



Universidad Autónoma Metropolitana.

Samsung código IoT

Proyecto Capstone

Instrumentación e implementación del IoT en un filtro de aguas grises.

Asesores:

Dra. Paloma Vilchis, Dr. Yuri Reyes Mercado, C. Carlos Hernández Hernández.

Integrantes:

María Inés Rodríguez Hernández.	UAM-Lerma	2173036089.
Cesar Arturo Mejía Bazán.	UAM-Azcapotzalco	2182005565.
Gabriel Darío González Peñaloza.	UAM-Azcapotzalco	2163074068.

Febrero - 2022

Contenido

Resumen	4
Antecedentes.....	4
Introducción.....	5
Justificación	6
Alineación con los objetivos del PNUD	7
Objetivo General	7
Objetivos específicos	7
Hipótesis	7
Metodología	8
• Primera etapa:	8
• Segunda etapa:	8
• Tercera etapa:.....	11
Elaboración del circuito	11
Interfaces necesarias	11
Programación.....	14
Envío de datos	14
Instalación de MQTT broker	15
Instalación de InfluxDB.....	15
Uso de bases con Influx	15
Resultados.....	16
Conclusiones	17
Referencias	18

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Filtros usados para detener residuos	9
Ilustración 2 Sistema con los filtros.....	10
Ilustración 3 Circuito del sistema y sensores usados	11
Ilustración 4 Interfaz de configuración de la Raspberry	11
Ilustración 5 Opciones de interfaz	12
Ilustración 6 Habilitar la interfaz i2c	12
Ilustración 7 Configuración de la interfaz wire	12
Ilustración 8 Habilitar la interfaz 1-wire.....	13
Ilustración 9 Corroborar la interfaz i2c	13
Ilustración 10 Activar interfaz 1-wire desde terminal.....	13

Ilustración 11 Integrantes del equipo	17
---	----

Índice de tablas

Tabla 1 Filtros del sistema.....	8
Tabla 2 Contenidos en los filtros	9
Tabla 3 Características de los materiales para los filtros	10

Índice de gráficos

Gráfico 1 Datos del agua antes de pasar por los filtros	16
Gráfico 2 Datos del agua después de pasar por el filtro	16

Resumen

El presente proyecto se enfoca en lograr un trabajo interdisciplinario planteando una solución al problema de la escasez del agua que enfrentan diversas comunidades, tanto en zonas rurales como en zonas urbanas, desarrollando un prototipo de filtración con ayuda del internet de las cosas (IoT).

A partir de filtros se pretende simular un filtro natural que limpie las impurezas del agua mientras hace recorrido tal como ocurre, por ejemplo, en un río. Al añadir tecnología al sistema se logra monitorear aspectos tales como el pH que el agua, cambiando constantemente mientras pasa por los filtros.

El uso de sensores y herramientas tecnológicas permite visualizar los datos que el sistema muestra en todo momento, de esta forma saber los cambios que han ocurrido.

Antecedentes

Introducción

El agua es un recurso indispensable para la subsistencia de cualquier organismo vivo en el planeta tierra, al igual que es indisociable de cualquier actividad hecha por los seres humanos desde aspectos de la vida cotidiana como hidratarnos, asearnos y las labores de la casa solo por mencionar algunos, hasta en procesos más complejos como ocurre en la industria extractiva, metalúrgica, química, alimentaria, farmacéutica, de textiles y papelera.

A medida que fueron evolucionando estos tipos de industrias y fue cambiando el estilo de vida urbanita, se agravaron las problemáticas entorno al medio ambiente por la constante emisión de contaminantes, la sobre explotación de los recursos naturales, en particular el agua en la que influye determinadamente el crecimiento demográfico.

Actualmente a nivel mundial se ha convertido en una tendencia la preocupación por la recuperación de los ecosistemas. Muchas organizaciones, empresas e industrias están migrando a las Tecnologías limpias (verdes), que de acuerdo con la definición de la ONU en la agenda 2021, son los procesos y productos que protegen el ambiente, que son menos contaminantes, usando los recursos de forma sustentable, reciclando sus residuos y productos, además de manejar los desechos residuales de una manera aceptable.

En la agenda 2030 de la ONU se plantean 17 objetivos del desarrollo sostenible, uno de los cuales abarca el punto sobre el “agua y saneamiento” donde muestran cifras alarmantes de que, en un futuro cercano, más del cuarenta por ciento (40%) de las personas en el mundo sufran escasez de agua recurrente, experimentando el estrés hídrico y el aumento de la sequía y la desertificación. Es por lo que se propone que los gobiernos inviertan en infraestructura adecuada, proporcionando instalaciones de saneamiento para la protección y restauración de los ecosistemas vinculados con el tema del agua, así como garantizar el agua en calidad y cantidades adecuadas para las personas.

Por otra parte, así como el agua es indisociable de las actividades del ser humano, el internet de las cosas se ha vuelto un tema emergente que enfrenta muchos desafíos, dando las herramientas para lograr solucionar cualquier tipo de problemáticas haciendo más eficiente el trabajo cotidiano, por lo que recolectar el agua va a ser un trabajo que va a demandar tiempo y tecnología para poder acceder a este bien.

Justificación

El término de la industria 4.0 se utiliza por primera vez en Alemania en 2011 para referirse al rumbo que debe tomar la industria de la mano factura, misma cuyo desarrollo está encabezado por las tecnologías de la información, entre estas tecnologías se encuentra el internet de las cosas, donde a partir de sistemas interconectados que se comunican constantemente entre si (M2M), optimizan los procesos y el monitoreo en tiempo real de variables físicas y haciendo más flexible el manejo de estas nuevas tecnologías.

Es por eso que fue importante para nosotros desarrollar este proyecto con un enfoque social implementando conocimientos obtenidos dentro de las licenciaturas, del área del estudio de los recursos hídricos con el área de computación y el internet de las cosas, de manera que mediante la visualización y medición de datos se pueda observar en tiempo real los cambios en procesos hidráulicos, para así mejorar su estudio y con esto apoyar a los sectores sociales e industriales a la optimización y mejora de este tipo de procesos.

Con el avance de las nuevas tecnologías, la forma de obtener información ha cambiado enormemente. Ahora, con el uso de dispositivos conectados a internet, se puede monitorear a distancia de una manera sencilla y eficiente toda la información de cualquier tarea que se realice, lo que te da movilidad, para este caso particular el monitoreo de la limpieza de aguas residuales domésticas.

Por lo que en nuestro proyecto de la construcción de un prototipo integrado como auxiliar en la limpieza del agua residual en conjunto del internet de las cosas se pueden monitorear algunos parámetros de medición como: el pH, la turbidez, temperatura y conductividad.

El prototipo del sistema de filtros a presión que presentamos

- **Justificación General:** Garantizar el abastecimiento del agua en la casa de forma permanentemente. Optimizar la limpieza de las aguas grises domésticas. Reducción de la perdida de agua tirada al drenaje. El reúso inmediato del agua filtrada. Cuidar el recurso de agua potable (nos referimos al agua que llega a la casa, en vez de utilizarla para lavar ropa se puede solamente utilizar para cocinar alimentos, etc)
- **Justificación social:** Reutilización de material filtrante a nivel doméstico. Reúso inmediato del agua en labores domésticas, así como el regado de plantas. Teniendo un doble propósito de acercar a la población al manejo y cuidado del agua, sin la necesidad de tantos conocimientos técnicos. Propiciar la cultura del cuidado de este recurso.
- **Justificación económica:** Usar materiales comunes de cada región con los que se puede fabricar los filtros. Al ser un prototipo casero no requiere de tantos conocimientos técnicos, el costo de limpieza del agua es muy inferior a comprarla envasada y no tirarla o pudrirla en el drenaje, alimentando así a los mantos freáticos. La inversión en este prototipo es mínima a comparación de contar con el líquido en el momento que se requiere, y no estar esperando a la compra o el tandeo de cada región.

Alineación con los objetivos del PNUD

Dentro de la alineación con alguno de los objetivos del PNUD nuestro proyecto coadyuba con el objetivo 6 del PNUD que se refieren a:

- Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.

Acciones que consideramos son viables y la podemos hacer realidad. Por lo que consideramos que cada quien aporte su granito de arena.

Objetivo General

Crear un modelo básico (mínimo indispensable) del internet de las cosas donde se articulen varios sensores y se envíe información sobre los parámetros del agua residual.

Objetivos específicos

- Diseñar un sistema de filtración de aguas grises manteniendo el flujo a presión.
- Determinar qué tipo de materiales son adecuados para una filtración eficiente de las aguas residuales domésticas.
- Desarrollar programas para la interconexión de los sensores, así como una base de datos donde se pueda tener un registro continuo de los datos obtenidos del agua, antes y después de pasar por el sistema de filtros.

Hipótesis

La obtención de datos al instante nos indicara alteraciones que afecten el proceso de filtración, verificando la eficiencia de nuestro sistema.

Lograr la clarificación de las aguas grises domesticas en un arrastre de 17 metros.

Metodología

- Desarrollo de un sistema de filtración para agua gris con materiales comunes.
- Instrumentar el filtro para medir turbidez, pH, temperatura, conductividad, etc. (dependiendo de los sensores que se puedan adquirir).
- Desarrollar los programas y aplicar los protocolos de comunicación para incluir el internet de las cosas en el monitoreo continuo del sistema.
- Recopilar, analizar los datos recabados y comunicarlos.

- **Primera etapa:**

Consiste en investigar cuáles son las características físicas y químicas de las aguas residuales domésticas a tratar, así como su clasificación y algunos métodos físicos, como la filtración, por los que se lograra una retención de contaminantes del agua en los filtros de manera efectiva, así como los distintos materiales para una correcta filtración.

En este caso, el agua a filtrar será proveniente de una de las casas de los integrantes del equipo donde se utilizaban ciertos tipos de productos de limpieza como: distintos tipos de jabón en polvo y en barra, shampoos comerciales, pasta de dientes y detergente de pisos. Lo que quiere decir que no está altamente contaminadas con químicos, emulsionantes o fijadores de color.

- **Segunda etapa:**

Con la información recabada se realizó el diseño de un filtro a presión donde el agua hiciera un recorrido de 12 metros, utilizando materiales comunes que estuvieran al alcance de las personas y por tanto fueran más económicos y que se adaptara a los espacios libres del perímetro de la casa.

Inicialmente el prototipo se diseñó para que fuera de carga y descarga continua, esto quiere decir que estuviera conectada a una fuente continua de aguas residuales, pero por cuestiones de presentación, se propuso que incluyera dos recipientes donde se almacenara el agua limpia y sucia en sus respectivos contenedores con una capacidad de 40 litros cada uno.

1. Se ocupó una bomba de ½ Hp que generara una caudal de 40 l/min. Se conectó al recipiente de agua sucia y posteriormente se transportó el agua hacia el “serpentín” de cinco tubos con alturas de 0.75 metros con un diámetro de 4 pulgadas, esto para que el agua hiciera un recorrido de manera ascendente y descendente, generando así mayores pérdidas y perdidas por fricción, disminuyendo también la potencia.

Estos 5 también se aprovecharon como filtros mostrados en la tabla 1:

S1	S2	S3	S4	S5
Tezontle Pómez	Pómez Tezontle	Tezontle Pómez Zeolita	x	Tezontle Cascaron Zeolita

Tabla 1 Filtros del sistema



Ilustración 1 Filtros usados para detener residuos

También a la salida de la bomba se desvió el flujo por una tubería de ½ pulgada, redirigiéndola hacia el contenedor agua sucia y se conectó una llave de paso, esto con el fin de manejar de mejor forma la presión, según como lo requiera el sistema, así evitando perdidas de agua por exceso de presión.

2. Posteriormente el agua se condujo a los filtros, constituidos por un tubo externo por donde baja el agua y por efecto de la presión entraba a través de 20 perforaciones con diámetros de 5 mm, en la parte inferior de cada uno de los tubos internos con diámetros de 1 ½ pulgada. Estos tubos internos están seccionados en tres partes, contenía una tapa con perforaciones con el fin de generar una mayor agitación entre las partículas y mayor filtración.

La configuración de los filtros fue la siguiente:

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
Tezontle	Pómez	Zeolita	Pómez	Fibra	Zeolita	Pómez	Fibra	Carbón Activado	Zeolita	Carbón Activado.	x

Tabla 2 Contenidos en los filtros

Algunas características de este material filtrante son las siguientes:

Tipo de filtro	Descripción	Función como filtrante
Tezontle	Roca de origen volcánico	Retención de partículas grandes.
Piedra pómez (pumita o pumicita)	Es un material volcánico natural, una lava espumosa solidificada, que se forma cuando la roca altamente recalentada y presurizada es	<ul style="list-style-type: none"> Es un material neutro al PH, no se descompone ni se quema. Su densidad varía entre 0.4 a 0.9 g/cm³.

	expulsada violentamente de un volcán.	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene una porosidad media del 90% permitiéndole flotar sobre el agua.
Carbón activado	El carbón activado o carbón activo es un elemento poroso que atrapa compuestos, principalmente orgánicos, presentes en un gas o en un líquido.	<ul style="list-style-type: none"> • grasas • aceites • detergentes • subproductos de la desinfección • toxinas • compuestos que producen color • compuestos originados por la descomposición de algas y vegetales o por el metabolismo de animales
Zeolita	Las zeolitas son minerales porosos de origen volcánica, constituidos de un andamiaje de tetraedros de silicio y aluminio, dispuestos ordenadamente y unidos por átomos de oxígenos, que son el esqueleto de su estructura cristalina.	<ul style="list-style-type: none"> • Absorbente natural por su alto grado de hidratación. • Retiene partículas de hasta 5 micras. • Reduce un poco la acidez del agua. • Es un medio filtrante que dura 5 años más o menos.

Tabla 3 Características de los materiales para los filtros

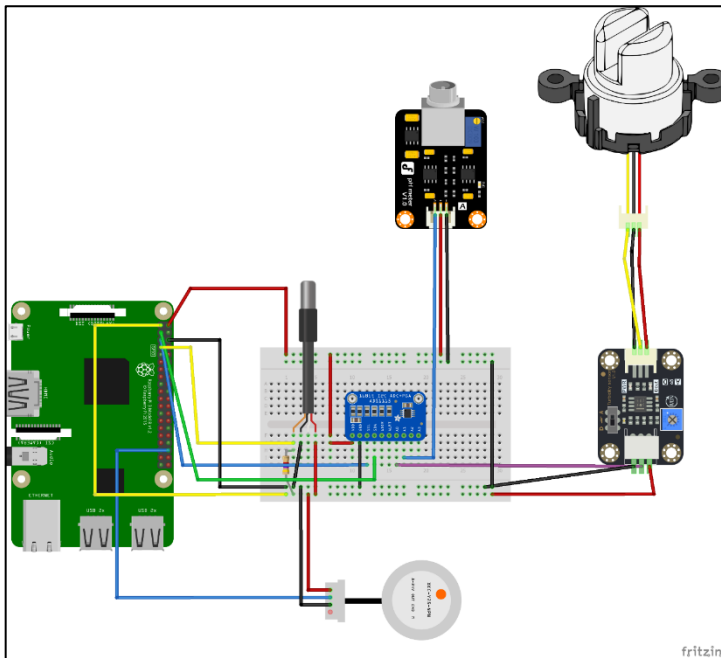


Ilustración 2 Sistema con los filtros

- Tercera etapa:

Elaboración del circuito

El esquema realizado para la observación de los datos fue el siguiente:



Lista de sensores y tarjeta de desarrollo
Raspberry Pi 3B+
Sensor De Turbidez Analógico
PH-4502C Sensor de PH Liquido con electrodo E201-BNC
Sensor de Temperatura Agua DS18B20, 3 - 5.5V
XKC-Y25 Sensor Nivel Liquido Agua

Ilustración 3 Circuito del sistema y sensores usados

Interfaces necesarias

Para correr el programa principal es necesario habilitar las interfaces i2c y 1-wire dentro de la Raspberry pi, para esto es necesario ejecutar el siguiente comando en la terminal de la Raspberry:

sudo raspi-config

Lo cual abrirá la siguiente interfaz:

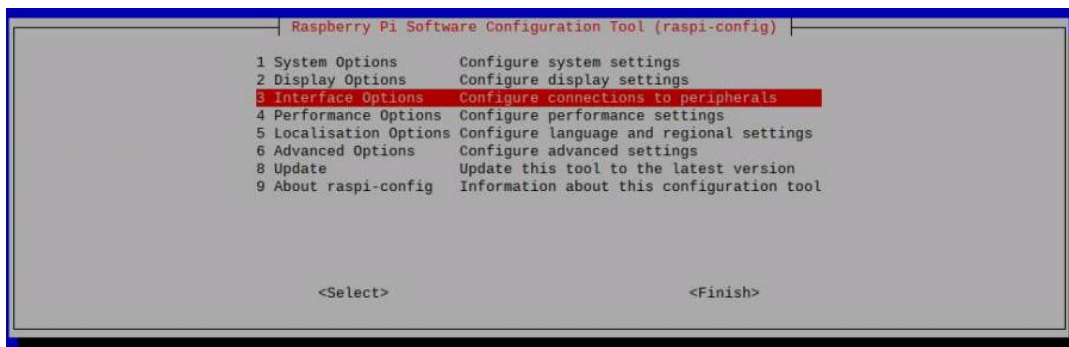


Ilustración 4 Interfaz de configuración de la Raspberry

Donde utilizando el teclado seleccionaremos la tercera opción "3 Interface Options", una vez seleccionada presionaremos "Enter", lo que nos llevara a la siguiente pantalla

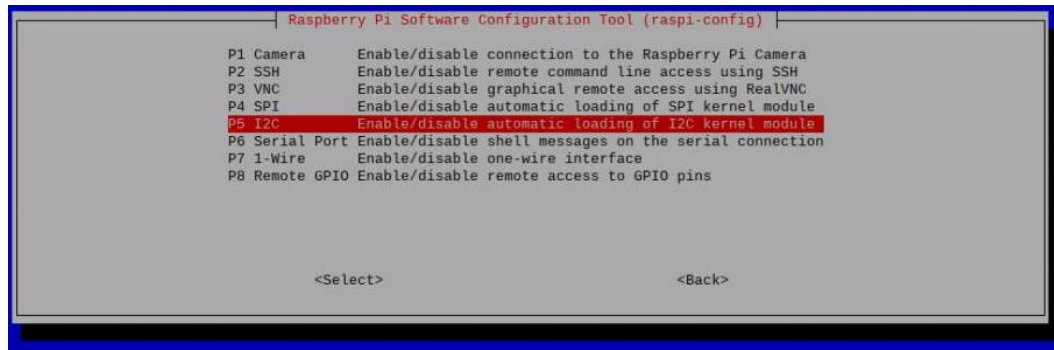


Ilustración 5 Opciones de interfaz

Primero habilitaremos la interfaz i2c, por lo que con el teclado seleccionaremos esta opción y presionaremos “Enter”, nos saldrá una ventana donde nos preguntará si deseamos habilitar la interfaz i2c a lo cual responderemos que sí.

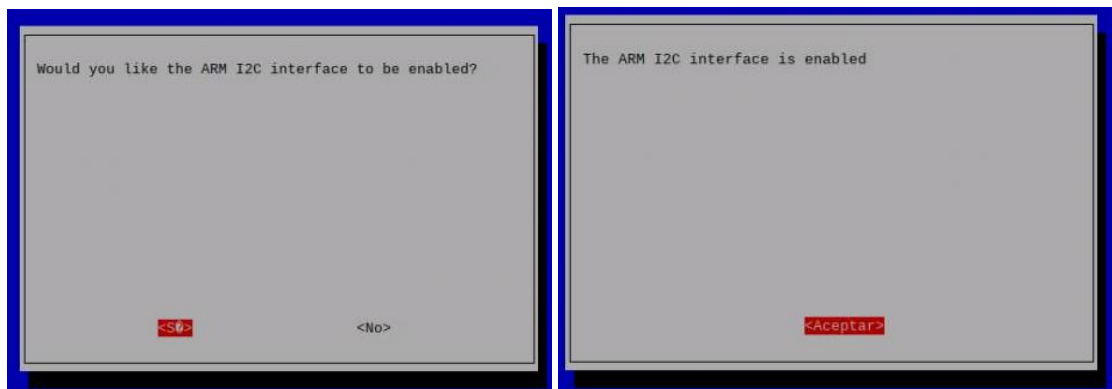


Ilustración 6 Habilitar la interfaz i2c

Ahora, para que esté habilitado por completo será necesario reiniciar la Raspberry pi, en nuestro caso no lo haremos pues aún falta habilitar la interfaz 1-wire.

Volveremos a la ventana de configuración de interfaces y ahora seleccionaremos la interfaz 1-wire, daremos “Enter”.

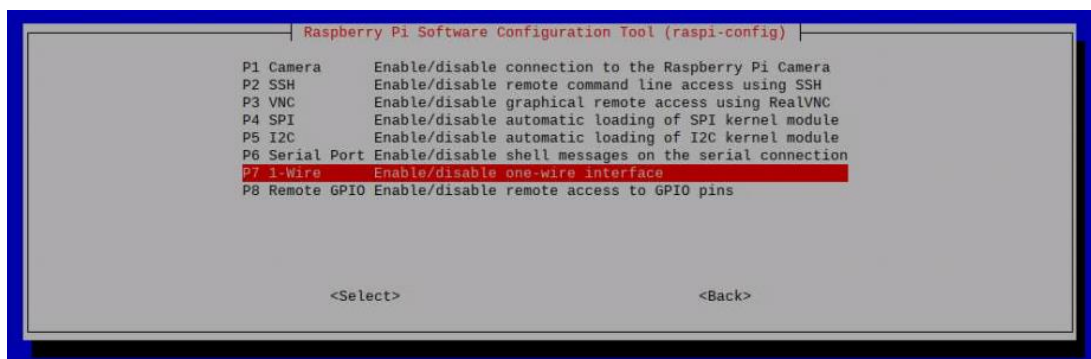


Ilustración 7 Configuración de la interfaz wire

Nos preguntará de la misma manera si queremos habilitar la interfaz 1-wire, le diremos que sí.

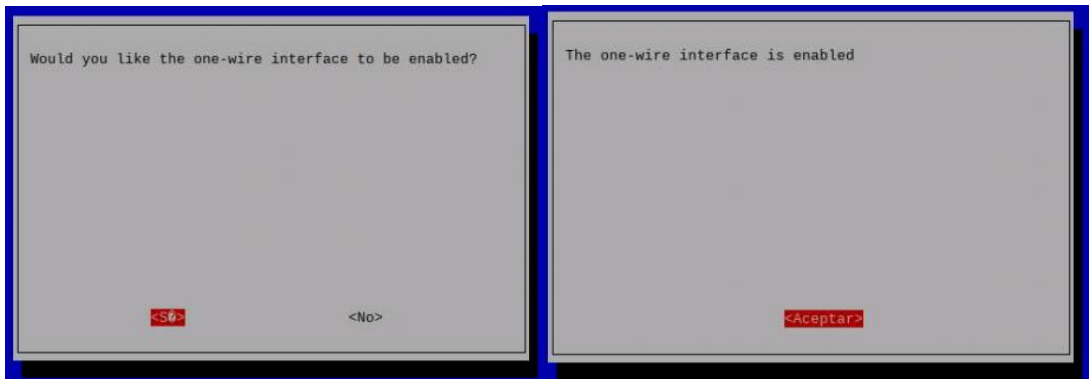


Ilustración 8 Habilitar la interfaz 1-wire

Lo cual nos dará el mensaje de que la interfaz ha sido habilitada, es ahora donde al volver a la ventana principal de raspi-config le daremos "Finish" y procederemos a reiniciar la Raspberry pi.

Una vez reiniciada para verificar que estas dos interfaces están habilitadas solo será necesario ejecutar los siguientes comandos.

sudo i2cdetect -y 1

Lo cual, si se habilito correctamente la interfaz, nos debe de dar una pantalla similar a la siguiente:

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo i2cdetect -y 1
    0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
10:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
20:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
30:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
40:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
50:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
60:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
70:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
pi@raspberrypi:~ $
```

Ilustración 9 Corroborar la interfaz i2c

y para la interfaz 1-wire es necesario ejecutar el siguiente comando

lsmod | grep -i w1_

lo cual, si se habilito correctamente la interfaz, nos debe dar una pantalla similar a la siguiente:

```
pi@raspberrypi:~ $ lsmod | grep -i w1_
w1_gpio          16384  0
wire             36864  1 w1_gpio
pi@raspberrypi:~ $
```

Ilustración 10 Activar interfaz 1-wire desde terminal

Programación

Para correr este programa también es necesario instalar la librería CircuitPython y la librería del ADS1x15 para CircuitPython, la primera se instala de la siguiente manera:

Abre una terminal y ejecuta el siguiente código

sudo pip3 install Adafruit-Blinka

y después ejecuta:

sudo pip3 install adafruit-circuitpython-ads1x15

Posteriormente se clona el repositorio (se coloca link al final de este apartado) dentro de la raspberry pi y se corre el archivo

main.py

con tu IDE de Python 3.

Link GitHub, en este link se pueden consultar los programas comentados.

<https://github.com/ines27117/Proyecto-CpstoneDCI/tree/main/Programa%20Proyecto%20Capstone/lecturas>

Envío de datos

Para poder enviar los datos a través de MQTT es necesario instalar su propia librería:

sudo pip3 install paho-mqtt

Esto será suficiente para que el archivo pueda enviar los datos a través de cualquier bróker haciendo uso de MQTT.

Uso de InfluxDB para almacenar los datos y visualización en Grafana

Se hace uso de una base de datos para guardar todos resultados que el sistema envía, además que se necesita leer de forma clara todos estos valores. Para lograr esto se hace uso de Node-RED, InfluxDB y Grafana.

Node-RED es una plataforma útil que ayuda a unificar varias tecnologías entre sí. Para este caso, va a permitir obtener los datos recibidos por MQTT y cambiar su formato de tal forma que se puedan almacenar en la base de datos de InfluxDB.

InfluxDB va a contener todos los datos de los diferentes circuitos de tal forma que puedan ser usados por cualquier otro servicio, como Grafana.

Grafana será de gran utilidad a la hora de visualizar los datos de Influx, mostrando de forma clara los valores de los sensores. Se pueden crear paneles con diferentes gráficas para monitorear en tiempo real el sistema.

Instalación de MQTT broker

Para poder utilizar MQTT, también conocido como mosquitto, se debe de instalar y habilitar:

sudo apt install mosquitto mosquitto-clients

sudo systemctl enable mosquitto

Para encender Node-RED se debe de hacer desde terminal usando: **node-red**

Con esto, y por defecto, se podrá acceder desde un navegador accediendo a la dirección: 127.0.0.1:1880

Instalación de InfluxDB

InfluxDB se puede utilizar de manera online, desde su propia página, o manera local, instalando en la propia máquina. Para este proyecto se hizo de manera local, por lo que se hizo la instalación de InfluxDB usando los comandos:

sudo apt install influxdb

sudo apt install influxdb-client

sudo service influxdb start

Ahora solo falta modificar una pequeña parte de influx para que se pueda utilizar. Escribiendo en una terminal:

sudo nano /etc/influxdb/influxdb.conf

En la parte de "http" se debe descomentar: "enabled = true" borrando el símbolo de gato. Ahora faltaría reiniciar influx para poder utilizarlo.

sudo service influxdb restart

Uso de bases con Influx

Para facilitar el manejo de información, para cada circuito se hará una base de datos propia usando InfluxDB. Para hacer esto, desde una terminal se debe entrar a influx y crearla.

influx

Con este comando se entra a la terminal de InfluxDB. Una vez dentro se crearán las bases que se necesiten usando:

create database "nombre de la base"

Y para ver las bases que se han creado se usa:

show databases

Si ya no se requiere una base o se quiere eliminar por cualquier motivo se utiliza el comando:

drop database "nombre de la base"

Para salir de Influx basta con poner: **exit**

Resultados

En el siguiente grafico se muestran los datos obtenidos antes de pasar por el sistema, cada grafico abarca un tiempo de 5 minutos de medición. Como podemos ver se obtuvieron medidas del pH entre valores de 8.5 y 8.3. Sin embargo, en las medias de temperatura y turbidez se ve una alta variación de los datos. Creemos que esto se debe a que no están adecuados para un flujo turbulento del agua por el arrastre de las partículas en los 17 tubos.



Gráfico 1 Datos del agua antes de pasar por los filtros

El gráfico 2 corresponde a las mediciones después de dejar el sistema en operación por una hora, mostrando variación del pH entre valores de 8.0 y 7.8



Gráfico 2 Datos del agua después de pasar por el filtro

Conclusiones

- Para lograr obtener una mejor eficiencia en la retención de contaminantes se necesita la aplicación de aditamentos químicos, como coagulantes o floculantes para la aglomeración de partículas u otros aditamentos que procuren la limpieza del agua.
- La presión que circula en el sistema influye para obtener mejores resultados, por lo que es necesario tener una bomba de presión que no llegue a colapsar el sistema. Se pretende mejorar la bomba usada en este proyecto por una de menor potencia para mejorar el rendimiento.
- Lo interesante de elaborar proyectos, como el que estamos presentando, con grupos inter y multidisciplinarios, te amplía la visión para abordar y entender un problema en común desde diferentes perspectivas, lo que enriquece el conocimiento y da mayores posibilidades de solución, con sus diversos matices en cada área. En nuestro proyecto se muestra el problema de la escasez del agua potable y junto con otras disciplinas se elaboran los programas y se presentan los datos en una interfaz para un eficiente manejo del recurso.
- El proyecto como prototipo es muy adaptable, esto permite que se puedan hacer todas las adecuaciones necesarias para lograr una mayor eficacia.



Ilustración 11 Integrantes del equipo

¡Gracias por su atención!

Referencias

- Ramalho R.S Tratamiento de aguas residuales, editorial Reverté S.A,1996.
- Karen Rose, Scott Eldridge, Lyman Chapin, OCTUBRE DE 2015 (S/f). Internetsociety.org. Recuperado el 31 de enero de 2022, de <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/report-InternetOfThings-20160817-es-1.pdf>
- Niño, E. D. & Martínez, N. C. (2013). Estudio de las aguas grises domésticas en tres niveles socioeconómicos de la ciudad de Bogotá. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10554/11139>.
- Haro Aguila, Rober Carlos, (2016). El uso de la Zeolita natural en el proceso de filtración rápida, en el tratamiento de agua para consumo humano en el distrito de San Miguel, provincia de San. UNASAM, Facultad de ciencias del ambiente, escuela profesional en Ing. Sanitaria.