

Diseño e implementación de un sistema embebido para la administración del agua en casas habitación.

Design and implementation of an embedded system for the administration of water in houses.

Derlis Hernández Lara* (1).

Tecnológico Nacional de México, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.
derlis392@hotmail.com.

Yared Abigail Mojica Mendoza (2). Tecnológico Nacional de México, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, abigail.mojica@hotmail.com.

Litzy Paola Barón Velázquez (3). Tecnológico Nacional de México, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. paolabaron15@gmail.com.

Emmanuel Tonatihu Juárez Velázquez (4). Tecnológico Nacional de México, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, ejuaresv@hotmail.com.

Deyry Jazmín Téllez Torres (5). Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Eléctrica y Mecánica Unidad Azcapotzalco, jazmiin.tellez@gmail.com.

*corresponding author.

Artículo recibido en enero 12, 2021; aceptado en febrero 26, 2021.

Resumen.

Este proyecto es una propuesta que utiliza internet de las cosas (IoT del inglés, Internet of Things) para obtener información del nivel de agua en los depósitos de una casa habitación, con el fin de que se tomen decisiones para la administración de este recurso natural. Para la etapa del diseño conceptual, se utilizó la metodología del despliegue de la función de la calidad (QFD del inglés, Quality Function Deployment), basada en considerar los requerimientos del cliente para la conceptualización del prototipo. El problema con los sistemas actuales, es que no permiten saber exactamente la cantidad de agua contenida en los depósitos. El sistema propuesto busca saber la cantidad de agua en cada contenedor, tener la información almacenada en una base de datos en la "Web", generar recomendaciones de uso del líquido, controlar el llenado y vaciado de los depósitos a distancia. La principal aportación es el uso de tecnologías como internet de las cosas, cómputo en la nube e histórico de datos para apoyar a tareas cotidianas en el hogar y hacer uso de los recursos naturales de manera responsable. Los resultados experimentales conllevan a concluir que este tipo de implementaciones son de gran utilidad para resolver problemas actuales.

Palabras clave: Internet de las cosas (IoT), nivel de agua en depósitos, Wifi, control del llenado.

Abstract.

This project is a proposal that uses the Internet of Things (IoT) to obtain information on the water level in the containers of a dwelling house, in order to make decisions for the administration of this natural resource. For the

conceptual design stage of the system, the Quality Function Deployment (QFD) methodology was used, which is based on considering the customer's requirements for the conceptualization of the prototype. The problem with current systems is that they don't allow to know exactly the amount of water contained in the tanks. The proposed system searches; know the amount of water in each container, have the information stored in a Web database, generate recommendations for the use of the liquid, control the filling and emptying of the tanks remotely. The main contribution of this the use of technologies such as the Internet of Things, cloud computing and data history; to support daily tasks at home and also make responsible use of natural resources. The experimental results lead to the conclusion that this type of implementation is very useful to solve current problems.

Keywords: Internet of Things (IoT), water level in containers, Wifi, filling control.

1. Introducción.

Actualmente, un gran número de casas habitación en México sufre de falta de agua o constantes cortes del servicio, lo cual provoca que los habitantes adquieran tinacos, cisternas y bombas de agua. Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en la CDMX 82% de las viviendas posee un tinaco, lo que indica que hay casi 2 millones 600 mil, por lo que 1.1 de cada 10 tinacos en el país estén en esta ciudad, además, el 57.9% de las viviendas cuentan con cisterna y el 64% con una bomba para movilizar el líquido ya sea hacia un tinaco o a la vivienda misma. De todas las cisternas y bombas de agua que hay en el país, en promedio el 18% están en la CDMX (Milenio, 2016). Basándose en esta información, es viable implementar un sistema que ayude a administrar el consumo del agua, facilitando a los usuarios el manejo de sus bombas y depósitos.

Se han planteado posibles soluciones a este gran problema, algunas de ellas son: “*Smart Water Metering*”, en donde se plantea que, lo que no se puede monitorear, no se puede corregir, y mediante una red de medidores inteligentes que recopile datos granulares en tiempo real a través de la red hídrica podría ayudar a identificar fugas, descubrir patrones ocultos en el consumo de agua, usar análisis predictivos para regular la demanda, suministrar y configurar alarmas para notificar anomalías (SmartNet, 2017).

El Medidor de Nivel de Agua «Tecnolevel» es un dispositivo con tecnología avanzada, ideal para medir el nivel de llenado de un contenedor como tanque, tinaco, cisterna o aljibe (ver Figura 1). Se recibe en un smartphone la información del porcentaje de llenado de agua del contenedor de manera práctica, eficiente y sencilla. Da información del llenado de contenedores mediante el ancla sensor, cable comunicador, la caja transmisora a través de la aplicación «Tecnolevel» y la tecnología Bluetooth con un alcance de hasta 10 metros de distancia (TecnoTanques, 2018).



Figura 1. Medidor de nivel de agua *Tecnolevel*.

Un Sistema Embebido (SE), es un sistema electrónico diseñado específicamente para realizar una determinada función (Needs, 2018), habitualmente formando parte de un sistema de mayor entidad. La característica principal es que emplea para ello un procesador digital (CPU) en formato de microprocesador, microcontrolador o procesador digital de señales (DSP del inglés, *Digital Signal Processor*), lo que le permite aportar «inteligencia» al sistema anfitrión al que ayuda a gobernar y del que forma parte (Hernández Lara, Barrera Gracias, Benítez Mora, & Álvares López, 2106). Se plantea desarrollar un sistema bajo el estándar de comunicación IEEE 802.15.4 (Beltrán, Calveras, & Casademont, 2010), que

pueda monitorear el nivel del agua en depósitos utilizando un sensor que sustituya al flotador convencional, trabajando en conjunto con el Internet de las cosas según (Press, 2014), es la tecnología de mayor crecimiento en el mundo) al enviar datos a la Web, facilitando la administración y el consumo de agua en una casa.

2. Métodos.

La metodología es considerada como la enumeración descriptiva y racional de las dimensiones de un proceso de acción y de las relaciones entre ellas, que atienden un propósito determinado con el objeto de diseñar e innovar (García Melón, Cloquell Ballester, & Gómez Navarro, 2001). Para el caso del sistema propuesto, se utilizó como herramienta la metodología QFD (*Quality Function Deployment*), cuya premisa se basa en traducir las demandas expresadas del cliente (B. ReVelle, W. Moran, & A. Cox, 1998), en un producto o prototipo. El fin es someter la información y requerimientos obtenidos, a través de filtros de factibilidad, disponibilidad tecnológica y matriz de Pugh, para converger en un diseño conceptual que se apegue a la necesidad de cumplir con la función global del sistema mostrada en la Figura 2, para este caso, es monitorear y administrar el agua, las subfunciones son medir el nivel del agua en los depósitos del hogar, el caudal de la toma domiciliaria, enviar estos datos recabados a una aplicación Web para la manipulación de las bombas y la toma de decisiones correspondientes.

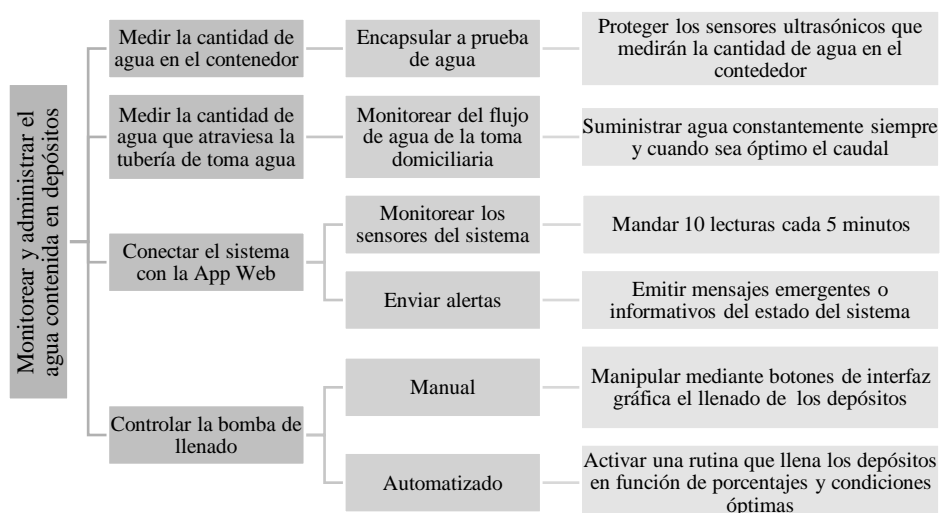


Figura 2. Árbol de funciones del diseño conceptual obtenido mediante QFD.

El sistema tiene tres sensores y dos bombas, y cada uno de estos dispositivos está ubicado en diferente lugar de la casa según corresponda, por lo que es necesario que cada uno de ellos este comunicado a la aplicación Web, estos dispositivos mantienen una comunicación serial en configuración Maestro/Esclavo, esta requiere un conjunto de reglas que especifiquen el intercambio de datos u órdenes. Estas pautas definen lo que se conoce como un protocolo de red o también un protocolo de comunicación. En este caso el intercambio se produce entre microcontroladores NodeMCU (RedUSERS, 2011).

El módulo de la bomba que suministra agua al tinaco funge con el rol de maestro en el sistema, en este módulo se verifica que el nivel de agua en el tinaco sea menor al 90% y que el de la cisterna sea más del 10%, si estas restricciones se cumplen, se procede a encender la bomba para movilizar el agua, de lo contrario se mandan alertas dependiendo de la situación en la que se encuentre el sistema, de igual forma se verifica el caudal de la toma de agua domiciliaria, si este es mayor a mil litros por hora y si la cisterna contiene menos del 90% de su capacidad, se enciende la bomba que lleva agua de la toma domiciliaria a la cisterna, este funcionamiento se muestra en el Diagrama de Flujo 1.

Si el usuario intenta forzar el encendido de cualquiera de las bombas cuando las condiciones no son óptimas, el sistema mandará una alerta especificando por qué no es posible encenderla. El proceso del módulo de la bomba domiciliaria

se llama a sí mismo, para validar los valores de la cisterna y del flujómetro para detener cuando alguno de ellos no sea ideal para continuar con el llenado de la cisterna, en el Diagrama de Flujo 2 se puede visualizar este proceso.

Ahora bien, la operatividad de la bomba local y de la bomba domiciliaria son subrutinas que intervienen en el funcionamiento automático y manual del sistema, es decir, cuando el sistema detecta que una bomba fue activada manda a llamar su respectivo método, esto crea un bucle de instrucciones que no permite apagar la bomba hasta que los depósitos tengan la cantidad óptima de agua, las condiciones no sean favorables para seguir con el suministro o bien, hasta que el usuario apague la bomba manualmente desde la aplicación Web, en el Diagrama de Flujo 3 se presenta el comportamiento algorítmico del programa principal.

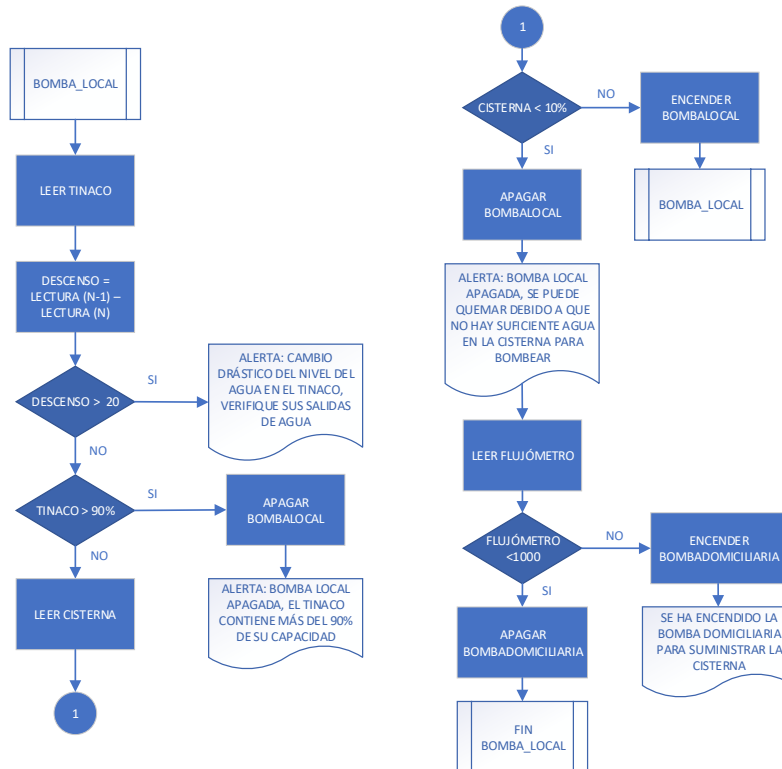


Diagrama de Flujo 1. Funcionamiento de la bomba local en el sistema.

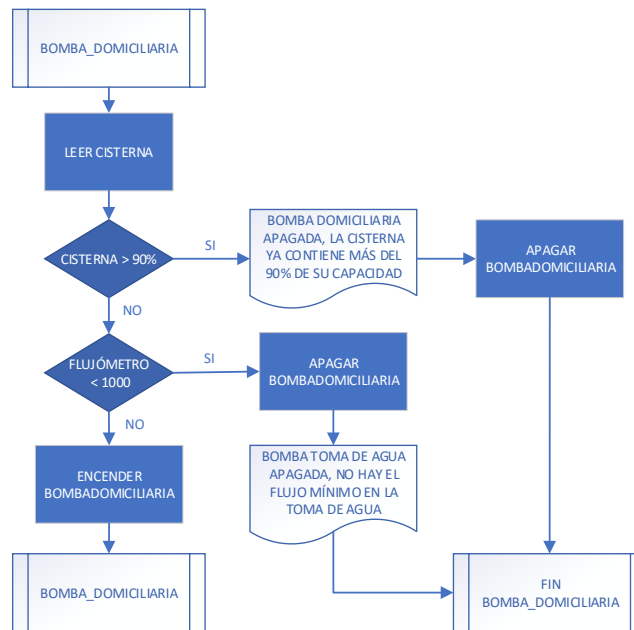


Diagrama de Flujo 2. Funcionamiento de la subrutina bomba domiciliaria en el sistema.

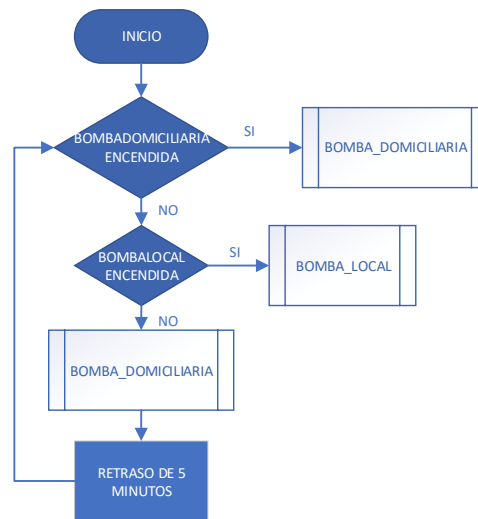


Diagrama de Flujo 3. Funcionamiento general del sistema.

Los dispositivos instalados a lo largo del hogar cuentan con una programación que les permite enviar los datos que obtienen de sus sensores o del estado en cual se encuentran, esta transferencia de datos mediante red inalámbrica corresponde al Internet de las cosas, debido a que este se refiere a una interconexión digital de objetos cotidianos con internet (Rose, Scott, & Lyman, 2015). La programación de los microcontroladores manda la información recabada por sus sensores al servidor, es decir, a la aplicación Web.

Los módulos que encuentran instalados en el tinaco y la cisterna tienen sensores ultrasónicos que permiten medir la distancia que hay entre el sensor y la superficie del agua, con una ecuación en el servidor se calcula el nivel de agua

del contenedor teniendo en cuenta su capacidad de almacenamiento. Estos sensores determinan la distancia mediante el uso de ondas ultrasónicas, el cabezal del sensor emite una onda y mide el espacio al objeto contando el tiempo entre la emisión y la recepción de la señal.

La velocidad del sonido es de 343 m/s en condiciones de temperatura 20 °C y 50% de humedad (Gutierrez, 2019), utilizaremos esa información para calcular la rapidez aproximada a la que viaja la onda ultrasónica emitida por el sensor, como se muestra en la ecuación 1, en la que se transformó la unidad de medida, dando como resultado que el sonido tarda 29,2 microsegundos en recorrer un centímetro. De esta manera, se obtiene la distancia a partir del tiempo entre la emisión y recepción del pulso mediante la ecuación 2. El motivo de dividir por dos el tiempo es debido a que se ha medido el tiempo que el pulso tarda en ir y volver, por lo que la distancia que se obtiene es el doble de la que se desea medir.

$$\left(343 \frac{m}{s}\right) * \left(\frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}\right) * \left(\frac{1 \text{ s}}{1000000 \mu s}\right) = \frac{1 \text{ cm}}{29.2 \mu s} \quad (1)$$

$$Distancia(cm) = \frac{Tiempo(\mu s)}{29.2 \cdot 2} \quad (2)$$

Ahora bien, se consideran tres factores del contenedor para evaluar su nivel de agua, primero, no se evalúa su capacidad de almacenamiento sino su altura, dado a que existen depósitos de diferente volumen, de esta manera solo se ingresa la longitud del depósito, lo segundo a considerar es el tamaño del módulo a instalar en la cisterna o el tinaco, esto con el propósito de crear un límite máximo de lo que puede subir el agua en el contenedor, y por último, la distancia que hay entre el sensor del módulo y la superficie del agua. De esa manera, utilizando esos valores, la operación que se implementó para calcular la altura del agua del depósito se muestra en la ecuación 3 y finalmente en la ecuación 4 se muestra el nivel del agua en porcentaje, esto se considera para cada contenedor.

$$Altura \text{ del agua} = (Longitud \text{ del contenedor} - Espesor \text{ del módulo}) - Distancia \text{ medida por el sensor} \quad (3)$$

$$Porcentaje = \left(\frac{Altura \text{ del agua}}{Longitud \text{ del contenedor}}\right) * (100) \quad (4)$$

En el Algoritmo 1 se muestra el pseudocódigo de la lógica implementada, cabe mencionar que este programa se ejecuta cada que las subrutinas bomba local o bomba domiciliaria verifiquen el nivel de agua en los depósitos. El funcionamiento del sistema se muestra en la Figura 3.

Algoritmo 1. Algoritmo de los módulos cisterna y tinaco

1. Declarar y configurar pines de entrada y salida. /*Inicio del algoritmo*/
2. Configurar red a la cual el microcontrolador se va a conectar.
3. Declarar dirección del servidor.
4. Conectar a la red Wifi.
5. Si falla la conexión mandar un mensaje de error y finalizar el programa.
6. Medir la distancia entre el sensor y la superficie del agua del depósito según la ecuación 3.
7. Conectar al servidor.
8. Si falla la conexión mandar un mensaje de error y finalizar el programa.
9. Crear URL de petición (*Query*) al servidor (Dirección del archivo PHP, distancia medida por el sensor y dirección del servidor).
10. **WHILE** Conexión disponible **DO**
11. Enviar petición al servidor.
12. Leer y mostrar todas las líneas de respuesta del servidor.
13. Mostrar todas las líneas de respuesta del servidor.
14. **END WHILE**

15. Cerrar conexión.



Figura 3. Diagrama del esquema general del sistema.

El servidor almacena la base de datos, y esta a su vez alimenta a la aplicación Web denominada *AppWater*, en el programa principal hay un conjunto de funciones, procedimientos almacenados y disparadores que controlan el comportamiento del sistema, además de enviar y recibir los datos de la aplicación. La conexión de la base de datos a la aplicación Web se da gracias a la extensión MySQLi (*MySQL Improved*), esta es un controlador de base de datos relacional que proporciona una interfaz con base de datos MySQL utilizado el lenguaje script PHP, esta interface expone una API para permitir que las instalaciones de la extensión se utilicen mediante la programación.

Por último, la aplicación Web se encarga de mostrar todos los datos solicitados por las subrutinas bomba local y bomba domiciliaria junto con su hora de actualización, no obstante, por cuestiones de prueba la aplicación se implementó en un servidor local haciendo una comunicación a través de intranet, la cual es parte del diseño conceptual, una vez validadas estas pruebas se implementará el sistema en un sitio web accediendo a ella a través de internet. En la Figura 4 se observa la aplicación Web que muestra la información y controla el sistema.



Figura 4. Aplicación Web que controla y monitorea el sistema.

El proyecto de *Smart Water* que se desarrolló, busca plantear un sistema embebido con *IoT* para la administración del agua en casas habitación, presentar esta innovación tecnológica como método para disminuir la huella hídrica, a largo plazo implicara un impacto social en la cultura del agua. Con respecto al desarrollo tecnológico, busca mejorar la calidad de vida de las personas mediante la domótica, ya que se proporciona una gran variedad de ventajas, entre las que se pueden destacar el ahorro de energía, el incremento en los niveles de seguridad, mayor y mejor control centralizado, mejor comunicación, optimización de recursos, automatización, ahorro de tiempo, se incrementa el valor de la propiedad, compatibilidad, garantía de funcionalidad en el futuro y un alto grado de confort.

Referente al *software*, hará que el usuario tenga un mejor control sobre sus recursos hídricos, ya que tendrá a la mano la información necesaria para llevar una buena administración. Por otra parte, el diseño del hardware ayuda a ser adaptable a cualquier hogar, porque al ser inalámbrico los módulos podrán ser instalados sin necesidad de modificar la arquitectura o depósitos de la vivienda. Sin embargo, debido a las herramientas tecnológicas empleadas en el desarrollo del *hardware* y *software*, se obtiene un sistema alcanzable a nivel industrial, o incluso para organismos especiales cuya responsabilidad es administrar, regular, controlar y proteger las aguas nacionales en México formando parte de las *Smart Cities* y de la Industria 4.0, porque hace énfasis en la tecnología digital, la interconectividad a través de la internet de las cosas, acceso a datos en tiempo real, sistemas ciberfísicos, aprovechamiento de datos instantáneos aumentando la productividad y mejora de procesos que impulsan el crecimiento.

3. Resultados.

Para probar el sistema se realizaron pruebas en un prototipo utilizando botes que simularon los depósitos en los que se almacena el agua, así como los respectivos componentes del sistema. En la Figura 5 se observa el diagrama de conexión de los módulos en los depósitos, donde se conecta el sensor ultrasónico con el microcontrolador NodeMCU, estos módulos recopilan los datos sensados y los mandan al servidor mediante wifi, para que estos puedan visualizarse en la aplicación Web. Mientras que, en la Figura 6 se muestran los sistemas de medición implementados físicamente en dos depósitos de agua.

Así también, en la Figura 7 se muestra el esquemático de conexión de los módulos de las bombas, donde el motor graficado representa la máquina en cuestión, y en la Figura 8 se observa la conexión del microcontrolador con el caudalímetro. Mientras que, en la Figura 9 se presenta el circuito físico con los NodeMCU, donde dos de ellos corresponden a los sistemas de medición y el tercero a el sistema de control. En Figura 10 se expone el prototipo completo de manera posterior.

Además, se muestran capturas del sistema donde se puede observar el funcionamiento de la aplicación Web cumpliendo las restricciones del programa principal y sus subrutinas. En la Figura 11 se observa el estado del sistema, mientras que en la Figura 12 se percibe su respectiva alerta si se intenta encender la bomba local cuando el tinaco esta casi al máximo de su capacidad. En la Figura 13 se ve el estado del sistema, mientras que en la Figura 14 la alerta cuando hay un cambio repentino del nivel de agua en poco tiempo.

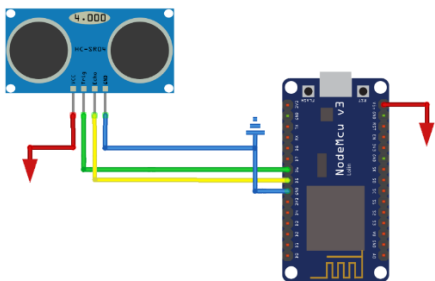


Figura 5. Esquemático de conexión entre el sensor ultrasónico y el NodeMCU.

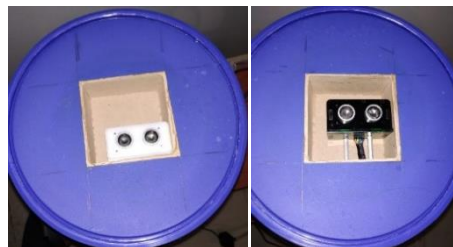


Figura 6. Sistema de medición, ejemplificando el tanque y la cisterna

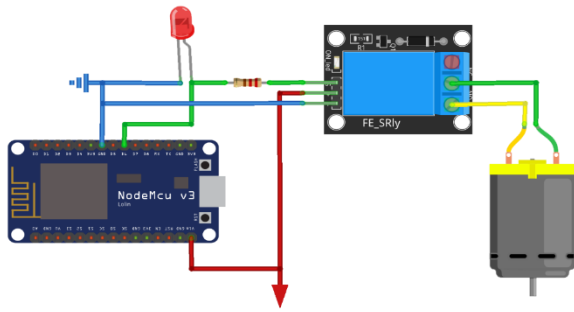


Figura 7. Diagrama esquemático de conexión del control de las bombas.

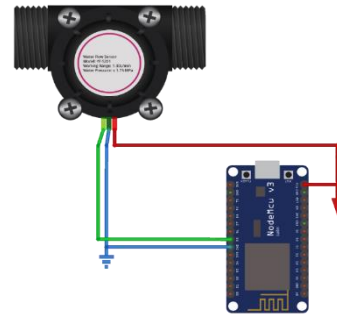


Figura 8. Diagrama esquemático de conexión del NodeMCU y el caudalímetro.



Figura 9. Circuito físico con NodeMCU implementado.



Figura 10. Vista posterior del prototipo implementado.



Figura 11. Captura del estado del sistema.



Figura 12. Captura de la alerta.



Figura 13. Captura del estado del sistema.



Figura 14. Captura de la alerta.

Conclusiones.

Después de aplicar la metodología QFD, se obtuvo el diseño de un sistema que proporciona información hacia una aplicación Web, para que el usuario tenga datos que le ayuden en la toma de decisiones y administración del agua en casas habitación. Se ha logrado que los módulos instalados en la toma de agua, los depósitos y las bombas envíen los datos necesarios vía Wifi al servidor, haciendo que la aplicación Web muestre el caudal de la toma domiciliaria, los niveles de agua de los depósitos de la casa, así como controlar el llenado de estos, además de mostrar la hora de última actualización, por lo que se alcanzó el objetivo de implementar un sistema embebido mediante el internet de las cosas que funcione adecuadamente. Por otro lado, los dispositivos NodeMCU de los módulos se programaron mediante la plataforma Arduino IDE. Después de realizar las pruebas correspondientes en el prototipo de alto nivel, se reporta que el sistema ejecuta correctamente las instrucciones que recibe de la aplicación, respetando las condiciones de llenado; la implementación de este tipo de sistemas mediante tecnologías contemporáneas como la conectividad a internet, es de gran ayuda para la obtención de datos que al ser procesados se convierten en información que ayuda a los usuarios a la toma de decisiones.

Agradecimientos.

Los autores agradecen al Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, en específico a la división de Ingeniería Informática por el apoyo brindado.

Referencias bibliográficas.

- B. ReVelle, J., W. Moran, J., & A. Cox, C. (1998).** *The QFD Handbook*. México: Ilustrada.
- Beltrán, V., Calveras, A., & Casademont, J. (2010).** *Redes de comunicaciones: De la telefonía móvil a internet*. Barcelona, España: Univ. Politèc. de Catalunya. Recuperado el Abril de 2020, de https://books.google.com.mx/books/about/Redes_de_comunicaciones.html?id=2D9FO9nX-XsC&redir_esc=y
- García Melón, M., Cloquell Ballester, V. A., & Gómez Navarro, T. (2001).** *Metodología del diseño industrial*. València, España: Universidad Politécnica de València.
- Gutierrez, F. (28 de Marzo de 2019).** *La Gaceta Científica Ar*. Recuperado el Junio de 2020, de <https://gacetacientifica.wordpress.com/2019/03/28/aviacion-que-significa-la-velocidad-mach-1/>
- Hernández Lara, D., Barrera Gracias, Á., Benítez Mora, M. A., & Álvares López, J. (2016).** *Conceptual design of electronic storage device and counting coins*. 8vo Congreso Internacional de Ingeniería Electromecánica y de Sistemas (CIIES 2016). CDMX.
- Milenio. (15 de Febrero de 2016).** *Obtenido de Milenio*: <http://www.milenio.com/politica/ciudad-de-tinacos-bombas-y-cisternas>
- Needs, P.-c. A. (2018).** *Ingeniería De Los Sistemas Embebidos (Hardware)*. Obtenido de http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE5_3_1.pdf
- Press, G. (2014).** *Internet of Things By The Numbers: Market Estimates And Forecasts*. Forbes(<http://onforb.es/1sbsXoM>).
- RedUSERS. (2011).** *Microcontroladores*. Grand Bourg, Argentina: FoxAndina. Recuperado el 18 de Junio de 2020, de

https://books.google.com.mx/books?id=V1wLsfO1114C&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Rose, K., Scott, E., & Lyman, C. (Octubre de 2015). *La Internet de las cosas - Una breve reseña*. (K. Rose, E. Scott, & C. Lyman, Edits.) Geneva, Switzerland: The Internet Society (ISOC). Recuperado el 22 de Abril de 2020, de Internet Society: <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/report-InternetOfThings-20160817-es-1.pdf>

SmartNet. (16 de Diciembre de 2017). *IoT para la gestión inteligente del agua*. Obtenido de <http://www.smartnet.com.co/iot-para-la-gestion-inteligente-del-agua/>

TecnoTanques. (24 de abril de 2018). *Medidor Inalámbrico de Nivel de Agua*. Recuperado el 6 de febrero de 2020, de <https://tecnotanques.com/medidor-inalambrico-de-nivel-de-agua/>

Información de los autores.



Derlis Hernández Lara, Ing. en robótica industrial egresado de la ESIME UA (2011) y M. en C. en ingeniería de cómputo con opción en sistemas digitales por parte del CIC (2014) en el Instituto Politécnico Nacional, México. Actualmente es profesor del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec y de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México. Sus áreas de interés son la aplicación de metaheurísticas para el diseño y optimización en ingeniería, la implementación de sistemas embebidos para garantizar la seguridad alimentaria, inteligencia artificial y la robótica.



Yared Abigail Mojica Mendoza, estudiante destacada la carrera de Ing. Informática en el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, desde 2017 se encuentra colaborando en proyectos de investigación y sistemas embebidos. Ha participado en diversos eventos académicos y científicos, además de realizar una estancia en *Lakehead University English Language Centre*, Canadá. Sus principales áreas de interés son el desarrollo *front end*, diseño y mercadotecnia digital, programación e implementación de sistemas de información.



Litzy Paola Barón Velázquez, estudiante de la carrera de Ing. Informática en el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, desde 2019 se encuentra colaborando en proyectos de investigación y sistemas embebidos. Sus principales intereses son las bases de datos, los sistemas computacionales y las nuevas tecnologías.



Emmanuel Tonatihu Juárez Velázquez, Ingeniero en electrónica y comunicaciones (IEC'99), egresado del Tecnológico de Estudios superiores de Monterrey (1999), Maestro en ingeniería de sistemas computacionales por el TESE (2016) y Dr. en comunicaciones y electrónica por el IPN. Actualmente es profesor del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec y de la UNITEC. Sus principales intereses son los sistemas embebidos, la seguridad informática, las telecomunicaciones y las redes de sistemas de cómputo.



Deyry Jazmín Téllez Torres, Ingeniero en Robótica Industrial del Instituto Politécnico Nacional, destacada por ser una excelente estudiante durante su formación académica. Ha tenido participación en 2 congresos de investigación, los cuales fueron llevados a cabo en Nayarit y Argentina, además de una estancia de investigación en la Universidad de Antofagasta, Chile. Sus principales intereses son la robótica, el altruismo, y el diseño e implementación de soluciones a necesidades reales de la sociedad.