

**DESARROLLO DE UN ADAPTADOR RECEPTOR
PARA ELECTROVÁLVULAS DE AGUA DE
1/2 PULGADA ENERGIZADAS A 12 VOLTIOS
CON EL USO DE LA TECNOLOGÍA POE PARA
CONTROL DE RIEGO**

**DEVELOPMENT OF A RECEIVER ADAPTER
FOR 1/2 INCH WATER SOLENOID VALVES
POWERED AT 12 VOLTS WITH THE USE OF POE'S
TECHNOLOGY, FOR IRRIGATION CONTROL**

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Toledo González, Noé¹

Universidad Tecnológica de Matamoros

noe.toledo@utmatamoros.edu.mx

ORCID: 0000-0003-0034-8376

Muñoz Ledezma, Lilian²

Universidad Tecnológica de Matamoros

lilian.munoz@utmatamoros.edu.mx

ORCID: 0009-0004-5511-687

Recibido el 13 de julio de 2023, aceptado el 20 de octubre de 2023, publicado el 15 de diciembre de 2023.

Reseña de Autor ¹

Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de Matamoros y Máster en Docencia por la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Investigador de tiempo completo en la Universidad Tecnológica de Matamoros, líder del CA de ingeniería de sistemas, Divulgador de ciencia y la tecnología, entre las actividades realizadas se encuentra: Jurado del Premio Nacional de Ciencias, Jurado de Expociencias Nacional, Coordinador de Certámenes de Ciencias.

Reseña de Autor ²

Licenciada en Economía, egresada de la UMSNH (Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo) en Morelia, Michoacán. Maestría en Docencia en la UAT (Universidad Autónoma de Tamaulipas). Empleada en puesto administrativo en la empresa EATON de México en Matamoros, Tamaulipas, 1990-2005 en el departamento de Contabilidad Mexicana y Contabilidad de USA, Nóminas y pago de Proveedores. Docente en la UTM (Universidad Tecnológica de Matamoros) 2006 a la fecha como docente de investigación de tiempo completo. Participación en proyectos de investigación en el grupo de trabajo ISMEAL 2018 a la fecha.

Resumen

El presente artículo describe el diseño e implementación del desarrollo de un adaptador para electroválvulas de 12 voltios con una medida de 1/2 pulgada. Para

esto, se utilizó una metodología de seis etapas, en las cuales se aportan una o más características para módulo de adaptador, en la primera, se analiza los componentes físicos a utilizar, así como las tecnologías PoE (Power Over Ethernet), la cual a través de los protocolos IEEE 802.3at logra enviar datos y energía con el cable UTP, en la siguiente, se hace el diseño industrial, donde a través de dibujos industriales y modelados 3D se puede tener una visión más amplia del adaptador a desarrollar, para posteriormente analizar la topología de conexión de red; después se realiza la configuración de comunicación con base a los protocolos IEEE 802.3at. para posteriormente realizar su impresión 3D y hacer pruebas en campo con una interfaz de monitoreo web.

Palabras clave: Riego, Digitalización, Telecomunicación, Tecnología electrónica, Energía eléctrica.

Abstract

This article describes the design and implementation of the development of an adapter for 12-volt solenoid valves with a measurement of 1/2 inch. A six-stage methodology was used, where each stage provides one or more characteristics for the adapter module. In the first stage, the physical components to be used are analyzed, as well as the PoE (Power Over Ethernet) technology, which through the protocols IEEE 802.3at manages to send data and energy with the UTP cable, in the next one the industrial design is made where through industrial drawings and 3D modeling you can have a broader vision of the adapter to be developed, to later analyze the connection topology of network, then the communication configuration is carried out based on the IEEE 802.3at protocols. to later carry out its 3D printing and be able to do field tests with a web monitoring interface.

Keywords: Irrigation, Digitization, Telecommunication, Electronic technology, Electric power.

Introducción

La agricultura inteligente es un concepto que aplica el uso de nuevas tecnologías en los campos agrícolas para su monitoreo remoto. Dentro de su desarrollo, se puede notar el gran avance de nuevas tecnologías aplicadas a esta industria.

El uso de la agricultura inteligente en México está en constante crecimiento y se considera una herramienta fundamental para mejorar la eficiencia y la productividad en el sector agrícola. También conocida como agricultura de precisión, esta utiliza tecnologías avanzadas como la teledetección, los sistemas de información geográfica (SIG), los sensores y la automatización para optimizar el proceso de producción agrícola. En México, la agricultura inteligente se ha implementado en diferentes aspectos de la agricultura, como la gestión del agua, el monitoreo de cultivos, la aplicación precisa de fertilizantes y pesticidas, y la toma de decisiones basada en datos.

Uno de los principales desafíos que enfrenta la agricultura en este país es la disponibilidad limitada de agua. A este respecto, este modo de agricultura permite el monitoreo y la gestión eficiente del riego, al utilizar sensores de humedad del suelo y tecnologías de teledetección para determinar las necesidades hídricas de los cultivos en tiempo real. Esto ayuda a reducir el consumo de agua y optimizar su distribución, lo que es especialmente importante en regiones con escasez de agua.

Una de las herramientas importantes dentro del control de riego es el uso de las electroválvulas, las cuales mediante energía eléctrica y programación pueden llegar a realizar las automatizaciones para controlar el flujo de agua. Estas se colocan en

diferentes puntos estratégicos, generalmente cerca de las zonas de riego o en las diferentes secciones del campo; se conectan a un controlador central que envía señales eléctricas para abrir o cerrar las válvulas según el programa preestablecido.

Esto permite una automatización eficiente y precisa del riego, y proporciona varios beneficios, como la optimización del uso del agua al programar riegos en momentos específicos, la reducción de costos de mano de obra, el aumento de la uniformidad y la capacidad de adaptarse a diferentes necesidades en distintas zonas del cultivo.

Planteamiento del problema

El riego inteligente es una práctica donde se desarrolla un gran avance tecnológico en la industria agrícola, donde se busca la gestión para optimizar y hacer más eficiente los recursos tales como el agua, energía y fertilizantes. Dentro de la práctica, existen proyectos donde utilizan herramientas de automatización como las electroválvulas, cuya función principal es distribuir o controlar el flujo del agua, aunque existen diferentes tipos, tamaños y dimensiones, pero existe una problemática específica dentro las automatizaciones donde se utilizan las de 12 voltios a 1 Amper con una dimensión de 1/2 pulgada, medida presente en las tuberías de agua convencionales.

La cuestión radica en su proceso de energización, porque al accionarlas se requiere una instalación eléctrica independiente, lo cual conlleva el uso de cableado adicional, cuando las electroválvulas se integran a microcontroladores para poder integrarlas a automatizaciones vía remotas, se requieren de más cableados adicionales, para la adquisición de datos.

En esta investigación, se propone el desarrollo de un adaptador para este tipo de válvulas de 1/2" energizadas a 12 voltios, el cual sea capaz de energizar y llevar

datos al mismo tiempo. El desarrollo de adaptador con PoE se presenta como una alternativa eficiente al proceso de los riegos inteligentes, brindando un fácil manejo en cuestiones de instalaciones, así mismo se brinda una eficiencia al desarrollo de proyectos de control cuando utilicen este tipo de electroválvulas.

Revisión bibliográfica

Actualmente se pueden encontrar dispositivos adaptadores a IoT, con propósitos generales como específicos, también tanto comerciales como de investigación (López, 2020).

En el trabajo de tesis de licenciatura de Castillo Melgar (2021) presenta un *Diseño de un sistema de riego automatizado para cultivos de ciclo corto con Arduino. Estudio de caso Pimiento* donde se plantea una modelo de control de riego utilizado los componentes de la electroválvula de 12 voltios para su sistema.

Figura 1.

Diagrama Operativo del sistema con el uso de electroválvulas de 12voltios

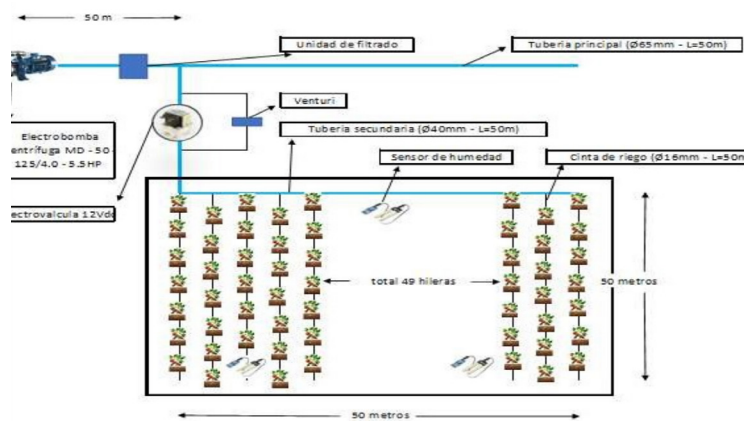


Figura 5. Esquema detallado de la parcela del sistema de riego automatizado.

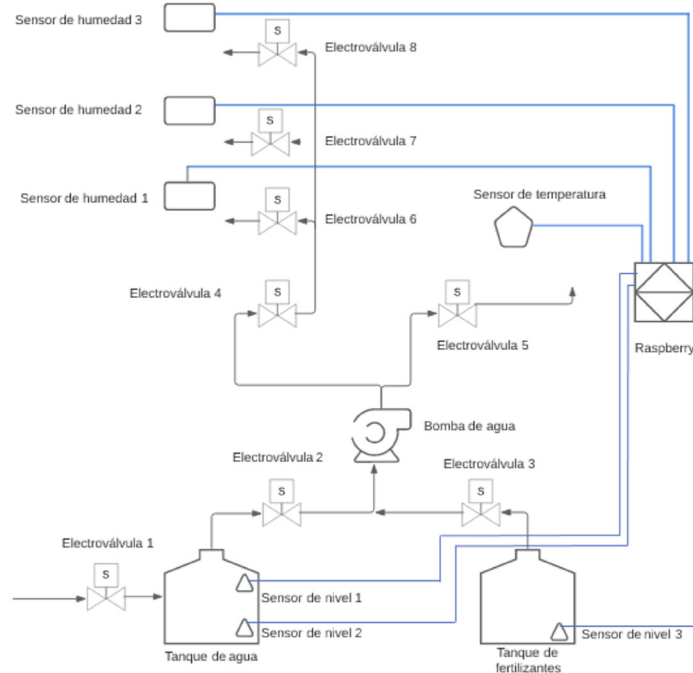
Fuente: Elaboración propia.

Nota. Esquema detallado de la parcela del sistema de riego automatizado adaptado de C.A. Castillo Melgar, 2021, Diseño de un sistema de riego automatizado para cultivos de ciclo corto con arduino. Estudio de caso pimienta. [Tesis de Licenciatura, Universidad Estatal de la Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6306/1/UPSE-TIA-2021-0034.pdf> . De dominio público.

En el año 2022, se presenta un sistema de riego inteligente denominado “Desarrollo de un sistema de riego inteligente para un terreno multicultivo de la parroquia 11 de noviembre en cotopaxi” a través de la tesis de licenciatura de Bautista Andocilla (2022), el cual muestra un sistema controlado principalmente por un algoritmo de lógica difusa que toma como entradas la temperatura ambiental, la humedad del suelo de cada cultivo y la activación o desactivación del riego de fertilizante de cada una de las plantaciones. De igual forma, implementa un sistema de control de nivel de reservorio tanto en el tanque de agua como en el tanque de fertilizante. Los actuadores que se utilizan en el sistema de riego son electroválvulas de 12 voltios y una bomba de agua, las cuales se activan o desactivan dependiendo de las entradas y las reglas de inferencia de la lógica difusa.

Figura 2.

Diagrama P&ID del sistema de riego



Nota. Diagrama P&ID del sistema de riego adaptado de C.S. Bautista Andocilla, *Desarrollo de un sistema de riego inteligente para un terreno multicultivo de la parroquia “11 de noviembre” en Cotopaxi* [Tesis de Licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23344>

El autor Gonzales Vicente (2022) en su tesis de grado de licenciatura con el tema: *Prototipo de solución para monitoreo y control remoto de una red de distribución de agua potable usando la tecnología LoRa WAN*, presenta un prototipo para la gestión del recurso hídrico en una red de distribución de agua potable.

La importancia de ello radica en el hecho de que permite al operador monitorear el caudal en tramos de importancia para el abastecimiento de agua a zonas grandes,

de modo que el operador pueda estimar cuál es el valor del flujo normal de un día común con las gráficas obtenidas del servidor IoT, y con base en este valor, saber reconocer cuándo se presenta una fuga de agua que desencadene al caudal y tomar control al respecto de manera totalmente remota y en tiempo real.

Figura 3.

Maqueta del prototipo de control de riego utilizando una electroválvula de 12 voltios



Nota. Puesta en marcha de nodo del usuario final adaptado de M.D., Gonzales Vicente, 2022, Prototipo de solución para monitoreo y control remoto de una red de distribución de agua potable usando la tecnología LoRa Wan. [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/19281/Gonzales_vm.pdf?sequence=1&isAllowed=y. De dominio público.

En la tesis de licenciatura de Romero Rodríguez y Rubio Cheon (2022), se diseñó e implementó un prototipo de red inalámbrica de sensores energizado con paneles solares, para el monitoreo y la automatización de riego en la agricultura.

Se llevó a cabo en el departamento de Lima, Perú, y surge de la problemática de la falta de uso de técnicas de monitoreo y control del riego en la agricultura, manifestándose en la no obtención de un fruto de calidad uniformado, desperdicio del agua y en la reducción de vida del suelo agrícola. Para el desarrollo de este trabajo, se analizaron las variables básicas que son necesarias monitorear para la decisión de riego, luego se diseñaron e implementaron los nodos de campo energizado y el uso electroválvulas, así como paneles solares, previamente dimensionados para la zona de pruebas, como también el nodo coordinador encargado de recolectar la información y enviarla a una interfaz de monitoreo configurada en LabVIEW.

Figura 4.

Nodo coordinador con válvula de riego y la electroválvula de 1/2 pulgada energizada por 12 voltios



Nota. Nodo coordinador con válvula de riego adaptado de A. Romero Rodríguez y C.A., Rubio Cheon, 2022, *Diseño e implementación de prototipo de red inalámbrica de sensores* [Tesis de grado, Universidad Rocardo Palma]. <https://repositorio.>

urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/6117/T030_70262239_T%20CARLOS%20ANTONIO%20RUBIO%20CHEON%20-%20ROMERO%20RODR%c3%8dGUEZ%20ALFREDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y. De dominio público.

Método y Metodología

La metodología empleada en la investigación es de base tecnológica, donde el desarrollo del sistema se define en 6 etapas, cada una adoptando el método experimental:

- *Etapa 1. Selección de componentes a utilizar.* Para el desarrollo del adaptador, es necesario analizar las propiedades y las características de la válvula de 12 voltios con una medida de 1/2 pulgadas, al igual que la tecnología de desarrollo a implementar, y así poder definir los componentes internos y materiales para el desarrollo.
- *Etapa 2. Diseño Industrial del adaptador.* El diseño industrial consiste en coordinar, integrar y articular todos los factores que, de una u otra manera, participan en un proceso constitutivo de la forma de un producto de la industria. Por ello, esta etapa es necesario implementar un diseño industrial donde se puede analizar las dimensiones del adaptador y tener una visualización en 3D.

- *Etapa 3. Topología de conectividad.* Las redes computacionales están conectadas por varias computadoras que permiten la organización de los sistemas de información modernos mediante la compartición de recursos (Carrill, 2019), por ello, se analiza la topología para comunicar a la electroválvula y sea accionada dentro de los prototipos y proyectos con la tecnología IoT (Internet de las Cosas), que en este caso sería la estrella, al utilizar los protocolos cliente/servidor.
- *Etapa 4. Configuración de la comunicación y estándares.* La tecnología Power Over Ethernet ofrece una solución efectiva y confiable, la cual deberá cumplir con las especificaciones IEEE 802.3 para proveer energía a los dispositivos dentro de una red Ethernet (López Córdova, 2008). Por ello, al optar por esta tecnología para el desarrollo del adaptador, se analiza el protocolo de comunicación para plasmarlo en el circuito electrónico y así tener una compatibilidad con los distintos sistemas de control y alimentación.
- *Etapa 5. Impresión 3d de adaptador y ensamblaje.* Las impresoras 3D pueden ser entendidas como un nuevo momento en un extenso proceso de incorporación de la electrónica y las tecnologías de la comunicación y la información, en la fabricación de los objetos de nuestra cultura material (Bradshaw, 2010), de tal forma en esta etapa se realiza la impresión del adaptador y el ensamblaje de circuito.
- *Etapa 6. Interfaz de monitoreo.* Para las pruebas de funcionalidad de encendido de la electroválvula se diseñó un sistema de monitoreo web,

utilizando el protocolo cliente/servidor dentro de la red ethernet.

- *Etapa 7. Pruebas de configuración de campo.* En esta etapa se realizan las pruebas de funcionamiento del adaptador y su implementación.

Resultados

Etapa 1. Selección de componentes a utilizar.

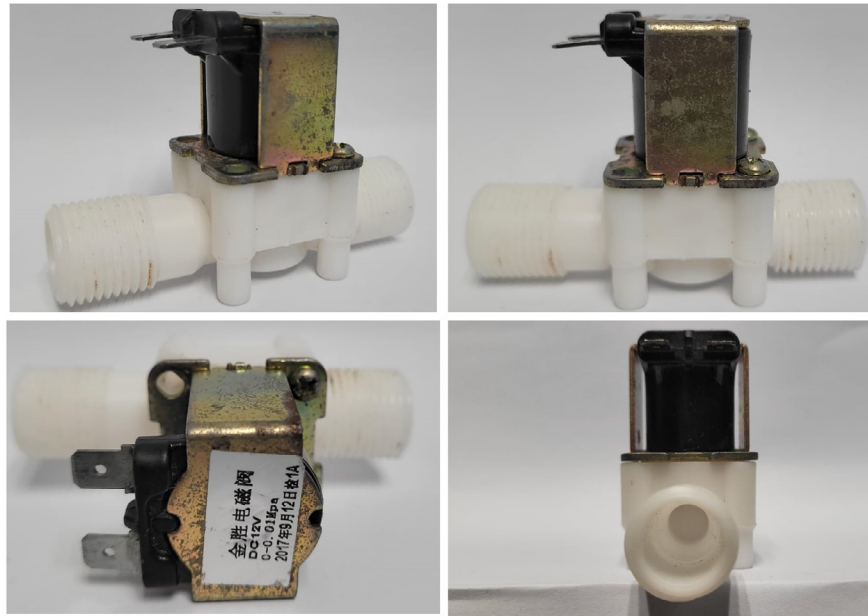
En esta etapa se analizó los componentes principales para el desarrollo de la electroválvula, el primer análisis fue referente a la electroválvula de 12 voltios así como sus características, dimensiones.

Electroválvula 12v.

La válvula electromagnética utiliza un material plástico polipropileno y metal con dimensiones: 85x60x42 mm, soporta una temperatura máxima de 100°C, con una presión mínima 3PSI y máxima 116PSI, la cual es accionada por un solenoide de apertura/cierre controlado por una señal eléctrica discreta emitida por un sistema de control (Emerson Automation Solutions, 2019). Las electroválvulas pueden ser normalmente abiertas (NO) o normalmente cerradas (NC), y tienen distintas características de voltaje de alimentación y conexión. En la figura 4 se muestra una electroválvula NC con alimentación de 12VDC y con conector roscado 1/2”.

Figura 5.

Electroválvula de 1/2 pulgada energizada por 12 voltios



Nota. Se puede observar las vistas en cuatro puntos de enfoque de la electroválvula de 1/2 pulgada, así como también sus conectores electrónicos.

Tecnología PoE.

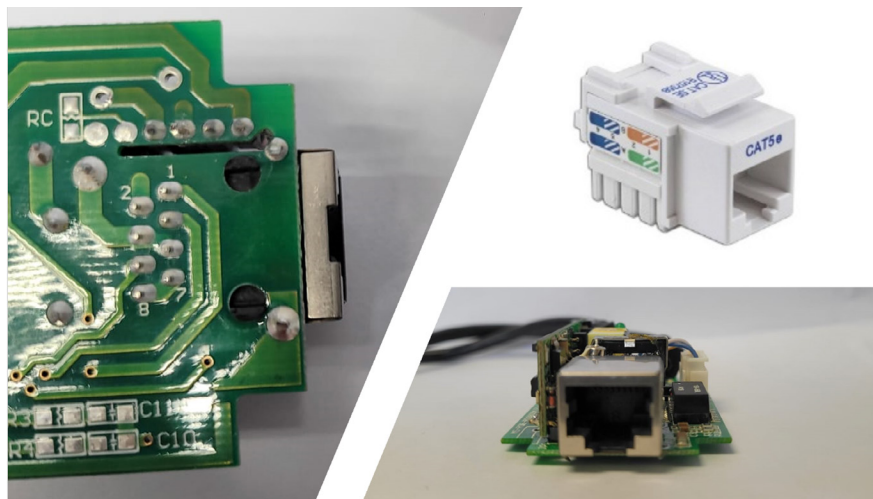
La alimentación a través de Ethernet (PoE) es una función de red definida en los estándares IEEE 802.3af y 802.3at. PoE permite que los cables Ethernet suministren energía a los dispositivos de red a través de la conexión de datos existente. La principal diferencia con respecto a la última actualización entre 802.3af (PoE) y 802.3at (PoE+) es que los PSE con PoE+ pueden suministrar casi el doble de alimentación a través de un solo cable Ethernet (Eisen, 2010).

Componentes internos.

En esta etapa, se analizaron los componentes internos, tales como los puertos hembra Rj45 donde se identificaron los pines para realizar conexiones.

Figura 6.

Componentes internos tablilla electrónica y conectores RJ45



Nota. Se puede observar los componentes internos del adaptador, los cuales se iniciaron con el ensamble de un conector rj45 hembra para posteriormente pasar a la adaptación de una tablilla electrónica soldando con el conector rj45 utilizando el protocolo IEEE 802.3at.

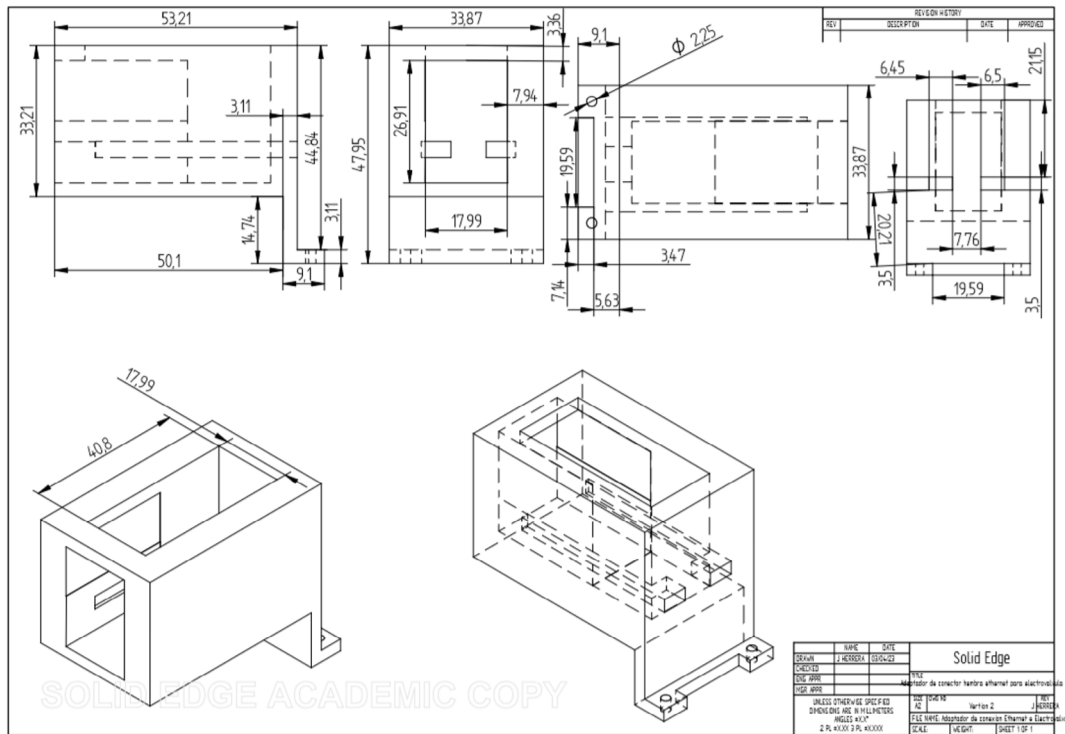
Etapa 2. Diseño Industrial del adaptador.

Modelado 3D.

En esta etapa, se diseñó el modelo del adaptador a través del software Solid Edge, determinado las medidas reales, para adaptar los componentes eléctricos y electrónicos del mismo.

Figura 7.

Diseño del adaptador en 2D utilizando el software SOLID EDGE

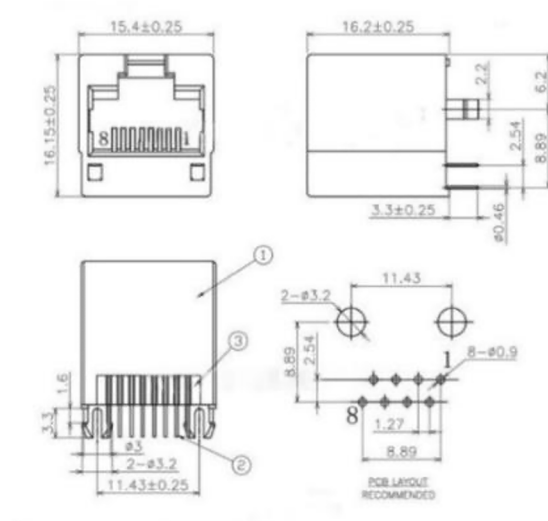


Nota. En la imagen se presenta el modelo del adaptador dibujado en 2D, digitalizado con el software de diseño *SOLID EDGE* el cual muestra las dimensiones exactas.

También se diseñó la estructura electrónica del receptor Rj45, así como la identificación de sus pines teniéndolos de referencia al modelo eléctrico.

Figura 8.

Diseño del adaptador en 2D utilizando el software SOLID EDGE

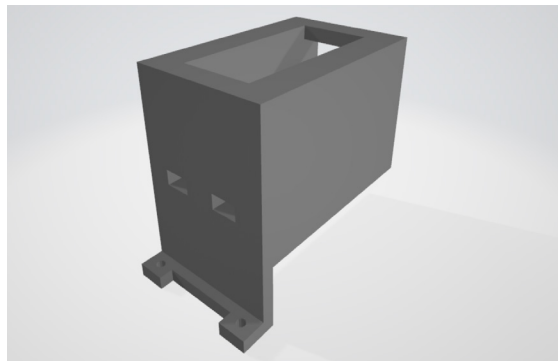


Nota. Del mismo modo se diseñó el conector Rj45 hembra basándose el protocolo IEEE 802.3at, para la identificación de hilos y así su adaptación a la tablilla electrónica, el cual se presenta en esta imagen.

En el mismo orden de ideas del diseño se realizó una presentación del adaptador en un modelo 3D, para la obtención de una mejor visualización del diseño.

Figura 9.

Vista en 3D del adaptador



Nota. En la imagen se presenta el modelado en 3D para la opción de una mejor visualización del diseño del adaptador

Diseño del sistema eléctrico Utilizando el Protocolo IEEE 802.3.af.

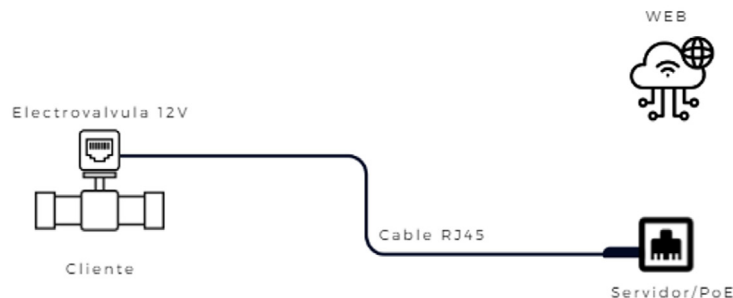
Una vez que se han definido todos los elementos de diseño, se procede al diseño PCB de conexión, para lo cual se utilizó el software Proteus 8.12; cabe resaltar en esta etapa se analizó y estudio las rutas y el grosor de las rutas, para el evitar problemas a futuros referentes a calentamientos o de corto circuito.

Etapa 3. Topología de conectividad.

Se muestra a continuación la topología utilizada y los canales de comunicación de la electroválvula, la cual se presenta de modo cliente/servidor, donde la electroválvula se presenta como receptora de la señal recibida por el servidor PoE el cual proveerá la energía y mandará la información para su encendido o apagado según sea el caso.

Figura 10.

Esquema de la topología de conectividad



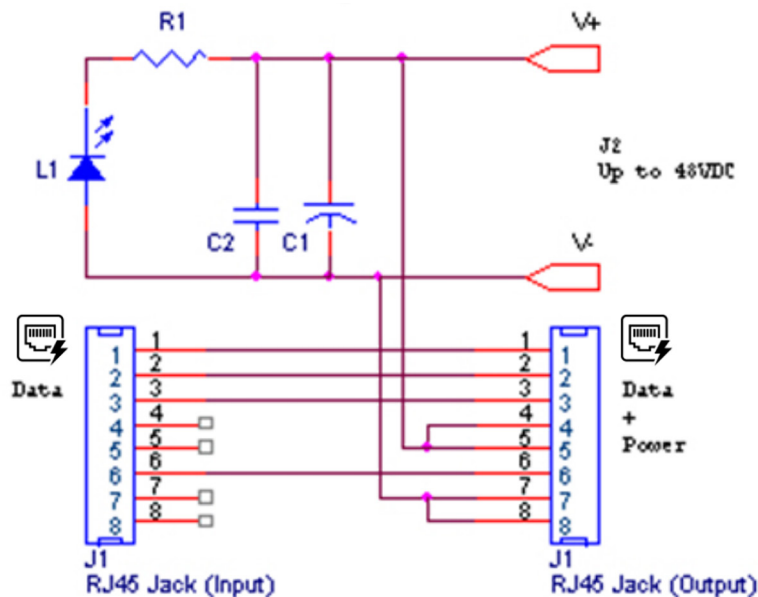
Nota. En esta imagen se muestra el esquema visual de la topología de conectividad de la electroválvula dentro de un entorno de internet de las cosas con la topología cliente / servidor

Etapa 4. Configuración de la comunicación.

Con base en el diseño eléctrico y modelado del adaptador, es necesario conocer el protocolo operativo; para el desarrollo del adaptador se optó por utilizar el estándar IEEE 802.3, Energy efficient ethernet task force (s.f.) cuyo objetivo es la reducción del consumo eléctrico dentro de las redes Ethernet, (Gil Aleixandre, 2012).

En la figura 12 se representa el diagrama electrónico donde se ve incorporado el protocolo IEEE 802.3, donde se desglosa a través de los hilos la separación del voltaje y los datos.

Figura 11.
Diagrama electrónico de configuración PoE



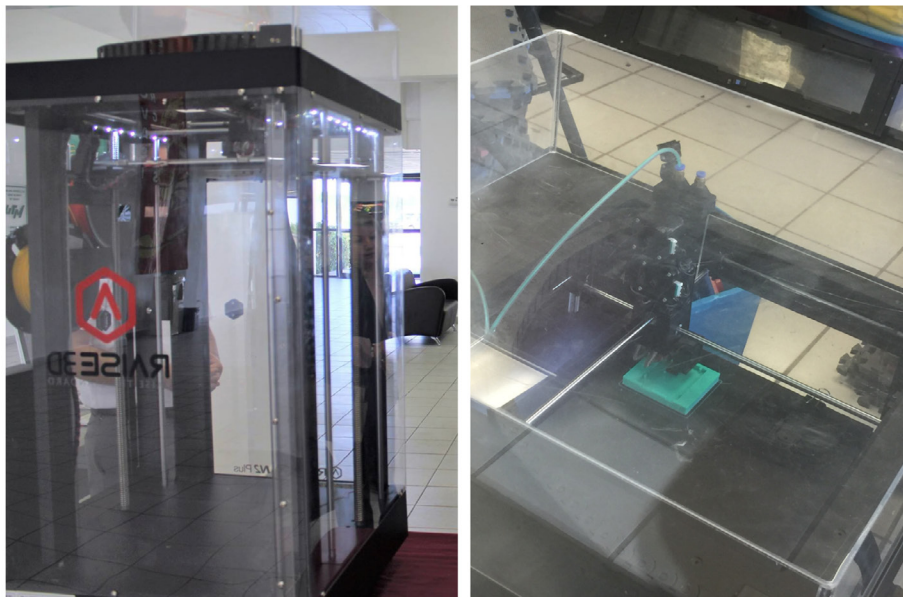
Nota. En la siguiente imagen se muestra el diseño del diagrama electrónico dentro de su configuración PoE, utilizando IEEE 802.3, los cuales muestran que 4 hilos son los conductores del voltaje y los demás para la transmisión de los datos

Etapa 5. Impresión 3d de adaptador y ensamblaje.

Una vez finalizada la etapa de diseño y elaboración de la placa electrónica se procede a la impresión del adaptador donde utilizando una impresión 3D de la marca Raise modelo Pro 3c como se puede visualizar en la figura 12. Se desarrolló este proceso con un tiempo de impresión de 2 hrs. El material seleccionado es ABS el cual será el material principal del adaptador.

Figura 12.

Impresora 3D y su proceso utilizando el material ABS



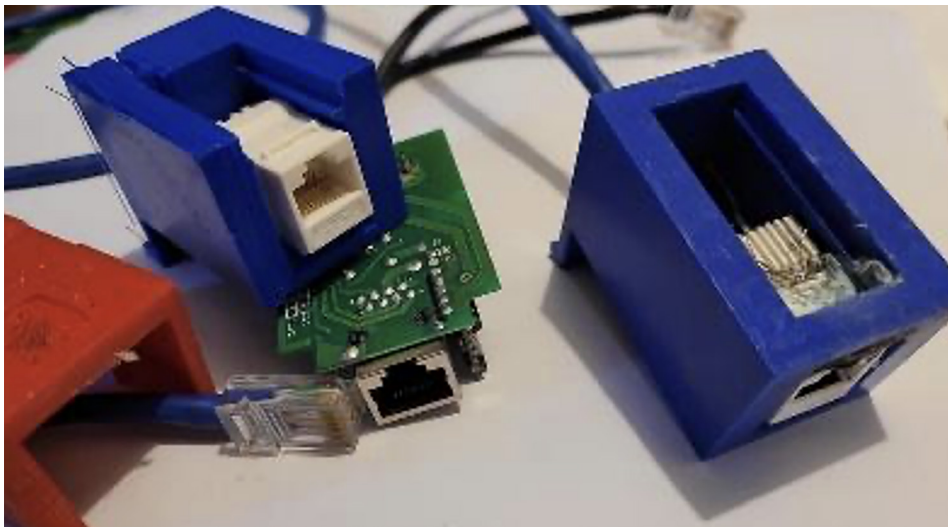
Nota. Se puede observar en esta imagen el modelo Raise Pro 3 de la impresora, la cual se utilizó para la impresión de la carcasa del prototipo, así como su proceso de impresión, utilizando el material acrilonitrilo, butadieno estireno o ABS es

un plástico muy resistente al impacto y muy utilizado en entornos industriales y domésticos.

En esta etapa una vez ya impresa la figura del adaptador, se procede a realizar su ensamble con los componentes electrónicos.

Figura 13.

Impresiones 3D de los adaptadores y su ensamblaje



Nota. En la imagen muestra el ensamblaje de los componentes del adaptador, tanto la tablilla electrónica y los adaptadores RJ45 hembra, quedando exante en sus cimentaciones diseñadas previamente.

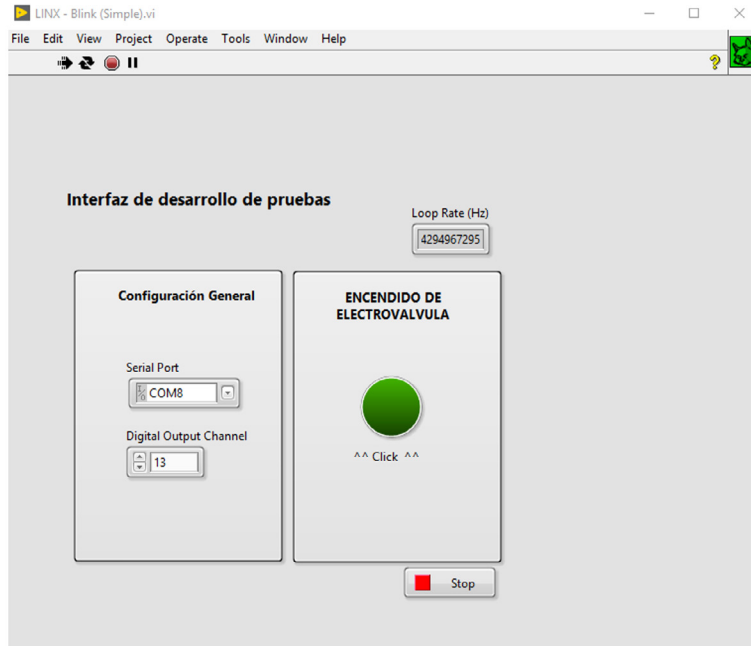
Etapas 6. Interfaz de monitoreo.

En esta fase se desarrolló una interfaz de monitoreo web, utilizando un microcontrolador Arduino Uno y una shield Ethernet como servidor, se utilizó código de programación HTML y de Arduino, también para pruebas rápidas se

utilizó una interfaz en el software LabVIEW 2017 utilizando las herramientas de MakedHub para la interconexión con Arduino como se muestra en la figura 14.

Figura 14.

Interfaz gráfica de prueba de conectividad en LabVIEW 2017



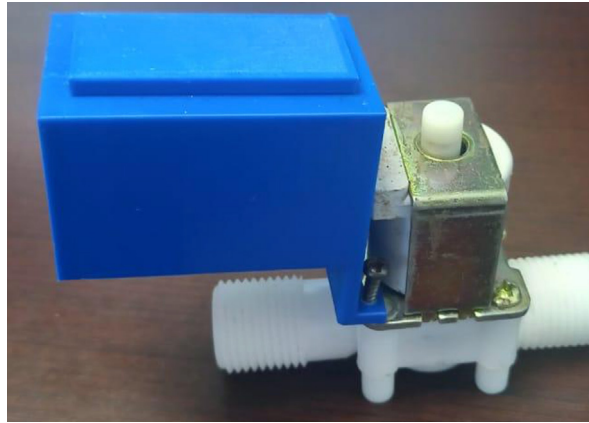
Nota. En la imagen muestra el software que se diseñó en LabVIEW para las pruebas de control de operatividad de electroválvula y tener una interfaz de pruebas de protocolo.

Etapa 7. Pruebas de configuración de campo.

Una vez finalizado la construcción e instalación de los componentes en el área designada, se procede a realizar las pruebas de funcionamiento, tomando en cuenta las consideraciones necesarias de los equipos.

Figura 15.

Adaptador de electroválvula de 12v terminado



Nota. En la imagen el adaptador receptor terminado para electroválvula de agua de 1/2 pulgada energizada a 12 voltios, utilizando la tecnología Power Overt Ethernet.

En la imagen X se presenta las pruebas en un jardín teniendo un control de riego inteligente utilizando el adaptador en la electroválvula y energizandola por medio de la tecnología Power overt Ethernet la cual utiliza el cableado Rj45 categoria 6 para exterior.

Figura 16.

Adaptador de electroválvula de 12v en funcionamiento en un control de riego



Nota. En la imagen se muestra el funcionamiento del adaptador receptor para electroválvula de agua de 1/2 pulgada energizada a 12 voltios, utilizando la tecnología Power Overt Ethernet aplicado en un control de riego.

Conclusiones y discusión

El desarrollo del adaptador receptor para electroválvulas de agua de 1/2 pulgada, energizadas a 12 voltios presenta una alternativa para los controles de riego inteligentes, y soluciona la problemática principal de accionar la electroválvula de una manera eficiente y práctica, gracias a la tecnología PoE. Se logró realizar y conllevó a tener resultados satisfactorios dentro de su desarrollo.

Dentro de la metodología presentada, se logró analizar, desarrollar e implementar un proyecto completo, y ayudar a la generación de nuevos proyectos y tener una visión dentro del campo agrícola.

La interconectividad de las cosas es una realidad, en ocasiones se piensa que es necesario inventar tecnología, pero en ocasiones con los recursos existentes se pueden adoptar para la implementación de tecnologías y buscar modelos de utilidad eficientes y prácticos.

En definitiva, el desarrollo del adaptador de una electroválvula abre una gran área de oportunidades y de desarrollo a nuevas ideas y proyectos a implementar.

Referencias

- Bautista Andocilla, C. S. (2022). *Desarrollo de un sistema de riego inteligente para un terreno multicultivo de la parroquia “11 de noviembre” en Cotopaxi* [Tesis de Licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23344>
- Bradshaw, S. B. (2010). La impresión 3D como tecnología aditiva de fabricación digital. *The intellectual property implications of low-cost 3D printing* [Archivo PDF]., 5-7. https://www.researchgate.net/profile/Andres-Ruscitti/publication/341742022_IMPRESION_3D_TECNOLOGIA_ABIERTA_DE_FABRICACION_DIGITAL/links/5ed17b4992851c9c5e664b89/IMPRESION-3D-TECNOLOGIA-ABIERTA-DE-FABRICACION-DIGITAL.pdf
- Carrill, M. V. (2019). Redes computacionales. *Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No.4*, 7(14), 46-47. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa4/article/view/4195>
- Castillo Melgar, C. A. (2021). *Diseño de un sistema de riego automatizado para cultivos de ciclo corto con Arduino. Estudio de caso Pimiento* [Tesis de Licenciatura, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio Institucional de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6306/1/UPSE-TIA-2021-0034.pdf>
- Eisen, M. (2010). Introduction to PoE and the IEEE 802.3af and 802.3at Standards. *presentation slideware* [Archivo PDF]. https://www.ieee.li/pdf/viewgraphs/introduction_to_poe_802.3af_802.3at.pdf
- Emerson Automation Solutions. (2019). *Guía de válvulas de control* (Quinta ed.) [Archivo Digital]. <https://www.emerson.com/documents/automation/gu%EDa-de-v%Elvulas-de%AOcontrol-control-valve-handbook-spanish-es-5459932.pdf>.
- Energy efficient ethernet task force. (s.f.). *Ethernet working groupe*. <https://grouper.ieee.org/groups/802/3/az/>

- Gil Aleixandre, G. (2012). *Estudio, simulación y análisis del estándar IEEE 802.3 az (Energy Efficient Ethernet)* [Trabajo de fin de carrera, *Universitat Politècnica de Catalunya*]. Repositorio Institucional de la *Universitat Politècnica de Catalunya*. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/15953/memoria.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Gonzales Vicente, M. D. (2022). *Prototipo de solución para monitoreo y control remoto de una red de distribución de agua potable usando la tecnología LoRa WAN* [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos . https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/19281/Gonzales_vm.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- López Córdova, L. A. (2008). *Diseño de Red Power Over Ethernet con Categoría 6A para Aplicación en Data Center* [Tesis profesional, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional de la Universidad Ricardo Palma. https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/80/lopez_la.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- López, K.B. (2020). *Desarrollo de módulo adaptador IoT para monitoreo y control de señales en sistemas que carecen de comunicación inalámbrica* [Tesis doctoral, Centro de Enseñanza Técnica Superior]. Repositorio institucional del Centro de Enseñanza Técnica Superior. https://repositorio.cetys.mx/bitstream/60000/1230/1/KevinRuiz_ProyectoAplicacion.pdf
- Romero Rodríguez, A. y Rubio Cheon, C.A. (2022). *Diseño e implementación de prototipo de red inalámbrica de sensores*. [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional de la Universidad Ricardo Palma. https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/6117/T030_70262239_T%20CARLOS%20ANTONIO%20RUBIO%20CHEON%20-%20ROMERO%20RODR%c3%8dGUEZ%20ALFREDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y