

**CENTRO UNIVERSITARIO TECNOLÓGICO
CEUTEC**

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

**PROTOTIPO DE UN SISTEMA O RED DE SENSORES PARA LA
DETECCIÓN DE FUGAS DE AGUA DE USO DOMÉSTICO UTILIZANDO
UN MICROCONTROLADOR ARDUINO**

**SUSTENTADO POR
JOSSELIN ANDREA OSORIO PONCE**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE INGENIERÍA EN
ELECTRÓNICA**

TEGUCIGALPA

HONDURAS, C.A.

ABRIL, 2022

**CENTRO UNIVERSITARIO TECNOLÓGICO
CEUTEC**

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

MARLON ANTONIO BREVÉ REYES

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

VICERRECTORA ACADÉMICA CEUTEC

DINA ELIZABETH VENTURA DÍAZ

DIRECTORA ACADÉMICA CEUTEC

IRIS GABRIELA GONZALES ORTEGA

TEGUCIGALPA

HONDURAS, C.A.

ABRIL, 2022

**PROTOTIPO DE UN SISTEMA O RED DE SENSORES PARA LA
DETECCIÓN DE FUGAS DE AGUA DE USO DOMÉSTICO UTILIZANDO
UN MICROCONTROLADOR ARDUINO**

**TRABAJO PRESENTADO EN EL CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA

ASESOR:

KARIO ALEXANDRO VILAFRANCA REYES

TERNA EXAMINADORA:

ING. DARIN RUBY ARGUETA MURILLO (COORDINADOR)

ING. MANUEL ALEJANDRO ELVIR OSORIO

TEGUCIGALPA

HONDURAS, C.A.

ABRIL, 2022

DERECHOS DE AUTOR

© Copyright 2022

JOSSELIN ANDREA OSORIO PONCE

Todos los derechos son reservados

DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado a mis padres por permitirme llegar hasta este punto con su apoyo económico a lo largo de mi carrera universitaria, especialmente a mi madre por ser un pilar fundamental en mi vida, al motivarme en avanzar día a día tanto en lo personal como profesional y por su apoyo incondicional durante todas las adversidades que se presentaron en el camino. También a mi hermana por estar presente durante los buenos momentos e incluso los malos que surgieron, y por animarme constantemente a lograr mis metas.

Josselin Andrea Osorio Ponce

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Centro Universitario Tecnológico CEUTEC, donde gracias al apoyo recibido por medio de una beca académica se me permitió adquirir el conocimiento necesario para desarrollarme como profesional, por su seguimiento y asesorías de Acompañamiento Estudiantil y a todos los docentes de la misma manera muchas gracias.

Josselin Andrea Osorio Ponce

Le agradezco a mi asesor de proyecto, el Ing. Kario Alexander Villafranca Reyes quien, con su experiencia, esfuerzo y dedicación, me ayudó en la preparación y culminación de este proyecto.

Josselin Andrea Osorio Ponce

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo se describe el funcionamiento, el desarrollo e implementación de dos sensores de flujo YF-S201(sensores de Efecto Hall), la placa microcontroladora Arduino UNO, así como los demás componentes electrónicos que ayudaron para la construcción del sistema de detección de fugas de agua en las tuberías de los sistemas hidráulicos domésticos.

El informe está dividido en distintos, capítulos y subcapítulos donde se describe desde los métodos de distribución de agua potable, las causas y consecuencias de las fugas de agua, los métodos de detección existentes, los sistemas domóticos y los distintos materiales que se utilizaron para el desarrollo del prototipo, dando resultados exitosos en la ejecución del mismo.

Con el desarrollo de este prototipo se busca dar una alternativa más económica a implementar en las viviendas como parte de la automatización inteligente que debido a los altos costos de instalación y mantenimiento se ha mantenido estancada.

Palabras clave: sensores de Efecto Hall, Arduino Uno, prototipo, fugas, detección.

ABSTRACT

This paper describes the operation, development, and implementation of two YF-S201 flow sensors (Hall Effect sensors), the Arduino UNO microcontroller board, as well as the other electronic components that helped to build the water leaks detection system in the pipes of domestic hydraulic systems.

The document is divided into different chapters and subchapters where are described from the methods of distribution of drinking water, the causes and consequences of water leaks, the existing detection methods, the home automation systems and until the different materials that were used for the development of the prototype, giving successful results in its execution.

With the development of this prototype, it is sought to provide a cheaper alternative to implement in homes as part of intelligent automation that, due to the high costs of installation and maintenance, has remained stagnant.

Key words: Hall Effect sensors, Arduino UNO, prototype, leaks, detection.

ÍNDICES

Contenido

I. Introducción	1
II. Planteamiento del Problema	3
Antecedentes	3
Definición del Problema	6
Preguntas de Investigación	7
Hipótesis	8
Justificación	9
III. Objetivos	11
Objetivo General	11
Objetivos Específicos.....	11
IV. Marco Teórico.....	12
1. Arduino	12
1.1. Descripción.....	12
1.2. Arduino UNO	12
1.3. Entorno de desarrollo integrado (IDE) para Arduino	14
2. Instalaciones Hidráulicas Domésticas.....	17
2.1. Descripción.....	17
2.2. Componentes	17
2.3. Métodos de distribución de agua potable	19
2.4. Consideraciones para la selección del sistema a utilizar	22
3. Fugas de Agua en tuberías.	24
3.1. Descripción.....	24
3.2. Causas	25
3.3. Consecuencias	27
4. Detección de fugas de agua.....	27
4.1. Métodos de detección de fugas.....	28
5. Sistemas Domóticos.....	33
5.1. Clasificación	33
5.2. Elementos básicos de un sistema domótico.....	36
5.3. Ventajas de los sistemas domóticos.....	42

6.	Adquisición de Datos.....	44
7.	Prototipo.....	45
7.1.	Materiales	45
7.2.	Concepto.....	47
7.3.	Sistema de Detección de Fugas de agua.....	48
V.	Metodología	52
	Población y Muestra	52
	Población.....	52
	Muestra	52
	Unidad de análisis y Respuesta.....	54
	Técnicas e instrumentos aplicados.....	55
	Fuentes de Información.....	56
	Cronología de Trabajo	60
VI.	Resultados y Análisis.....	61
	Encuestas.....	61
	Rentabilidad Económica	70
VII.	Conclusiones	74
VIII.	Recomendaciones.....	75
IX.	referencias.....	76
X.	Anexo.....	79

Índice de figuras

Figura 4.1. Arduino UNO	14
Figura 4.2. Sistema Centralizado	34
Figura 4.3. Sistema Descentralizado.....	35
Figura 4.4. Sistema distribuido	36
Figura 4.5. Sensor de flujo YF- S201	38
Figura 4.6. Tipo lineal.....	41
Figura 4.7. Tipo Umbral	42
Figura 4.8. Conexiones del pulsador y sensores YF-S201	49
Figura 4.9 Conexiones relé, válvula electromagnética y fuente	50
Figura 4.10. Diagrama de conexiones completo.....	51
Figura 5.1. Cálculo de la muestra en STATS	53
Figura 5.2. Fuente primaria n°1	57
Figura 5.3. Fuente primaria n°2	57
Figura 5.4. Fuente secundaria n°1	58
Figura 5.5. Fuente secundaria n°2	58
Figura 5.6. Fuente secundaria n°3	59
Figura 5.7. Fuente secundaria n°4	59
Figura 6.1. Pregunta 1 de encuesta	62
Figura 6.2. Pregunta n°2 de encuesta.....	63
Figura 6.3. Pregunta n°3 de encuesta.....	63
Figura 6.4. Pregunta n°8 de encuesta.....	64
Figura 6.5. Encuesta resultados 1	65
Figura 6.6. Encuesta resultados 2	65
Figura 6.7. Encuesta resultados 3	66
Figura 6.8. Encuesta resultados 4	66
Figura 6.9. Encuesta resultados 5	67
Figura 6.10. Caudales sin presencia de fuga.....	68
Figura 6.11. Condicional de código.....	68
Figura 6.12. Caudales con presencia de fuga.....	69
Figura 10.1. Código del sistema pt.1	81
Figura 10.2. Código del sistema pt.2	82
Figura 10.3. Código del sistema pt.3	83
Figura 10.4. Conexiones del Arduino UNO – Pulsador	83
Figura 10.5. Conexiones Arduino UNO - Sensores YF-S201	84
Figura 10.6. Conexiones Arduino UNO – Relé.....	84
Figura 10.7. Conexiones Relé-Fuente-Válvula.....	85
Conexión 10.8. Conexiones completas	86
Figura 10.9. Prototipo pt.1	87
Figura 10.10. Prototipo pt.2.	87
Figura 10.11. Prototipo pt.3	88
Figura 10.12. Prototipo Completo	89

GLOSARIO

Cisterna: tanque o depósito grande, utilizado para la recolección de agua y que usualmente se encuentra de manera subterránea

CPM: Monitoreo Computacional de tuberías

DDM: Direccionamiento directo de memoria

Dimmers: reguladores del nivel de luz.

DMA: Acceso directo a la memoria

IoT: Internet de las cosas

Open – Source: Software de código abierto, el cual está diseñado para que sea accesible, que permita modificar y distribuir el código a cualquier usuario, conforme a lo que este considere conveniente.

PLC: Control Lógico Programable

PLDs: Dispositivo Lógico Programables, componentes electrónicos empleados en la construcción de circuitos digitales reconfigurables.

Prototipo: primer ejemplar de molde, diseño, o modelo, generalmente expuesto a pruebas de verificación de utilidad.

PVC: Policloruro de vinilo

PVR: Presión de Vapor

RTC: Red Telefónica Conmutada

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente son varios los países que implementan la domótica en sus hogares, debido a los beneficios que esta ofrece, sin embargo, debido a los componentes electrónicos que se utilizan, los circuitos integrados para la realización y control de tareas, incluyendo los gastos de instalación y mantenimiento, la domótica se ha convertido en una verdadera indecisión para aquellos que están relacionados con la temática, ya que los costos excesivos y la falta de conocimiento acerca las posibilidades que les puede brindar la automatización inteligente de sus viviendas no les parece una inversión rentable para realizar, porque son muchas las personas que consideran la domótica los sistemas de “encendido/apagado automático de las luces” sin considerar los sistemas de detección relevantes.

Y es prácticamente por la gran evolución de la domótica, que inicio desde la construcción de los electrodomésticos que llegaron para facilitar las tareas del hogar, los que actualmente son considerados básicos (plancha, lavadoras, secadoras, tostadoras etc.), tales que quedaron en el olvido para considerar como domótica, con la llegada del internet, sumándole los teléfonos móviles y que ahora son pilar en los sistemas domóticos para controlar, manejar desde su palma de la mano la activación de distintos dispositivos de su hogar.

No obstante, en los países que ya es muy habitual la integración de los sistemas domóticos, que incluso ya los toman como requisito para la compra y renta de una casa; que cuente con los más “importantes”: los de seguridad/ acceso de la casa, vigilancia, los de control de iluminación interna/ externa y climatización, olvidándose o no dándole relevancia a los que les ahorraría el tener que pasar por situaciones incómodas y realmente dañinas como lo son las fugas de agua y gas.

Debido a lo anterior y con el propósito de dar como alternativa para mitigar los daños provocados por las fugas de agua en las tuberías de las instalaciones domésticas que puede originarse por distintos factores, sin importar cuales sean, estos siempre acaban en pérdidas económicas por los gastos de compra de muebles, dispositivos eléctricos y electrodomésticos, así como las reparaciones pertinentes.

Además, siendo una problemática muy habitual en las casas del país, se consultó sobre temas relacionados y metodologías que pudiesen aplicarse y contribuir al desarrollo del prototipo de un sistema de detección de fugas de agua en tuberías.

Teniendo como objetivos específicos que apuntan a conocer y comprender la funcionalidad, primordialmente de la placa microcontroladora Arduino Uno al ser la base de la construcción del prototipo, así como los componentes electrónicos necesarios en el sistema propuesto. Destacando la importancia de los sistemas domóticos por sus beneficios y aplicaciones, también de las metodologías para la detección de fugas que aportaran a la viabilidad del sistema de detección de fugas de agua.

Concluyendo en que se espera que el presente informe sea de utilidad para el desarrollo de más sistemas domóticos que tenga como base microcontroladores parecidos al Arduino Uno, aplicables al diseño y construcción de más sistemas que sean una herramienta ventajosa en los hogares y dispongan de funcionalidades que contribuyan al mejoramiento de calidad de vida dentro de las casas de habitación del país.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

ANTECEDENTES

Conforme (Castro González & Vazquez León, 2019), La domótica nace del neologismo francés domotique, procedente de la palabra latina domus (casa) y de telematique (palabra francesa), que significa telecomunicación informática.

Según (González, 1999) se entiende por domótica al conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda, aportando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación, y que pueden estar integrados por medio de redes de comunicación, pudiendo ser controlados desde dentro y fuera del hogar.

Su origen comienza en los 70's cuando comenzaron a salir al mercado, dispositivos de automatización basados en el protocolo de comunicaciones X-10, a partir de ese entonces, proliferó la búsqueda de la "casa ideal", utilizando dispositivos automatizados para el hogar. (Castro González & Vazquez León, 2019)

Los primeros sistemas en incorporarse al mercado, se encargaban del control de temperatura en edificios y oficinas, en los 90's, con el auge de las computadoras personales, se comenzó con la instalación de sistemas de cableado estructurado, para la conexión entre terminales y periféricos dentro de los edificios, además se incorporó la conexión de dispositivos de control y seguridad, a partir de mediados de los 90's, los sistemas instalados en estos edificios, comenzaron a estar presentes dentro de residencias, surgiendo las primeras iniciativas empresariales, para adopción del concepto domótico dentro de la sociedad. (Castro González & Vazquez León, 2019)

Sus principales objetivos son; brindar seguridad (alarmas contra robo, sistemas de vigilancia, detección de fugas, etc.), entretenimiento (control de audio y video, videojuegos interactivos, teatro en casa, etc.), comunicación (videoconferencias, identificador y control de llamadas entrantes y salientes, etc.), comodidad (compras online, electrodomésticos automatizados, etc.) y ahorro energético (iluminación, control, de persianas, ventilación, calefacción, etc.), apreciando que en cada uno de estos campos se pueden tener diferentes aplicaciones. (Castro González & Vazquez León, 2019)

Conforme a (Huidobro J. , 2010) ,el tipo de red para la comunicación domótica conocida como HAN, puede ser del tipo cableada, inalámbrica o por transmisión de datos a través de líneas eléctricas (PLC). De igual forma puede subdividirse de acuerdo al tipo de dispositivos a interconectar, y la función u objetivo de cada uno (red de datos, multimedia y control), pueden estar constituidas por diferentes tecnologías, por lo que muchas empresas se han dedicado a desarrollar protocolos para su integración, estandarización y acceso al bus, de igual manera, es necesario contar con alguna red pública, de esta manera será posible realizar la comunicación hacia el exterior, por ejemplo; la red de Internet, o RTC.

- Red de datos: Establece la conexión entre sí de distintos dispositivos (computadoras, laptop, celulares, etc.), compartiendo el acceso a Internet, impresoras, scanner, etc. (Huidobro J. , 2010)
- Red multimedia: Integra las interfaces de usuario y distribuye el audio y video dentro del hogar, así como cualquier dispositivo destinado al entretenimiento. (Huidobro J. , 2010)
- Red de control: La integran todos los elementos como lo son sensores, actuadores y demás dispositivos para la automatización dentro del hogar, como iluminación, climatización, fugas, alarmas, y electrodomésticos con conexión a Internet. (Huidobro J. , 2010)

Ahora bien, de acuerdo a (Velázquez, 2022), Las fugas también pueden perjudicar la estructura de las construcciones en las que están presentes y propiciar derrumbes o afecciones estructurales que representan grandes pérdidas económicas. En ello recae la importancia de identificarlas a tiempo. Gracias a la tecnología, actualmente es posible detectar fugas mediante varios métodos que ofrecen no solo acortar el tiempo, sino una mayor eficacia.

Y que existen distintas causas, conforme a (SANPIGAS, 2019), quizá estamos acostumbrados a la idea de que solamente las casas viejas son las que presentan este tipo de fugas y humedad, pero incluso en apartamentos nuevos este problema puede llegar a suceder. Una de las causas es que los materiales utilizados no tienen la suficiente calidad por lo que la vida útil de la red de agua puede ser inferior a lo que debería.

En otras ocasiones sucede porque no se ha realizado un mantenimiento correcto de las tuberías. incluso una mala conexión en ellas puede ocasionar todo tipo de problemas, tanto bajas de presión como dificultades de filtraciones y humedades que con el tiempo perjudican la salud de tu hogar. (SANPIGAS, 2019)

Perjudicando otros materiales como pisos, paredes, techos, y sótanos de forma seria, sobre todo si lo que empieza como un pequeño goteo, termina con la rotura de un tubo lo que seguramente aumentará el problema ya que puede crear inundaciones y perjudicar seriamente tu hogar. (SANPIGAS, 2019)

Dentro los beneficios de la detección rápida de fugas de agua, se encuentra que en caso de que tu propiedad sea la causa de que exista humedad en las casas o apartamentos vecinos atenderla rápidamente ayudará a reducir el daño a la propiedad y la responsabilidad legal que puedas llegar a pagar por este tipo de problema. (SANPIGAS, 2019)

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente es frecuente escuchar el termino de domótica, el cual se refiere a la automatización inteligente de las viviendas, por medio del uso de la energía, y así aportar seguridad, confort y comunicación entre el sistema y el usuario; capaz de recolectar información de las entradas, procesarla para luego emitirla a las salidas.

Área que creció conforme a la evolución de la tecnología, mostrando un evidente avance, no obstante, aún son presente diversas dificultades, provocando que la domótica este prácticamente estancada, teniendo como principal obstáculo el precio elevado que conlleva implementarla en las viviendas y su respectivo mantenimiento, que entre más elevado el precio, más robusto y a su vez complejo el sistema. Sistema compuesto por sensores y actuadores en su mayor parte, centrándose en la detección de humo, como prevención de incendios, cerraduras inteligentes por medio de claves o rfid, como prevención de robos, detectores de gas, pero usualmente dejando de lado o minimizando la importancia de la detección de fugas de agua.

Creyendo popularmente que la mayoría de daños provocados por agua es proveniente de las inundaciones causadas por fenómenos naturales y que para ello no hay forma de evitarlo, olvidándose de que puede ocurrir la desafortunada situación de una tubería rota, llaves abiertas o mal cerradas en lo que son en el cuarto de baño, lavandería, cocina, etc. Afectando las demás habitaciones, electrodomésticos, y siendo el peor de los casos, tratarse de un complejo de apartamentos y que por las filtraciones salgan afectados otros residentes; incurriendo así en pérdidas económicas significativas por daños y reparaciones, mismas que son posibles de evitar con la implementación de un detector de fugas de agua, que alerte al usuario estando tanto fuera de la vivienda, como en otra habitación dentro de la misma.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuál es la funcionalidad de la placa de desarrollo Arduino Uno para el desarrollo de sistemas automatizados?
2. ¿Qué elementos electrónicos ayudan a la detección de fugas de agua y como pueden ser aplicados en un sistema automatizado?
3. ¿Como es el diseño del sistema automatizado de cierre de válvula que evitara los daños causados por fugas de agua ?
4. ¿Cuál es el funcionamiento del sistema automatizado en conjunto para la corrección de fugas?
5. ¿Cuál es la rentabilidad económica al implementar el sistema automatizado de detección de fugas?

HIPÓTESIS

- El sistema de detección de fugas de agua brindara una excelente funcionalidad y eficiencia a un menor costo económico en comparación a los sistemas que hay en el mercado actualmente.
- A la hora de detectar una fuga, la corrección de esta misma será con el menor retardo posible para evitar en lo más mínimo la duración de la misma fuga.

JUSTIFICACIÓN

Hoy en día, los avances tecnológicos son parte esencial para guiar y dirigir la vida humana, por el hecho que facilitan aspectos cotidianos del día a día; ese es el objetivo de la domótica que consiste la interacción y comunicación entre sistemas compuestos de distintos dispositivos electrónicos que brinden confort y seguridad. Con el desarrollo de los sistemas domóticos empleando en su mayor parte sensores, actuadores, controladores y canal de comunicación para el envío y recepción de instrucciones, se busca facilitar la calidad de vida de los usuarios dentro de sus viviendas, al ofrecerles control parcial o en algunos casos total de los servicios habitacionales básicos, tales como los de luz y agua, que conforman sus hogares.

Entre los sistemas domóticos mayormente utilizados se encuentran los de control de iluminación de interiores y exteriores, los de climatización que, conforme a la época del año, se encargan de regular la temperatura, luego están los de control de vigilancia/ acceso a la vivienda, o popularmente conocidos como sistema de seguridad, además también son frecuentemente empleados los encargados del encendido y apagado automático de distintos dispositivos dentro del hogar. De acuerdo a lo anterior, se puede deducir que los sistemas domóticos se implementan con el objetivo de contribuir a la eficiencia energética de los hogares.

Sin embargo, la mayoría de estos sistemas son relativamente costosos, sin incluir los costos de instalación y mantenimiento, debido a estos es que las personas optan por solo utilizar uno, de acuerdo a lo que analizan como sus necesidades y características adaptables como favorables con el propósito de optimizar el consumo de servicios energéticos más importantes, restándole importancia a la seguridad de la vivienda, erróneamente considerando suficiente tomar medidas en contra de robos, pero en la parte de seguridad van incluidos los sistemas contraincendios y detección de fugas, parcialmente utilizado solamente el de fugas de gas, dejando de lado o como opción probable para “el futuro” los de fugas de agua.

Considerando lo anterior, se observó la importancia del diseño e implementación del sistema de detección de fugas de agua más asequible en comparación a los que se encuentran actualmente en el mercado, el proyecto consiste en el desarrollo de un prototipo de un sistema de detección de fugas de agua basado en la placa Arduino teniendo como finalidad, como su nombre lo dice detectar fugas de agua para mitigar los daños causados por inundaciones, por medio del cierre de la válvula de registro o suministro del casa habitacional.

El funcionamiento se logrará por medio de programación de los componentes electrónicos necesario, y por supuesto la placa de Arduino, todo con el propósito de mejorar la automatización inteligente de las viviendas. Considerándose parte de la búsqueda constante de maneras que mejoren la calidad vida.

III. OBJETIVOS

Objetivo General

Desarrollar un prototipo de una red o sistema de sensores para la detección de fugas de agua mediante el uso de sensores YF-S201 y el microcontrolador Arduino UNO que permita el cierre automático de válvula de registro en la instalación hidráulica doméstica para mitigar los daños ocasionados por las fugas y como alternativa económica de la automatización de unidades residenciales.

Objetivos Específicos

- Conocer la funcionalidad de la placa de desarrollo Arduino Uno para el desarrollo de sistemas automatizados.
- Explicar los diversos elementos electrónicos que ayudan a la detección de fugas de agua y como estos pueden ser aplicados en un sistema automatizado.
- Dar a conocer el diseño del sistema automatizado de cierre de válvula para evitar los daños ocasionados por las fugas de agua.
- Ver el funcionamiento del sistema automatizado en conjunto para la corrección de fugas.
- Conocer la rentabilidad económica al implementar el sistema automatizado de detección de fugas.

IV. MARCO TEÓRICO

1. Arduino

1.1. Descripción

El arduino es una placa microcontroladora, de hardware libre, a bajo costo en comparación a otros y de uso fácil; desarrollado con el propósito de facilitar el uso de la electrónica en la parte de diseño y aplicación. Existen más de 20 modelos de plataforma Arduino, cada una con sus respectivas características y propiedades, sin embargo, aunque sean modelos distintos al pertenecer siempre a Arduino los hace compatibles entre sí. Son de fácil programación gracias al Arduino IDE, el cual es un software libre, de lenguaje de programación parecido al C++, el cual permite editar, compilar y enviar el programa a la placa Arduino que se esté empleando.

Entre las características comunes que tienen los modelos de Arduino es que se puede conectar a otros objetos interactivos y a otros softwares tales como: LabView, MatLab, Flash, Processing, Max/MSP.

Dentro de los objetos compatibles con Arduino, destacan los sensores, los cuales intervienen en la obtención de datos del entorno, que luego la placa utilizará para emitir la instrucción/ decisión conforme a la programación integrada con anterioridad en la misma, lo cual concluirá en el control de luces leds, motores, actuadores y módulos.

Debido a la sencillez y accesibilidad que posee, la placa microcontroladora Arduino tiene un amplio uso “ en materias relacionadas con la robótica, el control, la adquisición de datos, los diseños interactivos, etc” (Herranz, 2015). Teniendo como única limitación para el desarrollo de diseños y aplicaciones basados en Arduino la imaginación propia.

1.2. Arduino UNO

Arduino UNO es un sistema basado en el microcontrolador de 8 bits AT mega328, de Atmel, un chip sencillo y de bajo costo. Arduino UNO, tiene 14 pines (0 a 13), cada uno de los cuales se puede configurar como entrada o salida digital.

Los pines configurados como salida pueden proporcionar o absorber una corriente de hasta 40 mA, suficiente para excitar multitud de circuitos, sensores, etc. aunque insuficiente para otros, tales como algunos relés, solenoides, motores, etc., para los que es preciso utilizar algún circuito excitador (Herranz, 2015).

Seis de estos pines se pueden configurar también como salidas PWM, lo que permite variando el ciclo de trabajo de la señal cuadrada generada en el pin, obtener una tensión cuyo valor medio puede variar entre 0 y 5 V y así simular una salida analógica sobre una salida digital. La placa incluye un LED conectado al pin 13, lo que permite entre otras cosas utilizarlo como dispositivo de salida en la verificación y depuración de programas. Los pines 0 y 1 de E/S digital se pueden configurar para utilizarse como un puerto serie. Como otras especificaciones tiene 32 KB de memoria Flash, 2KB de memoria SRAM y 1KB de memoria EEPROM (Herranz, 2015).

Considerándose el modelo más emblemático de Arduino, el Arduino UNO es la placa más representativa y reconocida entre los usuarios, tanto que al solo introducir la palabra Arduino en algún navegador de internet, la primera sección en los resultados son imágenes de este modelo. Poseyendo todo lo necesario tanto para adentrarse en los proyectos basados en esta placa, es decir, siendo prácticamente un principiante, como en el desarrollo de sistemas complejos. La placa Arduino UNO tiene todo lo necesario para conocer y familiarizarse con sus características, componentes, programación etc. Siendo suficiente solo un ordenador conectado a través de un cable USB o una fuente de alimentación (recomendablemente entre 7 a 9 V) para trabajar con él.

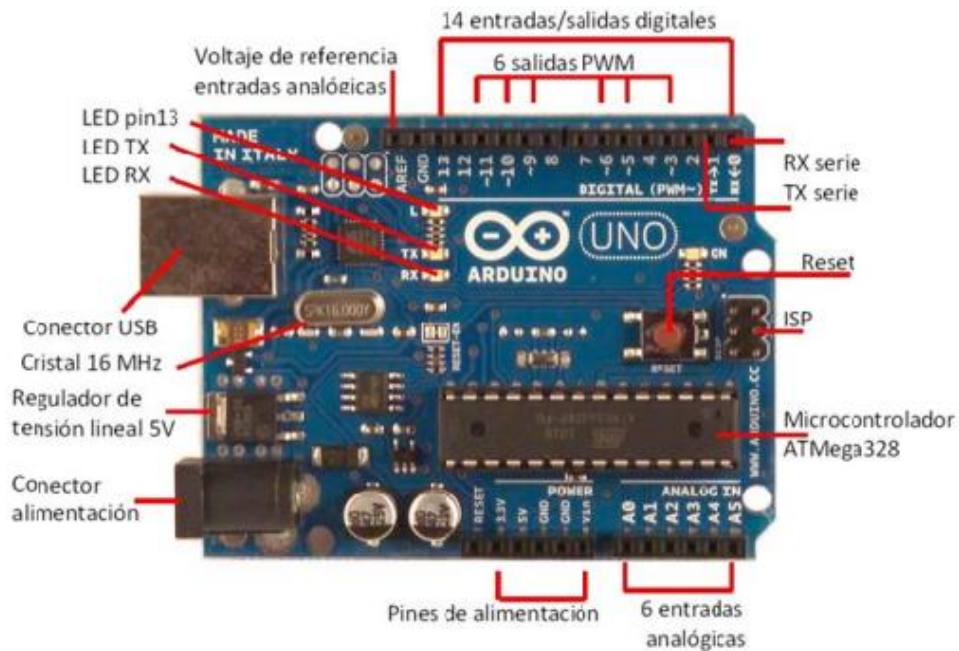


Figura 4.1.Arduino UNO

Fuente: (Herranz, 2015)

1.3. Entorno de desarrollo integrado (IDE) para Arduino

De acuerdo a (Herranz, 2015):

El entorno de desarrollo integrado (IDE) para Arduino, es una herramienta desarrollada en Java, por lo que puede utilizarse con distintos sistemas operativos: Windows, Mac OS X y Linux, es un software abierto que se puede descargar desde la página principal de Arduino. El IDE permite la edición y compilación de programas en el lenguaje de Arduino, y cargarlos en la placa para que sean ejecutados. El entorno incluye multitud de ficheros de programas de ejemplo de utilización. También dispone de una ventana tipo Terminal, para la comunicación por el puerto serie de las placas Arduino.

Utilizando un lenguaje similar al C++ para escribir los programas para Arduino en el entorno IDE, también conocidos como sketches.

Los sketches poseen: la función `setup()`, la cual es la primera función en ejecutarse, es donde se incluyen las inicializaciones, variables, parámetros etc; también la función `loop()` como su nombre en inglés lo dice, es donde se incluye la parte del programa que se necesita ejecutar en ciclos, para ser específicos, en bucle infinito; principalmente la lectura de entradas, la activación de salidas, comprobaciones.

No obstante, esto no indica, que los programas escritos deban regirse solamente de estas dos funciones, los usuarios pueden crear e incluir más funciones conforme a la información proporcionada en el sitio web oficial de Arduino, mismo que dispone un conjunto de librerías básicas para Arduino, que facilitan el manejo de datos y el hardware en sí.

También (Herranz, 2015), nos resume las instrucciones y variables del lenguaje de programación en las siguientes tablas:

<p>Estructura básica de un programa</p> <pre>void setup() void loop()</pre> <p>Estructuras de control</p> <pre>if() if()...else for() switch()...case while() do()... while break continue return goto</pre> <p>Sintaxis</p> <pre>;(punto y coma) {} (llaves) // (comentario línea</pre>	<p>Operadores compuestos</p> <pre>++ (incremento) -- (decremento) += (suma compuesta) -= (resta compuesta) *= (multiplicación compuesta) /= (división compuesta) &= (AND bit a bit compuesto) = (OR bit a bit compuesto)</pre> <p>Constantes</p> <pre>HIGH LOW INPUT OUTPUT true false</pre> <p>Tipo de datos</p> <pre>void boolean char</pre>	<p>Funciones E/S digitales</p> <pre>pinMode(pin, [INPUT, OUTPUT]) digitalWrite(pin, valor) int digitalRead(pin)</pre> <p>Funciones E/S analógicas</p> <pre>int analogRead(pin) analogWrite(pin, value) analogReference([DEFAULT, INTERNAL, EXTERNAL])</pre> <p>Funciones E/S avanzadas</p> <pre>tone(pin, freqhz) tone(pin, freqhz, duración_ms) noTone(pin) shiftOut(pinDatos, pinRelej, [MSBFIRST,LSBFIRST], valor) shiftIn() unsigned long pulseIn(pin, [HIGH,LOW])</pre> <p>Funciones de tiempo</p>
<pre>única) /* */ (comentario multilínea) #define #include</pre> <p>Operadores aritméticos</p> <pre>= (asignación) + (suma) - (resta) * (multiplicación) / (división) % (módulo)</pre> <p>Operadores de comparación</p> <pre>== (igual que) != (no igual que) < (menor que) > (mayor que) <= (menor o igual que) >= (mayor o igual que)</pre> <p>Operadores booleanos</p> <pre>&& (AND) (OR) ! (NOT)</pre> <p>Punteros</p> <pre>* (valor: seguir puntero) & (referencia: obtener puntero)</pre> <p>Operadores a nivel de bit</p> <pre>& (AND bit a bit) (OR bit a bit) ^ (XOR bit a bit) ~ (NOT bit a bit) << (desplazamiento a la izquierda) >> (desplazamiento a la derecha)</pre>	<pre>unsigned char byte int unsigned int word long unsigned long short float double sizeof string array</pre> <p>Conversiones</p> <pre>char() byte() int() word() long() float()</pre> <p>Calificadores</p> <pre>static //persiste entre llamadas volatile //usa la RAM const //solo lectura PROGMEM //usar la flash</pre> <p>Bits y Bytes</p> <pre>lowByte(x) highByte(x) bitRead(x,bitn) bitWrite(x, bitn, bit) bitSet(x, bitn) bitClear(x, bitn) bit(bitn)</pre>	<pre>unsigned long millis() delay(milisegundos) delayMicroseconds(microsegundos)</pre> <p>Funciones matemáticas</p> <pre>min(x, y) max(x, y) abs(x) constrain(x, a, b) map(val, deBAJO, deALTO, aBAJO, aALTO) pow(base, exponente) sq(x) sqrt(x) sin(rad) cos(rad) tan(rad)</pre> <p>Funciones números aleatorios</p> <pre>randomSeed(semilla) long random(max) long random(min, max)</pre> <p>Interrupciones Externas</p> <pre>attachInterrupt(interrupt, func, [LOW, CHANGE, RISING, FALLING]) detachInterrupt(interruption) interrupts() noInterrupts()</pre> <p>Comunicaciones serie</p> <pre>Serial.begin(baudios) int Serial.available() int Serial.read() Serial.flush() Serial.print(datos) Serial.println(datos)</pre>

Tabla 1.3.1: Tabla resumen de instrucciones y variables del lenguaje de programación para Arduino.

Fuente: (Herranz, 2015)

2. Instalaciones Hidráulicas Domésticas

2.1.Descripción

El Instituto Politécnico Nacional (2017) afirma:

Son un conjunto de tuberías y conexiones de diferentes diámetros y diferentes materiales; para alimentar y distribuir agua dentro de la construcción, esta instalación surtirá de agua a todos los puntos y lugares de la obra arquitectónica que lo requiera, de manera que este líquido llegue en cantidad y presión adecuada a todas las zonas húmedas de la edificación también constará de muebles y equipos. Estas instalaciones pueden ser dentro de la distribución de un edificio, en condiciones separadas y colectivas. Teniendo la función de abastecer de agua los diferentes tipos de edificaciones y dentro de estos, proceder a la distribución de ella hasta el último elemento o aparato sanitario que la necesite.

Entendiendo que tienen como propósito principal el suministra y distribuir agua potable con la presión, cantidad y calidad adecuada en todo momento a través del conjunto de tuberías, accesorios y estructura de la edificación al área/ habitación requerida.

2.2. Componentes

Dentro de los componentes de una instalación hidráulica domesticas se encuentran:

- **Tuberías:**

El conjunto formado por los conductos de sección circular (tubos) y su sistema de unión o ensamble. Denominándole tubería al conducto comprendido entre dos secciones transversales del mismo diámetro. Siendo específicamente un conjunto de tubos que se unen en diversos puntos denominados nudos o uniones. (Castillejos Rosales, 2010).

Existen distintos tipos de materiales para la fabricación de las tuberías, de los cuales son más empleados: el acero, plástico (PVC), concreto presforzado, hierro fundido, y polietileno de alta densidad.

La selección del tipo de tubería de acuerdo al material dependerá de la resistencia mecánica, durabilidad, capacidad de conducción, resistencia a la corrosión, la calidad del agua que aporte y economía de costos de compra, transporte e instalación.

- Piezas Especiales:

“ Se le conoce como piezas especiales a los accesorios de tuberías que permiten realizar cambios de dirección, conexiones entre tuberías de distintos diámetros y material, así como ramificaciones e intersecciones “ (Castillejos Rosales, Jehu, 2010).

Al igual que las tuberías, se fabrican con distintos tipos de materiales (PVC, hierro fundido, polietileno de alta densidad, acero y concreto presforzado), incluso los mismo fabricantes de las tuberías ofrecen dentro de sus productos estos accesorios como lo son : los codos, tées, empaques, tapas, reducciones, adaptadores, coples y anillos.

- Válvulas:

Son dispositivos mecánicos utilizados para detener, iniciar y controlar el flujo dentro de las tuberías. Pueden ser manipuladas manualmente, automáticamente o semiautomáticamente, además al tener una gran variedad de tipos y propósitos son empleadas en los sistemas de manera de aislamiento y/o seccionamiento de tramos, es decir para cortar o separar secciones o ramificaciones en las tuberías, bombas y algún otro dispositivo de control presente en la red de suministro de agua potable ya sea para la revisión o reparación (Castillejos Rosales, Jehu, 2010).

Poseyendo una significativa clasificación dependiendo su propósito en la instalación se encuentran desde las válvulas de compuerta, de mariposa, de altitud, de tipo globo, de presión, de admisión y expulsión de aire, de retención, de vaciado, y de esfera.

- Tanques de distribución

“Conociéndoles como depósitos, reservorios u objetos donde almacenar el agua que proviene de la fuente; permiten regular la distribución y prever fallos en el suministro”(Castillejos Rosales, Jehu, 2010).

Teniendo como características la habilidad de regular por medio de reservar cierto volumen de agua para aquellas ocasiones que la demanda incrementa o como prevención de ocurrir alguna falla desde el suministro de la fuente y posicionándolo en un punto elevado o bajo (cisterna) dependiendo de la dimensión de la instalación hidráulica.

2.3. Métodos de distribución de agua potable

Antes de optar por algún sistema de distribución de agua potable a emplear en la instalación doméstica, se debe realizar un análisis de los factores que influirán en la misma, como lo son la continuidad de suministro desde la fuente, el gasto y la presión requerida.

De los criterios a tomar en consideración para seleccionar el método más conveniente a utilizar en la instalación, es como se mencionó anteriormente, la continuidad del suministro de la fuente, es decir, si la distribución del servicio del agua es continua o si solamente llega en algunos días por un lapso de horas, caso común en Centroamérica. Conforme al gasto, se refiere que en ocasiones el gasto de red de distribución del agua puede ser irregular o regular, concluyendo que sea insuficiente o suficiente para el abastecimiento de todos los puntos de la instalación hidráulica. Concluyendo con que la presión entregada por la red de distribución sea optima, en el mejor de los casos, o que sea inadecuada para las necesidades de la edificación es por ello que se busca y emplea un sistema que mejore este factor y demás factores, para así lograr el abastecimiento idóneo del inmueble o inmuebles.

Entonces conforme a las necesidades y requerimientos de la casa habitacional o edificio y las particularidades de la red de distribución del servicio del agua, se puede seleccionar alguno de siguientes métodos de distribución de agua potable:

- Sistema de distribución por gravedad:

En el sistema de distribución por gravedad, el agua proveniente de la red de distribución o fuente, llega hasta el tanque que está elevado y por efecto de la gravedad, como su mismo nombre lo establece, repartiendo el agua a todos los puntos y áreas establecidas en la instalación hidráulica; distribuyéndola con la presión adecuada y constante.

Conforme a (Castillejos Rosales, Jehu, 2010):

Este es el sistema más confiable y se debe utilizar siempre y cuando se disponga de cotas de terreno lo suficientemente alto para la ubicación del tanque elevado, para asegurar la presión requerida en la instalación. La altura del tanque elevado estará en función de la presión requerida por el mueble más desfavorable.

Teniendo un diseño sencillo, este tipo de sistema está fundamentado por la mecánica de fluidos. Además, contando con una variedad de elementos que van desde el tanque elevado, líneas de alimentación y ramificaciones (tuberías), piezas especiales para la unión y seccionamiento, y bombas.

- Sistema de distribución a presión:

También conocidos como sistemas hidroneumáticos tienen la particularidad de que funcionan con dos de las sustancias vitales del planeta Tierra: el agua y el aire. Es técnicamente una versión moderna del sistema de distribución por gravedad o tanque elevado, teniendo como objetivo distribuir el agua de manera satisfactoria, para que esté disponible en toda la instalación (Castillejos Rosales, Jehu, 2010).

Su funcionamiento se basa en la elasticidad volumétrica del aire cuando es sometido a presión.

Cuenta con los elementos de tanque de presión, equipo de bombeo, tubería, válvulas y demás accesorios especiales. El método consiste en que el agua proveniente de la fuente de suministro es impulsada por el equipo de bombeo hacia el tanque de presión, al entrar en el tanque se incrementa el nivel del agua, se comprime el aire dentro del tanque y por consecuencia, se aumenta la presión en este. Luego llegando al punto determinado, el tanque tiene la capacidad suficiente para distribuir el agua necesaria a la instalación.

Para el diseño de este sistema hay que determinar y/o seleccionar factores como: la presión máxima y mínima, el gasto, la capacidad del equipo del bombeo y el tamaño del tanque todo conforme a los requerimientos de la instalación.

- Sistema por bombeo

Se refiere aquellas instalaciones en las que para que el agua viaje por las tuberías en todo momento y en por cualquier ramificación o sección sin importar la diferencia de cotas, es necesario contar con un equipo de bombeo que aporte la energía adicional desde una estación hasta llegar a cualquier otro mueble sanitario por más elevado que este desde el punto que se encuentra la cisterna o tinaco (Castillejos Rosales, 2010).

2.4. Consideraciones para la selección del sistema a utilizar

Para la elección del sistema de distribución a emplear, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Determinación del caudal del diseño (Qd)

Siendo el aspecto principal del diseño de la instalación, ya conociendo el gasto máximo de la casa de habitación o edificación, se puede determinar el volumen requerido con facilidad y exactitud, no obstante, es importante analizar el tipo de edificación al cual se le diseñara la instalación hidráulica, para ello existen diversos métodos para determinar el gasto máximo exacto para las distintas áreas que componga el sistema, entre ellos los que más destacan son los métodos empíricos, donde al análisis se le aplican criterios bajo el juicio y experiencia con una cantidad de muebles y aparatos sanitarios parecida a desarrollar esta vez, luego están los métodos probabilísticos, que como su mismo nombre lo dice, está basado en el estudio probabilístico matemático, y derivándose de este otros métodos más aceptados y comprobados por instituciones. Aun así, cuando no se tiene un método estandarizado como método probabilístico es aún más exacto y preciso que el método empírico, el cual solo se recomienda utilizar cuando la instalación hidráulica debe abastecer el interior de edificaciones con pocos muebles y aparatos.

- Determinación de diámetro, velocidad y presión en la instalación

Si bien, Castillejos Rosales (2010) afirma:

La determinación del diámetro de conducción depende principalmente del flujo que se desea conducir y de la velocidad con la que el líquido se desplaza dentro de las tuberías. Aunque se permiten velocidades en la mayoría de los materiales, hasta de 5 m/s, lo ideal es no exponer el material de la tubería a esas velocidades debido al fenómeno del golpe de ariete, y a la erosión que el agua causa al material del tubo.

MATERIAL DEL TUBO	VELOCIDAD PERMISIBLE	
	MINIMA (m/s)	MAXIMA (m/s)
Concreto Simple hasta 45 cm	0.3	3.0
Concreto Reforzado de 45 cm o Mayores	0.3	3.5
Asbesto Cemento	0.3	5.0
Acero Galvanizado	0.3	5.0
PVC	0.3	5.0
Polietileno AD	0.3	5.0

Tabla 2.4.1: Tabla de velocidades permisibles por tipo de material.

Fuente: (Castillejos Rosales, 2010)

Recomendándose utilizar una velocidad constante para toda la instalación, donde el agua que pase por las tuberías no se estanque ni fluya demasiado rápido para evitar que ocurra una erosión en el conducto, empleándose comúnmente velocidades entre 1.5 a 2.5 m/s.

Para evitar pérdidas o desperdicios elevados, se recomiendan las siguientes velocidades por diámetro comercial:

DIAMETRO (pulg.)	DIAMETRO (m)	VELOCIDAD (m/s)
1/2"	13mm	0.9
3/4"	19mm	1.3
1"	25mm	1.6
1 1/4"	32mm	2.2
1 1/2"	38mm	2.5

Tabla 2.4.2. Tabla de velocidades recomendadas.

Fuente: (Castillejos Rosales, 2010)

Además conforme a las velocidades permisibles referenciadas Castillejos Rosales (2010) propone:

La matriz de unidades de descarga, la cual nos permite dimensionar rápidamente a las tuberías en función del gasto, es la siguiente:

Ø mm	VELOCIDAD (m/s)	GASTO (m ³ /s)	GASTO (lps)
13	0.9	0.000147647	0.147646877
19	1.3	0.000433254	0.433253705
25	1.6	0.000902365	0.902364759
32	2.2	0.001857943	1.857943015
38	2.5	0.002953761	2.953760694
50	2.5	0.00511278	5.112780009
60	2.5	0.007885665	7.885665172
75	2.5	0.011256962	11.25696161
100	2.5	0.019614927	19.61492746
150	2.5	0.045603664	45.60366363

Tabla 2.4.3: Matriz de unidades.

Fuente: (Castillejos Rosales, Jehu, 2010)

Luego para la determinación de la presión, se debe considerar el material de fabricación de las tuberías dentro de la instalación hidráulica doméstica, porque no debemos de dar por hecho que la misma presión que soportan las tuberías de acero será la misma que soporten las fabricadas en PVC. Aun así, al tratarse de instalaciones domesticas / domiciliarias y no de nivel industrial se puede tomar dentro del rango de 1 kgf/cm² como mínima y 4 kgf/cm² como máxima.

Manteniendo presente que Castillejos Rosales (2010) argumenta:

“La presión máxima en cualquier punto de la instalación, incluyendo la diferencial de presión a considerar, no debe ser mayor de 6.0 Kg/cm “.

3. Fugas de Agua en tuberías.

3.1.Descripción

Las fugas de agua en tuberías es algo que no se puede evitar, son situaciones que no suelen suceder tan seguido pero se dan a causa de distintos factores, pero que es exactamente una fuga; Espinosa (2021) menciona:

“Las fugas de agua son escapes de agua muy frecuentes en las casas”

Observándolo de un punto más técnico se puede entender como fuga de agua, una salida o escape de agua no controlada en cualquier punto no determinado y de difícil localización al tratarse de tuberías que están bajo suelo. Al tratarse de filtraciones, grietas no deseadas y que permiten el paso del agua pueden derivarse una serie de problemas graves y costosos, al dañar paredes, pisos, mueble y en el peor de los casos propiedad ajena.

3.2. Causas

Las fugas de agua en tubería pueden suceder a causa de varios motivos entre ellos:

- Por causas externas:

Entre los factores externos que pueden provocar el deterioro u daño de las tuberías, por ende, fugas de agua, pueden ser agentes que prácticamente están fuera de nuestras manos, inclusive tomarse como causas naturales al tratarse principalmente por aparición, o mejor dicho existencia de raíces de árboles, y de ello teniendo la posibilidad de daño en otro punto de la instalación por el mismo peso del árbol que puede que se encuentre por encima de las tuberías y producir sobrecarga en ellas.

Además de lo anterior es probable que aparezcan fugas de agua por terremotos que son los principales causantes de roturas en tuberías por muy reciente y de buena calidad que sea la instalación, también otros causantes de fugas de agua, hasta más común de lo que uno podría pensar, son los roedores. Por último, podríamos destacar la presencia y roce continuo con otra línea tuberías, que no cumpla con los estándares.

- Defectos por el material:

Principalmente la selección y utilización de material inadecuado u baja calidad, cayendo sin duda alguna en el trillado refrán “lo barato sale caro”, es por ello que una buena inversión puede reducir las posibilidades de fugas, pero no por completo, esto si será una manera de ralentizar el desgaste de las tuberías por el paso de los años, pero llegará a un punto donde la instalación será muy vieja y ocurrirán fisuras, por la misma causa, por ser tuberías viejas que terminaran en fugas si no se cambian a tiempo.

- Por operación:

Dentro del aspecto de causas por operación, está incluida la aparición repentina de presión elevada, sucediendo usualmente en los sistemas de presión y bombeo debido a una falla en la bomba, lo cual provoque que la presión del agua aumente de manera que las tuberías no lo soporten, porque ya es de nuestro conocimiento que durante el desarrollo y diseño de la instalación hay que considerar el diámetro de la tubería, la velocidad y presión del agua, y si esta cambia significativamente y en cantidad, si se podría decir no planea, es lógico que cause vibraciones y fuerzas no previstas y en consecuencia fugas de agua.

- Por instalación:

Si, otra de las causas comunes de las fugas de agua, es la incorrecta instalación, iniciando por confiarle la instalación hidráulica a alguien no profesional, porque, aunque la instalación parezca de lo más simple, como simples conexiones de tubos, no es así, al igual que otro tipo de instalaciones se requiere de profesionales en el área, para evitar errores en la determinación de diámetro, velocidad, presión, la selección de material y las uniones. Otro factor que puede implicar en las causas por instalación es el terreno y/o lugar a realizar la instalación hidráulica y no darle la relevancia correspondiente.

3.3. Consecuencias

Ya observamos que las fugas en instalaciones hidráulicas se pueden deber a una variedad de factores, pero no importando que las provoque, siempre tendrán las mismas consecuencias si no son atendidas a tiempo, o en el menor lapso posible. Sin importar el tamaño de la fisura o el punto donde ocurra, las fugas de agua comparten el hecho de producir problemas tales como: pérdidas de agua, incurriendo en aumento en la factura del servicio, problemas de humedad en las paredes y suelo de la casa habitacional, ocurriendo comúnmente por un fuga que puede ser pequeña pero al no ser detectada provoca esta clase de daños en el inmueble, de igual forma producen daños en la infraestructura, que algunos caso, puede acabar en derrumbes por el aflojamiento de la tierra.

Aun así, concluyendo, en pocas palabras la serie de problemas consecuentes por las fugas de agua acaban en pérdidas económicas, debido a los gastos correspondientes a realizar para la compra y reparaciones respectivas.

4. Detección de fugas de agua.

La detección de fugas en instalaciones hidráulica no es algo fácil de hacer, más al tratarse de conductos entre las paredes o bajo suelo del inmueble, no obstante, aun así, no se le debe contrarrestar importancia a la detección temprana de fugas de agua, porque, si es cierto que no hay método preciso para evitarlas por completo, pero el detectarla en el menor tiempo posible es lo más favorable para evitar pérdidas mayores.

En Honduras, actualmente es muy común que las casa de habitación y los complejos de apartamento empleen los sistemas de distribución a presión y por bombeo en sus instalaciones hidráulicas, lo cual se debe a que la red de suministro del servicio de agua no es continua, y para garantizar tener dentro de los hogares el agua suficiente para suplir las necesidades básicas optan por el uso de cisternas y por ende el equipo de bombeo respectivo. Sin embargo, este tipo de sistema o método de distribución son los más susceptibles a presentar fugas de agua.

Es por ello que se debe considerar relevante la implementación de la detección de fugas como sistema domótico que garantice la reducción de daños al proveer seguridad en el aspecto de detección temprana y un lapso corto en caso de una o varias fugas de agua.

En varios países, es inclusive requisito demostrar que se posee un sistema de detección de fugas para obtener permiso de funcionamiento, con el propósito de reducir las pérdidas de agua, económicas y hasta sociales como producto de una fuga. Sistema que además de detectar la fuga, debe alertar y facilitar la localización de la misma.

Para ello existe una diversidad de métodos que facilitan las tareas del sistema de detección y que se adapte a las propiedades del sistema de distribución empleado en la instalación hidráulica de la edificación.

4.1. Métodos de detección de fugas

Conforme a la norma API 1130, Calderón Carrillo (2012) menciona que existen distintos métodos para la detección de fugas entre ellos:

Métodos directos: en estos la detección se realiza por observación, con sensores o escáner que se ubican a lo largo o dentro del ducto, con el objetivo de inspeccionar la integridad de las tuberías de la instalación.

Aun así, dentro los métodos directos, existe una clasificación que incluye:

- **Visual convencional:** tratándose este como el método más antigua que se conoce y como su mismo nombre lo detalla, “convencional” y su vez ambiguo, porque consiste en inspeccionar el punto o área de donde se sospeche que está ocurriendo la fuga.

En este método se leen los manómetros de los puntos o canastillas donde se encuentran las válvulas de venteo para ubicar mejor la sección de la fuga, inspeccionan fuentes de agua como riachuelos o vertientes donde se puede identificar trazas de combustible de la fuga (Calderón Carrillo, 2012).

- Identificación por análisis de frecuencia de la señal de fuga:

Se realizan mediante la instalación de acelerómetros (vibración) o micrófonos especializados a lo largo de la tubería en su parte exterior, que utilizan la tecnología de emisiones acústicas o vibratorias de baja frecuencia que genera el escape de líquido durante la fuga (Calderón Carrillo, 2012).

El método consiste en analizar las vibraciones o ruido excluyendo las frecuencias que la fuga o fugas produce, usualmente durante el testeado se incluyen sensores que son instalados en las partes baja y así detectar los puntos posibles de la fuga, haciendo énfasis en posibles no exactos, aun que el sistema en su totalidad resulte muy costoso dependiendo la distancia a que se instalen los sensores, eso no garantiza que entregue resultados precisos.

- Detección por medio de sensores de cable:

Consiste la utilización de cables formados por 3 hilos, dos cerrados y uno de alarma, concéntricos aislado por un polímero, estos cables se ubican bajo tierra a junto a las tuberías de la instalación y cuando ocurre una fuga, ya sea de gas o líquido, el hilo de alarma cierra, y el cambio en la impedancia en el circuito por el cierre del mismo, es el que nos presenta la ubicación de la fuga.

Una variante de este método se realiza con fibra óptica que ante la presencia de hidrocarburos cambia su índice de refracción que es registrado por un sensor óptico que nos da una lectura de ppm de hidrocarburo a en los puntos de fuga (Calderón Carrillo, 2012).

- Detección por medio de sondas instrumentales:

Conforme a Calderón Carrillo (2012) :

Las Sondas Instrumentadas son herramientas Inteligentes que viajan dentro del ducto (comúnmente llamados "diablo" o "pig" instrumentado) inspeccionando la integridad de la tubería (espesor de pared, fisuras y agujeros), algunas funcionan con una corona de sensores que detectan pérdida de flujo magnético y otras con ultrasonido, solo se puede obtener el servicio no el escáner y dicho servicio no es inmediato. Los métodos directos resultan muy costosos en relación a los indirectos y deben realizarse las adecuaciones necesarias para su envío y recepción (Trampas para envío y recepción) y cambiar posibles puntos donde pueda quedar atrapada la sonda como codos de diámetro reducido y aplastamientos de tubería, se recomienda este tipo de inspección cada 5 años, aun si se tiene un sistema de detección de fugas de otro tipo.

Métodos indirectos o analíticos: También llamados "Monitoreo computacional de tuberías" (CPM), en los que la detección se realiza por el análisis y tratamiento de datos de las mediciones de parámetros de la operación como flujo, presión, densidad temperatura etc. (Calderón Carrillo, 2012).

Al igual que el método directo, el indirecto o analítico se divide en:

- Por balance de línea: en esta categoría entran aquellos sistemas de detección que consisten en determinar el diferencial de volúmenes entregados por la entrada y la salida; conociéndolos también por los nombre de balance de volumen, balance compensado de masa, balance de modificación de volumen, donde la diferencia de los valores entregados se comparará con un umbral previsto a base las condiciones estándar.

- Modelo de transitorio de tiempo real:

En estos métodos se modela el comportamiento del ducto en tiempo real, se adicionan datos a más del flujo y presiones se tienen especificaciones del producto (densidad, viscosidad, PVR, módulo de compresibilidad), propiedades de la tubería (longitud, diámetro, espesor, rugosidad), características de la trayectoria y del proceso (Topología, temperatura, bombas, válvulas, ubicación), el software calcula los valores característicos del modelo, incluso durante los transitorios del sistema y los compara con los medidos utilizando una técnica de conservación de la masa, en cuanto encuentra un desbalance de la misma determina la existencia de una fuga. (Calderón Carrillo, 2012)

- Seguimiento de variables presión y flujo.

Se monitorean los datos de flujo y presión, se examina la relación entre los resultados de diversos sensores y se aplica un algoritmo para determinar su desviación que supere el límite de control y mediante un motor de inferencia indican si existe alguna fuga (Calderón Carrillo, 2012).

Dentro de esta categoría entra los métodos de medición de caudal y presión, ya que al instalar sensores cerca de las válvulas o uniones se podrán comparar los datos de entrada y salida, y si estos no coinciden, serán indicador de que hay pérdidas de caudal o presión en ese tramo o segmento. Siendo necesario poseer un dispositivo que sea capaz de medir, almacenar los datos recaudados y transmitirlos.

- Acústica y onda de presión:

Correspondiente a esta categoría Calderón Carrillo (2012) afirma:

Esta técnica se aprovecha de las ondas de expansión que se produce cuando ocurre una fuga. La salida de producto ocasiona una disminución repentina de la presión en la tubería en el sitio de la fuga. La fuga genera ondas de presión negativa en ambos sentidos, que son medidas por transmisores de presión, la cual es informada al sistema de monitoreo que determina si esta caída de presión es o no una fuga. De manera similar la fuga provoca una onda de transmisión de sonido que oscila entre 1 MHz hasta por debajo de 1 kHz , que puede ser localizada después que se filtre el ruido que la acompaña.

Aquí destacan los procedimientos de medir el ruido y la vibración, en el primer proceso se utilizan micrófonos para determinar el punto exacto de la fuga, porque al tratarse de un sistema de distribución a presión o bombeo, cuando ocurre una fuga por una fisura o unión, por la misma presión que moviliza el agua dentro de las tuberías se produce ruido por fuga, pero esto no es un procedimiento de monitoreo continuo, solo es aplicable al tenerse sospecha de existencia de alguna fuga, razón que no lo convierte en la técnica más rentable, ya que los equipos y tecnología utilizada para identificar por medio del ruido es costosa.

En contra parte está la medición de vibración que solamente se requiere un punto específico para monitorear ya que no calcula algún desequilibrio, sino que los niveles de vibración de los tramos, porque las fugas no solamente producen ruido debido a la presión, también a causa de esta las tuberías tiemblan significativamente.

- Análisis estadísticos:

Estos análisis varían mucho en el método de clasificación, pero básicamente lo que realizan es tomar datos de presión y el flujo de entradas y salidas con los cuales se definen el gradiente hidráulico y comportamiento de las tuberías, que son estadísticamente evaluados en tiempo real, con y sin la presencia de los patrones asociados con una fuga. Una probabilidad de valor se le asigna si el evento es una fuga o no. (Calderón Carrillo, 2012)

Para obtener datos como desequilibrios de volumen o presión, así como de operaciones normales solo es de utilizar la instrumentación adecuada que ayude a determinar la o las fugas de agua en las tuberías de distribución.

5. Sistemas Domóticos

Continuando con los métodos y/ o procesos útiles en la detección de fugas de agua, es inevitable no mencionar la domótica o específicamente los sistemas domóticos, ya que la detección de fugas de agua no solamente se debe relacionar a lo industrial, también entre en el área doméstica, a la seguridad y bienestar de las casa de habitación, lo cual es el objetivo principal de la domótica.

5.1. Clasificación

Para entrar en relación con la detección de fugas de agua es esencial conocer sobre la clasificación de los sistemas domóticos, que conforme al tipo de topología de la arquitectura de red de control será las conexiones de red y dispositivos; teniendo:

Sistemas centralizados:

Caracterizados por la existencia de un nodo único, el cual es el encargado de recibir, procesar y enviar la información de las acciones tomadas, todo con dependencia del nodo total.

(González & León, 2019)

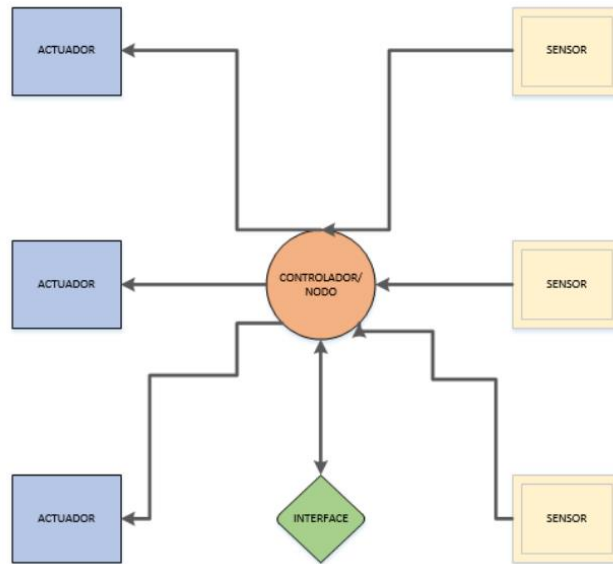


Figura 4.2. Sistema Centralizado

Fuente: (González & León, 2019)

Los sistemas centralizados establecen conexión entre sensores, actuadores y el módulo central; siendo los sensores los encargados de enviar la información al nodo central, el cual seguido a esto se encarga del procesamiento y toma de decisiones, las cuales enviara luego al o los actuadores.

Sistemas descentralizados:

Caracterizados por la independenciam de los dispositivos conectados a la red, compartiendo el mismo canal de información, al ser un sistema de fácil ampliación permite que sean retirados o integrados nuevos dispositivos, sin afectar el funcionamiento del sistema. Aun así, para que el sistema realice las acciones coordinadas es necesario que el mismo conste de un protocolo adecuado.

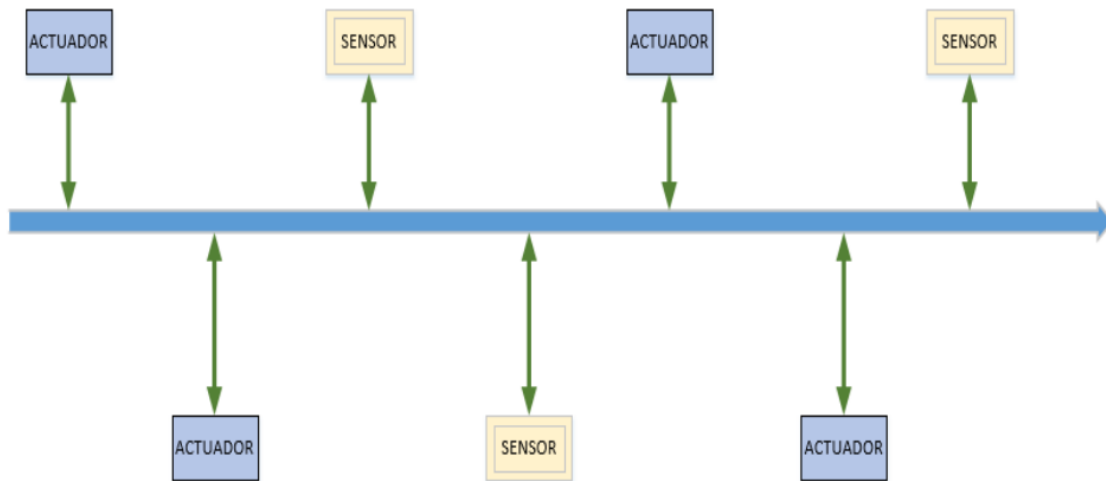


Figura 4.3. Sistema Descentralizado

Fuente: (González & León, 2019)

Sistemas distribuidos:

Se caracterizan por contar una red multimedia y de datos de arquitectura distribuida, presentando más de un nodo de control, donde cada nodo posee una función de administración específica, estando cada uno de ellos conectados a una serie de dispositivos que comparten características similares y de igual forma que los sistemas descentralizados requieren de un protocolo para la realización de las acciones coordinadas.

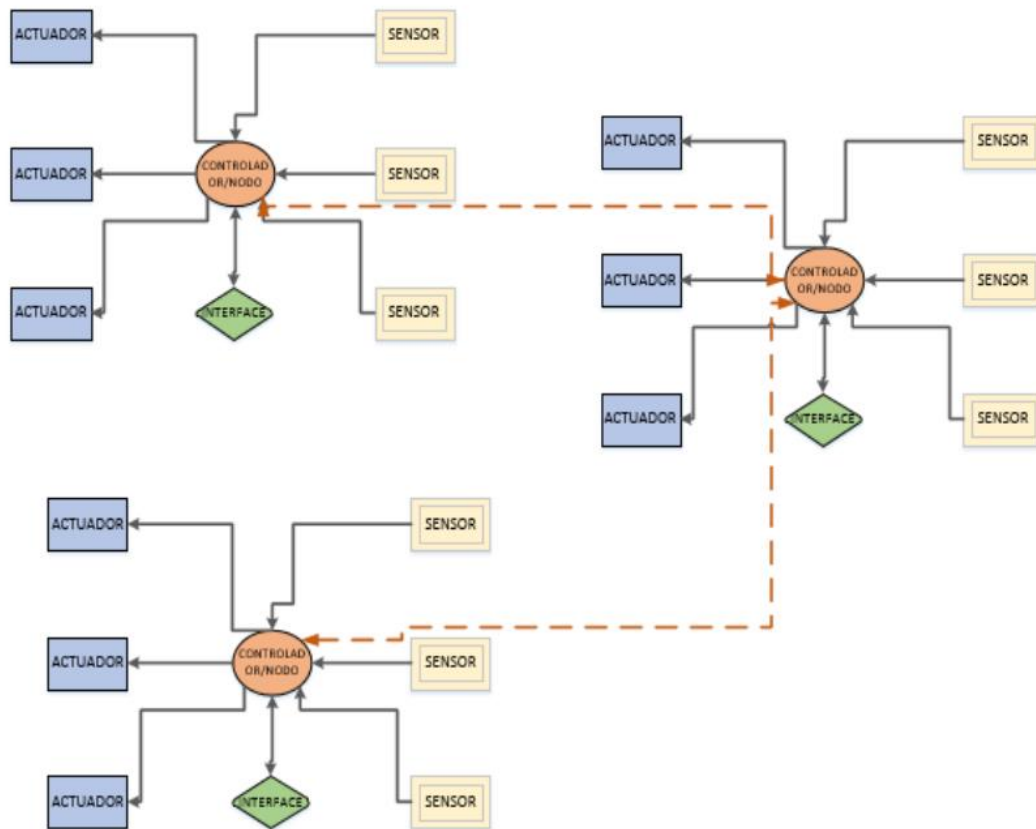


Figura 4.4. Sistema distribuido

Fuente: (González & León, 2019)

5.2.Elementos básicos de un sistema domótico

Ya se observó que no importando a la tipología que pertenezcan los sistemas domóticos, siempre incorporara distintos elementos, de los cuales destacan:

Sensores:

Dispositivos con la capacidad de convertir magnitudes físicas en señales eléctricas, se encargan de obtener la información requerida del medio, tal como: humedad, temperatura, luminosidad, presión, flujo etc. Que por medio de protocolos de comunicación será enviada a la unidad de control para luego sea procesada para tomar la decisión de aumentar, disminuir o modificar los parámetros controlados.

Además, se encargan de detectar la presencia deseada o no deseada de agentes como: gas, agua, humo, movimiento.

Existiendo varios tipos de sensores:

- Sensores de temperatura
- Sensores de humedad
- Sensores de longitud
- Sensores de presión
- Sensores inductivos y capacitivos
- Sensores de flujo y/o caudal

Entrando en detalles en los sensores de flujo/o caudal, utilizados para la medición constante del flujo del líquido que viaja a través de las tuberías, para el registro y control del mismo flujo. Dicha medición no se realiza directamente, sino en relación a diversos factores. Siendo el flujo movimiento del líquido a través de un conducto cerrado o abierto, el volumen como la cantidad o el gasto en un periodo de tiempo determinado. Específicamente el caudal respectivo al volumen de agua por el tiempo, teniendo las siguientes unidades:

- Litros por segundo (L/s)
- Litros por minuto (L/s)
- Litros por hora (L/s)
- Metros cúbicos por hora (m³/h)

Entonces, por consiguiente, los sensores de presión y flujo destacan entre los demás cuando se trata de la detección de fugas o control de suministro de agua, que dependiendo el campo de su aplicación y compatibilidad con la unidad de control varía el precio desde los más costosos hasta los más económicos, dentro de esos sobresaliendo los compatibles con la placa Arduino, tales como los modelos de: FS300A, FS400A y el YF-S201.

Sensor YF-S201:

Es un sensor de flujo compuesto por cuerpo de plástico, un rotor y un sensor de efecto Hall, teniendo un funcionamiento y diseño simple, utilizando un sensor tipo molinete compuesto de uno pequeño, aspas para medir la cantidad de fluido que pasa por él y el sensor magnético de efecto Hall que se encarga de registrar cada vuelta que a su vez en la salida genera impulsos con velocidad proporcional a la del mismo flujo. Teniendo un sentido de izquierda a derecha para que pase el líquido.



Figura 4.5. Sensor de flujo YF- S201

Fuente: (Argüello, 2016)

Calculando el flujo gracias a las pulsaciones y conforme a la fórmula:

$$\text{Flujo de agua} = \frac{\text{pulsaciones del sensor (Hz)}}{7.5} = \text{L/m}$$

Donde el 7.5 es el factor de conversión proporcionado por el fabricante, sin embargo, se recomienda calibrar el sensor para obtener una medición más exacta por medio del cálculo del factor de conversión:

$$K = \frac{\text{número de pulsos}}{(\text{volumen} * 60)}, \text{ donde } k \text{ es el factor de conversión}$$

Además, contando con las siguientes características:

Modelo	YF-S201
Corriente	< 15mA
Salida	Señal de frecuencia a 5 VDC Nivel alto del pulso de salida: $\geq 4.6V$ (DC5V) Nivel bajo del pulso de salida: $\leq 0.5V$ (DC5V)
Sensor primario	Molinete de 8 álabes
Sensor secundario	Efecto Hall
Voltaje de trabajo	5 a 18 VDC
Máxima corriente de trabajo	15mA a 5 VDC
Rango de entrada	1 – 30 LPM
Rango de Temperatura de trabajo	-25 a +80 °C

Tabla 5.2.1. Características del YF- S201

Fuente: (Argüello, 2016)

Rango de humedad de trabajo	35 % - 80 % RH
Precisión	± 2 %
Posición de operación	Vertical
Presión máxima de trabajo	2 Mpa
Ciclo de trabajo de salida	50 % ± 10 %
Tiempo de subida de la señal de salida	0.04us
Tiempo de bajada de la señal de salida	0.18us
Característica estática	$F(\text{Hz}) = 7.5 \times Q(\text{LPM})$
Pulsos por litro	450
Tiempo de vida útil	Mínimo 300000 ciclos
Longitud cable de conexión	Aproximadamente 15 cm
Detalle de los cables de conexión	Rojo: Positivo de la alimentación (IN) Negro: Negativo de la alimentación (GND) Amarillo: Señal de salida (OUT)
Conexión de entrada de caudal	Tubería de ½'', 0.78'' diámetro externo, roscado de ½''

Tabla 5.2.2. Características del YF- S201

Fuente: (Argüello, 2016)

Efecto Hall:

Castro González (2019) afirma:

El efecto se produce en el momento en que un conductor por el que circula una corriente eléctrica, es atravesado por un campo magnético y como consecuencia, ocurre una separación de cargas apareciendo un campo eléctrico, perpendicular al campo magnético aplicado y al sentido del movimiento de las cargas, de igual forma aparece un voltaje transversal en el conductor.

Usualmente siendo incorporados en circuitos integrados con otros necesarios para el procesamiento de señales. Existiendo dos tipos de sensor de efecto Hall:

Sensor de efecto Hall lineal:

“ En el que la salida varía de manera razonablemente lineal con la densidad de flujo magnético “ (Argüello, 2016).



Figura 4.6. Tipo lineal

Fuente: (Argüello, 2016).

Sensor de efecto Hall umbral:

“En el que la salida cae de forma brusca cuando se presenta una densidad de flujo magnético determinada” (Argüello, 2016).

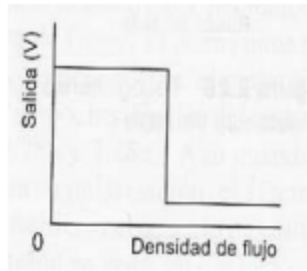


Figura 4.7. Tipo Umbral

Actuadores:

Son los dispositivos encargados de modificar conforme a la instrucción que reciben de la unidad de control. Los actuadores son los elementos conectados a las salidas de la unidad de control, tales como: relés, motores eléctricos, electroválvulas, dimmers y resistencias eléctricas. Elementos que cumplen las funciones como controlar por medio de señales eléctricas, disminuir o incrementar volumen, fluidos, temperaturas, regular potencia, generar movimiento, etc.

Unidad de Control:

El nodo central o el dispositivo donde los demás elementos están conectados a sus entradas (sensores) y a sus salidas (actuadores). Es el encargado de recibir la información de las entradas, procesarla por medio de protocolos, tomar las decisiones y ejecutarlas con las salidas. Al ser prácticamente el cerebro del sistema, es el que enviará las órdenes para que se realicen las actividades propuestas para la automatización inteligente del hogar.

5.3.Ventajas de los sistemas domóticos

Seguiremos recalcando y haciendo énfasis en el objetivo principal de los sistemas domóticos, la domótica en sí, o la automatización inteligente de las viviendas, el de aumentar la calidad de vida de los usuarios al facilitar actividades repetitivas de la rutina diaria y otorgarnos otras ventajas como:

La eficiencia energética:

Siendo de las principales ventajas de la domótica y por la cual cada vez más se ve el creciente interés de la personas en ella y por integrarla a sus hogares, es el ahorro energético que brindan los sistemas domóticos, contribuyendo al bolsillo de la gente y al medio ambiente, ya que hablando de esta ventaja sobresalen los sistemas de climatización que regulan la temperatura de la calefacción y aire acondicionado, también los de control total de la iluminación interior y exterior del inmueble. Ambos sistemas haciendo notar sus beneficios en la reducción de costes en las factura de luz eléctrica mes a mes.

Comodidad:

Entre los sistemas más populares entre las residencias están aquellos que brindan confort a los usuarios, al permitirles el control aun estando fuera de casa, todo por medio de los teléfonos móvil, por ejemplo, el encendido y apagado de luces sin la necesidad de caminar hasta los interruptores. En palabras reducidas, brindan de forma sencilla aún más que una casa tradicional, la comodidad.

Accesibilidad:

De la mano de la comodidad, otra de las ventajas de los sistemas domóticos es la accesibilidad, ventaja que se ha dado a relucir en los últimos años por facilitar actividades que para gran parte de las personas puede ser una sencillez, algo insignificante de realizar, pero que para otra parte como lo son las personas con alguna limitación funcional o discapacidad, puede significar algo más complejo. Donde actividad programada de distintos elementos del hogar, la notificación o alertas y la vigilancia remota, les permite ser más independientes.

Seguridad:

Otra de las ventajas más apreciada de los sistemas domóticos es la seguridad que le brinda a las viviendas; siendo los ejemplos más solicitados los sistemas de acceso/vigilancia, los de detección de humo, gas y fugas de agua. Disminuyendo la posibilidad de tener daños por agentes externos, así como internos.

6. Adquisición de Datos

El término adquisición de datos (AD), es específicamente lo que se describe en su nombre, el proceso de obtener la información/datos de los sensores y enviarlos a una computadora para que sean procesados.

“Los sensores están conectados, por lo general después de someterlos a un acondicionamiento de señal, a una plataforma de prototipos de código abierto (open-source) o de hardware libre” (Argüello, 2016).

Los datos son enviados por medio de una señal producida por la computadora para recibirlos e iniciar su procesamiento. La computadora produce esta señal para asegurar el inicio y el final de la adquisición de datos. Se leen los datos, transfieren los datos a la memoria de la plataforma de código abierto, no obstante, hay sistemas más eficientes que transfieren los datos por medio de direccionamiento directo de memoria (DDM) sin la necesidad de que intervenga una computadora en la transferencia.

7. Prototipo

7.1. Materiales

El desarrollo de prototipo es de tamaño escala, más pequeña para la simulación del sistema hidráulico doméstico y del sistema de detección; ya que no se contaba con el permiso y el presupuesto suficiente para probar directamente sobre las tuberías de una casa habitacional de la residencial Las Joyas.

Teniendo como materiales de la simulación del sistema hidráulico domestico:

Material	Precio unitario	Número de Piezas	Características	Total
Tubo PVC	L. 15.00	2 m	diámetro 1/2 "	L.30.00
uniones PVC	L. 5.22	8 piezas	diámetro 1/2 "	L.41. 76
piezas especiales	L. 7.00	2 piezas (codo, Tee)	diámetro 1/2 "	L. 14.00
Válvula PVC	L. 33.04	1 unidad	diámetro 1/2 "	L. 33.04
Llave PVC	L. 41.74	1 unidad	diámetro 1/2 "	L. 41.74
Bomba de agua	L . 650. 00	1 unidad	1000 L/h 6 - 24V	L. 650.00
Precio Total				L. 810.54

Tabla 7.1.1. Precios de materiales del sistema hidráulico.

Fuente: Autor

Dentro de los materiales para la simulación del sistema hidráulico fue necesario la implementación de una mini bomba sumergible de 1000L/h para simular específicamente el método de distribución por bombeo. Debido a que en el país el servicio del agua no es continuo, es decir, el suministro de la fuente es solo por algunos días; por tal razón es común que en las casas de habitación opten por los métodos de distribución a presión (hidroneumáticos), o como nuestro caso por bombeo, que por medio del aporte de energía adicional se logra distribuir el agua recolectada en las cisternas, tanques o tinacos a cualquier inmueble sanitario.

Teniendo en cuenta en la elección de la mini bomba sumergible el caudal nominal recomendado por el tipo de vivienda, de acuerdo a (tuandco, 2017) es de:

- Tipo A (locales o viviendas dotadas de cocina, lavadero y un sanitario): Caudal aproximado 2.000 l/h.

- Tipo B (viviendas dotadas de cocina, lavadero y un cuarto de aseo): Caudal aproximado 2.800 l/h.
- Tipo C (viviendas dotadas de cocina, lavadero y un cuarto de baño completo): Caudal aproximado 3.600 l/h.
- Tipo D (viviendas dotadas de cocina, office, lavadero, un cuarto de baño completo y un cuarto de aseo): Caudal aproximado 5.400 l/h.
- Tipo E (viviendas dotadas de cocina, office, lavadero, 2 cuartos de baño completos y un cuarto de aseo): Caudal aproximado 7.500 l/h.

Entonces se optó por la de 1000L/h para la simulación a pequeña escala de una ramificación de una vivienda tipo A.

Para el prototipo del sistema de detección de fugas se utilizaron los siguientes componentes:

Componente	Precio Unitario	Unidades	Características	Total
Placa Arduino UNO	L. 999.00	1 unidad		L. 999.00
Protoboard	L. 197.00	1 unidad	830 puntos	L. 197.00
Relé	L. 117.00	1 unidad	1 canal 5V 10A	L. 117.00
Válvula electromagnética	L. 260.00	1 unidad	diámetro 1/2" 12V 1A	L. 260.00
Sensor de flujo YF -S201	L. 328.00	2 unidades	diámetro 1/2" 5 -18V	L. 657.00
Fuente de Energía	L. 250.00	1 unidad	12V 1A - 10A	L. 250.00
Precio Total				L. 2,480.00

Tabla 7.1.2. Precios de los componentes para el prototipo

La estimación real de la implementación de un sistema de detección de fugas de agua en tuberías ya existentes en el mercado o por medio de PLDS, SCADA, o con componentes relacionados a SIEMENS, empleados más en el campo industrial, sin embargo, el sistema propuesto está dirigido al área doméstica, por tal razón se consultaron dispositivos electrónicos que ofrecen funciones parecidas al prototipo de este proyecto.

Habiendo casos donde se deben comprar por aparte los sensores a utilizar y sin tomar en cuenta los gastos de instalación ronda entre los 740\$ y 890\$, que viene siendo aproximadamente entre 18,000 a 22,000 lempiras.

Entonces se estima que con el uso de este tipo de componentes y de la placa Arduino con hardware y software libre el costo de su implementación real en el sistema hidráulico domestico de una casa de habitación se logre reducir hasta en un 60% en comparación a los sistemas ya existentes y anteriormente mencionados.

7.2. Concepto

Como se ha venido recalando desde los primeros capítulos de este informe presente, en la actualidad es de suma importancia contar con sistemas domóticos que nos brinden la confiabilidad, comodidad y seguridad de nuestro hogares tanto de agentes externos como internos. Aportándonos beneficios a nuestro bolsillo aun así debido a los sistemas de control complejos, los gastos de instalación y mantenimiento, las personas optan por no integrarlos en sus hogares o de ni siquiera mostrar interés por lo costoso que puede llegar a ser su implementación dejando de lado de todos los daños y perjuicios que la domótica les podría ahorrar; sobre todo los sistemas de detección de humo y fugas.

El prototipo desarrollado consiste específicamente en uno de ellos, en un sistema de detección de fugas de agua en las tuberías del sistema hidráulico doméstica sin importar el método de distribución utilizado o la causa de la o las fugas/ roturas en las tuberías.

En el prototipo se estará poniendo en práctica conocimientos de programación y la electrónica para la toma de valores y la creación de software para la interpretación de los datos haciendo uso como base principal de la placa microcontroladora Arduino. Dividiéndose en dos etapas: la selección de la metodología para la detección de fugas, la creación de código y pruebas.

Teniendo en cuenta que además de que el sistema cumpla su función primordial, se considera que el desarrollo del mismo es como una solución alternativa más económica para implementar en las viviendas.

7.3.Sistema de Detección de Fugas de agua

Este sistema está basado en el uso de la placa Arduino Uno que, debido su plataforma de hardware y software libre, aporta flexibilidad y fácil utilidad, como es en este caso del prototipo del sistema para la detección de fugas de agua dentro de las tuberías del sistema hidráulico doméstico.

Gracias a su práctico uso, que permiten interactuar, tomar y ejecutar decisiones sobre las acciones de actuadores compatibles, es que Arduino obtuvo renombre para emplearlo en situaciones o resolución de problemáticas donde se requiera la manipulación de variables de control, por dicha razón y debido a su capacidad de múltiples aplicaciones se considera que las funciones pueden seguir incrementando y así suplir aun más de los requerimientos básicos.

Metodología del prototipo:

En capítulos anteriores se expusieron distintos métodos para la detección de fugas de agua en tuberías y de acuerdo a las consultas realizadas en el prototipo a desarrollar se estará implementando el método indirecto de análisis estadísticos; tomando datos del de las entradas y salidas, además de evaluarlos con o sin presencia de los patrones de fuga.

Desarrollo:

Para la visualización se estará utilizando el monitor serial de Arduino, ya que es una excelente opción para observar el estado y comportamiento de los sensores de flujo, en este caso los YF-S201, teniendo en este aspecto como limitante que para la visualización de los valores en el monitor serial es necesaria la intervención de una computadora para las lecturas.

El sistema o red de sensores para la detección de fugas de agua en tuberías, ya que se está utilizando 2 sensores de flujo YF – S201 para obtener los valores de caudal, uno para la obtención de los valores de la entrada y otro para los valores de la salida.

Aun así, para su correcto uso fue necesario primero obtener las pulsaciones para calibrar los sensores y obtener un factor de conversión más preciso, para la obtención de datos exactos, por medio de la aplicación de la fórmula:

$$K = \frac{n^{\circ}Pulsos}{Volumen . 60}$$

Donde se utilizó el mismo arduino para calcular el número de pulsos de los sensores y un recipiente con graduación para obtener el volumen, danos como resultado

$$K = \frac{751 \text{ pulsos}}{(2L * 60)} = 6.26$$

Este factor de conversión fue el que se utilizó en lugar del de 7.5 dado por el fabricante, para calcular el caudal por medio de la fórmula:

$$\text{Caudal} = \frac{\text{pulsaciones del sensor (Hz)}}{6.26} = \text{L/m}$$

Ya que el prototipo requiere conocer el caudal del sensor 1 como del sensor 2 durante las observaciones de la presencia de fuga y sin fuga, y de acuerdo a lo consultado cuando los valores del caudal de ambos sensores no sean igual, es indicador de que hay pérdidas de caudal por consiguiente es indicador de la existencia de fugas en dicho tramo.

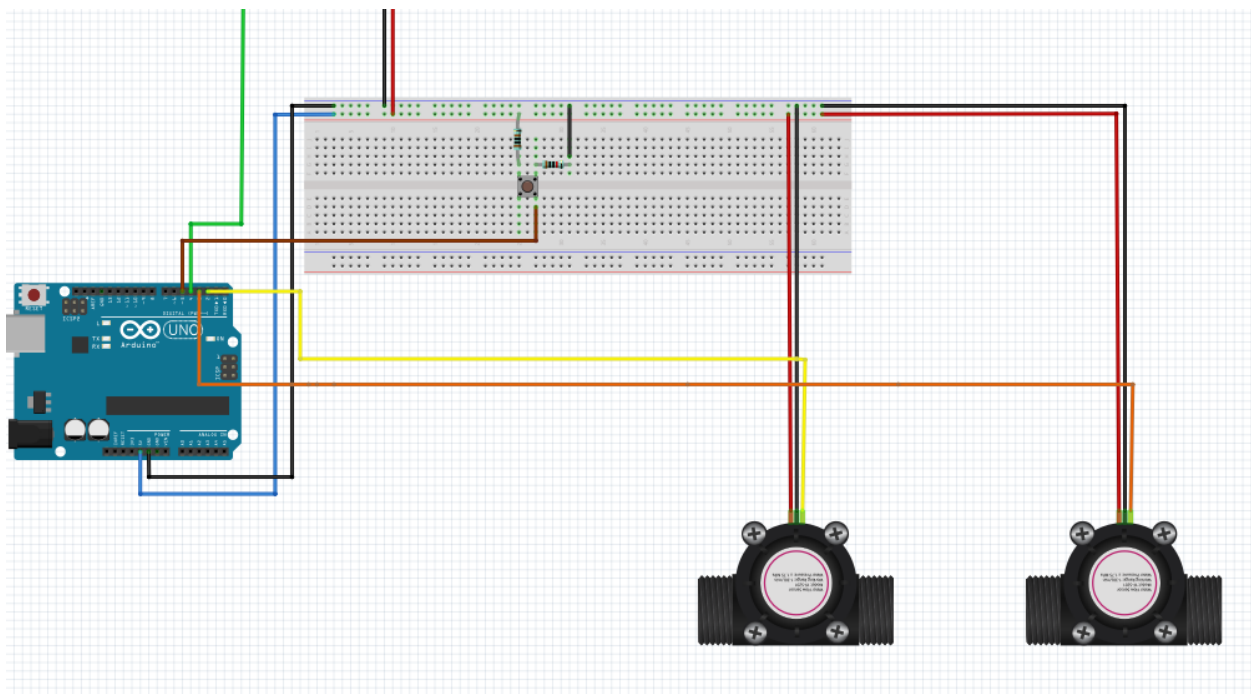


Figura 4.8. Conexiones del pulsador y sensores YF-S201

Fuente: Autor

Y al detectar las pérdidas de caudal, es donde entrara en labor el relé, el actuador que juega un papel importante en el desarrollo del prototipo del sistema, ya que será este el que permitirá que llegue corriente a la bomba de agua y a la válvula electromagnética.

Es el relé el que permite la desactivación remota de ambos dispositivos sin necesidad de hacerlo uno mismo, pensando en esta función de gran utilidad porque los mayores daños causados por fuga se dan por el lapso que el agua sigue saliendo por la rotura ya que los usuarios no siempre se encuentran en la casa.

Entonces se entiende que la función específica del relé es el apagado automático de la bomba y el cierre de la válvula electromagnética, por medio de las lecturas hechas por los sensores de flujo que manda la información al Arduino, este la interpreta y verifica que se cumplan las condiciones, y al no ser así, el arduino manda la señal al relé de que debe apagar la bomba y cerrar la válvula.

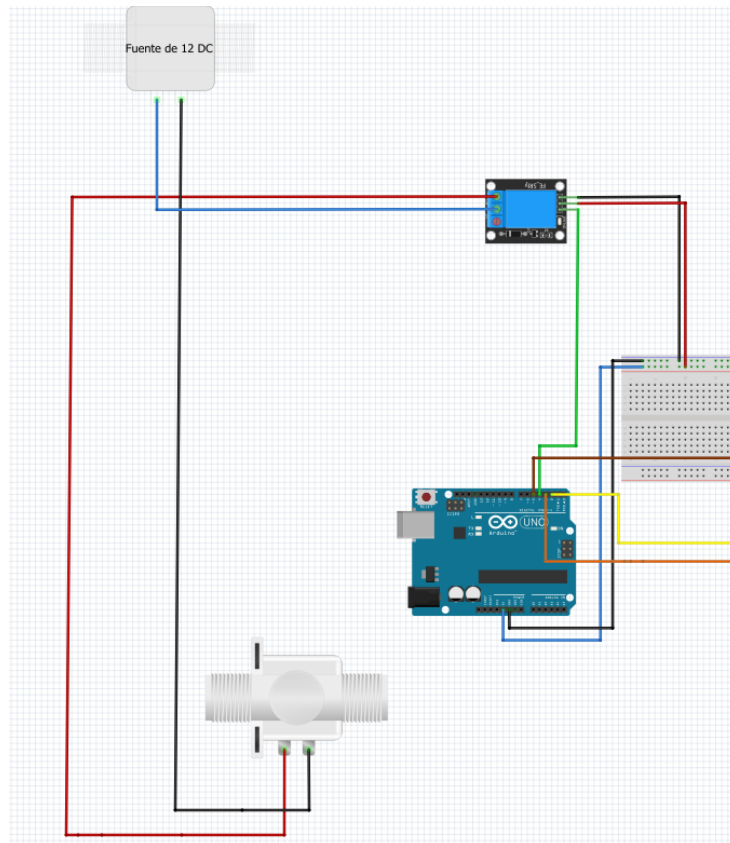


Figura 4.9 Conexiones relé, válvula electromagnética y fuente

Fuente: Autor

Teniendo en cuenta que al momento del reparo de la fuga no se le complique al usuario la activación del sistema de detección de fugas, se implementó un pulsador al sistema; mismo usuario podrá utilizar para la activación del sistema de detección de fugas de agua nuevamente.

Concluyendo que el desarrollo del prototipo del sistema de detección de fugas de agua en tuberías, permite conocer el caudal que viaja a través de las tuberías y el control automático de la bomba y válvula electromagnética, todo ello gracias a la placa Arduino UNO .

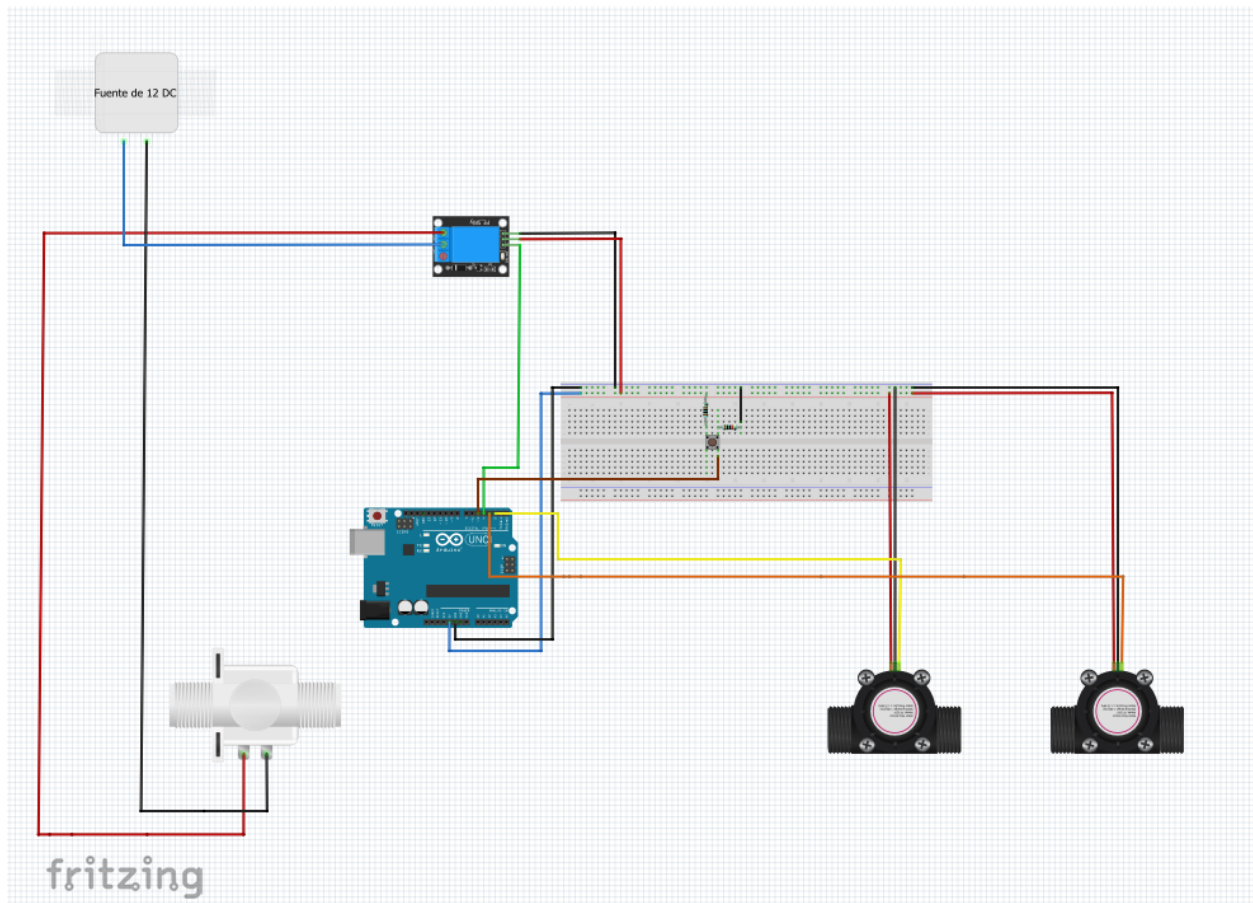


Figura 4.10. Diagrama de conexiones completo

V. METODOLOGÍA

El proyecto presente tuvo un enfoque cuantitativo. El diseño fue experimental, basándose en la recolección y análisis de valores numéricos, observando los efectos producidos por la modificación de los patrones del fenómeno; además de datos estadísticos por medio de encuestas realizadas, la comparación de precios para la rentabilidad y el desarrollo de un prototipo con sus pruebas correspondientes, con el propósito de responder las interrogantes planteadas y la verificación de la hipótesis.

Población y Muestra

Población

El proyecto se realizó con el propósito de ser implementado como sistema o red de sensores para la detección de fugas de agua en tuberías de los sistemas hidráulicos domésticos, orientado como propuesta de empleo en las viviendas de la residencial “Las Joyas”. Conociendo que el total de viviendas es de 120 en total, se podrá determinar la muestra para la recolección de datos que luego serán analizados. optando por la residencial “Las Joyas” debido a la facilidad y por el hecho que el proyecto está orientado para el usos doméstico y no industrial.

Muestra

El cálculo se realizó por medio del software de análisis STATS, que, conforme a las 120 viviendas, el porcentaje mínimo aceptable de error del 10%, el porcentaje estimado de la muestra del 50% (opción automática entregado por STATS) y el porcentaje de confiabilidad del 90%, entrego el valor de 43; por ende, esta es la cantidad a la que se le deberá aplicar la encuesta.



Figura 5.1. Cálculo de la muestra en STATS

Fuente: Autor

Unidad de análisis y Respuesta

La muestra calculada anteriormente consiste en las viviendas de la residencial Las Joyas, razón por la cual se optó por la técnica de aplicar encuestas para recolectar información sobre la importancia y viabilidad de implementar un sistema de detección de fugas de agua en tuberías del sistema hidráulico doméstico.

El tipo de muestro fue de manera no dirigida, ya que no se escogieron a los prospectos que brindarían los datos al contestar la encuesta, solamente se realizó con el propósito de conocer el interés y pensamiento en relación al sistema. Donde se identificarían aspectos que se tendrán que considerar para el desarrollo del sistema de detección de fugas de agua que cumpla con las expectativas de los posibles usuarios.

Técnicas e instrumentos aplicados

Encuestas en línea

Para la recolección de datos se aplicaron encuestas a 43 personas, debido al resultado de la muestra calculada por el software de análisis STATS, con el fin de obtener detalles y aspectos importantes para el desarrollo del sistema a realizar en este proyecto.

Observación

La observación de los efectos producidos por los cambios y la evaluación de patrones durante las pruebas realizadas con el prototipo.

Revisión de documentos

Se analizaron los precios del mercado actual de los sistemas de detección de fugas.

Fuentes de Información

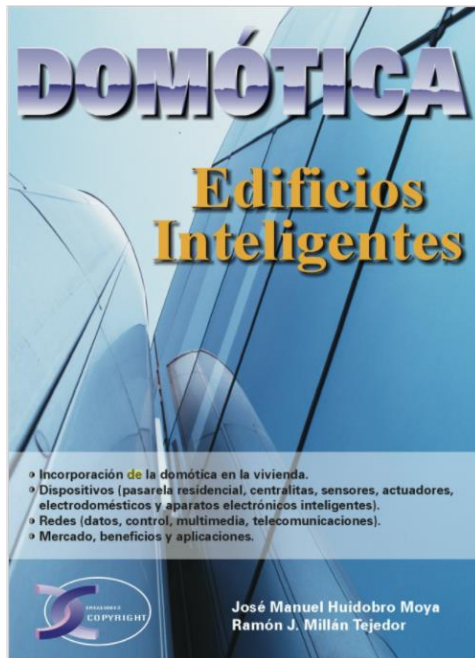
De acuerdo a (Universidad de Guadalajara, 2017), se entiende por:

Fuentes primarias: contienen información original que ha sido publicada por primera vez y que no ha sido filtrada, interpretada o evaluada por nadie más. Son producto de una investigación o de una actividad eminentemente creativa. Componen la colección básica de una biblioteca y pueden encontrarse en soporte impreso o digital. (Universidad de Guadalajara, 2017)

Fuentes secundarias: contienen información primaria, sintetizada y reorganizada. Están diseñadas para facilitar y maximizar el acceso a las fuentes primarias o a sus contenidos. Componen la colección de referencia de una biblioteca. Se utilizan cuando no se tiene acceso a la fuente primaria por una razón específica, cuando los recursos son limitados y cuando la fuente no es confiable. Permiten confirmar los hallazgos en una investigación y ampliar el contenido de la información de una fuente primaria. (Universidad de Guadalajara, 2017)

Fuentes terciarias: son guías físicas o virtuales que contienen información sobre las fuentes secundarias. Forman parte de la colección de referencia de una biblioteca. Facilitan el control y acceso a toda la gama de repertorios de referencia, como las guías de obras de referencia, o a un solo tipo, como las bibliografías. (Universidad de Guadalajara, 2017)

Como fuentes primarias de este proyecto se utilizó:



Libro: Domótica Edificios Inteligentes

Autores: José Manuel Huidobro Moya

Ramón J. Millán Tejedor

Editorial: Creaciones Copyright

Año de publicación: 2004

Figura 5.2. Fuente primaria n°1

Fuente: (Huidobro J. M., 2004)



Libro: Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas

Autor: Salvador de las Heras

2nd Edición

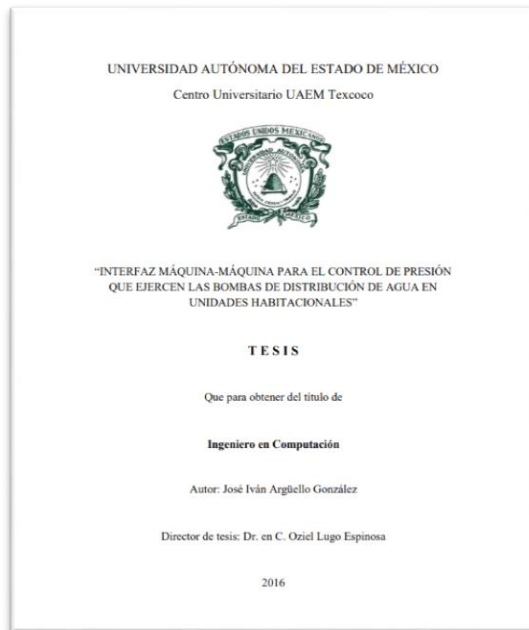
Editorial: Universidad Politécnica de Catalunya
BARCELONATECH

Año de publicación: 2019

Figura 5.3. Fuente primaria n°2

Fuente: (Heras, 2019)

Como fuentes secundarias de este proyecto se utilizó:



Tesis de investigación: “Interfaz Máquina-Máquina Para El Control De Presión Que Ejercen Las Bombas De Distribución De Agua En Unidades Habitacionales”

Autor: José Iván Argüello González

Instituto: Universidad Autónoma Del Estado De México

País: México

Año: 2016

Figura 5.4. Fuente secundaria n°1

Fuente: (Argüello, 2016)



Tesis de investigación: Método De Detección Y Ubicación De Fugas, En Ductos De Gran Longitud, Mediante Velocidad De Propagación De Onda De Presión Negativa, En Ductos Con Mediciones De Presión Multipunto

Autor: Jhonny A. Calderón Carrillo

Instituto: Tecnológico de Monterrey

País: México

Año: 2012

Figura 5.5. Fuente secundaria n°2

Fuente: (Calderón Carrillo, 2012)

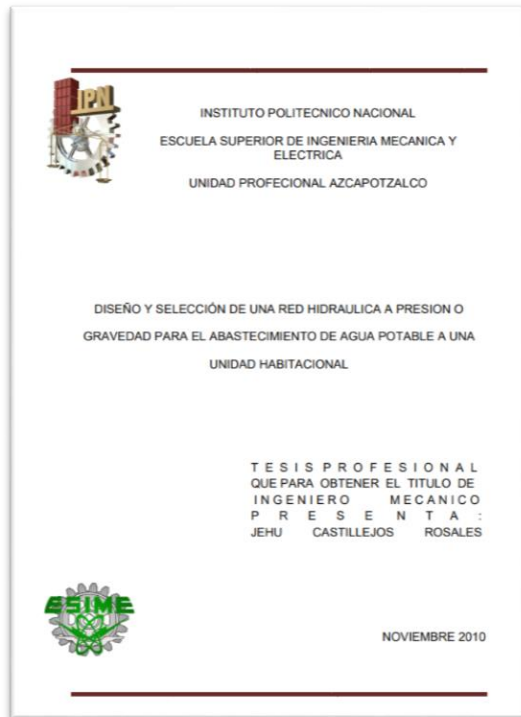


Figura 5.6. Fuente secundaria n°3

Fuente: (Castillejos Rosales, 2010)

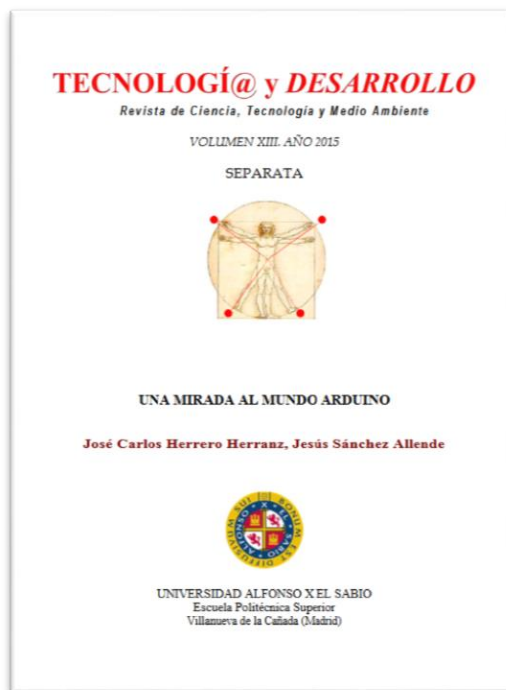


Figura 5.7. Fuente secundaria n°4

Fuente: (Herranz, 2015)

Tesis de investigación: Diseño y Selección de una Red Hidráulica a Presión o Gravedad para el Abastecimiento de Agua Potable a una Unidad Habitacional.

Autor: Jehu Castillejos Rosales

Instituto: Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

País: México

Año: 2010

Revista académica: TECNOLOGÍ@ y DESARROLLO; Una mirada al mundo Arduino

Autores: José Carlos Herrero Herranz

Jesús Sánchez Allende

Editorial: Escuela Politécnica Superior. Universidad Alfonso X el Sabio

Ciudad: México

Año: 2015

Cronología de Trabajo

Actividad	Días																																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42						
Conceptualización de la idea de proyecto	■	■																																													
Planteamiento básico del problema			■	■	■	■																																									
Descripción de los objetivos			■																																												
Revisión de la literatura							■																																								
Extracción y recopilación de información de interés							■	■	■																																						
Construcción del marco									■	■	■	■	■	■																																	
Inicio del desarrollo del prototipo															■																																
Diseño del prototipo																■	■	■																													
Programación del código de Arduino																			■	■	■	■																									
Pruebas/revisión del funcionamiento del prototipo																							■	■	■	■																					
Selección y análisis de la población y muestra																												■																			
Desarrollo y aplicación de encuestas																														■	■																
Desarrollo de la unidad de análisis y respuesta																													■																		
Desarrollo de las técnicas e instrumentos aplicados																															■	■															
Análisis de los resultados de las encuestas																																	■														
Análisis de los resultados del prototipo																																		■	■												
Desarrollo de la entrega final																																															

VI. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Encuestas

El total mínimo de encuestas a aplicar, conforme al cálculo realizado en el software de análisis STATS era de 43, y se logró aplicar 44 encuestas a distintas personas. Donde se pudo recopilar detalles sobre:

- El conocimiento e intereses de las personas acerca a la domótica, sus beneficios y aplicaciones.
- El índice de que tan recurrente o común es en las viviendas la problemática de fugas de agua y sus daños.
- El interés o relevancia que se le da a la integración de un sistemas de detección de fugas de agua.
- El precio que consideran adecuado para invertir en un sistema de detección de fugas de agua en sus hogares.

Conforme a los resultados obtenidos de la aplicación de las encuestas y lo anterior mente expuesto, se logró concluir que:

- Antes de la encuesta el conocimiento sobre la domótica o la automatización inteligente era mínimo, obteniendo específicamente un 30% que afirmaron tener conocimiento previo de la domótica.

¿Conoce sobre la domótica o la automatización inteligente para el hogar?

44 respuestas

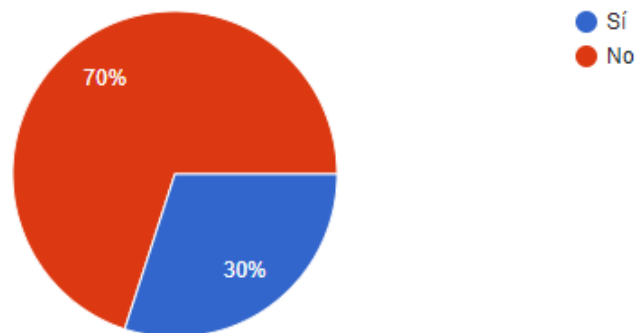


Figura 6.1. Pregunta 1 de encuesta

Fuente: Autor

No obstante, con el avance de la encuesta se mostró gran interés en los beneficios y aplicaciones que esta posee, tales como:

La eficiencia energética, accesibilidad, comodidad y seguridad que la domótica aporta por medio de las aplicaciones más comunes (que se demostró su popularidad e interés de las personas) que son: el control de la iluminación, climatización y los sistemas de detección de incendios y fugas. Luego de esto, el 85% consideró lo necesario que es la domótica para los hogares, no por cuestión de lujo, sino por los beneficios que aporta.

¿Considera necesaria la domótica en las viviendas? (Considerando 1 como no útil, 3 como una calificación intermedia, y 5 como algo muy útil)

44 respuestas

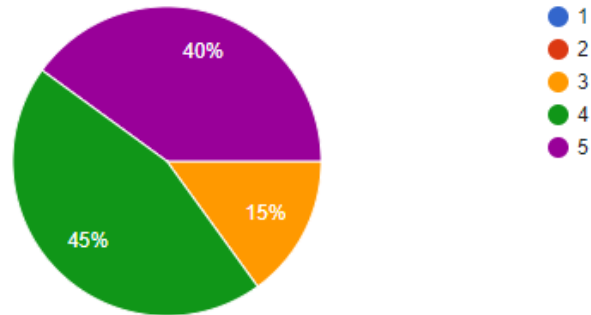


Figura 6.2. Pregunta n°2 de encuesta

Fuente: Autor

- También se observó que las fugas de aguas en las casas son de lo más habitual de lo que se creía, obteniendo el 90% ha experimentado la situación desafortunada de las fugas de agua. Presentando daños graves que terminaron en pérdidas económicas, por tal razón se visualizó la importancia de implementar en los hogares un sistema de detección temprana de fugas que mitigara estos daños.

¿Ha presentado alguna vez fugas de agua en su hogar?

44 respuestas

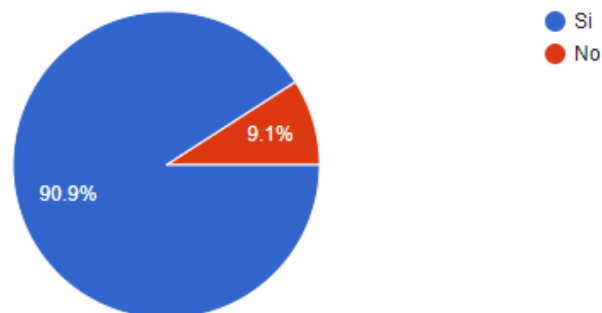


Figura 6.3.20. Pregunta n°3 de encuesta

Fuente: Autor

- Resultando que al menos el 80% estaría dispuesto a emplear e invertir un sistema de detección de fugas de agua para sus hogares, por un precio razonable debido a las funciones y características que este deberá tener para cumplir con lo requerido. Además, mostrando interés en uno fabricado dentro del país, no dándole relevancia si es de una marca o país extranjero de renombre, sino que cumpla eficazmente con su propósito.

¿Implementaría en su vivienda un sistema de detección de fugas?

44 respuestas

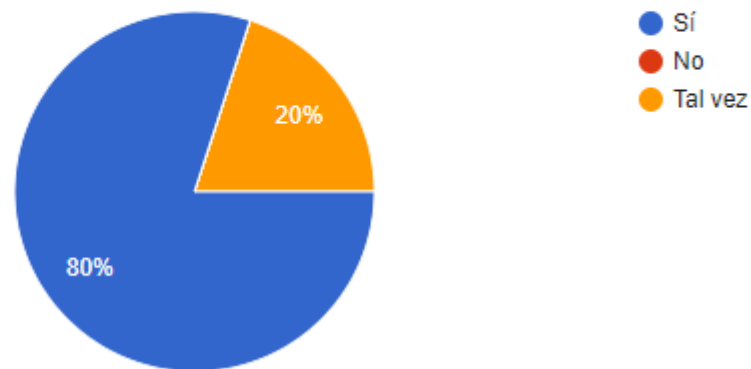


Figura 6.4. Pregunta n°8 de encuesta

En resumen, se concluyó que además de la importancia de implementar un sistema de detección de fugas de aguas en los sistemas hidráulicos domésticos de casas habitacionales, es necesario que primero se exhiba sobre la domótica y los beneficios de esta, de modo para concientizar a la población del país y recalcar la importancia de esta.

Sobre todo, por el hecho de podernos evitar situaciones desagradables en nuestros hogares, donde se supone debería ser el lugar más comfortable para nosotros, sin embargo, por agentes internos y externos de nuestras casas, que se podría decir, que sin el control y monitoreo necesario (que bien se podría conseguir por medio de sistemas domóticos) están fuera de nuestras manos.

Para tener una comprensión más clara de los resultados, por medio de los porcentajes estadísticos; se incluyó el resto de resultados.

¿Le parece algo difícil la detección o localización del punto de rotura en las tuberías?

44 respuestas

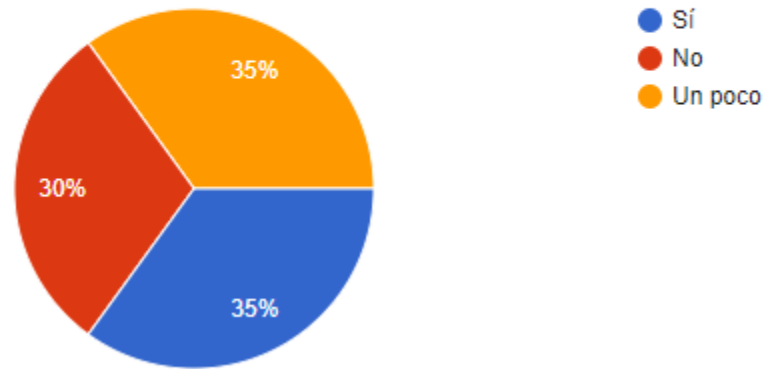


Figura 6.5. Encuesta resultados 1

Fuente: Autor

¿Implementaría en su vivienda un sistema de detección de fugas?

44 respuestas

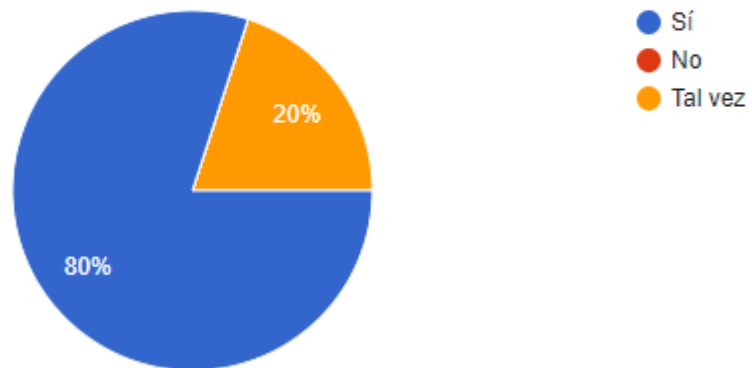


Figura 6.6. Encuesta resultados 2

Fuente: Autor

¿Conoce o ha utilizado algún sistema de detección de fugas de agua del mercado?

44 respuestas

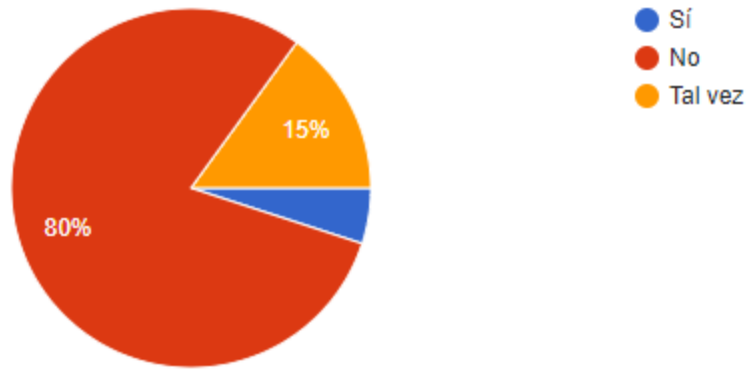


Figura 6.7 Encuesta resultados 3

Fuente: Autor

¿Qué rango precio le parece adecuado para en un sistema de detección de fugas de agua?

44 respuestas

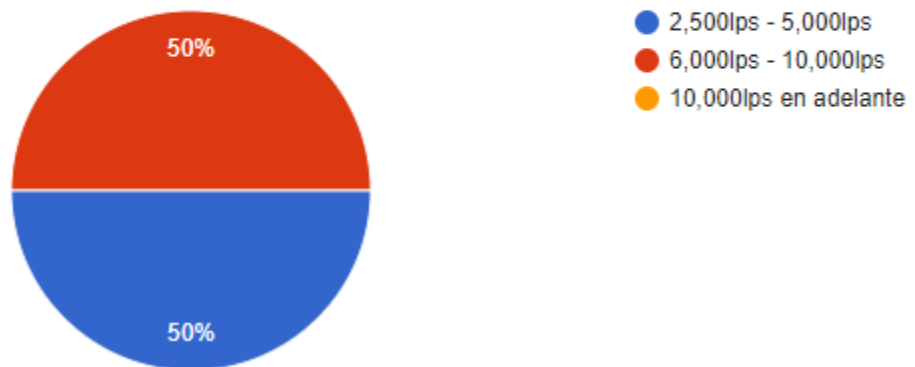


Figura 6.8. Encuesta resultados 4

Fuente: Autor

¿Preferiría un sistema de detección de fugas de agua elaborado dentro del país que en el extranjero?

44 respuestas

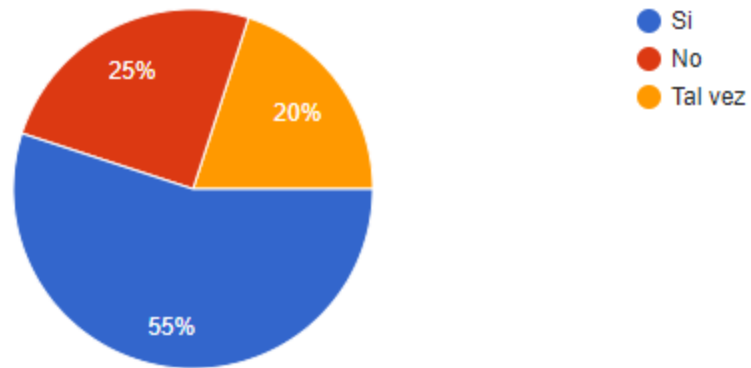


Figura6.9. Encuesta resultados 5

Pruebas del sistema

Se realizaron varias pruebas con el objetivo de observar y comprobar la efectividad del código y la metodología empleada para la detección, que durante la toma de datos del caudal del sensor S1 y sensor S2 sin la presencia de fuga, se notó claramente lo que las pérdidas de caudal estipulan: cuando caudal 1 y caudal 2 son distintos es evidencia de que existe una fuga, y cuando son igual es de que no hay presencia de fuga

```
2.236
L/m   Caudal_S2:
2.56
L/m   Caudal_S1:
2.236
L/m   Caudal_S2:
2.56
L/m   Caudal_S1:
2.236
L/m   Caudal_S2:
2.56
L/m   Caudal_S1:
2.236
L/m   Caudal_S2:
2.40
- - - - -
```

Figura 6.10. Caudales sin presencia de fuga

Fuente: Autor

Luego al abrir la válvula que simula la fuga se observó en el monitor serie que el Caudal del sensor 2 se reducía, mientras que el sensor 1 seguía presentando un caudal entre 2.2 a 2.5 L/m; y el del sensor 2 era menor que un 1L/m; dato que sirvió como indicativo para el programa, teniendo en el código que cuando Caudal_S2 es no sea mayor que 1 se debe enviar una señal al relé para que este desactive la válvula electromagnética, misma que en un sistema hidráulico real representaría la válvula de registro.

```
if(caudal_L_m_S2<1){
    do{
        digitalWrite(valve,HIGH);

        P1= digitalRead(P);
    }while(P1==LOW);
    digitalWrite(valve,LOW);
}
```

Figura 6.11. Condicional de código

Fuente: Autor

2.236	-
L/m	Caudal_S2:
2.56	
L/m	Caudal_S1:
2.236	
L/m	Caudal_S2:
2.56	
L/m	Caudal_S1:
2.556	
L/m	Caudal_S2:
1.44	
L/m	Caudal_S1:
2.875	
L/m	Caudal_S2:
1.12	

Figura 6.12. Caudales con presencia de fuga

Fuente: Autor

Ya con la condicional en el código, con la presencia de fuga, se nota la disminución del Caudal_S2 en comparación del Caudal_S1; y teniendo un retardo de 5.97s para que se desactive la válvula electromagnética y ya no permita el flujo del agua.

De tal modo comprobando la segunda hipótesis planteada; que el sistema sería capaz de detectar la fuga y con el cierre automático de la válvula se corregiría la misma con el menor tardo posible y a su vez la duración de la fuga sería mínima, concluyendo con la mitigación de daños.

Rentabilidad Económica

En solo los componentes electrónicos necesarios para la realización del sistema de detección de fugas, el precio fue de:

Componente	Precio Unitario	Unidades	Características	Total
Placa Arduino UNO	L. 999.00	1 unidad		L. 999.00
Protoboard	L. 197.00	1 unidad	830 puntos	L. 197.00
Relé	L. 117.00	1 unidad	1 canal 5V 10A	L. 117.00
Válvula electromagnética	L. 260.00	1 unidad	diámetro 1/2" 12V 1A	L. 260.00
Sensor de flujo YF -S201	L. 328.00	2 unidades	diámetro 1/2" 5 -18V	L. 657.00
Fuente de Energía	L. 250.00	1 unidad	12V 1A - 10A	L. 250.00
Precio Total				L. 2,480.00

Mismos componentes se utilizaron con el propósito de desarrollar el prototipo para el sistema de detección de fugas de agua en tuberías, contando con la función principal de detener el flujo de agua por medio del apagado automático de la bomba de agua y el cierre automático de la válvula electromagnética.

No obstante, para la implementación real y la reducción de costos se pueden utilizar los siguientes componentes como reemplazo:

Componente	Precio Unitario	Unidades	Características	Total
Tarjeta de desarrollo ESP32	L. 420.00	1 unidad		L. 420.00
Protoboard	L. 197.00	1 unidad	830 puntos	L. 197.00
Relé	L. 117.00	1 unidad	1 canal 5V 10A	L. 117.00
Válvula electromagnética	L. 375.00	1 unidad	metálica diámetro 1/2" 12V 0.3A	L. 375.00
Sensor de flujo de agua	L. 408.00	2 unidades	metálico diámetro 1/2" 5 -18V	L. 816.00
Fuente de Energía	L. 250.00	1 unidad	12V 1A - 10A	L. 250.00
Precio Total				L. 2,175.00

Siendo que los sensores propuestos para la implementación real, siguen perteneciendo a los sensores de Efecto Hall, de mejor calidad al ser de material metálico, de igual manera que el remplazo de la válvula electromagnética manteniendo características parecidas a la que se utilizó para el prototipado y que la tarjeta de desarrollo ESP32 conforme a (C&D tecnología, 2022), es:

Es una herramienta muy potente para el prototipado rápido de proyectos con IoT. La plataforma ESP32 es la evolución del ESP8266 mejorando sus capacidades de comunicación y procesamiento computacional. A nivel de conectividad permite utilizar diversos protocolos de comunicación inalámbrica como: Wifi, Bluetooth y BLE. En cuanto a procesamiento su CPU 32-bit de dos núcleos de hasta 240Mhz que se pueden controlar independientemente. Además, incluye internamente una gran cantidad de periféricos para la conexión con: sensores táctiles capacitivos, sensor de efecto Hall, amplificadores de bajo ruido, interfaz para tarjeta SD, Ethernet, SPI de alta velocidad, UART, I2S e I2C. Aplicado en Mini Servidores Web, Procesamiento digital, Webcams, Cámara IP, Robótica móvil, Domótica y más.

La plataforma ESP32 permite el desarrollo de aplicaciones en diferentes lenguajes de programación, frameworks, librerías y recursos diversos. Los más comunes a elegir son: Arduino(en lenguaje C++), MicroPython, LUA, Esp-idf(Espressif IoT Development Framework) desarrollado por el fabricante del chip, Simba Embedded Programming Platform(en lenguaje Python), RTOS's (como Zephyr Project, Mongoose OS, NuttX RTOS), Javascript (Espruino, Duktape, Mongoose JS), Basic. Al trabajar dentro del entorno Arduino podremos utilizar un lenguaje de programación conocido y hacer uso de un IDE sencillo de utilizar, además de hacer uso de toda la información sobre proyectos y librerías disponibles en internet. La comunidad de usuarios de Arduino es muy activa y da soporte a plataformas como el ESP32 y ESP8266. (C&D tecnología, 2022)

Para la estimación legítima del presupuesto, con respecto a la mano de obra se conto con la ayuda de un técnico de la empresa Instalaciones Eléctricas Méndez Murillo, que por instalación de cada sensor y válvula electromagnética tiene un coste aproximado en L.750.00; mientras que por la instalación de la tarjeta de desarrollo/panel de control respectivo tiene un valor aproximado de L.2,800.00 variando el precio real debido al día o días que tome la instalación completa.

Entonces calculando el presupuesto de una vivienda Tipo C, es decir viviendas dotadas de cocina, lavadero y un cuarto de baño completo, siendo una ramificación cada una de estas, por ende 2 sensores por ramificación se estima que:

Por 6 sensores y una válvula electromagnética el precio de instalación sería de L. 5,250.00

Y la tarjeta/panel de control sería L.2,800.00

Resultando en L.8,050.00 de mano de obra

Implementación del sistema en una Vivienda Tipo C:

Componente	Precio Unitario	Unidades	Características	Total
Tarjeta de desarrollo ESP32	L. 420.00	1 unidad		L. 420.00
Protoboard	L. 197.00	1 unidad	830 puntos	L. 197.00
Relé	L. 117.00	1 unidad	1 canal 5V 10A	L. 117.00
Válvula electromagnética	L. 375.00	1 unidad	metálica diámetro 1/2" 12V 0.3A	L. 375.00
Sensor de flujo de agua	L. 408.00	6 unidades	metálico diámetro 1/2" 5 -18V	L. 2,448.00
Mano de Obra				L. 8,050.00
Precio Total				L. 11,607.00

Concluyendo al utilizar los componentes presentados para la implementación real; el sistema automatizado se vuelve aún más económico en comparación a los sistemas de detección actualmente presentes a la venta en el mercado tales como:

El sistema de detección de fugas de agua con funciones parecidas al sistema propuesto en el proyecto, llamado Phyn Plus que de acuerdo a información dada por el fabricante permite desglosar el consumo, detectar fugas al instante, mitigar los costosos daños causados por inundaciones gracias al cierre automático del suministro y aviso de cualquier anomalía al instante mediante alertas por SMS o a través de su App por un precio de compra, sin incluir gastos de envío (ya que es fabricado en el extranjero y aun no se encuentra a la venta en el país) e instalación de: 799 euros que son aproximadamente 22,000 lps, pudiéndolo encargar a través de la misma página del fabricante.

Entonces comparando los precios del sistema propuesto en el proyecto y del dispositivo relativo del mercado se puede estimar que, con el sistema de detección de fugas de agua en tuberías propuesto en el presente proyecto, considerando gastos de instalación, se reduciría en un 50% los gastos al invertir en el dispositivo.

Comprobando así nuestra hipótesis de que con el sistema de detección de fugas de agua además de brindar una excelente funcionalidad y eficiencia, será de menor costo económico en comparación a los sistemas que hay en el mercado actualmente.

VII. CONCLUSIONES

Se conoció la funcionalidad de la placa Arduino UNO en el desarrollo del marco teórico del proyecto del sistema de detección de fugas de agua, exponiendo detalladamente de la placa microcontroladora Arduino UNO y su funcionalidad dentro del sistema, así como del sensor de flujo de Efecto Hall y los actuadores relé y la electroválvula, ya que además de ser elementos básicos en los sistemas domóticos, fueron los componentes electrónicos imprescindibles en el sistema de detección.

Se explicaron los diversos elementos electrónicos a emplear en desarrollo del presente proyecto de graduación, se tuvo que investigar sobre temas como instalaciones hidráulicas domésticas, métodos de distribución de agua potable/consumo, sistemas domóticos y sus elementos básicos, y sobre todo de las fugas de agua en tuberías y los métodos de detección aplicable. Debido a que para la construcción de un prototipo de un sistema de detección de fugas de agua en tuberías era de total relevancia al tratarse de aspectos importantes que ayudaran para la interpretación del su propósito, funcionamiento y a la detección de fugas de agua como tal.

Se mostró el diseño, el diagrama de conexiones y el código del sistema de detección de fugas de aguas en tuberías de un sistema hidráulico doméstico que permite la detección de está como tal y el cierre automático de la válvula electromagnética, en busca que además identificar la fuga se logren mitigar los daños y pérdidas causadas por las mismas.

Se expuso el diseño, metodología y funcionamiento del prototipo, así como los materiales y componentes necesarios para la simulación y pruebas requeridas para demostrar la eficacia del sistema de detección de fugas de agua dentro de las tuberías del sistema hidráulico doméstico, ilustrando conexiones y experimentaciones con patrones de presencia de fuga o sin fuga. Aun así, se deja abierto a futuras mejoras o de agregar componentes eléctricos que aporten aún más a la detección temprana de fugas con el propósito para mitigar los daños que estas producen.

Se dio a conocer la rentabilidad económica por medio de la comparación del precio total gastado en los componentes necesario para el desarrollo del sistema con el precio de un dispositivo actualmente en el mercado extranjero, que cuenta con funciones parecidas al sistema propuesto en este proyecto se logró demostrar la hipótesis formulada previamente al desarrollo de la investigación y prototipo; la cual consistía en la rentabilidad económica al implementar el sistema de detección de fugas de agua presentado en este documento.

VIII. RECOMENDACIONES

Para futuro proyectos a la hora de incrementar la cantidad de sensores YS-S201 a utilizar con la placa de desarrollo Arduino uno, se debe considerar utilizar pines que soporten interrupciones, como se vio en el presente proyecto, la placa Arduino Uno R3 solo soporta 2 pines para ello, por ende, si se van a utilizar más de dos sensores se debe considerar otro modelo de placa o algún método adicional para el uso de las interrupciones correspondientes en el código de software.

Se recomienda que como fuente de alimentación para la placa Arduino UNO (y así poder prescindir de que el sistema esté conectado a una computadora) se emplee una fuente de energía de 9V 2A.

Como punto de mejora, para mitigar aún más los daños ocasionados por las fugas de agua, se puede implementar una válvula de seguridad normalmente cerrada; de esta forma cuando la energía eléctrica falle, la válvula impedirá el flujo del agua.

Al estar usando la placa microcontroladora Arduino UNO en este proyecto, se requirió del uso de una computadora para visualizar el comportamiento del caudal que pasaba a través de los sensores de flujo de Efecto Hall así como fuente alimentación, pero para hacer más óptimo la funcionalidad del sistema de detección de fugas se recomienda para la visualización de los datos el uso de una pantalla LCD 16x2 con alimentación de 5V ; además como mejoras futuras y que aporten aún más a la eficacia del sistema al momento de detectar la fuga y mitigar los daños provocados por esta, se podría incluir algún módulo wifi que permita al arduino enviar una alerta/ notificación al teléfono móvil del usuario que sería de gran ayudar al tratarse de la situación que no se encuentre nadie en la casa de habitación.

Para reducir el costo económico del sistema propuesto, se puede considerar remplazar la placa de desarrollo Arduino uno, por una tarjeta de desarrollo ESP32, la cual nos brindará las mismas funcionalidades y adicionalmente un módulo wifi integrado el cual nos permitirá realizar la mejora de hacer un envío de datos a un dispositivo móvil para indicar cuando una fuga ha sido neutralizada. En adición a esto, la tarjeta de desarrollo ESP32 permite la compatibilidad con el código trabajado en el software Arduino IDE, lo cual facilita su programación, por ende, estaríamos reduciendo significativamente el costo del sistema y a la vez obteniendo una función adicional.

IX. REFERENCIAS

- C&D tecnología. (2022). *TARJETA DE DESARROLLO WIFI BLUETOOTH ESP32 NODEMCU-32*. Obtenido de C&D tecnología: <https://cdtecnologia.net/placas-de-desarrollo/1528-tarjeta-de-desarrollo-wifi-bluetooth-esp32-nodemcu-32-0001528.html>
- Castro González, D., & Vazquez León, V. (2019). *"Diseño e Implementación de un Sistema Domótico de Gestión y Monitoreo de Servicios Críticos Residenciales"*. Ciudad de México, D.F.: Biblioteca Virtual ESIME.
- González, J. M. (1999). *Sistemas de Control para Viviendas y Edificios*. Madrid: S .A Ediciones Paraninfo.
- Heras, S. d. (2019). *Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas* . Universidad politécnica de Catalunya BARCELONATECH.
- Huidobro, J. (2010). *Manual de Domótica*. Madrid: Creaciones Copyright S. L.
- Huidobro, J. M. (2004). *Domótica Edificios Inteligentes*. Creaciones Copyright.
- RAE. (2022). Recuperado el 2 de Febrero de 2022, de <https://dle.rae.es/fuga>
- RAE. (2022). Recuperado el 2 de Febrero de 2022, de <https://dle.rae.es/retardo>
- Ricardo, R. (30 de Septiembre de 2020). Recuperado el 2 de Febrero de 2022, de <https://estudyando.com/costo-economico-definicion-y-funcion/>
- SANPIGAS. (2019). *¿POR QUÉ DETECTAR A TIEMPO UNA FUGA DE AGUA?* Obtenido de SANPIGAS: <https://sanpigas.com/por-que-detectar-a-tiempo-una-fuga-de-agua/>
- tuandco. (5 de Marzo de 2017). *Cómo elegir una bomba de agua doméstica*. Obtenido de tuandco: <https://www.tuandco.com/aprendeymejora/como-escoger-una-bomba-de-agua/>
- Universidad de Guadalajara. (2017). *Clasificación general de las fuentes de información*. Obtenido de Biblioteca Virtual del Sistema de Universidad Virtual:

<http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/portal/clasificacion-general-de-las-fuentes-de-informacion#:~:text=Permiten%20confirmar%20los%20hallazgos%20en,de%20referencia%20de%20una%20biblioteca.>

Velázquez, A. (14 de Enero de 2022). *Detección de fugas de agua, clave para lograr viviendas más seguras y sustentables*. Obtenido de Conexión EXPOCIHAC:

<https://www.conexiones365.com/nota/expo-cihac/ingenieria-y-construccion/deteccion-fugas-agua-clave-sustentabilidad>

Vera, D. P. (Diciembre de 2018). Recuperado el 2 de Febrero de 2022, de

https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/controles_deteccion_localizacion_fugas_tcm30-183335.pdf

Argüello. (2016). *“INTERFAZ MÁQUINA-MÁQUINA PARA EL CONTROL DE PRESIÓN QUE EJERCEN LAS BOMBAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN UNIDADES HABITACIONALES”* [UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO].

<https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/62450/Tesis%205-split-merge.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Calderón Carrillo, Jhonny A. (2012). *MÉTODO DE DETECCIÓN Y UBICACIÓN DE FUGAS, EN DUCTOS DE GRAN LONGITUD, MEDIANTE VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE ONDA DE PRESIÓN NEGATIVA, EN DUCTOS CON MEDICIONES DE PRESIÓN MULTIPUNTO* [MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN AUTOMATIZACIÓN]. Tecnológico de Monterrey.

Castillejos Rosales, Jehu. (2010). *Diseño y Selección de una Red Hidráulica a Presión o Gravedad para el Abastecimiento de Agua Potable a una Unidad Habitacional*. 157.

Castro González. (2019). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DOMÓTICO DE GESTIÓN Y MONITOREO DE SERVICIOS CRÍTICOS RESIDENCIALES* [Pregrado, Instituto Politécnico Nacional].

<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/28054/Dom%C3%B3tica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Domótica.pdf. (s. f.). Recuperado 17 de marzo de 2022, de

<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/28054/Dom%C3%B3tica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Espinosa, A. (2021). Revisa las fugas internas de agua de tu casa y evita los altos cobros en marzo. *El Mañana de Nuevo Laredo*.

<https://www.proquest.com/docview/2492887405/citation/C009E8A567E84F35PQ/11>

Herranz, J. C. H. (2015). Una mirada al mundo Arduino. *Tecnología y desarrollo*, 13(0), 21.

Instituto Politécnico Nacional. (2017). *Instalaciones hidráulicas y sanitarias domésticas*. 18.

X. ANEXO

Encuesta Aplicada

Sistemas de detección de fugas de agua

En la siguiente encuesta se plasman distintos aspectos relevantes en relación a la detección de fugas de agua y a su vez se pretende indagar en la importancia de implementar un sistema que facilite la detección y localización de fugas en el hogar.

1. ¿Ha presentado alguna vez fugas de agua en su hogar?
 - Sí
 - No

2. ¿Le parece algo difícil la detección o localización del punto de rotura en las tuberías?
 - Sí
 - No
 - Un poco

3. ¿Qué daños cree que mitigaría la detección temprana de fugas de agua en tuberías?
 - Humedad
 - Inundaciones
 - Filtraciones
 - Pérdidas económicas por reposición de muebles, electrodomésticos y dispositivos electrónicos
 - Todas las anteriores

4. ¿Conoce sobre la domótica o la automatización inteligente para el hogar?
 - Sí
 - No

5. ¿Qué beneficios de la domótica le interesan más?
 - Eficiencia energética
 - Comodidad
 - Seguridad
 - Accesibilidad
 - Comunicación
 - Todas las anteriores

6. ¿Qué aplicaciones comunes de la domótica considera más relevante?
- _ Climatización
 - _ Iluminación
 - _ Sistemas de riego
 - _ Sistemas de acceso
 - _ Detección de incendios y fugas
 - _ Todas las anteriores
7. ¿Considera necesaria la domótica en las viviendas? (Considerando 1 como no útil, 3 como una calificación intermedia, y 5 como algo muy útil)
- _ 1
 - _ 2
 - _ 3
 - _ 4
 - _ 5
8. ¿Implementaría en su vivienda un sistema de detección de fugas?
- _ Sí
 - _ No
 - _ Tal vez
9. ¿Qué funciones considera importante que tenga un sistema de detección de fugas de agua?
- _ Cierre automático de válvula
 - _ Recolección y muestra de datos
 - _ Facilitar la localización del punto de rotura
 - _ Alertar sobre la fuga
 - _ Todas las anteriores
10. ¿Conoce o ha utilizado algún sistema de detección de fugas de agua del mercado?
- _ Sí
 - _ No
 - _ Tal vez
11. ¿Qué rango precio le parece adecuado para un sistema de detección de fugas de agua?
- _ 2,500lps – 5,000lps
 - _ 6,000lps – 10,000lps
 - _ 10, 000lps en adelante

12. ¿Preferiría un sistema de detección de fugas de agua elaborado dentro del país que en el extranjero?

- _ Sí
- _ No
- _ Tal vez

Código Arduino UNO

```
volatile int NumPulsos1; //variable para la cantidad de pulsos recibidos
volatile int NumPulsos2;
int PinSensor1 = 2; //Sensor conectado en el pin 2
int PinSensor2 = 3; //Sensor conectado en el pin 3 (EL QUE DETECTARA LA FUGA)
float factor_conversion=6.26; //para convertir de frecuencia a caudal
int valve=4, P=5, P1;

//---Función que se ejecuta en interrupción-----
void ContarPulsos1 ()
{
  NumPulsos1++; //incrementamos la variable de pulsos
}

void ContarPulsos2 ()
{
  NumPulsos2++; //incrementamos la variable de pulsos
}

//---Función para obtener frecuencia de los pulsos-----
int ObtenerFrecuencial()
{
  int frecuencial;
  NumPulsos1 = 0; //Ponemos a 0 el número de pulsos
  interrupts(); //Habilitamos las interrupciones
  delay(1000); //muestra de 1 segundo
  noInterrupts(); //Desabilitamos las interrupciones
  frecuencial=NumPulsos1; //Hz(pulsos por segundo)
  return frecuencial;
}

int ObtenerFrecuencia2()
{
  int frecuencia2;
  NumPulsos2 = 1; //Ponemos a 0 el número de pulsos
  interrupts(); //Habilitamos las interrupciones
  delay(1000); //muestra de 1 segundo
  noInterrupts(); //Desabilitamos las interrupciones
  frecuencia2=NumPulsos2; //Hz(pulsos por segundo)
  return frecuencia2;
}
```

Figura 10.1 Código del sistema pt.1

```

void setup()
{

    Serial.begin(9600);
    pinMode(PinSensor1, INPUT);
    pinMode(PinSensor2, INPUT);
    pinMode(P, INPUT);
    pinMode(valve, OUTPUT);
    attachInterrupt(0, ContarPulsos1, RISING);
    attachInterrupt(1, ContarPulsos2, RISING);

}

void loop ()
{
    float frecuencia1=ObtenerFrecuencia1(); //obtenemos la Frecuencia de los pulsos en Hz
    float frecuencia2=ObtenerFrecuencia2();

    float caudal_L_m_S1=frecuencia1/factor_conversion; //calculamos el caudal en L/m
    //float caudal_L_h_S1=caudal_L_m_S1*60; //calculamos el caudal en L/h

    float caudal_L_m_S2=frecuencia2/factor_conversion; //calculamos el caudal en L/m
    //float caudal_L_h_S2=caudal_L_m_S2*60; //calculamos el caudal en L/h

    if(caudal_L_m_S2<1){

        do{
            digitalWrite (valve,HIGH);
            Serial.println ("Se ha detectado una fuga en el tramo x de la ramificación 1");
            P1= digitalRead(P);
        }while (P1==LOW);
        digitalWrite (valve,LOW);
    }
}

```

Figura 10.2. Código del sistema pt.2

```

//-----Enviamos por el puerto serie-----

Serial.println ("L/m\tCaudal_S1: ");
Serial.println (caudal_L_m_S1,3);

delay (1000);

Serial.println ("L/m\tCaudal_S2: ");
Serial.println (caudal_L_m_S2,2);

}

```

Figura 10.3. Código del sistema pt.3

Diagrama de Conexiones

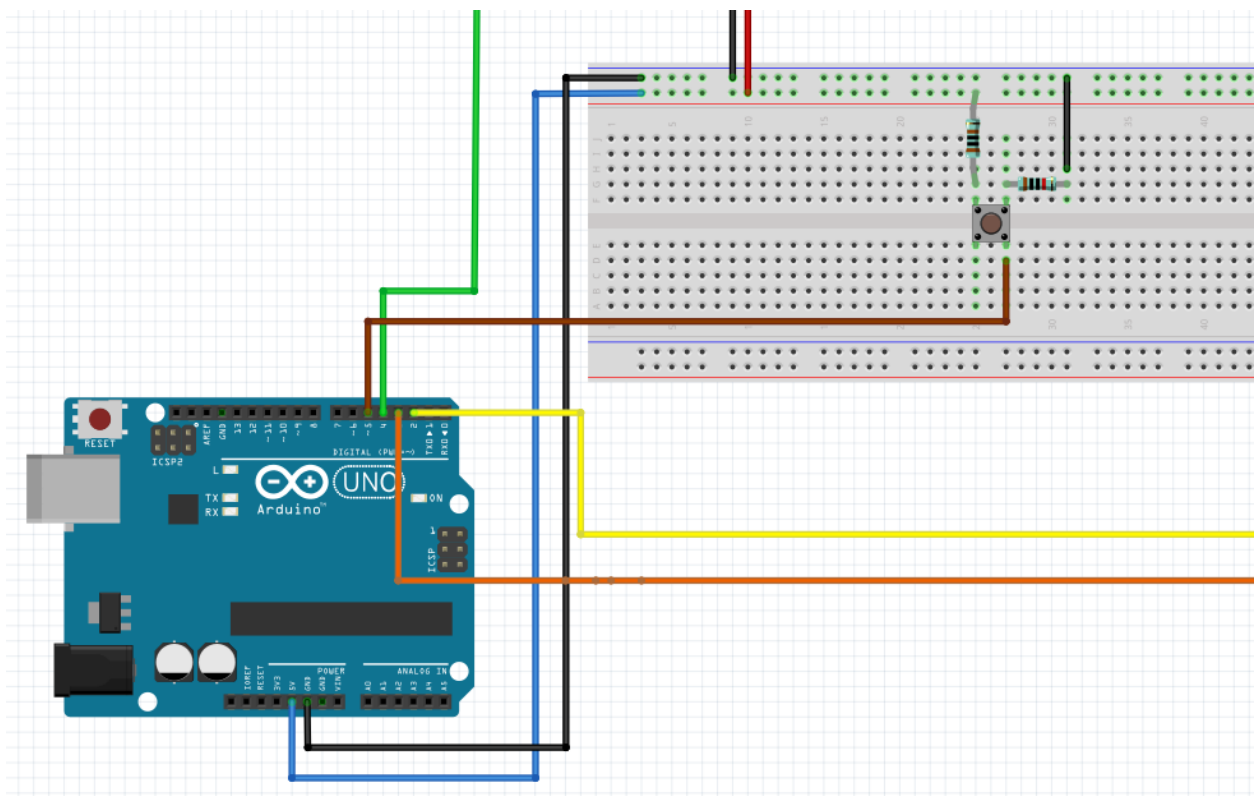


Figura 10.4. Conexiones del Arduino UNO – Pulsador

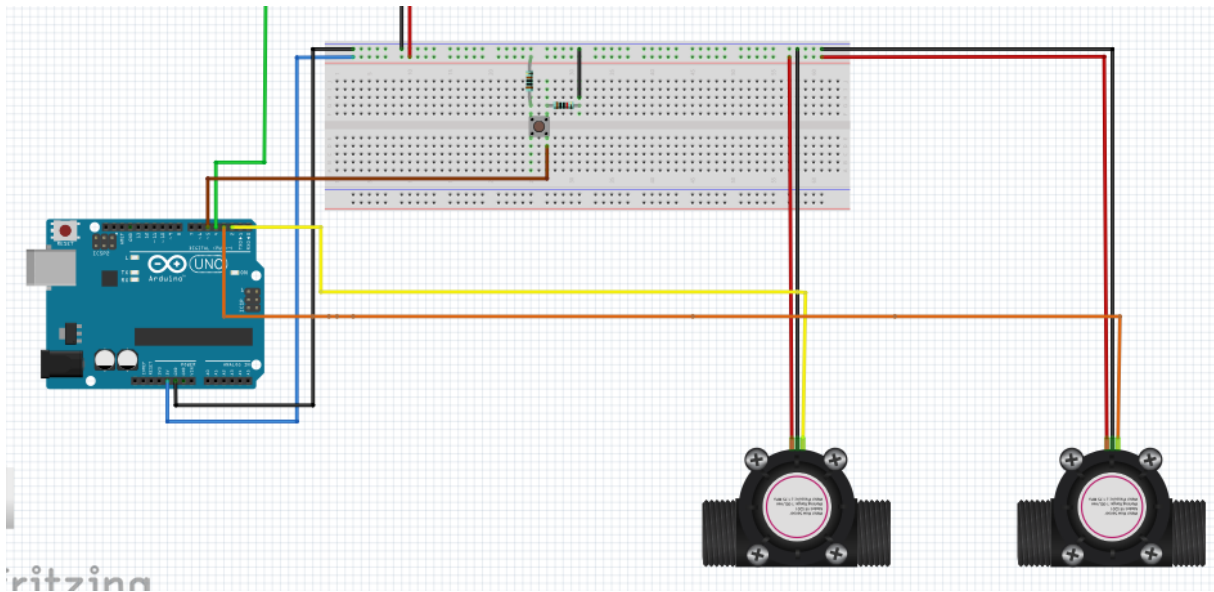


Figura 10.5. Conexiones Arduino UNO - Sensores YF-S201

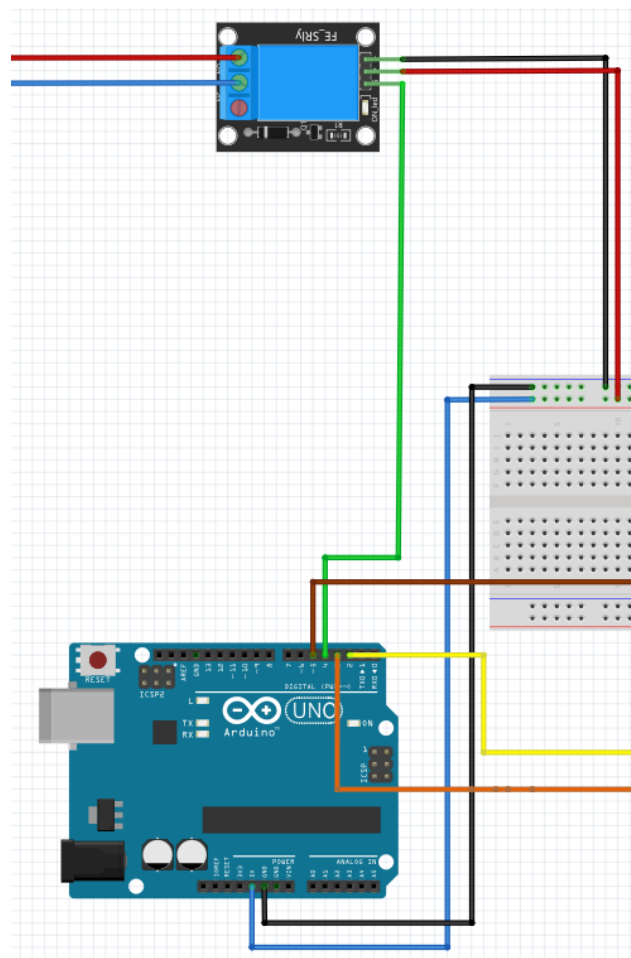


Figura 10.6. Conexiones Arduino UNO – Relé

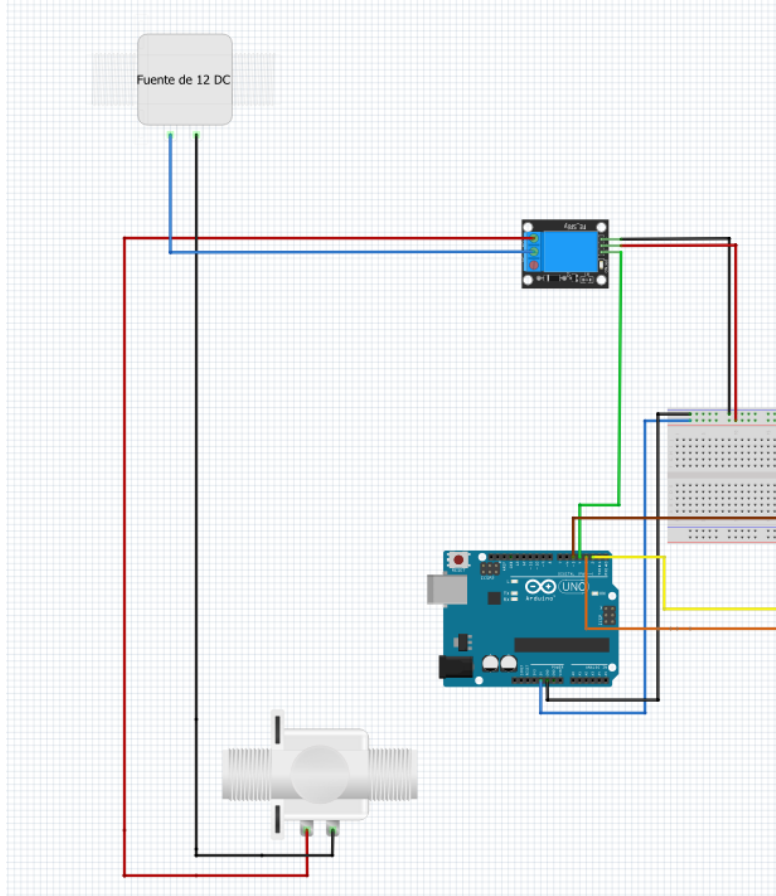
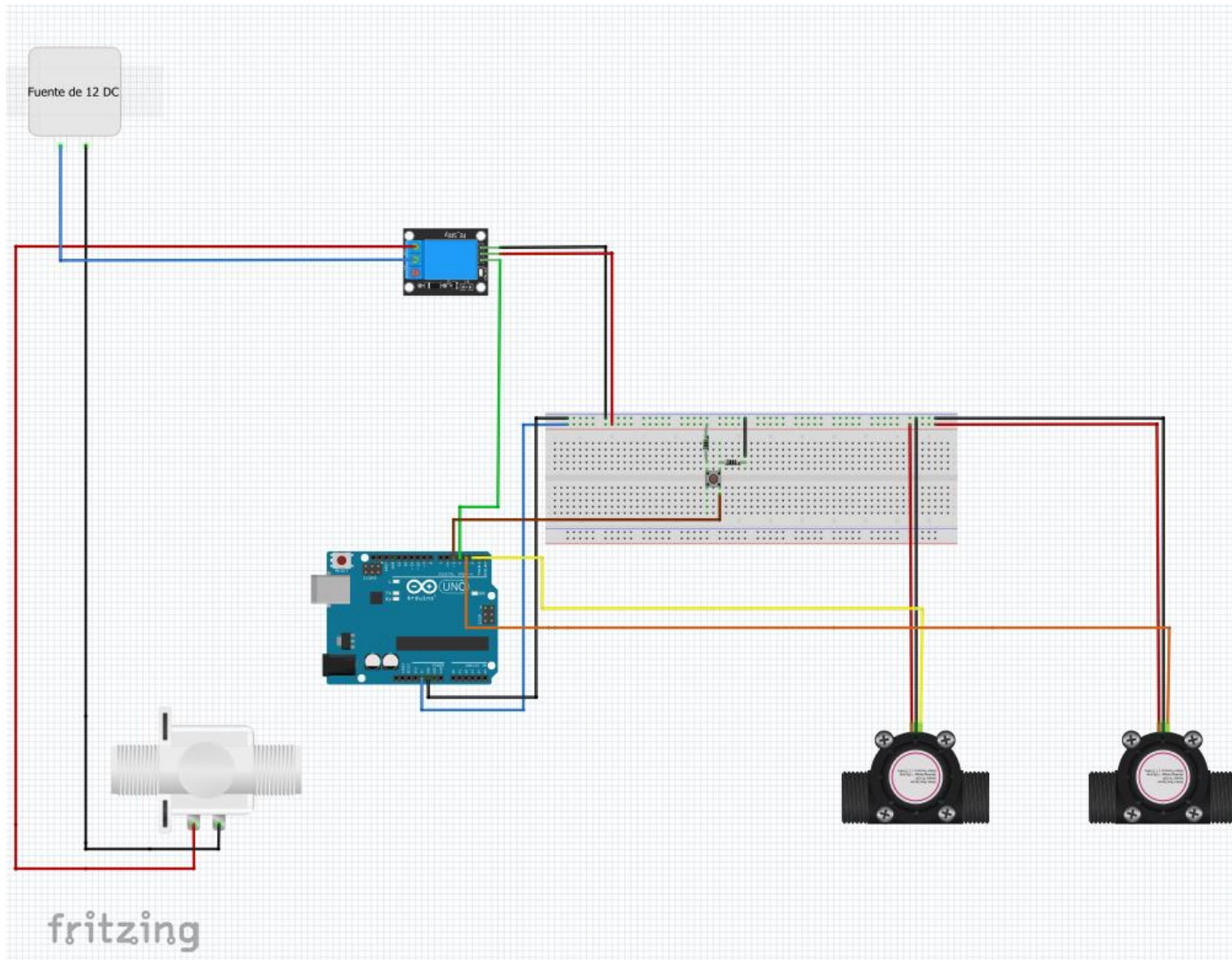


Figura 10.7. Conexiones Relé-Fuente-Válvula



Conexión 10.8. Conexiones completas

Prototipo



Figura 10.9. Prototipo pt.1.

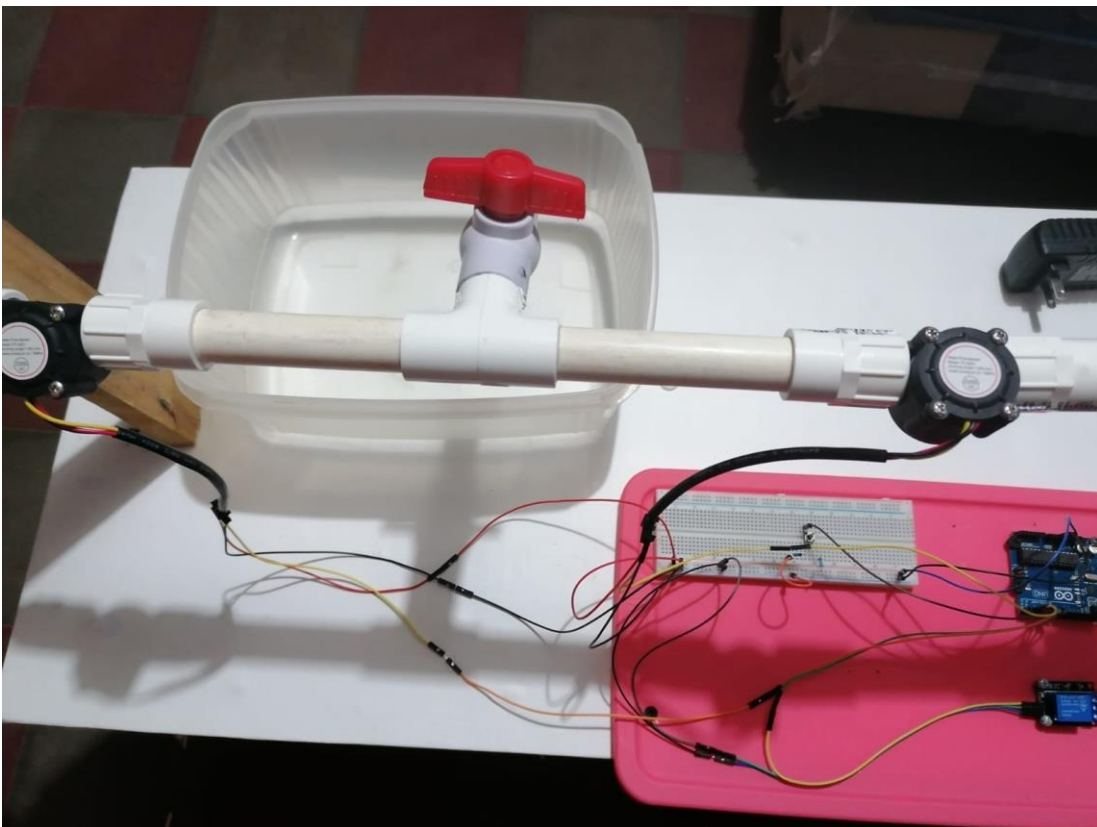


Figura 10.10. Prototipo pt.2

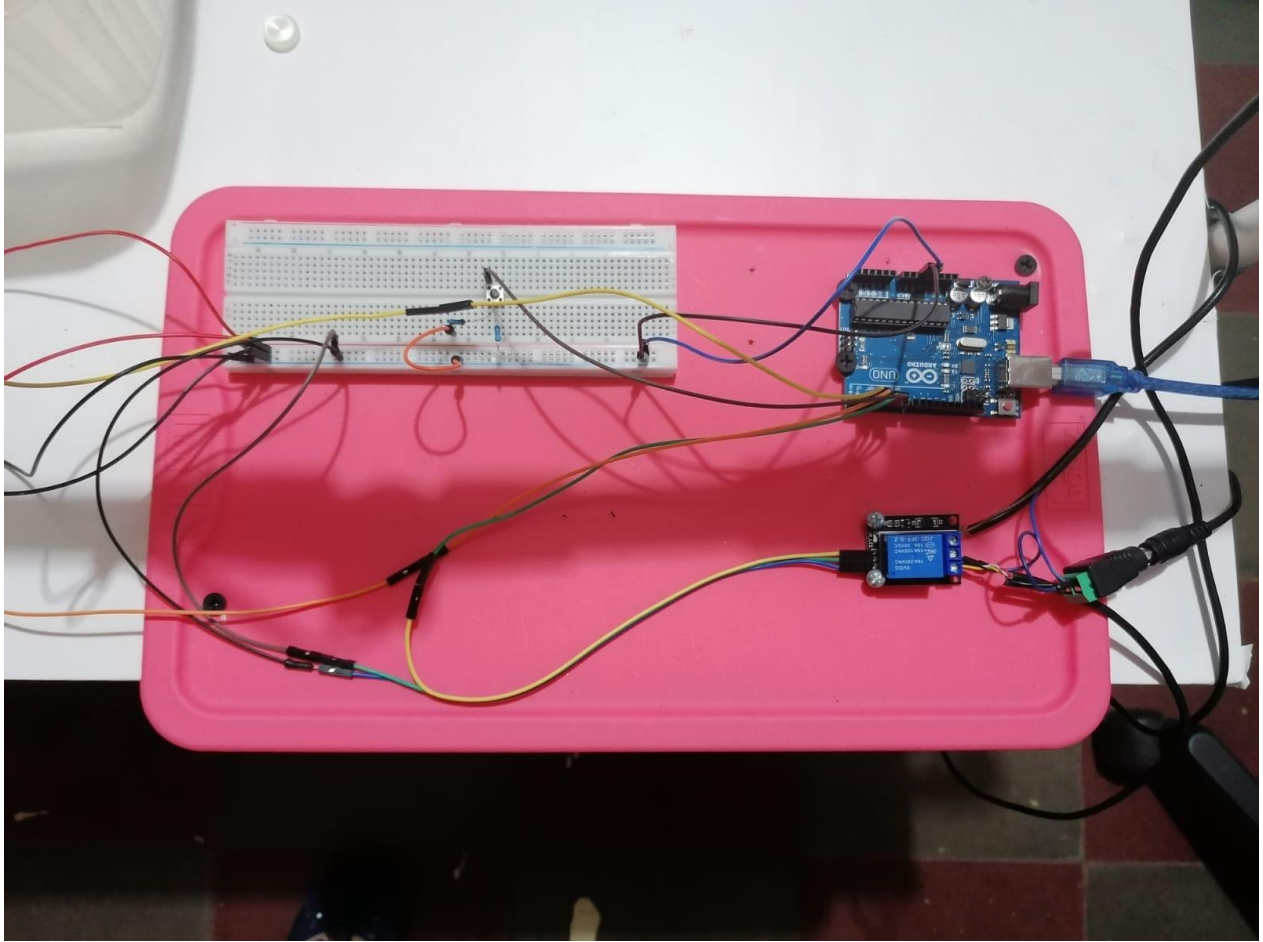


Figura 10.11. Prototipo pt.3

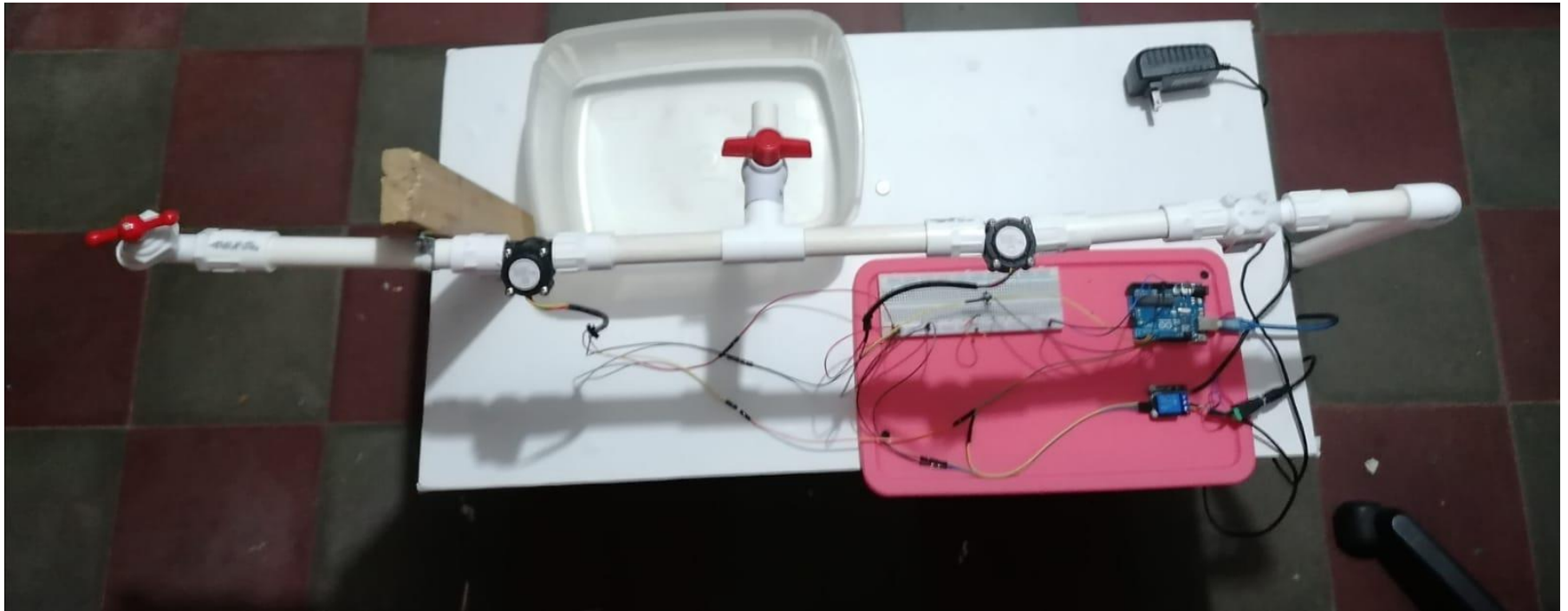


Figura 10.12. Prototipo Completo