

TECANA AMERICAN UNIVERSITY
ACCELERATED DEGREE PROGRAM
BACHELOR OF SCIENCE IN ELECTRONIC ENGINEERING



**SISTEMA AUTOMÁTICO DE SUPERVISIÓN Y CONTROL
PARA EL CONSUMO DE AGUA RESIDENCIAL. CASO: sector El
Pinar. Municipio Maracaibo. Estado Zulia. Venezuela.**

Arcelio Bravo
C.I.: 14.951.051

“Por la presente juro y doy fe que soy el único autor del presente informe
y que su contenido es fruto de mi trabajo, experiencia e investigación
académica”

Agosto de 2018

DEDICATORIA

A DIOS: Por las bendiciones dadas cada día. Por haberme dado salud para alcanzar mis objetivos y poder llegar hasta este punto, además de su infinito amor y bondad.

A mi Bella Esposa Jessica Bravo: Por apoyarme y ayudarme siempre en cada una de las metas que me propongo, en especial su amor. Todo este trabajo ha sido gracias a ella.

A mi Hija Barbara Bravo: Por Motivarme a seguir mis estudios y terminar la carrera de Ingeniería.

A mis Padres: Por los ejemplos de perseverancia y constancia, su apoyo incondicional, sus consejos, por los valores inculcados que me permitieron ser una persona de bien, pero sobre todo por su amor.

A mis hermanos Juan y Jorge Bravo: Por estar conmigo, apoyarme y corregirme siempre, los quiero mucho.

Arcelio

AGRADECIMIENTO

DIOS Todopoderoso: por haberme bendecido con salud y permitirme hacer realidad este sueño tan anhelado.

A mis padres: Por guiarme desde pequeño a luchar por mis deseos, inculcarme valores y estimularme a ser cada día mejor.

A la Universidad de TECANA: Por abrirme las puertas de su recinto y permitirme formarme como profesional.

A los docentes: Porque todos me han aportado un granito de arena en mi formación profesional y como persona.

A los profesores: Por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos y experiencia me han ayudado a terminar mis estudios con éxito.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida a las que me encantaría agradecer por su amistad incondicional, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Para ellos muchas gracias y que Dios los bendiga.

Arcelio

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice General	iv
Índice de Figuras	vi
Índice de Cuadros.....	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
Introducción	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1....Planteamiento del Problema	2
1.2....Justificación de la investigación	5
1.3....Objetivos.....	7
1.3.1. Objetivo General.....	7
1.3.2. Objetivos Específicos	7
1.3.2.1. Consideraciones Previas	7
1.3.2.2. Descripción del Proyecto	7
1.3.2.3. Visión y Filosofía del Proyecto	7
1.3.2.4. Aspectos Tecnológicos	7
1.4....Delimitación	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1....Antecedentes de la Investigación.....	9
2.2....Bases Teóricas	12
2.2.1. Sistema	12
2.2.2. Sistema de Control Automático.....	13
2.2.3. Clasificación de los Sistemas de Control	16
2.2.4. Sistemas de Control en Lazo Abierto en Comparación con Sistemas de Control en Lazo Cerrado.	18
2.2.5. Variable Controlada y Variable Manipulada.....	18
2.2.6. Control Realimentado.....	19
2.2.7. Sistema de Supervisión y Control	19
2.2.8. Automatización.....	20
2.2.9. Instrumentación	22
2.2.10. Instrumentación Inteligente	25
2.2.11. Medición.....	26
2.3....Sistema de Variables.....	27
2.3.1. Definición Conceptual	27
2.3.2. Definición Operacional	28

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	29
3.1....Modalidad de la investigación	29
3.2....Tipo y diseño de la investigación	30
3.3....Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
3.4....Metodología seleccionada	32
3.4.1. Fase I. Definir el problema	32
3.4.2. Fase II. Subdivisión del Problema.....	32
3.4.3. Fase III. Crear la Documentación.....	33
3.4.4. Fase IV. Verificación del Diseño	33
3.4.5. Fase V. Finalizar el Diseño.....	33
3.5....Operacionalización de las Fases de la Metodología	34
3.6....Dispositivos, Materiales y Herramientas Utilizados	37
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	38
4.1....Análisis y Discusión de los Datos y Resultados	38
4.2....Fase I. Definición del Problema	38
4.3....Fase II. Subdivisión del Problema.....	41
4.4....Fase III. Crear la Documentación.....	43
4.4.1. Sensor de Flujo de Agua YF-S201 (Caudalímetro)	44
4.4.2. Arduino UNO	47
4.4.3. Modulo Bluetooth HC-05.....	49
4.4.4. Pantalla LCD 16 x 2	50
4.4.5. Transistor 2N2222A	51
4.4.6. Potenciómetro 10 K Ω	52
4.4.7. Resistencia.....	52
4.4.8. Diagrama de Conexión de los Componentes.....	53
4.5....Fase IV. Verificación del Diseño.....	54
4.6....Fase V. Finalizar Diseño.....	62
CONCLUSIONES.....	68
RECOMENDACIONES.....	70
BIBLIOGRAFÍA.....	72
ANEXOS	
A: Lista de Cotejo	76

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
Cuadro 1. Cuadro de Actividades y Recursos.....	35
Cuadro 2. Cronograma de Actividades.	36
Cuadro 3. Lista de materiales propuestos.	37
Cuadro 4. Lista de materiales.....	44
Cuadro 5. Características del sensor de flujo de agua YF-S201.....	46
Cuadro 6. Especificaciones Básicas del Arduino Uno.....	48
Cuadro 7. Especificaciones Básicas del módulo bluetooth HC-O5.....	49
Cuadro 8. Especificaciones Básicas de la Pantalla LCD 16x2.	50
Cuadro 9. Especificaciones Básicas Transistor 2N2222A.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Página
Figura 1. Imagen Satelital Urbanización El Pinar.....	41
Figura 2. Diagrama de bloques.	42
Figura 3. Sensor de flujo modelo YF-S201.	46
Figura 4. Arduino UNO.	48
Figura 5. Modulo Bluetooth HC-05.....	49
Figura 6. Pantalla LCD 16x2.	50
Figura 7. Transistor 2N2222A.	51
Figura 8. Potenciómetros mecánicos 10K Ω	52
Figura 9. Resistencias.....	53
Figura 10. Diagrama de Conexiones del Prototipo.	54
Figura 11. Codificación, asignación de parámetros del sistema.	56
Figura 12. Codificación, definición de pines, inicialización de variables.	57
Figura 13. Codificación, cálculo de caudal en litros por minuto.	58
Figura 14. Codificación, notificación de consumo normal y medio.	60
Figura 15. Codificación, notificación de consumo alto.	62
Figura 16. Elementos del Prototipo.....	63
Figura 17. Comportamiento del prototipo en Consumo Normal.	64
Figura 18. Comportamiento del prototipo en Consumo Medio.	65
Figura 19. Comportamiento del prototipo en Consumo Alto.	66
Figura 20. Prototipo Final Probado.....	67

BRAVO, Arcelio. SISTEMA AUTOMÁTICO DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA EL CONSUMO DE AGUA RESIDENCIAL. CASO: sector El Pinar. Municipio Maracaibo. Estado Zulia. Venezuela. Tecana American University. Bachelor of Science in Electronic Engineering. Ciudad Ojeda, Agosto de 2018.

RESUMEN

El objetivo primordial de esta investigación fue el de un sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial. El estudio se sustentó teóricamente en los postulados de Creus (2011), Ogata (2007), Fernández (2007) y Savant (2000). La investigación se caracterizó por ser proyectiva, descriptiva y de campo, con un diseño no experimental; como técnicas de recolección de datos se utilizó la observación directa, la lista de cotejo, siguiendo una metodología basada en la propuesta de Savant (2000) adoptando fases que este propone, garantizando el propósito de la investigación, se encuentran cinco (5) fases de este autor: Definición del problema, subdividir el problema, crear la documentación, verificación del diseño y por último finalizar el diseño. Los datos obtenidos del prototipo fueron analizados e interpretados para dar respuesta a los objetivos de estudio. Partiendo de la problemática observada, se proyectó un sistema automático para supervisar y controlar el consumo de agua residencial, llevado a cabo por medio de un dispositivo llamado Arduino UNO que permite controlar y supervisar el proceso en un programa, la comunicación de este es mediante un sensor de flujo YF-S201 para la medición de la variable de caudal. Se desarrolló un prototipo al cual se le aplicaron pruebas de verificación de funcionamiento, las cuales fueron completamente exitosas, garantizando la medición en tiempo real del consumo del vital líquido, generando alertas visuales y sonoras para promover acciones de control por parte del usuario. El diseño es aplicable a residencias, conjuntos residenciales, edificios, todo sistema del ámbito industrial, comercial o agrícola que requiera control de esta variable.

Palabras Clave: Sistemas automatizados, Supervisión, Control de agua residencial, Arduino UNO. Caudalímetro.

BRAVO, Arcelio. SUPERVISORY CONTROL AUTOMATED SYTEM FOR RESIDENTIAL WATER CONSUMPTION. CASE: sector El Pinar. Maracaibo Municipality. Zulia State. Venezuela. Tecana American University. Bachelor of Science in Electronic Engineering. Ojeda City, August 2018.

ABSTRACT

The primary objective of this research was an automated supervisory control system for residential water consumption. The study was based theoretically on the postulates of Creus (2011), Ogata (2007), Fernandez (2007) and Savant (2000). The research was characterized by being projective, descriptive and field, with a non-experimental design; As data collection techniques we used direct observation, the checklist, following a methodology based on the Savant proposal (2000) adopting phases that this proposes, guaranteeing the purpose of the research, there are five (5) phases of this author: Defining the problem, subdividing the problem, creating the documentation, verifying the design and finally finishing the design. The data obtained from the prototype were analyzed and interpreted to respond to the study objectives. Based on the problems observed, an automated system was designed to monitor and control the residential water consumption, carried out by means of a device called Arduino UNO that allows controlling and supervising the process in a program, the communication of this is through a YF-S201 flow sensor for measuring the flow variable. A prototype was developed to which functional verification tests were applied, which were completely successful, guaranteeing the measurement in real time of the consumption of the liquid vital, generating visual and sound alerts to promote control actions by the user. The design is applicable to residences, residential complexes, buildings, any industrial, commercial or agricultural system that requires control of this variable.

Keywords: Automated systems, Supervision, Residential water control, Arduino UNO. Flow meter.

INTRODUCCIÓN

El aumento de demanda de agua potable, producto del incremento de población y los cambios en los hábitos de consumo, hacen evidente la importancia del control y la operación de los suministros de manera automática. En un afán por optimizar los controles automáticos, en los procesos que se llevan a cabo por motores eléctricos, sistemas hidráulicos y otros, se han implementado dispositivos de control industrial para realizar la supervisión, registro y manejo en los distintos dispositivos y simplificar en gran manera el trabajo.

Los elementos tales como controladores lógicos programables, sensores y otros, han surgido en este proceso como las herramientas ideales para mejorar los niveles de vigilancia y control de los sistemas de distribución de agua en las áreas residenciales, logrando mejoras en el suministro y distribución de este líquido fundamental en la vida cotidiana de las personas. La presente investigación, está dividida en capítulos y se estudia el desarrollar un sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial.

El Capítulo I, representa la problemática, y se considera que es uno de los más importantes, comprende la descripción de la situación objeto de estudio, se formula un problema, los objetivos de la investigación, su justificación y delimitación.

El capítulo II, es el marco teórico que comprende una serie de pasos para sustentar con teorías la investigación, en este sentido abarca los antecedentes de la investigación, bases teóricas que fundamentan lo planteado en el problema, el sistema de variables que se definen desde el punto de vista nominal, conceptual y operacional.

El capítulo III, es el marco metodológico, se presenta la metodología a utilizar para el desarrollo de los objetivos de esta investigación, identificando el tipo y diseño de investigación, además se describen las actividades realizadas, como las técnicas de recolección de datos y las fases de esta investigación.

Finalmente, en el capítulo IV se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología que consta de cinco fases para definir el problema y la solución del mismo a través de un proceso metodológico de Savant (2000).

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

Las investigaciones se originan de las ideas y estas constituyen el primer acercamiento a la realidad de la investigación. Plantear el problema es afinar y estructurar formalmente la idea de investigación según Hurtado (2010). En el presente capítulo se describe la problemática a trabajar, se definen los objetivos a estudiar por el investigador, las razones que motivaron la investigación, así como su delimitación.

1.1. Planteamiento del Problema

Considerando que el agua es el responsable de la vida en nuestra planeta. Además todos los seres vivos necesitan de este preciado líquido para vivir y su organismo está compuesto por un alto volumen de la misma. Por otra parte este elemento es fundamental para una amplia gama de actividades productivas en materia de agricultura, ganadería, procesamiento de alimentos, procesos industriales, por citar algunos.

Sin embargo, a pesar de su innegable importancia es un recurso que no es valorado ni protegido en los niveles que se ameritan, ya que su disponibilidad disminuye debido a la tala indiscriminada en las cuencas, daños a la atmósfera afectando los ciclos de la lluvia por medio de efectos climáticos adversos. Además existe una alta contaminación del agua por las actividades humanas, causando que se limite los volúmenes de agua potable requeridos en los sectores residenciales o urbanos.

En consecuencia, el agua es sinónimo de vida, desarrollo, higiene, alimentación, por tanto es vital, no solo para los hogares sino también para los procesos productivos en general. Es por ello, que una acción común para todos los gobiernos y comunidades a nivel mundial es procurar resguardarla eficientemente,

mediante el control de uso y calidad, con el fin de asegurar que este recurso natural permita la subsistencia no solo del ser humano, si no de cualquier forma de vida conocida.

Lo antes planteado, trajo como consecuencia la necesidad del desarrollo de supervisión y control de la administración del agua, los cuales en iniciaron con sistemas mecánicos, luego eléctricos, y hoy en día electrónicos con soporte de plataformas informáticas, representando una salto en la innovación con la entrada de la era de la automatización, los cuales redujeron la participación humana en actividades de riesgo, así como las repetitivas. Logrando mayor eficiencia mediante la optimización de procesos, controlados inclusive a distancia.

Al respecto, García (1999) expresa que:

“...El concepto de automatización lleva implícita la supresión total o parcial de la intervención humana en la ejecución de diversas tareas, industriales, agrícolas, domésticas, administrativas o científicas. La automatización se aplica tanto a las tareas más sencillas, tales como la regulación de temperatura de un horno o el mando secuencial de una herramienta, y a las más complejas como la dirección mediante ordenador de una unidad química o la gestión automatizada de un establecimiento bancario” (p. 9).

Ahora bien, el control del agua esta generalmente gerenciado por las empresas destinadas al procesamiento, distribución y comercialización del preciado líquido, que el caso de Venezuela le complete a Hidroven y específicamente en el estado Zulia es responsabilidad de la empresa estatal Hidrolago. Esta organización limita los esquemas de control a niveles regionales, motivo por el cual cuantifica el consumo del agua por estado y municipio sin la participación directa y representativa de los habitantes de las comunidades, quienes son los más afectados por la no disponibilidad.

Por otra parte, los ciudadanos según el informe reporte ambiental (2014) emitido por el Instituto Nacional de Estadística requieren de 180 litros diarios de agua para atender sus necesidades, sin embargo en el mismo informe indican que el promedio del consumo está en 400 litros diarios por persona, representando un 222,22 % por encima de lo estimado. Este hecho evidencia que existe un uso

indiscriminado del recurso en actividades cotidianas, tales como: excesivos tiempos al momento de baño higiénico, alto uso del agua en el lavado de ropa, automóviles, regado de jardín, entre otros.

Adicionalmente, debido a la escasez de agua en los embalses regionales por diversidad de razones se presentan continuos cortes en el suministro, situación que ha motivado el alto uso de bombas para la succión de agua con incremento de los medios de almacenamiento, produciéndose desbordamiento descontrolado de agua en los tanques, tuberías rotas por altas presiones, válvulas dañadas, entre otros muchos factores.

Todas estas situaciones descritas, producen que haya un consumo excesivo de agua en algunas comunidades limitando la distribución con justicia del vital líquido, causando insatisfacción en las comunidades, las cuales son expresadas en continuas protestas públicas que son de fácil verificación en los diferentes medios de comunicación. Realidad que es rutinaria en el municipio Maracaibo del estado Zulia, ya que los embalses Manuelote y Tule cuentan con una capacidad de almacenamiento de 479,35 millones de metros cúbicos de agua, aunado a ello cuenta con limitaciones de las vertientes de agua principalmente por daño en las cuencas del río Socuy, además de ser su volumen de almacenamiento y procesamiento insuficiente para el aumento poblacional desarrollado en la mencionada localidad y sus adyacencias.

En virtud de lo antes descrito, es necesario que las comunidades puedan conocer cuál es el volumen de agua que consumen para lograr una mejor administración del recurso mediante la concienciación de los habitantes, sin embargo estas organizaciones civiles no cuentan con las herramientas necesarias para llevar un control y supervisión del uso del recurso hídrico.

Al respecto, actualmente existe déficit de sistemas digitales para cuantificar el consumo del agua, debido que en gran parte se han implementado sistemas analógicos o no cuentan con ninguna clase de dispositivo que facilite la supervisión y control para su consumo en cada uno de los hogares o bien sea de la comunidad. Así como tampoco posibilidad de control remoto de sistema instalado.

En virtud de ello, se plantea la necesidad de implementar un sistema automático de control y supervisión de medición del consumo de agua en las zonas urbanas, con el fin de aportar a las comunidades además de las empresas hídricas datos precisos de los volúmenes de consumo de las zonas residenciales para establecer un programa de monitoreo y promoción de estrategias para racionalizar el consumo, de manera tal que la distribución del agua sea equitativa en base a las densidades poblacionales.

A los efectos de la investigación, se seleccionó la comunidad de la urbanización El Pinar del municipio Maracaibo, por presentar las condiciones ideales para desarrollar un proyecto de implantación de un sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial. Al contar por razones geográficas mayor frecuencia de suministro de agua, ser un área residencial con sistema de aducción de agua, con censo poblacional conocido y disposición de participación de los líderes sociales que allí habitan.

Por lo expuesto anteriormente se formula la siguiente interrogante: ¿Cómo diseñar sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial?

1.2. Justificación de la investigación

Considerando que el agua como fuente de vida, es un recurso indispensable para la salud y el bienestar del ser humano, así como para la preservación del ambiente, su uso racional es imprescindible. Motivo por el cual un mayor control del consumo es inexorable, razones que motivan la orientación de estrategias para el desarrollo de sistemas de control automatizado de los volúmenes de consumo, para vigilar que estén acorde a los estándares internacionales y nacionales establecidos, a fin de lograr mayor calidad de vida en las comunidades. Es por ello que se considera oportuno, así como pertinente el desarrollo de la presente investigación.

Desde el punto de vista teórico, se profundizó sobre los conocimientos adquiridos en la fundamentación teórica de técnicas de la ingeniería electrónica,

tales como: sistemas de control, control de procesos industriales, instrumentación, redes de control, circuitos mecánicos, eléctricos y electrónicos, entre otros. Además, se realizó la interacción con sistemas de automatización, utilizando los dispositivos micro controladores, interfaces de entrada/salida de potencias y sistemas de comunicaciones, tomando en cuenta los factores y parámetros técnicos involucrados para la implementación en un prototipo.

En el ámbito práctico, esta investigación contribuye al mejoramiento del uso racional y equitativo del agua en el municipio Maracaibo, al incorporar técnicas y herramientas de la ingeniería en el aporte de soluciones eficientes a problemáticas ciudadanas para lograr bienestar en las comunidades, al optimizar procesos actuales mediante proyectos innovadores que ponen al servicio de los habitantes los beneficios de la electrónica digital.

En lo metodológico, el estudio se rigió por normas que establecen un orden y un conjunto de procedimientos utilizados para cumplir con el desarrollo de un trabajo especial de grado y proyecto de investigación, así como una diversidad de técnicas para desarrollar un sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua, con el objetivo de lograr desarrollar una herramienta que permita optimizar la problemática planteada.

En el contexto académico, la investigación se destaca como una modalidad de vinculación entre las universidades, su capacidad de asesoría técnica a los gobiernos regionales o locales y su aplicación de los conocimientos en su entorno de competencia, propiciando una sinergia que permite identificar y solucionar situaciones presentadas en sus ámbitos espaciales. Impulsando el desarrollo de nuevas transferencias tecnológicas para mejorar su gestión.

Finalmente, desde una perspectiva social, la investigación favorecerá la distribución equitativa del agua a las comunidades, ya que el uso de un sistema automatizado de control del consumo de este vital líquido, permitirá la cuantificación real de agua consumida por las comunidades respecto a su densidad poblacional, lo que facilitará la detección de desviaciones en la distribución. Hecho que colaborará con un mayor bienestar y calidad de vida, puesto que al disponer de

los volúmenes adecuados de agua en las comunidades se logrará disminuir la morbilidad por enfermedades por el abastecimiento de agua, saneamiento e higiene inadecuados.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Desarrollar un sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial.

1.3.2. Objetivos Específicos

1.3.2.1. Consideraciones Previas

Diagnosticar la situación actual del consumo de agua en el sector El Pinar de Maracaibo.

1.3.2.2. Descripción del Proyecto

Realizar un estudio técnico para determinar los requerimientos del sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial.

1.3.2.3. Visión y Filosofía del Proyecto

Elaborar diagramas electrónicos y protocolo de pruebas de funcionamiento, para construir un sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial.

1.3.2.4. Aspectos Tecnológicos

Diseñar, construir y probar el prototipo de un sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial.

1.4. Delimitación

Esta investigación se enmarca dentro del control y automatización de procesos. La misma se aplicó en un área geográfica del municipio Maracaibo del estado Zulia, específicamente en el sector El Pinar en el tiempo comprendido de abril 2018 a Agosto 2018. Se basa en los planteamientos teóricos de los autores Creus (2011), Fernández (2007), Ogata (2007) y Savant (2000), entre otros.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Una vez planteado el problema se procedió a sustentar la teoría de investigación por medio de la elaboración del marco teórico, el cual abarca un conjunto de aportes bibliográficos. En este capítulo se presentan los antecedentes de la investigación, necesarios para dar soporte al estudio, así como las bases teóricas que permiten la comprensión del tema principal, la definición de la variable y de algunos términos básicos.

2.1. Antecedentes de la Investigación

Dentro de este capítulo se integran los antecedentes relacionados con el estudio de sistemas automáticos de supervisión y control que permitirá la sustentación desde la perspectiva teórica y conceptual, por lo cual se hizo necesaria la revisión de diversos trabajos de investigación, para enriquecer los enfoques así como orientar adecuadamente el estudio, las cuales se describen brevemente a continuación.

Un importante aporte para esta investigación fue la realizada por Bermúdez y Gonzales (2015), titulada como “Sistema de control de nivel y temperatura para el aprovechamiento de aguas blancas en el sector agrícola”. Tuvo como objetivo desarrollar e implementar un sistema para el control de nivel y temperatura para el aprovechamiento de aguas blancas en el sector agrícola para dar un valor óptimo, aprovechando los residuos de agua para ser reutilizadas en la retroalimentación del sistema.

La investigación se sustentó en los aportes teóricos de Raira (2007), Valdivia (2012), Ogunnaike (2011), Creus (2008), entre otros. Por otra parte, la investigación según el propósito, nivel y diseño fue aplicada, proyectiva, descriptiva, de campo y no experimental. La recolección de datos fue realizada a través de manuales

operacionales los controladores de nivel y temperatura, así como su funcionamiento directo con la interfaz gráfica, la observación, la entrevista no estructurada como método y forma de obtener los datos.

La metodología aplicada fue la de Savant (2000), estructurada en 5 fases denominadas: definición del problema, subdivisión del problema, creación de la documentación, construcción de un prototipo, finalización del diseño. Para el diseño del sistema se utilizó un arduino (microprocesador), el cual fue programado y supervisado bajo la plataforma de la serie arduino 1.6.5.

La investigación aportó al presente estudio, las teorías de sistema de control y supervisión, así como la metodología para llevar a cabo el sistema de control basado en los resultados obtenidos. Permitiendo concluir que el diseño del sistema a través de un arduino permite controlar a la adecuadamente las variables, dando también potestad al operador a ejecutar el sistema según las necesidades operacionales.

Un segundo trabajo destacado en la revisión de los antecedentes fue el elaborado Espinel y Molina (2003), titulado “Sistema de control de calderas para el proceso de secado de pasta”. Tuvo como objetivo general diseñar un sistema de control de calderas para el proceso de secado de pastas de Molinos Sagra C.A. El enfoque teórico que sustentó dicha investigación fue basado en los autores: Stubberudy Williams (2000), Ogata, K. (1998), Mosaca (2002), los cuales hacen referencia a los sistemas de control y a las calderas automáticas.

El tipo de estudio se consideró de tipo aplicada, de campo y proyectiva, la metodología se sustentó en la guía presentada por PDVSA (1994) y se estructuró en fases: (I) Evaluación del proceso actual, (II) Identificación de las variables controladas y manipuladas, (III) Planteamiento de alternativas, (IV) Evaluación de las alternativas planteadas.

Los resultados de esta investigación establecieron que para realizar un mejor control de procesos en los calentadores, es necesario adaptar al sistema de retroalimentación actual un control de temperatura/modulación. Requiriendo de cambios e instalaciones de nuevos dispositivos en el sistema estudiado. Entre los

cuales se destaca la instalación de un caudalímetro de la línea de flujo del gasoil para lograr la medición y dosificación exacta del consumo.

Entre los aportes de dicha investigación resalta la teoría relacionada con los sistemas de supervisión y control, así como su metodología para el desarrollo de mediciones de flujo, en el cual se destaca el uso del caudalímetro de la línea de flujo para una medición exacta de su consumo, lo cual mantendrá una supervisión adecuada del proceso.

Continuando los antecedentes se analizó la presentada por Briceño y otros (2015) en su investigación con el título “Modelo de medición de flujo y nivel para la realización de prácticas en el área de los laboratorios de electrónica”. La cual tuvo como objeto general desarrollar un módulo para la medición de flujo y nivel, que pueda ser acoplado en un sistema programable. El enfoque teórico que sustentó esta investigación fue los expuestos por: Creus (2011), Cengel y Chimbala (2009), Díaz (2006), Savant (2000), Pinzón (2008), entre otros. Los cuales hacen referencia a modelos de medición de flujo y nivel.

La investigación fue de tipo proyectiva, descriptiva, de campo con un diseño no experimental transversal descriptivo. Como técnica de recolección de datos se utilizaron la observación, entrevistas informales y la revisión documental, se utilizó un instrumento de recolección de datos con preguntas de respuestas múltiples, el cual fue validado por expertos en el área automatización y control.

La metodología se desarrolló por fases según el siguiente esquema: Fase I. Definir el problema, Fase II. Subdivisión del problema, Fase III. Crear la documentación, Fase IV. Construcción del prototipo y Fase V. finalizar el diseño. Como resultado, se presentó un prototipo medidor de nivel (ultrasónico y por método discreto) y flujo (tubo Venturi), con el valor agregado de rutinas descriptivas que sirven de orientación práctica. Dicho trabajo aportó la teoría y documentación necesaria para el entendimiento de los diferentes medidores de flujo, así como también referencias teóricas para la variable de estudio en la presente investigación.

Finalmente, la investigación realizada por Acosta y otros (2012), titulada “Sistema automatizado para inyección de plástico moldeado”. El objetivo de esta

investigación se basó en el diseño y construcción de un prototipo de un sistema automatizado para inyección de plástico moldeado por medio de un microcontrolador 16C877, a través del cual controlan las variables a censar e instrumentos de medición. Dicha investigación se sustentó en los aportes expuestos por Creus (1997), Angulo (2003), Mandalo (2008), entre otros.

La investigación fue proyectiva, descriptiva y de campo, la metodología utilizada para el desarrollo de la investigación, es un híbrido de las presentadas por los autores Angulo (1989) y Savant (1987), estableciéndose las fases: Fase I: definir el problema, Fase II: definición de las especificaciones, Fase III: desarrollo del software, Fase IV: construir el prototipo, Fase V: integración entre hardware y software, Fase VI: finalizar el diseño. Para las técnicas de recolección de datos, se utilizó la entrevista y revisión documental.

La investigación aporta al presente estudio, las teorías de sistema automatizado y la metodología para llevar a cabo el sistema de control basado en los resultados obtenidos de variables y el monitoreo de estas en tiempo real mediante la comunicación de un microcontrolador con el proceso controlado.

2.2. Bases Teóricas

Seguidamente, se reflejan las consideraciones teóricas, sustentadas por autores de relevancia sobre el tema abordado como lo es el diseño de un sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial. De esta forma, el investigador consideró establecer un marco referencial para la variable objeto de estudio, el cual comienza con una teorización de la misma, seguido de las dimensiones e indicadores, definidos adecuadamente, los cuales son considerados de alta pertinencia para el estudio. Finalmente, se estableció la sistematización, producto del abordaje teórico efectuado.

2.2.1. Sistema

La definición de sistema abarca un amplio espectro semántico dependiendo del área del conocimiento que se esté aplicando, tal como lo define Ogata (2007, p. 1) un sistema es una combinación de componentes que actúan conjuntamente para alcanzar un objetivo específico. Así mismo, Fernández (2007, p. 1) define un sistema como la combinación de componentes que actúan en conjunto y que cumplen un determinado objetivo. Existen sistemas estáticos y dinámicos. En los sistemas estáticos la salida dependerá solo de entradas en curso mientras que en los sistemas dinámicos la salida dependerá de entradas en el pasado, no necesariamente relacionados con los tiempos de repuesta.

Por lo tanto, se infiere que un sistema es un conjunto de elementos o partes coordinadas y en interacción para alcanzar uno o varios objetivos determinados, haciendo énfasis en que todo puede ser catalogado como un sistema, siempre y cuando haya una interrelación de elementos actuando entre sí. Pudiéndose expresar también como, un conjunto de elementos o dispositivos que interactúan para cumplir una función determinada, comportándose como una unidad y no como una serie de elementos individuales. El comportamiento de un sistema cambia apreciablemente cuando se modifica o reemplaza uno de sus componentes, también, si uno o varios de esos componentes no cumplen la función para la cual fueron diseñados. Entonces, resulta necesario controlar cada elemento en forma independiente, o bien, el resultado final de todo el sistema.

2.2.2. Sistema de Control Automático

El control automático de procesos es una de las disciplinas dentro de la ingeniería electrónica con mayor desarrollo, destacando una velocidad vertiginosa en la innovación y optimización de procesos de toda índole, al punto que algunos autores indican que hoy en día vivimos la segunda revolución industrial. Sus aplicaciones en el ambiente industrial es donde se evidencian los mayores avances, a través de la implementación y uso intensivo de las técnicas del control automático de

procesos, mediante la evolución, así como la tecnificación de las tecnologías de medición y control directo o remoto.

Los avances en la teoría y la práctica de los sistemas de control automático según Ogata (2007, p. 1) proveen los medios para lograr un óptimo desempeño de los sistemas dinámicos. Mejorando la productividad, liberando al trabajador de muchas labores manuales repetitivas y penosas. Del mismo modo Fernández (2007, p. 1) lo define como aquel que es capaz de controlar una variable de salida, tal como una presión, entre otros, sin intervenir el factor humano.

Por consiguiente, los sistemas de control automático han impulsado al avance de la ciencia y la ingeniería en diversos campos. A través de la automatización se ha acelerado procesos que, de otra manera, tardarían una cantidad de tiempo significativa con el constante impacto en la consecución de resultados.

Respecto a los sistemas de control automáticos, Creus (2011) los define como:

“...El control automático es el mantenimiento de un valor deseado para una cantidad o condición física, midiendo su valor actual, comparándolo con el valor referencia, y utilizando la diferencia para proceder a reducirla mediante una acción correctiva. En consecuencia, el control automático exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humana” (p.42).

Su estudio y aplicación ha producido un reconocimiento universal incrementando en la sociedad la necesidad de utilizarlas, debido a sus ventajas y beneficios asociados en todos los ámbitos productivos. Siendo el sector industrial uno de los que en mayor escala se utiliza debido a la necesidad de controlar un gran número de variables, sumado esto a la creciente complejidad de los sistemas. La reducción significativa de costos de producción asociados a la generación de bienes y servicios, el incremento de la calidad y volúmenes de producción de una planta industrial entre otros beneficios hace altamente deseable su implementación.

Por otra parte, la eliminación de errores y un aumento en la seguridad de los procesos es otra contribución del uso y aplicación de esta técnica de control. Destacando que anterior a su aplicación masiva, era el hombre el que aplicaba sus

capacidades de cálculo e incluso su fuerza física para la ejecución del control de un proceso o máquina asociada a la producción. Sin embargo, en la actualidad, gracias al desarrollo y aplicación de las técnicas modernas de control, un gran número de tareas y cálculos asociados a la manipulación de las variables ha sido delegado a computadoras, controladores y accionamientos especializados para el logro de los requerimientos del sistema.

Como principio básico de todo sistema de control automático se tiene el concepto de realimentación o feedback, que se basa en la medición tomada desde el proceso que entrega información del estado actual de la variable que se desea controlar. En tal sentido, una característica fundamental es el mantener al controlador central informado del estado de las variables para generar acciones correctivas cuando así sea necesario. Este principio es el aplicado en la actualidad en el control de procesos químicos, hornos en la fabricación del acero, máquinas herramientas, variables a nivel médico e incluso en el control en desarrollos militares, ambientales, agroalimentarios, espaciales, comunicacionales, entre otros tantos.

Un factor decisivo para el éxito de la aplicación del sistema de control automático, es el uso de las computadoras digitales al optimizar el control automático a sistemas físicos que hace algunos años atrás eran imposibles de analizar o controlar. Siendo las técnicas de control difuso, aplicaciones con redes neuronales, simulación de sistemas de control y sistemas expertos entre otros, los que mayor contribución han aportado en la innovación y mejora de procesos.

En este marco de ideas, el denominado control adaptativo es fundamental cuya principal característica es su capacidad de modificar los parámetros del sistema de control en respuesta a cambios en la dinámica y/o perturbaciones del sistema. Debido a esta necesidad se introduce el uso de este tipo de reguladores, para atender apropiadamente los cambios internos que puede sufrir la dinámica operativa de una planta a controlar. Debido a factores ambientales, envejecimiento, desgaste de sus elementos o dispositivos, así como también los cambios en el entorno del conjunto

regulador-planta expresados en los parámetros operativos tales como: cambios en la presión, temperatura, revoluciones, velocidad, peso, entre otros.

2.2.3. Clasificación de los Sistemas de Control

El sistema de control automático, debe dar respuesta sin que nadie intervenga de manera directa sobre él, excepto en la introducción de condiciones iniciales o de consigna. Su característica principal es operar por sí solo, efectuando los cambios necesarios durante su funcionamiento. Reemplazando a el operador humano por dispositivos tecnológicos que operan sobre el sistema, tales como: relés, válvulas motorizadas, válvulas solenoides, actuadores, interruptores, motores, entre otros.

Estos se logran mediante lazos que pueden ser abiertos o cerrados, los de tipo abierto se caracterizan por que los parámetros del proceso de salida no afectan o intervienen sobre los parámetros del proceso a su entrada. Mientras que en los lazos cerrados, los parámetros operativos en la salida del sistema afectan o intervienen directamente sobre los parámetros de entrada, realizando automáticamente los ajustes o cambios para mantener la integridad del sistema.

Según Ogata (2007, p. 1) se definen los siguientes tipos de sistemas: sistemas de control en lazo abierto y sistemas de control en lazo cerrado, dando como ejemplo los lazos de control en gráficas, para mejor explicación de estos sistemas de control.

2.2.3.1. Sistemas de Control en Lazo Cerrado

Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de control en lazo cerrado. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia en la señal de entrada y la señal de retroalimentación (que puede ser la señal de salida misma o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales), a fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor conveniente, véase en la figura 1.

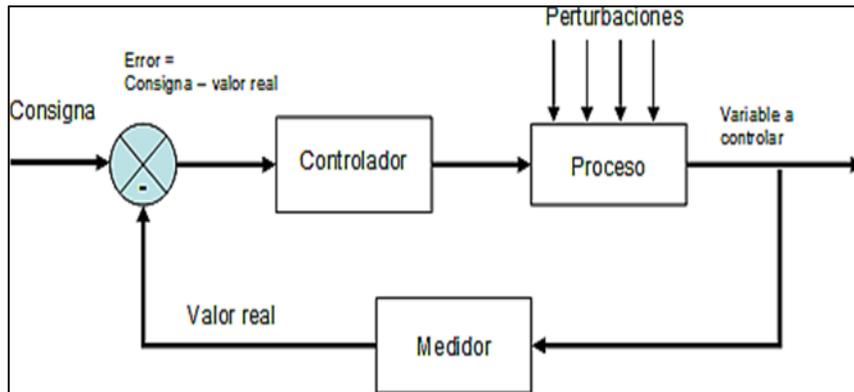


Figura 1. Sistema de control enlace cerrado. Tomado de Ogata (2007).

2.2.3.2. Sistemas de Control en Lazo Abierto

Los sistemas en los cuales la salida no afecta la acción de control se denominan sistemas de control en lazo abierto. En otras palabras, en un sistemas de control en lazo abierto no se mide ni la salida ni se realimenta para comparar con la entrada. En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Por tanto, a cada entrada de referencia le corresponde una condición operativa fija, como resultado, la precisión del sistema depende de la calibración.

Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. En la práctica el control en lazo abierto solo se usa si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas. Es evidente que estos sistemas no son de control realimentado. Ver figura 2.

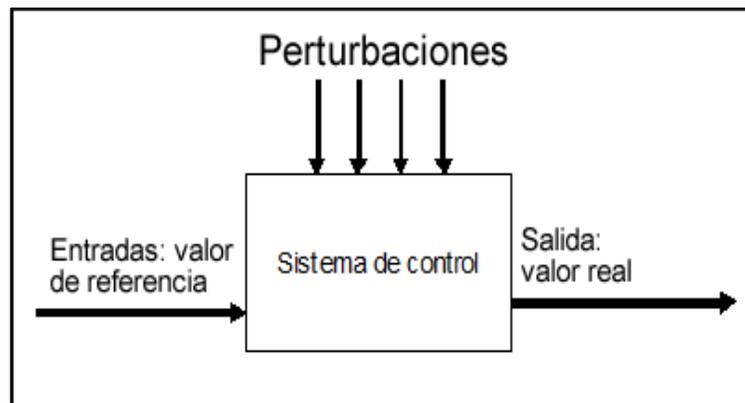


Figura 2. **Sistema de control en lazo abierto.** Tomado de Ogata (2007).

En relación a lo anterior, los sistemas de control de lazo abierto según Grassi (2009, p. 2) por lo general son manuales, pues requieren que una persona ejecute una acción que indique al sistema que hacer. La estabilidad del sistema no es un problema importante en este tipo de sistemas y es más fácil lograr. Son aplicables cuando se conoce con anticipación las entradas y no existen perturbaciones significativas.

2.2.4. Sistemas de Control en Lazo Abierto en Comparación con Sistemas de Control en Lazo Cerrado.

Un sistema de control en lazo abierto es más sencillo al momento de desarrollar porque no hay que tener en cuenta ninguna función para lograr la estabilidad del sistema en una función de retroalimentación, el óptimo funcionamiento de este sistema se basa en la calibración de sus elementos y la ausencia de perturbaciones tanto internas como externas. Mientras, los sistemas en lazo cerrado o sistemas realimentados, admiten las perturbaciones y le ofrecen estabilidad al sistema, ya que este sistema debe contar con una función de retroalimentación adecuada para las posibles perturbaciones que puedan existir en cualquier momento. La elección del sistema queda supeditada a las necesidades del diseño.

Ahora bien, si lo que se busca es precisión y estabilidad aun en presencia de perturbaciones u otros factores que puedan modificar el sistema, entonces los

sistemas en lazo cerrado son los que se deben aplicar, si por el contrario, el proceso es una tarea lineal cuyo resultado es solo producto de la secuencia de tareas específicas donde la estabilidad no es una variable a considerar importante, los sistemas en control en lazo abierto pueden cubrir esta necesidad.

2.2.5. Variable Controlada y Variable Manipulada

La variable controlada es la cantidad o condición que se mide y controla, mientras que la variable manipulada es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada. Por lo común, la variable controlada es la salida (el resultado) del sistema, es decir, controlar significa medir el valor de la variable controlada al sistema, con la finalidad de obtener los resultados deseados.

Del mismo modo, Acedo (2006, p. 159) describe la variable controlada como una característica de calidad o cantidad que se mide y controla. La variable controlada es una condición o característica del medio controlado y la variable manipulada es la cantidad por condición de materia o energía que se modifica por el controlador automático para que el valor de la variable controlada resulte afectado en la proporción debida. Entonces la variable controlada constituye la señal que se desea que adquiera unos valores determinados, y la variable manipulada es una condición de materia o energía que entra al proceso.

2.2.6. Control Realimentado

El control realimentado se refiere a una operación que, en presencia de las perturbaciones tiende a reducir la diferencia entre la salida de un sistema y alguna entrada de referencia, realizándolo sobre la base de esta diferencia. Una perturbación es una señal que tiende a afectar negativamente el valor de la salida de un sistema. Si esta se genera dentro del sistema, se denomina interna. Por lo tanto, la perturbación externa se produce fuera del sistema, tiende a reducir la diferencia entre la salida de

un sistema y alguna entrada de referencia y lo continúa haciendo con base en esta diferencia, aquí solo se especifican con este término las perturbaciones impredecibles, dado que las perturbaciones predecibles o conocidas siempre pueden compensarse dentro del sistema.

2.2.7. Sistema de Supervisión y Control

Según el Centro Internacional de Educación y Desarrollo (CIED, 1993, p. 1-7), los sistemas de supervisión y control están constituidos por dos partes principales un controlador cuya capacidad se distribuye a toda la planta y la supervisión que se centraliza en un punto. En efecto en un sistema de supervisión y control, la información del proceso se comunica eléctricamente a la sala central, donde el operador puede manipular todos los lazos de control del sistema. La interface del operador con el proceso es una pantalla que permite observar los despliegues del proceso y un teclado para introducir las órdenes que actúan sobre el sistema de control.

2.2.8. Automatización

Según García (1999, p. 9) El concepto de automatización lleva implícita la supresión total o parcial de la intervención humana en la ejecución de diversas tareas, industriales, agrícolas, domésticas, administrativas o científicas. La automatización se aplica tanto a las tareas más sencillas, tales como la regulación de temperatura de un horno o el mando secuencial de una herramienta, y a las más complejas como la dirección mediante ordenador de una unidad química o la gestión automatizada de un establecimiento bancario.

La automatización implica el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para realizar tareas que habitualmente realiza el ser humano en procesos productivos. Como disciplina novísima de la ingeniería sus conceptos y alcances exceden los fundamentos de un sistema de control, contempla dentro de sus

elementos instrumentación industrial, incluyendo los sensores, los transmisores de campo, los sistemas de control, supervisión, transmisión y recolección de datos, así como las aplicaciones de software en tiempo real para la supervisión y control de las operaciones en los procesos industriales.

Al confiar a órganos tecnológicos todas las partes de las funciones intelectuales que intervienen en la conducción de un proceso, la automatización se sitúa en un nivel superior al de la mecanización. En la actualidad los problemas de automatización industrial y administrativa se confían respectivamente a los especialistas en la automática e informática, a los que se unen los especialistas del proceso por automatizar, que constituyen así un equipo pluridisciplinario, la automatización de un proceso se sitúa en un marco técnico económico del que no constituye más que uno de sus aspectos.

Cabe destacar que, la automatización en el contexto histórico más reciente, no solamente está relacionada con el proceso mismo, sino también con la distribución de los productos fabricados o con la prestación de servicios. Forma parte integral de la concepción y de la gestión de los grandes complejos industriales, administrativos y comerciales. La automatización constituye, particularmente, uno de los factores de aumento de la productividad y de la mejora de la calidad.

Los principales componentes de la automatización son los transductores y los capacitadores de información, los preaccionadores (relés, contactores, entre otros) y accionadores (motores, servos, entre otros), así como los órganos de tratamiento de información, en particular los ordenadores y en general los sistemas basados en microprocesadores. Su naturaleza depende de la del sistema contemplado, automatismo secuencial o servosistema.

El ordenador puede, asimismo, llevar a cabo cálculos de auto adaptación y de auto optimización, las condiciones del funcionamiento óptimo vienen impuestas al proceso, bien directamente por intermedio de reguladores clásicos, controlados por el ordenador, o bien directamente en el caso de gobierno y control directo. En los sistemas de control jerarquizados, un ordenador central determina las consignas generales comunicadas a controladores especializados que controlan los diversos

elementos de la instalación. Semejante estructura descentralizada aprovecha plenamente las inmensas posibilidades brindadas por los microprocesadores. Incluso en el campo de las fabricaciones mecánicas, en el que la mayoría de los automatismos son de tipo secuencial, el ordenador ha hecho su aparición bajo la forma de los controladores numéricos de máquinas.

Dentro de los objetivos de la automatización, Pfaffenberger (1995, p.9) considera que se centran en un mejoramiento de la calidad de trabajo y de los productos como tal, teniendo los objetivos específicos los siguientes:

Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.

Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.

Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.

Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.

Integrar la gestión y producción.

2.2.9. Instrumentación

El autor Aranzeta (2005, p. 3) describe la instrumentación como el grupo de elementos que sirven para medir, convertir, transmitir, controlar o registrar variables de un proceso con el fin de optimizar los recursos utilizados en éste .De tal modo, en todos los procesos, es absolutamente necesario controlar y mantener constantes algunas magnitudes, tales como presión, caudal, nivel, temperatura, entre otros. Los instrumentos de medición y control permiten el mantenimiento y la regulación de estas constantes o parámetros en condiciones más idóneas que las que el propio operador podría realizar.

2.2.9.1. Elementos Primarios

2.2.9.1.1. Transmisor

Creus (2006, p. 61). Los transmisores son aquellos instrumentos dispositivos que captan la variable de proceso a través del elemento primario y la transmiten a distancia a un instrumento indicador o controlador en forma de señal neumática, electrónica o digital. Para lograr una sesión de comunicación se requiere: un transmisor, un medio y un receptor.

2.2.9.1.2. Transductor

Creus (2006, p. 21). El transductor es un equipo que convierte una señal de una variable que se desea medir a otra que regularmente es eléctrica o neumática proporcional a su valor.

2.2.9.1.3. Convertidor

Creus (2006, p. 18). Los convertidores son aparatos que reciben una señal de entrada neumática (3-15psi) o electrónica (4-20 mA c.c) procedente de un instrumento y después de modificarla envían la resultante en forma de señal de salida estándar.

2.2.9.1.4. Receptores

Creus (2006, p. 19) Los receptores son dispositivos que reciben señales procedentes de los transmisores y las indican o registran, para luego enviar otra señal de salida normalizada, que actúan sobre el elemento final de control.

2.2.9.1.5. Controladores

Creus (2006, p. 19). Son aquellos que comparan la variable controlada (presión, temperatura, nivel) con un valor deseado y ejercen una acción correctiva de acuerdo con la desviación.

2.2.9.1.6. Elementos Finales de Control

Creus (2006, p. 361). En el control automático de los procesos industriales algunos elementos tales como, válvulas, interruptores, contactores y relay, que accionan sobre una variable dentro del proceso llamada variable manipulada, con la cual se regula o controla la variable objeto de control.

2.2.9.1.7. Relés y Contactores

Los autores Balcells y Romeral (1997, p. 136) los describen como dispositivos electromagnéticos que conectan o desconectan un circuito de potencia al excitar un electroimán o bobina de mando, la diferencia de estos, está precisamente en la potencia que es capaz de seccionar cada uno. Los relés están previstos para accionar pequeñas potencias, generalmente inferiores a 1 kilovatio, mientras los contactores pueden ser usados para accionar a gran potencia (centenares de kilovatios).

Los relés suelen emplearse como etapa previa para accionar dispositivos más potentes como los propios contactores, electroválvulas, entre otros. Ya que este separa la parte de mando que trabaja con tensiones y corrientes débiles, de la parte de potencia, con tensiones y corrientes más elevadas.

2.2.9.2. Interruptores

Harper (2004, p. 231). Los interruptores son aquellos dispositivos que permiten abrir y cerrar un circuito cuando el valor de la corriente que circula por

ellos, excede una cierta cantidad previamente fijada, cuando estos se abren, se deben restablecer en forma manual.

2.2.9.3. Válvulas

Creus (2006, p. 261) Las válvulas de control juegan un papel en un bucle de regulación, ya que realizan la función de variar el caudal de fluido de control que modifica a su vez el valor de la variable medida comportándose como un orificio de área continuamente variable.

2.2.10. Instrumentación Inteligente

2.2.10.1. Microprocesadores

Lo define Angulo (2007, p. 3), como un pequeño computador construido sobre el chip o dado de silicio que hay dentro de un circuito integrado. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada o el de un producto, y debido a su reducido tamaño, suele estar incorporado en el propio dispositivo que gobierne.

2.2.10.2. Arduino

Tal como expone Albacete (2013, p. 4), es una tarjeta electrónica que integra básicamente a un microcontrolador y un conjunto de pines de conexión de entradas y salida que permiten, por medio de un determinado programa, interaccionar con el medio físico mediante sensores que detecten magnitudes físicas como luz, calor, fuerza, etc. Y en base a esa información de entrada, el programa cargado activa otros dispositivos (actuadores) como pequeñas bombillas, leds, servomotores, entre otros. Los sensores se conectan a los pines de entrada y los actuadores a los de salida.

2.2.10.3. Sistema de Comunicación Bluetooth

Es definido Domínguez y Ferrer (2012, p. 107), como un sistema de comunicación por radiofrecuencia que permite la transmisión e intercambio de datos entre aparatos móviles tales como PDA, PC, teléfonos, entre otros. Una vez puesto por contacto por radiofrecuencia, forman pequeñas redes de comunicación denominadas “pico-red”. De hasta ocho dispositivos activos, de los cuales uno asume la función de maestro, es decir, el dispositivo que ejerce la función como maestro es el que establece la comunicación, el resto de dispositivos se sincronización con él, y solo el destinatario que ha recibido un paquete de datos del maestro puede transmitir una respuesta.

2.2.11. Medición

2.2.11.1. Medición de Caudal

De acuerdo en el enfoque de Creus (2011, p. 3), Los medidores de caudal se utilizan para contabilizar la transferencia de materia entre diversas partes del proceso. En cuanto al control de procesos, la medición de caudal es imprescindible para poder realizar control automático, así como para optimizar rendimientos en las unidades de producción aplicando balances de materia. Por esta causa los caudales deben medirse y controlarse cuidadosamente.

2.2.11.1.1. Medidores Volumétricos

Los medidores volumétricos determinan el caudal en volumen de fluido, bien sea directamente (desplazamiento), bien indirectamente por deducción o indiferencia (presión diferencia, área variable, velocidad, fuerza, tensión inducida, torbellino). Es necesario señalar que la medida de caudal volumétrico en la industria se lleva a cabo

principalmente con elementos que dan lugar a una presión diferencial al paso del fluido. Entre estos elementos se encuentran la placa orificio o diagrama, la tobera, el tubo Venturi, el tubo Pilot y el tubo Annubar.

2.2.11.2. Medidor de Área Variable

Los medidores de caudal por área variable, conocidos como rotámetros, utilizan el mismo principio de medida que los medidores por presión diferencial, es decir, la relación entre la energía cinética y la energía debida a la presión. En el sistema de presión diferencial el área correspondiente a la restricción es constante y la presión diferencial cambia en función del caudal.

2.2.11.3. Medidores por Desplazamiento Positivo

Doebelin, E. (2005, p. 575), expresan que estos medidores en realidad son motores de fluido de desplazamiento positivo, en los cuales la fricción y la inercia se ha reducido a un mínimo. El flujo de un fluido a través de cámaras de volumen de tamaño definido provoca rotación de una flecha de salida. Dichos medidores exhiben poca sensibilidad a la viscosidad y pueden producir una alta precisión en intervalos de flujo amplio.

2.3. Sistema de Variables

Según Hernández, Fernández y Batista (2010; p. 22), las variables son “una propiedad que puede variar y cuya variación es susceptible de medirse y observarse”. Por su parte Bavaresco (2006), indica que las variables representan las diferentes condiciones, cualidades, características o modalidades que asumen los objetos en estudio desde el inicio de la investigación. En lo que respecta a esta

investigación se manejan dos variables: Sistema automático de control y Medición de flujo que forman parte del objetivo general.

2.3.1. Definición Conceptual

Variable 1: Sistema automático de control. De acuerdo al enfoque de Ogata (2007, p. 1) define un sistema como una combinación de componentes que actúan en conjunto para alcanzar un objetivo específico. De tal manera que un sistema automático de control puede ser un sistema estático o dinámico que incluyen, una entrada, un proceso y una salida. Desde el punto de vista del proceso significa una operación artificial o voluntaria progresiva que consiste en una serie de acciones o movimientos controlados, sistemáticamente dirigidos hacia un resultado o propósito determinados.

Variable 2: Medición de flujo. Desde el punto de vista de Creus (2011, p. 3), los medidores de flujo o caudal se utilizan para contabilizar la transferencia de materia entre diversas partes del proceso.

2.3.2. Definición Operacional

Para crear un concepto de sistemas automatizados de control se seleccionaron definiciones de distintos autores, quienes afirman que un sistema es un conjunto de procesos o elementos interrelacionados con un medio para formar la totalidad encausada hacia un objeto en común. Desde otro punto de vista se puede definir como la interconexión de componentes que forman una configuración del sistema para proporcionar una respuesta deseada a sus aplicaciones, a través de medios automatizados sin la intervención del hombre.

Un sistema automatizado permite sustituir, aplicar mecanismos más eficientes, en procesos que suelen ser secuenciales y repetitivos realizados generalmente por los trabajadores, mediante un software específico o programas como también el empleo de la electrónica. En esta investigación se desarrollará un sistema automatizado

determinar el consumo de agua en residencias, que permite a los usuarios supervisar y controlar de manera remota, ayudando así a reducir el tiempo de respuesta ante cualquier falla que pueda presentarse en dicho proceso, además de cuantificar con precisión los volúmenes de agua consumidos por una población específica.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En opinión de Hernández, Fernández y Baptista (2010) la metodología del proyecto incluye el tipo o los tipos de investigación, las técnicas e instrumentos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación. Es el “como” se realizará el estudio del problema planteado. En general, este apartado presenta el procedimiento, el algoritmo de la forma en la cual surgió la idea, se fue delimitando y pudo llegar al curso presente de la investigación.”.

3.1. Modalidad de la investigación

Tomando en cuenta los objetivos planteados de esta investigación, se considera de tipo proyectiva por su propósito, al respecto Hurtado (2010, p.114) refiere que la investigación proyectiva propone una solución determinada a partir de un proceso de análisis, el cual conlleva a la exploración, descripción, explicación y propuesta de nuevas alternativas que buscan un cambio. Dado que la propuesta es el desarrollo de un sistema para la supervisión y control del consumo de agua residencial cuyo propósito es una mejora de dicho proceso mediante el diseño e implementación de un sistema automatizado para optimizar la problemática existente, esta cumple con los criterios indicados por Hurtado (2010).

Debido que la aplicación del proyecto propuesto, se realizó en el sector El Pinar del municipio Maracaibo, donde se tomó directamente de la realidad y entorno donde se presenta la problemática a mejorar la investigación se consideró como una de campo. Sobre este tema Sabino (2000, p. 89) expresa que la investigación de campo es aquella que se basa en recolectar los datos en forma directa de la realidad, mediante el trabajo concreto del investigador y su equipo. Mientras que Hurtado (2010, p.230) la define como aquella que según el propósito de describir un evento

obteniendo los datos de fuentes directas, en el entorno al cual pertenecen, sin introducir algún tipo de modificaciones.

3.2. Tipo y diseño de la investigación

Hurtado (2010) establece que la investigación científica es un proceso metódico y sistemático dirigido a la solución de problemas o preguntas, mediante la producción de nuevos conocimientos; los cuales constituyen la solución a ciertas interrogantes. La investigación coincide con los parámetros de los estudios de tipo descriptivos ya que se realizó un diagnóstico de la situación actual del consumo de agua en el sector El Pinar describiendo la realidad de los fenómenos que originan la situación a mejorar, se recolectó información mediante revisión bibliográfica, y se siguió propone solución a la necesidad de cuantificar el consumo de agua en la localidad seleccionada.

Al respecto, Hurtado (2010), expresa que la investigación descriptiva es aquella en la cual se desea describir una realidad a partir de todos sus componentes principales. Consiste en caracterizar un fenómeno o situación concreta indicando sus rasgos más peculiares o diferenciadores para conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción de las actividades, objetos, procesos y personas.

Por su parte, Hernández y col. (2010) manifiesta que esta comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o proceso de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre grupo de personas, grupo o cosas, se conduce o funciona en presente.

En palabras de Hernández y col. (2010) el diseño de la investigación viene a ser la estrategia que adopta el investigador para dar respuesta al problema planteado. Todo trabajo de investigación adopta un diseño a fin de determinar la metodología que se va a utilizar para corroborar todos los datos; este permitirá presentar la información de una manera clara y veraz y así dar respuestas a ciertas preguntas. De

esta forma, define el diseño no experimental como aquel, donde la obtención de datos se produce en un solo momento, en un tiempo único.

Hurtado (2010) señala que el diseño no experimental es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable. El investigador no sustituye intencionalmente las variables independientes. Por lo tanto, en la presente investigación se adoptó un diseño no experimental debido a que la variable no fue manipulada en ningún momento, transeccional porque la información acerca de los sistema de control automáticos se recolectó en un solo momento; solo estableciendo un análisis claro y conciso sobre esta mediante los fundamentos teóricos y técnicos para determinar el funcionamiento y aplicación de estos.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos, son definidas por Tamayo y Tamayo (2006, p. 126), como la expresión operativa del diseño de investigación y que especifica concretamente como se hizo la investigación. Una de las técnicas de recolección utilizada fue la observación directa, A criterio de Arias (2006, p. 69) es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad en función de los objetivos de investigación preestablecidos. La aplicación directa se aplicó para visualizar, además de evidenciar las variantes asociadas a la medición del consumo de agua residencial en el sector El Pinar, para establecer un sistema automático de control de dichos volúmenes.

En referencia a los expuesto, la observación directa puede apoyarse en un instrumento como lo es una lista de cotejo, la cual expresa Arias (2006, p. 29), es: una estrategia cuyo propósito es obtener información precisa de una realidad, basándose en una serie de reactivos dicotómicos (si o no), que le permite registrar las conductas observadas. Por otra parte, se utilizó el registro documental de las mediciones efectuadas para lograr el cumplimiento de los objetivos y la intención de diseño. Lo guarda congruencia con lo expresado por Arias (2006, p. 27) quien

explica que es el soporte material (papel, madera, tela, cinta magnética) o formato digital en que se registra y conserva una información por lo tanto se dice que se utiliza una revisión documental.

3.4. Metodología seleccionada

En el desarrollo de un sistema de supervisión y control para la medición de agua en conjunto residencial, se utilizó la metodología propuesta por Savant (2000) la cual establece que el método ordenado para la solución de un problema está estructurado en cinco (5) fases principales a saber.

3.4.1. Fase I. Definir el problema

Savant (2000) expresa que en esta fase corresponde a la descripción detallada y técnica de la problemática estudiada, especificando las características del problema para su eficiente solución a las necesidades especiales a través de la propuesta planteada. En este caso, el problema evidenciado que cumpla con el requerimiento práctico de medición. A los efectos de la investigación fue: Diseñar un Sistema Automático de Supervisión y Control para el consumo de agua residencial. Caso: sector El Pinar. Municipio Maracaibo. Estado Zulia. Venezuela.

3.4.2. Fase II. Subdivisión del Problema

Savant (2000), indica que subdividir el problema sirve para simplificar y acelerar el proceso de diseño, descomponiendo el problema principal en varios problemas más pequeño. Puesto que es difícil incluso para el ingeniero más experimentado resolver un problema grande y complejo en una operación. Es usual que en esta fase el problema se divida en una serie de pequeños diseños, entre más grande sea el número de diseños pequeños es menor su complejidad. Estos aspectos

específicos serán la pauta para el diseño de un equipo que cumpla con los requerimientos establecidos.

3.4.3. Fase III. Crear la Documentación

Savant (2000), expresa que la responsabilidad primaria de un ingeniero es indicar como construir, mantener, utilizar y actualizar el producto diseñado, esta información se debe escribir para que pueda ser consultada en cualquier momento. Utilizando los términos y símbolos estandarizados al especificar el diseño electrónico de hardware. Esta fase se define los requerimientos del sistema y los dispositivos que puedan interactuar en el módulo didáctico del prototipo, se realizará un diagrama general donde se especificaran todas las interconexiones y componentes utilizados.

3.4.4. Fase IV. Verificación del Diseño

Savant (2000), manifiesta que aun cuando se crea estar listo para construir y probar el prototipo, se debe verificar que hayan sido consideradas todas las contingencias y que se cumplan las especificaciones del diseño. Así pues, el prototipo no se construye hasta tener cierta seguridad de que el diseño en “papel” está completo. Sugiere llevar a cabo dicha verificación antes de construir el prototipo, propone modelar y validar el diseño ya estructurado a fin de demostrar su funcionamiento y rendimiento, comparando los resultados con las condiciones ideales ya establecida y por consiguiente su respectiva evaluación por los expertos en la materia, todo esto para garantizar la calidad, confianza y funcionabilidad del diseño.

3.4.5. Fase V. Finalizar el Diseño

Savant (2000), expresa que una vez que el proceso de diseño está completo y el prototipo trabaja satisfactoriamente, debe probarse en las condiciones en que será utilizado para que de esta manera se complete la documentación que se requiera además de los dibujos ya generados, se envié a los departamentos apropiados, para que comience la construcción del producto. Si el trabajo se hizo de forma apropiada, debía generar un conjunto de claro de planos, instrucciones e información adicional necesarios para construir, mantener y actualizar el diseño.

3.5. Operacionalización de las Fases de la Metodología

A los efectos de operacionalizar las fases establecidas por Savant (2000), las cuales fueron aplicadas en el desarrollo de la investigación, se elaboró el cuadro de operacionalización de los objetivos para cada fase, definiendo las actividades a ejecutar y la técnica de recolección de datos o recurso utilizada en el desarrollo de misma como producto de cada fase, los detalles se muestran en el cuadro 1. Adicionalmente se elaboró un cronograma de ejecución de las actividades el cual sirvió de hoja de ruta para el cumplimiento de los objetivos en los tiempos definidos y disponibles para presentar la propuesta de la investigación, los detalles del mismo se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 1. Cuadro de Actividades y Recursos (Elaboración Propia).

Objetivo General: Desarrollar un sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial.			
Objetivos Específicos	Fases de la Metodología	Actividades	Técnicas e instrumentos recolección de datos/Recurso
Analizar la situación actual para el diseño de un sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial.	Fase I Definición del Problema	<ul style="list-style-type: none"> - Describir los pasos para la realización del diseño. - Definición de la solución para enfocar las especificaciones y funcionamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Lista de cotejo. - Observación directa.
Determinar requerimientos para diseñar un sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial.	Fase II Subdivisión del Problema	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer parámetros de diseño. - Establecer lógica a implementar. - Establecer circuito de control. 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión de documentos. - Lista de cotejo. - Medios electrónicos.
Construir prototipo de un sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial.	Fase III Crear la Documentación	<ul style="list-style-type: none"> - Indicar cómo construir, mantener, utilizar y actualizar el producto diseñado. - Elaboración de la lista de los dispositivos y materiales. - Elaboración del diagrama del circuito. - Elaboración de la lista de ejecución. 	<ul style="list-style-type: none"> - Documentación del sistema. - Dispositivos electrónicos.
Desarrollar el protocolo de pruebas para un sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial.	Fase IV Verificación del Diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer tiempo de respuesta de los dispositivos. - Configurar entradas y salidas de forma adecuada. - Establecer los niveles de potencia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Lista de verificación. - Diagramas de circuitos. - Dispositivos electrónicos. - Software de programación.
Realizar las pruebas de funcionalidad y adaptabilidad de un sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial.	Fase V Finalizar el Diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Ejecución de pruebas en las condiciones que será utilizado. - Finalización de la documentación requerida. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prototipo finalizado. - Lista de ejecución. - Diagrama esquemático.

Cuadro 2. **Cronograma de Actividades** (*Elaboración Propia*).

Actividades	Semanas												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Describir los pasos para la realización del diseño	■												
Definición de la solución para enfocar las especificaciones y funcionamiento	■	■											
Establecer parámetros de diseño			■										
Establecer lógica a implementar				■									
Establecer circuito de control				■									
Indicar cómo construir, mantener, utilizar y actualizar el producto diseñado					■								
Elaboración de la lista de los dispositivos y materiales.						■							
Elaboración del diagrama del circuito							■						
Elaboración de la lista de ejecución								■					
Establecer tiempo de respuesta de los dispositivos.									■				
Configurar entradas y salidas de forma adecuada.										■			
Establecer los niveles de potencia.											■		
Ejecución de pruebas en las condiciones que será utilizado.												■	
Finalización de la documentación requerida													■

3.6. Dispositivos, Materiales y Herramientas Utilizados

Cuadro 3. Lista de materiales propuestos (*Elaboración Propia*).

Dispositivos, Materiales	Cantidad
Tanque tipo pecera 30x50x40 cm.	1
Bomba para agua ½”	1
Arduino UNO	1
Sensor de flujo YF-S201	1
Pantalla LCD 16x2	1
Módulo bluetooth HC-05	1
Transistor 2N2222A	1
Resistencias 1K	4
Potenciómetro 10K	1
Mangueras	1 Mt.
Fuente de Poder 12V CC	2
Protoboard	1
Cables para conexión	
Computador con Arduino 1-8.5 y Proteus 8.1 instalado	1
Leds	3
Buzzer	1
Conexiones ½” para mangueras	2
Reducciones ¾” a ½”	2
Teflón	

Adicionalmente se utilizaron otros accesorios o componentes, tales como: Laptop con programas de simulación (Proteus 8.1), programa Arduino 1.8.5 para programación IDE y configuración, Multímetro, Cable de red, Cautín y Estaño.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Este capítulo tiene como finalidad culminar el proceso de investigación atendiendo a lo planteado en los capítulos I, II y III, a través de actividades estructurales, respectivamente, encaminado este último a capítulo al análisis de los resultados obtenidos con la aplicación de la metodológica y técnicas de selección de datos con el propósito de alcanzar los objetivos propuesto al inicio de la investigación.

4.1. Análisis y Discusión de los Datos y Resultados

Con el propósito de dar respuesta a cada uno de los objetivos específicos planteados en el presente trabajo, a continuación se desarrollan las acciones para la aplicación de la metodología de Savant (2000), la cual consta de cinco fases para definir el problema y la solución del mismo utilizando una serie de estándares. Es importante señalar que el análisis de los resultados de la investigación permite la consecución del objetivo general de la investigación, ejecutando de forma detallada y concreta desde el diseño hasta la propuesta. A continuación se desarrolla cada fase para lograr el diseño de un sistema automatizado de supervisión y control para el consumo de agua residencial.

4.2. Fase I. Definición del Problema

Para lograr el primer objetivo de la investigación dirigido a diagnosticar la situación actual del consumo de agua en el sector El Pinar de Maracaibo, así como la tecnología del sistema de medición de agua utilizada, comprendido en la primera fase de la metodología. Se realizó el análisis de las tecnologías disponibles de acceso al recurso hídrico para el municipio Maracaibo.

Obteniendo, que en la formación de las ciudades se considera una serie de servicios para que la colectividad pueda vivir de la mejor manera posible, entre estos se encuentra el de agua potable, considerada como primordial para la vida. Existiendo un proceso de aducción, análisis y control de misma para poder ser distribuida a la comunidad. Sin embargo, la escasez de agua presente en la región y el crecimiento de la población ha generado un impacto negativo en las plantas de procesamiento para lograr un suministro y control eficiente.

Hoy en día el preciado líquido está siendo regulado, dando lugar a que distintas zonas de la región queden sin servicio de agua a determinadas horas. Esto hace necesario un sistema que permita tanto a los usuarios como a la empresa proveedora llevar un control y supervisión del agua que consumen, así como el óptimo funcionamiento de los equipos en sus distintas áreas.

La empresa que actualmente maneja la distribución del recurso de agua en Maracaibo (HIDROLAGO) no implementa soluciones tecnológicas que permiten automatizar el proceso del servicio público de abastecimiento de agua, con el fin de asegurar su eficiente funcionamiento, para poder suministrar información rápida y oportuna sobre las características, ubicación, estado de los componentes que conforman la red de agua potable, ni los volúmenes de consumo por sectores geográficos de la ciudad. Por estas razones se requiere un sistema de control de todas estas variables para lograr un óptimo procesamiento del recurso de forma global, así como particular en los ámbitos espaciales determinados como por ejemplo la urbanización El Pinar.

En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial, el cual de acuerdo a los resultados obtenidos con la aplicación de un instrumento de recolección de datos como fue lista de cotejo (Ver anexo 1) en la mencionada localidad, se logró establecer las necesidades y características técnicas para su implementación. Planteándose su estructura de la siguiente manera: captación de la variable de estudio, automatización y visualización de datos.

De la información obtenida de la muestra en el conjunto residencial El Pinar, mediante un levantamiento del área, se obtuvo los parámetros y requerimientos necesarios para el diseño y posterior implementación del sistema de supervisión y control a utilizar. Se pudo observar que los equipos que poseen son suficientes, adaptables y están en buen estado para la ejecución de las mediciones, que allí se realizaran, con el propósito de determinar un sistema automático que permita la medición de flujo y que además sea acoplable a un sistema programable, luego de analizar y verificar los equipos y componentes recomendados.

Se procedió a la validación de los mismos mediante la revisión de varios textos relacionados con la investigación, se planteó un grupo de ideas que facilitaron las estrategias para realizar el sistema de medición, considerando factores tales como: costos de adquisición, flexibilidad, adaptabilidad, ciclo de vida, materiales de fabricación, disponibilidad en el mercado, ventajas y desventajas de los instrumentos recomendados, así como los esquemas de instalación de los mismos, para poder medir el flujo que circulará por una sección de tubería.

La urbanización El Pinar se encuentra ubicada en la parroquia Manuel Dagnino del municipio Maracaibo, es el conjunto residencial de mayor densidad poblacional, ya que cuenta con 1.088 apartamentos, con estimado de 2.011 familias habitando en el mismo, con un total de 6.528 personas según censo del consejo comunal. Considerando el valor de consumo de agua según el informe reporte ambiental (2014) emitido por el Instituto Nacional de Estadística requieren de 180 litros diarios de agua por persona para atender sus necesidades.

En base a lo anterior en la urbanización se requieren 1.175.040 millones de litros diarios, sin embargo el mismo informe indica que el promedio el consumo está en 400 litros diarios por persona, representando 2.611.200 litros diarios para la urbanización, equivalente a un 222,22 % por encima de lo requerido. Según el censo del INE 2007 la cantidad promedio por familia en la urbanización es de 6 personas, por lo que el consumo promedio diario sería de 1.080 litros diarios por unidad familiar.

En tal sentido, se establecerá como promedio 1.080 litros a los efectos de la presente investigación por familia, para probar el sistema se simulará mediante el uso de un tanque tipo pecera con 25 litros de almacenamiento de agua. Se considera un consumo normal la cantidad mencionada, un consumo medio hasta un 40% adicional, es decir 1.512 litros y un alto consumo todo valor por encima de esta cifra. A continuación se presenta imagen satelital de la urbanización El Pinar.

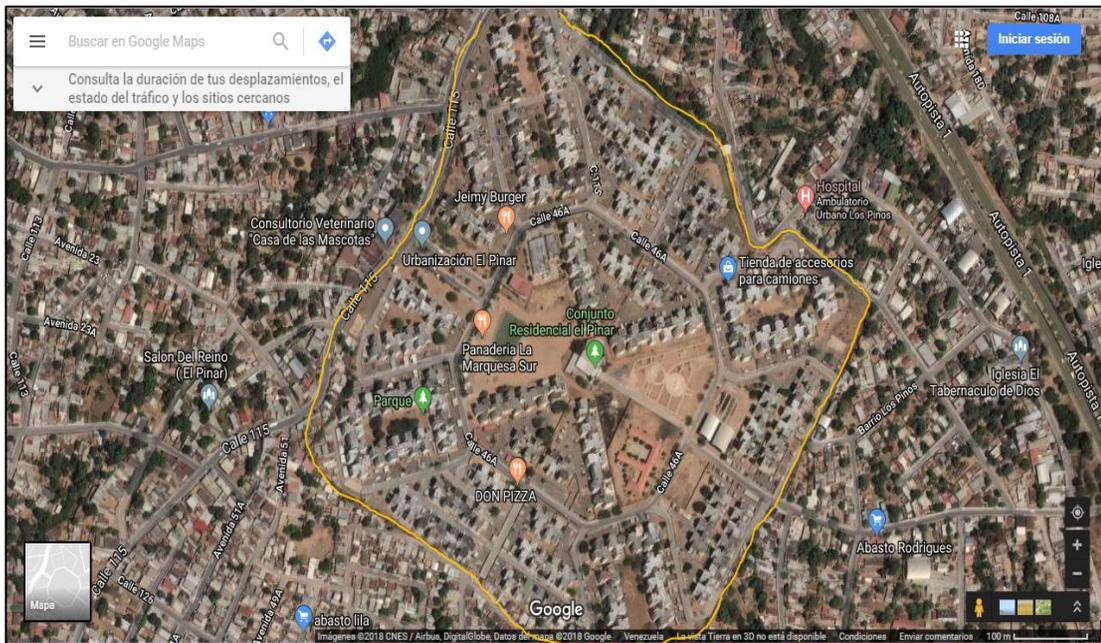


Figura 1. **Imagen Satelital Urbanización El Pinar.** *Elaboración Propia.* **Fuente:** Tomada de Google Maps, (10 jun 2018).

4.3. Fase II. Subdivisión Del Problema

Después de analizar los resultados de la fase anterior, se prosigue a definir el problema y establecer los objetivos específicos de la investigación, los cuales ayudaran al desarrollo del sistema, tomando en cuenta cada una de las variables observadas. Se determinó mediante observación directa que el problema radica en la falta tecnología para medir el agua consumida en casa unidad habitacional, así como en el conjunto residencial.

Lo cual dificulta el control de la variable consumo de agua. Provocando con menor tiempo el desabastecimiento del recurso hídrico almacenado en los tanques, con las consecuentes molestias al núcleo familiar por no disponer del vital líquido. Por lo cual se establecieron dos tareas: establecer que variables debe supervisar el sistema propuesto y crear un sistema que mida con exactitud la cantidad de flujo que pasa por la tubería de la residencia. A fin de facilitar la toma de decisiones se elaboró el siguiente diagrama de bloques.

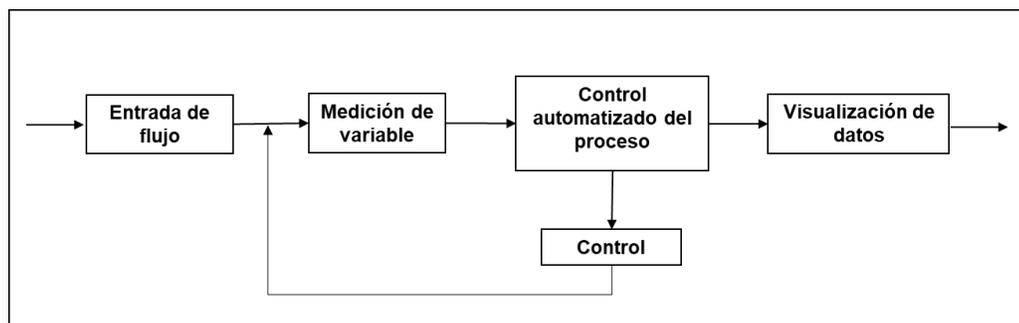


Figura 2. **Diagrama de bloques.** *Elaboración Propia.* Fuente: Bravo (2018).

Tal como se mencionó en la primera fase el sistema tendrá un programa de supervisión suministrado para el usuario, bajo esta premisa se debe contar con un método el cual muestre de forma fácil y rápida la variable medida. Necesitándose un sensor que capte el flujo de la variable a medir (caudal en litros de agua consumida por minuto), para luego ser enviada y transformada de forma automática mediante un dispositivo electrónico capaz de procesar los datos en unidades requeridas.

Ahora bien, se propone que el sistema cuente con una estructura en bloques. Primeramente, se determina la entrada de la variable de estudio, aguas abajo la medición de la variable mediante un caudalímetro (sensor de caudal), entendiendo el mismo como la cantidad de líquido o fluido que circula a través de una tubería por unidad de tiempo. Por lo general se expresa en la unidad de volumen dividida por la unidad de tiempo, para el presente estudio será en litros/minuto.

A los efectos del estudio, se utilizará un caudalímetro electrónico a turbina para que envíe señales para su procesamiento y cuantificación. Su funcionamiento consiste en que el agua circula a través del cuerpo del medidor de flujo haciendo

girar la turbina interna. Cuanto más flujo haya más rápido girarán las aspas de la turbina. Un imán situado en la turbina genera un pulso positivo cada vez que pasa por el sensor de efecto Hall. De esta forma se podrá conocer las revoluciones por minuto (RPM) que genera la hélice y calcular el caudal de agua por medio de la conversión de frecuencia de pulsos (Hz) a caudal (L/min). Es importante destacar que esta varía entre modelos y depende de factores como la presión, la densidad de líquido e incluso del mismo caudal.

Para calcular el caudal se debe usar un factor de conversión y una fórmula provista por el fabricante. Este factor de conversión es referencial ya que en la mayoría de los casos se deberá determinar realizando pruebas cuando la precisión es necesaria. La fórmula para el cálculo será: $f \text{ (Hz)} = K * Q \text{ (L/min)}$, donde f es la frecuencia de pulsos, K es el factor de conversión y Q es el caudal en litros por minuto. Despejando Q en la ecuación se obtiene que $Q = f/K$. El sensor de flujo seleccionado para el estudio es de ½” y su factor de conversión es de 7,5 según el fabricante.

El sensor proporcionará los pulsos digitales que serán leídos por un microprocesador que calculará mediante la fórmula expuesta para obtener el caudal, con el fin de ser enviado a un sistema de visualización de datos local y remoto. Para que el usuario monitoree el consumo, sistema presentara alertas de consumo normal, medio y alto con alarmas visuales y sonoras. Con el propósito que se tomen acciones correctivas por parte del usuario. Ya que el sistema no considera la suspensión del suministro del agua.

4.4. Fase III. Crear la Documentación

Con el propósito de contar con una documentación, que permita la consulta técnica de las fuentes utilizadas, para todos los elementos así como los métodos seleccionados para medir flujo, se inicia con la lista detallada de los componentes, accesorios, insumos y materiales necesarios para la construcción del prototipo de prueba para el sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua

residencial. En la cual se especifican los modelos seleccionados y las cantidades requeridas. La misma servirá como una lista de chequeo para garantizar la procura de todos los elementos, proporcionando a su vez una guía para futuros proyectos.

Cuadro 4. **Lista de materiales** (*Elaboración Propia*).

Materiales	Cantidad
Tanque tipo pecera 30x50x40 cm.	1
Bomba para agua ½”	1
Arduino UNO	1
Sensor de flujo YF-S201	1
Pantalla LCD 16x2	1
Módulo bluetooth HC-05	1
Transistor 2N2222A	1
Resistencias 1K	4
Potenciómetro 10K	1
Mangueras	1 Mt.
Fuente de Poder 12V CC	2
Protoboard	1
Cables para conexión	
Computador con Arduino 1-8.5 y Proteus 8.1 instalado	1
Leds	3
Buzzer	1
Conexiones ½” para mangueras	2
Reducciones ¾” a ½”	2
Teflón	

En esta parte del desarrollo metodológico se hizo énfasis en las características de cada uno de los elementos seleccionados para la construcción del prototipo. A continuación, se definen las características de los componentes usados en el sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial.

4.4.1. Sensor de Flujo de Agua YF-S201 (Caudalímetro)

Un caudalímetro es un sensor que permite cuantificar la cantidad de agua que atraviesa una tubería, este modelo puede ser conectado a un procesador como Arduino para obtener la medición del sensor y realizar acciones en base a los valores obtenidos. El nombre caudalímetro proviene del término caudal, que es la relación entre volumen y tiempo. Las unidades en el sistema internacional son m³/seg, siendo otras unidades habituales Litros/seg y litros/minuto. El caudal depende de diversos factores, principalmente de la sección de tubería y la presión de suministro. Este dispositivo puede ser usado en proyectos tales como: determinar el consumo de una instalación, regular el flujo actuando sobre una bomba, controlar el llenado de un depósito o controlar un sistema de riego.

El YF-S201 está constituido por una carcasa plástica estanca y un rotor con paletas en su interior. Al atravesar el fluido el interior el sensor el caudal hace girar el rotor. La velocidad de giro se determina mediante un imán fijado al rotor, que es detectado mediante un sensor hall externo a la carcasa. Por tanto, ninguna parte eléctrica está en contacto con el fluido, la salida del sensor es una onda cuadrada cuya frecuencia es proporcional al caudal atravesado.

$$f(HZ) = K * Q(l/m) = Q((l/m) = \frac{f(Hz)}{K}$$

El factor K de conversión entre frecuencia (Hz) y caudal (L/min) depende de los parámetros constructivos del sensor. El fabricante proporciona un valor de referencia en sus Datasheet. No obstante, la constante K depende de cada caudalímetro. Con el valor de referencia podemos tener una precisión de +-10%. En el caso del YF-S201 este factor es de 7,5. Para mayor precisión se debe calibrar en pruebas con recipientes graduados.

El sensor cuenta con tres conductores para su instalación eléctrica, la salida es el cable amarillo, que se conectara en un puerto digital del Arduino para que mediante una correcta programación se pueda visualizar los resultados a través de una pantalla LCD en litros/minuto. El cable rojo se conecta a +5VCC y el negro a

tierra (GND) en la placa del microprocesador. Como la señal del pulso de salida es una onda cuadrada es muy fácil de registrar mediante interrupciones, para posteriormente convertir los pulsos en caudal. Según la hoja de datos del fabricante, por cada litro de agua que pasa por el sensor se obtendrá aproximadamente 450 pulsos, entonces:

$$450 \text{ pulsos/min} = 1 \text{ L/min} \rightarrow 7.5 \text{ pulsos/seg} = 1 \text{ L/min} \rightarrow 7.5 \text{ Hz} \\ = 1 \text{ L/min}$$

En consecuencia, con la frecuencia (pulsos por segundo), simplemente se divide entre 7.5 para obtener el número de litros por minuto. Para el caudal en litros por hora se tiene que multiplicar la frecuencia por 60 minutos que tiene una hora. Estos cálculos se realizan en la programación IDE del Arduino.



Figura 3. Sensor de flujo modelo YF-S201. Fuente: Tomado de <https://miarduinounotieneunblog.blogspot.com/2016/04/caudalimetro-con-sensor-de-flujo-yf.html> (17/07/2018).

Cuadro 5. Características del sensor de flujo de agua YF-S201.

Voltaje de funcionamiento	5 a 18VDC
Máximo consumo de corriente	15 mA a 5 V
Rango de Trabajo caudal	1 a 30 litros / minuto
Temperatura de funcionamiento	25 a 80 ° C
Rango de humedad de trabajo	35%-80% RH (Humedad Relativa)
Presión máxima de agua	2,0 MPa

Ciclo de trabajo de salida	50% + 10%
Tiempo de subida de la salida	0.04us
Tiempo de caída de la salida	0.18us
Características del pulso	Frecuencia (Hz) = 7,5 * Caudal (L / min)
Pulsos por litro	450
Durabilidad	Mínimo de 300.000 ciclos

Fuente: Tomado de <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-de-flujo/> (17/07/2018).

4.4.2. Arduino UNO

Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo (software), diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios. El hardware de Arduino consiste en una placa con un microcontrolador generalmente Atmel AVR con puertos de comunicación y puertos de entrada/salida. Los microcontroladores más usados en las plataformas Arduino son el Atmega168, Atmega328, Atmega1280, ATmega8 por su sencillez, pero se está ampliando a microcontroladores Atmel con arquitectura ARM de 32 bits y también a microcontroladores de Intel.

Por otro lado Arduino proporciona un software consistente en un entorno de desarrollo (IDE) que implementa el lenguaje de programación de arduino, las herramientas para transferir el firmware al microcontrolador y el bootloader ejecutado en la placa. La principal característica del software y del lenguaje de programación es su sencillez y facilidad de uso.

El Arduino Uno es una placa electrónica basada en el microcontrolador ATmega328. Cuenta con 14 entradas/salidas digitales, de las cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM (Modulación por ancho de pulsos) y otras 6 son entradas analógicas. Además, incluye un resonador cerámico de 16 MHz, un conector USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reseteado. La placa incluye todo lo necesario para que el microcontrolador haga su trabajo, basta conectarla a un ordenador con un cable USB o a la corriente eléctrica a través de un transformador.

El Arduino UNO se puede ser utilizado para crear elementos autónomos, conectándose a dispositivos e interactuar tanto con el hardware como con el software, sirviendo tanto para controlar un elemento, como un motor o bien para leer la información de una fuente, como puede ser un teclado o una página web, y convertir la información en una acción. Es posible automatizar cualquier cosa para hacer agentes autónomos, controlar luces y dispositivos, o cualquier otra cosa que se pueda imaginar.

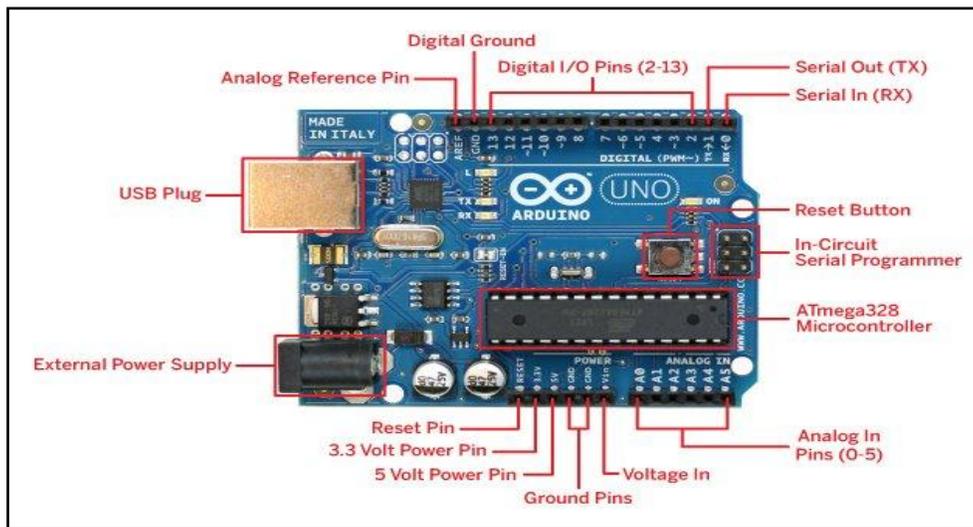


Figura 4. **Arduino UNO.** Fuente: Tomado de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/06/27/arduino-uno-a-fondo-mapa-de-pines-2/> (17/07/2018).

Simultáneamente se agregan los cuadros técnicos del Arduino a utilizar, para efectos de este trabajo de investigación se utilizará un Arduino Uno ya que esta unidad de procesamiento cuenta con las capacidades requeridas como lo es la etapa de control y supervisión, siendo útil para la correcta ejecución de las fases contiguas.

Cuadro 6. Especificaciones Básicas del Arduino Uno.

Micro controlador	ATmega328
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (Recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (Limite)	6-20V
Pines E/S digitales	14 (6 salidas PWM)
Pines de entrada Analógica	6

Corriente DC por pin E/S	40mA
Corriente DC para el pin de 3.3V	50mA
Memoria Flash	32KB
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Velocidad de Reloj	16MHz
Longitud	68.6 mm
Ancho	53.4 mm
Peso	25 g

Fuente <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno> (17/07/218).

4.4.3. Modulo Bluetooth HC-05

En este mismo orden y dirección, se emplea un módulo bluetooth HC-05. Este utiliza el protocolo UART RS 232 serial. Es ideal para aplicaciones inalámbricas, fácil de implementar con PC, microcontrolador o módulo Arduino. La tarjeta incluye un adaptador con 4 pines de fácil acceso para uso en protoboard. Los pines de la board correspondientes son: VCC, GND, RX, TX. Además, posee un regulador interno que permite su alimentación de 3.6 a 6V, con un alcance de 10 metros máximo.

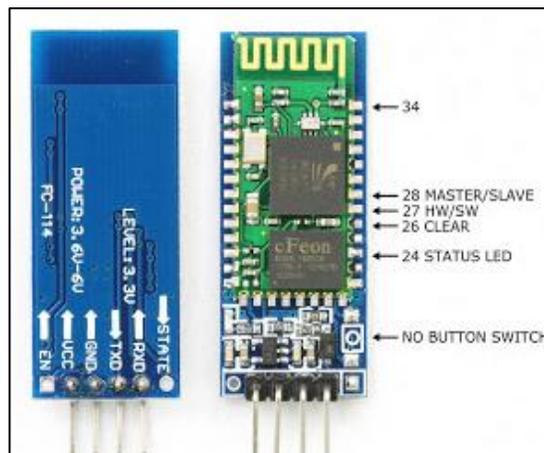


Figura 5. Modulo Bluetooth HC-05. Fuente: Tomado de <http://cursoarduinoomega.blogspot.com/2015/09/hc-06-bluetooth-module-slave-with.html> (18/07/2018).

Cuadro 7. Especificaciones Básicas del módulo bluetooth HC-05.

Compatibilidad	Compatible con el protocolo Bluetooth5 a 18VDC
Voltaje de alimentación	3.3VDC – 6VDC.
Voltaje de operación	3.3 VDC
Baud rate ajustable	1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200
Tamaño	1.73 in x 0.63 in x 0.28 in (4.4 cm x 1.6 cm x 0.7 cm)
Corriente de operación	< 40 mA
Corriente modo sleep	< 1Ma

Fuente: Tomado de <http://cursoarduinomega.blogspot.com/2015/09/hc-06-bluetooth-module-slave-with.html> (18/07/2018).

4.4.4. Pantalla LCD 16 x 2

Por otra parte, para la visualización del proceso se contará con un nodo que se conectará a una pantalla LCD de 16x2. La mayoría de las pantallas de cristal líquido usan el driver Hitachi HD44780. Para usar una pantalla de este tipo necesitamos 4 salidas digitales para datos, 2 para control y las salidas de alimentación y tierra. Cuando a la pantalla se le puede cambiar la intensidad de la iluminación de fondo, usar un potenciómetro para graduarla.

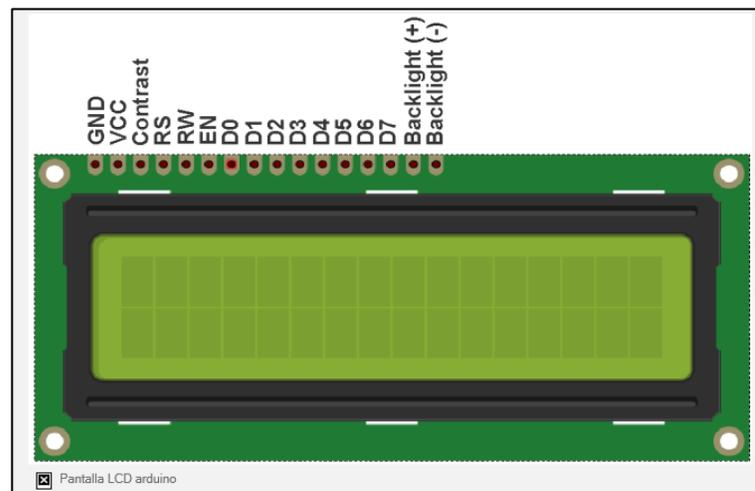


Figura 6. Pantalla LCD 16x2. Fuente: Tomado de <http://jorgesanz.es/conectar-pantalla-lcd-a-arduino-uno/> (17/06/2018).

Cuadro 8. Especificaciones Básicas de la Pantalla LCD 16x2.

Pin	Descripción
1	•GND negativo o tierra
2	•VCC positivo se conecta a 5VCC.
3	•Contraste. Se conecta a un potenciómetro de 10K Ω , para regular.
4	•RS selector del registro. Define si se envían comandos de control o mostrar caracteres en la pantalla.
5	•RW se conecta a GND para escribir en pantalla.
6	•EN es enable. Se activa para que la pantalla reciba información.
7-14	•D0 a D7. Bus de datos 8 bit, se requiere solo 4 bits D4 al D7.
15-16	•Backlight, controla luz de fondo del LCD. El pin 15 se conecta a 5VCC y el 16 a GND.

Fuente: Tomado de <http://jorgesanz.es/conectar-pantalla-lcd-a-arduino-uno/> (17/06/2018).

4.4.5. Transistor 2N2222A

A continuación se hace referencia a las características del transistor seleccionado para el sistema automático de medición de flujo. La serie 2N2222 se compone de transistores bipolares NPN de silicio de baja potencia de tipo planar para montaje por orificio pasante en encapsulado cilíndrico de metal TO-18. Que será utilizado como filtro interruptor para proteger la tarjeta Arduino UNO al momento de activar el Buzzer, ya que el mismo puede provocar un alto consumo, con posibles daños al mencionado componente.



Figura 7. **Transistor 2N2222A.** Fuente: Tomado de https://store.nerokas.co.ke/index.php?route=product/product&product_id=747 (18/07/2018).

Cuadro 9. **Especificaciones Básicas Transistor 2N2222A.**

Transistor 2N2222A	<ul style="list-style-type: none">• Transistor Bipolar (BJT) NPN• Dispositivo diseñado para operar como amplificador y switch de propósito general• I_C: 600 mA• P_D: 625 mW• V_{CEO}: 30 V, V_{CBO}: 60 V, V_{EBO}: 5 V• f_T: 300MHz mínimo• Encapsulado: TO-92
---------------------------	--

Fuente: Tomado de <https://alltransistors.com/es/transistor.php?transistor=1773> (18/07/2018).

4.4.6. **Potenciómetro 10 K Ω**

Se utiliza como resistencia o resistor variable mecánico (con cursor y de al menos tres terminales), para obtener una fracción de la diferencia de potencial total, se comporta como un divisor de tensión o voltaje, conectando los terminales extremos a la diferencia de potencial a regular (control de tensión), dicho tensión se obtiene entre el terminal central (cursor) y uno de los extremos. Para la investigación será utilizado para controlar el contraste de la pantalla LCD 16x2 al conectarlo a pin 3.

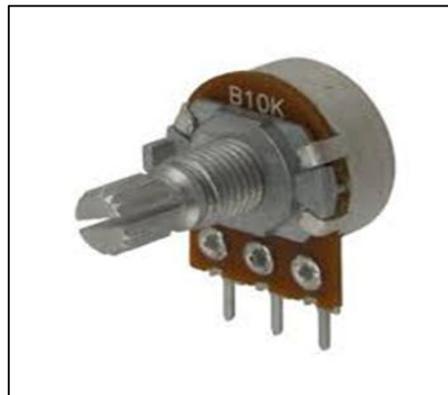


Figura 8. **Potenciómetros mecánicos 10K Ω .** Fuente: <https://inven.es/componentes-electronicos/82-potenciometro-10k.html> (17/07/2018).

4.4.7. Resistencia

Se trata de un componente de enorme importancia a pesar de su sencillez, y al que debe presentarse tanta o más atención que a los componentes activo. Dentro de un circuito las resistencias cumplen diversas funciones, tales como polarización, carga, filtrado, atenuación, divisor de tensión, limitador de corriente, entre otras. Para la investigación se utilizaran 4 unidades de $1\text{ K}\Omega$ cada una.

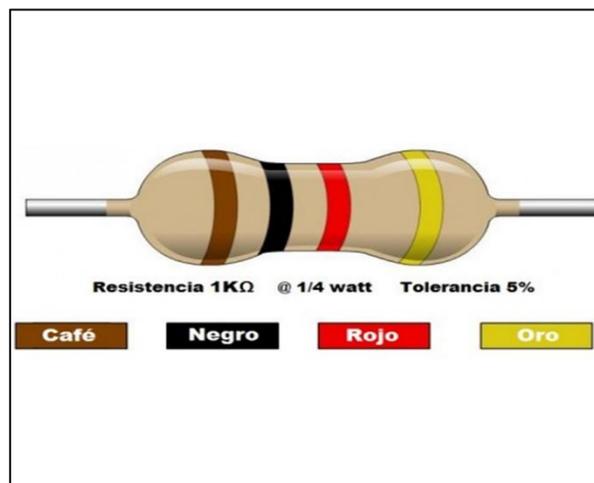


Figura 9. Resistencias. Fuente: Tomado de <https://nomada-e.com/store/consumibles/336-resistencias-varios-valores-.html> (17/07/2018).

4.4.8. Diagrama de Conexión de los Componentes

A continuación, se muestra un diagrama de los componentes electrónicos expuestos anteriormente, los cuales se integran para la construcción sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial en función de los parámetros. Tal como se observa, el diagrama elaborado con el apoyo de la herramienta informática Proteus 8.1, siendo estructurado de la siguiente manera:

En primer término, se encuentra la conexión del Arduino con la pantalla LCD 16X2, la cual está asignada a los pines 12, 11, 6, 5,4, 3, del Arduino UNO respectivamente. Por otro lado, la comunicación por bluetooth se encuentra en los pines 0, 1 (RX y TX), siendo estos de emisor y receptor. Por otro lado, el pin 2 se

encuentra configurado para el sensor de flujo YF-S201. El pin 7 está conectado al led amarillo que alerta sobre consumo medio, de igual manera, el pin 8 se conectó al led rojo que alerta sobre alto consumo, mientras que al pin 10 se conectó el buzzer para activar la alarma sonora. Véase figura 10.

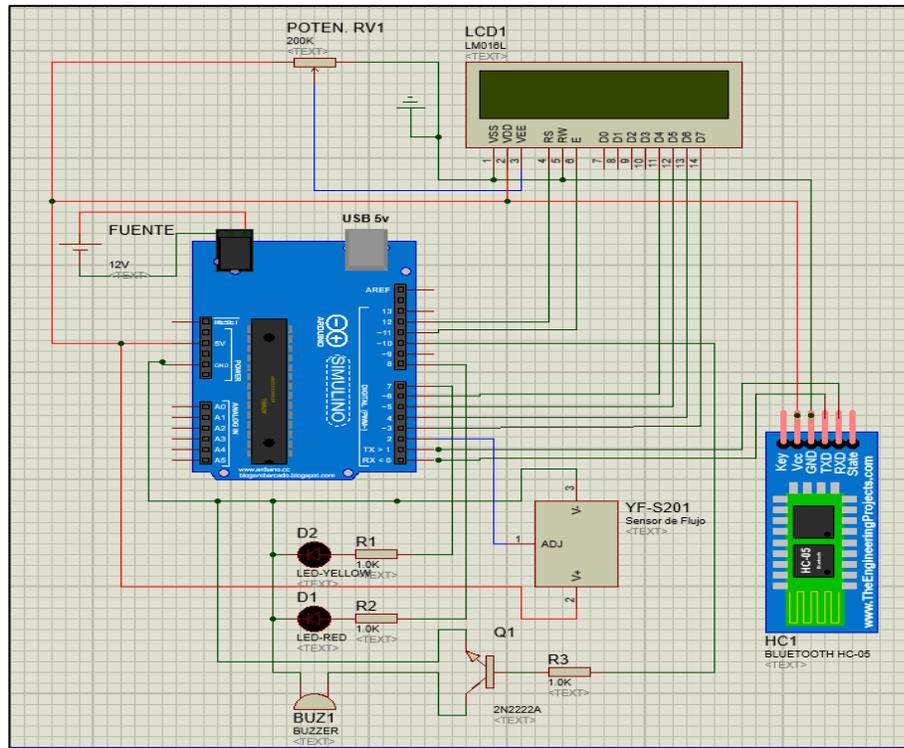


Figura 10. Diagrama de Conexiones del Prototipo. Fuente: Elaboración propia.

4.5. Fase IV. Verificación del Diseño

Una vez codificado el programa de control mediante la herramienta informática Arduino versión 1.8.5, se procedió con el montaje en el protoboard con la fuente DC para alimentar el circuito con sus respectivos voltajes +5VDC, -5VDC y 12VDC. De todos los componentes necesarios para el sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial, para luego compilar y subir el código IDE desarrollado a la memoria del Arduino UNO a fin de realizar las verificaciones y pruebas de funcionamiento.

Inicialmente se procedió a calibrar cada una de las etapas comenzando con la conexión de la pantalla LCD donde se ajustó por medio de las entradas del arduino y acople del potenciómetro de 10kΩ para el nivel de contraste de la pantalla teniendo como objetivo la visualización del proceso, mostrando la información recibida la cual es procesada y enviada a través de puertos programados como salidas hacia la pantalla LCD (pines 3,4,5,6), mostrando un mensaje como respuesta a la acción suministrada al sistema de la variable a medir, indicando la cantidad de consumo de agua en litros por minuto.

Seguidamente se procedió a calibrar las etapas del módulo bluetooth, y simplemente conectar tensión de 5V en las salidas del Arduino UNO y GND, conectando luego Txd (pin 1) y Rxd (pin 0), el led del módulo HC-05 parpadea continuamente, indicando que no está pareado o vinculado a otro dispositivo, esta acción se realizara posteriormente con el apoyo de un teléfono móvil inteligente.

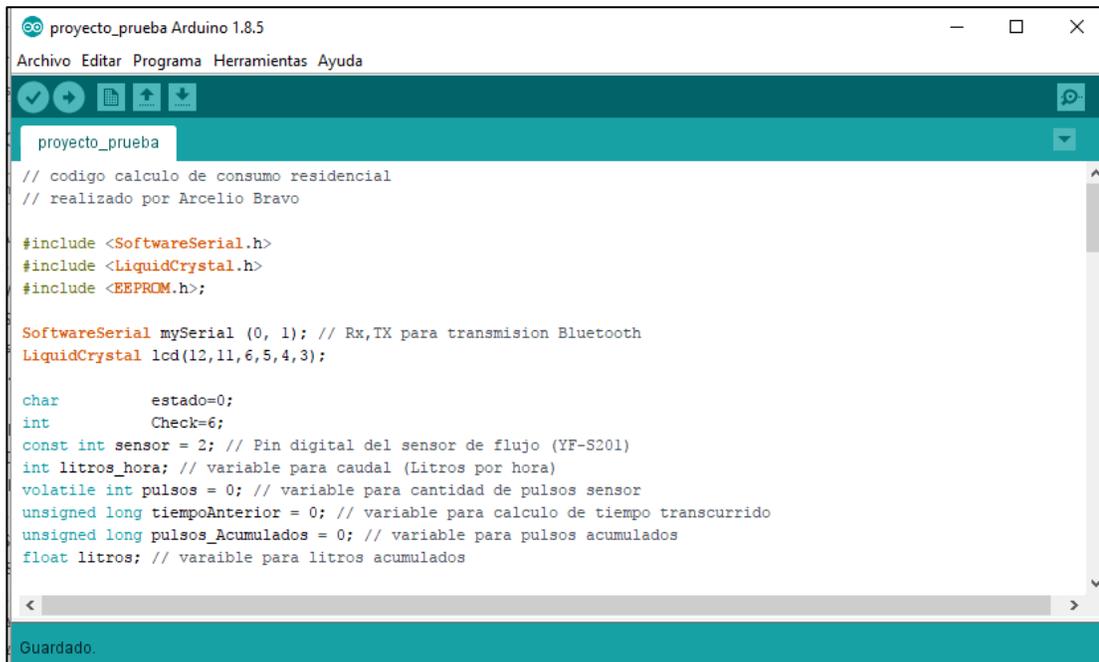
A continuación se muestra la estructura del programa IDE cargado en el Arduino UNO mediante lenguaje C++, donde inicialmente se incluye la librería para que acepte la LCD, comunicación serial y la EEPROM que es una memoria no volátil en la que se almacenan datos evitando que cuando se reinicie el sistema o se retire la alimentación del microprocesador se pierdan los datos acumulados. Luego se activa mediante el comando SoftwareSerial la transmisión de datos vía bluetooth y la pantalla de cristal líquido mediante la instrucción LiquidCrystal, en ambos casos se definen los pines donde físicamente están conectados al Arduino UNO.

Después se procedió a declarar las variables a utilizar como lo son:

Sensor	Definir el pin del sensor de flujo con valor 2.
Litros_hora	Almacenar los valores del caudal.
Pulsos	Contabilizar los pulsos del sensor.
tiempoAnterior	Almacena tiempo transcurrido.
Pulsos_Acumulados	Almacena el total de pulsos acumulados.
Litros	Almacena el total litros consumidos.

Estas variables, permitirán controlar los elementos requeridos en la configuración del sistema, para lograr el objetivo de controlar de manera automática

la medición de flujo en las residencias. A fin de facilitar la comprensión del código desarrollado véase figura 11.



```
proyecto_prueba Arduino 1.8.5
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
proyecto_prueba
// codigo calculo de consumo residencial
// realizado por Arcelio Bravo

#include <SoftwareSerial.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <EEPROM.h>;

SoftwareSerial mySerial (0, 1); // Rx,TX para transmision Bluetooth
LiquidCrystal lcd(12,11,6,5,4,3);

char      estado=0;
int       Check=6;
const int sensor = 2; // Pin digital del sensor de flujo (YF-S201)
int litros_hora; // variable para caudal (Litros por hora)
volatile int pulsos = 0; // variable para cantidad de pulsos sensor
unsigned long tiempoAnterior = 0; // variable para calculo de tiempo transcurrido
unsigned long pulsos_Acumulados = 0; // variable para pulsos acumulados
float litros; // variable para litros acumulados

Guardado.
```

Figura 11. Codificación, asignación de parámetros del sistema. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se definió una rutina para determinar los pulsos del sensor, la misma fue definida como pulsos, en ella se acumula en la variable pulsos la cantidad de los mismos, para luego calcular el caudal. Luego se configuraron los parámetros del sistema en el ciclo void setup (), iniciando la comunicación serial mediante el comando Serial.begin (9600) que activa la comunicación con el computador para la presentación de datos en su monitor.

Seguidamente, especifica un conjunto de comandos o instrucciones con el siguiente propósito:

Definir que los pines 7,8 y 9 son de tipo salida (OUTPUT) para activar los leds y el buzzer.

Se inicializa pantalla LCD mediante el comando lcd.begin (16,2) indicando que es un pantalla de 16x2 caracteres.

Se habilita el servicio de interrupciones para obtener los pulsos que se recolectaran por el pin 2 que por medio de la sentencia `attachInterrupt(0,flujo,RISING)` que llama a la función `flujo` para cuantificar los pulsos del sensor.

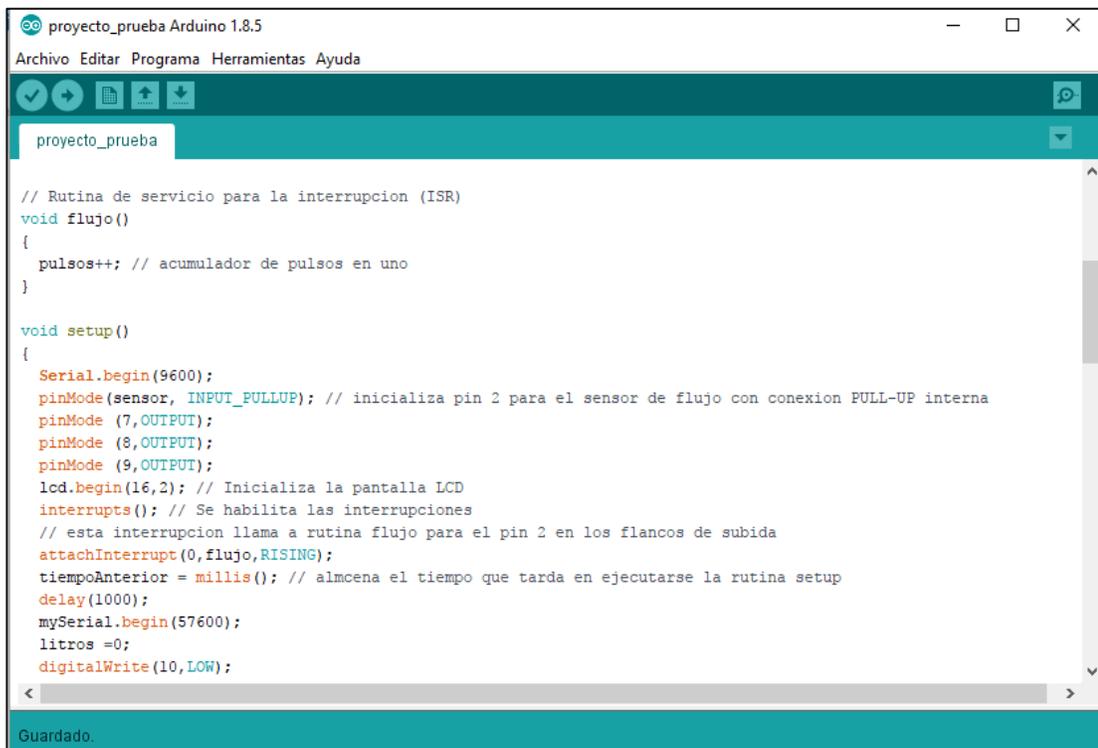
Se almacena en la variable `tiempoAnterior` el tiempo que tarda en ejecutarse la rutina `setup`.

Se activa la comunicación inalámbrica mediante bluetooth definiendo la velocidad 57600 baudios para la vinculación o enlace con un equipo Android y el arduino.

Se inicializa la variable `litros` en 0 para comenzar la acumulación de los litros consumidos.

Se apaga led conectado al pin 10, será encendido solo cuando haya alto consumo.

A continuación en la figura 12 se muestra la parte del código IDE desarrollado correspondiente a las instrucciones presentas.



```
// Rutina de servicio para la interrupcion (ISR)
void flujo()
{
  pulsos++; // acumulador de pulsos en uno
}

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(sensor, INPUT_PULLUP); // inicializa pin 2 para el sensor de flujo con conexion PULL-UP interna
  pinMode (7,OUTPUT);
  pinMode (8,OUTPUT);
  pinMode (9,OUTPUT);
  lcd.begin(16,2); // Inicializa la pantalla LCD
  interrupts(); // Se habilita las interrupciones
  // esta interrupcion llama a rutina flujo para el pin 2 en los flancos de subida
  attachInterrupt(0,flujo,RISING);
  tiempoAnterior = millis(); // almacena el tiempo que tarda en ejecutarse la rutina setup
  delay(1000);
  mySerial.begin(57600);
  litros =0;
  digitalWrite(10,LOW);
}
```

Guardado.

Figura 12. **Codificación, definición de pines, activación e inicialización de variables.** Fuente: Elaboración propia.

Corresponde ahora calcular el caudal, en la figura 13 se muestra la parte del código con las instrucciones para que el microprocesador procese los datos enviados por el caudalímetro el cual está conectado mediante el pin 2 (analógico). Es oportuno recordar que el fabricante es sus especificaciones indica que cada pulso representa aproximadamente 2,25 mililitros y que la frecuencia del pulso varía un poco dependiendo de la velocidad de flujo, la presión del fluido y la orientación del sensor.

En el código dentro del ciclo void loop () por medio del comando IF se pregunta si ha pasado un segundo de procesamiento, de ser así realizan las siguientes operaciones:

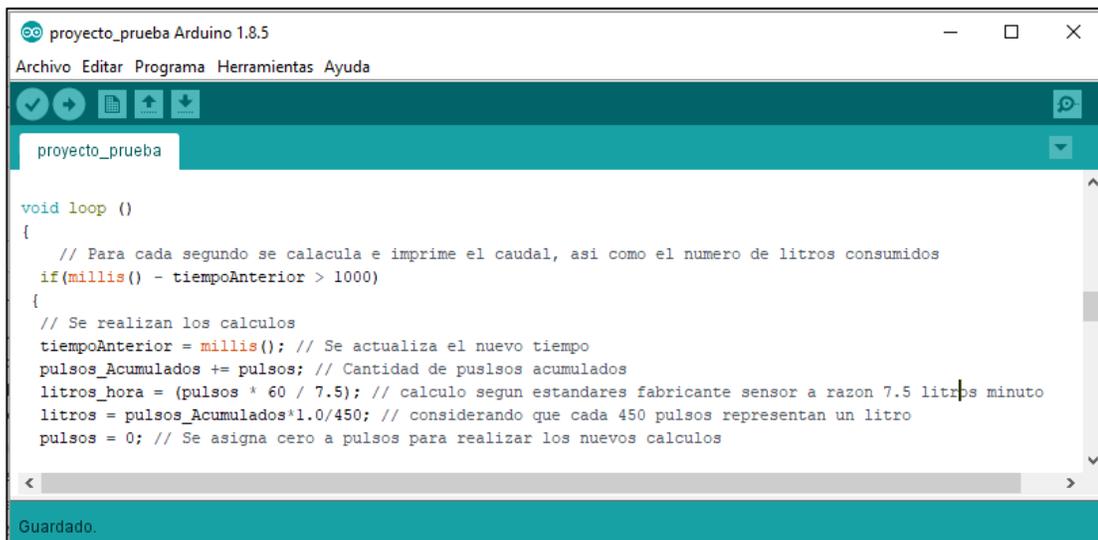
Se iguala la variable tiempoAnterior con el tiempo de procesamiento de Arduino cuya variable operativa es millis (). Se acumula en la variable pulsos Acumulados el valor almacenado en la variable pulsos para hacer un contador de los pulsos.

Se calcula los litros_hora utilizando la formula proporcionada por el fabricante del sensor: $(\text{pulsos} * 60 / 7.5)$ siendo 7.5 el factor de conversión.

Se calcula los litros consumidos en la variable litros al dividir los pulsos acumulados entre 450.

Se reinicializa la variable pulsos en cero (0) para calcular el nuevo caudal.

En la figura 13 se muestra la parte del código donde se calcula los litros consumidos en un periodo de tiempo, calculado el caudal por minuto.



```
void loop ()
{
  // Para cada segundo se calcula e imprime el caudal, asi como el numero de litros consumidos
  if(millis() - tiempoAnterior > 1000)
  {
    // Se realizan los calculos
    tiempoAnterior = millis(); // Se actualiza el nuevo tiempo
    pulsos_Acumulados += pulsos; // Cantidad de pulsos acumulados
    litros_hora = (pulsos * 60 / 7.5); // calculo segun estandares fabricante sensor a razon 7.5 litros minuto
    litros = pulsos_Acumulados*1.0/450; // considerando que cada 450 pulsos representan un litro
    pulsos = 0; // Se asigna cero a pulsos para realizar los nuevos calculos
  }
}
```

Figura 13. Codificación, cálculo de caudal en litros por minuto. Fuente: Elaboración propia.

Luego de calcular el caudal se procede a tomar acciones de procesamiento de los datos según sus valores, a los efectos del prototipo realizado con una pecera con 15 litros de agua almacenada se estableció como rango de consumo: normal hasta 10 litros, como medio hasta 15 litros, y como alto mayor a 15 litros. Esto con el fin de simular los porcentajes determinados en base al informe de la empresa hídrica.

Basado en lo anterior, se realiza mediante el comando IF la siguiente verificación:

Si litros es menor o igual a 10 (consumo normal), entonces:

Se imprime en pantalla la literal “Normal” más el valor de la variable litros con dos decimales de precisión más la literal “Litros Consumidos”. Mediante el comando Serial.print.

Se borra la pantalla LCD con el comando lcd.clear ().

Se imprime en pantalla la literal “Consumo Normal”

Se posiciona el cursor en la posición 1,1 (línea siguiente)

Se imprime en la pantalla LCD el valor de valor de la variable litros con dos decimales de precisión, seguido de la literal “Litros” por medio del comando lcd.print.

Se envía al bluetooth valor de valor de la variable litros con dos decimales de precisión, seguido de la literal “Litros Normal” por medio del comando `mySerial.print`.

Se realiza un retardo de un segundo (`delay (1000)`).

Ese ciclo se cumple hasta tanto la variable litros sea mayor a 10.

Si litros es menor o igual a 15 (consumo medio), entonces:

Se imprime en pantalla la literal “Medio” más el valor de la variable litros con dos decimales de precisión más la literal “Litros Consumidos”. Mediante el comando `Serial.print`.

Se borra la pantalla LCD con el comando `lcd. clear()`.

Se imprime en pantalla la literal “Consumo Medio”

Se posiciona el cursor en la posición 1,1 (línea siguiente)

Se imprime en la pantalla LCD el valor de valor de la variable litros con dos decimales de precisión, seguido de la literal “Litros” por medio del comando `lcd.print`.

Se envía al bluetooth valor de valor de la variable litros con dos decimales de precisión, seguido de la literal “Litros Medio” por medio del comando `mySerial.print`.

Se activa el pin 7 en HIGH para encender el led amarillo para activar la alarma visual para indicar al usuario que existe un consumo medio de agua en la residencia.

Se realiza un retardo de un segundo (`delay (1000)`).

Se desactiva el pin 7 con LOW para apagar el led amarillo, causando efecto de intermitencia en el led para llamar la atención visual del usuario.

Ese ciclo se cumple hasta tanto la variable litros sea mayor a 10 y menor que 15. En la figura 14 se muestra la parte de código referido a las acciones de notificación al usuario.

```
projecto_prueba Arduino 1.8.5
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
projecto_prueba
if(litros<=10) {
  Serial.print ("Normal: "); // imprime en los Datos en la Computadora
  Serial.print (litros, 2);
  Serial.print (" Litros Consumidos\r\n");
  lcd.clear(); // borra pantalla y se muestran Datos en la LCD
  lcd.print ("Consumo Normal");
  lcd.setCursor(1,1);
  lcd.print (litros, 2);
  lcd.print (" Litros");
  mySerial.print(litros, 2); // se envia valor litros via bluetooth
  mySerial.print(" Litros Normal");
  delay(1000);
}
else if(litros<=15) {
  Serial.print ("Medio: "); // imprime en los Datos en la Computadora
  Serial.print (litros, 2);
  Serial.print (" Litros Consumidos\r\n");
  lcd.clear(); // borra pantalla y se muestran Datos en la LCD
  lcd.print ("Consumo MEDIO");
  lcd.setCursor(1,1);
  lcd.print (litros, 2);
  lcd.print (" Litros");
  mySerial.print(litros, 2); // se envia valor litros via bluetooth
  mySerial.print(" Litros Medio");
  digitalWrite(10,LOW);
  digitalWrite(7,HIGH); // se enciende led de valor medio conectado en pin 7
  delay(1000);
  digitalWrite(7,LOW); // se apaga led de valor medio conectado en pin 7
}
}
```

Figura 14. Codificación, notificación de consumo normal y medio. Fuente: Elaboración propia.

Si litros es mayor que 15 (consumo alto), entonces:

Se imprime en pantalla la literal “Alto” más el valor de la variable litros con dos decimales de precisión más la literal “Litros Consumidos”. Mediante el comando Serial.print.

Se borra la pantalla LCD con el comando lcd. clear ().

Se crea una señal de parpadeo en la pantalla LCD por medio de comando lcd. blink() para crear una alerta visual al usuario en la pantalla.

Se imprime en pantalla la literal “Consumo Alto”

Se posiciona el cursor en la posición 1,1 (línea siguiente)

Se imprime en la pantalla LCD el valor de valor de la variable litros con dos decimales de precisión, seguido de la literal “Litros” por medio del comando `lcd.print`.

Se envía al bluetooth valor de valor de la variable litros con dos decimales de precisión, seguido de la literal “Litros Alto” por medio del comando `mySerial.print`.

Se desactiva el pin 7 con LOW para apagar el led amarillo.

Se activa el pin 8 en HIGH para encender el led rojo para activar la alarma visual para indicar al usuario que existe un consumo alto de agua en la residencia.

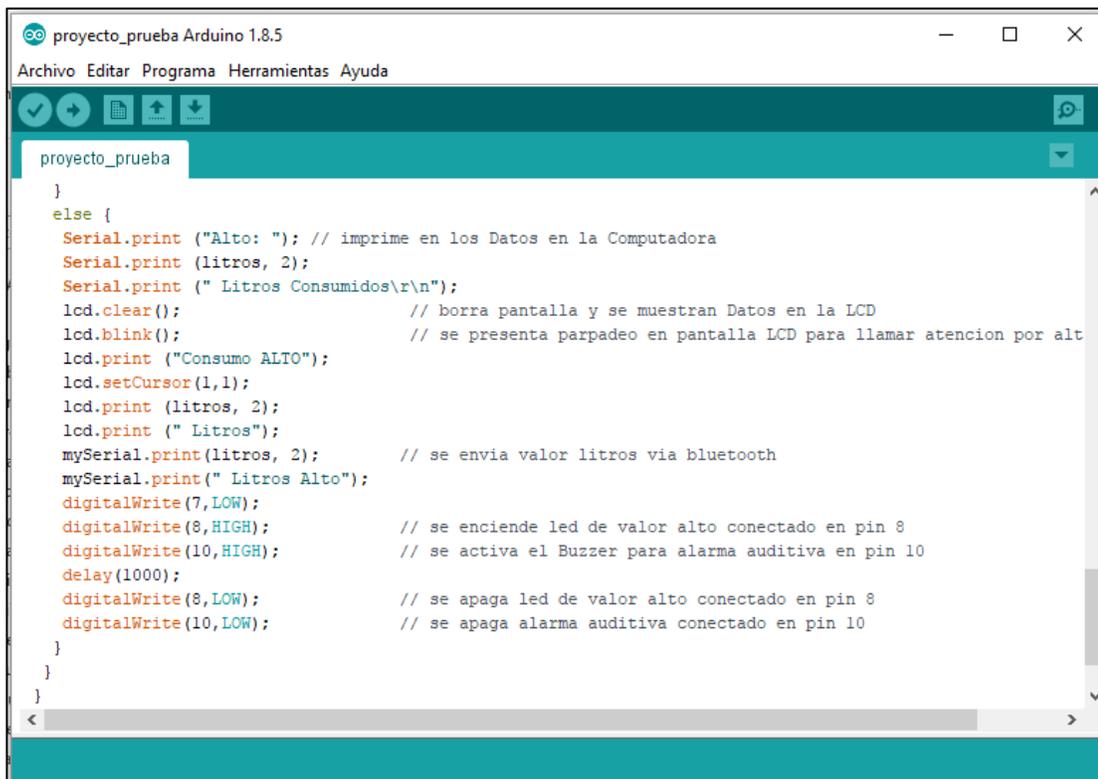
Se activa el pin 10 en HIGH para encender el buzzer para activar la alarma sonora para indicar al usuario que existe un consumo alto de agua en la residencia.

Se realiza un retardo de un segundo (`delay (1000)`).

Se desactiva el pin 8 con LOW para apagar el led rojo, causando efecto de intermitencia en el led para llamar la atención visual del usuario.

Se desactiva el pin 10 con LOW para apagar el buzzer.

Ese ciclo se cumple hasta tanto la variable litros sea mayor a 15. En la figura 15 se muestra el código referido a las notificaciones visuales y sonoras activadas por alto consumo de agua.



```
proyecto_prueba Arduino 1.8.5
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
proyecto_prueba
}
else {
  Serial.print ("Alto: "); // imprime en los Datos en la Computadora
  Serial.print (litros, 2);
  Serial.print (" Litros Consumidos\r\n");
  lcd.clear(); // borra pantalla y se muestran Datos en la LCD
  lcd.blink(); // se presenta parpadeo en pantalla LCD para llamar atencion por alt
  lcd.print ("Consumo ALTO");
  lcd.setCursor(1,1);
  lcd.print (litros, 2);
  lcd.print (" Litros");
  mySerial.print(litros, 2); // se envia valor litros via bluetooth
  mySerial.print(" Litros Alto");
  digitalWrite(7,LOW);
  digitalWrite(8,HIGH); // se enciende led de valor alto conectado en pin 8
  digitalWrite(10,HIGH); // se activa el Buzzer para alarma auditiva en pin 10
  delay(1000);
  digitalWrite(8,LOW); // se apaga led de valor alto conectado en pin 8
  digitalWrite(10,LOW); // se apaga alarma auditiva conectado en pin 10
}
}
}
```

Figura 15. Codificación, notificación de consumo alto. Fuente: Elaboración propia.

4.6. Fase V. Finalizar Diseño

Luego de completar la fase anterior con la codificación de programa mediante Arduino 1.8.5, se procedió realizar la prueba final del prototipo del sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial. Integrando todos los elementos del mismo, con el objeto de garantizar que el sistema funciona óptimamente en base a las intenciones de diseño, lo cual permitió pasar a la elaboración del prototipo definitivo.

En este mismo orden de ideas, la prueba final se realizó con la utilización de una pecera de láminas de vidrio de 5mm de espesor, que mide 30x50x40 cm, que servirá como fuente de abastecimiento del agua, simulando la acometida principal que surte agua a la residencia.

Para lograr la circulación del agua en el sensor de flujo YF-S201 se utilizó una bomba centrífuga AZOO AZ13014 de ½” con capacidad de bombeo de 35 litros por

minuto permitiendo dejar fluir el agua. Se revisó la conexión eléctrica de cada componente según los detalles del diagrama de conexión, utilizando una fuente de poder fija de 12VCC para alimentar el Arduino UNO.

Se iniciaron las pruebas finales conectando las mangueras, la bomba y el sensor de flujo, asegurando no hubieran goteos, seguidamente se conectó el caudalímetro al Arduino que está instalado en el protoboard. Luego de realizar una verificación final de las conexiones se conectó la fuente de poder y bomba. La figura 15 muestra el prototipo completo, antes de la conexión eléctrica.

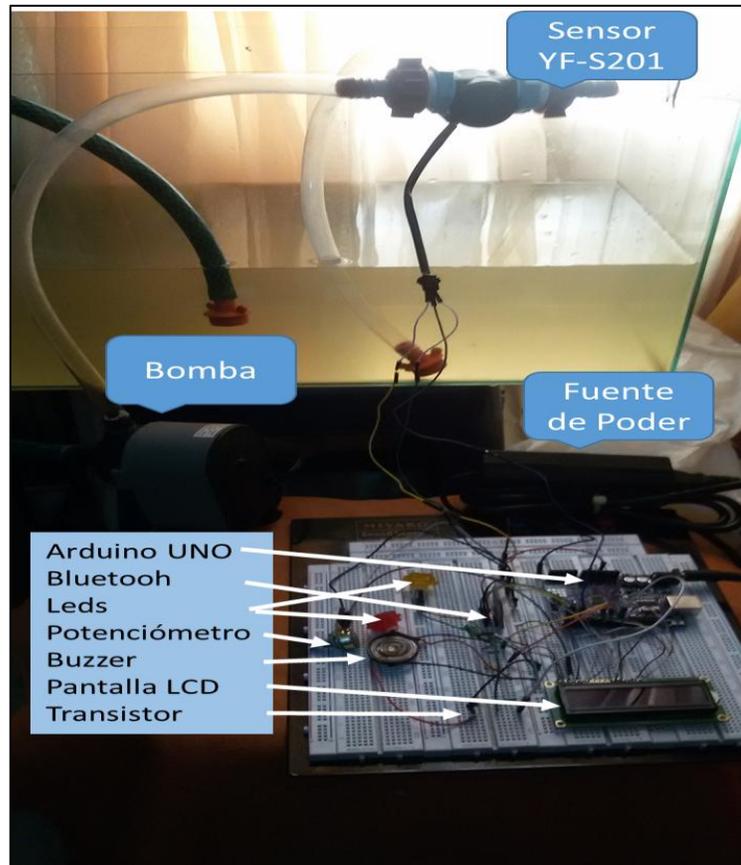


Figura 16. Elementos del Prototipo. **Fuente:** Elaboración propia.

Se conectó eléctricamente la bomba con lo que la circulación del agua se inició, luego la fuente de poder fue conectada, por lo que entró en funcionamiento el programa almacenado en el Arduino UNO, acto seguido el sensor YF-S201 empezó

a enviar señal analógica al microprocesador, la cual fue procesada y presentada en la pantalla del computador y pantalla LCD en su primera etapa de consumo normal hasta que la cantidad de litros sea menor o igual a 10 litros. La figura 17 muestra el comportamiento del sistema en la parte A se observa que los leds están apagados, la sección B se observa consumo a través del tiempo y en la C el consumo total al momento de la lectura.

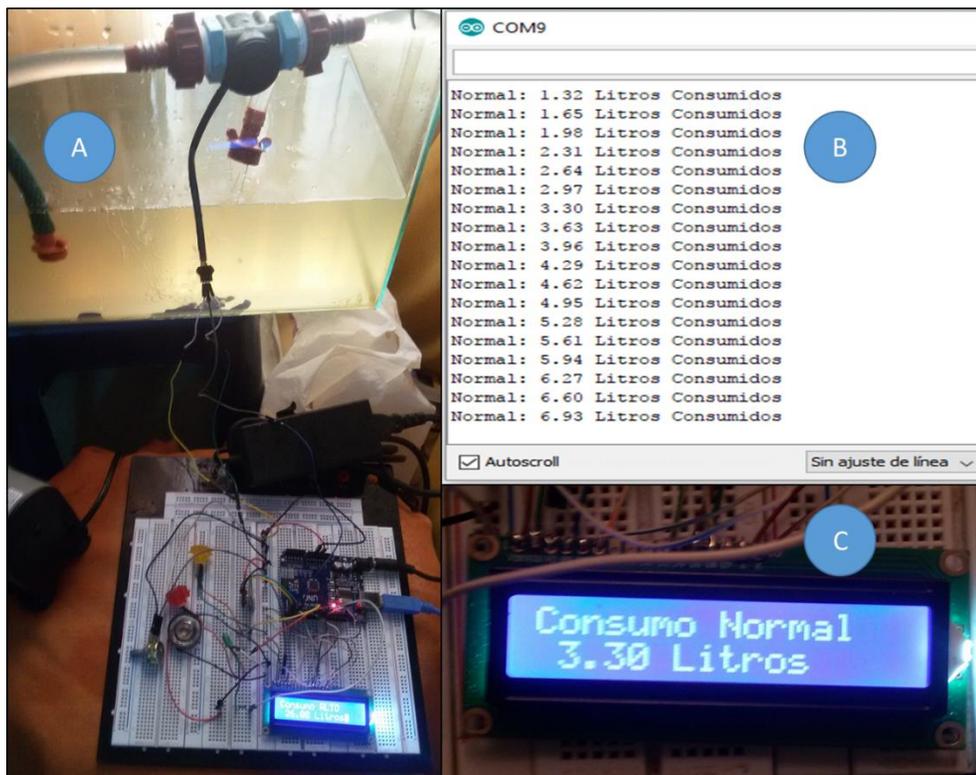


Figura 17. Comportamiento del prototipo en Consumo Normal. **Fuente:** Elaboración propia.

El sistema continuó en funcionamiento, recirculando el agua hasta alcanzar el nivel de consumo medio (entre 10 y 15 litros), por lo que se encendió el led amarillo conectado en el pin 7, cambiando además el mensaje en los medios de visualización, alertando que existe un consumo medio de agua en la residencia, con el propósito de que el usuario tome con antelación las acciones necesarias para controlar el consumo del vital líquido. La figura 18 presenta el comportamiento del sistema ante un consumo medio. Puede observarse en la sección A que el led amarillo se encendió

como alarma visual al usuario indicando consumo medio del agua, en la parte B se muestra los valores durante la operación del sistema como consumo, mientras que la sección C presenta la lectura en la pantalla LCD en un momento específico.

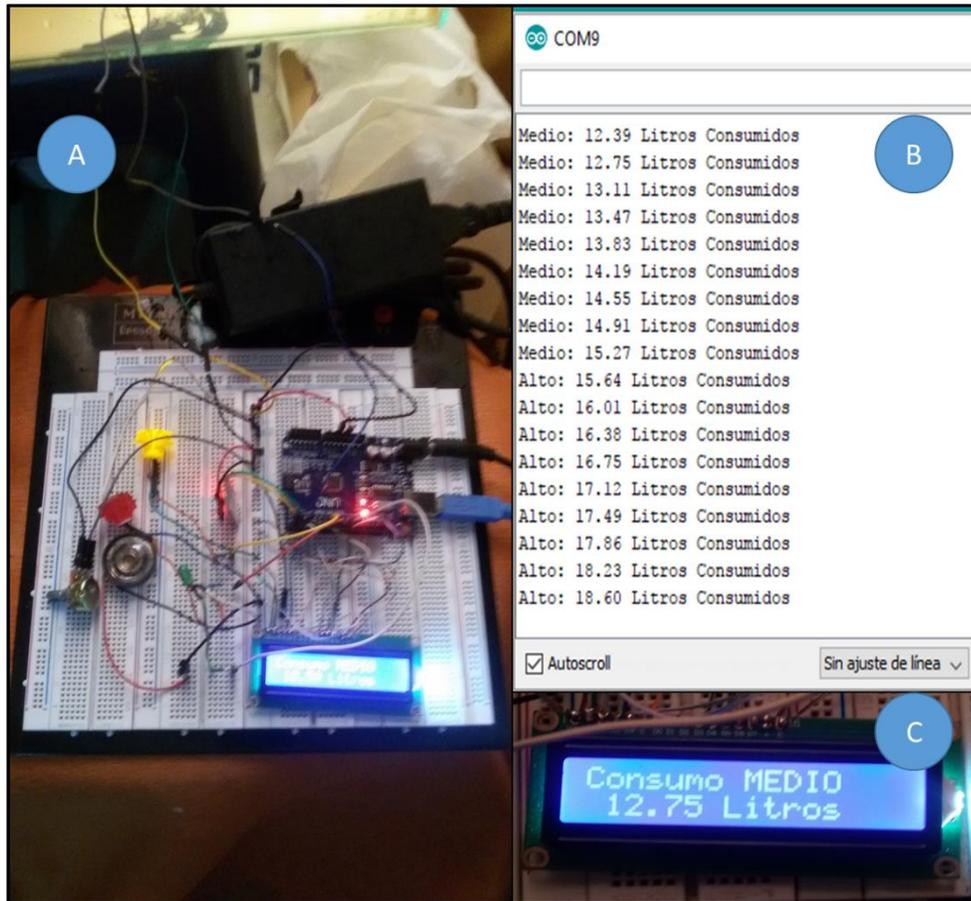


Figura 18. Comportamiento del prototipo en Consumo Medio. **Fuente:** Elaboración propia.

La última etapa de comportamiento corresponde al alto consumo de agua, que para los efectos del prototipo ocurre cuando la cantidad de litros consumidos es mayor o igual a 15 litros. En esa situación el sistema apaga el led amarillo y enciende el led rojo como alarma visual, además muestra en la pantalla LCD un cursor titilante en señal de alerta para el usuario ya que el consumo es alto. Paralelamente el sistema activa el buzzer, solo que para los efectos de esta investigación para dejar constancia que la señal eléctrica del pin 10 se activó se adiciono un led verde para dejar evidencia que el circuito donde está el transistor

2N2222A puso en funcionamiento el buzzer como alarma sonora. Ya que no hay forma de evidenciar el sonido en la figura.

La sección A de la figura 19 muestra el led rojo activo, en la sección B se muestra la identificación de alto consumo, de igual en la parte C se evidencia el alto consumo y un cursos titilante para llamar la atención del usuario. Es importante aclarar que el sistema no detiene el consumo, solo alerta para que el usuario tome las acciones pertinentes a su consideración.



Figura 19. Comportamiento del prototipo en Consumo Alto. **Fuente:** Elaboración propia.

De esta manera, se obtiene el prototipo definitivo debidamente probado garantizando su funcionamiento para dar cumplimiento al objetivo general de desarrollar un sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial. El cual fue sometido a exhaustivas pruebas para corroborar su perfecta operación, descartando fallas ocasionadas por la integración de sus elementos. Estas

pruebas fueron llevadas a cabo con éxito midiendo cada una de las variables de forma correcta y reportando en tiempo real, guardando en un registro con hora y fecha exacta cada uno de los eventos simulados, en la figura 20 se presenta la versión final del mismo totalmente operativo.

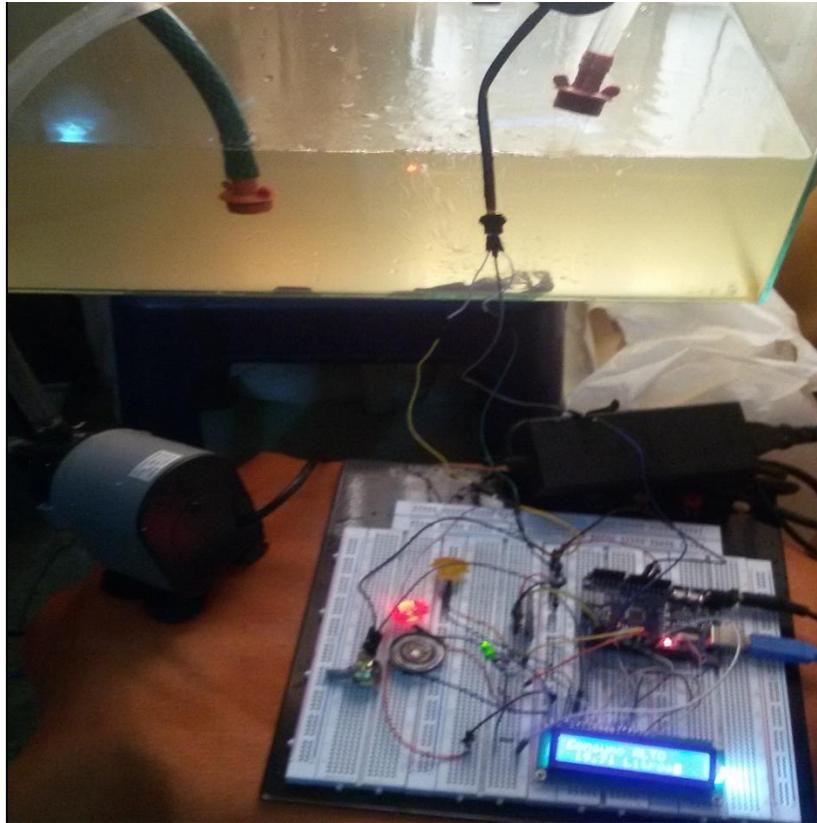


Figura 20. Prototipo Final Probado. **Fuente:** Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Luego de desarrollar las diferentes etapas de la investigación se puede concluir que el sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial es eficiente y de gran utilidad ya que logra cubrir los objetivos planteados, a continuación se dará una conclusión basado en ellos:

Respecto al primer objetivo definido como: Diagnosticar la situación actual del consumo de agua en el sector El Pinar de Maracaibo. Existe ausencia de un sistema que pueda controlar y supervisar el flujo de agua automáticamente. Las condiciones físicas para conectar el sistema son adecuadas. El volumen de agua consumido en las residencias supera en un 222% lo establecido por el organismo proveedor del vital líquido, razón por la que se justifica la implantación de la solución técnica probada para mejorar el uso racional.

En referencia al siguiente objetivo definido como: Realizar un estudio técnico para determinar los requerimientos del sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial, Se evaluaron los principales parámetros que afectan a la comunidad, determinando que es necesario alertar a los usuarios cuando el nivel de consumo exceda los rangos normales, mediante señales visuales, así como sonoras para que estos tomen las acciones necesarias para evitar dichas situaciones. En tal sentido se propuso desarrollar un sistema de control de caudal basado en el uso de un caudalímetro (sensor de flujo) y un microprocesador programable (Arduino UNO) para monitorear los parámetros operaciones, proveyendo notificaciones las vías indicadas anteriormente.

De ese modo, cubriendo todos los requerimientos técnicos y sirviendo de guía de trabajo para lograr la elaboración del sistema, determinando además la lógica de programación para este, seleccionado los componentes de medición/supervisión para presentar la propuesta optima y factible, ya que se demostró que el controlador seleccionado cubre las necesidades con eficiencia, fácil instalación y muy bajo costo para cada residencia.

En relación al tercer objetivo de la investigación definido como: Elaborar diagramas electrónicos y protocolo de pruebas de funcionamiento, para construir un sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial. Por medio del apoyo de las herramientas informáticas Arduino 1.8.5 y Proteus 8.1 se logró diseñar y simular la propuesta del sistema probando que los parámetros fueron procesados de acuerdo a la intención de diseño. Logrando por medio del prototipo evaluar y corregir las fallas del sistema elaborado. Permitiendo la construcción de un sistema que responde con eficiencia a las necesidades identificadas.

En concordancia al último objetivo establecido como: Diseñar, construir y probar el prototipo de un sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial. Se construyó el prototipo logrando demostrar el total y eficiente funcionamiento del sistema automático, demostrando su versatilidad. Como resultado, se obtiene un sistema automático eficaz de medición de flujo de agua para uso residencial, comprobando su aplicabilidad de gran utilidad y beneficio a la comunidad, ya que con el cual, el usuario puede informarse de la cantidad de agua que consume en cualquier momento.

RECOMENDACIONES

Partiendo de los resultados obtenidos y mostrados en los capítulos de la investigación con respecto al sistema automático de supervisión y control para el consumo de agua residencial, se recomienda su aplicación en las mismas, así como en complejos residenciales y edificios, además de toda instalación donde se requiera cuantificar el consumo de agua con alertas inmediatas con respecto a los niveles alcanzados. Ya que con este se puede llevar un control en tiempo real de respuesta ante las contingencias más comunes, por ejemplo, en tiempos de escasez o para dar respuesta ecológica al uso racional del este vital líquido.

Por otra parte, este sistema se puede ser mejorado al comunicarse mediante un módulo GSM, esta tecnología ofrece el uso de mensajes cortos de texto (SMS) en teléfonos celulares, que no tiene límites en distancias como el bluetooth (10 metros), por esta vía se puede enviar al usuario mensajes para alertar al usuario, y aun mas con el uso de teléfonos inteligentes se puede incorporar la opción de detener el sistema de bombeo remotamente desde este dispositivo móvil.

De igual forma, se recomienda la implementación de un módulo SD siendo esta buena alternativa de almacenamiento para usarlo en Arduino, sobre todo cuando se requiere almacenar digitalmente datos como, por ejemplo, los valores de consumo de los días anteriores y no solo los del diario.

También es deseable, suplementar este proyecto con un sistema de nivel de agua del tanque para conocer qué cantidad de agua se dispone para aportar mayor información al usuario. En cuanto a la alimentación del circuito, es recomendable la

implementación de una batería externa de emergencia, esto evitará que, en casos de fallas eléctricas, el sistema siga operando sin contratiempos.

Finalmente, se recomienda la divulgación del proyecto a la empresa hidrológica, las comunidades organizadas, tales como consejos comunales y mancomunidades, a organizaciones ambientalistas interesadas en concienciar sobre el uso racional del agua, así como a instituciones educativas universitarias y organizaciones relacionadas con la agricultura para controlar el consumo durante el riego de los cultivos.

BIBLIOGRAFÍA

Textos

- Acedo Sánchez (2006). *Instrumentación y control avanzado de Procesos*. Ediciones Díaz de santos. España.
- Angulo y Etxebarria (2007). *Microcontroladores PIC diseño práctico de Aplicaciones 1ª Parte*. España, Editorial: Mc Graw Hill.
- Aranzeta, M. (2005). *Instrumentación y Sistemas de Control*. México.
- Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. (6ª ed.). Caracas: Episteme.
- Balcells, R y otros (1997). *Autómatas Programables*. UBarcelona, España.
- Bavaresco, A. (2006). *Procesos Metodológicos en la Investigación*. Maracaibo. Serviluz.
- Creus, A. (2006). *Instrumentación Industrial*. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. 7ª Edición .Col.Del Valle, México.
- Creus, A. (2011). *Instrumentación Industrial*. 8ª Edición, Editorial Marcombo S.A. España.
- Doebelin, E. (2005). *Sistemas de Medición e Instrumentación*. 5ª Edición, Department of Mechanical Engineering, México.
- Domínguez y Ferrer. (2012). *Redes de comunicación de datos*. Editorial Editex, S.A 1ª Edición. España.
- Fernández, A. (2007). *Control de los Sistemas Continuos*. 2ª Edición, Universidad de Oviedo.
- Grassi (2009) *.Sensores y Microsystemas*. Springer, Londres.
- Harper, H. (2004). *El ABC de la Instrumentación en Control de Procesos Industriales*. Editorial Limusa S.A de C.V.
- Hernández. S, Fernández, M. y Batista S. (2010). *Fundamentos de la Metodología de la Investigación*. Edición Reprint. Editorial McGraw- Hill, México.

Hurtado, J. (2010). *El Proyecto de Investigación holística de la metodología y la investigación*. 6ª Edición. Ediciones Quirón. Venezuela.

Ogata, k. (2007). *Ingeniería de control moderna*. España, Editorial Person Education, S.A.

Pfaffenberger (1995). *Computer & Internet Dictionary*, 6ª Edición, Que's, EE.UU.

Sabino, C. (2000). *El Proceso de Investigación: Una introducción teórico-práctico*. 3ª Edición, Editorial Panapo, Venezuela.

Savant, J. (2000). *Diseño electrónico: Circuitos y Sistemas*. Editorial Pearson Educación. España.

Tamayo y Tamayo, I. (2006). *El proceso de la investigación científica*, Quinta edición. Editorial Limusa. México.

Trabajos Especiales de Grado

Bermúdez y Gonzales (2015). *Sistema de control de nivel y temperatura para el aprovechamiento de aguas blancas en el sector agrícola*. Trabajo especial de grado no publicado. Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín. Maracaibo.

Briceño y otros (2015). *Modelo de medición de flujo y nivel para la realización de prácticas en el área de los laboratorios de electrónica*. Trabajo especial de grado no publicado. Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín. Maracaibo.

Espinel y Molina (2003). *Sistema de control de calderas para el proceso de secado de pasta*. Trabajo especial de grado no publicado. Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín. Maracaibo.

Acosta y otros (2012). *Sistema automatizado para inyección de plástico moldeado*. Trabajo especial de grado no publicado. Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín. Maracaibo.

Fuentes Electrónicas

CIED, (1993). *Centro Internacional de Educación y Desarrollo*, disponible en: www.ciedperu.org.

García, E., (1999). *Automatización de Procesos Industriales: Robótica y Automática*, disponible en: www.cfp.upv.es.

Albacete. (2013). *Prácticas con arduino*, disponible en:
www.Practicasconarduino.com.



ANEXOS

ANEXO A

LISTA DE COTEJO

Reactivo	SI	NO	Observaciones
Llega agua regularmente a la casa		X	
Hay tanque aéreo	X		
Hay tanque subterráneo		X	
El consumo de agua es alto en la casa	X		
Cuenta con sistema hidroneumático	X		
Controla el consumo de agua dentro de la residencia		X	
Supervisa el consumo de agua dentro de la residencia		X	

Fuente: Bravo (2018).