiofrecuencia	39
2.12.2.	Tipos de Redes inalámbricas	39
2.13.	Fugas de agua.....	41
2.14.	Conceptos relacionados a software e interfaces	42
2.14.1.	Sistema o interfaz de código abierto (Open Source)	43
2.14.2.	Firmware.....	43
CAPÍTULO 3: DISEÑO Y APORTACIONES DEL SISTEMA		44
3.1.	Ubicación Geográfica del sitio de desarrollo.....	44
3.1.1.	Especificaciones del sistema de distribución del agua	46
3.2.	Elementos principales del sistema de control	48
3.2.1.	Placa ESP8266 NodeMCU	48
3.2.2.	Módulos NRF24L01	53
3.2.3.	Diagrama de conexión entre el módulo RF y la placa NodeMCU55	
3.2.4.	Electroválvula o válvula solenoide.....	55
3.2.5.	Aplicación Android en App Inventor 2	60
3.2.6.	Base de datos online ‘Firebase’	62
3.2.7.	Diagrama de bloques del sistema propuesto.....	63
3.2.8.	Diagrama general de conexiones del sistema propuesto	66
3.2.9.	Ubicación de los circuitos del sistema.....	68
3.3.	Pruebas experimentales y análisis de resultados.....	70

3.3.1. Simulación en dispositivo móvil virtual con sistema operativo Android	70
3.3.2. Configuración de la placa ESP8266 NodeMCU.....	71
3.4. Presupuesto aproximado del sistema propuesto	73
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
4.1. Conclusiones	75
4.2. Recomendaciones	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
ANEXOS.....	85
a. Sistema de abastecimiento de agua en edificio.....	85
b. Electroválvula utilizada en el sistema.....	86
c. Programación con ESP8266	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 1:

Figura 1.1: Medidor analógico	2
-------------------------------------	---

Capítulo 2:

Figura 2.1: Diagrama de bloques del sistema básico de control de lazo abierto	10
Figura 2.2: Diagrama de bloques de un sistema retroalimentado.	11
Figura 2.3: Diagrama de bloques básico de los elementos de un SE típico.....	13
Figura 2.4: Tipos de elementos comunes que funcionan con sistemas embebidos ...	16
Figura 2.5: Representación del flujo o caudal en una tubería.	17
Figura 2.6: Memoria RAM como parte de la estructura de un microcontrolador PIC.	22
Figura 2.8: Ejemplo de memorias ROM.....	23
Figura 2.7: Ejemplo de memoria de solo lectura (ROM).....	24
Figura 2.8: Ejemplos de memorias flash (USB y tarjetas SD).....	25
Figura 2.9: Símbolo del sistema de Windows como CLI	29
Figura 2.10: Interfaz de menú de Android Studio.....	29
Figura 2.11: HMI realizado en LabWindows, programa que permite programar por GUI.....	30
Figura 2.12: Diagrama de bloques del flujo de acciones de un sistema operativo. ...	31
Figura 2.13: Últimas versiones del SO Android	32
Figura 2.14: Ejemplo de un sistema de telemetría.	33
Figura 2.15: Estructura de un sistema de abastecimiento de agua directo.....	35
Figura 2.16: Estructura de un sistema de abastecimiento de agua por gravedad.....	37
Figura 2.17: Estructura de un sistema de abastecimiento de agua por gravedad con bomba.....	38
Figura 2.18: Espectro Electromagnético	38
Figura 2.19: Uso de la tecnología WPAN con Bluetooth.	40
Figura 2.20: Forma típica de uso de una red WLAN.....	40
Figura 2.21: Fuga en unión de dos tuberías.	42

Capítulo 3:

Figura 3.1: Vista del edificio desde la calle Isidro Ayora.....	44
Figura 3.2: Vista de la ubicación y el sector del edificio.	45
Figura 3.3: Placa ESP8266 NodeMCU.....	49
Figura 3.4: Diagrama esquemático de la placa ESP8266	52
Figura 3.5: Módulo NRF24L01.	53
Figura 3.6: Pines del módulo NRF24L01.	54
Figura 3.7: Diagrama de conexión entre el ESP y el módulo RF	55
Figura 3.8: Representación de un Relé 5V DC entrada y salida de 110V AC.....	57
Figura 3.9: Diagrama de control de electroválvula NC, simulado en Proteus 7.....	58
Figura 3.10: Diagrama de control de electroválvula NA, simulado en Proteus 7.....	59
Figura 3.11: Circuitos de control y fuerza del accionamiento de una electroválvula en estado abierto.	59
Figura 3.12: Circuitos de control y fuerza del accionamiento de una electroválvula en estado cerrado.....	60
Figura 3.13: Panel de diseño de aplicación en App Inventor 2.....	61
Figura 3.14: Pantalla de inicio de la aplicación diseñada.	62
Figura 3.15: Base de datos de Firebase con variables del sistema.....	63
Figura 3.16: Diagrama de bloques del sistema de control y supervisión de agua.	64
Figura 3.17: Diagrama circuital y físico del sistema de control y supervisión de consumo de agua.	67
Figura 3.18: Ubicación del circuito emisor en la sala de un inmueble	68
Figura 3.19: Ubicación del circuito emisor en sala de residencia.....	69
Figura 3.20: Circuito emisor en caja de protección.	69
Figura 3.21a: Pantalla de inicio del simulador.....	71
Figura 3.21b: Pantalla principal	71
Figura 3.22: Parámetros de configuración del ESP8266.	72
Figura 3.23: Captura de la tabla de tasas y tarifas del costo de técnico por servicio.	74

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 1:

Tabla 1.1: Informes de reclamos	4
---------------------------------------	---

Capítulo 2:

Tabla 2.1: Métodos de medición de caudal volumétrico	19
--	----

Tabla 2.2: Métodos de medición de caudal.....	20
---	----

Capítulo 3:

Tabla 3.1: Ubicación exacta del edificio.....	46
---	----

Tabla 3.2: Rangos con su valor en dólares para cobro por consumo de agua.....	47
---	----

Tabla 3.3: Especificaciones generales de la tarjeta ESP8266 V3.....	50
---	----

Tabla 3.4: Mapeo de los pines GPIO de la placa ESP8266 NodeMCU	51
--	----

Tabla 3.5: Medidas de tuberías con sus capacidades	56
--	----

Tabla 3.6: Cotización de materiales del sistema.....	73
--	----

Resumen

El presente trabajo de titulación consiste en el desarrollo de un recurso tecnológico que permita solucionar una gran necesidad como es la del control y supervisión de consumo de agua en edificios que cuenten con sistema de abastecimiento de agua por gravedad, el cual es el sistema más común utilizado en los edificios de la ciudad de Guayaquil, Ecuador. Los usuarios de los inmuebles no revisan constantemente su medidor de agua, por lo que si existiese una fuga de agua pasaría desapercibida hasta que la planilla llegue y se tendrá que pagar un alto valor de dinero. El sistema propuesto soluciona esta problemática permitiendo saber si el consumo de agua se encuentra dentro del rango normal, además de brindar una interfaz de sencillo manejo a los usuarios de cada departamento del edificio. Gracias al trabajo de campo realizado para la adaptación del diseño de un circuito eléctrico, a un software diseñado y programado para dispositivos móviles Android, y a la tecnología de señales telemétricas, la propuesta del trabajo cumple con los objetivos deseados.

PALABRAS CLAVES: APLICACIÓN ANDROID, SEÑALES TELEMÉTRICAS, CONTROL Y SUPERVISIÓN DE AGUA, RECURSO TECNOLÓGICO, ABASTECIMIENTO DE AGUA POR CAIDA DE GRAVEDAD.

Abstract

The present titling work consists in the development of a technological resource that allows solving a big requirement such as the control and supervision of water consumption for buildings that have water supply system by gravity, which is one of the most common systems used in buildings of Guayaquil city, Ecuador. The users of the buildings do not check their water meter constantly, so if there is a water leak, it will go unnoticed until the water bill arrives and the user will have to pay a high value. The proposed system solves this problem by letting us know if the water consumption is within the normal range, in addition to providing a user-friendly interface to the users of each department of the building. Thanks to the fieldwork carried out to adapt the design of an electrical circuit, software designed and programmed for Android mobile devices, and to the telemetric signals technology, the proposal of this work fulfills the desired objectives.

KEYWORDS: ANDROID APPLICATION, TELEMETRIC SIGNALS, WATER CONTROL AND SUPERVISION, TECHNOLOGICAL RESOURCE, GRAVITY FALL WATER SUPPLY.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

En la ciudad de Guayaquil el sistema de medición de agua por parte de Interagua, empresa encargada de brindar el servicio básico del agua, se realiza mediante el conocido medidor de agua. Dicho medidor es utilizado debido a que trabaja con precisión y cumple con los estándares suficientes para funcionar de manera adecuada y satisfacer las necesidades de la empresa y de los usuarios.

Debido a que la tecnología avanza con el paso de los años en todos los campos de la ciencia incluyendo a los instrumentos de medición, a su vez que aparecen nuevas necesidades para las personas, cada cierto tiempo la empresa abastecedora de agua realiza un reemplazo a los medidores de agua por uno más moderno, con el fin de aprovechar los nuevos recursos tecnológicos que aparecen y resolver las nuevas necesidades que presenten los usuarios.

El caso más común y representativo es el cambio que se realizó de medidores analógicos a digitales, donde el mecanismo de funcionamiento entre ambos muestra gran diferencia; además, con el medidor digital se logró cubrir nuevas necesidades como: mayor precisión, más confort y facilidad de uso, mayor exactitud, entre otras.



Figura 1.1: *Medidor analógico*
Fuente: (Medidores Azteca, 2017)

Actualmente en nuestro país existe la tecnología suficiente para poder innovar y diseñar una solución ante la problemática del control de consumo de agua, así como ofrecer una fuente de información que le sirva al usuario.

1.2. Antecedentes del problema a investigar.

“Hoy, una persona de cada seis toma agua sucia. Una persona de cada tres no tiene acceso a los servicios sanitarios. Y aproximadamente 10.000 personas van a morir hoy a causa de esta situación que se podría evitar. Esto es inaceptable (...)” (Kofi Annan, 2004)

El agua es un elemento fundamental para la vida y sin ella no habría seres vivos sobre el planeta. Aunque la mayor parte de la superficie de la Tierra está cubierta de agua, esto no certifica que ésta será siempre la realidad, por el contrario. En ciertos países se vive día a día la gran escasez de agua de manera considerable. Por estas razones es importante y necesario tomar consciencia sobre el ahorro del agua y de la energía, donde ésta última se genera principalmente por las represas hidroeléctricas a nivel mundial, es decir, termina formando parte de un proceso donde el agua es el principal factor.

En el artículo científico llamado “EL agua, fuente de vida”, realizado por Brieva D., Montes S., Pérez N., Pico A., Duarte C., Triana J., se hace un fuerte llamado al ahorro del agua y la importancia que tiene esto para las personas y el planeta. Aunque nos habla sobre el problema de la mala calidad y la falta de acceso en ciertas zonas de Colombia, se trata la problemática del agua y la necesidad del ahorro en la sociedad actual.

En Noviembre del 2013, se presentó el trabajo de Grado para la obtención de la Maestría en Dirección de empresas titulado “Servicio de contrastación de medidores de agua potable” en el repositorio de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, por Víctor Andrés Chang Zea.

En el informe que la empresa Interagua entregaba anualmente a la antigua ECAPAG (Empresa Cantonal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil), se registraba una relación inversamente proporcional entre reclamos recibidos y pendientes por año. Dichos reclamos se daban principalmente por valores elevados a pagar por el servicio de agua, falta del servicio básico y problemas con la calidad o limpieza del agua recibida, por lo que se planteaba la inclusión de un tercero encargado de verificar y atender dichos problemas con el fin de aliviar cargas laborales para Interagua y brindar un mejor servicio de soporte al cliente.

Tabla 1.1: *Informes de reclamos*

AÑO	RECLAMOS RECIBIDOS	RECLAMOS ATENDIDOS	RECLAMOS PENDIENTES
2006	16,581	16,384	4,535
2007	15,995	15,912	3,872
2008	22,812	18,680	3,872
2009	25,768	18,459	1,434
2010	25,482	18,975	1,106
Anualizado 2011	36,944	27,586	2,450

Fuente: (Chang. V., 2013)

Entonces, si existiera la posibilidad de verificar los datos y tener un control por parte del usuario y no solo de la empresa abastecedora de agua se disminuiría la cantidad de reclamos a dicha entidad, lo que daría menos carga laboral a la empresa y mayor confiabilidad a los usuarios de la ciudad de Guayaquil.

1.3. Hecho científico.

Falta de control y supervisión del consumo de agua por parte de los usuarios en los edificios de la ciudad de Guayaquil actualmente.

1.4. Definición del problema.

¿Cómo incide la falta de información exacta y recursos tecnológicos para el control y supervisión del consumo de agua en los usuarios de los edificios de la ciudad de Guayaquil?

1.5. Justificación.

Actualmente, en la ciudad de Guayaquil existe la tecnología y las herramientas suficientes para desarrollar un sistema que logre cumplir con la necesidad de tener un mayor control y supervisión en el consumo de agua de los hogares, enfocado específicamente a los edificios con instalación de abastecimiento por caída de agua, ya que este tipo de sistema es el más usado, por no decir el único en la ciudad.

En los edificios residenciales es común que habiten familias poco numerosas por departamento, es decir que durante el día los residentes no estarán en su hogar por las diversas actividades o labores que realicen. Esto les presenta dificultad al momento de tener control sobre el consumo de agua debido a que no pueden saber si existe alguna fuga o tienen algún tipo de problema en el sistema de tuberías o abastecimiento del agua.

Periódicamente un empleado de la empresa abastecedora de agua toma dos mediciones, con las cuales se calcula el valor a pagar de acuerdo a los metros cúbicos de agua consumida.

Un hecho que no se toma en cuenta en este sistema de medición y cobro por consumo de agua es que el medidor de la empresa proveedora de agua solo funciona para dicha entidad, es decir que el usuario no cuenta con suficientes recursos para tener control sobre el cobro del consumo de agua, además, el usuario consumidor confía plenamente en que el medidor funcione correctamente y que las muestras tomadas por el empleado de la empresa sean precisas y exactas.

En base a esta problemática, se propone realizar el diseño de un sistema de Telemetría de control y supervisión de consumo de agua que permita certificar y dar seguridad al usuario que el valor por el que paga el consumo de agua es el correcto. Además, el desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles que utilicen sistema operativo Android, destinada a aquellas personas que deseen revisar si su consumo es adecuado sin necesidad de estar en sus hogares, brindando confort y practicidad.

De esta manera también se lograría comprobar que existen las herramientas suficientes para lograr desarrollar un recurso tecnológico que resuelva las necesidades de las personas, en este caso el usuario y la empresa.

1.6. Objetivos del problema de investigación

1.6.1. Objetivo general

Diseñar la instalación de un sistema para el control y supervisión de consumo de agua por parte de los usuarios en los edificios de la ciudad de Guayaquil, a través de la Telemetría y tecnología inalámbrica.

1.6.2. Objetivos específicos

1. Analizar y recopilar información del edificio residencial ubicado en Bloques de Aparnor de la ciudadela Alborada, donde se realizará el desarrollo del sistema de control y supervisión de consumo de agua.
2. Diseñar un sistema de control mediante la placa embebida ESP8266 y una aplicación para celulares en base a señales telemétricas, de fácil manejo para el usuario, destinada al sistema operativo Android.
3. Realizar pruebas experimentales de campo y evaluar los resultados obtenidos del sistema de control y supervisión diseñado.
4. Elaborar un presupuesto aproximado para la implementación del sistema de control y supervisión de consumo de agua en el edificio residencial elegido.

1.7. Hipótesis.

A través del desarrollo de un sistema de obtención de datos y una interfaz de usuario de fácil acceso usando tecnologías inalámbricas se obtendrá un recurso tecnológico capaz de permitir al usuario el control y supervisión del consumo de agua

1.8. Metodología de investigación.

El presente trabajo de titulación se basa principalmente en la metodología cualitativa y exploratoria, debido a que es necesaria la observación, las encuestas y el trabajo de campo para recopilar información importante sobre los sistemas de abastecimiento de agua y cómo funcionan, así como datos sobre el control y la supervisión del consumo de agua en edificios.

También se considera la metodología de investigación inductiva debido a que se parte desde las opiniones, experiencias y consideraciones de los usuarios con respecto al control y supervisión de consumo de agua, para llegar a una conclusión o un razonamiento general.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En el presente capítulo se describirán y estudiarán conceptos fundamentales sobre los sistemas de comunicación inalámbrica, Telemetría, elementos y variables de un sistema de control, entre otros, los mismos que forman parte de los procesos que conforman el sistema de control y supervisión de consumo de agua.

2.1. Sistemas de control

Un sistema de control es el conjunto de elementos o componentes físicos conectados de manera concatenada con la finalidad de controlar o regular las variables de salida, manipulando las variables de control. Dicho sistema debe garantizar estabilidad de funcionamiento, ser robusto ante perturbaciones, sencillo de operar e implementar y trabajar eficientemente en tiempo real. (Álvarez Brotons X., 2004)

2.1.1. Elementos de un sistema de control

Los principales elementos y señales que conforman a un sistema de control y los cuales permiten su funcionamiento y manipulación son:

- Variable controlada.- Es la variable de salida del sistema, es decir, la condición o valor que se mide y se controla.
- Variable manipulada.- Variable o condición que es regulada por el controlador para influir y afectar sobre la variable controlada.
- Sensores.- Dispositivos electrónicos que permiten conocer las magnitudes de las variables medidas del sistema.

- **Controlador.-** Dispositivo que adquiere los valores del sensor y el valor deseado y calcula la acción a aplicarse a la variable controlada para obtener la salida deseada.
- **Actuador.-** Dispositivo que realiza la acción enviada por el controlador y modifica a la variable controlada.

2.1.2. Tipos de sistemas de control

Los dos tipos de sistemas de control que existen son: el sistema de lazo abierto y el lazo cerrado, donde cada uno de ellos posee sus propias ventajas y aplicaciones para casos particulares.

Sistema de Control de lazo abierto.- Tipo de sistema de control en el cual la señal de salida no se ve afectada por la señal de entrada, es decir que el sistema no compara la señal de salida con la señal deseada. Se puede apreciar en la figura 2.1 el diagrama de bloques básico de un sistema de control de lazo abierto:



Figura 2.1: *Diagrama de bloques del sistema básico de control de lazo abierto*
Elaborado por: *Autor.*

Sistema de Control de lazo cerrado.- Sistema de control donde el valor de la variable controlada es comparado con el valor deseado, en otras palabras, se dice que es un sistema retroalimentado. En la figura 2.2 se presenta el diagrama de bloques básico de un sistema de control de lazo cerrado o retroalimentado con sus señales y

elementos correspondientes, además se presenta la forma aritmética de hallar el error en el sistema, el mismo que será corregido idealmente por el controlador del sistema:

$$\text{Error} = \text{Valor Real} - \text{Consigna}$$

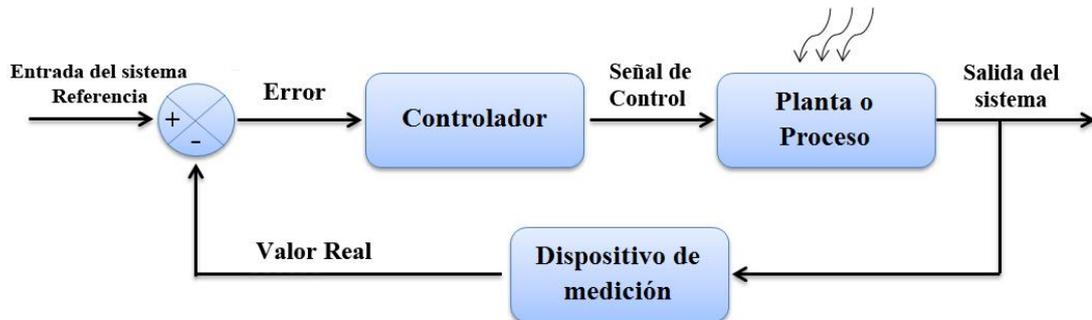


Figura 2.2: Diagrama de bloques de un sistema retroalimentado.

Elaborado por: Autor.

2.2. Sistemas Embebidos

El término ‘sistemas embebidos’ se refiere a un sistema o dispositivo electrónico basado en un microprocesador, que por medio de una memoria almacena información, datos o líneas de códigos dadas por un usuario (programador) para luego ser leídas y ejecutadas, con el fin de realizar una tarea o un proceso. Un sistema embebido puede trabajar y cumplir sus funciones de manera independiente, o bien puede ser parte de un sistema más grande. Son dispositivos híbridos, es decir que trabajan de manera digital y analógica, además, normalmente se conectan con el medio físico o externo mediante dispositivos como actuadores y sensores.

A diferencia de los computadores, los cuales necesitan memoria secundaria y de mayores capacidades, un sistema embebido comúnmente usa memoria ROM (Memoria de Solo Lectura) para almacenar su software. (Galiana Llinares A.)

2.2.1. Elementos de un sistema embebido

Los elementos de un sistema embebido se pueden dividir en partes, comúnmente conocidas como: Hardware y Software principal.

Hardware.- Un sistema embebido normalmente se trata de un módulo electrónico que realiza operaciones esenciales como el procesamiento de información para un sistema más grande. La unidad principal del módulo electrónico está conformada por un CPU, el cual puede ser de diferentes tipos:

- ✚ FPGA (Matriz de puertas programables)
- ✚ DSP (Procesador digital de señales)
- ✚ Microcontrolador
- ✚ Microprocesador

Además, el chip o tarjeta debe cumplir con requisitos importantes según las aplicaciones a las que está dirigido, como las más generales: tamaño reducido, margen de temperatura de entre 0°C hasta 70°C si es de gran consumo, en aplicaciones industriales hasta 125°C, bajo costo, bajo consumo de energía, resistencia al ruido, etc.

A continuación se presenta un diagrama de bloques general (figura 2.3) que contiene a los principales elementos de hardware y software que conforman a un sistema embebido, en donde se describe a cada uno de ellos y se explica la función o qué proceso realiza dicho elemento dentro de un sistema embebido normalmente:

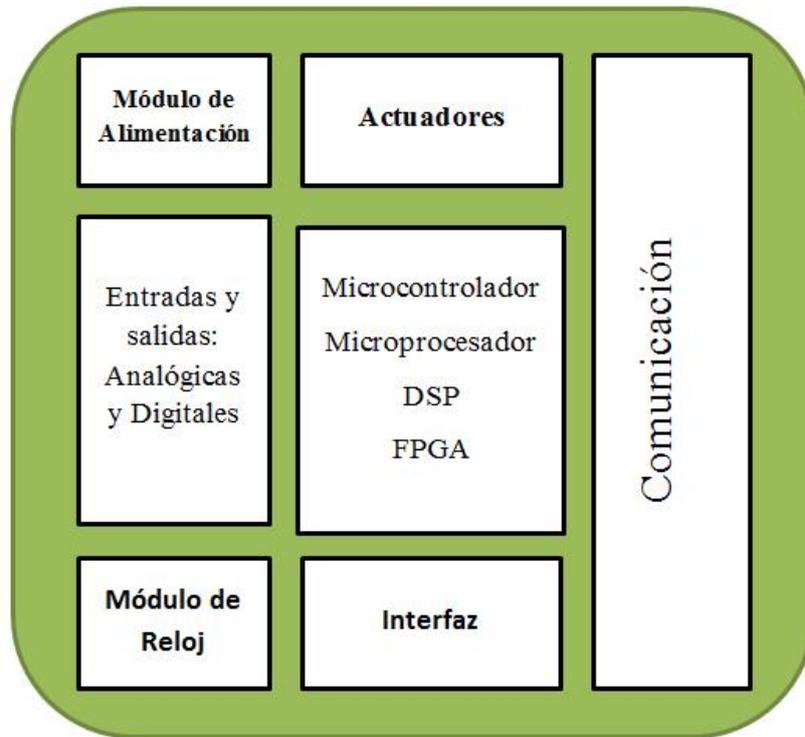


Figura 2.3: Diagrama de bloques básico de los elementos de un SE típico.
Elaborado por: Autor

Módulo de alimentación.- También llamado “Power”, es un módulo del sistema embebido que tiene como función generar y distribuir los voltajes y corrientes que van a alimentar a los diferentes componentes que forman parte del sistema. Comúnmente la fuente de alimentación eléctrica proviene de baterías o de aparatos conversores de corriente alterna a directa.

Entradas y salidas del sistema.- Los sistemas embebidos cuentan con pines para la entrada y salida de señales e información al sistema. Debido a que comúnmente los sistemas embebidos son híbridos se trabaja con pines digitales y analógicos. El módulo de entradas y salidas del sistema tiene como función hacer llegar, procesar y reconocer las señales que ingresan al sistema, así como la regulación y la conversión A/D.

Módulo de Reloj.- Módulo que tiene como función generar señales de reloj (señal “clock”), las cuales son muy importantes para la manipulación temporizada de circuitos digitales. El dispositivo principal que permite esta función se conoce como oscilador, cuyas características como frecuencia de trabajo, carga o consumo de corriente, costo y estabilidad, dependen del uso y las necesidades de trabajo que posea el sistema embebido. (Úbeda Biñarro B., 2009)

P.L.D. (Microcontrolador, microprocesador, DSP y FPGA).- Los sistemas embebidos cuentan con un dispositivo que les brinda inteligencia, es decir, les permite ejecutar instrucciones, realizar cálculos, comparar y almacenar datos, escribir y leer información, entre otras funciones. A estos dispositivos se los conoce como dispositivos lógicos programables. (P.L.D.) y se consideran como la parte central de un sistema embebido. (Valdez Pérez F. & Palláz Areny R., 2007)

Actuadores.- Los actuadores son los aparatos y dispositivos controlados por el PLD, los cuales permitirán realizar los eventos físicos para los que el sistema embebido esté programado.

Interfaz.- En la mayoría de casos un sistema necesita comunicarse con el exterior; la interfaz será el medio que permitirá mostrar datos e información hacia el operador. Comúnmente se utilizan pantallas gráficas o táctiles, display's, LCD's (Pantalla de cristal líquido), diodos, etc.

Comunicación.- Los sistemas de comunicación forman parte esencial dentro de casi cualquier sistema, incluyendo a los sistemas embebidos. Dicho sistema debe ser capaz de comunicarse bajo estándares de comunicación, ya sea por medio de cables o de manera inalámbrica. Entre los más conocidos estándares de comunicación se tiene a: RS-232, RS-422, RS-485, I2C, U.S.B. (Bus Universal en serie), Bus S.P.I. (Interfaz periférica serial), protocolos de comunicación de red como Wifi, Bluetooth, entre otros.

Software principal.- El software que será ejecutado por el procesador, es almacenado en la memoria del sistema. Dicho software es el que se encargará de dar las tareas o instrucciones al procesador para que realice el proceso deseado en tiempo real.

Anteriormente era común la programación de los sistemas embebidos en lenguaje ensamblador, lo cual aún es posible. Pero en la actualidad es posible y de mucha utilidad poder programar sistemas en lenguajes de programación de alto nivel, como lenguaje C, C++, C#, etc. (Úbeda Biñarro B., 2009)

2.2.2. Características y Aplicaciones de los sistemas embebidos

Acorde a lo escrito por (Muñoz Frías J. D., 2009), *debido* al uso en diferentes campos de la ingeniería, la medicina el entretenimiento, etc., un sistema embebido cumple con las siguientes características básicas:

- ✓ Dar confiabilidad o asegurar que el sistema trabaje con certeza.
- ✓ Robustez mecánica.
- ✓ Bajo costo.
- ✓ Debe ser físicamente de tamaño reducido.

Actualmente los sistemas embebidos se encuentran alrededor de las personas en todo momento de su vida diaria. Equipos y aparatos como el teléfono celular, el ascensor, refrigeradora, cámara fotográfica, televisión, microondas, aire acondicionado, entre otros, no responden al nombre de Computadora Personal (PC) ni poseen periféricos, sino que funcionan con sistemas embebidos. Es importante notar que es muy difícil encontrar un dispositivo que no trabaje o esté basado en un sistema embebido. (Galiana Llinares A., 2012)

Según (Úbeda Biñarro B, 2009), las aplicaciones más habituales de los sistemas embebidos suelen ser de tipo industrial y para el consumo masivo como se puede observar en la figura 2.4; dichos campos de aplicación son:

- Equipos y dispositivos de instrumentación, domótica y automatización
- Sistemas de comunicación y telecomunicaciones.
- En Transporte terrestre, aéreo y marítimo.
- Aparatos de línea blanca, juguetes, entretenimiento, etc.
- Biomedicina, electromedicina y bioingeniería.
- Entre otros.



Figura 2.4: Tipos de elementos comunes que funcionan con sistemas embebidos
Elaborado por: Autor.

2.3. Flujo o Caudal

La variable ‘flujo’, o también conocida como caudal, es la magnitud física que representa a un fluido que se mueve a través de un área en una unidad de tiempo (como se observa en la figura 2.5). Se considera una de las variables más utilizadas y medidas a nivel industrial con relación a las demás debido a que sin ella sería imposible el control de calidad, la operación de procesos continuos, el transporte de fluidos, etc.

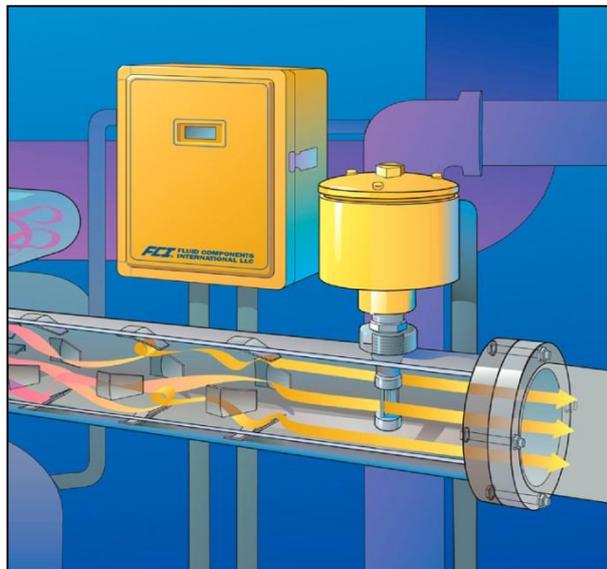


Figura 2.5: Representación del flujo o caudal en una tubería.
Fuente: (Direct Industry, 2015)

La expresión matemática que representa al flujo o caudal en condiciones ideales, es decir, ignorando la resistencia de partículas del fluido, es la siguiente:

$$Q = A * V * \cos\vartheta$$

Donde:

Q = Caudal

A = Área o sección del canal o tubería

V = Velocidad del fluido

ϑ = Ángulo entre la dirección de flujo y el área

En el caso de que la dirección del fluido sea perpendicular al área, el valor de ϑ será igual a cero (entonces $\cos \vartheta = 1$). Como resultado la fórmula matemática anterior se simplificaría a:

$$Q = A * V$$

2.3.1. Unidades de medición del flujo

Las principales unidades (según el Sistema Internacional de unidades) que representan al flujo o caudal según su tipo son:

- Flujo Másico.- Expresa la variación de masa en un área o sección en una unidad de tiempo. Se mide en: $\frac{kg}{seg}$
- Flujo Volumétrico.- Representa al volumen de un fluido que pasa a través de una sección transversal, en una unidad de tiempo. Se mide en: $\frac{m^3}{seg}$

Ya que la magnitud del flujo volumétrico es igual al volumen de un fluido en una unidad de tiempo, dicho flujo se puede expresar matemáticamente como:

$$Q = V = \frac{dv}{t}$$

Donde las variables equivalen a:

$$Q = \text{Flujo volumétrico } [m^3/seg]$$

$$V = \text{Volúmen del fluido } [m^3]$$

$$t = \text{tiempo } [seg]$$

- Densidad de flujo másico.- Es la cantidad de masa de un líquido que pasa por a través de un área, por unidad de tiempo. Se mide en: kg/m^2seg

2.3.2. Métodos de medición de caudal

Debido a que existen varios métodos de medición de caudal como se indica en la tabla 2.1, es necesario tener en cuenta propiedades y características importantes de los fluidos, como son: la viscosidad, la presión, la temperatura, la densidad, la gravedad específica, etc. (Villajulca J. C., 2010)

Tabla 1.1: *Métodos de medición de caudal volumétrico*

		SISTEMA	ELEMENTO	TRANSMISOR
MEDIDORES VOLUMÉTRICOS	Presión diferencial		Placa orificio	Equilibrio de fuerzas
			Tobera	Silicio difundido
			Tubo Venturi	
			Tubo pitot	
			Tubo annubar	
	Área variable		Rotámetro	Equilibrio de movimientos Potenciométricos Puente de impedancias
	Velocidad		Vertedero con flotador en canales abiertos.	Potenciométrico. Piezoeléctrico.
			Turbina.	
			Sondas ultrasónicas.	
	Tención inducida		Medidor Magnético	Convertidor Potenciométrico.
Desplazamiento positivo		Disco giratorio.	Generador tacométrico o Transductor de impulsos	
		Pistón oscilante.		
		Pistón alternativo.		
		Medidor Alternativo	Cicloidal Birrotor Oval	
		Medidor paredes deformantes.		
Torbellino		Medidor de frecuencia de termistancia, condensador o ultrasonidos.	Transductor de resistencia	
Oscilante		Válvula Oscilante	Transductor de impulsos	

Fuente: (Cristian Patricio C., 2010)

Tabla 2.2: Métodos de medición de caudal

Compensación de presión y temperaturas en medidores volumétricos.			
MEDIDORES DE CAUDAL MASA	Térmico	Diferencia temperaturas en dos sondas de resistencia.	Puente de Wheatstone
	Momento	Medidor axial.	Convertidor de par
		Medidor axial de doble turbina.	
	Fuerza de Coriolis	Tubo de vibración.	

Fuente: (Cristian Patricio C., 2010)

2.4. Sensores

Los sensores son dispositivos que permiten medir la magnitud de una variable física o química y transformarla en magnitud eléctrica, para de esta manera poder utilizarla dentro de un proceso. También se puede considerar a un sensor como un aparato que permite obtener una señal externa o del medio de modo que la adapta para que otro aparato pueda usarla. Un ejemplo metafórico para entender la función de los sensores son los sentidos humanos, los cuales permiten obtener datos e información del medio exterior para posteriormente ser usada.

Entre las variables más comunes a medirse por los sensores están: aceleración, velocidad, distancia, presencia, temperatura, flujo o caudal, pH, humedad, luminosidad, entre otras. Por otro lado, como magnitudes eléctricas se tiene al voltaje, corriente, potencia o energía y resistencia. (Ávila Ramírez, Darío X., 2010)

2.4.1. Sensores de Caudal

Los sensores de caudal son aparatos que permiten obtener la cantidad de flujo volumétrico de aire, gas, o líquido que recorre por una sección, en una unidad de

tiempo. En la actualidad existen varios tipos y modelos de sensores que aprovechan los diversos métodos de medición que existen y han sido mencionados anteriormente (tabla 2.1 y 2.2), los cuales permiten obtener la magnitud de caudal que pasa por un área o punto determinado, dependiendo del fluido y de la sección por donde pasa dicho fluido. (Lizbeth Aracelly R., 2008)

Algunos de los más conocidos tipos de sensores de caudal son:

- Magnéticos
- Electromecánicos
- Semiconductores
- Ultrasonido

2.5. Memoria

Se conoce a la memoria como un dispositivo que puede almacenar instrucciones, datos e información de forma limitada. Las memorias pueden funcionar de manera que solo se utilizan para lectura, es decir, que solo funcionan para lo que el fabricante las programó; o para lectura y escritura, lo que significa que vienen programadas por defecto pero el usuario tiene la posibilidad de realizar e implementar su propia lógica en la memoria.

Existen dos clases de memorias utilizadas en los sistemas embebidos: la memoria de programa, que es la encargada de almacenar al programa escrito por el programador y que comúnmente no es volátil, es decir que los datos no se pierden después de desconectar la alimentación y la memoria de datos, la misma que almacena datos que son usados temporalmente por un programa.

Este tipo de memoria se considera volátil debido a que los datos se borran al perder alimentación eléctrica. Por otro lado, existen seis tipos de memorias utilizadas en tarjetas electrónicas, microcontroladores, microprocesadores, computadores, PLC's, etc., y son: ROM, RAM, PROM, EPROM, EEPROM y memoria Flash.

2.5.1. Memoria RAM

La memoria RAM (o memoria de acceso aleatorio), como su nombre lo indica, es un tipo de memoria de propósito general que permite la lectura y escritura de datos e información en cualquier posición de ella, con el fin de trabajar de manera rápida y reducir tiempos muertos. Esta memoria forma parte de las memorias volátiles, es decir que toda la información almacenada se pierde una vez desconectada la alimentación eléctrica.

La memoria RAM es muy importante en el campo de la informática y la electrónica, ya que es indispensable para la mayoría de sistemas embebidos que existen. En la figura 2.6 se puede apreciar la presencia de la memoria RAM en un Microcontrolador de la marca PIC.

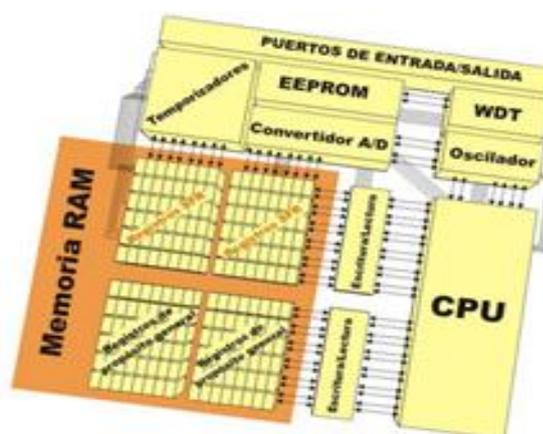


Figura 2.6: Memoria RAM como parte de la estructura de un microcontrolador PIC.
Fuente: (Albán Quezada D., 2015)

2.5.2. Memoria ROM

La memoria ROM (figura 2.8), también conocida como Memoria de solo Lectura, es la encargada de almacenar datos de fabricante, es decir que tiene un programa o datos fijos. Este tipo de memoria forma parte de las memorias no volátiles, es decir que no se pierde la información en su interior así se desconecte la alimentación eléctrica.



Figura 2.8: *Ejemplo de memorias ROM*
Fuente: (Culturacion, 2011)

2.5.3. PROM

La memoria PROM (memoria programable de solo lectura), es un tipo de memoria ROM que tiene como función permitir su programación al usuario final, es decir, a la persona que adquirió la PROM. Después de ser programada por el usuario esta no puede volver a cambiar su contenido.

Debido a su función y a la forma en que trabaja, las memorias PROM son utilizadas en aplicaciones específicas y de baja producción. Un ejemplo típico sería que una nueva empresa desee vender tarjetas electrónicas diseñadas para un trabajo específico, donde no serán necesarias actualizaciones ni cambios en la programación que será implementada.

2.5.4. EPROM

Las memorias EPROM, o también conocidas como memorias programable y borrable de solo lectura, son dispositivos que trabajan de forma parecida a la memoria ROM, pero con la diferencia de que esta sí permite la reescritura de datos. Como se puede observar en la figura 2.7, este tipo de memorias poseen un agujero en su superficie conocido como ventana, el cual permite la reescritura de datos en su interior utilizando dispositivos especiales, los cuales trabajan con luz ultravioleta. Dicho proceso se suele evitar ya que no es sencillo, ni rápido, por lo que no resulta factible adquirir una memoria PROM si la necesidad es la de reprogramar la memoria.



Figura 2.7: Ejemplo de memoria de solo lectura (ROM)
Fuente: (Informática xp, 2012)

2.5.5. EEPROM

Las memorias EEPROM, o también memorias de sólo lectura eléctricamente programables y borrables, es un tipo de memoria ROM que permite almacenar información, borrarla y ser reprogramada de manera más sencilla en comparación a las memorias EPROM. Este proceso se realiza utilizando un dispositivo de programación adecuado. Actualmente este tipo de memoria se utiliza mucho en placas

electrónicas, donde solo conectando el dispositivo al ordenador por medio de un cable convertidor USB se puede implementar el software deseado en la memoria.

2.5.6. Memoria Flash

Las memorias Flash EEPROM (figura 2.8) son una mejora de las memorias EEPROM debido a que trabajan con mayor velocidad gracias a la tecnología flash o de impulsos eléctricos, además, permiten el acceso a múltiples puntos de memoria en una misma operación. Son memorias no volátiles, es decir que no se pierde la información a menos que sea borrada y reprogramada. (Albán Quezada D. M. & Peña Díaz G. A., 2015)



Figura 2.8: *Ejemplos de memorias flash (USB y tarjetas SD)*
Fuente: (Pixabay, 2016)

2.6. Microcontroladores

Los microcontroladores son dispositivos compuestos de varios elementos almacenados dentro de un circuito integrado, que ejecutan instrucciones almacenadas en la memoria. Forman parte de los sistemas embebidos y están compuestos por CPU, buses, reloj, temporizadores o ‘timers’, memorias (ROM y RAM), circuitos de entradas y salidas, tanto analógicas como digitales, convertidores analógico a digital (ADC) y viceversa y por último, los canales de comunicaciones serie.

Normalmente la memoria de los microcontroladores viene vacía, es decir que la ROM no contiene datos. Para que pueda realizar un proceso u operación es necesario realizar una correcta programación en la interfaz adecuada, para luego implementarlo en la memoria EEPROM del dispositivo.

Aunque en la actualidad los microcontroladores se programan con lenguajes de programación de alto nivel, tradicionalmente eran programados usando lenguaje ensamblador. Este cambio se debe a que el lenguaje ensamblador posee varias desventajas que resultan significativas al momento de implementar un proceso de un sistema, por ejemplo: debido a que consiste en nemónicos (símbolo que representa un comando numérico, es decir, binario, octal, hexadecimal, etc.), termina resultando un lenguaje complicado hacia los usuarios, añadiéndole a esta problemática que cada empresa fabricante emplea el lenguaje ensamblador de diferente forma.

Debido a que hoy en día los microcontroladores se utilizan en todo tipo de aparatos a nuestro alrededor, existe una gran variedad en cuanto a capacidades y arquitecturas, todo depende de la necesidad para la que se utilizará el dispositivo. (Méndez Lino A., 2014)

2.7. Actuadores

Los actuadores son dispositivos capaces de transformar un tipo de energía en otro, con la finalidad de afectar a una variable de un proceso. Comúnmente se da el caso de transformación de energía neumática, eléctrica o hidráulica en energía mecánica. Dentro de un sistema de control, ya sea de lazo abierto o cerrado, los actuadores son manipulados por el controlador. En el caso del sistema de lazo cerrado o

retroalimentado, el sensor o transductor obtendrá el valor de la variable de salida del proceso y el controlador regulará el trabajo del actuador hasta llegar al valor de consigna.

Según el tipo de energía que utilicen, los actuadores se clasifican en:

- **Eléctricos:** Los actuadores eléctricos son utilizados en todas las áreas, desde la vida cotidiana, hasta a nivel industrial y empresarial. Entre los ejemplos más comunes de actuadores eléctricos están: motores, servomotores, electroválvulas, bobinas, etc.
- **Hidráulicos:** Los actuadores hidráulicos más conocidos son los motores hidráulicos, bombas, cilindros y pistones. Estos aparatos se utilizan normalmente en procesos de alta potencia.
- **Neumáticos:** Los actuadores neumáticos permiten transformar la energía neumática, en energía mecánica. Los ejemplos más comunes de actuadores neumáticos son; los cilindros de simple y doble efecto, los mismos que tienen como función empujar, atraer o elevar un elemento; y los motores neumáticos con veleta o con pistón.

2.8. Interfaz de usuario

De acuerdo a su etimología, la palabra Interfaz significa “medio o superficie entre”. Entonces, una interfaz es el medio de conexión entre dos sistemas, aparatos, componentes o programas independientes, que permite la interacción o el intercambio de información.

A partir de este concepto se deriva la interfaz hombre – máquina, la misma que existe principalmente en la informática y en la ingeniería: “Una interfaz hombre - máquina denominado HMI, es un elemento que le permite a un operador interactuar con una máquina o proceso y determinar el estado de funcionamiento y los parámetros de los dispositivos, así como la capacidad de controlar las variables físicas existentes en una planta o proceso industrial.” (Toapanta Sarzosa I. & Tocagón Tocagón W., 2016)

Un HMI puede ser desde un proceso simple como encender un diodo Led accionando un interruptor, la lectura de información de una pantalla táctil, hasta el manejo de varios paneles táctiles que permitan el control y la regulación de válvulas y dispositivos de una planta industrial en tiempo real.

2.8.1. Tipos de Interfaces

La clasificación más común de las interfaces según (Hernández A. M., 2016), es la siguiente:

- Interfaz de línea de comando (CLI).- Tipo de interfaz que se basa en el ingreso por teclado de instrucciones o comandos por parte del usuario. Se trata de una interfaz muy simple y rápida y es utilizada para realizar operaciones, mostrar, guardar o enviar información, etc. Un ejemplo típico de interfaz de línea de comando es el del CMD de Windows, como se puede observar en la figura 2.9. Además, actualmente es muy utilizado como interfaz para lenguajes de programación como Python, Java, Perl.

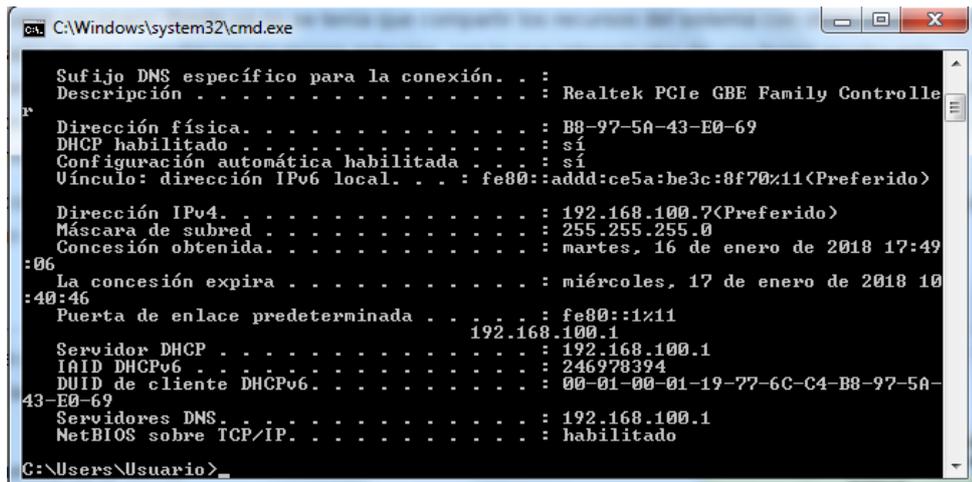


Figura 2.9: Símbolo del sistema de Windows como CLI

Elaborado por: Autor

- Interfaz controlada por menú.- Este tipo de interfaz brinda al usuario múltiples opciones, de esta manera no necesita memorizar comandos ni escribir instrucciones por teclado. Un claro ejemplo de este tipo de interfaz son las pantallas que presentan las aplicaciones de dispositivos móviles, como se presenta en figura 2.10:

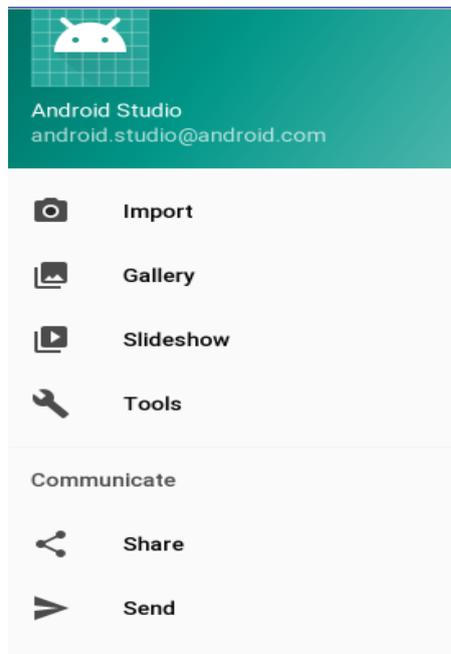


Figura 2.10: Interfaz de menú de Android Studio.

Elaborado por: Autor

- Interfaz Gráfica de usuario (GUI).- Por último, la interfaz gráfica de usuario (figura 2.11) permite a los usuarios controlar el sistema mediante la manipulación de gráficos e iconos mostrados por pantalla, los cuales representan características o funciones del programa. Este tipo de interfaz se implementa debido a que es considerado de fácil manejo.



Figura 2.11: HMI realizado en LabWindows, programa que permite programar por GUI
Elaborado por: Autor

2.9. Sistema Operativo

Un sistema operativo (SO) es un software (programa o conjunto de programas) que actúa como intermediario entre el usuario y el hardware, permitiendo el acceso y la administración de recursos del sistema (figura 2.12). El hardware que posee sistema operativo puede ser un celular, un ordenador, un computador de placa reducida, una Tablet, etc. A diferencia de los dispositivos lógicos programables (PLD) convencionales, los dispositivos que contienen un sistema operativo soportan la ejecución de varias tareas y programas al mismo tiempo, ofrecen un entorno y una

interfaz más completa y permiten la creación de varios usuarios, los mismos que pueden trabajar a la vez en el sistema.



Figura 2.12: *Diagrama de bloques del flujo de acciones de un sistema operativo.*
Fuente: (Felici S., 2017)

Otras funciones importantes que debe cumplir un sistema operativo son: permitir la ejecución de programas al usuario; realizar operaciones de entrada y salida al sistema; manipular ficheros (crear, borrar, modificar, asignar permisos y realizar copias de seguridad); detectar errores y resolver los problemas que se presenten; asignación y optimización de recursos; y ofrecer protección al sistema y a la información que se contiene.

2.9.1. Sistema Android

Un sistema Android se trata de una plataforma basada en Linux diseñada y desarrollada por Google destinada a dispositivos móviles táctiles. Aunque es un SO muy accesible y manipulable (en cuanto al código fuente), no es un software de código abierto totalmente, ya que varias empresas tienen los derechos de una parte de su

código. Actualmente es uno de los sistemas operativos líderes a nivel mundial, además de ser usado por una multitud de marcas de dispositivos móviles.

En la figura 2.13, capturada del sitio oficial de Android, se pueden observar las últimas versiones desarrolladas del sistema operativo, las mismas que van destinadas a varias marcas de dispositivos móviles como: Samsung, LG, Motorola, HTC, Huawei, entre otras:



8.0 Oreo
7.0 (Nougat)
6.0 Marshmallow
5.0 Lollipop
4.4 KitKat
4.3 Jelly Bean

Figura 2.13: *Últimas versiones del SO Android*
Fuente: (Android, 2014)

2.10. Telemetría

La telemetría es un conjunto de elementos que se encargan de la recopilación, transmisión y evaluación de datos. Un sistema de telemetría permite recolectar la magnitud de variables físicas, luego las procesa, para que finalmente dichas variables se envíen en forma de datos de manera inalámbrica, es decir, por radiofrecuencia, redes celulares, vía satélite, etc., para ser evaluadas y corregidas si es necesario, de manera que el sistema pueda funcionar correctamente. (Silva Pérez S. F., 2016)

La telemetría permite el control y la supervisión de variables en sistemas que se encuentren a gran distancia de separación, lo cual es de gran importancia en sistemas donde se necesite tener constante regulación de alguna variable y un estricto monitoreo en los rangos de trabajo. (Cornejo Ortega A., Tintin Suquilanda J., 2010)

En la figura 2.14 se presenta un ejemplo de un sistema de telemetría en donde se toma a variables como: magnitudes marcadas en medidores, datos de vehículos (cantidad, ubicación, alarma), estados de actuadores como bombillas, maquinaria y dispositivos de uso doméstico y control de personal. Las magnitudes y valores tomados son enviados mediante red celular, utilizando GPRS o servicio de paquetes vía radio hacia un usuario supervisor, el mismo que luego de tomar acciones necesarias enviará los valores obtenidos vía inalámbrica hacia los clientes del sistema.

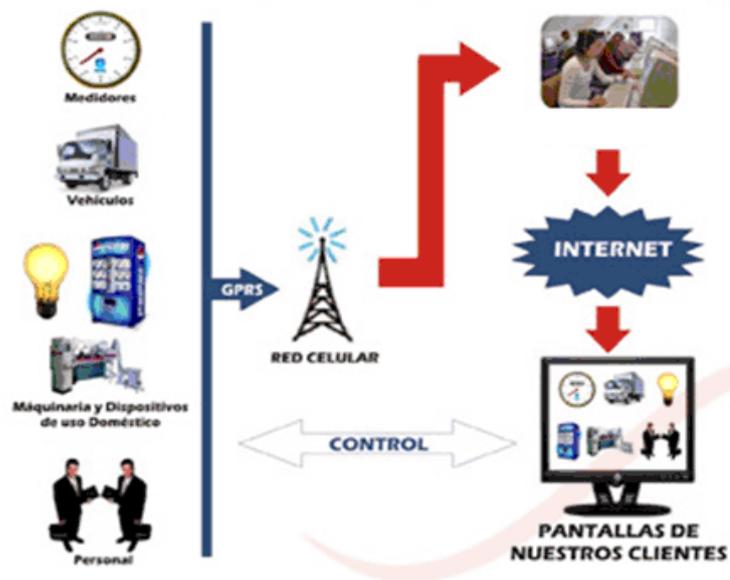


Figura 2.14: *Ejemplo de un sistema de telemetría.*
Fuente: (Sistema en Comunicaciones, 2011)

2.11. Sistemas de abastecimiento de agua

Los sistemas de abastecimiento de agua son redes de tuberías que presentan baja presión, las cuales se encargan de la distribución de agua, partiendo normalmente desde el depósito principal hasta los puntos de consumo de las casas de los habitantes de una localidad, para que estos puedan satisfacer sus necesidades. Los puntos de consumo son los lugares por donde el agua va a salir para ser utilizada por el usuario. Entre algunos ejemplos de puntos de consumo en hogares están: lavabo, inodoro, bañera, ducha, bidé, etc.

En las redes de distribución de agua se busca el equilibrio entre la inversión necesaria y el nivel de servicio que se entrega al usuario por dos maneras:

- Instalando dispositivos que funcionen con eficiencia y ayuden tanto a la empresa como al usuario (medidores y válvulas).
- Implementando los diseños de redes de distribución necesarias y no las más caras, aunque estas aumenten en baja proporción la calidad del servicio.

Los principales problemas que se dan en los sistemas de abastecimiento de agua generalmente están relacionados con el cobro del consumo de agua al usuario y las fallas en el diseño de los puntos de agua.

2.11.1. Tipos de sistemas de abastecimiento de agua en edificios

Para escoger el sistema de abastecimiento más apropiado para nuestra casa se debe tener ciertas consideraciones claras, como:

- La altura que presenta la edificación.
- La cantidad de presión de agua en la red.

- La cantidad de personas que habitarán la casa.
- Si se tiene acceso al agua de manera continua o por horas.

A través de los años se han utilizado varios métodos de abastecimientos de agua, pero debido al desarrollo en tecnologías y al grado de eficiencia que presentan, hoy en día existen dos tipos de sistemas principales y más usados:

- Sistema de abastecimiento directo
- Sistemas de abastecimiento indirecto
 - Sistema de abastecimiento por gravedad.
 - Sistema de abastecimiento por gravedad con bomba

a) Sistema de abastecimiento directo

Se trata de abastecimiento directo cuando el agua que es suministrada por la red pública llega directamente hacia todos los puntos de consumo, sin utilizar la ayuda de dispositivos o elementos externos. El único aparato que interviene entre la red pública y los puntos de consumo es el medidor de agua, como se observa en la figura 2.15:

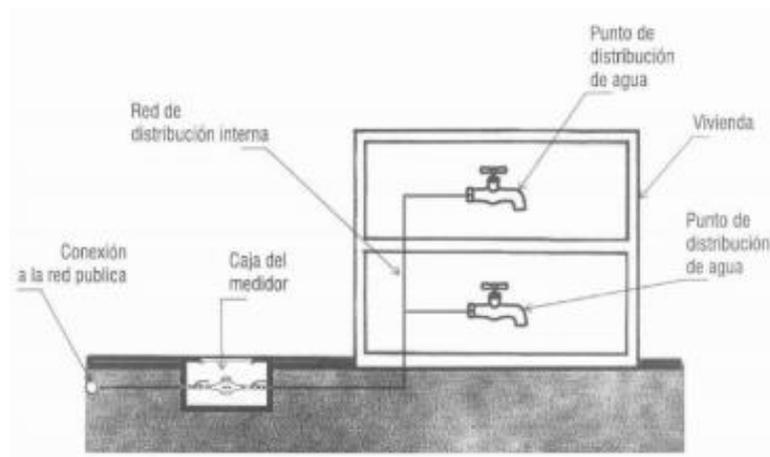


Figura 2.15: Estructura de un sistema de abastecimiento de agua directo.
Fuente: (García S., Ochoa L. y Ochoa E., s.f.)

Para el sistema de almacenamiento directo se necesita que los puntos de consumo de agua no se encuentren elevados o a mucha altura, debido a que la red pública necesita suficiente presión para que ésta empuje el agua hasta el lugar deseado, esto sin considerar que existen perturbaciones como obstrucciones en las vías, reducción de diámetros, acumulación de residuos, entre otras.

Debido a que este sistema ocupa poca cantidad de elementos, se considera muy viable económicamente y útil en especial para edificaciones de baja altura.

b) Sistema de abastecimiento indirecto

Un sistema de abastecimiento de agua es indirecto cuando la presión de la red municipal no es suficiente para que el agua llegue a los diferentes puntos de uso de la casa, por lo que será necesario utilizar elementos de almacenamiento de agua auxiliares (tanques o cisternas) y otros medios para poder obtener la presión necesaria y permitir que el agua llegue hasta el lugar deseado.

Sistema de abastecimiento por gravedad.- Estos sistemas aprovechan el principio de la energía potencial (o gravitacional) para transportar el agua desde el contenedor principal, hasta el punto de consumo de agua. Normalmente se trata de un tanque o contenedor de agua ubicado en un punto alto, para que de esta manera el agua caiga fácilmente por las redes de distribución hasta el lugar de consumo (figura 2.16).

Debido las características mencionadas, el sistema de abastecimiento por gravedad es muy utilizado para localidades con lomadas de gran altura y donde el flujo de abastecimiento de agua no es continuo, ya que se dispone de un elemento de

almacenamiento. Otra ventaja considerable es que la presión del sistema funciona siempre eficientemente. (García S., s.f.)

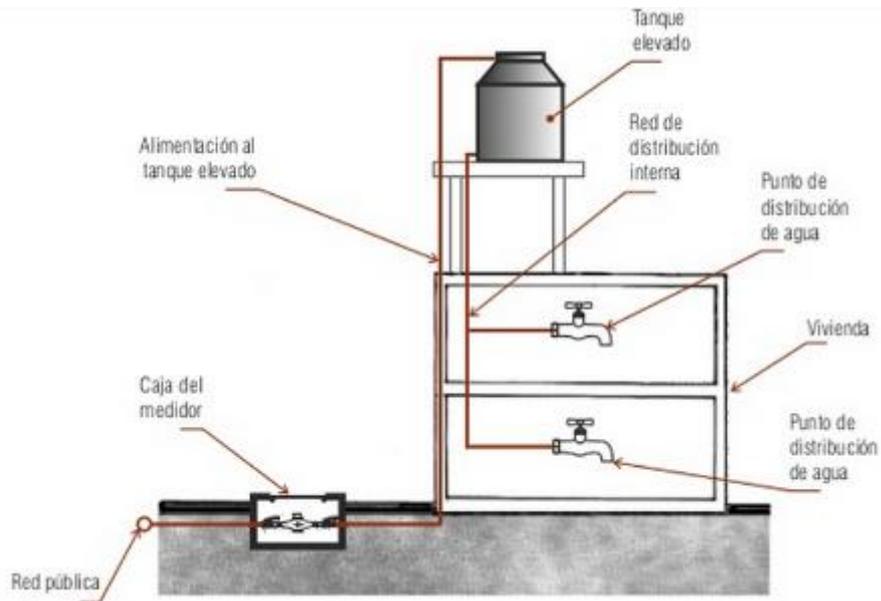


Figura 2.16: Estructura de un sistema de abastecimiento de agua por gravedad.

Fuente: (García S., Ochoa L., Ochoa E., s.f.)

.Sistema de abastecimiento de agua por gravedad con bomba.- El sistema de abastecimiento con bomba de agua es necesario en aquellas edificaciones de gran altura donde la red municipal no ofrece la suficiente presión para que el agua llegue a los puntos de uso.

El agua que ingresa pasa por el medidor hasta almacenarse en una cisterna. Cada vez que sea necesario llenar el tanque de agua que se encuentra elevado, se deberá accionar la bomba. En la figura 2.17 se puede observar el proceso anteriormente descrito, el mismo que normalmente es automatizado y utiliza elementos eléctricos.

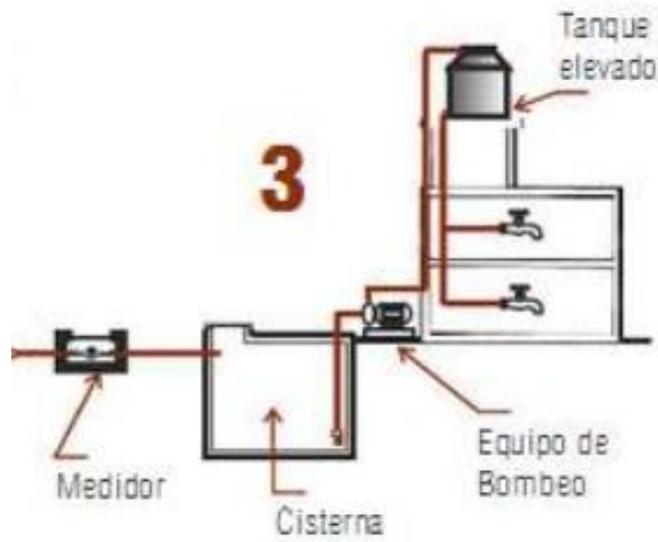


Figura 2.17: Estructura de un sistema de abastecimiento de agua por gravedad con bomba.

Fuente: (Gasista Madryn, 2016)

2.12. Comunicación inalámbrica

Las comunicaciones inalámbricas permiten el intercambio de información entre dispositivos y son aquellas que se llevan a cabo sin el uso de conductores físicos, es decir, sin utilizar cables que interconecten los elementos de un sistema. El medio de transmisión de las comunicaciones inalámbricas es el espectro electromagnético (figura 2.18), que se refiere al conjunto de frecuencias electromagnéticas posibles que se propagan por el espacio de manera ordenada.

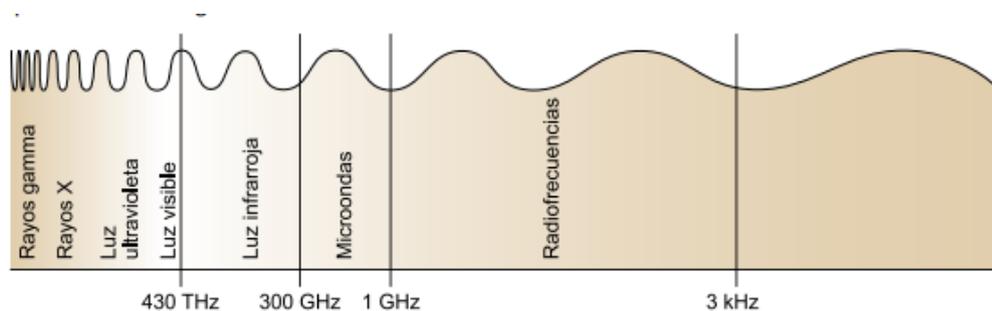


Figura 2.18: Espectro Electromagnético

Fuente: (Prieto Blázquez J., 2013)

2.12.1. Radiofrecuencia

Es el rango de frecuencias del espectro electromagnético que está entre 3 hercios (Hz) y 300 Gigahercios (GHz), el cual es utilizado por las transmisiones de televisión digital, y de radio, tanto AM, como FM. Este tipo de señales de onda son omnidireccionales y pueden incluso atravesar paredes u obstáculos sin interrumpirse o perder información. Otros usos de las radiofrecuencias son: teléfonos móviles, resonancias magnéticas, radioaficionados, redes inalámbricas, etc.

2.12.2. Tipos de Redes inalámbricas

La clasificación más común de las redes inalámbricas según su alcance y la manera en que controlan el acceso a la red es: WPAN, WLAN, WAN, WMAN. En las páginas posteriores de detallaran cada una de ellas.

a. WPAN

La Red Inalámbrica de Área Personal (o PAN), como su nombre lo indica, es una red de limitado alcance donde los elementos que se comunican y comparten información entre sí se encuentran poco separados. Un conocido ejemplo de esta tecnología es el Bluetooth, el mismo que hoy en día viene incorporado en todos los dispositivos móviles y permite el envío y recepción de archivos. Otros tipos de WPAN son: Infrarrojo, RFID, Zigbee, entre otras.



Figura 2.19: *Uso de la tecnología WPAN con Bluetooth.*
 Fuente: *(Redes Inalámbricas, 2015)*

b. WLAN

Una WLAN o red inalámbrica de área local, es una red de cobertura geográficamente limitada, de características robustas, de gran velocidad de transmisión de información y administrada de manera privada. La tecnología WLAN nació como sustituto o alternativa de las redes LAN, con la cual se necesitaba de cableado entre los diferentes elementos de la red. Eso supone una gran ventaja de las redes WLAN, ofreciendo además: movilidad, instalación simple, flexibilidad, bajo costo y estabilidad ante fallos.



Figura 2.20: *Forma típica de uso de una red WLAN.*
 Fuente: *(PSCD, 2013)*

c. WWAN

Las WWAN o redes de gran alcance inalámbricas, como su nombre lo indica es una tecnología que permite la conexión de usuarios y redes que se encuentran a una amplia distancia geográfica, con la finalidad de compartir información entre sí. Un ejemplo muy claro y que se ha desarrollado masivamente en los últimos años es el del sistema de comunicación inalámbrico en los dispositivos móviles, cuyo nombre es MWWAN, tecnología que es utilizada por las operadoras de telefonía.

Básicamente existen dos tipos de tecnología WWAN, la fija y la móvil, donde la principal diferencia es que la WWAN fija se utiliza en el caso de que la antena que envía y recibe información no esté en movimiento. La WWAN móvil se utiliza en el caso opuesto, es decir que el elemento que envía y recibe la información estará comúnmente en movimiento.

d. WMAN

La tecnología WMAN, o red inalámbrica de área metropolitana, se basa principalmente en un estándar de comunicación inalámbrica conocido como WiMAX (interoperabilidad Mundial para Acceso con microondas), el mismo que permite la comunicación e intercambio de datos entre dispositivos de una ciudad en el mismo instante, es decir, permitiendo comunicación multipunto. (Prieto Blázquez J., 2013)

2.13. Fugas de agua

Las fugas de agua son caudales de agua no controlados y comúnmente no deseados que se pueden producir en cualquier punto de un sistema de agua que posea tuberías, redes de conducción y tanques de almacenamiento, como por ejemplo en la figura

2.21, donde se muestra una fuga de agua en una articulación entre dos tubos de conducción de agua. En los tanques, las causas más comunes de las fugas pueden deberse a que existe una fisura o un rebose. En las tuberías y redes de conducción de agua se presentan con frecuencia fugas en las uniones o articulaciones, debido a algún desperfecto o mal encaje de las piezas de los tubos, a la corrosión, a los cambios de temperatura del agua o sobrepresiones. Por último, las fugas de agua dentro de los domicilios se producen generalmente por el desgaste de los elementos usados en los puntos de uso de agua, como en los empaques de los grifos y válvulas de servicio, o el mal accionamiento de los elementos, como la mala posición de un flotador de agua o válvulas de paso mal cerradas.



Figura 2.21: Fuga en unión de dos tuberías.
Fuente: (Hidro Fugas, 2017)

2.14. Conceptos relacionados a software e interfaces

Otros conceptos importantes a tener en cuenta para el desarrollo de la aplicación en dispositivos de sistema operativo Android, para el control y la supervisión de consumo de agua son:

2.14.1. Sistema o interfaz de código abierto (Open Source)

Se dice que un software es de código abierto cuando tiene una certificación generada por la Iniciativa de Código Abierto (OSI), la cual indica que la codificación original y los derechos del programa, interfaz, o aplicación, pueden ser modificados y desarrollados por el público en general sin restricción y sin problema alguno. (Felici S., 2017)

2.14.2. Firmware

El Firmware es un software que se almacena en la memoria ROM de un sistema embebido. Comúnmente los datos e información que vienen escritos dentro de una ROM, PROM y EPROM, son firmwares listos para usarse en aplicaciones de usuario. (Felici S., 2017)

2.14.3. Framework

Se conoce como framework a la estructura de un software compuesta de componentes personalizables y modificables para el desarrollo de otro software o aplicación. Coloquialmente, un framework es una aplicación base que se utiliza para el desarrollo y construcción de un software. Como objetivo principal de un framework se persigue acelerar el proceso de desarrollo de un software utilizando una codificación base, además de ofrecer un entorno sencillo para el usuario. (Gutiérrez J., 2008)

CAPÍTULO 3: DISEÑO Y APORTACIONES DEL SISTEMA

En el presente capítulo se va a tratar todas las actividades que permitan realizar el diseño del sistema de control y supervisión de consumo de agua en los edificios de la ciudad de Guayaquil.

3.1. Ubicación Geográfica del sitio de desarrollo

El primer objetivo específico del presente trabajo indica la recopilación de información que permita identificar el lugar donde se realizará el tema de investigación. Como se puede observar en la figura 3.1 y 3.2, imágenes obtenidas en el sitio web Google map, el edificio está ubicado en Bloques de Aparnor de la Alborada, sector norte de la ciudad de Guayaquil, ubicado en la Avenida Isidro Ayora.



Figura 3.1: Vista del edificio desde la calle Isidro Ayora.

Fuente: (Google Map, 2015)

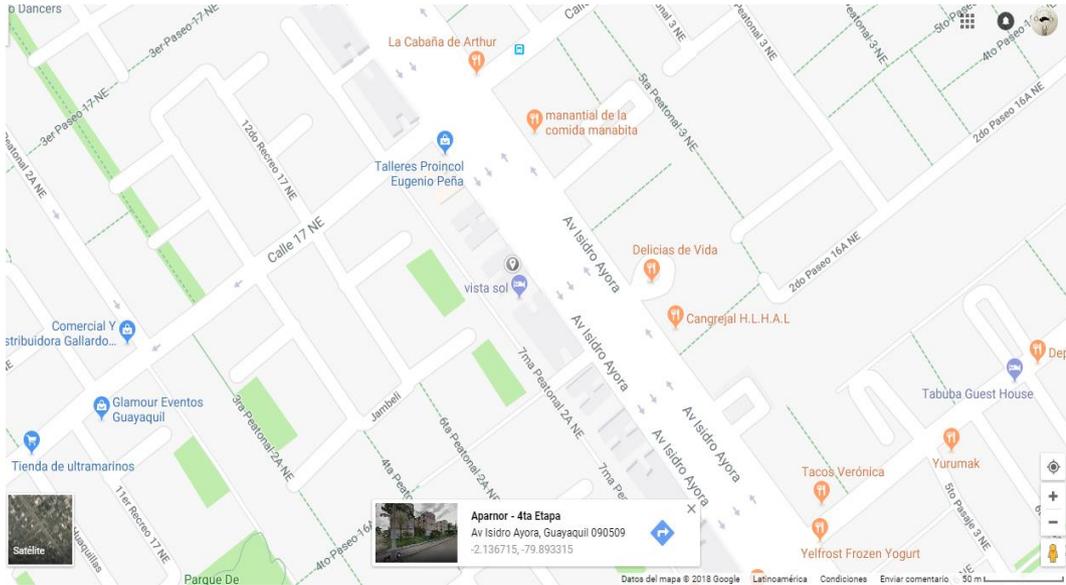


Figura 3.2: Vista de la ubicación y el sector del edificio.

Fuente: (Google map, 2015)

El edificio cuenta con tres pisos además de la planta baja, donde en cada uno de los pisos habita una familia diferente. El departamento donde se parte el desarrollo del sistema de control y supervisión de agua está ubicado en el último piso del edificio del bloque 4.

En la tabla 3.1 a continuación se presentan detalles más específicos en cuanto a la ubicación exacta del edificio de la ciudad de Guayaquil, lugar donde se desarrolló el sistema de control y supervisión de consumo agua para edificios:

Tabla 3.1: *Ubicación exacta del edificio*

<u>Detalles del edificio de desarrollo del sistema</u>	
Dirección:	Bloques de Aparnor
Código Catastral:	090-00137-001-0-4-36-1
Código Postal:	090509
Latitud:	-2.136735
Longitud:	-79.893297
Parroquia:	Tarqui
Edificio (bloque) N°:	409
Departamento principal:	304
Número de pisos:	3

Elaborado por: *Autor*

3.1.1. Especificaciones del sistema de distribución del agua

Debido a la altura y a los detalles mencionados del edificio, se utiliza un sistema de abastecimiento y distribución de agua del tipo caída por gravedad, el mismo que cuenta con una cisterna común y una bomba por cada piso (ver anexo: a). Ya que se distribuye el agua de la red principal hacia cuatro departamentos diferentes, se dispone de cuatro medidores para el inmueble.

El método de medición y cobro por consumo de agua en el sector donde se ubica el edificio es el convencional, es decir, se toman dos lecturas (una inicial y una final) de los metros cúbicos consumidos por mes y se realiza el cálculo según la tabla de rangos de consumo por metros cúbicos (tabla 3.2) de la empresa Interagua; este valor se suma a la tasa del alcantarillado, que equivale al 80% del valor calculado

anteriormente; al valor de cargo fijo, que es un factor que se cobra mensualmente debido a que si es necesario realizar mantenimiento, cambio de medidor, o de acometida, el costo será cubierto por la empresa y su valor va de acuerdo al diámetro de la guía de abastecimiento del inmueble; y por último se suma el valor llamado cargo mensual, o tasa de contribución especial de mejoras (CEM drenaje pluvia), el mismo que depende de los metros cúbicos consumidos y cuyos fondos van destinados hacia mejoras y urgencias en cuanto al drenaje y mejora de infraestructuras pluviales. (El Universo, 2010)

Tabla 3.2: Rangos con su valor en dólares para cobro por consumo de agua

AGUA POTABLE		CARGO FIJO		CEM
RANGO DE CONSUMO m ³	VALOR POR m ³	DIAMETRO DE LA GUÍA	VALOR US\$	VALOR US\$
	US\$			
0- 15	\$ 0,308	1/2 "	\$ 1,20	\$ 0,27
16- 30	\$ 0,457	3/4"	\$ 8,03	\$ 0,62
31 - 60	\$ 0,646	1 "	\$ 20,61	\$ 1,65
61 - 100	\$ 0,810	1 1/2"	\$ 34,36	\$ 2,61
101 - 300	\$ 0,903	2 "	\$ 34,36	\$ 8,92
301 - 2500	\$ 1,401	3 "	\$ 57,27	\$ 16,47
2501 - 5000	\$ 1,798	4 "	\$ 171,80	\$ 54,20
5001 o más	\$ 2,956	6 " o más	\$ 229,07	\$ 219,54

Fuente: (Interagua, 2016)

Según la gerente de comunicación de Interagua (Ilfn Florsheim, 2010), estos detalles de los cargos, valores y especificaciones sobre el cobro del consumo de agua por parte de la empresa de Guayaquil se fundamentan dentro del Reglamento de Estructura Tarifaria, documento aprobado por la empresa que se encargaba de la labor ECAPAG en el mes de mayo del 2000, y en el Registro Oficial N°571 publicado el 26

de septiembre del 2002, donde se expide la ordenanza Municipal y su obligatoria aplicación.

En el reporte anual del año 15 de concesión, disponible en el sitio web oficial de la empresa encargada del tratamiento y distribución del agua en la ciudad de Guayaquil (Interagua, 2016), se detalla que existen 43 estaciones de bombeo y 21 tanques elevados en la ciudad, los mismos que se encargan de impulsar el agua a la red de los distintos sectores de la ciudad. Este sistema hace posible que existe un nivel de presión mínima admisible de aproximadamente 15 metros de columna de agua (mca), 21.3 psi, o 1.47 bar en zonas urbanas, valor que permitiría mantener el suministro de agua seguro a un edificio de hasta 15 metros de altura en condiciones ideales. (ECAPAG, 2001)

3.2. Elementos principales del sistema de control

Conforme al segundo objetivo específico de investigación del presente trabajo, se procederá a describir los principales elementos y dispositivos que permiten el desarrollo del sistema de control y supervisión de consumo de agua, los mismos que presentan viabilidades económicas y prácticas, lo cual facilita la implementación y el desarrollo del sistema:

3.2.1. Placa ESP8266 NodeMCU

La ESP8266 (figura 3.3) es un dispositivo con software de código abierto creado por una empresa china llamada AL-THINKER, como una solución a poder diseñar y desarrollar aplicaciones independientes utilizando conectividad inalámbrica. Esta placa posee un microcontrolador con características suficientes para permitir la

implementación de proyectos con procesos continuos, e integra un módulo de conexión Wifi para el intercambio de información con la placa.



Figura 3.3: *Placa ESP8266 NodeMCU*
Fuente: (Prometec, s.f.)

Actualmente existen varias versiones de la placa ESP8266, pero todas ellas poseen el mismo procesador. La diferencia que presentan las placas son el número de pines de entrada y de salida a los que tiene acceso el usuario (GPIO), el tamaño de la memoria flash, las dimensiones físicas de la tarjeta, el tipo de forma de comunicación de la tarjeta (UART, FTDI, Micro a USB) y otros cambios que favorecen a la facilidad de uso del dispositivo al usuario. (Ubach Granados C., 2017)

El NodeMCU V.3 (figura 3.3) es la última versión de las tarjetas ESP8266, la cual es la más utilizada en la actualidad ya que es el resultado de la corrección de todas las versiones anteriores. Las características físicas de esta la última versión de la placa hacen de ella la más adecuada para el diseño del sistema de control y supervisión de consumo de agua, además su software realizado en la interfaz de Arduino facilita el desarrollo de la programación embebida en la placa y de aplicaciones de control, permitiendo el acoplamiento con otros dispositivos como sensores, HMI, periféricos,

etc. Otros puntos importantes son que la placa ofrece un control convencional sobre señales digitales y analógicas, su software de código abierto ha facilitado el desarrollo de aplicaciones en muchos ámbitos con lo cual se puede hallar fundamentación teórica que sirve como base y apoyo para el desarrollo y la implementación del sistema propuesto.

A continuación se presentan algunas de las características generales de funcionamiento de la tarjeta ESP8266 NodeMCU, específicamente de la versión número 3:

Tabla 3.3: Especificaciones generales de la tarjeta ESP8266 V3.

Voltaje	3.3 V
Consumo de corriente	10 μ A – 170 mA
Memoria Flash	16 MB máx. (512 k normal)
Procesador	Tensilica L106 32 bit
Velocidad del procesador	80 – 160 MHz
GPIOs	17
Analógico a digital	1 entrada con 10 bit de resolución (1024 valores)
Soporte de 802.11	b/g/n/d/e/i/k/r
Máximas conexiones simultáneas	5

Fuente: (Ubach Granados C., 2017)

La placa ESP trabaja con 3.3 voltios nominales, aunque posee un regulador de voltaje interno ya que los ordenadores comúnmente ofrecen 5 voltios de salida por los puertos seriales. A su vez, presenta 3 pines de 3.3 voltios de salida, para alimentación eléctrica de dispositivos externos.

Los pines de la placa NodeMCU en total suman 30, de los cuales 17 son de propósito general (GPIO). Esto quiere decir que a través de ellos se tiene acceso a componentes internos y a la configuración de los mismos para trabajar externamente. Entre los 17 pines se encuentran los de acceso al sistema, como a la memoria flash y los de transmisión serial al ordenador (RX y TX), con lo cual resultan solo 8 pines configurables de entrada/salida digital y el puerto analógico. En la tabla 3.4 se muestra el mapeo de los pines disponibles de uso con su identificador interno y su función, además, la figura 3.4 presenta la ubicación de los pines de la placa, separando con un cuadro azul los pines que no se deben utilizar y con cuadro rojo los de propósito general:

Tabla 2.4: Mapeo de los pines GPIO de la placa ESP8266 NodeMCU

Nombre del Pin en NodeMCU	Nombre interno del pin	Función del pin
D0	GPIO16	Lectura/escritura digital
D1	GPIO5	Lectura/escritura digital/I2C Clock
D2	GPIO4	Lectura/escritura digital/I2C Data
D3	GPIO0	Lectura/escritura digital
D4	GPIO2	Lectura/escritura
D5	GPIO14	CLK (SPI)
D6	GPIO12	MISO (SPI)
D7	GPIO13	MOSI (SPI)/RX
D8	GPIO15	CS (SPI)/TX
D9/RX	GPIO3	Comunicación Serial

D10/TX	GPIO01	Comunicación Serial
D11/SD2	GPIO09	Conexión a memoria flash
D12/SD3	GPIO10	Conexión a memoria flash

Elaborado por: Autor

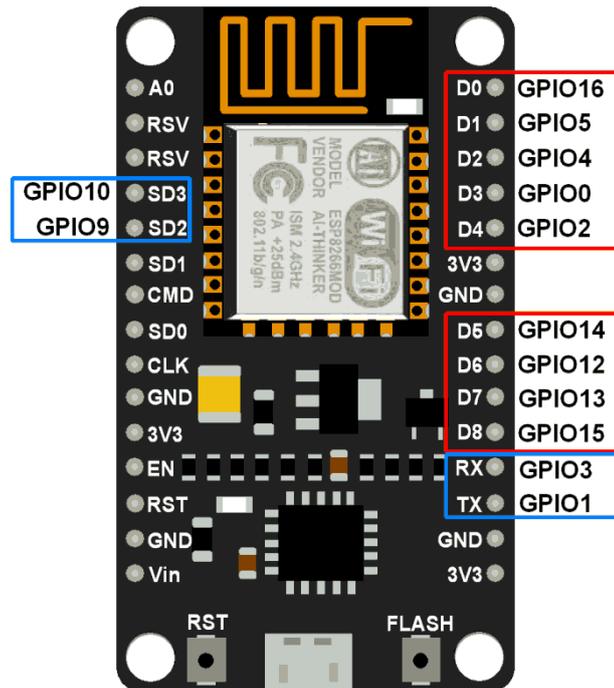


Figura 3.4: Diagrama esquemático de la placa ESP8266
Fuente: (ElectronicWings, 2017)

Como se puede observar, la placa NodeMCU también permite la conexión de un solo elemento externo bajo el protocolo SPI. El dispositivo que utilizará dichos pines de la placa será un módulo de radiofrecuencia.

Para implementar un proceso en la placa se debe realizar la programación en lenguaje C con el IDE de Arduino, esto es, un conjunto de líneas de códigos que son instrucciones de tareas o procesos que debe realizar el microprocesador. Una vez terminada dicha tarea se debe compilar lo realizado, lo cual creará un archivo de

extensión “.ino” que será el que contenga las instrucciones del sistema. Para embeber este archivo dentro de la memoria del microcontrolador, la placa debe estar conectada físicamente al ordenador a través del puerto serial.

3.2.2. Módulos NRF24L01

Este dispositivo (fig. 3.5), que es resultante de un conjunto de elementos acoplados en un solo chip, permite enviar y recibir datos por radiofrecuencia (RF), utilizando el espectro electromagnético entre dos o más puntos de referencia. Con esto se facilita el intercambio de información, evitando cableado físico y grandes costos en trabajo de mantenimiento.

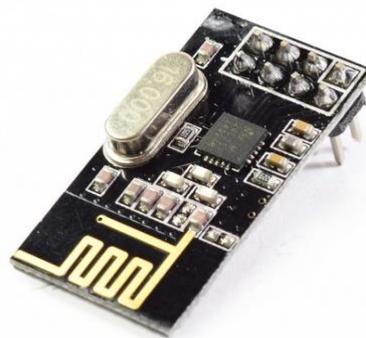


Figura 3.5: Módulo NRF24L01.
Fuente: (Naylamp Mechatronics, 2017)

El módulo NRF24L01 trabaja en la banda de 2.4 GHz, la cual es de libre acceso en todo el mundo. Su velocidad de trabajo puede ser de 250 kilobits hasta 2 megabits por segundo, pero esta deberá ser configurada al momento de programar el controlador. El alcance de este dispositivo depende de la antena que se incorpore al módulo y a la distancia de separación entre los dos puntos de comunicación, es decir, si existen obstáculos o el espacio es ideal, yendo desde 20 hasta 70 metros de distancia. Una ventaja muy importante de este dispositivo de radiofrecuencia, en relación con otros dispositivos de comunicación inalámbrica, es que posee un costo relativamente bajo y actualmente se puede encontrar casi en cualquier parte del mundo.

El módulo de radiofrecuencia se consideró para el diseño propuesto en primeras instancias como un back up porque se debe compartir información entre dos puntos y a la vez enviar datos a la nube. Dicho de otra forma, una vez obtenida la magnitud del caudal y que el microcontrolador de la placa ESP8266 haya analizado los datos, la información debe enviarse hacia otro ESP8266 ubicado dentro de la vivienda. Esta última placa ESP8266 debe recibir datos punto a punto y a la vez enviar datos a la nube, proceso que podría inhibir a la placa y ocasionar problemas en el proceso como deteniéndose o perdiéndose información. Si ese es el caso, se planteó como solución el uso de los módulos de radiofrecuencia para transmitir los datos entre las dos placas que poseen el microcontrolador sin problema alguno

Los módulos NRF24L01 funcionan bajo el protocolo SPI como se muestra en la figura 3.6, lo que no resulta un problema al momento de acoplarlo con la versión 3 de las placas ESP8266. Además, funcionan correctamente con alimentación eléctrica en el pin VCC de 3.3 y 5 voltios en corriente directa.

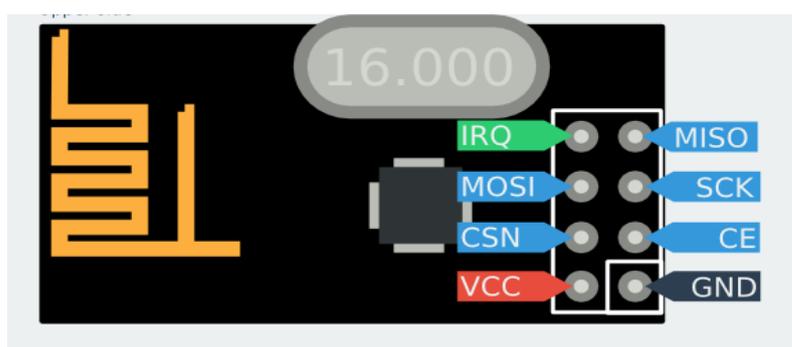


Figura 3.6: Pines del módulo NRF24L01.

Fuente: (Gül Sezgin, 2016)

3.2.3. Diagrama de conexión entre el módulo RF y la placa NodeMCU

La placa ESP8266 posee dos lugares con pines para conexión del protocolo SPI, donde uno es para conexiones internas con el módulo Wifi y el otro es para los dispositivos externos que desee controlar el usuario. En este caso, se acoplará el módulo RF con la placa del microcontrolador, como se indica en el diagrama de conexiones en la figura 3.7:

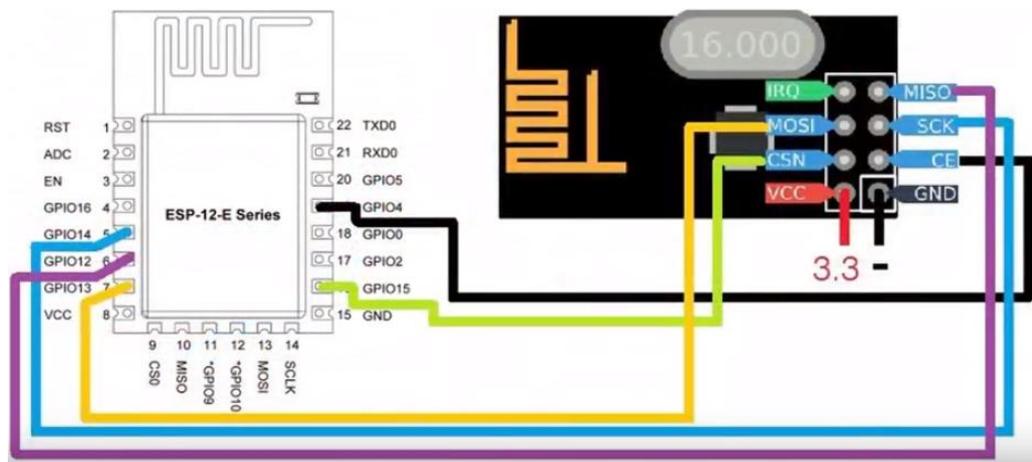


Figura 3.7: Diagrama de conexión entre el ESP y el módulo RF

Elaborado por: Autor

3.2.4. Electroválvula o válvula solenoide

El elemento actuador del sistema será una electroválvula que trabajará en dos estados, abierto y cerrado. En estado abierto permitirá el paso continuo del agua a través de las tuberías del sistema, es decir que en este estado el inmueble estará abastecido de agua normalmente, por lo que es recomendable que normalmente abierto (o también llamado NA) sea el estado de reposo de la válvula.

Es importante mencionar que es posible trabajar con una válvula normalmente cerrada, con la diferencia de que se tendría que mantenerla accionada todo el tiempo para que permita el paso del agua en el inmueble. En estado cerrado la electroválvula

no permitirá el paso del agua; este estado se establecerá de manera manual por decisión del usuario o de manera automática, en el caso que el sistema detecte un aumento relevante en el consumo de agua debido a una fuga o un problema en el sistema de abastecimiento.

De acuerdo a las medidas de las acometidas y de las tuberías dentro del sistema de abastecimiento de agua de los inmuebles urbanos y suburbanos, se trabaja con media pulgada (1/2") de grosor. La velocidad máxima permitida en cada tubería se encuentra entre 2 y 2.50 metros por segundo. A continuación se presenta la tabla 3.5 que detalla las medidas de tuberías utilizadas en acometidas y en los inmuebles, con sus respectivas velocidades y caudales:

Tabla 3.5: *Medidas de tuberías con sus capacidades*

Diámetro (pulg.)	Diámetro (mm)	Velocidad máxima (m/s)	Caudal máximo (l/s)	Caudal máximo (m ³ /d)
½	12.7	2.00	0.25	21.89
1	25.4	2.00	1.01	87.56
1 1/2	38.1	2.00	2.28	197.01
2	50.8	2.00	4.05	350.24
2 1/2	63.5	2.00	6.33	547.24
3	76.2	2.50	11.40	985.04
4	101.6	2.50	20.27	1751.18
6	152.4	2.50	45.60	3940.16
8	203.2	2.50	81.07	7004.72

Fuente: (EPM, 2011)

El voltaje de trabajo del actuador será de 110 voltios y su medida en pulgadas es de ½", valor que comúnmente se utiliza en la red de alimentación de agua en los inmuebles de la ciudad de Guayaquil. El controlador enviará una señal de 5 voltios hacia un relé, dispositivo que mediante una bobina accionará un contacto que permitirá el paso de los 110 voltios hacia el actuador, como se indica en la figura 3.8:

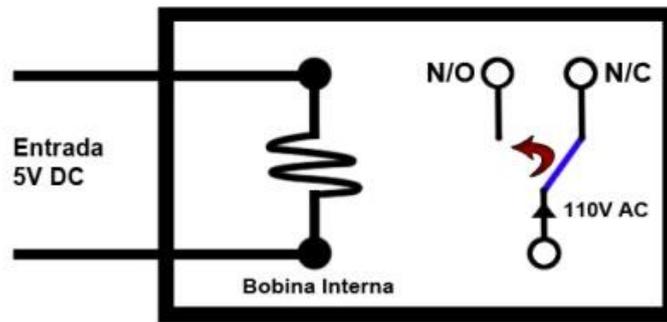


Figura 3.8: Representación de un Relé 5V DC entrada y salida de 110V AC.
Elaborado por: Autor.

a) Circuito eléctrico de control del actuador

A continuación se presentan los circuitos eléctricos desarrollados en el software Proteus 7 para el accionamiento de la electroválvula. Se utilizó como actuador de dos estados (encendido/apagado) a una lámpara que trabaja a 110 voltios y con carga resistiva de 24 Ohmios. Los métodos de funcionamiento son los siguientes:

- 1) Al iniciarse el sistema el actuador (NC) deberá estar accionado, recibiendo 110 voltios de alimentación eléctrica y permitiendo el paso del agua hacia todos los pisos del edificio, hasta que sea necesario (figura 3.9).
- 2) El sistema iniciará con el actuador (NA) en estado de reposo (sin recibir alimentación eléctrica). Una vez que se detecte un incremento considerable en el valor de consumo de agua se enviará la señal de apagado desde la interfaz de móviles o desde el panel físico dentro del inmueble, accionando y cerrando el paso de agua a la casa hasta que se corrija la situación.

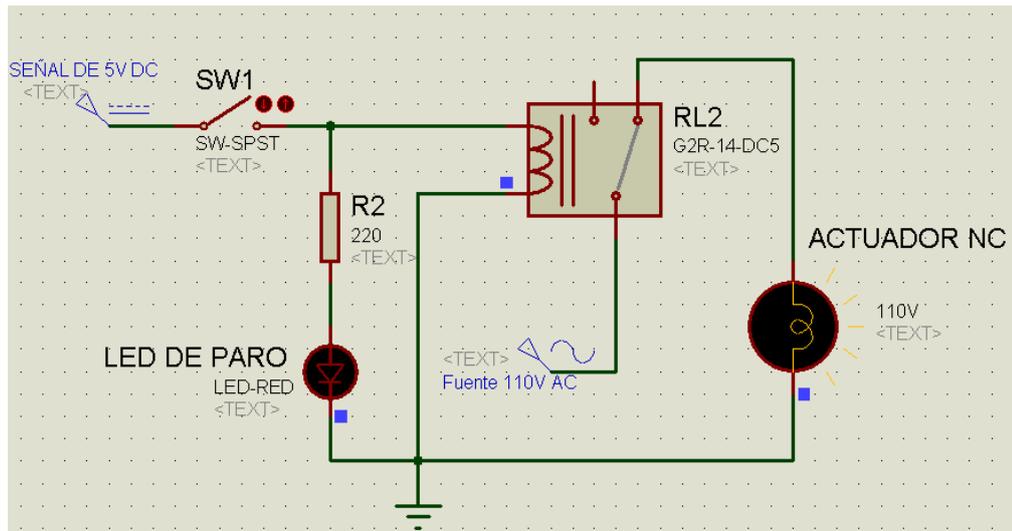


Figura 3.9: Diagrama de control de electroválvula NC, simulado en Proteus 7.

Elaborado por: Autor

b) Circuito hidráulico de control y de fuerza del accionamiento del actuador.

Se diseñó un circuito de control y un circuito de fuerza en el software de circuitos hidráulicos Festo Hidraulic, que permita simular la forma de trabajo y operación del actuador del sistema, en este caso, la electroválvula. El programa de simulación solo ofrece cilindros hidráulicos como actuadores, estos aparatos permiten demostrar el comportamiento de una electroválvula en un determinado momento. En el circuito de control se utilizaron: un relé (K1) que permita abrir y cerrar los contactos del primer y tercer lazo del circuito para hacer posible el correcto accionamiento del actuador, dos luces que representan a los diodos leds indicadores del estado del actuador (abierto/cerrado), una válvula solenoide llamada “ON” utilizada para simular el encendido del actuador, otra solenoide llamada “OFF”, que será la controlada por el sistema, y un medidor de caudal.

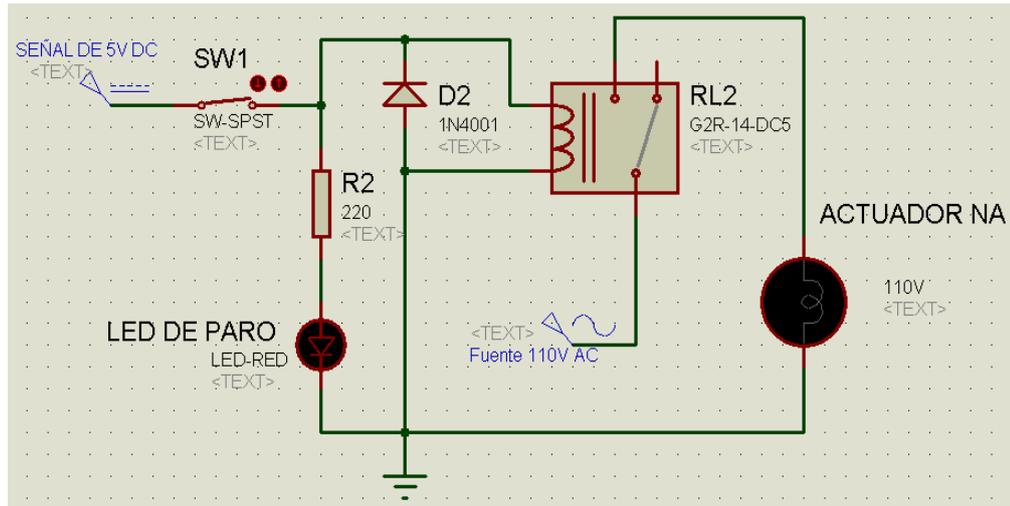


Figura 3.10: Diagrama de control de electroválvula NA, simulado en Proteus 7.

Elaborado por: Autor

Al igual que en el circuito eléctrico presentado precedentemente, si el sistema se encuentra operando entonces se encenderá un diodo led verde indicador y la electroválvula permanecerá en estado abierto, permitiendo el paso del agua desde el medidor hacia el interior del inmueble, como se muestra en el circuito de fuerza de la figura 3.11 a continuación.

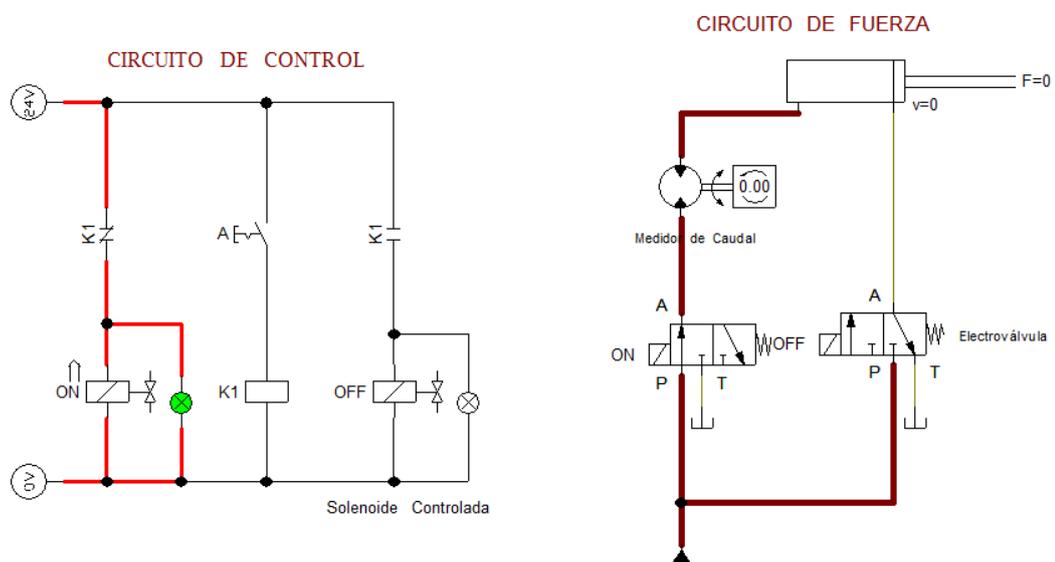


Figura 3.11: Circuitos de control y fuerza del accionamiento de una electroválvula en estado abierto.

Fuente: Autor

Si se da el accionamiento del actuador de forma manual manipulada por el usuario, o por instrucción del sistema, el estado de la electroválvula cambiará a cerrado, de modo que el agua no podrá ingresar por las tuberías del inmueble (figura 3.12).

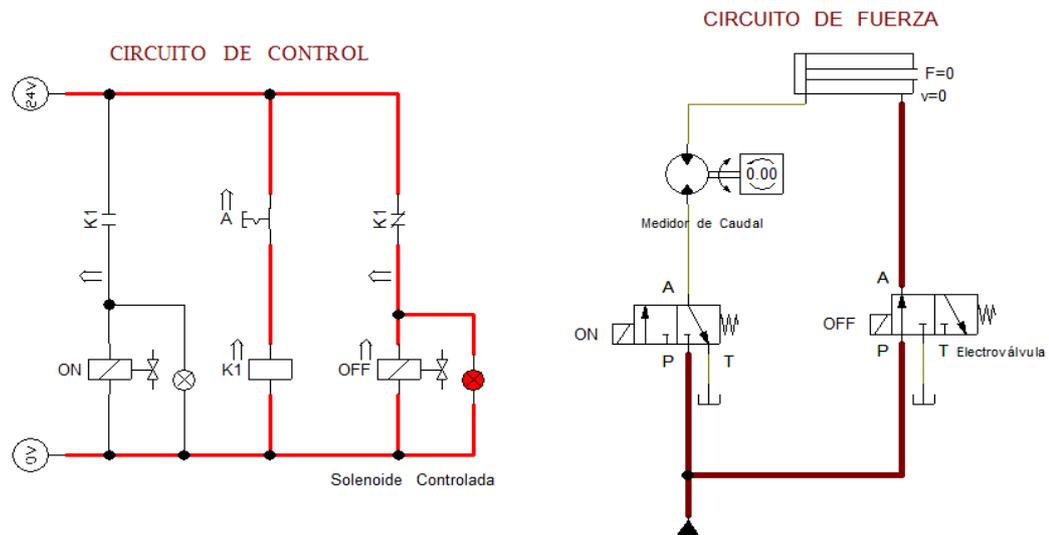


Figura 3.12: Circuitos de control y fuerza del accionamiento de una electroválvula en estado cerrado.
Fuente: Autor

3.2.5. Aplicación Android en App Inventor 2

App Inventor es un software que sirve como herramienta para diseñar y crear aplicaciones destinadas a dispositivos Android. A diferencia de Android Studio, programa oficial para diseño de aplicaciones Android, este software ofrece un entorno de diseño y de programación visual.

Al momento de crear la interfaz de usuario se puede elegir entre opciones como: insertar imágenes, botones, crear listado, notificadoros, cajas de textos, visor de web, entre otras; también se puede crear el diseño de las pantallas de la aplicación, insertar contenido, mapas, conectar con servidores, y muchas otras opciones que se pueden apreciar en la figura 3.13, limitándose a las capacidades y los componentes de los dispositivos donde será instalada la aplicación. Las tareas y eventos que realizará la

aplicación a desarrollarse serán programadas por medio de bloques, evitándose así el uso de lenguajes de programación de alto nivel por parte del usuario. Este método de programación está diseñado para que cualquier usuario sin grandes conocimientos en software tenga acceso al desarrollo de aplicaciones móviles.

La tarea que realizará la aplicación en el sistema de control y supervisión de consumo de agua será la de mostrar los datos y cálculos en los dispositivos móviles de los usuarios con sistema operativo Android, obtenidos del servidor online configurado.

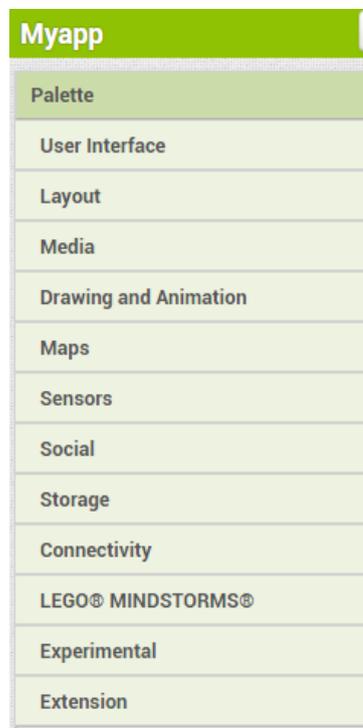


Figura 3.13: *Panel de diseño de aplicación en App Inventor 2.*
Elaborado por: *Autor*

App Inventor 2 ofrece la posibilidad de crear varias pantallas de manera ordenada y luego programar los eventos, de esta manera, se diseñó una pantalla de inicio (figura 3.14), una pantalla principal y por última la pantalla de salida. La pantalla principal permitirá mostrar la información captada por el sensor, los metros cúbicos de agua

consumida en el presente mes y en el mes anterior, el valor aproximado en dólares de acuerdo a los metros cúbicos consumidos hasta ese momento y un área para el control de la electroválvula.

3.2.6. Base de datos online ‘Firebase’

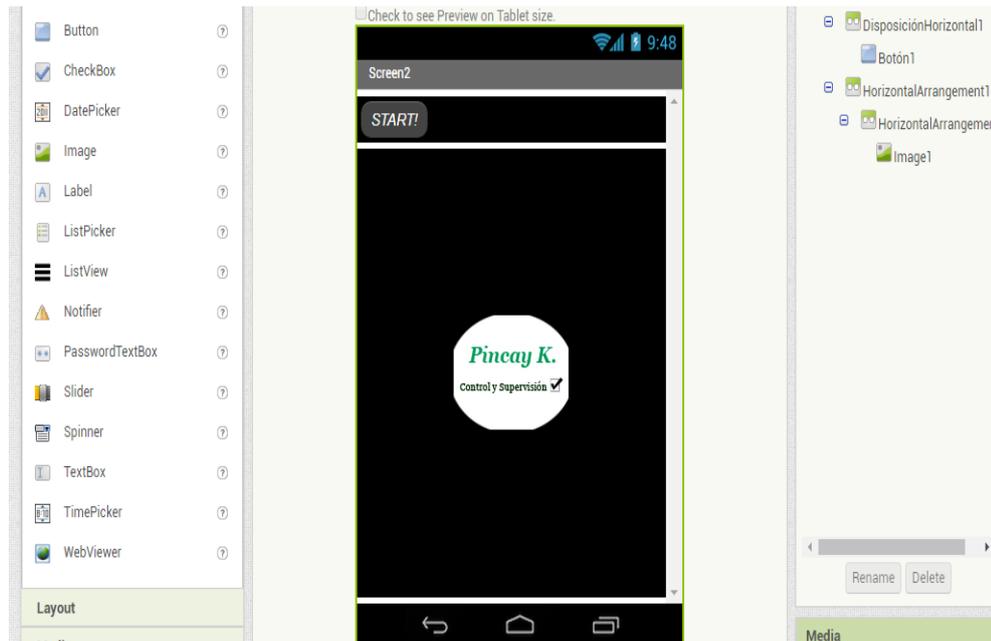


Figura 3.14: Pantalla de inicio de la aplicación diseñada.

Elaborado por: Autor

Firestore es una plataforma desarrollada por Google que permite a los dispositivos móviles interactuar en tiempo real con datos que se encuentran en la nube, es decir, datos almacenados en internet. Esta plataforma además permite el desarrollo de aplicaciones para la web y dispositivos móviles con sistema Android e iOS.

La base de datos de libre acceso que brinda Firestore permitirá almacenar, ordenar y manejar los datos obtenidos del sistema de control en tiempo real (figura 3.15), los que posteriormente serán enviados a la aplicación de dispositivos móviles Android:

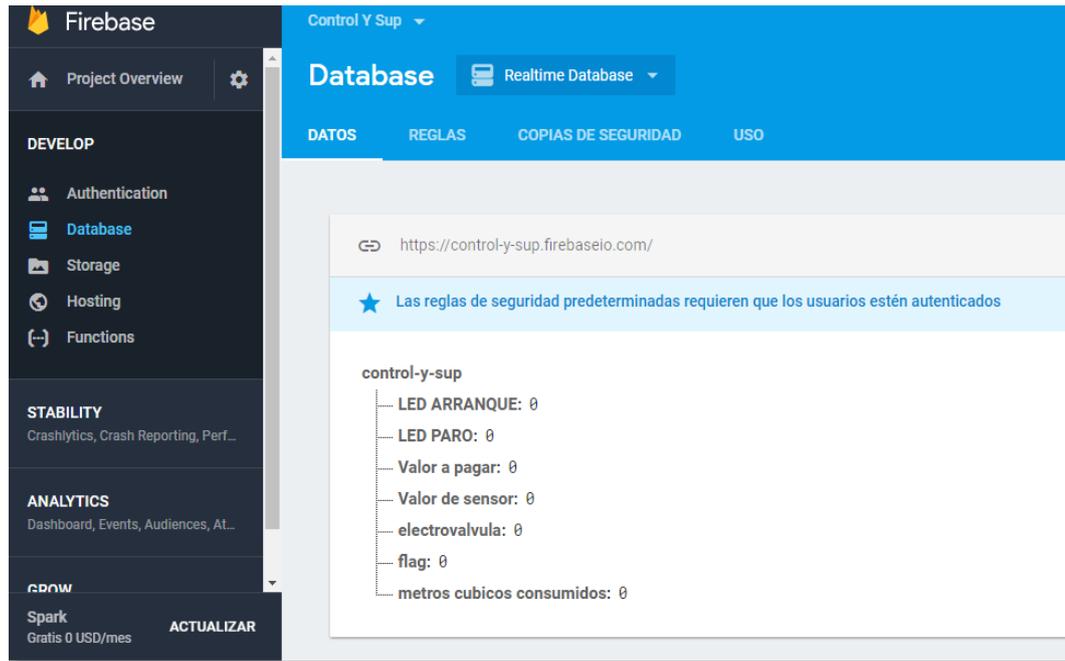


Figura 3.15: Base de datos de Firebase con variables del sistema.
Elaborado por: Autor

3.2.7. Diagrama de bloques del sistema propuesto

Cada elemento dentro del sistema realiza una tarea específica, la misma que aporta hacia todo el proceso para que el sistema pueda funcionar correctamente. En la siguiente página se presenta la figura 3.16, diagrama de bloques donde se muestra la secuencia del proceso y en qué orden viaja la información hasta llegar al usuario consumidor:



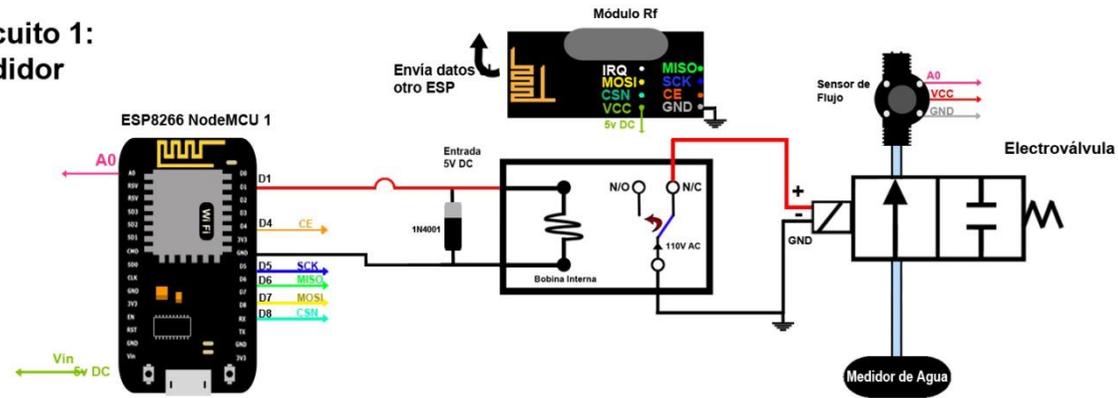
Figura 3.16: Diagrama de bloques del sistema de control y supervisión de agua.
Elaborado por: Autor.

- Sensor de caudal: El sensor de caudal será el dispositivo encargado de medir la cantidad de agua consumida en un determinado tiempo y transformarlo en una magnitud eléctrica. Al igual que las planillas de consumo de agua en las residencias, la medición de caudal debe darse durante todo el mes de manera constante.
- Microcontrolador: El Microcontrolador es el dispositivo que dará inteligencia al sistema. Se encargará de procesar los datos y señales de entrada del sistema, regular el actuador y enviar las señales de salida correspondientes del proceso. En este caso es el dispositivo Esp8266 NodeMCU.
- Proceso: En el bloque de proceso se realizan tres tareas importantes:
 - Se analizan los datos obtenidos hasta ese punto del proceso para poder obtener la información a enviarse.
 - Se envían datos o información necesaria a un servidor en línea, para que luego dicha información sea mostrada en una interfaz.
 - Se envía la señal de encendido o apagado al actuador cuando sea necesario.
- Actuador: El actuador será el dispositivo capaz de afectar a la variable manipulada. En este caso el actuador del sistema será una electro-válvula, la cual permitirá abrir o cerrar el paso del agua hacia la residencia, según la necesidad.
- Resultados: En la parte final del proceso de lazo abierto se muestran los datos e información en la interfaz de usuario.

3.2.8. Diagrama general de conexiones del sistema propuesto

El diagrama general del sistema de control y supervisión de consumo de agua muestra de qué manera están separados los dos circuitos, sus componentes y qué propósito cumplen en los circuitos. El circuito 1 llamado “circuito medidor”, es el encargado de recibir las señales del sensor y almacenarlas, para luego enviarlas hacia el otro dispositivo NodeMCU por medio del módulo de radiofrecuencia. Además, este circuito será el que accione la electroválvula cuando sea necesario a través de una señal de control. Por su parte, el circuito 2 llamado “circuito receptor”, se encargará de recibir los datos mediante un módulo RF receptor, procesarla y enviarla a la nube. También encenderá y apagará los leds que presente el sistema. Como respaldo se puede añadir un zumbador (buzzer) en caso de que el sistema se detenga y este se accione como método de aviso al usuario. Los circuitos descritos de la figura 3.17 se presentan en la siguiente página:

Circuito 1: Medidor



Circuito 2: Receptor

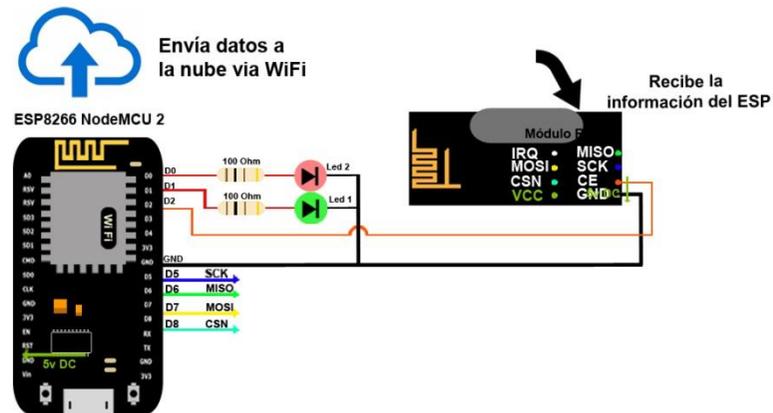


Figura 3.17: Diagrama circuital y físico del sistema de control y supervisión de consumo de agua.

Elaborado por: Autor

3.2.9. Ubicación de los circuitos del sistema

Con la ayuda del programa de diseño para ordenadores AutoCAD 2016, se realizó una estructura en 3D que muestra la ubicación ideal del sistema de control y supervisión de agua a implementarse en los pisos de edificios residenciales. Las figuras 3.18 y 3.19 indican que el lugar donde se ubicará el circuito secundario será dentro de una caja, ubicada en la pared de la sala del hogar. El motivo principal es que ocupe un lugar discreto dentro de la casa y que a la vez esté siempre a la vista del usuario, de manera que pueda notificar si el sistema está funcionando normalmente.



Figura 3.18: Ubicación del circuito emisor en la sala de un inmueble
Elaborado por: Autor.



Figura 3.19: *Ubicación del circuito emisor en sala de residencia*
Elaborado por: Autor.

La caja que contiene el circuito receptor (figura 3.20) será de plástico ya que dicho material es un buen aislante y se opone al paso de corriente. Por otro lado, la ubicación del circuito medidor dependerá de la disponibilidad de espacio que exista en las afueras del edificio, pero generalmente irá cerca del medidor de agua debido a que el sensor debe medir el flujo del agua y permitir o cerrar el paso de agua al inmueble.

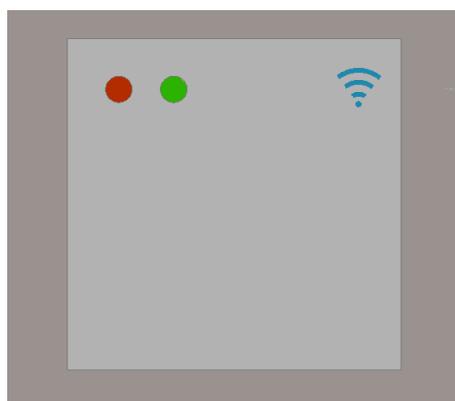


Figura 3.20: *Circuito emisor en caja de protección.*
Elaborado por: Autor.

3.3. Pruebas experimentales y análisis de resultados

Para poder cumplir con el propósito del tercer objetivo del presente trabajo fue necesario realizar pruebas experimentales, tanto físicas, como de software. Una vez realizadas las actividades necesarias, se realizó un análisis de los resultados obtenidos en donde se pudo verificar la eficiencia y la eficacia del sistema para cumplir con su objetivo.

3.3.1. Simulación en dispositivo móvil virtual con sistema operativo Android

Se realizó una aplicación guía para comprobar la eficiencia del framework con aplicaciones Android. Dicha aplicación opera recibiendo un valor binario (de cero o uno) de la base de datos en línea, con lo que permitirá manipular el encendido o apagado de un actuador.

App Inventor 2 también ofrece una herramienta que permite crear un dispositivo Android virtual en nuestro ordenador, lo que facilita realizar simulaciones reales de la aplicación desarrollada, ahorrando tiempo y sin necesidad de poseer un dispositivo móvil físico. Se implementó la aplicación en el dispositivo móvil virtual creado con resultados positivas (figura 3.21a y 3.21b), donde se configuró eventos en botones de pantalla y se presentó correctamente el diseño de la interfaz.



Figura 3.21a: *Pantalla de inicio del simulador*
Elaborado por: *Autor*.



Figura 3.21b: *Pantalla principal*
Elaborado por: *Autor*.

3.3.2. Configuración de la placa ESP8266 NodeMCU

Se trabajó con el hardware NodeMCU junto con la interfaz de Arduino para mayor versatilidad al momento de programar y configurar el dispositivo. Para empezar a trabajar físicamente con la placa ESP8266 NodeMCU es necesario conocer y establecer varios parámetros de operación dentro del IDE de Arduino. Dichos parámetros, como la frecuencia y el tamaño de la memoria flash, el método de reinicio, la velocidad de subida de información a la placa y el puerto en el que se conecta el dispositivo al ordenador. Estos datos en su mayoría son dados por el fabricante en la hoja de especificaciones (o también llamado Datasheet). Parámetros como la velocidad de subida (“upload speed”) y el puerto serial donde se conecte la placa dependen de varios factores, por ejemplo la velocidad de subida depende del cable que se utilice para conectar la placa al puerto serial del ordenador, es decir, de la velocidad que dicho cable permite enviar y recibir; este parámetro se estableció por el método de prueba y error. Por otra parte, todo ordenador tiene un número determinado de puertos seriales

donde cada uno de ellos tiene un número identificador. El nombre por defecto es “COM”, seguido del número que posee.

En la figura 3.22 se detallan todos los datos y valores necesarios ya configurados para establecer la comunicación entre la placa ESP y el ordenador programador, de manera que se permita la implementación de codificación dentro de la memoria física de la placa mencionada:

Auto Formato	Ctrl+T
Archivo de programa.	
Reparar codificación & Recargar.	
Monitor Serie	Ctrl+Mayús+M
Serial Plotter	Ctrl+Mayús+L
<hr/>	
Placa: "Generic ESP8266 Module"	▶
Flash Mode: "DIO"	▶
Flash Frequency: "40MHz"	▶
CPU Frequency: "80 MHz"	▶
Flash Size: "512K (64K SPIFFS)"	▶
Debug port: "Disabled"	▶
Debug Level: "Ninguno"	▶
Reset Method: "nodemcu"	▶
Upload Speed: "9600"	▶
Puerto: "COM1"	▶
Get Board Info	
<hr/>	
Programador: "AVRISP mkII"	▶
Quemar Bootloader	

Figura 3.22: *Parámetros de configuración del ESP8266.*

Elaborado por: *Autor.*

Una vez configurada la placa se puede realizar la implementación de la codificación deseada. En primer lugar se realizó pruebas acerca del funcionamiento del módulo Wifi ubicado en la placa (ver anexo: c), realizando un programa que permita obtener información sobre las redes Wifi disponibles cerca del área donde se encontraba la placa. Luego se procedió a realizar operaciones con los pines GPIO

disponibles para entrada o salida digital. El programa básico para realizar esta operación es el encendido de un diodo led, el cual puede ser el que se encuentra en la placa, o un led externo. Una vez confirmado el correcto funcionamiento de la placa se procedió a realizar los diseños presentados anteriormente, obteniendo resultados positivos en todos los procesos: en el envío y recepción de información a través de tecnología Wifi y con los módulos de radiofrecuencia, en el correcto almacenamiento de la información en la base de datos en línea, en el accionamiento de la electroválvula, y en la interfaz de usuario en la aplicación móvil para dispositivos Android, destinada al uso del usuario.

3.4. Presupuesto aproximado del sistema propuesto

Se realizó una cotización de los elementos necesarios para el desarrollo del sistema de control y supervisión de consumo de agua (tabla 3.6). Es necesario añadir que dicha cotización se realizó por instalación, es decir que se debe multiplicar el total de los precios por el número de instalaciones a realizarse.

Tabla 3.6: Cotización de materiales del sistema.

Material	Cantidad	Precio por unidad (\$)	Subtotal (\$)
ESP8266	2	16	32
Electroválvula	1	120	120
Sensor de Flujo	1	20	20
Resistencia (100 Ohm)	3	0.25	0.75
Leds	3	0.50	1.50
Zumbador (buzzer)	1	1.25	1.25
Reguladores de voltaje 110v – 5v	2	15	30
Cable de conexión 110V	1	4	4

Relé	1	2	2
Paquete de cables (jumpers)	1	5	5
Circuito Impreso	2	8	16
Mano de obra de técnicos por hora	2	20	40
Otros elementos		20	20
Total (en dólares)		167.50	292,50

Elaborado por: *Autor*.

Se añadió el valor de mano de obra de trabajadores en el área técnica para aclarar la idea del precio que se paga por el técnico programador y el técnico que se encarga de ensamblar el diseño propuesto. Dicho valor fue obtenido dentro del informe de tarifas de ensayos y servicios del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2016), como se muestra en la imagen capturada 3.23:

I.10	PROGRAMA DE METROLOGIA APLICADA (TRES MODULOS) POR PERSONA	420.00
I.10	CADA MODULO DEL PROGRAMA DE METROLOGIA APLICADA POR PERSONA	150.00
I.20	COSTO DE TÉCNICO POR HORA DE SERVICIO	
I.21	VIATICOS CUANDO EL TRABAJO SE REALIZA FUERA DE LA PROVINCIA EN QUE TRABAJA EL TECNICO Y RECIBE VIATICOS	90.00
I.22	COSTO HORA TECNICO. Se debe considerar tiempo de desplazamiento utilizado mas el tiempo efectivo en la planta. Si la comision es fuera de la ciudad de residencia del tecnico el tiempo minimo se considerara 8 horas por dia	20.00
I.23	COSTO HORA TÉCNICO DENTRO DE LA CIUDAD, EN EL PROCESO DEL SELLO DE CALIDAD INEN hay que considerar en la factura transporte	10.00
I.231	Costo hora de servicio anterior	20.00
I.24	COSTO HORA TÉCNICO FUERA DE LA CIUDAD, EN EL PROCESO DEL SELLO DE CALIDAD INEN ya está considerado el viático en la factura se debe considerar el transporte (MÍNIMO 8 HORAS DÍAS)	15.00
I.241	COSTO HORA AUDITORIA/INSPECCION FUERA DE LA CIUDAD (anterior) ya está considerado el viático en la factura se debe considerar el transporte (MÍNIMO 8 HORAS DÍAS)	30.00

Figura 3.23: *Captura de la tabla de tasas y tarifas del costo de técnico por servicio.*

Fuente: (INEN, 2016)

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- ✓ De acuerdo al trabajo de campo y a las investigaciones realizadas, se puede concluir que el sistema de caída por gravedad es el más usado en la actualidad en la ciudad de Guayaquil, ya que la presión de agua en la red pública que ofrece la empresa Interagua es suficiente para abastecer a los inmuebles destinados, tanto de una planta como de varios pisos, con limitaciones
- ✓ Cada piso de un edificio residencial suele tener un dueño diferente, motivo por el que cada uno de ellos paga sus propias planillas de consumo. Como consecuencia, cada uno de los pisos debe tener su propia red de distribución. Ésta es la razón principal por la que es necesario un sistema de bombeo de agua en cada uno de los pisos de los edificios residenciales.
- ✓ Basándose en la búsqueda realizada de antecedentes de proyectos para el control y supervisión de agua, se puede afirmar que hasta la actualidad no existe en el mercado un aparato o dispositivo que facilite al usuario la lectura o el monitoreo del consumo de agua, añadiéndole a esto que no hay manera de detectar fugas, solo yendo físicamente a revisar el medidor.
- ✓ El sistema desarrollado ofrece una interfaz apegada a las necesidades de tecnología actuales, como es la del uso de aplicaciones en teléfonos móviles, permitiendo controlar constantemente el consumo de agua en el hogar de manera inalámbrica desde cualquier sitio, es decir, sin necesidad de realizar observación directa con el medidor de agua instalado por la empresa Interagua. El sistema de control y supervisión de agua apunta a que los usuarios no vuelvan a pagar valores elevados de planilla por falta de control en el consumo de agua en los inmuebles, específicamente en los edificios residenciales.

- ✓ Con el análisis de los resultados del diseño de control y supervisión de consumo de agua se pudo comprobar que el sistema desarrollado en el edificio residencial de Bloques de Aparnor de la ciudadela Alborada, es capaz de ser implementado en cualquier otro edificio de la ciudad de Guayaquil.
- ✓ De acuerdo al diseño y a la lógica desarrollada en los circuitos eléctricos, se puede concluir que la propuesta es un sistema en lazo abierto, que tiene como entrada el valor del sensor hacia el controlador y como salidas al accionamiento de una electroválvula y al envío de datos hacia una interfaz accesible al usuario final (cliente).
- ✓ En cuanto al presupuesto realizado, se pudo concluir que no es necesario una inversión relativamente grande para innovar y aportar con un nuevo recurso tecnológico dirigido a la sociedad. Los usuarios de edificios residenciales de la ciudad de Guayaquil podrían contar con un sistema de control y supervisión del consumo de agua realizando una inversión media, evitando mayores pérdidas a largo plazo.

4.2. Recomendaciones

- ✓ Es recomendable instalar una bomba de agua en inmuebles de 3 pisos o más. como medida de seguridad de abastecimiento continuo en los sistemas de agua por caída de gravedad. Además, es importante el uso de tanques hidroneumáticos para prolongar el tiempo de vida útil de la bomba de agua.

- ✓ Se recomienda usar tuberías para el transporte del agua en toda la red de la residencia que sean de la misma medida que la de la acometida dada por la empresa de abastecimiento de agua Interagua, donde el caso convencional en la ciudad de Guayaquil es de ½” (pulgada). Además, es aconsejable como medida de ahorro, ya que mientras más aumente el tamaño de la acometida, más serán los valores a pagar por planilla. Del valor en pulgadas mencionado dependerá la medida del sensor de caudal y la electroválvula.
- ✓ Es recomendado el uso de una electroválvula normalmente abierta en el sistema diseñado, debido a que el requerimiento más común es que si se pierde la alimentación eléctrica del inmueble, o solo del sistema, no se evite el paso de agua hacia el departamento del edificio; en otras palabras, se requiere que la electroválvula quede en estado abierto siempre que no esté operando el sistema.
- ✓ El usuario que tendrá acceso a los datos del sistema de control y supervisión de consumo de agua deberá tener un dispositivo Android mínimo con la versión de SO 2.2. Esta versión es poco actual, pero se recomienda utilizar un dispositivo móvil de última generación con su sistema operativo actualizado para que la aplicación funcione sin ningún inconveniente.
- ✓ Aunque la aplicación está diseñada con características sencillas para su fácil operación por parte del usuario, evitar gran consumo de memoria y batería de su teléfono móvil y no realizar un alto gasto de datos móviles para internet, se recomienda utilizarla cuando se tenga disponible el uso de una red Wifi, de esta manera la aplicación funcionará de mejor manera y no se necesitará tener activo un servicio de internet por megas para el teléfono.

- ✓ Es importante que el usuario revise como mínimo una vez por semana el consumo de agua desde la aplicación móvil, ya que de esta manera puede verificar si tiene algún problema en la red del inmueble, o si el sistema posee alguna limitación en su funcionamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albán Quezada, D. M., y Peña Díaz G. A. (2015). *Evaluación del sistema de entrenamiento PIC18F4550 mediante aplicaciones prácticas para la asignatura de microcontroladores*. Recuperado a partir de repositorio UCSG: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/3808>.
- Ávila Mejía, O. (2011). *Android*. Recuperado a partir de <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/revista/83/pdfs/android.pdf>.
- Ávila Ramírez, D X., y Arias Aillón, P. D. (2010). *Propuesta de Mejora del Sensor de Giro de un Sistema de Dirección Electroasistida comandado por un simulador de Módulo Eléctrico montado sobre un Tablero Didáctico*. Recuperado a partir de repositorio UIDE: <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/717>.
- Bello M. A. y Pino. M. T. (2000). *Medición de presión y caudal*. 28.^a ed. Puntas Arenas, Chile.: Centro Regional de investigación Kampenaike. Recuperado a partir de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR25635.pdf>.
- Burgos Villacrés, V. (2010). *Interagua detalla cobros*. *El Universo*, sec. Cartas al Director. Recuperado a partir de <https://www.eluniverso.com/2010/08/18/1/1366/interagua-detalla-cobros.html>.
- Cabrera Carvajal, P. C., y Alomaliza Proaño, E. L. (2015). *Diseño e implementación de una estación de caudal y puesta en servicio de un transmisor magnético de flujo, para el monitoreo y control automático de la variable caudal, en el Laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga*. Recuperado a partir de repositorio ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/10585>.
- Cartagena, G., y Washington F. (2011). *Análisis de un sistema con actuadores neumáticos para establecer parámetros de funcionamiento en una línea de producción en el laboratorio de Neumática de la UTA*. Recuperado a partir de repositorio UTA: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/3046>.
- Carvajal Cabrera, C. P., y Proaño Alomaliza L. E. (2015). *Diseño e implementación de una estación de caudal y puesta en servicio de un transmisor magnético de flujo, para el monitoreo y control automático de la variable caudal, en el Laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga*. Quito, Ecuador. Recuperado a

partir de repositorio ESPE:
<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/10585>.

Competencias informáticas e informacionales (2016). *Sistemas operativos*. Universidad de Alicante. Recuperado a partir de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/54704/2/ci2_basico_2015-16_Sistemas_operativos.pdf.

Cornejo Ortega, Á. D. y Tintín Suquilanda, J. L. (2010). *Diseño, construcción e implementación de un sistema de telemetría utilizando tecnología GSM; para el monitoreo de los parámetros de temperatura, presión de aceite, velocidad de giro del motor y velocidad de desplazamiento de un vehículo Chevrolet Optra 2008*. Recuperado a partir del repositorio UPS: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1114>.

Cruz Alonso R., Gopar Mecinas L., López López I., y Moya García E. (2008). *Android*. Universidad Tecnológica de la Mixteca, Méjico. Recuperado a partir de <http://www.utm.mx/~caff/poo/AndroidIntro.pdf>.

Cumbal Guerrón, R. D., y Enriques López, J. A. (2014). *Diseño y construcción de un sistema de posicionamiento lineal multieje controlado por visión artificial para cámara de análisis computarizado del laboratorio de análisis de movimiento (LAM)*. Recuperado a partir de repositorio ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/8158>.

Darío Ávila, D. A. (2013). *Propuesta de mejora de sensor de giro de un sistema de dirección electroasistida comandado por un simulador de módulo eléctrico montado sobre un tablero didáctico*. Universidad Internacional del Ecuador. Quito, Ecuador. Recuperado a partir de repositorio UIDE: <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/196>.

Del Valle, L. (2017). *Cómo programar NodeMCU con IDE Arduino, tutorial paso a paso*. Recuperado a partir de <https://programarfacil.com/esp8266/como-programar-nodemcu-ide-arduino/>.

Del Valle, L. (2017). *NodeMCU y el IoT tutorial paso a paso desde cero. Programar fácil*. Recuperado a partir de <https://programarfacil.com/podcast/nodemcu-tutorial-paso-a-paso/>.

ECAPAG (2001). *Parámetros de calidad de servicio a controlar por ECAPAG y metas a alcanzar por el prestador de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario de Guayaquil*. Ecuador: ECAPAG. Recuperado a partir de https://www.interagua.com.ec/sites/default/files/portal-de-transparencia/anexo_2.pdf.

- El Universo (2017). *INEC midió la calidad de agua que consumen los ecuatorianos*, sec. Ecuador. Recuperado a partir de <https://www.eluniverso.com/noticias/2017/05/16/nota/6186154/inec-midio-calidad-agua-que-consumen-ecuatorianos>.
- ElectronicWings (2017). *NodeMCU GPIO with Arduino IDE*. Recuperado a partir de <https://www.electronicwings.com/nodemcu/nodemcu-gpio-with-arduino-ide>.
- EPM (2011). *Criterios para definir el diámetro de acometida y medidor para urbanizaciones y edificios*. Recuperado a partir de https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/clientes_y_usuarios/personas/aguas/vinculacion/Criterios%20para%20definir%20el%20diametro%20de%20acometida%20y%20medidor.pdf.
- Euphrosine, J. (2018). *Arduino samples for Firebase*. FirebaseDemo. Recuperado a partir de <https://github.com/firebase/firebase-arduino>.
- Felici S. (2017). *Sistemas Operativos*. Fundamentos de Telemática. Universidad ICESI. Cali, Colombia. Recuperado a partir de <http://eduteka.icesi.edu.co/gp/upload/bd3768c6fde0e4feb90ec47470dc6fdb.pdf>.
- Firebase (2018). *Cómo comenzar con las reglas para Database | Firebase Realtime Database*. Recuperado a partir de <https://firebase.google.com/docs/database/security/quickstart?hl=es-419>.
- García Fierro, L. M., y Neira Arámbulo A. A. (2016). *Diseño y Construcción de un Sistema didáctico de medición de Flujo mediante el principio diferencial de presión*. Universidad de Guayaquil. Recuperado a partir de repositorio de la Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/18849>.
- García S., Ochoa L y Ochoa E. (2014). *Instalaciones Hidrosanitarias*. Baja California, México. Recuperado a partir de <https://www.emaze.com/@AIRRZWFR>.
- Guagalango Guagalango, S. J. (2015). *Diseño e implementación del sistema de control y monitoreo de nivel y flujo de agua potable en la estación de reserva y la planta de tratamiento de Azaya de la EMAPA-Ibarra*. Recuperado a partir de repositorio ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/10831>.
- Gutiérrez García, L. (2012). *Teoría de la medición de caudales y volúmenes de agua e instrumental necesario disponible en el mercado*. Estudio, Centro Español de Metrología. Recuperado a partir de http://www.igme.es/igme/publica/libros2_TH/art2/pdf/teoria.pdf.

- Hong, G. (2014). *GPIO Module*. Recuperado a partir de <https://nodemcu.readthedocs.io/en/master/en/modules/gpio/>.
- Instructables (2012). *Firestore Integrate With ESP8266*. Recuperado a partir de <http://www.instructables.com/id/Firebase-Integrate-With-ESP8266/>.
- Interagua (2016). *Preguntas Frecuentes*. Portal Web. Recuperado a partir de https://www.interagua.com.ec/clientes_medidor_agua#faq1.
- Interagua (2016). *Preguntas Frecuentes*. Portal Web. Recuperado a partir de <https://www.interagua.com.ec/preguntas-frecuentes>.
- Laboratorio de Sensores e Instrumentación (2014). *Medidores de Caudal, sensores*. Universidad Tecnológica Nacional, Argentina. Recuperado a partir de http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/Caudal/Principios/Caudal_Sensores.pdf.
- LCTics (2016). *Domótica: Control de 3 LED con Arduino, Firestore, Javascript y Android (Introducción)*. Recuperado a partir de <https://www.youtube.com/watch?v=S3FwHAmu5Oo>.
- Méndez Lino, A (2014). *Diseño e implementación de plataforma basada en microcontroladores PIC para facilitar el estudio práctico y la elaboración de proyectos en la Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones*. Recuperado a partir de repositorio UCSG: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/1816>.
- Moina Chaglla, G. A., Rebeca Gloria, Macas Gusqui (2016). *Implementación de un sistema electrónico inteligente de asignación, medición y alerta del consumo de agua potable para hogares residenciales de la ciudad de Riobamba*. Recuperado a partir de repositorio ESPOCH: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6130>.
- Orejuela, J. D. (2017). *Conectando esp8266 con Firestore*. Recuperado a partir de <https://github.com/orejuelajd/esp8266-firebase>.
- Pérez Alberto, M., Pérez Hidalgo A. y Pérez Berenguer, E. (2007). *Introducción a los sistemas de control y modelo matemático para sistemas lineales invariantes en el tiempo*. Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Ingeniería. Departamento de Electrónica y Automática. San Juan, Argentina. Recuperado a partir de <http://dea.unsj.edu.ar/control1/apuntes/unidad1y2.pdf>.
- Prieto Blázquez J. (2013). *Introducción a los sistemas de comunicación inalámbricos*. Tecnología y desarrollo en dispositivos móviles. Universitat Oberta de Catalunya, España. Recuperado a partir de

[https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_\(Modulo_1\).pdf](https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_(Modulo_1).pdf).

Prometec (2014) *ESP8266 como servidor web para manejar un LED | Tienda y Tutoriales Arduino*. Recuperado a partir de <https://www.prometec.net/esp8266-con-arduino-ide/>.

Regata (2012). *Relés y Arduino: Encendiendo una bombilla desde tu Arduino. Taller Arduino*. Recuperado a partir de <https://tallerarduino.com/2012/07/10/relés-y-arduino-encendiendo-una-bombilla-desde-tu-arduino/>.

Reinoso Soria, L. A. (2008). *Sensor de Movimiento de Flujo para Adquisición de Datos en el Tanque de la Estación San Francisco – EMAPA*. Proyecto de pasantía de grado, Universidad Técnica de Ambato. Recuperado a partir de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/319/1/t371ec.pdf>.

Silva Pérez, S. F. (2016). *Diseño del sistema de telecontrol y monitoreo basado en el uso de telemetría aplicado en la apertura de compuertas del sistema hídrico Bulubulu*. Recuperado a partir del repositorio de UCSG: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/6399>.

TesinaGlobal (2015) *Sistemas de Control*. Universitat Politècnica de Catalunya. Cataluña, España. Recuperado a partir de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3330/34059-5.pdf?sequence=5>.

Toapanta Sarzosa, I. G., y Tocagón Tocagón W. D. (2017). *Diseño e implementación de un interfaz para el control y obtención de datos del controlador (PLC TJ 509) generador eléctrico de la Universidad Técnica del Norte utilizando LABVIEW*. Recuperado a partir de repositorio UTN: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7574>.

Ubach Granados C. (2017). *Programando directamente un ESP8266*. Recuperado a partir de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/105042/Memoria_TFG_Carles_Ubach.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Úbeda Miñarro, B. (2009). *Apuntes de sistemas embebidos*. Recuperado a partir de <http://ocw.um.es/ingenierias/sistemas-embebidos/material-de-clase-1/ssee-t01.pdf>.

Umaña Rodríguez, L. A. (2013). *Modelo del control de nivel y caudal de líquido en un depósito cilíndrico usando la herramienta Simulink de Matlab. Cap&Cua 9*,

n.º1: 2-7. Recuperado a partir de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4762998>

UNED (2011). *Controladores industriales de diseño de alto nivel (IEEE)*. Recuperado a partir de http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE5_3_1.pdf.

Valdés Pérez, F. E., y Ramón Pallás A. (2007). *Microcontroladores: fundamentos y aplicaciones con PIC*. Marcombo, España.

Vergara, Josep, R. M., y Machado, César (2011). *Prototipo para control automático de nivel y caudal de líquidos*. *Ingenius 0*, n.º 6: 9-18. Recuperado a partir de <https://doi.org/10.17163/ings.n6.2011.02>.

Villajulca, J. C. (2010). *Medición de Flujo: la variable más medida de la industria*. Recuperado a partir de <http://www.instrumentacionycontrol.net/cursos-libres/instrumentacion/curso-completo-instrumentacion-industrial/item/218-medici%C3%B3n-de-flujo-la-variable-mas-medida-de-la-industria.html>.

Zea Chang, V. A. (2013). *Servicio de contrastación de medidores de agua potables : viabilidad de negocio - exacta*. Recuperado a partir de repositorio UCSG: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/1264>.

Zúñiga, C. (2017). *Cambios en planillas de agua y en atención, tras reclamos en Guayaquil, sec. Comunidad*. Recuperado a partir de <https://www.eluniverso.com/noticias/2017/07/22/nota/6291742/cambios-planillas-agua-atencion-tras-reclamos>.

ANEXOS

a. Sistema de abastecimiento de agua en edificio

Las siguientes imágenes muestran partes del sistema de abastecimiento de agua en el edificio 409 de Bloques de Aparnor, de la ciudadela Alborada.



Medidores de cada uno de los cuatro pisos (con la planta baja) del bloque.



Ubicación de los medidores del bloque con sus tuberías.



Sistema de bombeo compuesto de cada piso del edificio, compuesto por: tanque hidroneumático, bomba de agua, manómetro y tuberías con sus articulaciones.

b. Electroválvula utilizada en el sistema



Válvula solenoide de referencia: ½ NPT BC05

c. Programación con ESP8266

Programa que permite comprobar el funcionamiento de la placa ESP, el diodo Led interno y otro Led conectado al pin 4.

```
#define LED 4          //se definen los pines con sus nombres
#define LED_BUILTIN 2
#define BUTTON_BUILTIN 0

void setup()          //PROGRAMA QUE SE EJECUTA UNA SOLA VEZ
{
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT); //Se configura el pin del led interno de la placa como salida
  pinMode(LED, OUTPUT);        //Se configura el pin para el led externo a conectarse
  pinMode(BUTTON_BUILTIN, INPUT);
}

void loop() {         //CICLO QUE SE REPITE INFINITAMENTE
  int valor = digitalRead(BUTTON_BUILTIN);
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); //EMPIEZA EL PROGRAMA CON LOS LEDS APAGADOS Ó SE LOS APAGA
  digitalWrite(LED, LOW);

  delay(1000);        //PAUSA DE 1 SEGUNDO
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); //SE ENCIENDE EL LED INTERNO DE LA PLACA
  digitalWrite(LED, HIGH); //SE ENCIENDE EL LED DEL PIN 4

  delay(2000);        //SE ESPERA DOS SEGUNDOS Y SE REPITE EL PROCESO
}
```

Programa que permite el escaneo de redes Wifi cerca de la zona de prueba

```
#include "ESP8266WiFi.h" //INCLUIR LA LIBRERÍA DE LA PLACA ESP
for (int i = 0; i < n; ++i)
{
  Serial.print(i + 1);
  Serial.print(": ");
  Serial.print(WiFi.SSID(i));
  Serial.print(" (");
  Serial.print(WiFi.RSSI(i));
  Serial.print(")");
  Serial.println((WiFi.encryptionType(i) == ENC_TYPE_NONE)? " ":"*");
  delay(10);
}

Serial.println("");

delay(5000); // ESPERA 5 SEG ANTES DE VOLVER A EMPEZAR

}
{
  Serial.print(i + 1);
  Serial.print(": ");
  Serial.print(WiFi.SSID(i));
```

Arregle “for” que permite presentar de manera ordenada las redes encontradas.



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Pincay Canales Kevin Bryan**, con C.C: # **0802888164** autor/a del trabajo de titulación: **Desarrollo de un sistema de Telemetría para el control y supervisión del consumo de agua en hogares residenciales** previo a la obtención del título de **Ingeniería Electrónica en Control y Automatización** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 12 de Marzo de 2018

f. _____

Nombre: **Pincay Canales, Kevin Bryan**

C.C: **0802888164**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	DESARROLLO DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA PARA EL CONTROL Y SUPERVISIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN HOGARES RESIDENCIALES.		
AUTOR(ES)	PINCAY CANALES KEVIN BRYAN		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	ROMERO ROSERO, CARLOS BOLIVAR		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.		
FACULTAD:	Facultad de educación Técnica para el desarrollo.		
CARRERA:	Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo.		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Electrónico en control y Automatismo.		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	12 de Marzo de 2018	No. DE PÁGINAS:	102
ÁREAS TEMÁTICAS:	Electrónica, telemetría, domótica, programación y control de procesos.		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Aplicación Android, Señales Telemétricas, Control y Supervisión de agua, Recurso Tecnológico, Abastecimiento de agua por caída de gravedad.		
RESUMEN/ABSTRACT: El presente trabajo de titulación consiste en el desarrollo de un recurso tecnológico que permita solucionar una gran necesidad como es la del control y supervisión de consumo de agua en edificios que cuenten con sistema de abastecimiento de agua por gravedad, el cual es el sistema más común utilizado en los edificios de la ciudad de Guayaquil, Ecuador. Los usuarios de los inmuebles no revisan constantemente su medidor de agua, por lo que si existiese una fuga de agua pasaría desapercibida hasta que la planilla llegue y se tendrá que pagar un alto valor de dinero. El sistema propuesto soluciona esta problemática permitiendo saber si el consumo de agua se encuentra dentro del rango normal, además de brindar una interfaz de sencillo manejo a los usuarios de cada departamento del edificio. Gracias al trabajo de campo realizado para la adaptación del diseño de un circuito eléctrico, a un software diseñado y programado para dispositivos móviles Android, y a la tecnología de señales telemétricas, la propuesta del trabajo cumple con los objetivos deseados.			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 042 121791	E-mail: kbpc_94@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Mendoza Merchán, Eduardo Vicente		
	Teléfono: +593 985086815		
	E-mail: edu.mendoza@hotmail.com		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			