

# Sistema domótico para el control y optimización del consumo de agua y energía en hogares

Álvaro Alfredo Leon Limas

Asesor

Jairo Luis Gutierrez Torres

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería Electrónica

2024

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mis padres, quienes me enseñaron la importancia de la perseverancia y me brindaron su apoyo incondicional en cada paso de este camino. A mi pareja, que con su amor y compañía me dio fuerza en los momentos difíciles, y a mis profesores, cuyo conocimiento y guía fueron fundamentales para alcanzar esta meta.

## **Agradecimientos**

Agradezco en primer lugar a mi asesor, el Ing. Jairo Luis Gutierrez Torres, por su paciencia, sus enseñanzas y su dedicación durante todo este proceso. Su orientación ha sido invaluable y su pasión por la investigación, inspiradora.

A mi familia, por ser mi soporte constante, por entender las horas de ausencia y brindarme siempre su amor y confianza. Sin su apoyo incondicional, este trabajo no habría sido posible.

En especial quiero agradecer a mi pareja, quien hizo de este viaje una experiencia de amor y apoyo constante, motivándome en cada etapa del proceso.

A la UNAD por proporcionar los recursos necesarios y facilitar el acceso a la información y herramientas que fueron cruciales en el desarrollo de este trabajo.

## Resumen

Colombia enfrenta desafíos significativos en la gestión de sus recursos hídricos y energéticos debido a las recurrentes sequías, el fenómeno de El Niño y los efectos del cambio climático. Estos problemas se ven agravados en las grandes ciudades, donde la infraestructura es insuficiente para un uso eficiente de agua y energía. En respuesta, la domótica, que implica la automatización y el control inteligente de los hogares, surge como una solución viable para mejorar la eficiencia en el consumo de estos recursos. La implementación de sistemas domóticos en Colombia presenta varios desafíos, entre ellos los altos costos iniciales de los dispositivos, la falta de infraestructura adecuada, especialmente en hogares de bajos ingresos, y el desconocimiento generalizado sobre los beneficios de la domótica. A pesar de esto, existen normativas, como la Ley 1715 de 2014 y la Resolución 0549 de 2015, que promueven la eficiencia energética y el uso de tecnologías sostenibles, creando un entorno propicio para la adopción de la domótica en el país. Este trabajo de investigación tiene como objetivo diseñar un sistema domótico enfocado en la optimización del uso de agua y energía en los hogares colombianos. El proyecto incluye la simulación de dicho sistema utilizando software especializado, con el fin de validar su funcionalidad. La propuesta busca no solo reducir el consumo de recursos, sino también fomentar un uso más sostenible y consciente de estos en el ámbito residencial. De esta manera, se espera que la domótica se consolide como una herramienta clave para la sostenibilidad y la eficiencia en Colombia.

**Palabras clave:** Domótica, optimización, eficiencia, agua, energía.

## Abstract

Colombia faces significant challenges in the management of its water and energy resources due to recurrent droughts, the El Niño phenomenon and the effects of climate change. These problems are aggravated in large cities, where infrastructure is insufficient for efficient use of water and energy. In response, home automation, which involves the automation and intelligent control of homes, emerges as a viable solution to improve efficiency in the consumption of these resources. The implementation of home automation systems in Colombia presents several challenges, including the high initial costs of the devices, the lack of adequate infrastructure, especially in low-income homes, and the general lack of knowledge about the benefits of home automation. Despite this, there are regulations, such as Law 1715 of 2014 and Resolution 0549 of 2015, that promote energy efficiency and the use of sustainable technologies, creating an environment conducive to the adoption of home automation in the country. This research work aims to design a home automation system focused on optimizing the use of water and energy in Colombian homes. The project includes the simulation of the said system using specialized software, in order to validate its functionality. The proposal seeks not only to reduce the consumption of resources, but also to promote a more sustainable and conscious use of these in the residential area. In this way, it is expected that home automation will be consolidated as a key tool for sustainability and efficiency in Colombia.

**Keywords:** Domótica, optimización, eficiencia, agua, energía.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	15
Planteamiento del Problema .....	17
Formulación del Problema .....	25
Justificación .....	26
Objetivos .....	41
Objetivo General .....	41
Objetivos Específicos.....	41
Metodología .....	42
Enfoque de la Investigación.....	42
Enfoque Cuantitativo .....	42
Enfoque Científico-Tecnológico.....	43
Integración con Enfoque Cuantitativo y Científico-Tecnológico .....	43
Fases Metodológicas- Desarrollo del Proyecto.....	44
Fase 1- Estudio Previo .....	44
Domótica.....	44
Cambio Climático .....	45
Eficiencia Energética en Hogares .....	46
Normas que Promueven Sistemas Domóticos en Colombia.....	48

	7
Fase 2- Identificación de Sistemas Domóticos .....	53
Estado Actual de la Domótica en Colombia .....	53
Implementación de Sistemas Domóticos en Hogares .....	56
Fase 3- Presentación del Diseño .....	57
Requerimientos del Sistema Domótico.....	57
Desarrollo de Diagrama de Arquitectura y Flujo del Sistema .....	58
Especificaciones y Justificación de Dispositivos.....	59
Arquitectura del Sistema Domótico.....	61
Esquema Electrónico .....	63
Selección de Tecnologías y Componentes .....	64
Sensor de Corriente. ....	64
Potencia en Corriente Alterna. ....	68
Sensor de Flujo de Agua.....	69
Microcontrolador. ....	70
Arduino Uno.....	72
Sistema de Comunicación. ....	74
Fase 4- Simulación del Sistema .....	76
Selección de Software Para Simulación .....	76
Modelado del Sistema Según el Diseño Especificado.....	79

Código Arduino.....	80
Resultados de la Simulación.....	80
Análisis de los Resultados de la Simulación.....	81
Integración con Base de Datos.....	88
Hardware y Software del Sistema. ....	90
Exportación de Datos. ....	91
Base de Datos en SQL Server.....	91
Modelo de Base de Datos.....	91
Proceso de Integración. ....	98
Queries para Generar Comportamiento del Sistema. ....	99
Scrip Creación de la Base de Datos. ....	104
Ventajas de la Integración. ....	105
Fase 5- Validación del Sistema .....	105
Prueba 1: Consumo de Agua Cerca del Umbral Máximo.....	106
Prueba 2: Superación del Umbral de Consumo de Agua.....	107
Prueba 3: Consumo de Energía Cerca del Umbral Máximo.....	108
Prueba 4: Superación del Umbral de Consumo de Energía.....	109
Prueba 5: Consumo Excedido en los Dos Recursos .....	111
Evaluación de Resultados .....	112



Recursos Necesarios .....	115
Conclusiones .....	116
Recomendaciones .....	118
Referencias Bibliográficas .....	120

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Consumo Diario de Agua en el Sector Residencial</i> .....	20
<b>Tabla 2</b> <i>Consumo Anual de Energía Eléctrica en el Sector Residencial</i> .....	23
<b>Tabla 3</b> <i>Frecuencia de Revisión del Consumo en Recibos de Servicios Públicos</i> .....	27
<b>Tabla 4</b> <i>La Información Presentada en Recibos es Fácil de Entender</i> .....	29
<b>Tabla 5</b> <i>Cuánto Debería Reducir el Consumo para Obtener Ahorro</i> .....	30
<b>Tabla 6</b> <i>Es Consciente sobre el Impacto Ambiental del Consumo Excesivo</i> .....	33
<b>Tabla 7</b> <i>Los Sistemas Domóticos Pueden Ayudar a Reducir el Consumo</i> .....	35
<b>Tabla 8</b> <i>Dispuesto a Invertir en Sistema Domótico</i> .....	36
<b>Tabla 9</b> <i>Le Gustaría tener un Sistema Domótico</i> .....	38
<b>Tabla 10</b> <i>Le gustaría Recibir Alertas sobre el Consumo de su Hogar</i> .....	39
<b>Tabla 11</b> <i>Equivalencia de Corriente Inducida en el Sensor</i> .....	67
<b>Tabla 12</b> <i>Datos de Simulación</i> .....	83
<b>Tabla 13</b> <i>Datos Estadísticos del Sistema Domótico</i> .....	84
<b>Tabla 14</b> <i>Recursos Necesarios</i> .....	115

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Indicador de Consumo de Agua en Viviendas Litros por Día por Persona</i> .....	21
<b>Figura 2</b> <i>Indicador de Consumo de Energía Eléctrica en las Viviendas</i> .....	24
<b>Figura 3</b> <i>Porcentaje de Revisión del Consumo en Recibos de Servicios Públicos</i> .....	29
<b>Figura 4</b> <i>Porcentaje de Información Presentada en Recibos es Fácil de Entender</i> .....	31
<b>Figura 5</b> <i>Porcentaje Cuánto Debería Reducir el Consumo para Obtener Ahorro</i> .....	32
<b>Figura 6</b> <i>Porcentaje de Consciencia sobre el Impacto Ambiental del Consumo Excesivo</i> .....	34
<b>Figura 7</b> <i>Porcentaje si los Sistemas Domóticos Pueden Ayudar a Reducir el Consumo</i> .....	35
<b>Figura 8</b> <i>Porcentaje si Estaría Dispuesto a Invertir en Sistema Domótico</i> .....	37
<b>Figura 9</b> <i>Porcentaje si le Gustaría tener un Sistema Domótico</i> .....	38
<b>Figura 10</b> <i>Porcentaje le gustaría Recibir Alertas sobre el Consumo de su Hogar</i> .....	39
<b>Figura 11</b> <i>Diagrama de Flujo del Sistema Domótico</i> .....	59
<b>Figura 12</b> <i>Diseño del Sistema Domótico</i> .....	62
<b>Figura 13</b> <i>Diseño General del Sistema Domótico</i> .....	63
<b>Figura 14</b> <i>Esquema Electrónico</i> .....	64
<b>Figura 15</b> <i>Sensor de Corriente SCT-013-100</i> .....	65
<b>Figura 16</b> <i>Sensor de Flujo de Agua</i> .....	69
<b>Figura 17</b> <i>Arquitectura de un Microcontrolador</i> .....	72
<b>Figura 18</b> <i>Placa Arduino Uno</i> .....	73
<b>Figura 19</b> <i>IDE Arduino</i> .....	74
<b>Figura 20</b> <i>Modulo SIM900</i> .....	76
<b>Figura 21</b> <i>Entorno de Trabajo de Proteus</i> .....	78

<b>Figura 22</b> <i>Montaje de Sistema Domótico</i> .....	79
<b>Figura 23</b> <i>Inicio de Simulación Sistema Domótico</i> .....	87
<b>Figura 24</b> <i>Envío de Alerta Consumo de Agua Excedido</i> .....	87
<b>Figura 25</b> <i>Envío de Alerta Consumo de Energía Excedido</i> .....	88
<b>Figura 26</b> <i>Base de Datos Usada</i> .....	89
<b>Figura 27</b> <i>Motor de Base de Datos</i> .....	90
<b>Figura 28</b> <i>Modelo de Base de Datos</i> .....	92
<b>Figura 29</b> <i>Tabla Lecturas</i> .....	92
<b>Figura 30</b> <i>Tabla Usuarios</i> .....	94
<b>Figura 31</b> <i>Tabla Sensor Agua</i> .....	95
<b>Figura 32</b> <i>Tabla Sensor Corriente</i> .....	95
<b>Figura 33</b> <i>Tabla Lecturas</i> .....	97
<b>Figura 34</b> <i>Tabla Sensor Agua</i> .....	97
<b>Figura 35</b> <i>Tabla Sensor Corriente</i> .....	98
<b>Figura 36</b> <i>Tabla Id Usuario</i> .....	98
<b>Figura 37</b> <i>Comparación entre Lecturas del Mes Anterior y Lectura Mes Actual</i> .....	100
<b>Figura 38</b> <i>Comparación entre Lecturas del Mes Anterior y Lectura Mes Actual</i> .....	102
<b>Figura 39</b> <i>Alertas Registradas en los Últimos 3 Meses de Cada Sensor</i> .....	104
<b>Figura 40</b> <i>Umbrales Establecidos</i> .....	106
<b>Figura 41</b> <i>Prueba Unitaria no Envía Alerta por Consumo de Agua</i> .....	107
<b>Figura 42</b> <i>Envío de Alerta al Exceder Umbral Establecido en Agua</i> .....	108
<b>Figura 43</b> <i>Prueba Unitaria no Envía Alerta por Consumo de Energía</i> .....	109

<b>Figura 44</b> <i>Envío de Alerta al Exceder Umbral Establecido en Energía</i> .....	110
<b>Figura 45</b> <i>Envío de Alerta al Exceder Umbral Establecido en Agua y Energía</i> .....	111

## Listado de Apéndices

<b>Apéndice A</b> <i>Hoja de Datos Técnicos del Sensor SCT-013-100</i> .....	128
<b>Apéndice B</b> <i>Hoja de Datos Técnicos de Sensor YF-S201</i> .....	129
<b>Apéndice C</b> <i>Código de Arduino</i> .....	130
<b>Apéndice D</b> <i>Parámetros de Consumo de Energía en Colombia</i> .....	141
<b>Apéndice E</b> <i>SCRIP Creación de Base de Datos en SQL SERVER y Tablas.</i> .....	142

## Introducción

El cambio climático, las sequías recurrentes y el fenómeno de El Niño han incrementado la presión sobre los recursos hídricos y energéticos de Colombia, generando retos significativos para la sostenibilidad y el bienestar de la población. En este contexto, la adecuada gestión de estos recursos se ha convertido en una prioridad a nivel nacional. Uno de los sectores más afectados es el residencial, donde el desperdicio de agua y energía sigue siendo un problema alarmante, agravado por la falta de tecnologías que optimicen su uso.

La domótica, definida como la integración de tecnologías para automatizar y controlar funciones en los hogares, ha surgido como una solución viable para enfrentar esta problemática. Al permitir el monitoreo y control en tiempo real de los sistemas domésticos, la domótica puede contribuir significativamente a reducir el consumo de agua y energía, aumentando la eficiencia y sostenibilidad de los hogares. Sin embargo, su implementación en Colombia enfrenta una serie de desafíos importantes que van desde altos costos iniciales hasta barreras tecnológicas y culturales.

En la actualidad, Colombia no cuenta con un marco normativo específico que regule la implementación de sistemas domóticos en los hogares. No obstante, el país sí ha avanzado en el desarrollo de políticas y normativas que promueven la eficiencia energética y el uso de tecnologías sostenibles, como la Ley 1715 de 2014 y la Resolución 0549 de 2015 del Ministerio de Vivienda. Estas normativas crean un entorno favorable para la adopción de la domótica, aunque aún se requiere mayor sensibilización y difusión sobre los beneficios de estas tecnologías en el ámbito residencial.

Este trabajo de grado tiene como objetivo desarrollar un sistema domótico que permita controlar y optimizar el uso de agua y energía en los hogares, con un enfoque en la sostenibilidad y la eficiencia de recursos. La investigación se centrará en explorar las tecnologías disponibles en el país, los sistemas domóticos implementados y las normativas vigentes, para diseñar una solución adaptada a las necesidades y realidades del contexto colombiano.

La implementación de este sistema domótico no solo contribuiría a mitigar el impacto ambiental generado por el consumo desmedido de agua y energía, sino que también ofrecería una alternativa viable para concientizar sobre el consumo y así lograr una reducción en los costos operativos en los hogares. Además, este proyecto busca demostrar que, a pesar de las barreras económicas y tecnológicas, es posible desarrollar soluciones accesibles que promuevan la sostenibilidad y el uso responsable de los recursos naturales en las viviendas.

El presente trabajo de grado se estructura en varias fases, incluyendo la investigación documental, el diseño del sistema, la simulación mediante software especializado y la validación de su funcionamiento. Con ello, se espera sentar las bases para futuras implementaciones de sistemas domóticos que contribuyan al bienestar de la población y a la preservación de los recursos del país.



## Planteamiento del Problema

En los últimos años, Colombia ha estado presentando sequías y años tras año las sequías son más alarmantes, debido al fenómeno del niño y al cambio climático (ONU, 2024), por ello la nación ha venido enfrentando desafíos en cuanto a salvaguardar los recursos hídricos, la producción agrícola y la vida cotidiana de los colombianos, la escasez de agua aumenta la demanda energética del país (Gómez & Maestu, 2014), especialmente en las grandes ciudades con infraestructuras inadecuadas para manejar bajos niveles de agua en los embalses (Izquierdo Tort, y otros, 2023)

Por esta razón, la adecuada y eficiente gestión de los recursos hídricos es importante, el papel de los hogares es clave para esta tarea y es donde se puede llegar a implementar una solución basada en la investigación, la tecnología y la innovación de sistemas donde se mitiguen los efectos, la domótica ofrece soluciones para tener un uso eficiente de recursos a través del control y monitoreo continuo de los sistemas automatizados.

Sin embargo, la implementación de sistemas domóticos enfrenta varios desafíos. Los altos costos de estos sistemas dificultan su adopción en hogares de bajos recursos. Además, muchas viviendas en las grandes ciudades carecen de la infraestructura adecuada para soportar estos sistemas, incluyendo acceso limitado a internet y redes eléctricas estables. La falta de conocimiento y confianza en la tecnología también representa una barrera significativa, ya que muchos perciben la domótica como un derroche de energía en lugar de una herramienta de ahorro. (Nuñez Jimenez, 2023)

La infraestructura de los hogares presenta serias limitaciones debido a la antigüedad y el desgaste de las redes de tuberías y eléctricas, lo que dificulta la implementación de sistemas domóticos eficientes para el monitoreo del consumo de agua y energía. Las viviendas, especialmente en áreas rurales y suburbanas, suelen estar equipadas con instalaciones que no cumplen con los estándares modernos de seguridad ni de eficiencia energética. Las redes de electricidad en muchas viviendas son obsoletas, lo que podría representar un riesgo para la instalación de dispositivos electrónicos avanzados como sensores y actuadores utilizados en sistemas domóticos. (Baquero Maldonado, 2022)

Las tuberías de agua también están frecuentemente deterioradas, lo que dificulta la instalación de sensores de flujo o de nivel sin requerir una renovación o adaptación considerable de las infraestructuras. Esta situación es consecuencia de la falta de inversiones sostenibles en infraestructura doméstica durante décadas, lo que genera un reto adicional para la adopción de tecnologías inteligentes en el hogar. (Baquero Maldonado, 2022)

Según el informe de indicadores de consumo de agua y energía eléctrica 2020 para la ciudad de Bogotá, donde se ofrece una visión detallada sobre el comportamiento del consumo de los recursos de agua y energía en hogares residenciales. Este informe permite identificar tendencias, patrones y áreas de oportunidad para promover el uso eficiente de agua y energía en los hogares. (Bogotá s. d., 2021)

El estudio mostró que el consumo de agua promedio por hogar varía considerablemente dependiendo del estrato y el tipo de vivienda, los factores como el acceso al agua potable, la infraestructura y los hábitos de consumo de los usuarios juegan un papel importante en la

cantidad de agua utilizada diariamente, las actividades que resultan en mayor consumo de agua en el hogar incluyen el uso de duchas, lavadoras, y el riego de jardines, esto representa una gran parte del consumo total, el estudio también indica que si bien en algunas zonas el acceso al agua potable es constante, en otras se presentan problemas de escasez, lo que afecta el consumo.

(Bogotá s. d., 2021) Además, el informe destaca la necesidad que se tiene en la ciudad de implementar prácticas sostenibles, como el uso de dispositivos o sistemas de ahorro de agua y la recolección de agua de lluvia, que aún no están generalizados en muchos hogares, aunque hay variedad y disponibilidad de estas soluciones y sistemas, su adopción todavía es limitada, lo que resalta la urgencia de sensibilizar a la población sobre la importancia de optimizar el consumo de agua. (Bogotá s. d., 2021).

La tabla 1 muestra el consumo diario de agua, este resultado se da en litros por día (lts/día) en el sector residencial y su relación con el número de viviendas, hogares y personas. (Bogotá s. d., 2021).

**Tabla 1***Consumo Diario de Agua en el Sector Residencial*

Estrato	Cuentas EAAB	Viviendas	Hogares	Personas	Consumo de Agua (Lts/Día)
Estrato 1	143,81	223,066	247,649	749,921	51,451,130
Estrato 2	639,135	989,197	1,083,351	3,179,149	232,997,058
Estrato 3	711,297	888,325	934,654	2,594,134	216,963,930
Estrato 4	308,435	313,846	316,354	786,606	90,966,069
Estrato 5	72,015	74,57	75,095	208,476	32,984,277
Estrato 6	79,626	71,215	71,235	169,509	25,119,305
Total	1,984,705	2,580,652	2,750,679	7,715,778	650,774,904

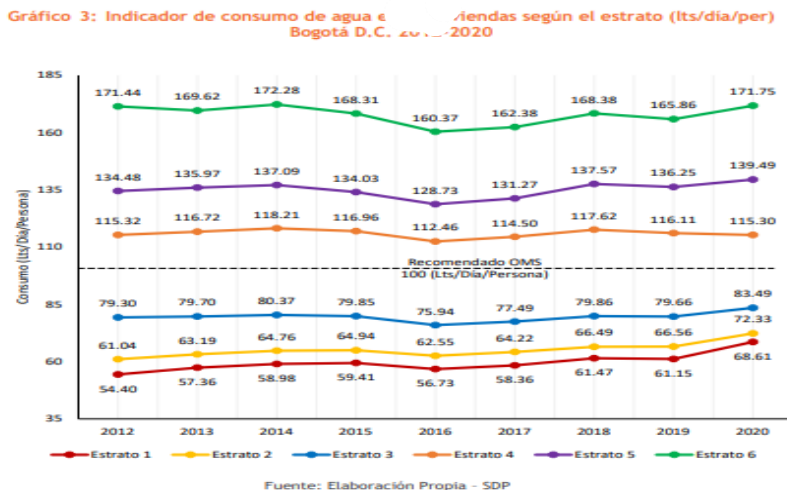
*Nota.* muestra el consumo diario de agua, este resultado se da en litros por día (lts/día) en el sector residencial y su relación con el número de viviendas, hogares y personas. *Fuente.* secretaria Distrital de Planeación. (Bogotá s. d., 2021)

De acuerdo a la tabla 1, podemos concluir de acuerdo a los datos recolectados que cerca del 75% del consumo diario de agua se da en los estratos 1,2 y 3 en donde están ubicadas las viviendas VIS; en el sector de las viviendas agrupadas en propiedad horizontal (PH), en donde están los conjuntos de apartamentos, los cuales hacen que las viviendas representen el 80% del consumo de agua en Bogotá. (Bogotá s. d., 2021).

En Figura 1 se observa el comportamiento del consumo de agua (lts/día/persona) en las edificaciones residenciales por estrato desde 2012 hasta el 2020. (Bogotá s. d., 2021).

## Figura 1

### Indicador de Consumo de Agua en Viviendas Litros por Día por Persona



Nota. secretaria Distrital de Planeación. (Bogotá s. d., 2021)

En la Figura se observa que hubo un elevado consumo para el año 2020, esto se puede otorgar a las restricciones durante la emergencia sanitaria por el coronavirus COVID-19. A pesar de este incremento, el indicador se encuentra por debajo de 100 litros diarios por persona, que corresponde al nivel de acceso óptimo recomendado por la OMS. (Organization, 2017), Para los estratos 4, 5 y 6 se encuentra en 145,4 litros diarios por persona, se puede concluir que están por encima del consumo de agua en la medida requerida, pues en todos los casos se superó el límite de 110 litros diarios por persona, siendo los estratos más altos los que más consumen agua, estos

rangos de consumo básico son dados por la comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico (Santana, Bonilla Tovar, & Castillo Sotomayor, 2015)

El estudio concluyó que los hogares residenciales representan un porcentaje significativo del consumo total de energía eléctrica en Bogotá, una de las principales fuentes de consumo dentro de los hogares son los electrodomésticos como refrigeradores, aire acondicionado, iluminación, y calentadores de agua. El uso de dispositivos electrónicos también ha venido aumentando con el tiempo, lo que hace que incremente la demanda energética en los hogares. Uno de los factores más relevantes que influyen en este consumo es el crecimiento poblacional y el aumento de la urbanización, lo que se traduce en un mayor número de hogares conectados a la red eléctrica. Sin embargo, también se destaca una creciente conciencia sobre la eficiencia energética, con más hogares adoptando tecnologías como bombillas LED y electrodomésticos con certificaciones de bajo consumo. No obstante, el estudio subraya la importancia de fomentar aún más estas prácticas para reducir la huella de carbono y los costos asociados al consumo de energía en los hogares. (Bogotá s. d., 2021)

La tabla 2 muestra el consumo anual de energía eléctrica kilowatts por año (kWh/año) en el sector residencial y su relación con el número de viviendas, hogares y personas. (Bogotá s. d., 2021)

**Tabla 2***Consumo Anual de Energía Eléctrica en el Sector Residencial*

Estrato	Cuentas ENEL	Viviendas	Hogares	Personas	Consumo de Energía (kWh/Año)
Estrato 1	166,414	223,066	247,649	749,921	269,090,094
Estrato 2	747,672	989,197	1,083,351	3,179,149	1,333,185,615
Estrato 3	766,019	888,325	934,654	2,594,134	1,340,468,344
Estrato 4	308,954	313,834	318,536	786,606	548,585,391
Estrato 5	102,383	95,079	95,496	236,459	225,399,725
Estrato 6	81,796	71,151	71,235	169,509	246,330,572
Total	2,173,238	2,580,652	2,750,679	7,715,778	3,963,059,774

*Nota.* muestra el consumo anual de energía eléctrica kilowatts por año (kWh/año) en el sector residencial y su relación con el número de viviendas, hogares y personas *Fuente.* secretaria Distrital de Planeación. (Bogotá s. d., 2021)

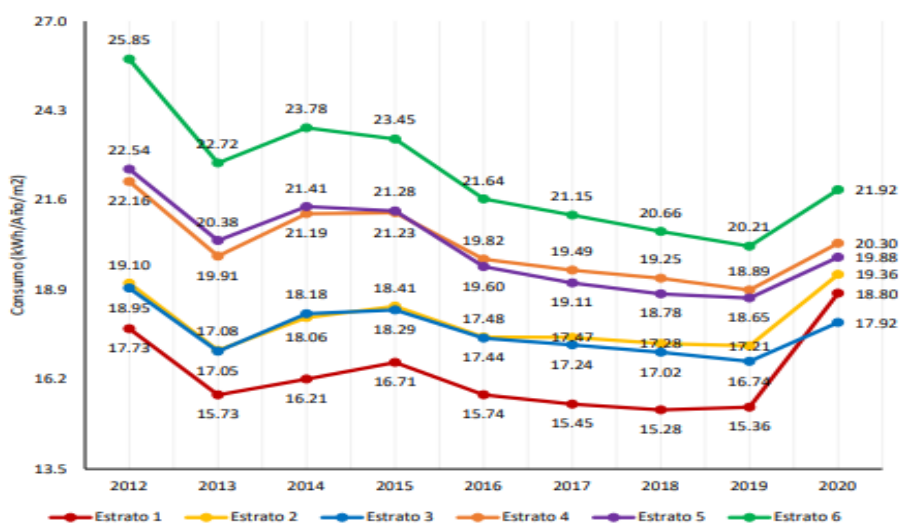
La tabla 2 señala cerca del 75% del consumo anual de energía eléctrica se da en los estratos 1,2 y 3 en donde suelen estar ubicadas las viviendas VIS. En el sector de las viviendas agrupadas en propiedad horizontal (PH), en donde están los conjuntos de apartamentos, los cuales hacen que las viviendas representen el 55% del consumo de energía eléctrica en Bogotá. (Bogotá s. d., 2021)

La Figura 2, muestra el comportamiento del consumo de energía eléctrica (kWh/año/m<sup>2</sup>) en el sector residencial por estrato desde 2012 hasta 2020. (Bogotá s. d., 2021)

## Figura 2

### Indicador de Consumo de Energía Eléctrica en las Viviendas

Gráfico 6: Indicador de consumo de energía eléctrica en las viviendas según el estrato (kWh/año/m<sup>2</sup>) Bogotá D.C. 2012-2020



Nota. secretaria Distrital de Planeación. (Bogotá s. d., 2021)

Se observa que el consumo venía descendiendo hasta el año 2019 pero para el año 2020 hubo un incremento elevado, esto se le puede atribuir a las restricciones durante la emergencia sanitaria por el coronavirus COVID-19. Este incremento es más notable para los estratos 1 y 2, para el estrato 3 se encuentra por debajo de los 18,4 kilowatts-hora anuales por metro cuadrado, que corresponde al promedio histórico para Bogotá entre los años 2012 y 2020, mientras que



para los estratos 4 y 5 llega a los 20,3 kilowatts-hora anuales por metro cuadrado y para el estrato 6 se encuentra por encima de los 21,9 kilowatts-hora anuales por metro cuadrado. (Bogotá s. d., 2021)

Teniendo en cuenta que la línea base para Vivienda NO VIS se encuentra en 46,5 kilowatts-hora anuales por metro cuadrado y que el porcentaje mínimo de ahorro es del 25%, se puede concluir que se ha reducido el consumo de energía eléctrica en la medida requerida, pues nunca se superaron los 35 kilowatts-hora anuales por metro cuadrado. (Bogotá s. d., 2021)

### **Formulación del Problema**

¿Cómo podría desarrollarse un sistema domótico que permita controlar y optimizar el consumo de recursos hídricos y energéticos en los hogares, considerando las problemáticas actuales como la escasez de agua, los costos de implementación y la infraestructura inadecuada?

## Justificación

La gestión eficiente del consumo de agua y energía es fundamental en Colombia, dada la escasez de agua en ciertas zonas y el alto costo de la energía, en países como España y Alemania, donde se promueven normativas de eficiencia energética y sostenibilidad, la domótica se ha impulsado como una herramienta clave para el ahorro de recursos. En España, por ejemplo, el Código Técnico de la Edificación (CTE) fomenta la eficiencia energética en construcciones nuevas, mientras que, en Alemania, programas como Energiewende incentivan el uso de tecnologías inteligentes en los hogares. Esta tendencia busca optimizar el consumo de recursos, reduciendo el impacto ambiental y los costos operativos.

En comparación, en Colombia, aunque existen leyes para promover la eficiencia energética y la sostenibilidad, como la Ley 1715 de 2014, que promueve el uso de fuentes no convencionales de energía y la gestión eficiente de la energía, la falta de normativas específicas para la implementación de domótica en hogares crea una oportunidad para adaptar enfoques internacionales a las necesidades locales. La Ley 1715 no aborda directamente la creación de hogares inteligentes ni la implementación de tecnologías domóticas, pero sí apoya el uso de tecnologías en beneficio de la eficiencia energética, lo cual está en línea con los objetivos de la domótica. Esta situación deja una brecha que puede ser aprovechada para implementar prácticas similares a las de España y Alemania, optimizando así el consumo doméstico de agua y energía, y contribuyendo a la sostenibilidad del país.

Colombia también cuenta con un marco normativo de políticas públicas que fomentan la integración de tecnologías en la construcción de viviendas. El Plan de Desarrollo 2018-2022

establece objetivos para la sostenibilidad y eficiencia energética en diversos sectores, incluyendo el de la construcción de viviendas (Republica P. d., 2018-2022). Además, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio emitió en 2015 la resolución 0549, que establece los requisitos técnicos para realizar edificaciones sostenibles, incentivando el uso de tecnologías que mejoren el uso eficiente de los recursos energéticos e hídricos del país (Ministerio de vivienda, 2015).

Al igual ha emitido varias normas técnicas relacionadas con la eficiencia energética, aunque no están específicamente orientadas a hogares inteligentes. Entre ellas, se encuentra la NTC 2050 de 2019, que establece los requisitos mínimos de seguridad para instalaciones eléctricas, incluyendo directrices para el uso de control de automatización eléctrica (Incontec, 1998), y la NTC ISO 50001, que proporciona un marco para gestionar la energía de manera eficiente, facilitando la implementación de tecnologías domóticas para la eficiencia energética (50001:2018, 2018). Además, el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (Retei, 2024) establece los requisitos de seguridad y eficiencia para las instalaciones eléctricas en los hogares, garantizando que las instalaciones domóticas cumplan con los estándares necesarios de seguridad (Retei, 2024)

La eficiencia en el uso de los recursos hídricos también es crucial en Colombia, dado que el 80% de la producción de energía eléctrica en el país proviene de fuentes hidráulicas (Ambiente, 2010). La necesidad de controlar y reducir el uso excesivo de agua y energía es urgente, especialmente considerando el reciente anuncio de la Resolución 291 de 2024, que establece medidas para racionar el agua en algunas zonas del país debido a los niveles bajos en los embalses que abastecen a las ciudades (Bogotá, 2024). Esta situación subraya la importancia

de implementar tecnologías en los hogares para mejorar la eficiencia en el consumo de estos recursos.

Aunque en Colombia no existen normativas específicas para la implementación de tecnologías domóticas, las leyes y normas existentes promueven la eficiencia energética y el uso de nuevas tecnologías. Esto crea una oportunidad para desarrollar e implementar proyectos domóticos adaptados a las necesidades locales, pero también resalta la necesidad de contar con directrices claras y específicas que faciliten la implementación exitosa de estos proyectos.

Para comprender la percepción de los hogares colombianos sobre la eficiencia en el consumo de recursos, la disposición hacia el uso de sistemas domóticos y la facilidad con la que pueden entender los recibos de agua y luz se llevó a cabo una encuesta que incluyó a 60 participantes de diferentes estratos socioeconómico y tipos de vivienda. A continuación, se presentan los hallazgos más relevantes de la encuesta y su implicación en el desarrollo del proyecto:

Frecuencia de revisión del consumo: Una parte de los encuestados afirmó que revisa regularmente sus recibos de servicios públicos para monitorear el consumo de agua y energía (tabla 3) esto indica una conciencia creciente sobre los costos asociados al consumo de estos recursos, aunque el 55 % de los encuestados nunca revisa su consumo (Figura 3), lo cual subraya la necesidad de un sistema que informe de manera proactiva sobre los niveles de consumo.

**Tabla 3***Frecuencia de Revisión del Consumo en Recibos de Servicios Públicos*


---

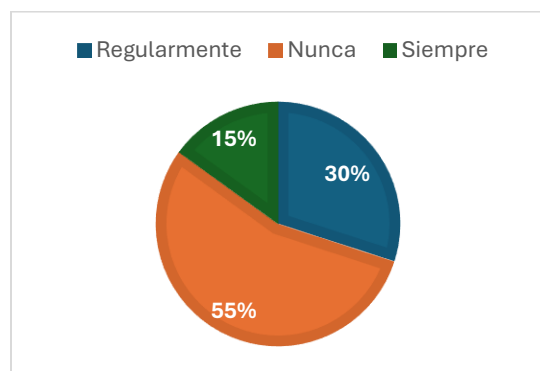
¿Con qué frecuencia revisa el consumo de agua y energía en sus recibos de servicios públicos?

---

Regularmente	18
Nunca	33
Siempre	9

---

*Nota.* muestra con qué frecuencia las personas revisan el consumo de agua y energía en los recibos públicos *Fuente.* Autoría propia (Excel)

**Figura 3***Porcentaje de Revisión del Consumo en Recibos de Servicios Públicos*

*Nota.* El porcentaje de los encuestados que revisan regularmente, nunca y siempre el consumo en los recibos. Autoría propia (Excel)

Facilidad de lectura: El resultado de la encuesta revela que el 77% (Figura 4) de los encuestados considera que la información presentada en sus recibos de agua y energía no es fácil de entender. Esto pone en evidencia una necesidad crítica: muchos usuarios encuentran compleja la interpretación de su consumo de recursos, lo que dificulta la identificación de patrones de consumo y la implementación de medidas para optimizar el uso de agua y energía.

Un sistema domótico puede abordar esta problemática al presentar datos en un formato claro y comprensible, mediante alertas visuales y comparativas de consumo, el sistema ayudaría a los usuarios a comprender mejor su consumo diario, con la opción de recibir alertas cuando se superen ciertos umbrales, los usuarios pueden tomar decisiones informadas para reducir el consumo excesivo, el sistema no solo optimiza los recursos, sino que también facilita la interpretación de la información, promoviendo una gestión consciente y sostenible del agua y la energía en el hogar.

#### **Tabla 4**

##### *Información Presentada en Recibos es Fácil de Entender*

---

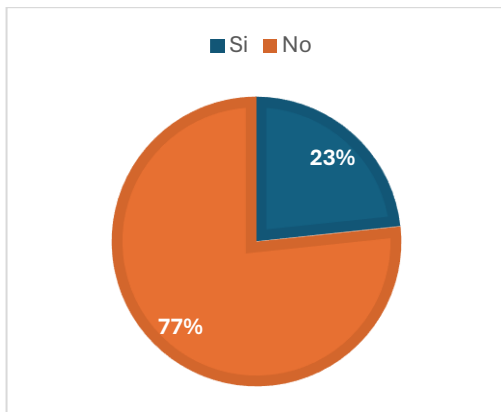
<i>¿Considera que la información presentada en sus recibos de agua y energía es fácil de entender?</i>	
Si	14
No	46

---

*Nota.* muestra si las personas consideran que la información presentada en los recibos de agua y energía es fácil de entender *Fuente.* Autoría propia (Excel)

**Figura 4**

*Porcentaje de Información Presentada en Recibos es Fácil de Entender*



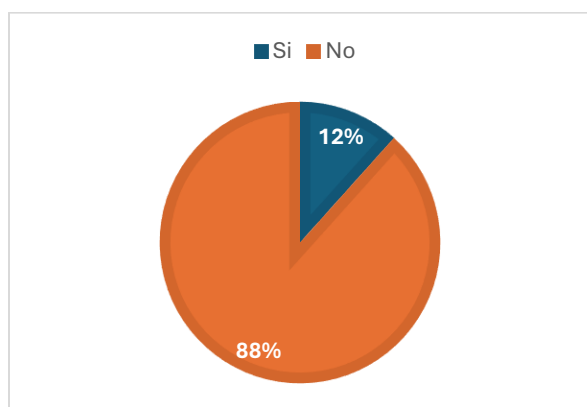
*Nota.* El porcentaje de los encuestados que entiende fácilmente los recibos. Autoría propia (Excel)

Reducción de consumo: Los resultados muestran que el 88% (Figura 5) de los encuestados no saben las cifras exactas de reducción de consumo de agua y luz de acuerdo a los datos que obtienen por la lectura de los recibos, esto abre la posibilidad para que las personas no tomen acciones correctas a la hora de reducir el consumo de los recursos y no lograr ahorros significativos.

**Tabla 5***Cuánto Debería Reducir el Consumo para Obtener Ahorro*

¿Sabe cuánto debería reducir su consumo mensual para obtener un ahorro significativo de agua y energía?	
Si	7
No	53

*Nota.* muestra si las personas saben cuánto debería reducir el consumo mensual para obtener un ahorro significativo *Fuente.* Autoría propia (Excel)

**Figura 5***Porcentaje Cuánto Debería Reducir el Consumo para Obtener Ahorro*

*Nota.* El porcentaje de los encuestados que conoce cuanto debe reducir en consumo para obtener ahorro. Autoría propia (Excel)



Conciencia ambiental: Los resultados muestran que 95 % (Figura 7) de los encuestados se considera muy consciente o consciente del impacto ambiental del consumo excesivo de agua y energía, lo cual nos sugiere una oportunidad favorable para la implementación de sistemas domóticos que no solo controlen el consumo, sino que también fomenten prácticas sostenibles en el hogar.

### **Tabla 6**

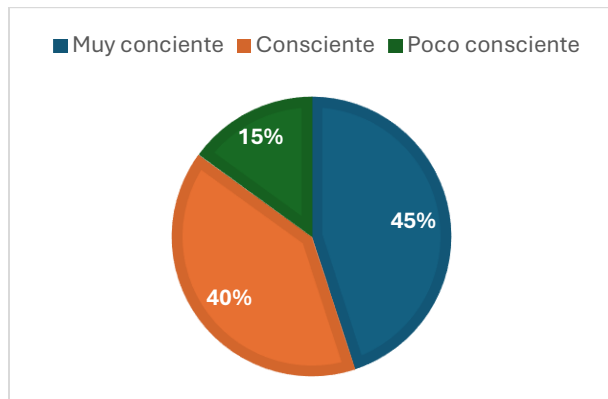
*Es Consciente sobre el Impacto Ambiental del Consumo Excesivo*

¿Qué tan consciente es usted sobre el impacto ambiental del consumo excesivo de agua y energía?	
Muy consciente	27
Consciente	24
Poco consciente	9

*Nota.* muestra que tan conscientes son las personas sobre el impacto ambiental del consumo excesivo de agua y energía *Fuente.* Autoría propia (Excel)

**Figura 6**

*Porcentaje de Consciencia sobre el Impacto Ambiental del Consumo Excesivo*



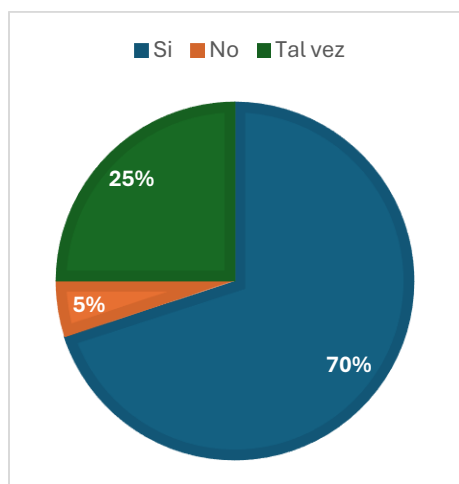
*Nota.* El porcentaje de los encuestados que tiene conciencia sobre el impacto ambiental del consumo excesivo. Autoría propia (Excel)

Percepción sobre los sistemas domóticos: el 70% (Figura 7) de los participantes respondió afirmativamente a la pregunta sobre si cree que los sistemas automáticos de control de consumo (domóticos) pueden ayudarles a reducir su consumo de agua y energía. Este interés sugiere que existe una aceptación inicial hacia la tecnología, especialmente si se adapta a las necesidades y recursos disponibles en los hogares colombianos.

**Tabla 7***Los Sistemas Domóticos Pueden Ayudar a Reducir el Consumo*

¿Cree que los sistemas automáticos de control de consumo (domóticos) pueden ayudarle a reducir el consumo de agua y energía en su hogar?	
Si	42
No	3
Tal vez	15

*Nota.* muestra si las personas creen que los sistemas domóticos pueden ayudarle a reducir el consumo de agua y energía en su hogar *Fuente.* Autoría propia (Excel)

**Figura 7***Porcentaje si los Sistemas Domóticos Pueden Ayudar a Reducir el Consumo*

*Nota.* El porcentaje de los encuestados que reconocen que los sistemas domóticos ayudan a reducir el consumo en los hogares. Autoría propia (Excel)

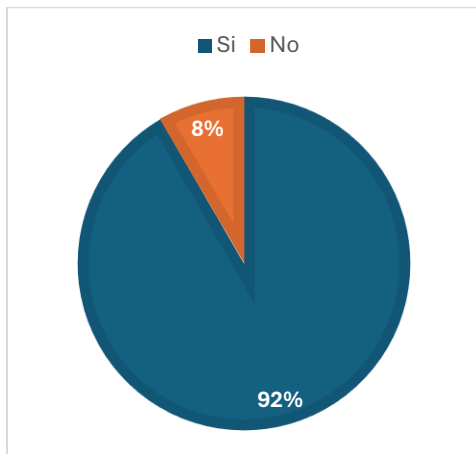
Inversión en domótica: Los resultados muestran que el 92 % (Figura 6) de los encuestados están dispuestas a invertir en un sistema que les ayude a controlar y optimizar el consumo de agua y energía en sus hogares, esta tendencia sugiere una oportunidad favorable para la implementación de sistemas domóticos que controlen el consumo de los recursos en los hogares.

### Tabla 8

#### *Dispuesto a Invertir en Sistema Domótico*

¿Estaría dispuesto a invertir en un sistema domótico para optimizar el consumo de agua y energía en su hogar?	
Si	55
No	5

*Nota.* muestra si las personas estarían dispuestas a invertir en un sistema domótico para optimizar el consumo de agua y energía en su hogar *Fuente.* Autoría propia (Excel)

**Figura 8***Porcentaje si Estaría Dispuesto a Invertir en Sistema Domótico*

*Nota.* El porcentaje de los encuestados que estarían dispuestos a invertir en un sistema domotico.

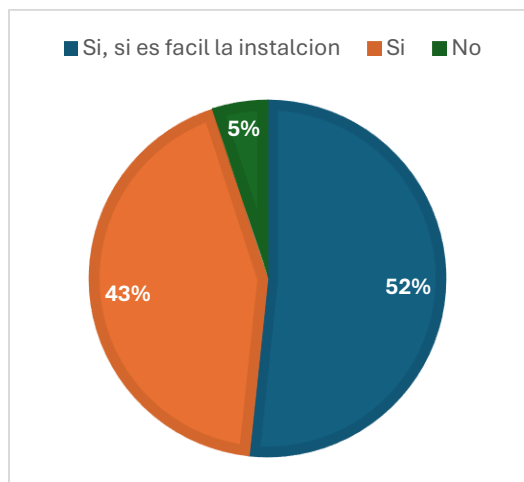
Autoría propia (Excel)

Instalación de sistema de control: los resultados muestran que la gran mayoría de los encuestados les gustaría tener en sus hogares en sistema que informe a tiempo real el consumo de agua y energía, este grupo de encuestados están en dos grupos, los que si les gustaría el sistema en su cada y los que si les gustaría pero si es fácil la instalación del sistema( tabla 8), la unión de este grupo de personas suma el 95% ( Figura 8), lo que nos deja ver que si hay una clara intención de tener un sistema el cual ayude a tener control del consumo, sin dejar de lado que el 52% (Figura 8), lo tendrían si es fácil la instalación, lo cual nos deja ver la necesidad del sistema pero sin llegar a ser una molestia a la hora de la instalación.

**Tabla 9***Le Gustaría tener un Sistema Domótico*

¿Le gustaría tener un sistema que le informe en tiempo real el consumo de agua y energía en su hogar?	
Si, si es fácil la instalación	31
Si	26
No	3

*Nota.* muestra si a las personas les gustaría tener un sistema que le informe en tiempo real el consumo de agua y energía en su hogar *Fuente.* Autoría propia (Excel)

**Figura 9***Porcentaje si le Gustaría tener un Sistema Domótico*

*Nota.* El porcentaje de los encuestados que les gustaría tener un sistema domótico en su hogar  
Autoría propia (Excel)

Interés en recibir alertas: el 90% (Figura 10) de los encuestados expresó interés en recibir alertas sobre el consumo de agua y energía, lo que nos deja ver que las alertas podrían servir como recordatorios para ajustar el consumo, incentivando la adopción de hábitos sostenibles y ayudando a evitar el desperdicio de recursos, sin crear molestias a los usuarios.

**Tabla 10**

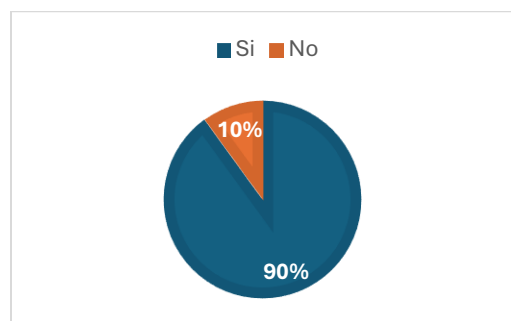
*Le gustaría Recibir Alertas sobre el Consumo de su Hogar*

¿Le gustaría recibir alertas sobre el consumo óptimo de agua y energía en su hogar?	
Si	54
No	6

*Nota.* muestra si a las personas les gustaría recibir alertas sobre el consumo óptimo de agua y energía en su hogar *Fuente.* Autoría propia (Excel)

**Figura 10**

*Porcentaje le gustaría Recibir Alertas sobre el Consumo de su Hogar*



*Nota.* El porcentaje de los encuestados que les gustaría recibir alertas sobre consumo en su hogar. Autoría propia (Excel)

Con base en los resultados de la encuesta, queda claro que un sistema domótico adaptado al contexto colombiano, que permita monitorear el consumo y genere alertas en tiempo real, contribuiría a fomentar la eficiencia en el uso de agua y energía en los hogares, al ofrecer datos de consumo y notificaciones ante niveles excesivos, el sistema permitirá a los usuarios tomar decisiones informadas para reducir su consumo, alineándose así con las metas de sostenibilidad nacional, es fundamental que el sistema sea fácil de instalar y de bajo costo, características que facilitan su adopción en una amplia variedad de hogares, incluyendo aquellos con infraestructura limitada, esto garantizaría que más personas puedan beneficiarse de la tecnología sin necesidad de modificaciones complejas en su vivienda ni una inversión inicial elevada, lo cual es esencial para promover un uso sostenible de los recursos en un contexto social y económico diverso.



## Objetivos

### Objetivo General

Desarrollar un sistema domótico para controlar y optimizar el uso del agua y la energía en los hogares colombianos.

### Objetivos Específicos

Realizar investigación documental, sobre el desarrollo domótico en Colombia, su legislación y casos de éxito, con el fin de obtener un marco de referencia adecuado

Identificar los diferentes tipos de sistemas domóticos implementados en Colombia acotando al uso de recursos de agua y energía, para seleccionar las soluciones más eficientes.

Diseñar sistema domótico que contribuya con la reducción de consumo de los recursos de agua y energía en los hogares, teniendo en cuenta los costos de implementación con el propósito de mejorar la gestión de este recurso.

Evaluar la viabilidad del sistema domótico mediante simulaciones con software especializado.

Validar el diseño y funcionalidad del sistema domótico mediante simulación con software especializado.

Presentar los resultados del desarrollo y la simulación del sistema domótico, con el fin de mostrar su impacto en la optimización del uso de recursos hídricos y energéticos.

## **Metodología**

### **Enfoque de la Investigación**

El enfoque de la investigación es un aspecto fundamental que define la dirección, metodología y alcance del estudio. (Finol de Franco & Vera Solorzano, 2020). Para este trabajo, se optó por un enfoque cuantitativo y científico-tecnológico debido a la naturaleza del proyecto, que involucra el diseño y simulación de un sistema domótico para el monitoreo y control del consumo de agua y energía en los hogares. Este enfoque se caracteriza por su énfasis en la medición precisa de variables, el análisis estadístico de los datos obtenidos y la búsqueda de soluciones basadas en la tecnología. (Finol de Franco & Vera Solorzano, 2020).

### **Enfoque Cuantitativo**

El enfoque cuantitativo se centra en la recolección de datos numéricos que puedan ser analizados de manera objetiva, (Gomez M. , 2006), lo que resulta importante para evaluar la eficiencia del sistema domótico. ya que el principal objetivo es optimizar y controlar el consumo de agua y energía, el uso de sensores y dispositivos de monitoreo en tiempo real los cuales serán esenciales para obtener datos precisos sobre el consumo de los ya mencionados recursos en los hogares. Estos datos permitirán identificar patrones de uso, detectar desperdicios, y generar alertas con recomendaciones para optimizar el consumo. Lograr cuantificar variables, como el consumo de agua en litros (L) y el consumo de energía en kilovatios-hora (kWh), son la clave para evaluar la efectividad del sistema domótico propuesto. Este enfoque permitirá realizar comparaciones antes y después de una posible implementación del sistema, con el fin de evaluar el impacto real en la reducción del consumo de recursos.

### **Enfoque Científico-Tecnológico**

Paralelamente, el enfoque de esta investigación también es de naturaleza científico-tecnológica. Esto se debe a que este estudio no solo busca entender los patrones de consumo en los hogares, sino que también pretende desarrollar una solución tecnológica. Esta investigación implica el diseño, construcción y simulación de un sistema domótico que integra sensores, microcontrolador, y módulos de comunicación para realizar el monitoreo en tiempo real. Este sistema estará basado en una arquitectura de software, lo que implica el desarrollo y simulaciones que se ajusten a las necesidades del proyecto.

### **Integración con Enfoque Cuantitativo y Científico-Tecnológico**

La combinación de estos dos enfoques es fundamental para lograr los objetivos del sistema domótico. El enfoque cuantitativo permite medir el impacto del sistema domótico en términos de ahorro de recursos, mientras que el enfoque científico-tecnológico proporciona las herramientas necesarias. A través de la recolección y análisis de datos cuantitativos, se podrán validar los avances tecnológicos realizados y ajustar el sistema según sea necesario para maximizar su eficiencia. (Finol de Franco & Vera Solorzano, 2020). Finalmente, el enfoque de esta investigación también aborda un problema social y ambiental: el consumo insostenible de agua y energía en los hogares. La integración de soluciones tecnológicas innovadoras con un enfoque cuantitativo permitirá no solo entender mejor este problema, sino también proponer una solución práctica que beneficie a la sociedad en su conjunto. (Finol de Franco & Vera Solorzano, 2020).

## Fases Metodológicas- Desarrollo del Proyecto

### Fase 1- Estudio Previo

#### *Domótica*

La domótica, viene de la unión de "domus" (hogar) y "automática", se define como la integración de la tecnología para el diseño inteligente de hogares, permitiendo la automatización y control para mejorar la calidad de vida, esta integración ha venido evolucionando de manera significativa a lo largo de los últimos años (Chaparro, 2003)

En 1984 la empresa american association of house builders, fue quien oficialmente uso el termino domótica para darle el nombre a casas inteligentes, este término no fue dado por tener un ambiente agradable en los hogares sino la interacción de las tecnologías que están en el interior de cada hogar. (Huérfano Rodríguez, 2011)

En un inicio se realizaba la automatización de cosas básicas como la iluminación, pero la domótica ha evolucionado hacia sistemas más complejos con la interconexión entre dispositivos con esto se introdujo el Internet y con ello una gran variedad de dispositivos, permitiendo la creación de hogares totalmente interactivos y adaptativos (Mejia 2021).

En la actualidad existe todo un sistema que consta de varios dispositivos relacionados entre sí, cada uno de estos dispositivos se encarga de una tarea en específico, es decir los sensores se encargan de enviar una señal y los actuadores ejecutan acciones automatizadas, todo esto de forma autónoma controlado por una unidad central la cual es capaz de gestionar y coordinar las interacciones, permitiendo que los habitantes controlen y monitoreen sus hogares de manera remota (Quintana 2022).

Una casa inteligente es una residencia equipada con tecnologías inteligentes destinadas a proporcionar servicios personalizados a los usuarios. Las tecnologías inteligentes permiten monitorear, controlar y apoyar a los residentes, lo que puede mejorar la calidad de vida y promover una vida independiente. (Marikyan 2019). También la definición dada por Aldrich, para las casas inteligentes es una residencia equipada con informática y tecnologías de la información que se anticipen y respondan a las necesidades de los ocupantes, trabajando para promover su comodidad, conveniencia, seguridad y entretenimiento a través de la gestión de la tecnología dentro del hogar y las conexiones con el mundo exterior. El concepto de hogar inteligente en toda regla es la cúspide de la tecnología doméstica que podemos imaginar en la actualidad. (Aldrich 2003)

### ***Cambio Climático***

El cambio climático es uno de los fenómenos que está afectando el equilibrio climático del planeta como resultado de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), estos gases son derivados directamente de las actividades humanas, como lo son la quema de combustibles fósiles y la deforestación. (Posada, 2007)

Este fenómeno trae consigo consecuencias bastante graves para el planeta como el aumento de las temperaturas globales, el derretimiento de los polos, el aumento de los niveles del mar y la intensificación de fenómenos climáticos extremos, en Colombia, se ha observado una tendencia creciente de estos impactos, lo que requiere una atención urgente. (Posada, 2007)

Una de las formas más eficaces para combatir estos efectos es mediante la implementación de tecnologías que promuevan el control y el uso eficiente de los recursos. Es

por esto que los sistemas domóticos entran a jugar un papel relevante en la optimización del consumo de recursos como agua y energía en los hogares, induciendo a un uso responsable de estos, mediante el monitoreo y la gestión del consumo en tiempo real.

La domótica ofrece así la posibilidad de gestionar los hogares de manera inteligente, controlando el uso de agua y electricidad según las necesidades, y promoviendo el ahorro y la sostenibilidad ya que estos sistemas alertan sobre consumos inusuales con esto ayudan a los propietarios a tomar medidas correctivas rápidamente es por esto que el uso de tecnología domótica no solo representa un avance en la comodidad y seguridad de los hogares, sino también una estrategia para enfrentar los desafíos del cambio climático mediante un consumo consciente y sostenible.

### ***Eficiencia Energética en Hogares***

La eficiencia energética es uno de los conceptos más importantes en la actualidad, ya que es la búsqueda continua de optimizar el uso de los recursos energéticos sin dejar de lado la calidad de vida ni los servicios básicos que se brindan en los hogares, en otras palabras, la eficiencia energética es consumir menos energía para realizar la misma actividad, esto no solo reduce costos, sino que también disminuye el impacto ambiental al reducir la demanda de energía. (Torres Peña, 2020)

En el sector residencial, la eficiencia energética tiene un impacto importante, sin embargo, aún los conceptos de ahorro energético y eficiencia energética no son conocidos. El ahorro energético es la reducción del consumo de energía mediante prácticas cotidianas, como desconectar aparatos cuando no están en uso, mientras que la eficiencia energética se enfoca en

el uso de tecnologías diseñados para consumir menos energía para brindar el mismo servicio (Torres Peña, 2020)

Estudios revelan que los hogares representan el 16.72% de la energía total consumida en Colombia, teniendo como uno de los principales consumidores de energía en el hogar el refrigerador, responsable de más del 39 % del consumo total, (Velez Angel, 2020), es por esto la necesidad de implementar sistemas tecnológicos que traigan la eficiencia energética consigo, para reducir estos niveles de consumo en hogares.

Según estudios realizados en Colombia, la inversión en sistemas tecnológicos implementados para la eficiencia energética puede recuperarse en un periodo de entre 1 y 4 años, gracias al ahorro en la factura de energía. Esto se debe a que estos sistemas llegan a controlar y optimizar llevando a la reducir del consumo eléctrico, así ayudan a disminuir significativamente los costos operativos en el hogar, la implementación de estos equipos puede resultar en una disminución significativa en los costos energéticos, en algunos casos hasta un 25% en la factura. (Medios, 2017)

En Colombia, uno de los desafíos para mejorar la eficiencia energética en los hogares es la falta de mecanismos claros para evaluar y controlar la calidad de los electrodomésticos importados. Aunque el país ha avanzado con regulaciones como la Ley 1715 de 2014, (Republica, 2014), que promueve la adopción de fuentes renovables y ofrece incentivos para equipos eficientes, aún existe una falta de control efectivo sobre la calidad de los productos importados. Esto limita la capacidad de medir de manera precisa su impacto en el ahorro de energía y la reducción de emisiones. (S.A, 2019)

La adopción e implementación de tecnologías energéticamente eficientes no solo beneficia a los hogares en términos económicos, sino que también contribuye a una mejora en disminuir el uso de los recursos energéticos a nivel nacional, lo que es crucial en la lucha contra el cambio climático y la reducción de la huella de carbono

### ***Normas que Promueven Sistemas Domóticos en Colombia***

En Colombia existe un marco normativo y políticas públicas que promueven la integración de tecnologías con la construcción de viviendas, como el plan de desarrollo 2018-2022 en el cual se establecen objetivos para la sostenibilidad y eficiencia energética, en varios sectores de la economía incluyendo la de la construcción de viviendas (república P. d., 2018-2022), la ley 1715 de 2014, es una ley donde se promueve el uso de fuentes no convencionales de energía y la gestión eficiente de la energía en Colombia, esta ley aunque no trate directamente de creación de casas inteligentes, ni implementación de las mismas, es una ley que promueve y hace promoción de las tecnologías en beneficio de la eficiencia energética en los hogares, lo cual es a lo que se encamina la domótica (república p. d., 2014).

Por otro lado, el ministerio de vivienda, ciudad y territorio emitió en el 2015 la resolución 0549, en donde se establecen los requisitos técnicos para realizar edificaciones sostenibles, incentivando el uso de tecnologías que puedan mejorar el uso eficiente y correcto de los recursos energéticos e hídricos del país (Ministerio de vivienda, 2015).

Colombia también ha emitido una serie de normas técnicas donde se establecen requisitos, no expresamente para hogares inteligentes, pero si para generar eficiencia energética, estas normas son, la NTC 2050 de 2019, donde se establecen los requisitos mínimos de



seguridad para realizar instalaciones eléctricas, donde se incluyen directrices para el uso de control de automatización eléctrica (incontec, 1998), la NTC ISO 50001, proporciona un marco para que las organizaciones gestionen la energía de forma eficiente, donde facilita la implementación de tecnologías domóticas para la eficiencia energética (50001:2018, 2018).

Además, se cuenta con el reglamento técnico para realizar instalaciones eléctricas (RETIE) donde se dan a conocer los requisitos de seguridad y eficiencia en las instalaciones eléctricas de un hogar, garantizando que las instalaciones de domótica cumplan con los estándares de seguridad necesarios para un hogar (RETEI, 2024).

La eficiencia del uso de los recursos hídricos es muy importante, ya que Colombia basa la generación de energía eléctrica en la hidráulica, estando en un 80% esta producción (ambiente, 2010), por lo tanto la necesidad de controlar y disminuir el uso excesivo de agua y energía de los hogares, por último se dio a conocer mediante la resolución 291 de 2024 el corte por racionamiento de agua, para que los embalses que abastecen la ciudad no llegaran a límite inferior, por lo tanto es necesaria la implementación de la tecnología en servicio a los hogares para ser más eficientes en el consumo (Bogotá, 2024).

En Colombia no existen normas que se refieran a la implementación de tecnologías domóticas, podemos observar que se han expedido normas para la eficiencia y uso de nuevas tecnologías, esto deja una brecha de interpretación al no haber directrices claras y específicas para que se puedan implementar de forma satisfactoria proyectos domóticos.

Revisando detalladamente la normatividad colombiana, esta no cuenta con leyes expedidas, normas técnicas y resoluciones que hablen directamente sobre la implementación de

sistemas domóticos en hogares, pero si cuenta con una serie de políticas públicas que promueven la integración de tecnologías con la construcción de viviendas, el plan de desarrollo 2018-2022, titulado *pacto por Colombia, pacto por la equidad*. Tiene como ejes fundamentales es la sostenibilidad ambiental y la eficiencia energética en varios sectores de la economía. Estos temas están principalmente abordados en el *Pacto por la Sostenibilidad*, los cuales abarcan la sostenibilidad ambiental, donde se enfoca en la gestión de recursos naturales, la protección de la biodiversidad y la promoción de una economía circular que reduzca la huella ambiental de los procesos productivos, la eficiencia energética, en la cual proponen medidas para mejorar la eficiencia en el uso de la energía, incentivar fuentes renovables, y promover el uso racional en sectores clave como la construcción de viviendas y edificaciones con esto se busca la disminución de la dependencia de combustibles fósiles y una transición hacia fuentes de energía más limpias, en el sector de la construcción de viviendas, se incluyen metas relacionadas con la *construcción sostenible* y el *desarrollo urbano sostenible* donde se promueve la implementación de estándares de construcción que reduzcan el impacto ambiental, fomentando el uso de tecnologías que mejoren la eficiencia energética en edificaciones, incluyendo ahorro en agua y energía, además de incentivar el uso de materiales sostenibles. (Republica P. d., 2018-2022), el PND presentado por el expresidente Ivan Duque, nos da una guía para la realización de sistemas donde el principal objetivo sea la sostenibilidad y optimizar los recursos hídricos y energéticos en los hogares.

La ley 1715 de 2014, también conocida como la *ley de energías renovables* la cual tiene como objetivo principal la regulación de la integración de energías renovables no convencionales al sistema energético del país y así promover el uso eficiente de la energía, con este marco

normativo que busca transformar el panorama energético de Colombia, apostando por fuentes renovables, eficiencia energética y una mayor participación ciudadana en la generación de energía, se incentiva la eficiencia energética a través de la promoción de tecnologías y prácticas que optimicen el consumo energético, disminuyendo el impacto ambiental de la producción y uso de energía en los hogares, con esta ley nos podemos centrar en la eficiencia del uso de la energía (Republica, 2014)

Por otro lado, se han emitido una serie de resoluciones una de ellas es la expedida por el ministerio de vivienda, ciudad y territorio emitió en el 2015 la resolución 0549, la cual es la que regula la implementación de la ley 1715, esta resolución se establecen los requisitos técnicos para realizar edificaciones sostenibles, incentivando el uso de tecnologías que puedan mejorar el uso eficiente y correcto de los recursos energéticos e hídricos del país, (Ministerio de vivienda, 2015), la resolución 1283 de 2016 emitida por Ministerio de Minas y Energía, establece directrices para la gestión eficiente de la energía y la creación del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía (PROURE). Este programa tiene como objetivo promover la eficiencia energética en diferentes sectores de la economía, alineado con los compromisos de sostenibilidad y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, se establece las bases para una gestión energética más eficiente en Colombia a través del PROURE. Su enfoque en la eficiencia energética, el uso de fuentes renovables y la reducción de emisiones contribuye a la sostenibilidad, incentivando la inversión en tecnologías limpias y promoviendo la concienciación sobre el uso responsable de la energía. (Ministero de Vvivienda, 2016)

Las normas técnicas colombianas también juegan un papel importante en esta serie de normativas la NTC 2050 de 2019, es una referencia esencial para ingenieros, técnicos eléctricos, arquitectos y constructores en Colombia para garantizar que las instalaciones eléctricas se realicen de acuerdo con esta norma, se minimizan los riesgos eléctricos y se asegura el cumplimiento de las normativas vigentes, mejorando la seguridad en las edificaciones. es fundamental para obtener certificaciones de seguridad y para asegurar la calidad de las instalaciones eléctricas. (Icontec, 1998), la NTC ISO 50001, proporciona un marco de referencia para que las organizaciones establezcan, implementen, mantengan y mejoren sus sistemas de gestión de la energía. El principal objetivo de esta norma es ayudar a las organizaciones a usar la energía de manera más eficiente y sostenible, reduciendo costos operativos y el impacto ambiental, es una herramienta valiosa para las organizaciones que buscan mejorar su desempeño energético de manera estructurada. Si se implementa esta norma, las organizaciones pueden optimizar el uso de la energía, reducir costos y minimizar el impacto ambiental, (50001:2018, 2018). También, Colombia cuenta con el reglamento técnico para realizar instalaciones eléctricas (RETIE) donde se dan a conocer los requisitos de seguridad y eficiencia en las instalaciones eléctricas de un hogar, garantizando que las instalaciones de domótica cumplan con los estándares de seguridad necesarios para un hogar (RETEI, 2024).

Al revisar los actos administrativos y las NTC, expedidas por los diferentes organismos públicos podemos establecer que, aunque no estén directamente hablando de domótica, podemos optar por cada una de ellas estableciendo un sistema domótico que cumple con los requisitos de instalación dados por cada norma, y también dando la eficiencia del consumo de recursos hídricos y energéticos, que es lo que nos buscamos con en esta investigación.

## **Fase 2- Identificación de Sistemas Domóticos**

### ***Estado Actual de la Domótica en Colombia***

Colombia ha venido evolucionando logrando avances en la infraestructura de conectividad y el acceso a Internet, este progreso es muy importante ya que se logra la integración de soluciones domóticas, y así colocando bases para implementación efectiva de tecnologías inteligentes.

La historia del mercado de la automatización, que a nivel residencial comenzó en Colombia de manera tímida hacia el 2005, y que para ese entonces se consideraba un lujo, hoy ha crecido hasta un 400% y, gracias al fácil acceso a la tecnología, se ha democratizado y se usa incluso en hogares de estratos 4 y 3. (Santa, 2018)

En Colombia existe una amplia presencia de dispositivos y es rápida la aceptación de nuevas tecnologías; En diversos sectores de la sociedad sobre todo en las altas esferas se ha fomentado una cultura tecnológica sólida, lo cual ha robustecido la base tecnológica del país, aclarando el panorama para la adopción fluida de sistemas domóticos, el ingreso de tecnologías como 5g logran la interconexión más eficiente entre dispositivos, permitiendo que los hogares logren implementar soluciones domóticas avanzadas y personalizadas ( Acosta Osorio, 2022)

El espectro del mercado ha cambiado y hoy en día automatizar una casa es muy sencillo, una cerradura, por ejemplo, puede comprarse por internet y vincularse al sistema sin mayores inconvenientes, el control de iluminación, cámaras con sensores de movimiento, aires acondicionados, audio y video, cada vez se vuelven más accesibles y fáciles de integrar (Santa, 2018)

Es por esta razón que dicho mercado en el país se divide en dos claras vertientes: el de empresas integradoras, que tienen gran conocimiento técnico en protocolos elaborados y estabilidad tecnológica, y el llamado Do it your self (hágalo usted mismo), que es posible gracias al ingreso de productos más económicos y fáciles de instalar y programar. Aquí, los límites para una persona que quiera automatizar su hogar, son solo el presupuesto y el conocimiento técnico. (Santa, 2018)

Para hogares de estratos 2 y 3, es muy factible que cualquier persona compre, por un bajo costo, dispositivos que él mismo puede instalar y programar, además son 100% integrables a sistemas como Apple HomePod o Google Home Kit, desde los que se puede tener control del hogar, incluso por comandos de voz. “Marcas de electrodomésticos como Samsung ya permiten controlar la nevera, la estufa y el aire acondicionado de manera muy sencilla. Ese es el mejor ejemplo de la funcionalidad del Internet de las cosas”. (Santa, 2018)

Con la llegada de más marcas y propuestas de domótica al país, los colombianos están más interesados en qué pueden hacer las casas inteligentes y en actualizarse para hacer su cotidianidad más fácil. Colombia cuenta con una amplia gama, desde motorización de cortinas, adaptadores de luz que nos permiten convertir electrodomésticos viejos en inteligentes, neveras, lavadoras y parlantes con el asistente. (Arias, 2021)

Linio, el marketplace, asegura que la búsqueda de productos para el hogar relacionados con domótica ha aumentado un 25 % en lo que va del 2021 y las ventas han tenido un crecimiento del 400 % en su plataforma en comparación con el 2020. «Vemos una tendencia creciente por la compra de dispositivos diseñados para convertir los hogares en lugares

inteligentes. Los asistentes virtuales, las luces inteligentes, routers, conectores y sensores, están impulsado esta categoría, con lo cual seguimos manteniendo el crecimiento de triple dígito que tuvimos en el 2020”, aseguró Andrés Sanchez, gerente de la categoría de tecnología. (Arias, 2021)

De acuerdo con el estudio de Digital Market Outlook, las casas inteligentes representarán el 21,09% del total de viviendas en 2025, el informe Digital 2021 Global Overview Report, publicado por We are Social y Hootsuite, reveló también que más de un millón de hogares ya cuentan con dispositivos inteligentes y que el 10,3 % de las personas entre 16 y 64 años dispone de al menos uno, una cifra estable en comparación con el 2020 que fue de 11 %. (Nbsp, 2023)

Este panorama tecnológico actual refleja una transición hacia un estilo de vida más conectado y con la evolución constante de la infraestructura tecnológica se logra realizar sistemas de domótica, ofreciendo a los hogares la oportunidad única para mejorar su calidad de vida mediante la adopción de soluciones tecnológicas innovadoras (Herrera Quintero, 2005)

Si algo muestra esta tendencia es que los colombianos están dando pasos pequeños y seguros a entender cómo funcionan las casas inteligentes: además de adaptarlas a sus necesidades antes de comprar todo lo que está en el mercado sin conocer si podrán darles el uso adecuado. Una casa inteligente es muy diferente a una casa automática y entender las diferencias es fundamental. Conocer si los dispositivos se pueden controlar desde nuestro celular y con qué asistentes se conectan también es fundamental (Arias, 2021)

En el caso de los constructores de vivienda en Colombia, cada vez es más atractivo comercializar proyectos que tengan al menos un bajo nivel de automatización, aunque muchos

proyectos están pensados para ser 100% automatizados desde el momento de su diseño inicial. Hoy, se usa incluso el formato de entregar la vivienda con un sistema muy básico como el de cortinas eléctricas y tanto audio como video de la zona social (Santa, 2018)

### ***Implementación de Sistemas Domóticos en Hogares***

Uno de los frenos para la implementación de domótica en hogares de bajos recursos es el alto valor de todos los sensores y controladores usados para la implementación de sistemas domóticos, esto lo destaca la investigación de Wilson (Wilson, Hargreaves, & Hauxwell Baldwin, 2014), donde se destaca que el principal desafío para los sistemas de domótica es el alto costo que crea una barrera significativa para su adopción en todas las comunidades, también explican que aunque la tecnología para los hogares inteligentes ofrecen beneficios, los costos iniciales de los sensores, dispositivos y la infraestructura necesaria son elevados. Lo que hace que desincentive a los consumidores, especialmente aquellos en sectores de bajos ingresos, a adoptar estas tecnologías, es por esta razón que se han propuesto iniciativas de bajo costo para viviendas de bajos recursos, donde se puede implementar sistemas domóticos de bajo costo y de alto beneficio para el consumo energético del país ya que el sistema de iluminación es uno de los principales focos de desperdicio energético en la actualidad (Carrión, 2013), por esta razón es totalmente viable la implementación propuesta por parte de Parada en 2016, los cuales diseñaron un sistema de iluminación basado en el protocolo de comunicación inalámbrica, lo cual hemos visto a través del documento que es de los protocolos de bajo costo, y con ellos usan módulos de control tanto en hardware como software, que hacen viable esta implementación (Parada 2016) , por otro lado con la investigación de Quintana en 2015, donde implementan otro sistema de bajo



costo para viviendas de bajos recursos, beneficiando a los habitantes de casas de construcción vis, el sistema domótico consiste en la creación de ducha con energía residual, el cual es un producto de uso diario para el aseo integral de cada habitante. Esta implementación, además de ser ambiental y económicamente sostenible, aporta a las personas un sistema que provee beneficios lumínicos relacionados con energía física y mental. (Quintana G, Pereira Poveda, & Vega S, 2015),

### **Fase 3- Presentación del Diseño**

#### ***Requerimientos del Sistema Domótico***

El sistema domótico propuesto en este trabajo tendrá como finalidad una simulación en donde se busca monitorear el consumo de agua y energía en una vivienda, alertando al propietario sobre posibles sobre consumos. Para lograr este objetivo, se utilizarán sensores específicos, un microcontrolador, y una plataforma de comunicación para enviar las alertas. Este sistema será parametrizable de acuerdo con el número de personas que habitan el hogar y se reiniciará cada 30 días, permitiendo así un control periódico sobre el consumo de recursos.

El sistema domótico será altamente configurable. La cantidad de personas que viven en el hogar será un factor clave para establecer los límites de consumo del agua y electricidad. A mayor número de habitantes, se permitirá un consumo más alto, pero sin exceder los límites, ajustando así los umbrales de alerta para evitar notificaciones innecesarias. Esta parametrización será un proceso simple que se realizará desde el propio microcontrolador, al permitirse que el sistema se reinicie cada 30 días, se hará un monitoreo mensual del consumo, de esta forma, el

usuario podrá tener una visión clara y detallada de su consumo y podrá ajustar sus hábitos si es necesario.

Las investigaciones presentadas en este documento nos permiten establecer con claridad los requerimientos del sistema domótico, analizando los parámetros relacionados con el consumo de agua y energía, así hemos identificado las necesidades específicas que el sistema debe satisfacer, dichos parámetros son fundamentales para diseñar un sistema eficiente que optimice el uso de los recursos en el hogar. La recopilación de datos sobre el consumo y las condiciones ambientales nos ayudará a desarrollar estrategias que reduzcan y promuevan prácticas sostenibles.

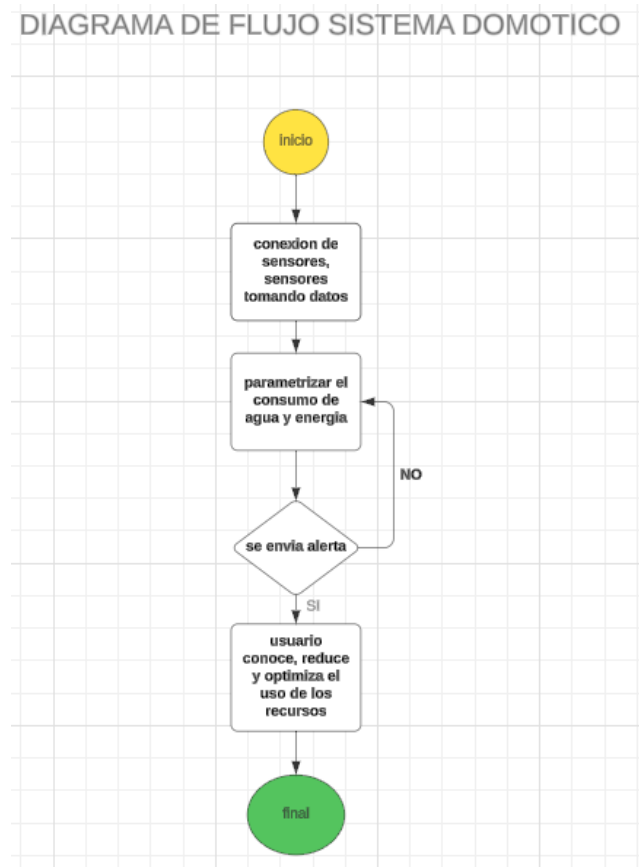
Al implementar esta solución no solo se mejorará la eficiencia en el consumo de agua y energía, sino que también se contribuirá a un entorno más responsable y consciente del uso de recursos naturales.

### ***Desarrollo de Diagrama de Arquitectura y Flujo del Sistema***

En la Figura 11, vemos el diagrama de flujo del sistema, el cual inicia con la conexión de los sensores, luego pasa por el proceso de parametrización de los umbrales de consumo, y la medición de los sensores obteniendo información de agua y corriente consumidos, se preguntará si el umbral de consumo se ha excedido y así se determinará si se envía la alerta o no.

Figura 11

*Diagrama de Flujo del Sistema Domótico*



*Nota.* Diagrama de flujo del sistema domótico. Autoría Propia (draw.io)

### ***Especificaciones y Justificación de Dispositivos***

La selección de dispositivos para el sistema domótico propuesto se fundamentó en criterios de eficiencia, rentabilidad y facilidad de instalación. Estos dispositivos fueron escogidos específicamente para facilitar su integración en hogares con infraestructura básica o limitada,

eliminando barreras de instalación que puedan dificultar la adopción de sistemas domóticos en viviendas colombianas

El sensor SCT-013-100 es un transformador de corriente de tipo clamp no invasivo, diseñado para medir el consumo de electricidad en tiempo real sin necesidad de intervenir directamente en el cableado. Este sensor se instala fácilmente sobre el cable conductor, sin requerir modificaciones estructurales ni conexiones eléctricas avanzadas, lo que reduce significativamente los riesgos de accidentes eléctricos y elimina barreras de infraestructura.

#### **Ventajas del Sensor SCT-013-100.**

**Seguridad:** Al no requerir conexión directa, reduce el riesgo de accidentes eléctricos.

**Eficiencia en monitoreo:** Permite obtener datos en tiempo real sobre el consumo de electricidad, lo cual es esencial para la optimización de la energía en el hogar.

**Costo accesible:** Comparado con sensores industriales de alta gama, el SCT-013-100 ofrece una opción económica y efectiva para aplicaciones de domótica, facilitando su adopción en proyectos de bajo presupuesto.

El sensor de flujo de agua YF-S201 es un dispositivo electromecánico que mide el caudal mediante el giro de un rotor interno, y su diseño compacto facilita su instalación en sistemas de plomería básica. Este sensor de tres cables (Vcc, Gnd, Señal) no requiere modificaciones complejas en el sistema de tuberías, lo que permite una instalación rápida y eficiente en hogares con infraestructura de plomería convencional.

#### **Ventajas del Sensor YF-S201.**

**Precisión en la medición:** Su capacidad para medir el flujo en tiempo real es fundamental para controlar el consumo de agua.

**Costo accesible:** A diferencia de otros sensores de flujo industriales, el YF-S201 es rentable, lo que reduce los costos generales del sistema.

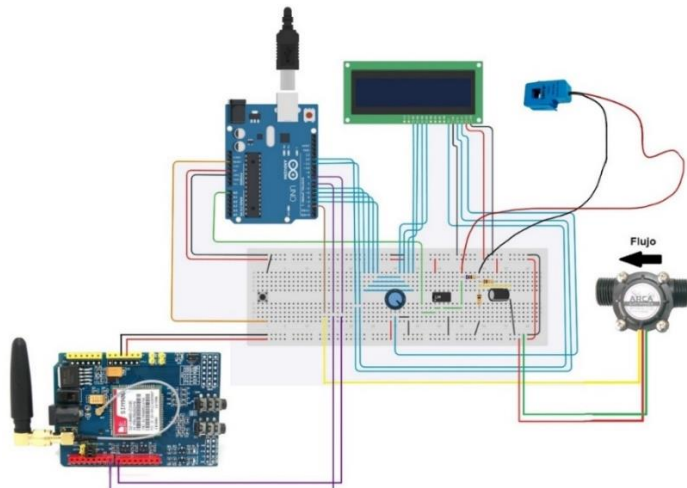
**Instalación:** La configuración de tres cables hace que su instalación y calibración sean sencillas, lo que facilita su integración con microcontroladores y evita la necesidad de intervención en la estructura del hogar.

### ***Arquitectura del Sistema Domótico***

La Figura 12 exhibe el diseño y la arquitectura inicial del sistema domótico montado sobre una protoboard, lo que facilita la conexión y prueba de los componentes de manera flexible y accesible, en esta configuración, se aprecian los módulos fundamentales del sistema, como sensores de flujo y corriente, junto con el controlador central, esta estructura sobre protoboard permite realizar ajustes y pruebas rápidas antes de la implementación final, asegurando que todas las conexiones y componentes funcionen correctamente para una integración estable y eficiente.

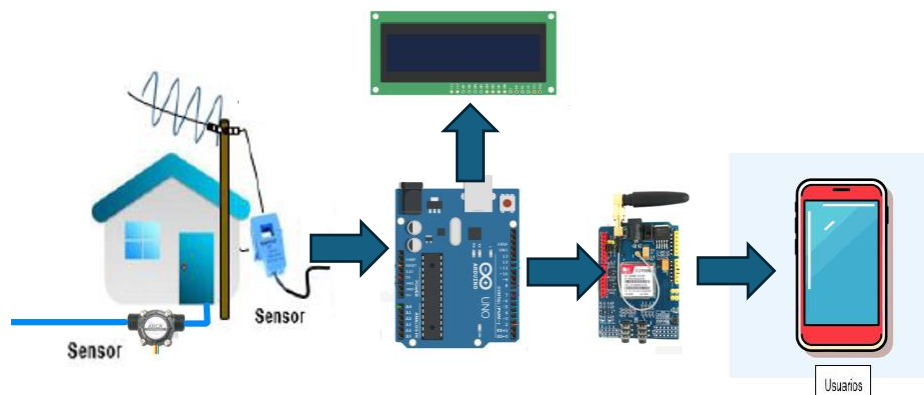
**Figura 12**

*Diseño del Sistema Domótico*



*Nota.* Diseño del sistema domótico, montaje en protoboard. Autoría Propia (krita)

La Figura 13 presenta una visión integral del diseño general del sistema domótico, donde se destacan los componentes esenciales para el monitoreo y control eficiente de las variables ambientales y de consumo, en ella, se pueden identificar módulos como sensores de flujo de agua, sensores de corriente, un controlador central Arduino uno y el dispositivo de comunicación, estos elementos están interconectados para recopilar datos y emitir alertas, permitiendo una gestión inteligente del consumo energético y del agua en el hogar, promoviendo sostenibilidad y eficiencia.

**Figura 13***Diseño General del Sistema Domótico*

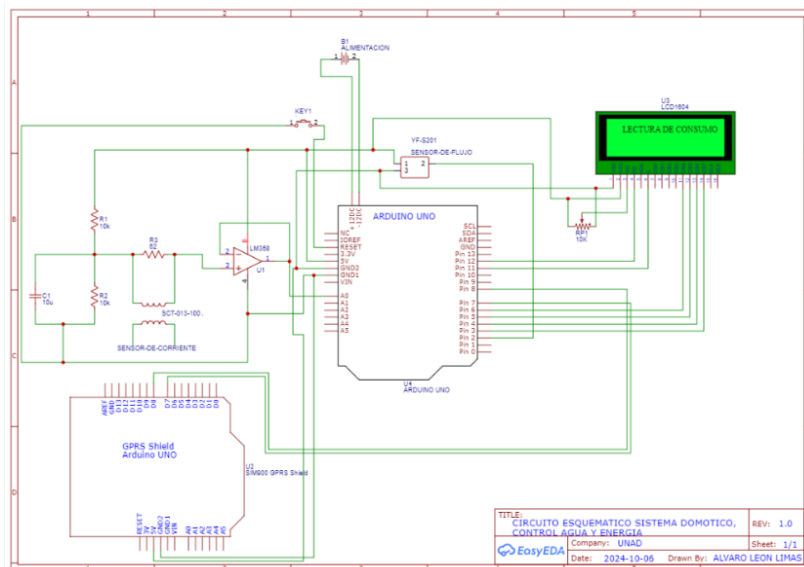
*Nota.* Diseño general del sistema domótico. Autoría Propia (krita)

***Esquema Electrónico***

La Figura 14 proporciona un esquema electrónico detallado del sistema domótico, ilustrando de manera clara las conexiones entre cada componente clave, en este esquema, se observa cómo cada sensor, se conecta al microcontrolador, que actúa como el cerebro del sistema. También se muestra la conexión con la pantalla LCD, utilizada para visualizar en tiempo real las variables monitoreadas, y el módulo de comunicación, que permite enviar alertas y reportes al usuario. Este esquema asegura una visión completa de la arquitectura del sistema, facilitando su ensamblaje e implementación.

**Figura 14**

*Esquema Electrónico*



*Nota.* Esquema del sistema domótico. Autoría Propia (easyEDA)

***Selección de Tecnologías y Componentes***

**Sensor de Corriente.** El sensor que se ha escogido para el sistema domótico, que satisface las necesidades, es el sensor de corriente SCT-013-100, utilizado principalmente para medir el consumo de electricidad en tiempo real. Este sensor permite monitorear el flujo de corriente en un hogar, proporcionando información continua sobre el uso de energía. Su diseño no requiere conexión directa a la red eléctrica, ya que realiza la medición a través de los cables que llevan la corriente, lo que lo hace bastante seguro.



## Figura 15

### *Sensor de Corriente SCT-013-100*



*Nota.* Sensor de corriente. (Electronilab, 2024)

El SCT-013-100 trabaja basado en el principio de un transformador de corriente tipo clamp no invasivo, diseñado para medir corrientes alternas (AC). La medición se obtiene como una señal de intensidad proporcional a la corriente que circula por el cable que se desea medir. Este sensor puede soportar un máximo de 100 amperios en términos de corriente. (Alvarado Mejia & Resendiz Perez, 2018).

Este sensor opera bajo el principio de inducción electromagnética, de acuerdo con la ley de Faraday. Esto permite su instalación sin interrumpir el flujo de corriente, gracias a su diseño de pinza que facilita esta instalación. Es importante destacar que el SCT-013-100 solo puede

medir la corriente de un cable a la vez, si se conectan dos cables conductores, no podrán ser medidos simultáneamente. (Alvarado Mejia & Resendiz Perez, 2018).

La relación de transformación de este sensor es de 1:2000, lo que significa que la corriente en el secundario será 2000 veces menor que la corriente real en el conductor primario. Es decir, por cada amperio que recorre su bobina primaria, la bobina secundaria entrega 0.05 amperios. (Wall B.S, 2023).

El SCT-013-100 está compuesto por un núcleo de ferrita seccionado que permite introducir el cable conductor de corriente a monitorear. Este núcleo actúa como la bobina del transformador. Además, cuenta con una bobina secundaria y un diodo Zener para la protección del sensor.

La tabla 11 muestra el sensor SCT-013-100 que tiene una precisión de  $\pm 2\%$ . Este valor puede verse alterado si la instalación del sensor en el cable conductor de corriente no es adecuada; si se deja un pequeño hueco, el aire puede introducir desviaciones de hasta  $\pm 10\%$  de error. (Wall B.S, 2023).

**Tabla 11***Equivalencia de Corriente Inducida en el Sensor*

Bobina Primaria	Bobina Secundaria	Corriente Esperada de la Bobina	
		Secundaria	Error
0.5	0.2534	0.25	1.36%
1	0.504	0.5	0.80%
1.5	0.75	0.75	0.00%
2	1.012	1	1.20%
5	2.45	2.5	-2.00%
10	5	5	0.00%
20	10.07	10	0.70%
30	15.25	15	1.67%
40	20.31	20	1.55%
50	25.35	25	1.40%
60	30.6	30	2.00%
70	35.56	35	1.60%
80	40.63	40	1.58%
90	45.69	45	1.53%
100	50.72	50	1.44%

*Nota.* muestra el sensor SCT-013-100 que tiene una precisión de  $\pm 2\%$  *Fuente.* (Wall B.S, 2023)

Ver Apéndice A, donde se encuentra la hoja de datos técnicos del sensor.

**Potencia en Corriente Alterna.** De acuerdo a lo entregado por el sensor de corriente es necesario tener en cuenta las ecuaciones características de potencia, esto para poder determinar la cantidad de Kwh y poder parametrizar de forma correcta el sensor.

Ecuación característica:

$$I_o = \frac{I_p}{n}$$

Donde:

$I_o$  = es la corriente de salida

$I_p$  =es la corriente que fluye por el sensor, en la bobina primaria

$n$  = es la relación de transformación depende del número de espiras del transformador en el secundario.

Para obtener información funcional, debemos convertir lo leído en kW/h. Primero, calculamos la potencia instantánea usando la siguiente ecuación:

$$P = V * I * \cos(\phi)$$

Donde  $\cos(\phi)$  representa el factor de potencia, que es fundamental para calcular la potencia real consumida

Energía en kWh

$$E = \frac{P * t}{1000}$$

Donde  $t$  es el tiempo en horas.

**Sensor de Flujo de Agua.** El sensor que se ha escogido para el sistema domótico, que satisface las necesidades es el sensor de flujo de agua YF-S201 de ½” es un dispositivo electromecánico diseñado para medir el caudal de líquidos, especialmente agua, en aplicaciones de automatización y monitoreo. Su capacidad para generar pulsos eléctricos en función del flujo lo hace adecuado para integrarse en sistemas de control y gestión de recursos hídricos. (Guaño Ochoa, 2017)

El YF-S201 opera bajo el principio de un sensor de flujo de tipo rotor, que utiliza un rotor interno que gira cuando el líquido fluye a través de él. Este movimiento se convierte en una señal eléctrica de pulso, a esto se le denomina efecto hall, y cuya frecuencia es proporcional al caudal de agua que pasa por el sensor. Este método permite realizar mediciones precisas y continuas del flujo (Guaño Ochoa, 2017)

### **Figura 16**

*Sensor de Flujo de Agua*



*Nota.* Sensor de flujo. (Electronilab, 2024)

La configuración para el funcionamiento está distribuida por tres cables de conexión: Vcc – Rojo, Gnd -Negro, Señal – Amarillo. El sensor YF-S201, se puede observar en la Figura 9

Cabe resaltar que este sensor se debe calibrar para que la medición sea más exacta, esta calibración se logra con la siguiente ecuación (Mechatronics, 2017)

$$k = \frac{n^k \text{ Pulsos}}{\text{Volumen} * 60}$$

Donde:

K: Factor de conversión

n: Número de pulsos

V: Volumen de agua de prueba \* 60 seg

La salida de pulsos es una onda cuadrada cuya frecuencia es proporcional al caudal. El factor de conversión de frecuencia (Hz) a caudal (L/min) para el sensor de ½” proporcionado por el fabricante es (Mechatronics, 2017)

$$f(\text{Hz}) = 7.5 \times Q(\text{L}/\text{min})$$

Ver Apéndice B, donde se encuentra la hoja de datos técnicos del sensor

**Microcontrolador.** Un microprocesador es un circuito integrado que contiene una unidad de procesamiento central (CPU) esta es capaz de ejecutar instrucciones y realizar cálculos y así controlar diferentes dispositivos electrónicos. Antes de la aparición de los microcontroladores, los

circuitos electrónicos se construían con diferentes componentes, como diodos, condensadores, transistores y resistencias, lo que complicaba los diseños y los hacía menos eficientes. En 1971 fue la llegada del primer microprocesador revolucionando la electrónica, simplificando los diseños y circuitos electrónicos, reduciendo el tamaño de los dispositivos, entre los microprocesadores más conocidos tenemos el Z-80 y el 8085. (Aguayo, 2004)

A pesar de los grandes avances que trajo el microprocesador al mundo de la electrónica, aún había componentes adicionales que se necesitan como las memorias RAM y ROM, decodificadores de direcciones y puertos de entrada y salida, esto lleva a un incremento a la complejidad en la implementación de sistemas completos. A medida que ha pasado el tiempo ha surgido una solución más integral el microcontrolador. A diferencia del microprocesador, el microcontrolador integra en una sola capsula o chip integrado, la CPU, la memoria y los puertos de entrada y salida, lo que facilita enormemente el diseño de sistemas electrónicos. (Aguayo, 2004)

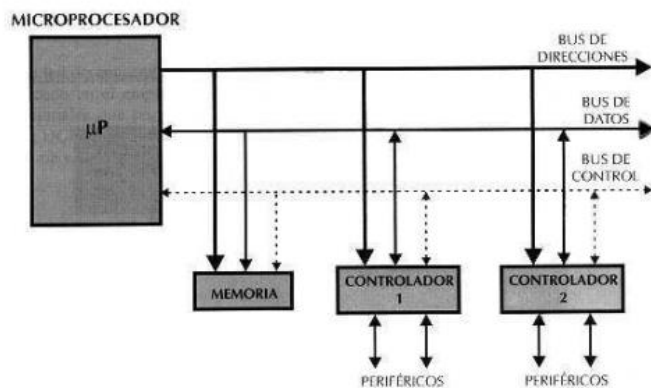
El microcontrolador es un circuito integrado que contiene todos los componentes necesarios para el control de un sistema, una unidad de procesamiento, memoria, periféricos de entrada y salida teniendo un reducido tamaño y a la integración de múltiples funciones en un solo dispositivo, lo que lo hace ideal para su uso en múltiples sistemas y soluciones, esto ha traído que los diseños electrónicos sean más compactos, eficientes y económicos. (Aguayo, 2004)

El microcontrolador Arduino Uno, por ejemplo, integra todo en un solo chip, reduciendo significativamente la cantidad de componentes y simplificando el diseño del circuito, esto lo ha

convertido en una opción popular para proyectos de automatización, control y electrónica en general. (Aguayo, 2004)

**Figura 17**

*Arquitectura de un Microcontrolador*



*Nota.* Arquitectura de un microcontrolador (Aguayo, 2004)

**Arduino Uno.** Teniendo como base que el microcontrolador más popular y de fácil acceso es el Arduino Uno, se eligió para este proyecto de investigación el Arduino uno, el cual cuenta con un microcontrolador ATmega328P, además por que permite a los desarrolladores y aficionados crear proyectos de forma muy sencilla. Su entorno de programación es amigable y su amplia comunidad de soporte lo convierten en una herramienta ideal para la creación de prototipos y sistemas. (Alvarado Mejia & Resendiz Perez, 2018)

El entorno de desarrollo integrado (IDE), es accesible y la programación está basada en C/C++, los desarrolladores pueden escribir, cargar y probar sus programas sin contratiempos, directamente al microcontrolador, teniendo la ventaja que el software de Arduino se ejecuta en cualquier sistema operativo, este microcontroladore viene integrado en una placa lo cual lo hace



aún más sencillo al a hora de conexiones con diferentes sensores o módulos, según la necesidad se pueden adquirir ensambladas con los módulos o separadas para que cada persona pueda ensamblarlo como desee y como su proyecto lo requiera. (Alvarado Mejia & Resendiz Perez, 2018).

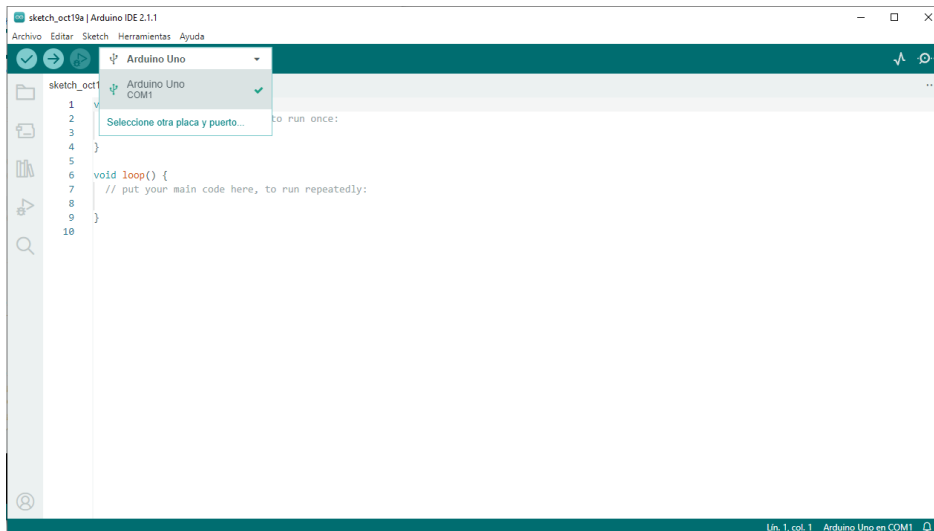
### Figura 18

*Placa Arduino Uno*



*Nota.* Placa arduino uno (Electronilab, 2024)

El ide de Arduino es un programa de aplicación lo cual permite que el desarrollador, escriba el código, lo compile, depure, logre construir una interfaz gráfica, además puede cargar el código directamente a la memoria flash del Arduino. (Alvarado Mejia & Resendiz Perez, 2018).

**Figura 19***IDE Arduino*

*Nota.* Espacio de trabajo de ide arduino. Autoría Propia (ide Arduino)

**Sistema de Comunicación.** Para la comunicación se empleará un módulo un módulo GPRS, que permitirá que el Arduino envíe alertas al teléfono móvil del propietario del hogar. Estas alertas serán generadas cuando los sensores detecten un consumo de electricidad o agua superior al configurado. La notificación puede realizarse mediante mensajes de texto o a través de una aplicación móvil, lo que garantiza que el usuario reciba la información en tiempo real, independientemente de su ubicación

El módulo SIM900 es un chip GSM/GPRS que permite tener comunicación móvil en proyectos electrónicos, este módulo es compatible con redes GSM a nivel global y permite realizar llamadas de voz, enviar y recibir mensajes SMS y acceder a Internet mediante GPRS,

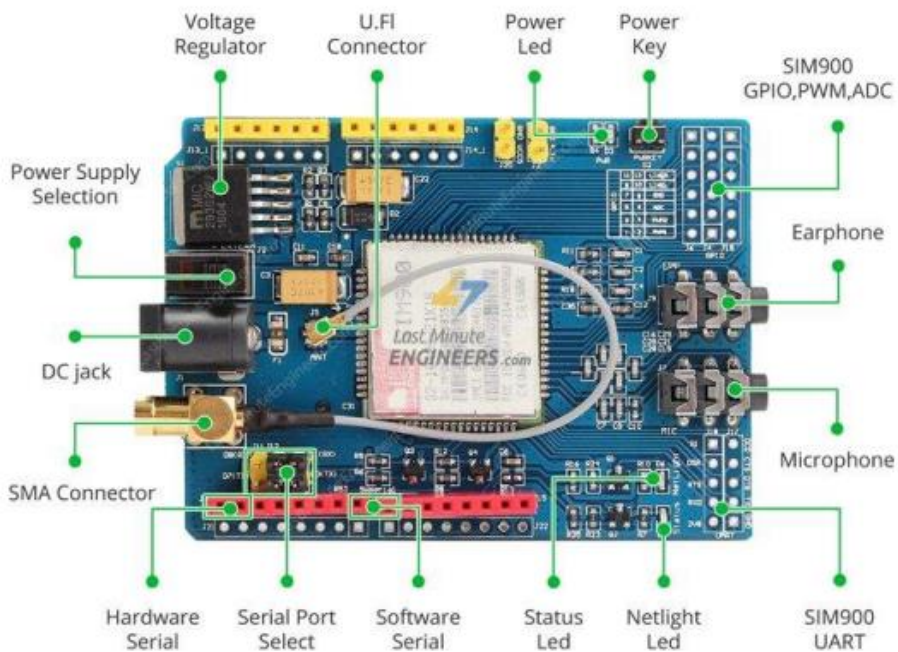
cuanta con gran versatilidad lo que lo convierte en una gran opción para proyectos de Internet de las cosas (IoT), donde la conectividad móvil es esencial, es fácil de integrar con plataformas como Arduino, facilitando el desarrollo de aplicaciones de monitoreo y control remoto.

(Enterprises, 2020)

Las ventajas de este módulo son el poder controlar dispositivos a distancia mediante comandos AT, realizar llamadas o enviar mensajes a través de la red móvil, y recibir notificaciones en tiempo real, el tamaño compacto y consumo energético moderado lo hacen ideal para sistemas donde se requiere conectividad móvil, es capaz de mantener el tiempo con un reloj de tiempo real interno, eliminando la necesidad de componentes adicionales para esta función. (Enterprises, 2020)

La capacidad para conectarse a redes GPRS permite a los dispositivos intercambiar datos a través de Internet, lo que lo convierte en una herramienta clave para diferentes sistemas de monitoreo que requieren conectividad constante también incluye interfaces de audio para conectar micrófonos y altavoces, permitiendo el desarrollo de aplicaciones basadas en llamadas de voz. (Enterprises, 2020)

El SIM900 es compatible con antenas externas, lo que mejora la recepción de señal, y cuenta con un socket para tarjetas SIM de tamaño completo.

**Figura 20***Modulo SIM900*

*Nota.* Modulo sim900 (Enterprises, 2020)

#### **Fase 4- Simulación del Sistema**

##### ***Selección de Software Para Simulación***

El software elegido para desarrollar la simulación es el software Proteus, este software es una gran herramienta de simulación y modelado de circuitos electrónicos donde se logra el diseño, pruebas y simulaciones de circuitos para luego poder construir un prototipo físico. Este software tiene un entorno donde se integran varios módulos cuentan con cada etapa para la

realización de diseños de circuitos o proyectos de electrónica, la captura del esquema, la creación de la placa de circuito impreso (PCB) y la simulación del comportamiento de los circuitos, este software es bastante popular y es utilizado en el ámbito académico y profesional debido a su gran capacidad para simular tanto componentes analógicos como digitales, incluyendo microcontroladores. (Argani Gutierrez, 2024).

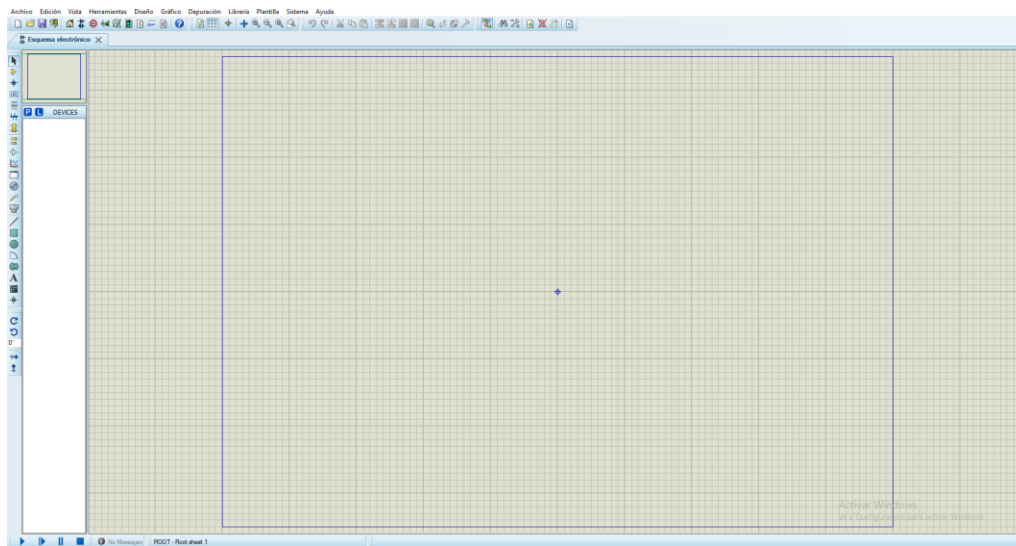
Dentro de los módulos más destacados de Proteus es ISIS, es el que permite la captura de circuitos esquemáticos, este módulo cuenta con una vasta librería que incluye más de 6,000 dispositivos, entre resistencias, transistores, microprocesadores, diodos, y todos los componentes necesarios para crear tanto circuitos básicos, como circuitos de gran envergadura, ISIS facilita el diseño de circuitos electrónicos de manera muy eficiente dando a los diseñadores el poder de seleccionar los componentes que necesiten desde la biblioteca de dispositivos y colocarlos en la zona de trabajo, donde se trazan los circuitos, otra gran ventaja de Proteus es que se pueden realizar simulaciones de circuitos en tiempo casi real, con esto se pueden tener y recopilar los datos más cercanos al comportamiento físico del circuito. (Argani Gutierrez, 2024).

Hablando de los demás módulos otro de gran importancia es ARES, que está enfocado en la creación de PCBs o placas de los circuitos, ARES permite posicionar automáticamente los componentes en la placa y generar las pistas de interconexión de los diferentes componentes, lo que lo hace muy útil para el diseño eficiente de prototipos electrónicos, donde el diseño de la PCB juega un papel crucial; PROSPICE es otro módulo que realiza la simulación de circuitos según los estándares de la industria, utilizando el motor SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) por sus siglas en inglés, este módulo está en la versión básica de

Proteus con la limitante que solo admite análisis transitorios, el motor SPICE integrado es reconocido por su precisión en la simulación de componentes analógicos y digitales; por último el módulo VSM (Sistema Virtual de Modelado) por sus siglas en inglés, es una característica distintiva de Proteus que permite la simulación de diseños basados en microcontroladores, combinando simulación analógica y digital, de las principales ventajas es la capacidad de simular el software que se ejecuta en un microcontrolador y su interacción con el hardware conectado, todo esto facilita la depuración y validación del comportamiento de un sistema en etapas tempranas del desarrollo, lo que ahorra tiempo y reduce los costos de prototipos físicos. (Argani Gutierrez, 2024).

## Figura 21

### *Entorno de Trabajo de Proteus*



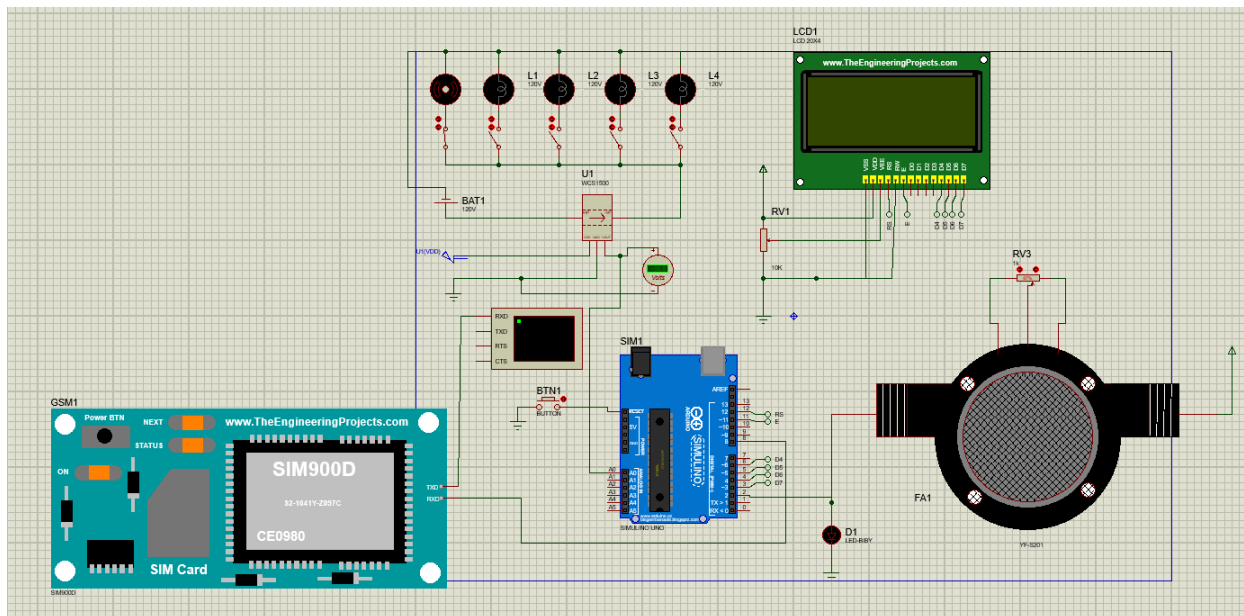
*Nota.* Espacio de trabajo de proteus. Autoría Propia (Proteus)

### *Modelado del Sistema Según el Diseño Especificado*

La Figura 22 muestra el montaje para la simulación del sistema domótico en el software Proteus, permitiendo probar y validar el diseño sin necesidad de hardware físico. En esta simulación, se incluyen representaciones virtuales de cada componente esencial del sistema, como el microcontrolador, sensores, pantalla LCD y módulos de comunicación. Esta configuración en Proteus facilita la observación de cómo interactúan los componentes y el comportamiento del sistema ante diferentes escenarios, permitiendo detectar posibles errores en el diseño y optimizar las conexiones y el flujo de datos antes de la implementación física.

**Figura 22**

### *Montaje de Sistema Domótico*



*Nota.* Montaje de sistema domótico en proteus. Autoría Propia (Proteus)

### ***Código Arduino***

Ver Apéndice C, donde se encuentra el código para Arduino, este código fue desarrollado en el IDE de Arduino bajo el lenguaje de programación C/C++

### ***Resultados de la Simulación***

Este sistema diseñado para monitorear y controlar el consumo de agua y energía en un hogar, utilizando los sensores de flujo de agua YF-S201 y corriente SCT-013-100, esta simulación realizada permitió obtener datos en tiempo real sobre el consumo de ambos recursos, lo cual fue fundamental para evaluar la eficacia del sistema propuesto en términos de sostenibilidad y ahorro de recursos. Durante la simulación, se registraron los valores de energía consumida en kWh y el volumen de agua en litros, esto para tener mayor claridad del consumo y no tener errores de comprensión por parte del usuario final. Estos datos fueron capturados a través de los sensores, que alimentaron de información al Arduino Uno y mostraron los resultados en una pantalla LCD, el sistema está programado para enviar alertas mediante un mensaje de texto al celular del usuario o propietario del hogar, mediante un módulo SIM900, cuando los umbrales de consumo son superados, con la finalidad de garantizar que el propietario del hogar sea notificado en tiempo real de cualquier uso excesivo de los recursos. Las alertas se enviaron con éxito cuando el consumo de energía superó los umbrales establecidos, lo cual cumplió con los objetivos iniciales del proyecto.

En términos de ahorro de agua la simulación mostró que el sensor de flujo de agua YF-S201 es capaz de medir con precisión el caudal de agua y así el sistema puede generar alertas antes de que se alcanzaran niveles críticos de consumo, contribuyendo así a la optimización del



recurso hídrico, por otro lado, en cuanto a la energía, la simulación mostró que el uso del sensor SCT-013-100 permitió una medición precisa del consumo eléctrico en tiempo real. El sensor tiene una sensibilidad adecuada para detectar fluctuaciones mínimas en el consumo de corriente, lo cual es crucial para gestionar el uso eficiente de la energía en un hogar.

El análisis de los datos obtenidos durante la simulación sugiere que la implementación de este sistema domótico puede generar un ahorro significativo en el consumo de agua y energía en hogares colombianos, con la capacidad de enviar alertas en tiempo real lo cual hace a este sistema tener una característica que mejora la capacidad del usuario para tomar decisiones informadas y ajustar sus hábitos de consumo. Estos resultados proporcionan una base sólida para la validación del sistema propuesto y demuestran su viabilidad para contribuir a la sostenibilidad y el uso eficiente de los recursos naturales.

### ***Análisis de los Resultados de la Simulación***

Para llevar a cabo el análisis metrológico del sistema domótico, se realizaron 20 simulaciones (ver tabla 12), bajo condiciones iniciales controladas. En cada simulación, se mantuvo constante la entrada de corriente medida por el sensor SCT-013-100, al igual para el sensor de flujo YF-S201, asegurando que los valores obtenidos fueran representativos del comportamiento del sistema.

El objetivo de esta serie de simulaciones fue evaluar la precisión y exactitud del sistema en la medición del consumo energético y del flujo de agua. Se registraron los datos obtenidos en cada ejecución, permitiendo un análisis estadístico que incluye el cálculo del promedio, la desviación estándar, y la varianza (ver tabla 13).

Al analizar los resultados, se buscó identificar la dispersión de los datos respecto al valor promedio. La precisión se evaluó a través de la comparación entre las lecturas obtenidas en las diferentes simulaciones y el valor teórico esperado. La exactitud se determinó considerando la proximidad de los valores medidos a los valores reales.

Los resultados de este análisis permitirán ajustar y optimizar el sistema, garantizando mediciones más fiables y representativas en futuras aplicaciones del sistema domótico.

**Tabla 12***Datos de Simulación*

	Sensor de Agua (L/min)	Sensor de Corriente (kWh)
1	10,35281047	1,872350509
2	10,08003144	2,03268093
3	10,1957476	2,04322181
4	10,44817864	1,962891749
5	10,3735116	2,113487731
6	9,804544424	1,927281716
7	10,19001768	2,002287926
8	9,969728558	1,990640807
9	9,97935623	2,076638961
10	10,0821197	2,073467938
11	10,02880871	2,007747371
12	10,2908547	2,018908126
13	10,15220755	1,955610713
14	10,024335	1,900960177
15	10,08877265	1,982604393
16	10,06673487	2,007817448
17	10,29881581	2,061514534
18	9,958968347	2,060118992
19	10,06261354	1,980633659
20	9,829180852	1,984884862

*Nota.* muestra las pruebas realizadas en simulación *Fuente.* Autoría Propia (Excel)

**Tabla 13***Datos Estadísticos del Sistema Domótico*

	Sensor de Agua (L/min)	Sensor de Corriente (kWh)
promedio	10,11386692	2,002787518
varianza	0,030434139	0,003712942
desviación estándar	0,17445383	0,060933915
Dispersión	0,643634216	0,241137222
Precisión (%)	1,724897422	3,042455277
exactitud	0,113866919	0,002787518

*Nota.* muestra los resultados metroológicos de las pruebas realizadas *Fuente.* Autoría Propia (Excel)

**Promedio.**

Sensor de Agua: El valor promedio de 10.11 L/min, indica el flujo de agua medio registrado por el sistema en las mediciones realizadas.

Sensor de Corriente: El valor promedio de 2.00 kWh representa el consumo medio de energía. Este valor es útil para establecer la tendencia central del consumo en las condiciones de prueba.

**Varianza.** Sensor de Agua: La varianza es de 0.0304, lo que sugiere una dispersión baja alrededor del promedio. Esto indica que las lecturas de flujo de agua son bastante consistentes.

Sensor de Corriente: Con una varianza de 0.0037, también se observa una dispersión baja, sugiriendo que el sensor de corriente proporciona lecturas con poca variación.

**Desviación Estándar.** Sensor de Agua: La desviación estándar es de 0.174, lo cual respalda que las lecturas de flujo son consistentes y varían ligeramente en torno al promedio.

Sensor de Corriente: Con una desviación estándar de 0.061, este sensor muestra una variabilidad aún menor que el sensor de agua, indicando una mayor estabilidad en sus mediciones.

**Dispersión.** Sensor de Agua: La dispersión de 0.644, indica la amplitud del rango de variación en las mediciones del flujo. Aunque existe algo de variabilidad, el valor es relativamente bajo en relación con el promedio.

Sensor de Corriente: La dispersión de 0.241, indica una consistencia aún mayor que la del sensor de agua, lo cual es positivo para el monitoreo de consumo energético preciso.

**Precisión.** Sensor de Agua: La precisión calculada del 1.72% indica que el sensor tiene un buen nivel de confiabilidad en sus mediciones, con una baja desviación con respecto a las lecturas ideales.

Sensor de Corriente: Con una precisión de 3.04%, este sensor es menos preciso que el de agua, pero sigue siendo adecuado para aplicaciones donde se permita este margen de error.

**Exactitud.** Sensor de Agua: La exactitud de 0.1139, muestra que las lecturas tienen un pequeño error respecto al valor real, siendo bastante cercanas a la medida real esperada.

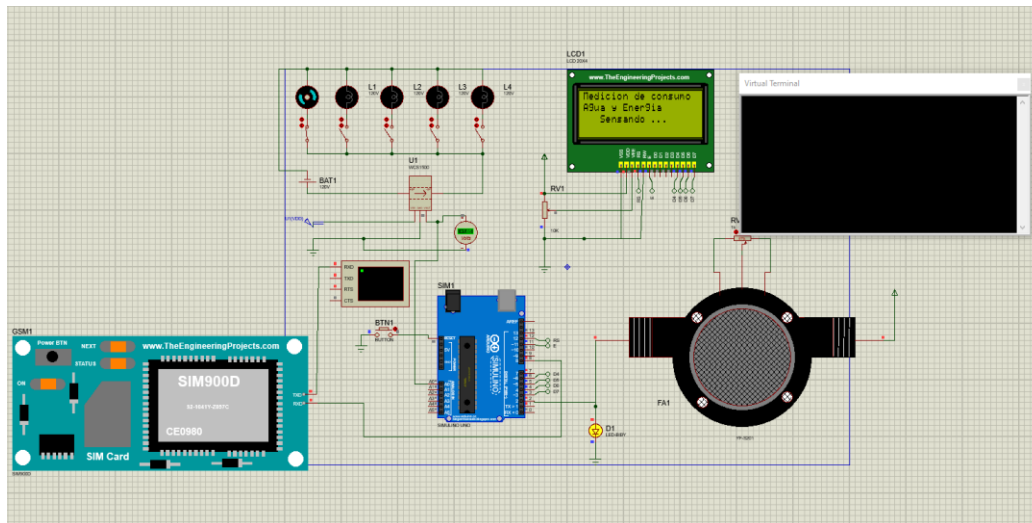
Sensor de Corriente: La exactitud de 0.0028, muestra una precisión de alto nivel, indicando que el sensor de corriente es capaz de medir el consumo energético con una gran exactitud en las condiciones de prueba.

Ambos sensores presentan buenas métricas de consistencia y precisión, con el sensor de corriente mostrando una ligera ventaja en términos de estabilidad y exactitud en comparación con el sensor de agua, para la aplicación en las que estos sensores se están utilizando, el nivel de precisión y exactitud es adecuado y sugiere que ambos sensores ofrecen datos confiables.

Las ilustraciones 23, 24 y 25 presentan de manera detallada el proceso de inicio de la simulación y el envío de alertas en el sistema. La Figura 23 muestra la fase inicial de la simulación, donde se activan los componentes del sistema y se establece la comunicación entre sensores, Arduino y el módulo de comunicación, en la Figura 24, se observa el primer envío de alertas, activado cuando se detecta un umbral de consumo de agua que supera el límite preestablecido, finalmente, la Figura 25 ilustra el envío de la alerta de energía.

Figura 23

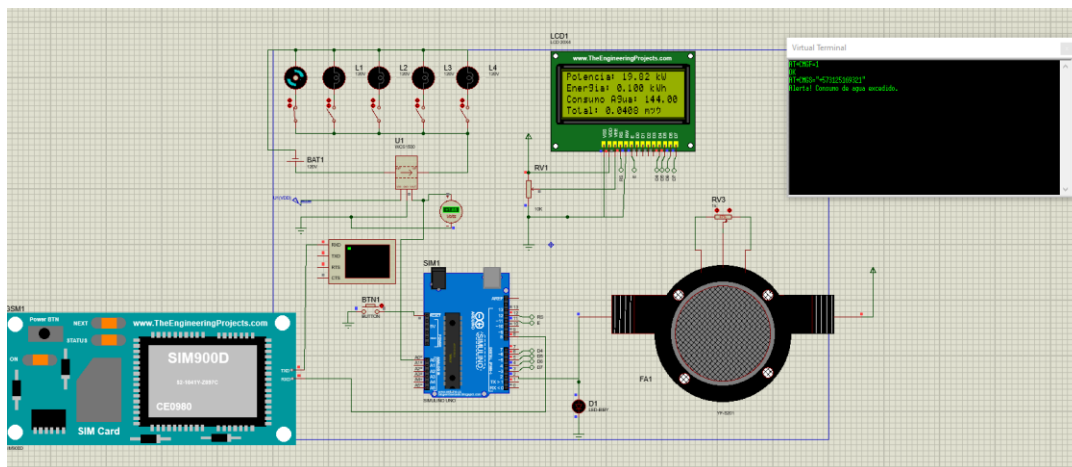
*Inicio de Simulación Sistema Domótico*



*Nota.* Inicio de simulación de sistema domótico en proteus. Autoría Propia (Proteus)

Figura 24

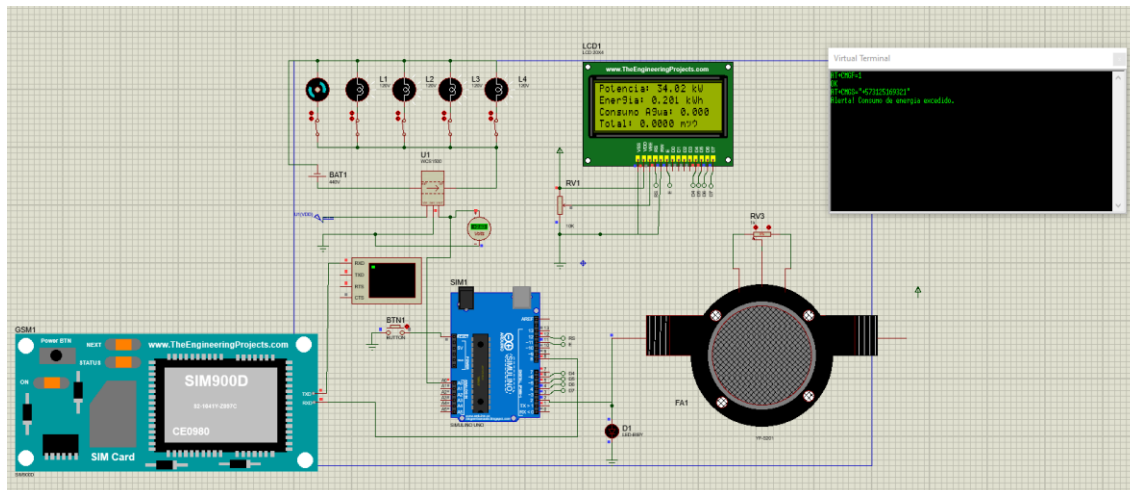
*Envío de Alerta Consumo de Agua Excedido*



*Nota.* Envío de alerta de sistema domótico en proteus Autoría Propia (Proteus)

Figura 25

*Envío de Alerta Consumo de Energía Excedido*



*Nota.* Envío de alerta de sistema domótico en proteus Autoría Propia (Proteus)

### ***Integración con Base de Datos***

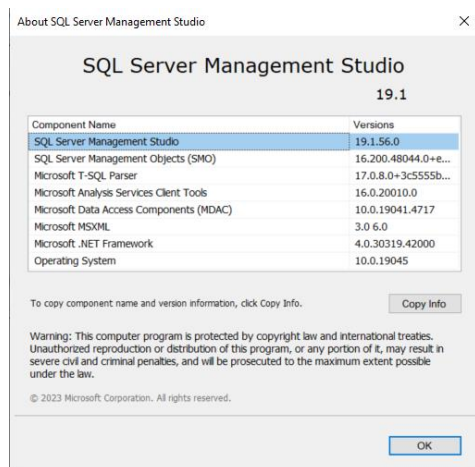
La integración del sistema domótico a una base de datos es un proceso fundamental que permite la recopilación, almacenamiento y análisis de datos provenientes de diversos dispositivos y sensores. Este proyecto, implemento un sistema basado en Arduino que no solo mide el consumo de energía y el flujo de agua, sino que también se encarga de exportar estos datos a una tarjeta SD, esto se complementa con una base de datos desarrollada en SQL Server Management Studio 19.1 (Figura 26), utilizando el motor SQL Server Express 15.0.4153.1 (ilustración 27), que permite almacenar y gestionar la información de manera eficiente y accesible, esta base de



datos tendrá el historial detallado del consumo, el cual permite hacer comparaciones con meses anteriores y así poder tener mayor control, sobre el consumo.

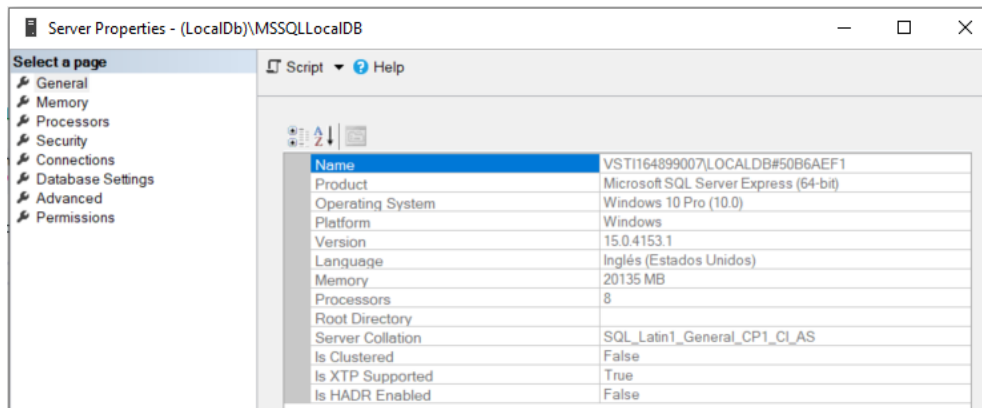
## Figura 26

### *Base de Datos Usada*



*Nota.* Especificación de base de datos usada. Autoría Propia (SQL server)

Figura 27

*Motor de Base de Datos*

*Nota.* Motor de base de datos usado. Autoría Propia (SQL server)

**Hardware y Software del Sistema.** El sistema está compuesto por el Arduino, que actúa como el cerebro del proyecto. Este dispositivo está equipado con el sensor de flujo de agua YF-S201 y un sensor de corriente SCT-013-100, que permiten medir en tiempo real el consumo de agua y energía, los datos recopilados por estos sensores son procesados por el Arduino, que los formatea y los envía a una tarjeta SD mediante la biblioteca SD.h, habilitando así un almacenamiento local de los registros.

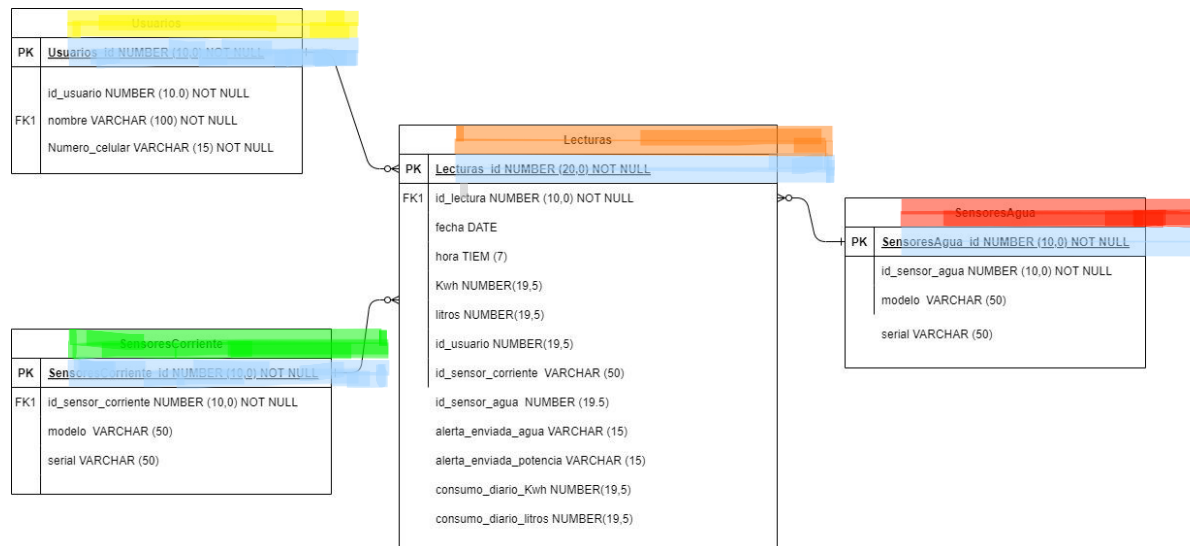
La tarjeta SD proporciona una solución accesible para almacenar los datos, permitiendo su recuperación posterior para análisis. Este método de almacenamiento es particularmente útil para mantener un registro de los datos en caso de interrupciones en la conexión con la base de datos, garantizando que no se pierda información crítica.

**Exportación de Datos.** La exportación de datos se lleva a cabo de manera automatizada el Arduino ejecuta un ciclo de lectura mes a mes, capturando datos de los sensores y guardándolos en la tarjeta SD en formato CSV. Este formato es ideal para la posterior importación a la base de datos SQL, ya que facilita la manipulación y análisis de datos, el sistema está diseñado para garantizar que los registros se mantengan organizados y estructurados, lo que facilita su procesamiento.

**Base de Datos en SQL Server.** La base de datos se encuentra alojada en un entorno local, utilizando SQL Server Express 15.0.4153.1. Esta elección de motor de base de datos es adecuada para aplicaciones que requieren un entorno de desarrollo robusto y escalable, como lo es un sistema domótico. SQL Server Management Studio 19.1 proporciona una interfaz amigable para la gestión de la base de datos, facilitando la creación de tablas, la ejecución de consultas SQL y la administración general del sistema.

La base de datos está diseñada para almacenar registros de consumo de energía y flujo de agua, incluyendo información relevante como la fecha, la hora, id de usuario, id de cada sensor y si fue enviada la alerta al usuario. Este diseño permite realizar un seguimiento del rendimiento del sistema a lo largo del tiempo, facilitando la identificación de patrones de consumo y posibles áreas de mejora en la eficiencia energética y de agua.

**Modelo de Base de Datos.** El modelo de la base de datos nos muestra como esta alimentada la tabla principal *lecturas*, de las tablas, *usuarios*, *sensores\_corriente* y *sensor\_agua* (Figura 28)

**Figura 28***Modelo de Base de Datos*

*Nota.* Modelo de la base de datos implementada. Autoría Propia (Draw.io)

La Figura 29 muestra la tabla principal, donde se alojan las lecturas obtenidas desde el sistema domótico.

**Figura 29***Tabla Lecturas*

Column Name	Data Type	Allow Nulls
<b>id_lectura</b>	int	<input type="checkbox"/>
fecha	date	<input checked="" type="checkbox"/>
hora	time(7)	<input checked="" type="checkbox"/>
kwh	int	<input checked="" type="checkbox"/>
litros	int	<input checked="" type="checkbox"/>
id_usuario	int	<input type="checkbox"/>
id_sensor_corriente	varchar(50)	<input type="checkbox"/>
id_sensor_agua	int	<input type="checkbox"/>
alerta_enviada_agua	varchar(15)	<input checked="" type="checkbox"/>
alerta_enviada_potencia	varchar(15)	<input checked="" type="checkbox"/>
consumo_diario_kwh	int	<input checked="" type="checkbox"/>
consumo_diario_litros	int	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

*Nota.* Tabla de lecturas de base de datos. Autoría Propia (SQL server)

- El campo *id\_lectura*, guarda el numero el cual es el indicativo y único para cada registro.
- El campo *fecha*, guarda la fecha del día del registro.
- El campo *hora*, guarda la hora de la toma de datos, está siempre será el final del día.
- El campo *kwh*, guarda el consumo de corriente del día, este valor es el acumulado a lo largo de los días.
- El campo *litros*, guarda el consumo de agua del día, este valor es el acumulado a lo largo de los días.
- El campo *id\_usuario*, es el numero dado de identificación al usuario.
- El campo *id\_sensor\_corriente*, es el número de identificación dado al sensor.
- El campo *id\_sensor\_agua*, es el número de identificación dado al sensor.

- El campo *alerta\_enviada\_agua*, guarda el registro del día cuando se superó el umbral establecido y fue enviada la alerta al usuario vía SMS.
- El campo *alerta\_enviada\_potencia*, guarda el registro del día cuando se superó el umbral establecido y fue enviada la alerta al usuario vía SMS.
- El campo *consumo\_diario\_kwh*, guarda el consumo de corriente de ese día.
- El campo *consumo\_diario\_litros*, guarda el consumo de agua de ese día.

En la Figura 30 se muestra tabla de usuarios guarda y muestra la información del usuario.

**Figura 30**

*Tabla Usuarios*

Column Name	Data Type	Allow Nulls
id_usuario	int	<input type="checkbox"/>
nombre	varchar(100)	<input type="checkbox"/>
Numero_celular	varchar(15)	<input type="checkbox"/>
	varchar(15)	<input type="checkbox"/>

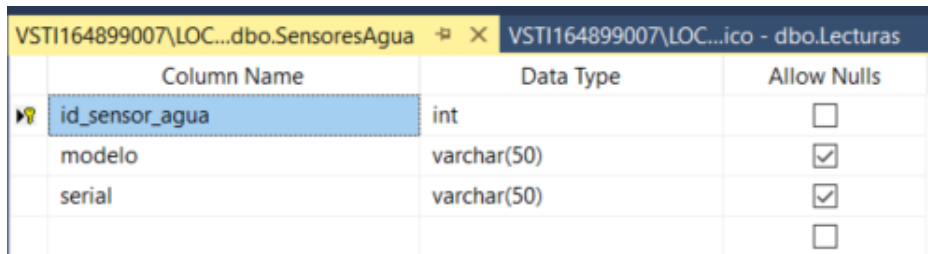
*Nota.* Tabla de usuarios de base de datos. Autoría Propia (SQL server)

- El campo *id\_usuario*, es el numero dado de identificación al usuario, este número es único.
- El campo *nombre*, guarda el nombre del usuario.
- El campo *numero\_celular*, guarda el numero de celular al que se va a enviar el mensaje de texto para las alertas.

En las ilustraciones 31 y 32, muestran las tablas de la información de los sensores, de agua y de corriente.

**Figura 31**

*Tabla Sensor Agua*

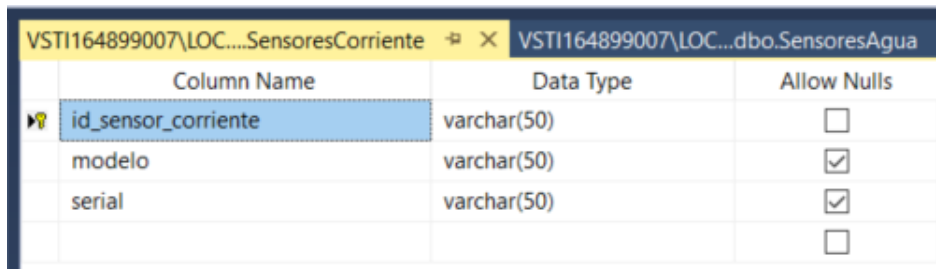


Column Name	Data Type	Allow Nulls
id_sensor_agua	int	<input type="checkbox"/>
modelo	varchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
serial	varchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

*Nota.* Tabla de sensor de agua de base de datos. Autoría Propia (SQL server)

**Figura 32**

*Tabla Sensor Corriente*



Column Name	Data Type	Allow Nulls
id_sensor_corriente	varchar(50)	<input type="checkbox"/>
modelo	varchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
serial	varchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

*Nota.* Tabla de sensor de corriente de base de datos. Autoría Propia (SQL server)

- El campo *id\_sesnor\_agua*, es el numero dado de identificación al sensor, este número es único.

- El campo *id\_senor\_corriente*, es el numero dado de identificación al sensor, este número es único.
- El campo *modelo*, guarda el modelo del sensor usado para el sistema domótico.
- El campo *serial*, guarda el serial del sensor usado para el sistema domótico.

Las figuras 33, 34, 35 y 36 ofrecen una vista general de la estructura de las tablas previamente descritas en la base de datos del sistema. Cada Figura detalla la organización y los campos específicos de las tablas, incluyendo información clave como los datos de consumo de agua y energía, estas tablas permiten un almacenamiento ordenado y eficiente de los datos recopilados, facilitando consultas rápidas y precisas. Además, la disposición de las tablas está optimizada para garantizar la integridad de la información y la coherencia en el análisis de los datos.



**Figura 33**

*Tabla Lecturas*

id_lectura	fecha	hora	kwh	litros	id_usuario	id_sensor_corriente	id_sensor_agua	alerta_enviada_agua	alerta_enviada_potencia	consumo_diaro_kwh	consumo_diaro_litros
1	2024-09-01	23:59:00.0000000	8	589	1	13-100	201	no	no	8	589
2	2024-09-02	23:59:00.0000000	11	1632	1	13-100	201	no	no	3	1043
3	2024-09-03	23:59:00.0000000	28	2589	1	13-100	201	no	no	17	957
4	2024-09-04	23:59:00.0000000	32	3267	1	13-100	201	no	no	4	678
5	2024-09-05	23:59:00.0000000	40	4021	1	13-100	201	no	no	8	754
6	2024-09-06	23:59:00.0000000	48	4798	1	13-100	201	no	no	8	777
7	2024-09-07	23:59:00.0000000	58	5637	1	13-100	201	no	no	10	839
8	2024-09-08	23:59:00.0000000	63	6415	1	13-100	201	no	no	5	778
9	2024-09-09	23:59:00.0000000	75	7365	1	13-100	201	no	no	12	860
10	2024-09-10	23:59:00.0000000	85	8212	1	13-100	201	no	no	10	907
11	2024-09-11	23:59:00.0000000	88	8890	1	13-100	201	no	no	3	678
12	2024-09-12	23:59:00.0000000	96	9535	1	13-100	201	no	no	8	645
13	2024-09-13	23:59:00.0000000	102	10458	1	13-100	201	no	no	6	923
14	2024-09-14	23:59:00.0000000	112	11547	1	13-100	201	no	no	10	1089
15	2024-09-15	23:59:00.0000000	124	12001	1	13-100	201	si	no	12	454
16	2024-09-16	23:59:00.0000000	129	12962	1	13-100	201	no	no	5	961
17	2024-09-17	23:59:00.0000000	133	12962	1	13-100	201	no	si	4	0
18	2024-09-18	23:59:00.0000000	140	14103	1	13-100	201	no	no	7	1141
19	2024-09-19	23:59:00.0000000	151	15200	1	13-100	201	no	no	11	1097
20	2024-09-20	23:59:00.0000000	155	16000	1	13-100	201	no	no	4	800
21	2024-09-21	23:59:00.0000000	162	16547	1	13-100	201	no	no	7	547
22	2024-09-22	23:59:00.0000000	166	17890	1	13-100	201	no	no	4	1343
23	2024-09-23	23:59:00.0000000	171	18124	1	13-100	201	no	no	5	234
24	2024-09-24	23:59:00.0000000	175	18932	1	13-100	201	no	no	4	808
25	2024-09-25	23:59:00.0000000	179	19506	1	13-100	201	no	no	4	574
26	2024-09-26	23:59:00.0000000	183	19982	1	13-100	201	no	no	4	476
27	2024-09-27	23:59:00.0000000	188	20654	1	13-100	201	no	no	5	672
28	2024-09-28	23:59:00.0000000	192	21023	1	13-100	201	no	no	4	369
29	2024-09-29	23:59:00.0000000	196	21652	1	13-100	201	no	no	4	629
30	2024-09-30	23:59:00.0000000	200	21988	1	13-100	201	no	no	4	336
31	2024-10-01	23:59:00.0000000	3	545	1	13-100	201	no	no	3	545
32	2024-10-02	23:59:00.0000000	8	1058	1	13-100	201	no	no	5	513
33	2024-10-03	23:59:00.0000000	13	1835	1	13-100	201	no	no	5	577
34	2024-10-04	23:59:00.0000000	17	2145	1	13-100	201	no	no	4	510
35	2024-10-05	23:59:00.0000000	23	2854	1	13-100	201	no	no	6	509
36	2024-10-06	23:59:00.0000000	29	3270	1	13-100	201	no	no	6	616
37	2024-10-07	23:59:00.0000000	33	3745	1	13-100	201	no	no	4	475
38	2024-10-08	23:59:00.0000000	40	4260	1	13-100	201	no	no	7	515
39	2024-10-09	23:59:00.0000000	43	4898	1	13-100	201	no	no	3	638
40	2024-10-10	23:59:00.0000000	46	5451	1	13-100	201	no	no	3	553
41	2024-10-11	23:59:00.0000000	51	6000	1	13-100	201	no	no	5	549
42	2024-10-12	23:59:00.0000000	58	6450	1	13-100	201	no	no	7	450
43	2024-10-13	23:59:00.0000000	62	7113	1	13-100	201	no	no	4	663
44	2024-10-14	23:59:00.0000000	65	7630	1	13-100	201	no	no	3	517
45	2024-10-15	23:59:00.0000000	70	8095	1	13-100	201	no	no	5	465

*Nota.* Tabla de lecturas de base de datos. Autoría Propia (SQL server)

**Figura 34**

*Tabla Sensor Agua*

id_sensor_agua	modelo	serial
201	YF-S201	25102014

*Nota.* Tabla sensor de agua de base de datos. Autoría Propia (SQL server)

**Figura 35***Tabla Sensor Corriente*

Results		Messages	
	id_sensor_corriente	modelo	serial
1	13-100	SCT-013-100	411151024

*Nota.* Tabla de sensor de corriente de base de datos. Autoría Propia (SQL server)

**Figura 36***Tabla Id Usuario*

Results		Messages	
	id_usuario	nombre	Numero_celular
1	1	Fernando Cardenas	3128746542

*Nota.* Tabla identificación de usuario. Autoría Propia (SQL server)

**Proceso de Integración.** El proceso de integración entre el Arduino y la base de datos se realiza mediante un script que se ejecuta en el ordenador conectado a la base de datos. Este script tiene la responsabilidad de leer los archivos CSV almacenados en la tarjeta SD y cargarlos en la base de datos SQL. El proceso se lleva a cabo de forma programada, asegurando que la base de datos se mantenga actualizada con los datos más recientes.

Una vez que los datos han sido importados a la base de datos, se pueden realizar diversas consultas y análisis para obtener información valiosa sobre el consumo de recursos en el hogar. Por ejemplo, se pueden generar reportes sobre el día que fue enviada la alerta de excedido el consumo al usuario, comparación entre lectura del mes anterior y lectura del mes actual, esto proporciona una visión clara del comportamiento del sistema, permitiendo a los usuarios tomar decisiones informadas sobre su consumo.

**Queries para Generar Comportamiento del Sistema.** -- Comparación entre Lectura del mes anterior y lectura del mes actual

DECLARE @LecturaN INT, @LecturaN1 INT; -- Declarar una variable llamada LecturaN de tipo entero y lecturaN1 que corresponden a lectura del mes actual y del mes anterior respectivamente.

SET @LecturaN = (SELECT litros FROM Lecturas WHERE fecha = '2024-11-30'); --  
Asignar el valor a LecturaN

SET @LecturaN1 = (SELECT litros FROM Lecturas WHERE fecha = '2024-10-31'); --  
asignar el valor a LecturaN1

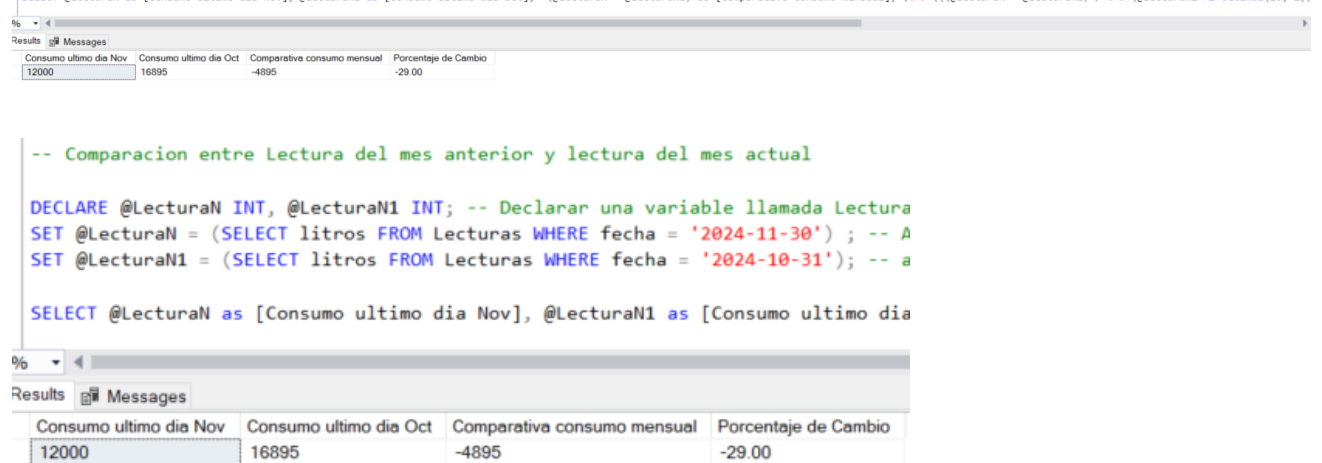
SELECT @LecturaN as [Consumo ultimo dia Nov], @LecturaN1 as [Consumo ultimo  
día Oct], (@LecturaN - @LecturaN1) as [Comparativa consumo mensual],  
(CAST(((@LecturaN - @LecturaN1) / CAST(@LecturaN1 AS decimal(10, 2))) AS decimal(10,  
2))\*100 AS [Porcentaje de Cambio];

## Figura 37

### Comparación entre Lecturas del Mes Anterior y Lectura Mes Actual

```
-- Comparacion entre Lectura del mes anterior y lectura del mes actual
DECLARE @LecturaN INT, @LecturaN1 INT; -- Declarar una variable llamada LecturaN de tipo entero y lecturaN1 que corresponden a lectura del mes actual y del mes anterior respectivamente.
SET @LecturaN = (SELECT litros FROM Lecturas WHERE fecha = '2024-11-30'); -- Asignar el valor a LecturaN
SET @LecturaN1 = (SELECT litros FROM Lecturas WHERE fecha = '2024-10-31'); -- asignar el valor a LecturaN1

SELECT @LecturaN as [Consumo ultimo dia Nov], @LecturaN1 as [Consumo ultimo dia Oct], (@LecturaN - @LecturaN1) as [Comparativa consumo mensual], (CAST((@LecturaN - @LecturaN1) / CAST(@LecturaN1 AS decimal(10, 2))
```




The screenshot shows the results of a SQL query in a grid format. The columns are: Consumo ultimo dia Nov, Consumo ultimo dia Oct, Comparativa consumo mensual, and Porcentaje de Cambio. The values are: 12000, 16895, -4895, and -29.00 respectively.

Consumo ultimo dia Nov	Consumo ultimo dia Oct	Comparativa consumo mensual	Porcentaje de Cambio
12000	16895	-4895	-29.00

```
-- Comparacion entre Lectura del mes anterior y lectura del mes actual
DECLARE @LecturaN INT, @LecturaN1 INT; -- Declarar una variable llamada Lectura
SET @LecturaN = (SELECT litros FROM Lecturas WHERE fecha = '2024-11-30'); -- A
SET @LecturaN1 = (SELECT litros FROM Lecturas WHERE fecha = '2024-10-31'); -- a

SELECT @LecturaN as [Consumo ultimo dia Nov], @LecturaN1 as [Consumo ultimo dia
```



The screenshot shows the results of a SQL query in a grid format. The columns are: Consumo ultimo dia Nov, Consumo ultimo dia Oct, Comparativa consumo mensual, and Porcentaje de Cambio. The values are: 12000, 16895, -4895, and -29.00 respectively.

Consumo ultimo dia Nov	Consumo ultimo dia Oct	Comparativa consumo mensual	Porcentaje de Cambio
12000	16895	-4895	-29.00

*Nota.* Obtención de resultados de lectura mes anterior y mes actual. Autoría Propia (SQL server)

Este query toma los datos de la tabla de *lecturas*, del último día (consumo total del mes) del mes, de octubre y último día del mes de noviembre y nos da los resultados:

- Consumo del último día noviembre 12000.
- Consumo último día octubre 16895.
- Comparativa consumo mensual -4895.
- Promedio de cambio -29%.

Estos resultados nos dan a conocer cual fue el consumo de la variable agua, de un mes con respecto al anterior, proporcionando si el consumo se redujo o aumento en términos de litros de agua y también en porcentaje.

-- Comparación entre Lectura del mes anterior y lectura del mes actual

DECLARE @LecturaAVGN INT, @LecturaAVGN1 INT; -- Declarar una variable llamada LecturaN de tipo entero y lecturaN1 que corresponden a lectura del mes actual y del mes anterior respectivamente.

SET @LecturaAVGN = (SELECT AVG(litros) FROM Lecturas WHERE fecha BETWEEN '2024-10-01' AND '2024-10-31' ); -- Asignar el valor a LecturaN

SET @LecturaAVGN1 = (SELECT AVG(litros) FROM Lecturas WHERE fecha BETWEEN '2024-09-01' AND '2024-09-30'); -- asignar el valor a LecturaN1

SELECT @LecturaAVGN as [Promedio consumo Oct], @LecturaAVGN1 as [Promedio Consumo Sep], (@LecturaAVGN - @LecturaAVGN1) as [Comparativa consumo Promedio mensual], (CAST((((@LecturaAVGN - @LecturaAVGN1) / CAST(@LecturaAVGN1 AS decimal(10, 2)))) AS decimal(10, 2))\*100 AS [Porcentaje de Cambio promedio];

## Figura 38

### Comparación entre Lecturas del Mes Anterior y Lectura Mes Actual

```
-- Comparacion entre Lectura del mes anterior y lectura del mes actual
DECLARE @LecturaAVGN INT, @LecturaAVGN1 INT; -- Declarar una variable llamada LecturaN de tipo entero y lecturaN1 que corresponden a lectura del mes actual y del mes anterior respectivamente.
SET @LecturaAVGN = (SELECT AVG(litros) FROM Lecturas WHERE fecha BETWEEN '2024-10-01' AND '2024-10-31'); -- Asignar el valor a LecturaN
SET @LecturaAVGN1 = (SELECT AVG(litros) FROM Lecturas WHERE fecha BETWEEN '2024-09-01' AND '2024-09-30'); -- asignar el valor a LecturaN1
SELECT @LecturaAVGN as [Promedio consumo Oct], @LecturaAVGN1 as [Promedio Consumo Sep], (@LecturaAVGN - @LecturaAVGN1) as [Comparativa consumo Promedio mensual], (CAST((@LecturaAVGN - @LecturaAVGN1) / CAST(@Lectu
```

Promedio consumo Oct	Promedio Consumo Sep	Comparativa consumo Promedio mensual	Porcentaje de Cambio promedio
8702	12147	-3445	-28.00

```
-- Comparacion entre Lectura del mes anterior y lectura del mes actual
DECLARE @LecturaAVGN INT, @LecturaAVGN1 INT; -- Declarar una variable llamada LecturaN de tip
SET @LecturaAVGN = (SELECT AVG(litros) FROM Lecturas WHERE fecha BETWEEN '2024-10-01' AND '20
SET @LecturaAVGN1 = (SELECT AVG(litros) FROM Lecturas WHERE fecha BETWEEN '2024-09-01' AND '2
SELECT @LecturaAVGN as [Promedio consumo Oct], @LecturaAVGN1 as [Promedio Consumo Sep], (@Le
```

Promedio consumo Oct	Promedio Consumo Sep	Comparativa consumo Promedio mensual	Porcentaje de Cambio promedio
8702	12147	-3445	-28.00

*Nota.* Obtención de resultados de lectura mes anterior y mes actual. Autoría Propia (SQL server)

Este query toma los datos de la tabla de *lecturas*, realizando el promedio de consumo de cada mes, en este caso de octubre y septiembre, así da una comparativa en términos de promedio del consumo del hogar si se redujo o aumento.

- Promedio consumo octubre 8702.
- Consumo último día septiembre 12147.
- Comparativa consumo promedio mensual -3445.
- Promedio de cambio -28%.

Estos resultados nos dan a conocer cuál fue el promedio del consumo de la variable agua, de un mes con respecto al anterior, proporcionando si en promedio el consumo se redujo o aumento en términos de litros de agua y también en porcentaje.

----Alertas registradas en los últimos 3 meses para cada sensor

```
SELECT Id_lectura,fecha,hora, kwh, id_sensor_corriente, alerta_enviada_potencia  
FROM Lecturas
```

```
WHERE alerta_enviada_potencia = 'si' AND fecha BETWEEN DATEADD(MONTH,-  
3,GETDATE()) AND DATEADD(MONTH,2,GETDATE())
```

```
SELECT Id_lectura,fecha,hora, litros, id_sensor_agua, alerta_enviada_agua FROM  
Lecturas
```

```
WHERE alerta_enviada_agua = 'si'
```

## Figura 39

### *Alertas Registradas en los Últimos 3 Meses de Cada Sensor*

----Alertas registradas en los últimos 3 meses para cada sensor

```

SELECT Id_lectura, fecha, hora, kwh, id_sensor_corriente, alerta_enviada_potencia FROM Lecturas
WHERE alerta_enviada_potencia = 'si' AND fecha BETWEEN DATEADD(MONTH, -3, GETDATE()) AND DATEADD(MONTH, 2, GETDATE())

```

Id_lectura	fecha	hora	kwh	id_sensor_corriente	alerta_enviada_potencia
17	2024-09-17	23:59:00.0000000	133	13-100	si
57	2024-10-27	23:59:00.0000000	133	13-100	si
90	2024-11-29	23:59:00.0000000	133	13-100	si

```

SELECT Id_lectura, fecha, hora, litros, id_sensor_agua, alerta_enviada_agua FROM Lecturas
WHERE alerta_enviada_agua = 'si'

```

Id_lectura	fecha	hora	litros	id_sensor_agua	alerta_enviada_agua
15	2024-09-15	23:59:00.0000000	12001	201	si
53	2024-10-23	23:59:00.0000000	12021	201	si
91	2024-11-30	23:59:00.0000000	12000	201	si

*Nota.* Obtención de resultados de alertas enviadas con éxito. Autoría Propia (SQL server)

Este query toma los datos de la tabla de *lecturas*, mostrando cuando fue enviada la alerta de cada mes. Estos resultados nos dan a conocer si el usuario ha cambiado sus hábitos de consumo.

**Script Creación de la Base de Datos.** Se llevó a cabo la carga de información correspondiente a un período de tres meses. Estos datos fueron generados de manera simulada para facilitar el análisis y la validación del sistema. La simulación incluyó diferentes escenarios de consumo de energía y agua, permitiendo evaluar el rendimiento del sistema en diversas



condiciones, durante este proceso, se prestó especial atención a la variabilidad de los datos, con el objetivo de garantizar que las pruebas reflejen situaciones del mundo real.

Ver Apéndice E, donde se encuentra el código de la creación de la base de datos, ejecutada en lenguaje SQL.

**Ventajas de la Integración.** La integración del sistema domótico presenta múltiples ventajas. En primer lugar, permite un seguimiento en tiempo real del consumo de agua y energía, lo que contribuye a una gestión más eficiente de estos recursos, la posibilidad de exportar datos a una tarjeta SD y su posterior importación a una base de datos facilita el análisis y la toma de decisiones basadas en datos históricos. Este enfoque modular no solo mejora la eficiencia del sistema, sino que también proporciona una plataforma flexible y escalable para futuras ampliaciones, como la incorporación de nuevos sensores o la implementación de algoritmos avanzados de análisis de datos. De esta manera, el sistema domótico se convierte en una herramienta poderosa para la optimización del consumo en el hogar, contribuyendo a un estilo de vida más sostenible.

### **Fase 5- Validación del Sistema**

Se evalúa el rendimiento del sistema domótico propuesto en función de su capacidad para monitorear y optimizar el consumo de agua y energía en los hogares, esta validación se llevó a cabo mediante 5 pruebas unitarias, las cuales son simulaciones detalladas que replican el comportamiento real del sistema, utilizando el software Proteus para modelar tanto los componentes de hardware como el software de control. Durante las pruebas de unitarias, el sistema fue sometido a diversas condiciones operativas para verificar su precisión, eficiencia y

capacidad de respuesta, se establecieron los umbrales, de agua en 200 litros y en energía en 5 Kwh, (Figura 40) los resultados de las pruebas unitarias fueron coherentes con los parámetros de diseño establecidos, lo que sugiere que el sistema cumple con los objetivos propuestos de optimización y ahorro de recursos.

#### **Figura 40**

*Umbrales Establecidos*

```
// Umbrales para enviar alertas
const float UMBRAL_ENERGIA = 5; // kWh
const float UMBRAL_AGUA = 200; // litros
```

*Nota.* Umbrales establecidos para enviar alerta. Autoría Propia (ide Arduino)

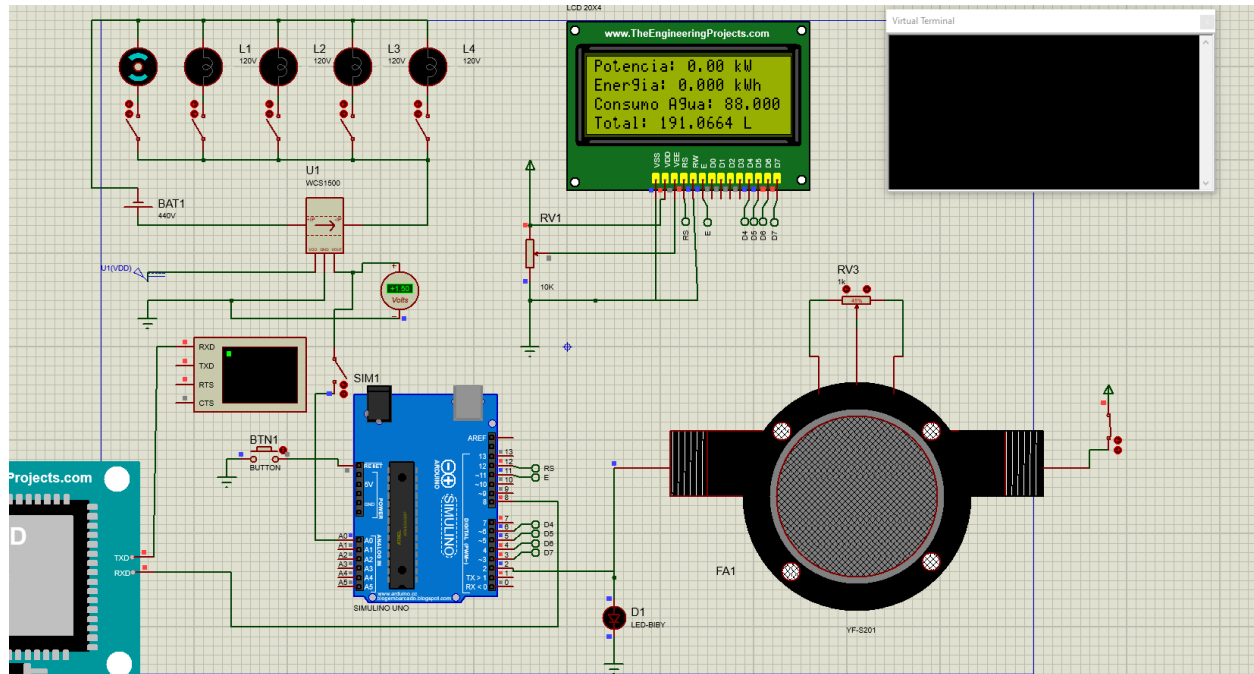
#### ***Prueba 1: Consumo de Agua Cerca del Umbral Máximo***

Umbral de consumo configurado: 200 litros.

Cantidad de consumo simulada: 191.06 litros.

Respuesta del sistema: No se envía alerta, consumo dentro del límite. (Figura 41)

Figura 41

*Prueba Unitaria no Envía Alerta por Consumo de Agua*

*Nota.* Prueba unitaria en consumo de agua. Autoría Propia (Proteus)

Resultado: El sistema responde adecuadamente al no enviar una alerta cuando el consumo está cerca, pero dentro del umbral establecido.

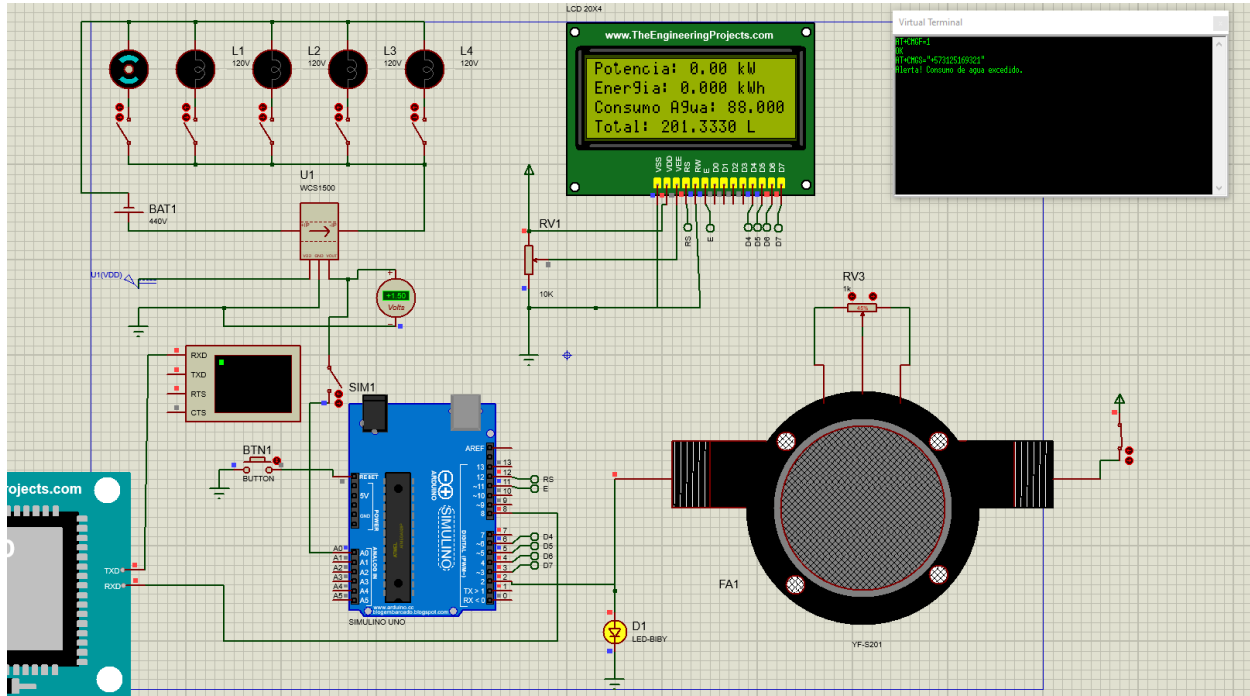
*Prueba 2: Superación del Umbral de Consumo de Agua*

Umbral de consumo configurado: 200 litros.

Cantidad de consumo simulada: 201.33 litros.

Respuesta del sistema: Se envía alerta de consumo excedido. (Figura 42)

Figura 42

*Envío de Alerta al Exceder Umbral Establecido en Agua*

*Nota.* Prueba unitaria en consumo de agua. Autoría Propia (Proteus)

Resultado: El sistema envía una alerta correctamente al superar el umbral, demostrando que detecta y notifica consumos excesivos.

***Prueba 3: Consumo de Energía Cerca del Umbral Máximo***

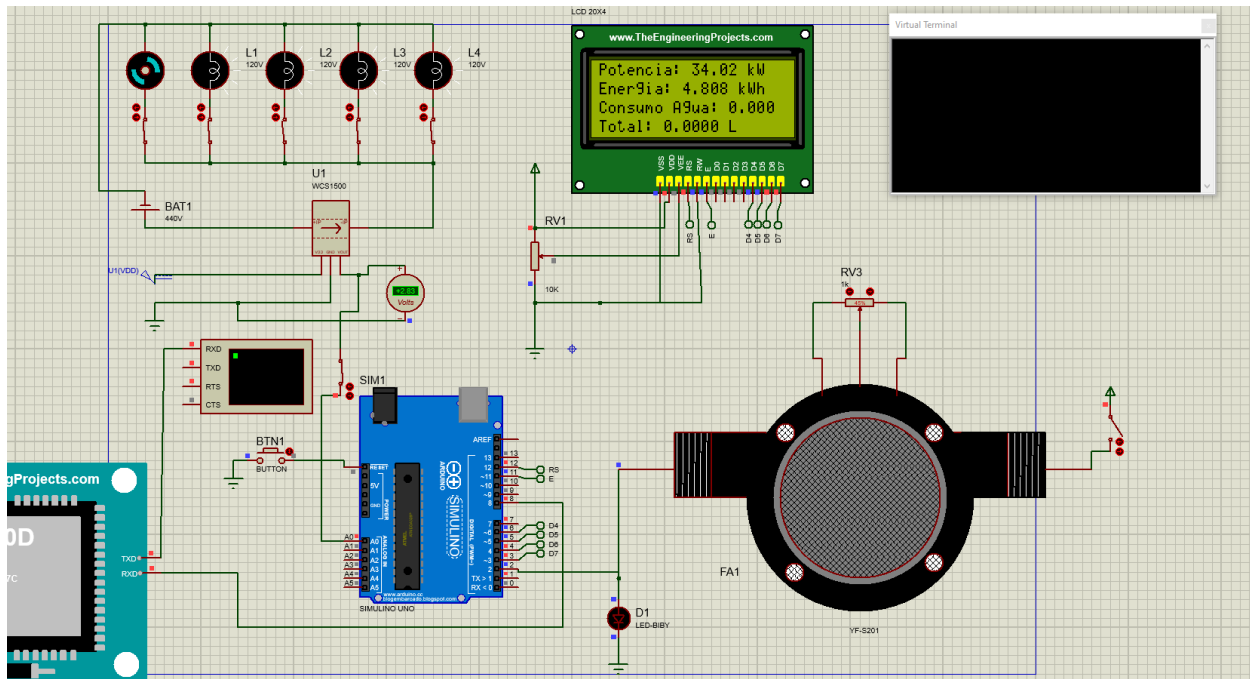
Umbral de consumo configurado: 5 kWh.

Cantidad de consumo simulada: 4.808 kWh.

Respuesta del sistema: No se envía alerta, consumo dentro del límite. (Figura 43)

**Figura 43**

*Prueba Unitaria no Envía Alerta por Consumo de Energía*



*Nota.* Prueba unitaria en consumo de corriente. Autoría Propia (Proteus)

Resultado: La prueba confirma que el sistema no envía alertas innecesarias cuando el consumo de energía está cerca, pero dentro del límite.

#### ***Prueba 4: Superación del Umbral de Consumo de Energía***

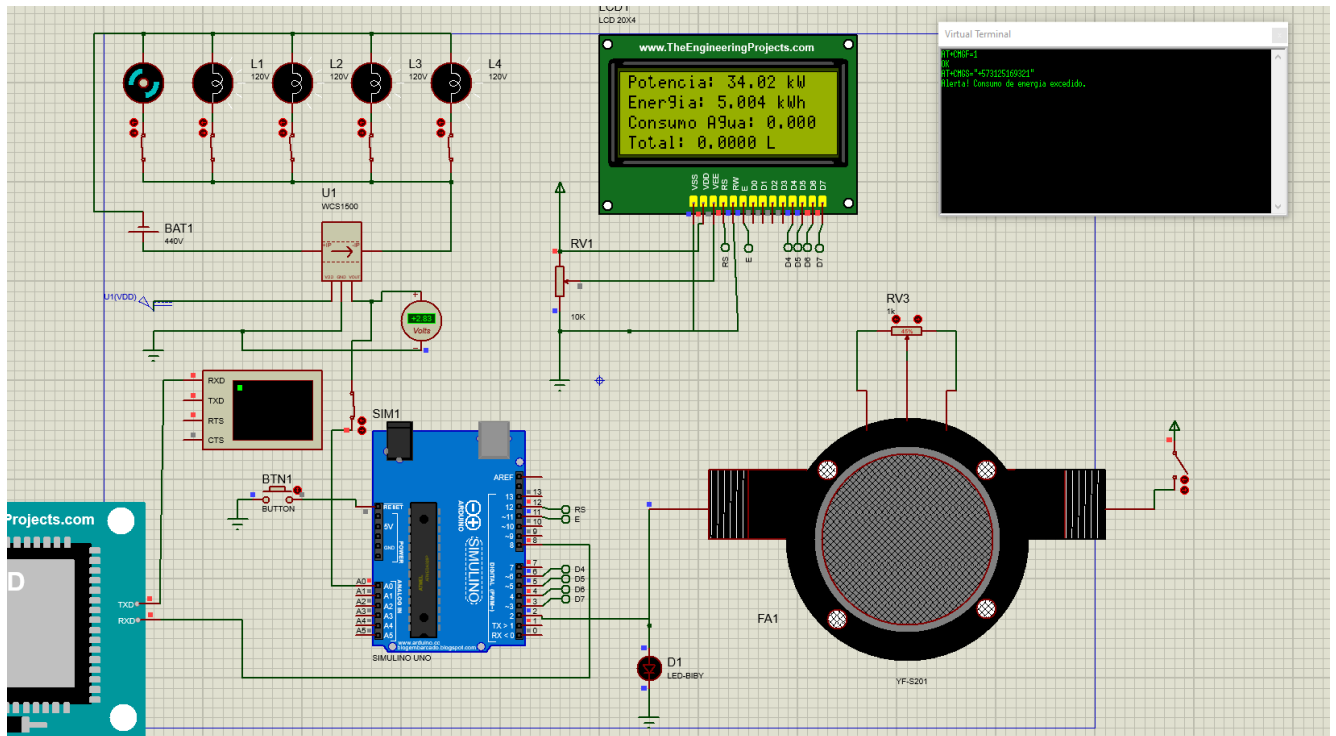
Umbral de consumo configurado: 5 kWh/día.

Cantidad de consumo simulada: 5.004 kWh.

Respuesta del sistema: Se envía alerta de consumo alto. (Figura 44)

**Figura 44**

*Envío de Alerta al Exceder Umbral Establecido en Energía*



*Nota.* Prueba unitaria en consumo de corriente. Autoría Propia (Proteus)

Resultado: El sistema detecta el consumo excesivo y envía una alerta, validando que responde adecuadamente a situaciones de alto consumo energético.

### Prueba 5: Consumo Excedido en los Dos Recursos

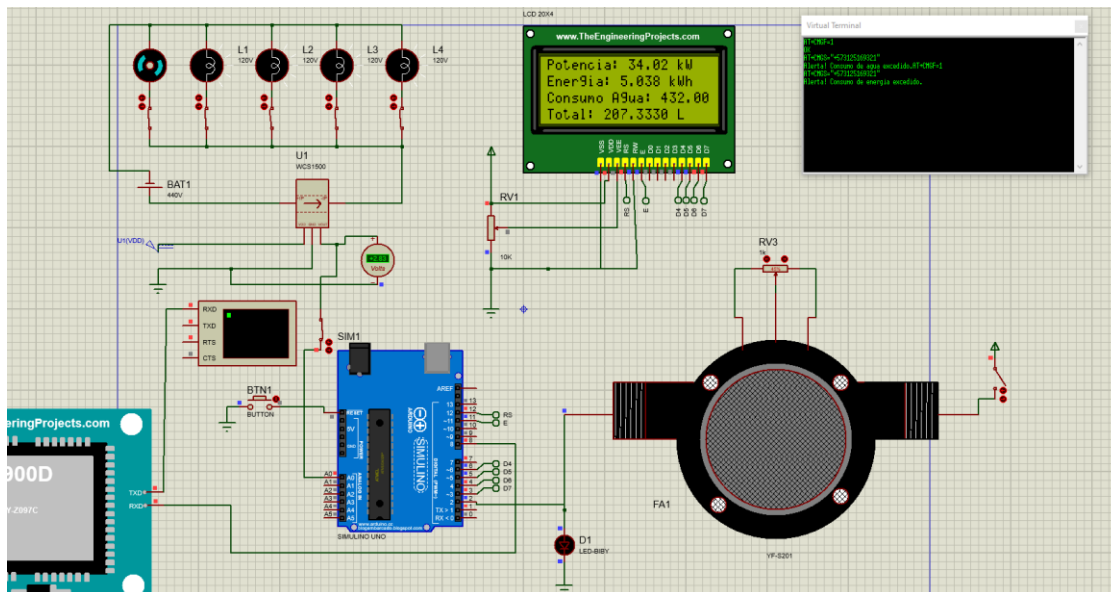
Umbral de consumo configurado: 200 litros/día para agua, 5 kWh/día para energía.

Cantidad de consumo simulada: 207.33 litros y 5.038 kWh.

Respuesta del sistema: Se envían alertas para ambos consumos. (Figura 45)

**Figura 45**

*Envío de Alerta al Exceder Umbral Establecido en Agua y Energía*



*Nota.* Prueba unitaria en consumo de agua y corriente. Autoría Propia (Proteus)

Resultado: El sistema notifica ambos consumos excedidos, confirmando que gestiona de manera simultánea y correcta las alertas para múltiples recursos.

Estas pruebas unitarias muestran que el sistema responde consistentemente al enviar alertas de acuerdo a los umbrales configurados, los resultados confirman que el sistema detecta de manera precisa los excesos en el consumo y genera notificaciones solo cuando es necesario, fortaleciendo la confiabilidad y eficiencia en la optimización de recursos para los hogares.

Un aspecto crucial de la validación fue la comprobación de la precisión en las mediciones de consumo, se verificó que los cálculos de potencia en kilovatios-hora (kWh) fueran correctos, permitiendo estimar el consumo de energía con precisión. En cuanto al sensor YF-S201, las pruebas unitarias confirmaron que este dispositivo puede medir el caudal de agua de manera precisa, detectando incluso pequeñas variaciones en el flujo.

Se validó la efectividad del módulo GPRS para enviar alertas de consumo, durante las pruebas, el sistema notificó exitosamente al usuario cuando los umbrales de consumo fueron excedidos, tanto en agua como en energía, garantizando así la capacidad del sistema para alertar en tiempo real sobre posibles excesos en el uso de recursos, esto es fundamental para que los usuarios puedan tomar decisiones informadas sobre el uso de agua y electricidad en sus hogares.

Otro punto importante en la validación fue la revisión de la estructura del código, que fue optimizado para garantizar un funcionamiento fluido del sistema, sin retardos o fallos, las simulaciones mostraron que el software responde efectivamente a las lecturas de los sensores y ejecuta las acciones correspondientes que son mostrar datos en el LCD y enviar alertas vía SMS.

### ***Evaluación de Resultados***

Resultados del consumo de agua: el monitoreo del agua con el sensor de flujo YF-S201 proporcionó lecturas precisas del caudal de agua en litros por minuto. Durante las pruebas, se



establecieron diferentes umbrales de consumo de agua, una vez superado este umbral el sistema enviaba una alerta al usuario, el sensor operó de manera efectiva, proporcionando una medición continua y permitiendo un control adecuado del recurso hídrico.

Uno de los principales logros del sistema es su capacidad para integrar tanto el monitoreo de agua como el de energía en una misma plataforma, lo cual optimiza los recursos de manera integral. Las alertas enviadas mediante el módulo Sim funcionaron correctamente, lo que garantiza que el usuario pueda recibir notificaciones a su celular sin importar su ubicación, asegurando así una respuesta rápida ante consumos excesivos.

Resultados del consumo de energía: El sistema demostró una alta efectividad en la monitorización y control del consumo eléctrico a través del sensor de corriente SCT-013-100, durante las pruebas este sensor fue capaz de detectar con precisión los niveles de corriente consumida, convirtiendo estas lecturas en valores de potencia eléctrica en kilovatios-hora (kWh). Esto nos indica que el sistema es capaz de reducir significativamente el consumo de energía al alertar al usuario cuando se exceden los umbrales establecidos, lo cual permite ajustar los hábitos de uso en tiempo real.

La eficiencia del sistema se refleja en la precisión de las lecturas, la capacidad del sistema para enviar alertas cuando el consumo supera el umbral establecido garantiza que los usuarios sean conscientes de su consumo en todo momento, promoviendo un uso más eficiente de la electricidad.

Impacto en la sostenibilidad: Los resultados de las pruebas confirman que el sistema propuesto contribuye directamente a la reducción del consumo de recursos, en los diferentes

escenarios simulados, se puede evidenciar que al tener una alerta sobre el consumo se puede tener una disminución en el consumo de agua y energía, lo que permite ajustar los hábitos de uso de los recursos naturales, esto no solo reduce los costos en las facturas de servicios públicos del hogar, sino que también tiene un impacto positivo en la sostenibilidad ambiental, al promover el uso responsable de recursos naturales.

### Recursos Necesarios

La mayoría de los recursos usados para este proyecto fueron recursos propios y en especie brindados por la universidad (tabla 14)

**Tabla 14**

#### *Recursos Necesarios*

Recurso	Descripción	Presupuesto
Equipo Humano	Estudiante de ingeniería electrónica de la UNAD	Recursos propios
Equipos y Software		Recursos propios (ya se tiene desde hace años atrás)
	Computador	Software gratuito
	Arduino ide	Software dado por la universidad
	Proteus	
Viajes y Salidas de Campo	No requerido	0
Materiales-suministros	Arduino	62.900
	Sensor yf-s201 ½”	19.900
	Pantalla lcd 16*2	11.900
	Modulo sim900	69.900
Bibliografía	Biblioteca de la UNAD	
TOTAL		164.600

*Nota.* muestra los recursos usados para llevar a cabo el trabajo *Fuente.* Autoría Propia

(Electronilab, 2024)

## Conclusiones

Investigación documental e identificación de sistemas domóticos: La investigación sobre el desarrollo de la domótica en Colombia, su legislación y casos de éxito permitió establecer un marco de referencia adecuado para el diseño del sistema, al explorar los sistemas domóticos implementados en el país, se identificaron opciones de bajo costo y adaptadas a las necesidades locales, normas como la Ley 1715 de 2014 y la Resolución 0549 de 2015 refuerzan el contexto favorable para la eficiencia energética y el uso racional de los recursos, lo que respalda la implementación de tecnologías domóticas.

Diseño de un sistema asequible y optimizado para reducir el consumo: El sistema domótico diseñado permite el monitoreo en tiempo real del consumo de agua y energía mediante sensores específicos, el SCT-013-100 para medir corriente eléctrica y el YF-S201 para el flujo de agua, esta elección de componentes no solo asegura precisión en la medición de recursos, sino también accesibilidad en términos de costo, haciendo que el sistema sea viable para una amplia gama de usuarios, la facilidad de instalación y el carácter no intrusivo del sistema son aspectos clave que minimizan las barreras de implementación, lo cual es especialmente importante en entornos domésticos donde las intervenciones en infraestructura suelen ser complicadas y costosas.

El sistema es sencillo de instalar, ya que no requiere modificaciones significativas en el cableado eléctrico ni en la plomería de la vivienda, el sensor de corriente SCT-013-100, por ejemplo, se coloca externamente alrededor del cable conductor sin necesidad de interrumpir el flujo de electricidad, lo que elimina riesgos de seguridad y facilita el montaje, del mismo modo,

el sensor de flujo de agua YF-S201 se integra de forma rápida en las tuberías estándar sin requerir una intervención compleja, esta facilidad de instalación permite que el sistema esté operativo en poco tiempo y sin generar molestias para el usuario.

El sistema es flexible y escalable, lo que permite adaptarlo a diferentes tipos de viviendas y niveles de consumo, al ofrecer a los usuarios información detallada y en tiempo real sobre su consumo de agua y energía, el sistema promueve hábitos de consumo más conscientes, lo que contribuye a una reducción en el uso de recursos, así, no solo se logra un ahorro económico para el hogar, sino que también se reduce el impacto ambiental, alineándose con los objetivos de sostenibilidad y eficiencia en el contexto colombiano.

Evaluación de viabilidad mediante simulación: Las simulaciones realizadas demostraron la viabilidad del sistema en condiciones reales de uso doméstico, los resultados muestran que el sistema mide el consumo de recursos de manera continua y puede reportar de forma precisa el estado del consumo, lo que sugiere que es adecuado para su implementación en hogares colombianos.

Validación de la funcionalidad y precisión del sistema: Las pruebas de simulación fueron fundamentales para validar la efectividad del sistema, estas pruebas demostraron que el sistema detecta consumos excesivos de manera rápida y precisa, enviando alertas oportunas a través del módulo Sim cuando se superan los umbrales predefinidos, la capacidad del sistema para responder a situaciones de alto consumo y emitir notificaciones confirma su funcionalidad y precisión, destacándolo como una solución efectiva para el monitoreo y control de recursos en el hogar.

## Recomendaciones

Este sistema domótico puede tener diferentes mejoras como lo son la Integración con plataformas inteligentes y el Internet de las Cosas (IoT), esta integración del sistema con plataformas de domótica existentes, como Google Home o Amazon Alexa, mejoraría la experiencia del usuario al permitirle controlar el sistema por medio de comandos de voz, esta conexión con redes IoT permitiría una mayor automatización de las funciones del hogar y el acceso a más datos de consumo en tiempo real, facilitando la toma de decisiones informadas y mejorando la eficiencia energética. La Incorporación de energías renovables, dado que el sistema tiene como objetivo optimizar el consumo energético, una recomendación clave es su integración con fuentes de energía renovables, como paneles solares, esto no solo contribuiría a reducir la dependencia de la red eléctrica tradicional, sino que también permitiría al usuario aprovechar al máximo las tecnologías limpias, generando un impacto aún mayor en la sostenibilidad del hogar. La educación y sensibilización a los usuarios, es muy recomendable desarrollar materiales educativos y guías prácticas para que los usuarios puedan comprender mejor el funcionamiento del sistema domótico y cómo aprovechar sus beneficios, esto es particularmente importante en áreas donde el conocimiento sobre tecnología y domótica puede ser limitado, también sensibilizar a los usuarios sobre la importancia del uso eficiente del agua y la energía podría aumentar la adopción del sistema y promover hábitos más sostenibles. La optimización del sistema para hogares de bajos recursos, aunque el sistema diseñado es viable, se recomienda seguir investigando y desarrollando soluciones de bajo costo para facilitar su implementación en hogares de bajos recursos, incluyendo el uso de componentes más económicos sin comprometer la precisión ni la eficiencia del sistema. Implementar mejoras en la seguridad de los datos y la

privacidad, ya que el sistema domótico se conecta a la red GPRS o GSM para enviar alertas, es importante implementar mecanismos de seguridad robustos para proteger los datos del usuario, se recomienda desarrollar protocolos de seguridad y encriptación para garantizar la privacidad de la información, especialmente cuando se trata de datos sensibles relacionados con el consumo energético y de agua.

Las Pruebas en entornos reales son muy necesarias y recomendadas ya que las simulaciones han proporcionado datos valiosos, realizar pruebas adicionales en entornos reales, con diferentes tipos de usuarios, esto permitirá evaluar el rendimiento del sistema en diferentes condiciones así se podría ajustar su diseño según las particularidades de cada entorno, garantizando su efectividad a mayor escala.

### Referencias Bibliográficas

- Acosta Osorio, K. N. (16 de noviembre de 2022). *LA DOMÓTICA: UNA OPORTUNIDAD DE AYUDA AL MEDIO AMBIENTE*. Universidad Militar Nueva Granada:  
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/44710/AcostaOsorioKevinNicolas20%2022.pdf.pdf?sequence=1>
- 50001:2018, N.-I. (2018). *GUÍA DE IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA*. <https://www.nqa.com/medialibraries/NQA/NQA-Media-Library/PDFs/Spanish%20QRFs%20and%20PDFs/NQA-ISO-50001-Guia-de-implantacion.pdf>
- Aguayo, P. (10 de 11 de 2004). *Introducción Al Microcontrolador*.  
<https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/39407044/micro-libre.pdf?1445752291=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMicro.pdf&Expires=1729379823&Signature=eHCswp2Q9OmitTXCR4XMm3tJwT9VWZBVJ013mGhIaycyOdJ2aCIR9MtRh9UOkEL4951FKQx1qgfbHh-KGGg7ZhUf0mK>
- Aldrich, F. (2023). *Smart Homes: Past, Present and Future*. SpringerLink:  
[https://link.springer.com/chapter/10.1007/1-85233-854-7\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/1-85233-854-7_2)
- Alvarado Mejia, s., & Resendiz Perez, o. (2018). *SISTEMA DE MEDICION DE CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA RESIDENCIAL A DISTANCIA*. CIUDAD DE MEXICO: instituto politecnico nacional.



Ambiente, v. d. (2010). *politica nacional para la gestion integral del recurso hidrico.*

<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Politica-nacional-Gestion-integral-de-recurso-Hidrico-web.pdf>

Argani Gutierrez, C. (2024). *ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA EN MODALIDAD VIRTUAL DE LA ASIGNATURA DESISTEMAS DIGITALES EN LA CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO, MEDIANTE EL SOFTWARE PROTEUS.*

<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/36161/TM-411.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Arias, D. (20 de julio de 2021). *Casa Inteligente: ¿Cuáles son los dispositivos más buscados por los colombianos?* enter.co: <https://www.enter.co/chips-bits/gadgets/casa-inteligente-cuales-son-los-dispositivos-mas-buscados-por-los-colombianos/>

Baquero Maldonado, J. A. (2022). *Propuesta de línea base para evaluar la calidad de la vivienda en Bogotá.* <https://observatoriohabitat.org/wp-content/uploads/2022/12/Estudio-calidad-vivienda.pdf>

Bogotá, a. m. (10 de abril de 2024). *Resolución 291 de 2024.* Por medio de la cual se ordena la suspensión del servicio público domiciliario de acueducto en interés del servicio:

<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=154027&dt=S>

Bogotá, s. d. (2021). *INDICADORES DE CONSUMO DE AGUA Y ENERGÍA ELÉCTRICA 2020.* secretaria de planeacion:

[https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/indicadores\\_de\\_consumo\\_de\\_agua\\_y\\_energia\\_electrica\\_-\\_bogota\\_d.c.\\_2020\\_vf.pdf](https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/indicadores_de_consumo_de_agua_y_energia_electrica_-_bogota_d.c._2020_vf.pdf)

Carrión, D. (2013). *Energy saving model through lighting management systems for residences.*

Universidad politecnica salisiana de ecuador:

<https://pure.ups.edu.ec/es/publications/energy-saving-model-through-lighting-management-systems-for-resid-4>

Chaparro, J. (1 de agosto de 2003). *DOMÓTICA: LA MUTACIÓN DE LA VIVIENDA*. Scripta

Nova. REVISTA ELECTRÓNICA DE GEOGRAFÍA Y CIENCIAS SOCIALES 7:

<https://cdi.mecon.gob.ar/bases/docelec/az1820.pdf>

Colombia, E. C. (2014). *LEY 1715 DE 2014.*

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353>

Electronilab. (2024). *tienda electronilab*. Obtenido de electronilab

<https://electronilab.co/tienda/sensor-de-corriente-alterna-100a-transformador-sct-013-000-100a-1v/>

Enterprises, F. (2020). *Fabian Enterprises*. Send Receive SMS & Call with SIM900:

<https://www.fabian.com.mt/viewer/36292/pdf.pdf>

Finol de Franco, m., & vera solorzano, j. l. (2020). *Paradigmas, enfoques y métodos de investigación: análisis teórico.*

<https://drive.google.com/file/d/1vI7S1dPpkES8zUwyfenm0Jn6PmzAsKMO/view>

Gomez, C. M., & Maestu, J. (24 de enero de 2014). *El acceso al agua y la energía, condición básica para superar la pobreza*. El Pais:

[https://elpais.com/elpais/2014/01/13/planeta\\_futuro/1389606854\\_541241.html](https://elpais.com/elpais/2014/01/13/planeta_futuro/1389606854_541241.html)

Gomez, M. (2006). *Introduccion a la metodologia de la investigacion cientifica.*

<https://books.google.es/books?id=9UDXPe4U7aMC&lpg=PA3&ots=balLJYrLCM&dq=>

El enfoque de la investigación es un aspecto fundamental que define la dirección metodológica y alcance del estudio. &l&hl=es&pg=PA6

Guaño Ochoa, W. V. (2017). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE MONITOREO DE FLUJO DE AGUA MEDIANTE GSM Y RADIO FRECUENCIA EN UN CIRCUITO LOCAL DE AGUA POTABLE*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8677/1/108T0213.pdf>

Herrera Quintero, L. F. (agosto de 2005). *Viviendas Inteligentes (Domotica)*. Revista Ingeniería e investigación (58) vol 25:

[https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/28683/14639-57032-1-](https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/28683/14639-57032-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/28683/14639-57032-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Huérffano Rodríguez, P. C. (2011). *ESTUDIO PARA REDUCCIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO EN COLOMBIA BASADO*. <https://luisalderonf.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/12/estudio-para-reduccion-de-consumo-energetico-en-colombia-basado-en-tecnologia-domestica.pdf>

Incontec. (25 de noviembre de 1998). *CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO*. NTC 2050:

[https://drive.google.com/file/d/0B0uO\\_Mh36Fv-](https://drive.google.com/file/d/0B0uO_Mh36Fv-VVVObDMtanZYeXM/view?resourcekey=0-UKxOFb8PpRs8vX-Vg9YEWQ)

[VVVObDMtanZYeXM/view?resourcekey=0-UKxOFb8PpRs8vX-Vg9YEWQ](https://drive.google.com/file/d/0B0uO_Mh36Fv-VVVObDMtanZYeXM/view?resourcekey=0-UKxOFb8PpRs8vX-Vg9YEWQ)

Izquierdo Tort, S., Restrepo Zambrano, D. R., Ozament, S., Acero, N., Balbuena, L., Camacho, J., . . . Garcia, M. (16 de agosto de 2023). *Integrando Infraestructura Natural al Sistema de Abastecimiento de Agua de Bogotá*. world resources institute:

<https://www.conservation.org.co/media/incorporating-natural-infrastructure-bogota-spanish.pdf>

Marikyan, D., Papagiannidis, S., & Alamanos, E. (enero de 2019). *A systematic review of the smart home literature: A user perspective*. ScienceDirect:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162517315676?via%3Dihub>

Mechatronics, n. (2017). *Tutorial sensor de flujo de agua*. Obtenido de naylamp mechatronics:

[https://naylampmechatronics.com/blog/47\\_tutorial-sensor-de-flujo-de-agua.html](https://naylampmechatronics.com/blog/47_tutorial-sensor-de-flujo-de-agua.html)

Medios, C. y. (2017). *INDRA*. Obtenido de

<https://www.indracompany.com/es/noticia/inteligente-gestion-energia-desarrollado-indra-sena-colombia-recibe-premio-nacional>

Ministerio de Vivienda, C. Y. (2016). *MINVIVIENDA.GOV.CO. VIVIENDA:*

<https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/1283%20-%202016.pdf>

Ministerio de Vivienda, c. y. (10 de julio de 2015). *resolucion 0549*. <https://ismd.com.co/wp-content/uploads/2017/03/Resoluci%C3%B3n-549-de-2015.pdf>

Molina Azorín, J. F., López Gamero, M. D., Pereira Moliner, j., Pertusa Ortega, E. M., & Tarí Guilló, J. J. (2012). Métodos híbridos de investigación y dirección de empresas: ventajas e implicaciones. *el sevier doyma*, 56.

Nbsp, r. d. (27 de febrero de 2023). *Crece tendencia de las casas inteligentes en Colombia*. El Pais: <https://www.elpais.com.co/colombia/crece-tendencia-de-las-casas-inteligentes-en.html>

Núñez Jimenez, J. D. (01 de enero de 2023). *DOMÓTICA EN COLOMBIA: DESAFÍOS Y PERSPECTIVAS*. Universidad Cooperativa de Colombia:

- <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/a830c31a-a024-4092-9bd3-e4b83dc95cf9/content>
- Onu, n. (08 de mayo de 2024). *América Latina sufre fenómenos extremos a causa de El Niño y el cambio climático*. Noticias ONU: <https://news.un.org/es/story/2024/05/1529606>
- Organization, W. H. (2017). *Guidelines for drinking-water quality, 4th edition, incorporating the 1st addendum*. World Health organization:  
<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/254637/9789241549950-eng.pdf?sequence=1>
- Parada Prieto, E. A., Illera Bustos, M. J., Sepúlveda Mora, S. B., Guevara Ibarra, D., & Medina Delgado, B. (15 de mayo de 2016). *Sistema de control domótico de bajo costo: un respaldo a la generación ecológica de energía eléctrica en Colombia*. revista unidistritar:  
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/10980>
- Posada, C. C. (2007). *La adaptación al cambio climático en Colombia*.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-49932007000200010&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932007000200010&lang=es)
- Quintana G, B. A., Pereira Poveda, V. R., & Vega S, C. N. (enero-junio de 2015).  
*Automatización en el hogar: Un proceso de diseño para viviendas de interés social*.  
Revista Escuela de Administración de Negocios:  
<https://www.redalyc.org/pdf/206/20640430008.pdf>
- Quintana Guerrero, B. (2022). *APLICACIONES DOMÓTICAS EN COLOMBIA EN UN MARCO DE SOSTENIBILIDAD GLOBAL*. Universidad Autónoma de Colombia:  
[https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/7759/Aplicaciones\\_dom%C3%B3ticas\\_colombia\\_marco\\_sostenibilidad\\_global.pdf?sequence=1](https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/7759/Aplicaciones_dom%C3%B3ticas_colombia_marco_sostenibilidad_global.pdf?sequence=1)

Republica, p. d. (mayo de 2014). *ley 1715 de 2014*. Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.:

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353>

Republica, P. d. (2018-2022). *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022*. Departamento nacional de planeacion: <https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/Paginas/plan-nacional-de-desarrollo-2018-2022.aspx>

Retei. (04 de abril de 2024). *Minenergía: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas*.

<https://www.conte.org.co/minenergia-reglamento-tecnico-de-instalaciones-electricas-retie-2024/>

S.A, P. S. (2019). *REVISTA SEMANA* . <https://www.semana.com/actualidad/articulo/eficiencia-energetica-colombia-ha-avanzado-pero-falta-mucho-por-hacer/43180/>

Santa, R. (02 de octubre de 2018). *Domótica en Colombia, automatización al alcance de todos*.

Obtenido de AVI lationamerica:

<https://www.avilatinoamerica.com/201810025682/noticias/empresas/domotica-en-colombia-automatizacion-al-alcance-de-todos.html>

Santana, M., Bonilla Tovar, J. F., & Castillo Sotomayor, C. A. (2015). *RANGO DE CONSUMO BÁSICO*. comision de regulacion de agua potable y saneamiento basico:

[https://www.cra.gov.co/sites/default/files/marco-legal/2017-11/Documento\\_de\\_Trabajo\\_y\\_Participacion\\_Ciudadana\\_750.pdf](https://www.cra.gov.co/sites/default/files/marco-legal/2017-11/Documento_de_Trabajo_y_Participacion_Ciudadana_750.pdf)

Torres Peña, Y. (2020). *La eficiencia energética y el ahorro energético residencial*.

<https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/southsustainability/article/view/630/672>

Velez Angel, N. (2020). *EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS ENERGÉTICOS DE VIVIENDA ECONÓMICA Y SOCIAL EN COLOMBIA CON COSTE OPTIMO.*

[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/334419/Velez\\_TFM1.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/334419/Velez_TFM1.pdf)

Wall B.S, R. (2023). *YHDC SCT-013-000 Current Transformer.* OpenEnergyMonitor:

<https://docs.openenergymonitor.org/electricity-monitoring/ct-sensors/yhdc-sct-013-000-ct-sensor-report.html>

Wilson, C., Hargreaves, T., & Hauxwell Baldwin, R. (04 de septiembre de 2014). *Smart homes and their users: a systematic analysis and key challenges.* Springer Link:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00779-014-0813-0>

# Apéndices

## apéndice A

### Hoja de Datos Técnicos del Sensor SCT-013-100

# SPECIFICATION

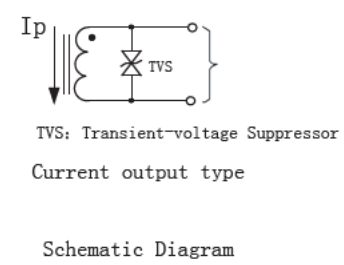
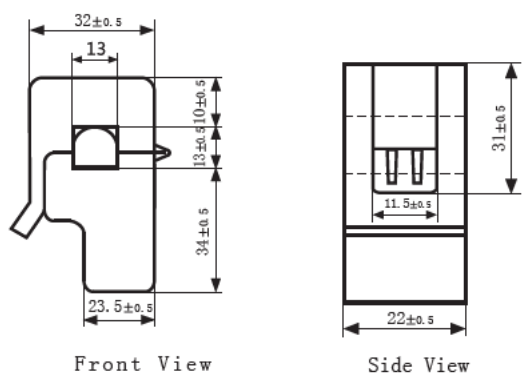
Customer Title : XiDi Technology Product Name: \_\_\_\_\_

Manufacture Model : SCT-013-000 \_\_\_\_\_

Charateristics: open size:13mm×13mm  
 1m leading wire  
 Core material:Ferrite  
 Fire resistance property:in accordance with  
 UL 94-V0  
 Dielectric strength: 1000V AC/1min 5mA  
 (between shell and output)



Outline size diagram: (in mm)



Typical table of technical parameters:

input current	output voltage	non-linearity	build-in sampling resistance (R <sub>L</sub> )
0-100A	0-50mV	±3%	Ω
turn ratio	resistance grade	work temperature	dielectric strength(between shell and output)
100A:0.05A	Grade B	-25℃~+70℃	1000V AC/1min 5mA

Customer Sign:



## Apéndice B

### Hoja de Datos Técnicos de Sensor YF-S201

**MODEL: YF-S201**

**Description:**

Water flow sensor consists of a plastic valve body, a water rotor, and a hall-effect sensor. When water flows through the rotor, rotor rolls. Its speed changes with different rate of flow. The hall-effect sensor outputs the corresponding pulse signal. This one is suitable to detect flow in water dispenser or coffee machine. We have a comprehensive line of water flow sensors in different diameters. Check them out to find the one that meets your need most.

**Features:**

- Compact, Easy to Install
- High Sealing Performance
- High Quality Hall Effect Sensor
- RoHS Compliant

**Specifications:**

- Working Voltage: DC 4.5V~24V
- Normal Voltage: DC 5V~18V
- Max. Working Current: 15mA (DC 5V)
- Load capacity: ≤ 10 mA (DC 5V)
- Flow Rate Range: 1~30L/min
- Load Capacity: ≤ 10mA (DC 5V)
- Operating Temperature: ≤ 80°C
- Liquid Temperature: ≤ 120°C
- Operating Humidity: 35%~90%RH
- Allowing Pressure: ≤ 1.75MPa
- Storage Temperature: -25~+ 80°C
- Storage Humidity: 25%~95%RH
- Electric strength 1250V/min
- Insulation resistance ≥ 100MΩ
- External threads: 1/2"
- Outer diameter: 20mm
- Intake diameter: 9mm
- Outlet diameter: 12mm



**Application:**

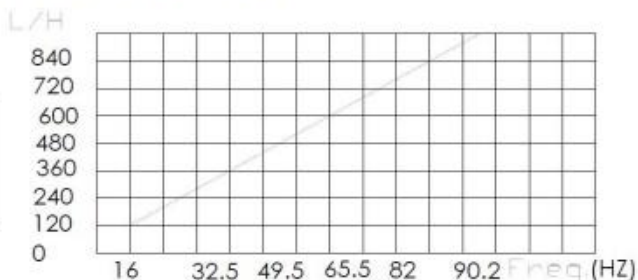
Water heaters, credit card machines, water vending machine, flow measurement device!

**Cercuit:**

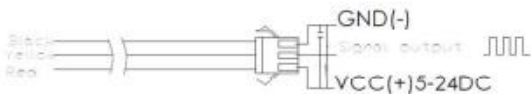
- Red: Positive
- Black: GND
- Yellow: Output signal

Flow Range: 100L/H-1800H-L/H

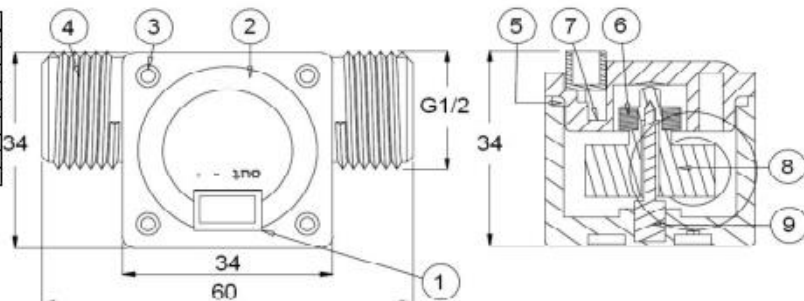
Flow (L/H)	Frezq.(Hz)	Erro range
120	16	±10 5%
240	32.5	
360	49.3	
480	65.5	
600	82	
720	90.2	



**Connection method:**



N°	Item	Material
1	Wire	PVC
2	Bonnet	PA
3	Screw	Zinc Plated
4	Valve Body	PA
5	Press Valve	
6	Magnet	
7	Hall	
8	Impeller	POM
9	Steel Sharft	SUS304



Closed

## Apéndice C

*Código de Arduino*

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

```
#include <SoftwareSerial.h> // Librería para comunicación con el módulo GPRS
```

```
// Configuración del LCD 20x4 (RS, E, D4, D5, D6, D7)
```

```
LiquidCrystal lcd(12, 11, 6, 5, 4, 3);
```

```
// Definición de pines y variables
```

```
#define LUZSENSOR_PIN A0
```

```
#define AGUASENSOR_PIN 2
```

```
// Pines para el módulo GPRS
```

```
#define RX_PIN 7 // RX del módulo GPRS
```

```
#define TX_PIN 8 // TX del módulo GPRS
```

```
// Configuración de SoftwareSerial para el GPRS
```

```
SoftwareSerial gprsSerial(RX_PIN, TX_PIN);

// Parámetros de simulación

const float VOLTAJE_REF = 5.0; // Voltaje de referencia del Arduino (5V)

const float SENSIBILIDAD = 100.0; // Sensibilidad del SCT-013-100 (100 A / 1 V)

// Variables para el cálculo de potencia y energía

float potencia = 0.0; // Potencia en kW

float energia = 0.0; // Energía acumulada en kW-h (mensual)

float energiaTotal = 0.0; // Energía total acumulada (se reinicia cada mes)

unsigned long tiempoAnterior = 0; // Para calcular el tiempo entre mediciones

// Variables para el flujo de agua

float vol = 0.0, l_minute = 0;

float volTotal = 0.0; // Volumen total acumulado de agua (se reinicia cada mes)

unsigned long currentTime;

unsigned long cloopTime;
```

```
unsigned long flow_frequency = 0;

// Umbrales para enviar alertas

const float UMBRAL_ENERGIA = 133; // kWh como consumo para ciudades frías

const float UMBRAL_AGUA = 12000; // Litros

// Tiempo de un mes en milisegundos (aproximadamente 30.44días)

const unsigned long TIEMPO_UN_MES = 2,628,416,000; // 30.44 días

// Variable para almacenar el tiempo en que comenzó el mes

unsigned long inicioMes = 0;

// Función de interrupción para contar el flujo

void flow() {

    flow_frequency++;

}
```

```
// Función para enviar un mensaje SMS

void enviarSMS(const char* mensaje) {

    gprsSerial.println("AT+CMGF=1"); // Configurar el modo de texto para SMS

    delay(1000);

    gprsSerial.println("AT+CMGS=\"+573125169321\""); // Número de teléfono de destino

    delay(1000);

    gprsSerial.print(mensaje); // Mensaje a enviar

    delay(1000);

    gprsSerial.write(26); // Código ASCII para CTRL+Z (indica el final del mensaje)

    delay(1000);

}

void setup() {

    // Configurar el LCD

    lcd.begin(20, 4);

    lcd.clear();

    lcd.setCursor(0, 0);
```

```
lcd.print("Medicion de consumo");
```

```
lcd.setCursor(0, 1);
```

```
lcd.print("Agua y Energia");
```

```
lcd.setCursor(0, 2);
```

```
lcd.print("  Sensando ...  ");
```

```
delay(500);
```

```
// Configurar el sensor de flujo
```

```
pinMode(AGUASENSOR_PIN, INPUT);
```

```
digitalWrite(AGUASENSOR_PIN, HIGH); // Activar resistencia pull-up interna
```

```
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(AGUASENSOR_PIN), flow, RISING); // Configurar  
interrupción
```

```
// Configurar la comunicación serial
```

```
Serial.begin(9600);
```

```
gprsSerial.begin(9600); // Comunicación con el módulo GPRS
```

```
// Inicializar tiempos

currentTime = millis();

cloopTime = currentTime;

inicioMes = currentTime; // Guardar el tiempo de inicio del mes

}

void loop() {

// Leer el valor analógico del sensor de corriente

int valorAnalogico = analogRead(LUZSENSOR_PIN);

// Convertir el valor analógico a voltaje

float voltaje = (valorAnalogico / 1023.0) * VOLTAJE_REF;

// Calcular la corriente en amperios

float corriente = voltaje * SENSIBILIDAD;

// voltaje de red constante 120V )
```

```
float voltajeRed = 120.0;
```

```
// Calcular la potencia en kW
```

```
potencia = (voltajeRed * corriente) / 1000.0;
```

```
// Calcular el tiempo transcurrido desde la última medición
```

```
unsigned long tiempoActual = millis();
```

```
unsigned long deltaTiempo = tiempoActual - tiempoAnterior;
```

```
// Calcular la energía acumulada en kW-h
```

```
energia += (potencia * deltaTiempo) / (3600000.0);
```

```
energiaTotal += (potencia * deltaTiempo) / (3600000.0); // Sumar a la energía total acumulada  
durante el mes
```

```
// Actualizar el tiempo anterior
```

```
tiempoAnterior = tiempoActual;
```



```
// Actualizar el flujo de agua

currentTime = millis();

if (currentTime >= (loopTime + 1000)) { // Cada segundo

    loopTime = currentTime; // Actualizar loopTime

    if (flow_frequency > 0) {

        l_minute = (flow_frequency * 60.0) / 7.5;

        vol += l_minute / 60.0; // Calcular el volumen mensual

        volTotal += l_minute / 60.0; // Calcular el volumen total durante el mes

        flow_frequency = 0; // Resetear el contador

    }

}

// Mostrar datos en la LCD

lcd.clear();

lcd.setCursor(0, 0);

lcd.print("Potencia: ");

lcd.print(potencia, 2); // Mostrar la potencia con 2 decimales

lcd.print(" kW");
```

```
lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print("Energia: ");

lcd.print(energia, 3); // Mostrar la energía mensual con 3 decimales

lcd.print(" kWh");

lcd.setCursor(0, 2);

lcd.print("Agua mes: ");

lcd.print(vol);

lcd.print(" L");

lcd.setCursor(0, 3);

lcd.print("Total Agua: ");

lcd.print(volTotal);

lcd.print(" L");

// Imprimir en el puerto serie
```

```
Serial.print("Potencia: ");

Serial.print(potencia, 2);

Serial.print(" kW, Energia Mes: ");

Serial.print(energia, 3);

Serial.print(" kWh, Energia Total Mes: ");

Serial.print(energiaTotal, 3);

Serial.print(" kWh, Agua Mes: ");

Serial.print(vol);

Serial.print(" L, Agua Total Mes: ");

Serial.print(volTotal);

Serial.println(" L");

// Verificar si se alcanzaron los umbrales de consumo

if (energia >= UMBRAL_ENERGIA) {

    enviarSMS("Alerta! Consumo de energia excedido.");

}
```



## Apéndice D

### Parámetros de Consumo de Energía en Colombia

#### ¿Cómo funcionan los consumos de energía y los subsidios?

Ubicación de los municipios	Consumo de subsistencia	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5 y 6
De climas fríos y templados, por encima de los 1.000 metros sobre el nivel del mar	130 kWh	Recibe un subsidio de hasta el 60 %	Recibe un subsidio de hasta el 50 %	Recibe un subsidio del 15 %	Paga la tarifa plena	Pagan un 20 % adicional para subsidiar los estratos 1, 2 y 3
En climas cálidos, por debajo de los 1.000 metros sobre el nivel del mar	173 kWh	Recibe un subsidio de hasta el 60 %	Recibe un subsidio de hasta el 50 %	Recibe un subsidio del 15 %	Paga la tarifa plena	Pagan un 20 % adicional para subsidiar los estratos 1, 2 y 3

Fuente. <https://www.enel.com.co/es/historias/a202301-tarifa-energia-por-que-puede-variara-el-costo.html>

Para los hogares que viven en municipios de climas templados y fríos (por encima de 1.000 MSNM) el consumo de subsistencia es de 130 kWh/mes, es decir, este es el límite de kilovatios que pueden consumir en un mes sobre los cuales tienen subsidio. Si los hogares sobrepasan este límite, los demás kilovatios que consuman son cobrados a tarifa plena.

Aquellos hogares que viven en municipios de climas cálidos (por debajo de 1.000 MSNM), tienen un consumo básico subsidiado de 173 kWh/mes, los kilovatios de más que consuman en el mismo periodo no tienen subsidio y son cobrados a la tarifa plena de cada kWh.

Dado que la electricidad que los hogares consuman por encima del límite según el municipio que habiten no tiene subsidio y genera cobro a tarifa plena, es muy importante hacer un uso racional y eficiente de la energía.

**Apéndice E**

*SCRIP Creación de Base de Datos en SQL SERVER y Tablas.*

USE [master]

GO

/\*\*\*\*\* Object: Database [SistemaDomotico] Script Date: 25/10/2024 20:04:23 \*\*\*\*\*/

CREATE DATABASE [SistemaDomotico]

CONTAINMENT = NONE

ON PRIMARY

( NAME = N'SistemaDomotico', FILENAME =

N'C:\Users\jsrexterno.vsti\SistemaDomotico.mdf' , SIZE = 8192KB , MAXSIZE =

UNLIMITED, FILEGROWTH = 65536KB )

LOG ON

( NAME = N'SistemaDomotico\_log', FILENAME =

N'C:\Users\jsrexterno.vsti\SistemaDomotico\_log.ldf' , SIZE = 8192KB , MAXSIZE = 2048GB ,

FILEGROWTH = 65536KB )

WITH CATALOG\_COLLATION = DATABASE\_DEFAULT

GO

ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET COMPATIBILITY\_LEVEL = 150

GO

IF (1 = FULLTEXTSERVICEPROPERTY('IsFullTextInstalled'))

begin

EXEC [SistemaDomotico].[dbo].[sp\_fulltext\_database] @action = 'enable'

end

GO

ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET ANSI\_NULL\_DEFAULT OFF

GO

ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET ANSI\_NULLS OFF

GO

ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET ANSI\_PADDING OFF

GO

ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET ANSI\_WARNINGS OFF

GO

ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET ARITHABORT OFF

GO

ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET AUTO\_CLOSE OFF

GO

ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET AUTO\_SHRINK OFF

GO

ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET AUTO\_UPDATE\_STATISTICS ON

GO

ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET CURSOR\_CLOSE\_ON\_COMMIT OFF

GO

ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET CURSOR\_DEFAULT GLOBAL

GO

ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET CONCAT\_NULL\_YIELDS\_NULL OFF

GO

ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET NUMERIC\_ROUNDABORT OFF

GO

ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET QUOTED\_IDENTIFIER OFF

GO

ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET RECURSIVE\_TRIGGERS OFF

GO



```
ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET DISABLE_BROKER
```

```
GO
```

```
ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET AUTO_UPDATE_STATISTICS_ASYNC OFF
```

```
GO
```

```
ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET DATE_CORRELATION_OPTIMIZATION OFF
```

```
GO
```

```
ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET TRUSTWORTHY OFF
```

```
GO
```

```
ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET ALLOW_SNAPSHOT_ISOLATION OFF
```

```
GO
```

```
ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET PARAMETERIZATION SIMPLE
```

```
GO
```

```
ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET READ_COMMITTED_SNAPSHOT OFF
```

```
GO
```

```
ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET HONOR_BROKER_PRIORITY OFF
```

```
GO
```

```
ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET RECOVERY SIMPLE
```

GO

ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET MULTI\_USER

GO

ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET PAGE\_VERIFY CHECKSUM

GO

ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET DB\_CHAINING OFF

GO

ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET FILESTREAM(  
NON\_TRANSACTED\_ACCESS = OFF )

GO

ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET TARGET\_RECOVERY\_TIME = 60 SECONDS

GO

ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET DELAYED\_DURABILITY = DISABLED

GO

ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET ACCELERATED\_DATABASE\_RECOVERY =  
OFF

GO

ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET QUERY\_STORE = OFF

GO

USE [SistemaDomotico]

GO

/\*\*\*\*\* Object: Table [dbo].[Lecturas] Script Date: 25/10/2024 20:04:23 \*\*\*\*\*/

SET ANSI\_NULLS ON

GO

SET QUOTED\_IDENTIFIER ON

GO

CREATE TABLE [dbo].[Lecturas](

[Id\_lectura] [int] NOT NULL,

[fecha] [date] NULL,

[hora] [time](7) NULL,

[kwh] [int] NULL,

[litros] [int] NULL,

[id\_usuario] [int] NOT NULL,

[id\_sensor\_corriente] [varchar](50) NOT NULL,

[id\_sensor\_agua] [int] NOT NULL,

```
[alerta_enviada_agua] [varchar](15) NULL,  
  
[alerta_enviada_potencia] [varchar](15) NULL,  
  
[consumo_diario_kwh] [int] NULL,  
  
[consumo_diario_litros] [int] NULL,  
  
PRIMARY KEY CLUSTERED  
  
(  
  
    [Id_lectura] ASC  
  
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY =  
OFF, ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON,  
OPTIMIZE_FOR_SEQUENTIAL_KEY = OFF) ON [PRIMARY]  
  
) ON [PRIMARY]  
  
GO  
  
/***** Object: Table [dbo].[SensoresAgua]   Script Date: 25/10/2024 20:04:23 *****/  
  
SET ANSI_NULLS ON  
  
GO  
  
SET QUOTED_IDENTIFIER ON  
  
GO  
  
CREATE TABLE [dbo].[SensoresAgua](
```

```
[id_sensor_agua] [int] NOT NULL,  
  
[modelo] [varchar](50) NULL,  
  
[serial] [varchar](50) NULL,  
  
PRIMARY KEY CLUSTERED  
  
(  
  
    [id_sensor_agua] ASC  
  
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY =  
OFF, ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON,  
OPTIMIZE_FOR_SEQUENTIAL_KEY = OFF) ON [PRIMARY]  
  
) ON [PRIMARY]  
  
GO  
  
/***** Object: Table [dbo].[SensoresCorriente]  Script Date: 25/10/2024 20:04:23 *****/  
  
SET ANSI_NULLS ON  
  
GO  
  
SET QUOTED_IDENTIFIER ON  
  
GO  
  
CREATE TABLE [dbo].[SensoresCorriente](  
  
    [id_sensor_corriente] [varchar](50) NOT NULL,
```

```
[modelo] [varchar](50) NULL,  
  
[serial] [varchar](50) NULL,  
  
PRIMARY KEY CLUSTERED  
  
(  
  
    [id_sensor_corriente] ASC  
  
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY =  
OFF, ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON,  
OPTIMIZE_FOR_SEQUENTIAL_KEY = OFF) ON [PRIMARY]  
  
) ON [PRIMARY]  
  
GO  
  
/***** Object: Table [dbo].[Usuarios]   Script Date: 25/10/2024 20:04:23 *****/  
  
SET ANSI_NULLS ON  
  
GO  
  
SET QUOTED_IDENTIFIER ON  
  
GO  
  
CREATE TABLE [dbo].[Usuarios](  
  
    [id_usuario] [int] NOT NULL,  
  
    [nombre] [varchar](100) NOT NULL,
```

```

[Numero_celular] [varchar](15) NOT NULL,

PRIMARY KEY CLUSTERED

(

[id_usuario] ASC

)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY =
OFF, ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON,
OPTIMIZE_FOR_SEQUENTIAL_KEY = OFF) ON [PRIMARY]

) ON [PRIMARY]

GO

INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (1, CAST(N'2024-09-01' AS Date),
CAST(N'23:59:00' AS Time), 8, 589, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 8, 589)

INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (2, CAST(N'2024-09-02' AS Date),
CAST(N'23:59:00' AS Time), 11, 1632, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 3, 1043)

INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],

```

```
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (3, CAST(N'2024-09-03' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 28, 2589, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 17, 957)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (4, CAST(N'2024-09-04' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 32, 3267, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 678)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (5, CAST(N'2024-09-05' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 40, 4021, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 8, 754)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (6, CAST(N'2024-09-06' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 48, 4798, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 8, 777)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (7, CAST(N'2024-09-07' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 58, 5637, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 10, 839)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],
```



```
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (8, CAST(N'2024-09-08' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 63, 6415, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 5, 778)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (9, CAST(N'2024-09-09' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 75, 7305, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 12, 890)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (10, CAST(N'2024-09-10' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 85, 8212, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 10, 907)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (11, CAST(N'2024-09-11' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 88, 8890, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 3, 678)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (12, CAST(N'2024-09-12' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 96, 9535, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 8, 645)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],
```

```
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (13, CAST(N'2024-09-13' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 102, 10458, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 6, 923)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (14, CAST(N'2024-09-14' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 112, 11547, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 10, 1089)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (15, CAST(N'2024-09-15' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 124, 12001, 1, N'13-100', 201, N'si', N'no', 12, 454)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (16, CAST(N'2024-09-16' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 129, 12962, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 5, 961)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (17, CAST(N'2024-09-17' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 133, 12962, 1, N'13-100', 201, N'no', N'si', 4, 0)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],
```

```
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (18, CAST(N'2024-09-18' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 140, 14103, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 7, 1141)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (19, CAST(N'2024-09-19' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 151, 15200, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 11, 1097)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (20, CAST(N'2024-09-20' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 155, 16000, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 800)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (21, CAST(N'2024-09-21' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 162, 16547, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 7, 547)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (22, CAST(N'2024-09-22' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 166, 17890, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 1343)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],
```

```
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (23, CAST(N'2024-09-23' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 171, 18124, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 5, 234)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (24, CAST(N'2024-09-24' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 175, 18932, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 808)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (25, CAST(N'2024-09-25' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 179, 19506, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 574)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (26, CAST(N'2024-09-26' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 183, 19982, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 476)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (27, CAST(N'2024-09-27' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 188, 20654, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 5, 672)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],
```

```
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (28, CAST(N'2024-09-28' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 192, 21023, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 369)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (29, CAST(N'2024-09-29' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 196, 21652, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 629)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (30, CAST(N'2024-09-30' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 200, 21988, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 336)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (31, CAST(N'2024-10-01' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 3, 545, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 3, 545)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (32, CAST(N'2024-10-02' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 8, 1058, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 5, 513)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],
```

```
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (33, CAST(N'2024-10-03' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 13, 1635, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 5, 577)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (34, CAST(N'2024-10-04' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 17, 2145, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 510)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (35, CAST(N'2024-10-05' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 23, 2654, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 6, 509)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (36, CAST(N'2024-10-06' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 29, 3270, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 6, 616)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (37, CAST(N'2024-10-07' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 33, 3745, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 475)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],
```

```
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (38, CAST(N'2024-10-08' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 40, 4260, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 7, 515)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (39, CAST(N'2024-10-09' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 43, 4898, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 3, 638)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (40, CAST(N'2024-10-10' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 46, 5451, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 3, 553)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (41, CAST(N'2024-10-11' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 51, 6000, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 5, 549)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (42, CAST(N'2024-10-12' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 58, 6450, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 7, 450)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],
```

```
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (43, CAST(N'2024-10-13' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 62, 7113, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 663)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (44, CAST(N'2024-10-14' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 65, 7630, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 3, 517)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (45, CAST(N'2024-10-15' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 70, 8095, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 5, 465)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (46, CAST(N'2024-10-16' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 78, 8674, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 8, 579)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (47, CAST(N'2024-10-17' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 83, 9265, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 5, 591)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],
```



```
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (48, CAST(N'2024-10-18' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 89, 9852, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 6, 587)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (49, CAST(N'2024-10-19' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 93, 10355, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 503)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (50, CAST(N'2024-10-20' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 98, 10863, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 5, 508)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (51, CAST(N'2024-10-21' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 101, 11556, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 3, 693)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (52, CAST(N'2024-10-22' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 105, 11923, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 367)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],
```

```
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (53, CAST(N'2024-10-23' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 110, 12021, 1, N'13-100', 201, N'si', N'no', 5, 98)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (54, CAST(N'2024-10-24' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 118, 13015, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 8, 994)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (55, CAST(N'2024-10-25' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 123, 13805, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 5, 790)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (56, CAST(N'2024-10-26' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 129, 14170, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 6, 365)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (57, CAST(N'2024-10-27' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 133, 14785, 1, N'13-100', 201, N'no', N'si', 4, 615)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],
```

```
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (58, CAST(N'2024-10-28' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 139, 15365, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 6, 580)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (59, CAST(N'2024-10-29' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 143, 15924, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 559)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (60, CAST(N'2024-10-30' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 145, 16350, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 2, 426)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (61, CAST(N'2024-10-31' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 150, 16895, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 5, 545)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (62, CAST(N'2024-11-01' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 5, 425, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 5, 425)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],
```

```
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (63, CAST(N'2024-11-02' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 9, 859, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 434)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (64, CAST(N'2024-11-03' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 13, 1145, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 286)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (65, CAST(N'2024-11-04' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 17, 1565, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 420)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (66, CAST(N'2024-11-05' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 21, 2014, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 449)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (67, CAST(N'2024-11-06' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 25, 2359, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 345)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],
```

```
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (68, CAST(N'2024-11-07' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 31, 2980, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 6, 621)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (69, CAST(N'2024-11-08' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 35, 3156, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 176)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (70, CAST(N'2024-11-09' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 39, 3595, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 439)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (71, CAST(N'2024-11-10' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 45, 4120, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 6, 525)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (72, CAST(N'2024-11-11' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 48, 4458, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 3, 338)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],
```

```
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (73, CAST(N'2024-11-12' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 55, 4900, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 7, 442)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (74, CAST(N'2024-11-13' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 60, 5125, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 5, 225)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (75, CAST(N'2024-11-14' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 63, 5598, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 3, 473)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (76, CAST(N'2024-11-15' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 69, 6001, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 6, 403)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (77, CAST(N'2024-11-16' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 76, 6545, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 7, 544)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],
```

```
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (78, CAST(N'2024-11-17' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 79, 6874, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 3, 329)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (79, CAST(N'2024-11-18' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 81, 7185, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 2, 311)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (80, CAST(N'2024-11-19' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 84, 7598, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 3, 413)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (81, CAST(N'2024-11-20' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 90, 8011, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 6, 413)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (82, CAST(N'2024-11-21' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 95, 8358, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 5, 347)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],
```

```
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (83, CAST(N'2024-11-22' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 100, 8812, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 5, 454)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (84, CAST(N'2024-11-23' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 103, 9154, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 3, 342)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (85, CAST(N'2024-11-24' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 108, 9623, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 5, 469)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (86, CAST(N'2024-11-25' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 115, 10254, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 7, 631)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (87, CAST(N'2024-11-26' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 117, 10458, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 2, 204)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],
```



```
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (88, CAST(N'2024-11-27' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 121, 10832, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 374)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (89, CAST(N'2024-11-28' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 125, 11201, 1, N'13-100', 201, N'no', N'no', 4, 369)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (90, CAST(N'2024-11-29' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 133, 11587, 1, N'13-100', 201, N'no', N'si', 8, 386)
```

```
INSERT [dbo].[Lecturas] ([Id_lectura], [fecha], [hora], [kwh], [litros], [id_usuario],  
[id_sensor_corriente], [id_sensor_agua], [alerta_enviada_agua], [alerta_enviada_potencia],  
[consumo_diario_kwh], [consumo_diario_litros]) VALUES (91, CAST(N'2024-11-30' AS Date),  
CAST(N'23:59:00' AS Time), 135, 12000, 1, N'13-100', 201, N'si', N'no', 2, 413)
```

```
GO
```

```
INSERT [dbo].[SensoresAgua] ([id_sensor_agua], [modelo], [serial]) VALUES (201, N'YF-  
S201', N'25102014')
```

```
GO
```

```
INSERT [dbo].[SensoresCorriente] ([id_sensor_corriente], [modelo], [serial]) VALUES (N'13-  
100', N'SCT-013-100', N'411151024')
```

GO

```
INSERT [dbo].[Usuarios] ([id_usuario], [nombre], [Numero_celular]) VALUES (1, N'Fernando Cardenas', N'3128746542')
```

GO

```
ALTER TABLE [dbo].[Lecturas] WITH CHECK ADD FOREIGN KEY([id_sensor_corriente])  
REFERENCES [dbo].[SensoresCorriente] ([id_sensor_corriente])
```

GO

```
ALTER TABLE [dbo].[Lecturas] WITH CHECK ADD FOREIGN KEY([id_sensor_agua])  
REFERENCES [dbo].[SensoresAgua] ([id_sensor_agua])
```

GO

```
ALTER TABLE [dbo].[Lecturas] WITH CHECK ADD FOREIGN KEY([id_usuario])  
REFERENCES [dbo].[Usuarios] ([id_usuario])
```

GO

```
USE [master]
```

GO

```
ALTER DATABASE [SistemaDomotico] SET READ_WRITE GO
```