



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRÓNICA.**

**“DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE AGUAS
TRATADAS.”**

AUTORES:

- ❖ Br. Sharon del Carmen Cuadra Ramírez. 2010-35064
- ❖ Br. Luis Noel Cheng Lacayo. 2009-29026

TUTOR:

MSc. José Manuel Arcia Salmerón.

Agradecimientos

Debo agradecer primeramente a mi padre Celestial por darme la oportunidad de llegar a completar una meta más en la vida, a mi familia por su amor incondicional y apoyo, a mi esposo **Edgar Martínez** por acompañarme y alentarme en este camino a alcanzar una meta más.

Agradecer de manera muy especial a mi padre **Omar Antonio Cuadra** quien a lo largo de toda mi vida ha sido mi soporte y me ha brindado su apoyo incondicional en cada etapa y en cada meta trazada, quien ha sido mi mentor y mayor inspiración, además de alentarme a nunca rendirme y así poder convertirme en Ingeniera.

Agradecer de manera atenta a mi compañero **Luis Noel Cheng** por cada palabra de aliento brindada y cada aporte realizado a este proyecto; a mi estimado compañero y amigo **Oscar Martínez Castro** por los invaluable aportes a la realización de este trabajo monográfico.

Finalmente, agradecer al Ing. **Manuel Arcia Salmerón** por sus incontables consejos y compartir los conocimientos adquiridos a lo largo de su carrera para culminar este proyecto de manera exitosa, además de brindarnos de manera muy atenta su apoyo, confianza y amistad.

Sharon Cuadra Ramírez

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios por haberme guiado a lo largo de mi carrera y permitirme concluir este proyecto.

A mis padres Francis Lacayo y Noel Cheng por sus consejos, esfuerzo y apoyo incondicional en todo momento de mi vida. Por su comprensión y palabras de aliento en los momentos más difíciles.

A mi esposa Darling Cardoza por brindarme su apoyo y comprensión a lo largo de este proyecto para poder alcanzar mis objetivos.

A mis familiares y amigo que de una u otra manera me brindaron su apoyo a lo largo de mi carrera.

A mi compañera de monografía Sharon Cuadra por su amistad, confianza y apoyo. Por haber formado un equipo de trabajo para lograr esta meta y a mi amigo Oscar Martinez que compartió sus conocimientos y asesoría durante el tiempo de este proyecto.

De manera muy especial agradezco el al Ing. **Manuel Arcia Salmerón** por su invaluable apoyo, dedicación y de compartir de manera muy atenta sus conocimientos y habilidades para lograr culminar nuestra tesis.

Luis Cheng Lacayo

Resumen

Ante la falta de monitoreo de las aguas tratadas, en cuerpos receptores de los procesos de tratamiento de las empresas, y según investigaciones realizadas por el PROAP (Programa de Acompañamiento a Proyectos de Investigación); a pesar del gran número de plantas de tratamiento existentes en el país, todas las mediciones aún se realizan de forma manual. Las muestras se toman in situ, una vez recogido las muestras de agua, se llevan al laboratorio para su análisis.

Dado que el tratamiento de aguas residuales es exigido por la ley No. 620 en materia de Medio Ambiente y recursos naturales de la república de Nicaragua, y con el fin de corroborar el cumplimiento de las normas ambientales de las aguas tratadas que son reintegradas a la naturaleza, se implementó un sistema de monitoreo de aguas tratadas. Dicho proyecto ayudará a tener un mejor control en los parámetros de turbidez, conductividad, PH y temperatura del agua; además de monitorear la temperatura ambiente y humedad relativa. Las variables que medir se definieron a partir de una visita de campo a la planta procesadora de aves Cargill ubicada en el Kilómetro 17, carretera a Masaya-Managua, Nicaragua.

Con el sistema de monitoreo los datos adquiridos se envían por internet a una plataforma llamada Thinkspeak, que brinda un servicio de análisis IoT (Internet de las cosas), el cual permite agregar, visualizar y analizar flujos de datos en tiempo real en la nube.

Así, por medio de este sistema se brinda un manejo más eficiente ante la falta de monitoreo a las aguas resultantes de los procesos de tratamiento de aguas residuales.

Las aguas tratadas, son aguas industriales o residuales sometidas a ciertos procesos químicos para su limpieza, luego estas son vertidas a ríos o al suelo mismo para su absorción.

El objetivo principal de esta monografía es el monitoreo automático de las variables principales de las aguas tratadas: pH, temperatura, turbidez, conductividad y temperatura ambiental.

Esta información puede ser vista en línea por medio de un algoritmo que realiza las mediciones cada cierto tiempo y luego las envía a “la nube” para su obtención y análisis.

El prototipo desarrollado ejecuta las siguientes tareas:

- Llena el recipiente con el agua tratada a evaluar.
- Realiza las mediciones correspondientes.
- Envía los datos a la nube.
- Bota el agua tratada que se midió.
- Llena el recipiente con agua limpia para la limpieza de los sensores y recipientes, luego la vierte.
- Llena nuevamente el recipiente con agua limpia y así se queda hasta un nuevo ciclo.

ÍNDICE

Resumen	6
I. Introducción	1
II. Objetivos	3
Objetivo General:	3
Objetivos Específicos:	3
III. Justificación	4
IV. Marco teórico	5
Capítulo 1: Conceptos Básicos.	5
1.1 Tratamiento de aguas:	5
1.2 Variables de Instrumentación:	7
1.3 Variables de monitoreo:	9
1.3.1 pH (Potencial de hidrógeno):	9
1.3.2 Temperatura del agua:	12
1.3.3 Humedad Relativa Temperatura ambiente:	14
1.3.4 Conductividad (σ):	16
1.3.5 Turbidez:	21
Capítulo 2: Unidad de Proceso	25
2.1 Microcontrolador:	25
2.2 Arduino Yun:	26
2.3 Envío de datos a la nube	29
2.3.1 Transmisión de datos:	30
2.3.2 ¿Qué es WiFi?	31
2.3.3 Transmisión de datos a Thingspeak:	33
V. Análisis y presentación de resultados.	40
5.1 Metodología	40
5.2 Alimentación del Sistema	43
5.3 Etapa de selección y calibración de sensores	50
5.4 Implementación de resultados y construcción de prototipo	63
VI. Tablas de presupuesto	81
VII. Conclusiones y recomendaciones	87

7.1	Conclusiones	87
7.2	Recomendaciones	88
VIII.	Bibliografía	89
IX.	Anexos	93

I. Introducción

El 15 de mayo del año 2007 fue aprobada por la Asamblea Nacional de la República de Nicaragua la Ley No. 620 en materia de Medio Ambiente y recursos naturales de dicho país.

Como se expresa en el artículo 102 y 104 de la Ley N°620 las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas requieren de permiso otorgado por la Autoridad del Agua de conformidad con las normas y lineamientos establecidos por MARENA¹ para verter en forma permanente o intermitente aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales o bienes del dominio público.

Las personas naturales y jurídicas, públicas o privadas que efectúen vertidos de aguas residuales a los cuerpos receptores a que se refiere la presente Ley deberán:

- a) Tratar las aguas residuales previamente a su vertido a los cuerpos receptores. (Ley N° 620 Ley General de Agua, Art#102,104, 2017).

En la actualidad, tanto el procesamiento de las aguas negras como el monitoreo de las aguas resultantes es escaso en nuestro país (dato proporcionado por colaboradores del PROAP-UNI). Con base en esta información nace la idea de diseñar un prototipo de sistema de monitoreo para aguas tratadas y así contribuir al cumplimiento de la ley y también para ayudar a prevenir que se viertan aguas no aptas a la naturaleza, evitando así focos de contaminación y poco desarrollo del ecosistema alrededor de la zona de vertido.

Dicho sistema debe ser de bajo costo y eficiente, a su vez debe proporcionar respaldo de la información por lo que se ejecuta un datalogger para guardar los datos obtenidos, además de esto se envía la información a la nube no solo como respaldo sino, para

¹ MARENA: es la institución encargada de la conservación, protección y el uso sostenible de los recursos naturales y del medio ambiente

brindar al usuario la disponibilidad de visualizar las mediciones de las variables involucradas en el proceso de monitoreo, las cuales son:

- Temperatura del agua
- Temperatura y humedad relativa del ambiente
- Turbidez
- pH
- Conductividad

Previo a la realización de este trabajo monográfico se realizaron diferentes entrevistas a personas conocedoras de la materia, así como investigaciones tanto en campo como en laboratorios de la Universidad Nacional de Ingeniería, esto con el propósito de obtener la información necesaria para comprender el tema y proceder a diseñar el sistema de monitoreo.

II. Objetivos

Objetivo General:

- Diseñar e implementar un prototipo de sistema de monitoreo de aguas tratadas, cuyos datos sean respaldados y enviados a la nube para la visualización en tiempo real.

Objetivos Específicos:

- Obtener información necesaria mediante entrevistas, investigaciones y visitas de campo para conocer las variables a monitorear.
- Diseñar un prototipo para el contenedor del sistema de monitoreo.
- Diseñar un sistema de llenado y vaciado para recolectar las muestras de agua de manera automática.
- Obtener los datos de las diferentes variables del proceso, mediante el uso de sensores analógicos y/o digitales.
- Crear un datalogger como sistema de respaldo para los datos obtenidos por los sensores.
- Establecer una conexión a internet por medio del microcontrolador sin utilizar módulos adicionales.
- Transmitir los datos a la plataforma Thingspeak para visualizarlos desde cualquier parte del mundo en tiempo real.
- Evaluar resultados.

III. Justificación

En la actualidad a pesar de las leyes creadas como la Ley N°620 Ley General del Agua para preservar los recursos hídricos del país de Nicaragua y también normas que establecen el procesamiento de las aguas residuales, no es muy común en nuestro país ver el cumplimiento de estas normas, esto, de acuerdo con información brindada por especialistas del PROAP en entrevistas previas al desarrollo del presente trabajo monográfico.

Ante esta problemática, el PROAP (Programa de acompañamiento a proyectos) adscrito a la vicerrectoría de investigación, en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) nos han expuesto el caso para desarrollar un prototipo que pueda cumplir con el monitoreo de las principales variables de las aguas tratadas antes mencionada para este proyecto.

Por otro lado, la automatización de este proceso es bastante escasa, por el costo de los equipos y sensores industriales que se utilizan. Es por esto, que las mayorías de las muestras que se toman en ríos, lagunas, lagos o lagunas de contención, son llevadas desde ese punto hasta un laboratorio para su análisis.

Esto implica en algunos casos errores en las lecturas ya que las muestras se pueden ver alteradas por la cantidad de tiempo que transcurre en llevarlas desde el sitio de muestreo hasta el lugar donde se les harán sus respectivos análisis.

Para brindar una solución eficiente y de fácil instalación en diferentes ambientes, se tomó la decisión de construir el prototipo con base en la tecnología Arduino² por su versatilidad y la característica de poder adaptarse a futura modificaciones según el tipo de necesidad del ambiente o a la cantidad de variables que se deseen añadir, juntos con los sensores analógicos y químicos. Al cubrir las principales variables de las aguas residuales en las plantas de tratamiento, las empresas tendrán un mejor control y monitoreo sobre estas, cumpliendo con los requerimientos y normas estipuladas por la ley.

² es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software los cuales sus placas pueden leer entradas y convertirlas en salida.

IV. Marco teórico

Capítulo 1: Conceptos Básicos.

En este capítulo se estarán abordando los conceptos de cada una de las variables a medir y de los sensores utilizados en este trabajo monográfico. También abordaremos conceptos tales como variable de instrumentación y tratamiento de aguas, para ayudar al lector a tener una mejor comprensión del tema.

1.1 Tratamiento de aguas:

El tratamiento de agua se puede definir como un conjunto de procesos tipo físico, químicos, físico-químico o biológico cuyo propósito es la eliminación o reducción de la contaminación o características no deseables de las aguas, ya sean naturales, de abastecimiento, de procesos industriales o residuales. Con el fin de obtener unas aguas con características adecuadas para el uso que se les vaya a dar, por lo que la combinación y naturaleza de los procesos varían tanto de acuerdo con las propiedades del agua como su uso final (Baez, 2015).

Metcal y Eddy (1995) definen el agua residual como la combinación de los residuos líquidos; o aguas portadoras de residuos, procedentes tanto de residencias, instituciones públicas, establecimientos comerciales e industriales.

Éstas, junto con los residuos líquidos de los comercios e industrias, se designan como aguas residuales municipales (aguas negras); y consisten en una mezcla compleja de agua y contaminantes orgánicos e inorgánicos, tanto en suspensión como disueltos (Heinke, 1999).

Los esfuerzos para recoger y tratar las aguas residuales domésticas de la descarga habitualmente están sujetos a regulaciones y normas locales, estatales y federales

(regulaciones y controles), para esto contamos en nuestro país con la Ley General de Aguas Residuales. (Ley N° 620 Ley General de Agua, 2017).

El tratamiento de aguas residuales inicia con la separación física de sólidos empleando un sistema de rejillas o mallas, también dichos desechos pueden ser triturados por equipos especiales; posteriormente se aplica un desarenado o separación de sólidos pequeños como la arena, seguido de una sedimentación primaria que separe los sólidos suspendidos existentes en el agua residual. (BossTech, 2019)

Se deben utilizar reacciones de precipitación para poder eliminar materiales disueltos tales como plomo y fósforo, luego de este tratamiento el agua puede pasar por otros procesos tales como, desinfección, filtración, entre otro. (EcuRed, sf)

El resultado de dicho proceso puede ser reincorporado a una corriente, río o bien a algún terreno superficial, subsuelo, etc. he aquí donde radica gran parte de la importancia del tratamiento de aguas residuales, pues, nos da la oportunidad de reutilizar un recurso tan importante como lo es el recurso hídrico.

En la figura 1_1 podemos observar el proceso de tratamiento de aguas residuales.

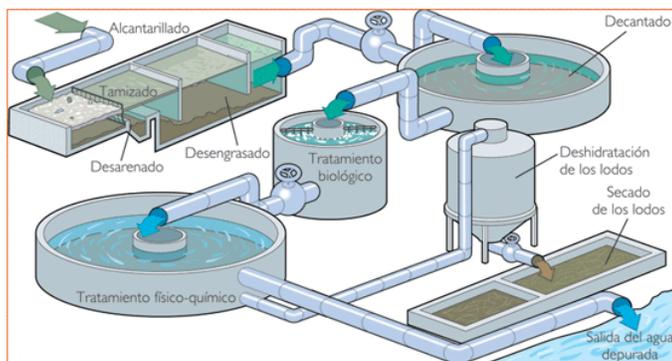


Fig. 1_1: Esquema de tratamiento de aguas residuales, tomado de

<http://cronicasdecucuta.blogspot.com/2016/07/966-tratamiento-de-las-aguas-servidas.html>

Además, según lo expuesto en la visita a la planta de tratamiento de Cargill se puede contribuir al desarrollo del país al utilizar las aguas tratadas para el riego de siembras. El lodo resultante del proceso una vez ya estabilizado puede ser usado como biosólidos para la agricultura, además que puede mejorar las condiciones físicas de los suelos. También se puede reutilizar para consumo humano, aunque por lo general se reutiliza para limpieza en el hogar. Sólo un 10% aproximadamente del agua tratada es realmente usada para beber y cocinar.

El hecho de que las aguas residuales urbanas constituyan una fuente de agua confiable, de bajo costo y rica en nutrientes ha impulsado esta práctica, pero como en muchos países los sistemas de monitoreo y control del agua son débiles o inexistentes, representa un peligro para la salud pública y la sanidad e inocuidad alimentaria. (Javier Mateo- Sagasta, 2017)

Por otro lado, a pesar de los beneficios que acarrea el uso de esta técnica no es muy amplia debido a los grandes costos de inversión, de aquí nace la idea, de diseñar y desarrollar un sistema de monitoreo que sea de bajo costo, pero confiable.

1.2 Variables de Instrumentación:

Una variable es un elemento que posee características dinámicas, estáticas, química y físicas bajo ciertas condiciones, que cambian con respecto al tiempo constantemente y que se pueden medir y/o controlar . (Instrumentacion y control, s.f.).

La instrumentación es el grupo de elementos que sirven para medir, convertir, transmitir, controlar o registrar señales de un proceso con el fin de acondicionarlas para que sean legibles por el sistema y así puedan ser visualizadas por el usuario. (Instrumentacion y control, s.f.).

En la figura 1_2 muestra la conexión típica de un amplificador operacional con la salida no invertida con respecto a la entrada y sirve como interface o acondicionador de señal.

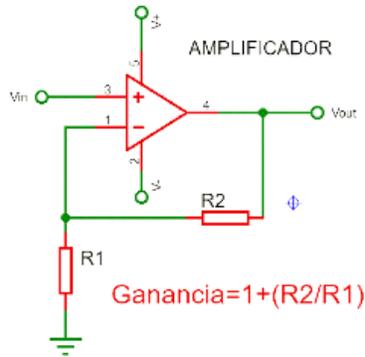


Figura 1_2: Amplificador de señal.

Las variables de instrumentación son las variables involucradas en cualquier proceso y se clasifican en dependencia del valor a medir, por ejemplo:

- Variables de composición química: estas variables están relacionadas con las propiedades químicas de los cuerpos, en el sistema de monitoreo se toma como variable química el pH (Itzalov, 2012).
- Variables térmicas: son las que expresan el grado o nivel de temperatura de un determinado cuerpo o sustancia, para este proyecto estaremos haciendo medición de la temperatura ambiente y la temperatura del agua dentro de un contenedor.
- Variable eléctrica: son las necesarias para evaluar corriente que circula por un conductor o bien la resistencia que ofrece un elemento al paso de la corriente, en este caso podemos encontrar este tipo de variables mediante la medición de la conductividad del líquido a monitorear.
- Variable de composición física: se refieren directamente a las propiedades de las sustancias, para el presente trabajo monográfico estaremos midiendo humedad relativa de la atmósfera y turbidez del líquido en cuestión.

Las variables de instrumentación no están definidas por ningún estándar, sino que van con base en las necesidades y requerimientos, o sea, están definidas por el proceso a ejecutar.

1.3 Variables de monitoreo:

En esta sección se abordan las diferentes variables que se tomarán en el proceso de monitoreo de las aguas tratadas. Dichas variables se obtuvieron como resultado de estudio previo a la realización de este proyecto, esto mediante lecturas de informes sobre el tratamiento de aguas residuales.

Cabe destacar que debido a que se está realizando un prototipo de bajo costo para el presente trabajo monográfico no se implementa la medición de parámetros más complejos como en plantas especializadas en el tratamiento de aguas negras, solo analizamos las aguas tratadas.

1.3.1 pH (Potencial de hidrógeno):

Se puede definir como una medida estándar de la neutralidad de los líquidos. Además, indica la acidez del agua. También se puede decir que es la medida relativa de cantidad de iones de hidrogeno presentes en el agua. Un pH de 7.0 indica aguas neutrales. Cuando el pH se vuelve ácido, por debajo de 6.0, o alcalino por encima de 8.0, las reacciones químicas cambian significativamente. La acidez y la alcalinidad afectan la vida acuática, y por supuesto, la calidad química del agua. El pH es un factor crítico en los sistemas bioquímicos (Espejo, 2006)

Es un indicador de cambios químicos en el agua, pues se ve afectado por componentes químicos presentes en la misma. Al igual que la temperatura, el pH es importante al momento de reincorporar el agua tratada, pues, la contaminación puede cambiar el pH del agua, lo que a su vez puede dañar la vida animal y vegetal que existe en ella.

El concepto matemático acuñado por el bioquímico danés S. P. L. Sørensen³ es el siguiente:

$$\text{pH} = -\log_{10} a_{\text{H}^+}$$

Y se puede interpretar como el opuesto del logaritmo de base 10 o el logaritmo negativo de la actividad de los iones hidrógeno, fuente: (Conceptode, s.f). La determinación del pH es uno de los procedimientos analíticos más importantes y utilizados en química y bioquímica. El pH determina muchas características notables de la estructura y de la actividad de las moléculas, por lo tanto, del comportamiento de células y organismos. (lopez, 2018). A pesar de que muchos medidores de pH tienen escalas con valores que van desde 1 hasta 14, estos valores también pueden ser menores que 1 o mayores que 14.

En la figura 1_3 encontramos los valores para determinar la acidez o alcalinidad de una sustancia, como podemos observar en dicha imagen tenemos un valor neutral para el agua, esto se cumple siempre y cuando sea destilada, también podemos encontrar este valor en el agua pura.



Figura 1_3: Escala de pH, tomada del sitio

https://www.freepik.es/vector-gratis/escala-ph-ciencia_2588946.htm

³ fue un químico danés cuyo mayor aporte fue introducir la escala de potencial de hidrógeno (pH).

A 25 °C, un pH igual a 7 es neutro, uno menor que 7 es ácido, y si es mayor que 7 es básico. A distintas temperaturas, el valor de pH neutro puede variar debido a la constante de equilibrio del agua (Laurategria, 2018).

El pH del agua pura, es 7 a 25 °C, pero cuando se expone al dióxido de carbono en la atmósfera este equilibrio resulta en un pH de aproximadamente 5.2. Debido a la asociación de pH con los gases atmosféricos y la temperatura. Esta variable nos ayuda a conocer la calidad del agua, en general, un agua con un pH bajo < 6.5 podría ser ácida y corrosiva, por lo tanto, podría causar daño prematuro en tuberías de metal y problemas estéticos tales como un sabor metálico o amargo, manchas en la ropa, y la característica de coloración «azul-verde» en tuberías y desagües (Carbotecnia, 2014).

Por otro lado, si se tiene un agua con un pH > 8.5, este valor indica que dicha agua es alcalina y puede causar problemas estéticos al presentar problemas de incrustaciones por dureza. Estos problemas incluyen: la formación de sarro que se precipita en tuberías y accesorios, que causan baja presión del agua y disminuye el diámetro interior de la tubería, provoca un sabor salino al agua y puede hacer que el sabor amargo al café; la formación de incrustaciones blanquecinas en vasos y vajillas de cocina, dificultad en hacer espuma de jabones y detergentes, y la formación de precipitados en la ropa (Carbotecnia, 2014).

A nivel de medio ambiente también es de suma importancia ya que la acidez tiene además una influencia considerable en la estructura y descomposición de sustancias orgánicas. El pH también repercute en el modo en que los elementos nutritivos, metales pesados y pesticidas son eliminados del suelo. (Carbotecnia, 2014)

Un pH demasiado bajo o alto puede afectar el desarrollo de las plantas, pues, si el pH es bajo el suelo es pobre por lo general y la vida en el suelo es reducida. La descomposición de sustancias orgánicas aumenta considerablemente en los suelos arenosos si el pH es alto. También, influye en la eficacia de la coagulación y la desinfección por lo que es importante medirlo y ajustarlo (Canna, 2019).

1.3.2 Temperatura del agua:

En física la temperatura del agua se define como una magnitud escalar, una medida relativa de la cantidad de calor contenida en el agua residual. Esta propiedad termodinámica influye notablemente en las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos del agua. Actualmente se utilizan tres escalas de temperatura; grados Fahrenheit (°F), Celsius (°C) y Kelvin (°K). (Definición ABC, 2007-2019). En la figura 1_4 se observan las escalas de temperatura antes mencionadas.

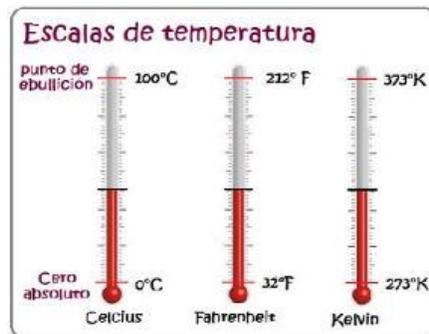


Figura 1_4: escalas de temperatura, recuperada del sitio <https://ar.pinterest.com/pin/299207968990705463/visual-search/>

Es necesario tener lecturas exactas de la temperatura para poder calcular los valores de saturación de oxígeno disuelto para la correlación de la actividad biológica (Ramos, Sepulveda y Villalobos, 2003, p.74).

Otro dato interesante es que la temperatura se refiere a una magnitud utilizada para medir la energía cinética de un sistema termodinámico que se genera con los movimientos de las partículas que son parte del sistema, es decir, a mayor movimiento, aumenta la temperatura, mientras que a menor movimiento la temperatura tiende a disminuir (Montiel, 2014).

Cabe destacar que no se debe confundir el calor con la temperatura, ya que son variables diferentes, pues, el calor es la energía total del movimiento de las partículas en un cuerpo, mientras que la temperatura es la magnitud que mide esa energía (diferenciador, 2018-2019).

Cuando se habla de temperatura tenemos 2 puntos de referencia muy importante como lo son el punto de ebullición y fusión que define el estado de la materia, es decir si está en estado sólido o líquido (Montiel, 2014).

El punto de fusión del agua es de 0 °C, y su punto de ebullición es de 100 °C, por lo que entre menos se encuentre de los 0° C se encuentra en estado sólido, y cuando tenemos temperaturas entra 1 °C y 99 °C el cuerpo se encuentra estado líquido. (significados, 2013-2019)

Otro motivo de su importancia es que podemos de algún modo detectar qué tan afectada está el agua, pues, las aguas residuales suelen tener temperaturas más elevadas que la del agua potable, ya que en las residuales se suelen verter agua caliente provenientes de las casas y usos industriales (Guzman J, 2005).

La medición de la temperatura depende del medio, por lo general, relacionamos la medición de temperatura con un termómetro⁴, pero existen diferentes dispositivos de distintas marcas para realizar dicho procedimiento.

También podemos emplear el uso de sensores medidores de temperatura, como por ejemplo:

- Termopares: Al estar conectados en pares, son simples y eficientes que dan salida a un voltaje DC muy pequeño proporcional a la diferencia de temperaturas entre dos juntas en un circuito termoeléctrico cerrado (Logicbus, s.f).

⁴ Instrumento que sirve para medir la temperatura

- RTD⁵: Miden la temperatura mediante la correlación de la resistencia del elemento del RTD con la temperatura.
- Termistores: Usan electrodos internos que detectan el calor y lo miden a través de impulsos eléctricos.
- Infrarrojos: son sensores para medida de temperatura sin contacto. Esto permite realizar medidas de temperatura con alta precisión para rangos amplios de temperatura (Logicbus, 2018).

En la figura 1_5 podemos observar cómo lucen algunos tipos de sensores utilizados comúnmente.



Figura 1_5: Sensores de temperatura RTD tomada del sitio web <http://www.codisin.com>

1.3.3 Humedad Relativa Temperatura ambiente:

La humedad del aire es la cantidad de vapor de agua presente en la atmosfera que puede absorber el aire en dependencia de la temperatura.

La cantidad de humedad presente en el aire depende de diversos factores como la cantidad de lluvia que haya podido caer recientemente, así como la temperatura del aire, pues, si esta es baja hay menos vapor de agua. (Meterologíaenred, s.f)

También se puede decir que es un factor climatológico, como es sabido, las dos terceras partes de la tierra, se encuentran cubiertas por agua (océanos, ríos, lagos) de las cuales

⁵ Sensor de temperatura basado en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura

proviene el vapor de agua, este vapor de agua permite la formación de las nubes, las cuales a su vez colaboran con la humedad del ambiente, cuando al condensarse se precipitan a la tierra en forma de lluvia o nieve.

La humedad se produce cuando el aire se calienta, esta pesa menos y sube, pero a medida que se va elevando se va poniendo frío y al enfriarse origina que el vapor de agua se condense y produzca pequeñas gotas de agua que son las que provocan el surgimiento de las nubes.

Existen varias formas de expresar humedad, como se muestra a continuación:

- Humedad Relativa: se define como la cantidad de vapor existente en una muestra dada de aire y la que debería tener para saturarse a igual temperatura. Esto quiere decir que cuando se habla de una humedad relativa del 50%, quiere decir que de la totalidad de vapor de agua que puede abarcar el aire a esa temperatura, solo tiene el 50%.
- Humedad Específica: también conocida como contenido de humedad es el peso de vapor de agua en gramos por kilogramo de aire seco.
- Humedad absoluta: se refiere al peso del vapor de agua por unidad de volumen. La unidad de volumen por lo general es un metro cúbico. (Academia edu)

Si bien es cierto, parece ser un factor bastante inofensivo un exceso de humedad, como, por ejemplo, en las viviendas puede causar daños a la salud de los habitantes de ese hogar. La humedad relativa se expresa en tanto por ciento (%) y se obtiene como resultado de la división entre el contenido de vapor de la masa de aire y su máxima capacidad de almacenamiento de este, dicho resultado es multiplicándolo por 100. (Meteorologíaenred, s.f)

Obtener en valor de la humedad relativa es importante para conocer las condiciones en las que se encuentra operando el dispositivo, pues estará expuesto a la intemperie y cerca de grandes masas de aguas, así podemos analizar si las condiciones son aptas para la operación de este o se tendrá que diseñar un sistema de protección.

La temperatura ambiente se puede decir que es la temperatura del medio en el que nos encontramos, aunque, dice que es el “estado del ambiente que se manifiesta en el aire y en los cuerpos en forma de calor, en una gradación que fluctúa entre dos extremos que, convencionalmente, se denominan: caliente y frío”.

Este parámetro está directamente con la humedad relativa, pues, si deseamos tener un ambiente agradable la escala de humedad debe oscilar entre 50-60%, si nos encontramos en un ambiente con mucha humedad este está propenso al desarrollo de gérmenes y hongos(Vivienda Saludable, s.f).

Al igual que con la humedad relativa, la temperatura ambiente ayuda a analizar las condiciones en la que se encontrará instalado el sistema de monitoreo para aguas tratadas, lo que ayudará a tomar precauciones para protección de dicho sistema.

1.3.4 Conductividad (σ):

La conductividad se puede definir como la propiedad de un cuerpo para conducir con facilidad energía, calor o sonido. Ahora bien, la conductividad eléctrica, que es la capacidad de un material o una sustancia para dejar pasar la corriente a través de él dependiendo siempre de la estructura atómica y molecular del material.

La definición como tal de la conductividad se puede expresar como la propiedad de aquello que es conductor, es decir, que tiene la facilidad de conducir y se puede ver como una propiedad física de un objeto capaz de permitir el flujo de energía, calor o sonido.

Matemáticamente se expresa como la inversa de la resistividad y la unidad de medida es el Siemens por metro.

$$\sigma = 1/\rho$$

Donde ρ es la resistividad

σ es la conductividad

La primera persona en transmitir electricidad a través de un conductor fue el físico inglés Stephen Gray⁶ y quien mediante sus experimentos descubrió que para que la electricidad pudiera circular por el conductor éste debía estar aislado a tierra.

Los mecanismos de conductividad van en dependencia de los estados de la materia, pues si el cuerpo está en estado sólido los átomos no tienen mucha disponibilidad de movimiento mientras que en los metales los electrones (de los cuales depende la conductividad) se pueden mover más libremente(EcuRed, s.f).

En los líquidos, la conductividad viene dada o va en dependencia de la cantidad de sales en disolución, ya que, cuando las moléculas se rompen se liberan iones positivos y negativos que trasladan la energía eléctrica, estos iones son conocidos como electrolíticos. El agua destilada no contiene sales disueltas y, por lo tanto, no conduce la electricidad y tiene una conductividad eléctrica de cero.

La medición de la conductividad eléctrica del agua nos permite obtener valores de TDS⁷ pues nos brinda la información de la capacidad que tiene el agua o el líquido en cuestión para conducir corriente,. El TDS es una medida de la concentración total de iones en solución, es medido en ppm, es decir, partes por millón o en mg/l.

Las sales en el agua se disuelven en iones con carga positiva e iones con carga negativa, que conducen electricidad. El agua destilada no contiene sales disueltas y, por lo tanto, no conduce la electricidad y tiene una conductividad eléctrica de cero.

Una de las variables a medir también en este proyecto está asociada a los valores de conductividad, dicha variable es la temperatura del agua; mientras más alta la temperatura más alta la conductividad.

Como ya se mencionó, la conductividad eléctrica del agua se ve afectada por la temperatura pues ésta varía en un 2-3% por cada 1 grado Celsius de la temperatura del agua, es por esto que muchos medidores de conductividad eléctrica normalizan automáticamente las lecturas a 25° C(Smart Fertilizer Management, 2017) .

⁶ (diciembre de 1666, Canterbury; 7 de febrero de 1736, Londres) fue un físico y científico natural inglés, conocido principalmente por sus aportes en el campo de la conductividad eléctrica.

⁷ Total, de Sólidos Disueltos

La conductividad puede representar la cantidad de impurezas en el agua tales como, minerales, cal, cloro, etc.

Además de comprender la cantidad de sólidos disueltos existentes en el agua tratada, obtener el valor de esta variable ayuda a analizar la calidad del agua que se estará vertiendo nuevamente al medio ambiente, pues se puede utilizar como una medida de salinidad para las plantas ya que, altos valores de salinidad pueden afectarlas en varias formas.

También sirve en los estudios de laboratorio para determinar la cantidad de sales de una solución. Por otro lado, se utiliza para determinar la salinidad (contenido de sales) de suelos y substratos de cultivo, para lo que se disuelven en agua y se mide la conductividad del medio líquido resultante. Suele estar referenciada a 25 °C y el valor obtenido debe corregirse en función de la temperatura (Franquet J, 2017).

Las medidas de la conductividad también son usadas para:

- a) Establecer el grado de mineralización para evaluar el efecto total de la concentración iónica, el efecto fisiológico en plantas o animales, corrosión, etcétera.
- b) Evaluar el grado de mineralización del agua destilada y agua desionizada.
- c) Evaluar la variación de concentración del mineral disuelto de agua cruda o residual (Ramos R, 2003).

Estimar la cantidad de sólidos disueltos totales en una muestra, multiplicando la conductividad (mmhos/cm) por un factor empírico. Este factor puede variar de 0.55 a 0.9 dependiendo de los componentes solubles del agua y en la temperatura de medición. Relativamente, para factores altos pueden ser requeridos en aguas salinas, para factores bajos se aplica para soluciones donde están presentes hidróxido o ácidos libres (Ramos R, 2003).

Los valores normales de conductividad en aguas residuales urbanas oscilan en el rango de 500 a 1.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Valores elevados de conductividad mayores a 3.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, afectan al proceso biológico de depuración impidiendo el desarrollo de una comunidad bacteriana estable (Torres).

El agua pura es un conductor de electricidad muy pobre, y es por esto que un medidor de conductividad eléctrica medirá 0.0, en agua de lluvia, agua por ósmosis inversa o agua no mineralizada. Por el contrario, el agua salada del mar es un buen conductor (Klaassen, 2019).

Para hacer mediciones de conductividad se utiliza un instrumento llamado conductímetro, que pueden ser del tipo:

Conductímetro sobremesa: combina los parámetros pH, conductividad, resistencia, TDS y salinidad. En el parámetro pH el medidor de conductividad multifunción para laboratorios destaca por la función de control y calibración.

Utilizan una sonda potenciométrica de cuatro anillos de platino con un sensor que ofrece amplios rangos de medición y una mayor precisión sobre los diseños amperométricos. Está dotado de conexión a PC que permite el registro de datos (Alcivar E, 2016).



Figura 1_6: conductímetro de mesa tomada de <http://www.labbrands.com/conductivimetros-de-mesa>

Conductímetro portátil: El medidor de conductividad portátil está totalmente equipado para facilitar el trabajo del usuario en campo. Por una parte con su robustez, además de ser impermeable, el electrodo es de titanio para evitar al máximo las roturas. Posee un

teclado pensado para que sea totalmente intuitivo para el usuario y posee 5 puntos de calibración(Alcivar E, 2016).



Figura 1_7: conductímetro portatil tomada del sitio web <http://elicrom.com/conductimetro-portatil-850038/>

Medidor de conductividad con compensación de temperatura: usa una sonda potenciométrica de 4 anillos. Usa un punto de calibración, y es posible obtener lecturas precisas en toda la gama de 0.1 a 199.900 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Si la temperatura de la solución fluctúa, el medidor cuenta con un sensor de temperatura incorporado y Compensación automática de Temperatura. Han sido diseñado específicamente para su uso en las áreas de producción y control de calidad (Alcivar E, 2016).



Figura 1_8: conductímetro con compensación de temperatura recuperada del sitio web <https://www.agromarket.pe/conductimetros-portatiles/383-hanna-medidor-multirango-de-ec-con-atc.html>.

Conductímetro para el campo educativo: Es un conductivímetro portátil con la capacidad de realizar medidas en 3 rangos diferentes, 0.0 a 199.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 0 a 1999 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 0.00 a 19.99 mS/cm y un rango de 1 TDS: 0 a 19,990 ppm CaCO_3 . La sonda utiliza el método de los 4-anillos que mide la conductividad con la mayor precisión y fiabilidad (Alcivar E, 2016).



Figura 1_9: conductímetro para el campo educativo tomada del sitio web

<https://www.ibdciencia.com/es/otros-instrumentos-de-medida-para-laboratorio/6277-conductimetro-tds-para-el-campo-educativo-.html>

1.3.5 Turbidez:

Es una medida de la capacidad del agua para dispersar y absorber la luz en línea recta a través de una muestra y es indicativa de la presencia de material disperso, emulsificador o suspendido es por esto que se puede interpretar como la claridad del agua, pues entre más contaminada esta esté menos clara se verá (Rojas & Sastoque, 2007).

Este último factor es uno de los más importantes, ya que en aguas turbias muchos organismos patógenos pueden quedar protegidos del desinfectante por la secuestración de este en la materia sólida suspendida. La transparencia del agua es importante para

la elaboración de productos destinados a consumo humano y procesos industriales, como fabricación de bebidas procesadores de alimentos, tratamientos de plantas de extracción, entre otros (Ramos, et, al. 2003 p.78).

La turbidez está relacionada con la temperatura del agua, así como la conductividad, en este caso las partículas en suspensión tienen la capacidad de absorber la luz del sol por lo que la temperatura del agua contaminada suele ser más elevada que la del agua potable (Angeles Mendez, 2011).

Esto provoca que, disminuya la concentración de oxígeno el cual se disuelve con mayor facilidad en el caso de las aguas frías, provocando la disminución de organismos que son capaces de sobrevivir en dicha agua.

Otro factor relacionado con una turbidez elevada es la disminución de la actividad de fotosíntesis, pues, las partículas que se encuentran suspendidas en el líquido hacen que la luz se disperse, esto provoca que la concentración de oxígeno disminuya, provocando que el agua tratada no pueda ser reincorporada al ecosistema (Angeles Mendez, 2011).

Según (B.V, 1998-2019) "Hay varios parámetros que influyen en la turbidez del agua. Algunos de estos son:

- Fitoplancton
- Sedimentos procedentes de la erosión
- Sedimentos re suspendidos del fondo (frecuentemente revueltos por peces que se alimentan por el fondo, como la carpa)
- Descarga de efluentes"

El principal problema que presenta un agua turbia es el aspecto estético, sin embargo, es algo esencial hacer desaparecer la turbidez de un agua, con la finalidad de desinfectarla de manera efectiva, para uso y consumo. Las partículas que se encuentran suspendidas influyen en la adhesión de metales pesados, y otros compuestos de tipo orgánico que son tóxicos.

La unidad de medida de la turbidez es el NTU que corresponde a la abreviación de Nephelometric Turbidity Unit, este mide la presencia de partículas en suspensión en el

agua, cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá esta y más alta será la turbidez.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 2 NTU y estar idealmente por debajo de 1 NTU; los sistemas filtrantes, de las plantas de tratamiento del agua para consumo humano deben asegurar que la turbidez no supere 1 NTU* (0.6NTU para filtración convencional o directa) en por lo menos 95% de las muestras diarias de cualquier mes.

La turbidez se mide en Unidades Nefelométricas de turbidez, o Nephelometric Turbidity Unit (NTU), el instrumento usado para su medida es el nefelómetro o turbidímetro.

El turbidímetro es un instrumento que a través del análisis óptico determina la cantidad de sustancias en un líquido, el cual se basa en la detección de las partículas con una fuente de haz lumínico y un detector de luz fijado a 90 grados del haz original (EcuRed, s.f).



Figura 1_10: turbidímetro portátil, tomado del sitio

<https://es.hach.com/2100q-turbidimetro-portatil-epa/product?id=24930077421>

También conocido como nefelómetro⁸, aunque puede haber diferencias entre los modelos de estos instrumentos, dependiendo del arreglo geométrico de la fuente luminosa con respecto a la fotocelda. Los turbidímetros o nefelómetros deben estar diseñados con niveles muy pequeños de luz extraviada, con el propósito de tener un menor período de estabilización, y también para no interferir en mediciones de turbidez de baja concentración (Silva, 2010).

Se puede utilizar en el sector de aguas residuales y, en particular, en los tanques de decantación, para medir la cantidad de sólidos suspendidos en agua y luego establecer si se puede enviar al siguiente nivel de purificación, o si se bombea directamente en el río, mar, o canal.

Los sedimentos, la coloración o las burbujas de aire pueden afectar las mediciones de turbidez de las aguas sometidas al análisis, es por esto que la turbidez es uno de los parámetros más importantes en la calidad del agua ya que es un indicativo de su contaminación.

Elegir entre turbidimetría y nefelometría va en dependencia de la cantidad de luz que se dispersa, en el caso de tener una dispersión extensa es más recomendable el uso de la turbidimetría, caso contrario, nefelometría. En la figura 1_11 se puede observar el principio para ambos conceptos:

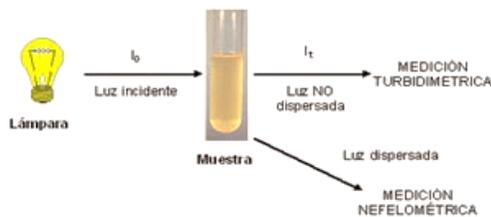


Figura 1_11: principio de funcionamiento de nefelometría tomado del sitio web <http://quimicabasica2014.blogspot.com/2014/10/nefelometria-y-turbidimetria.html>

⁸ instrumento para medir partículas suspendidas en un líquido o en un gas

Capítulo 2: Unidad de Proceso

En este capítulo se aborda la forma de procesar los datos, y qué se utiliza para ello. Se aborda sobre el hardware del proyecto, es decir, el microcontrolador que recibe y ayuda a ejecutar las órdenes o tareas estipuladas en el proyecto.

2.1 Microcontrolador:

Existen varias opciones en microcontroladores, PIC, STM32, Arduino y otros. Para el presente trabajo monográfico se hace uso de la tecnología Arduino por su bajo costo, no necesita interfase para su programación, hay suficiente literatura, es open hardware y software y sirve para el desarrollo de prototipos.

La plataforma de código abierto sirve para la creación de electrónica, que surgió en el año 2003, fue desarrollado originalmente en el Interactive Design Institute en Ivrea (Italia) donde los estudiantes estaban familiarizados con un lenguaje llamado Processing.

Este lenguaje estaba orientado a estudiantes de arte y diseño y utilizaba un entorno de desarrollo visual e intuitivo en el cual se basó el entorno de desarrollo del Arduino y su lenguaje de programación. Dicha plataforma está basada en hardware y software libres, flexibles y fáciles de utilizar para los creadores y desarrolladores.

El hardware libre son los dispositivos cuyas especificaciones y diagramas son de acceso público, por lo que Arduino nos ofrece la oportunidad de crear nuestras propias placas pudiendo ser diferentes entre ellas, pero igualmente funcionales al partir de la misma base.

El software libre son los programas informáticos cuyo código es accesible por cualquiera para que quien quiera pueda utilizarlo y modificarlo, en este caso Arduino a través de la plataforma Arduino IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) ofrece un entorno de programación con el que cualquiera puede crear aplicaciones para las placas Arduino, de manera que se les puede dar todo tipo de utilidades (Xataka, 2018).

Arduino es una placa basada en un microcontrolador ATMEGA, donde se graban las instrucciones escritas con el lenguaje de programación que podemos utilizar en el

entorno Arduino IDE; dichas instrucciones permiten crear programas que interactúan con los circuitos de la placa (www.arduino.cc, 2017).

El microcontrolador de Arduino posee lo que se llama una interfaz de entrada, que es una conexión en la que podemos conectar en la placa diferentes tipos de periféricos; el tipo de periféricos a utilizar para enviar datos al microcontrolador depende en gran medida de qué uso esté pensando dar, pueden ser cámaras para obtener imágenes, teclados para introducir datos, o diferentes tipos de sensores.

También cuenta con una interfaz de salida, que es la que se encarga de llevar la información que se ha procesado en el Arduino a otros periféricos. Estos periféricos pueden ser pantallas o altavoces en los que reproducir los datos procesados, pero también pueden ser otras placas o controladores.

Se pueden encontrar diferentes tipos de placas, pues, hay de varias formas, tamaños y colores para las necesidades del proyecto en el que se esté trabajando. Las hay sencillas o con características mejoradas, Arduinos orientados al IoT o la impresión 3D y, por supuesto, dependiendo de estas características te encontrarás con todo tipo de precios.

Trabajar con un Arduino consiste fundamentalmente en interactuar con los diferentes puertos de entrada y salida del Arduino, a fin de evitar al programador la complejidad de programar estos puertos ya sean analógicos, digitales o de cualquier otro tipo. El lenguaje de Arduino usa librerías que forman parte del lenguaje para el manejo de los periféricos conectados a la placa Arduino (www.arduino.cc, 2017).

Estas librerías permiten programar los pines digitales como puertos de entrada o salida, leer entradas analógicas, controlar servos o encender y apagar motores de continua.

2.2 Arduino Yun:

Específicamente en este proyecto se ha seleccionado la placa de Arduino Yun debido a que se necesita tener acceso a internet. Esta placa es perfecta para el diseño de dispositivos conectados, más en general, para proyecto que involucran el Internet de las Cosas.

Combina el poder de Linux con el fácil uso de Arduino, está compuesto por el microcontrolador ATmega32u4 y el procesador Atheros AR9331. En la figura 2_1 se aprecia cómo luce el microcontrolador utilizado para el presente trabajo monográfico:



Figura 2_1: Arduino Yun tomada de <https://www.arduino.cc>

Arduino Yun ofrece la capacidad de poder conectarse mediante Ethernet a través del puerto de red integrado en la placa o mediante red WiFi. Cuenta con un puerto USB que nos permite conectar la placa con una computadora, también posee una ranura micro-SD, 20 pines digitales de los cuales 7 pueden ser utilizados como salidas PWM y 12 de ellos se pueden usar como salidas analógicas.

A diferencia de la mayoría de los modelos de Arduino existentes, este no cuenta con un regulador de voltaje integrado por lo que la alimentación debe ser exclusivamente de 5 voltios. Se puede alimentar por medio del puerto micro USB conectado a la computadora o a un adaptador de 5 voltios.

El Yun posee diferentes interfaces para entrada/salida de datos. A continuación, el listado de pines con los números de estos:

- Comunicación Serial: 0 (RX) and 1 (TX)
- TWI: 2 (SDA) and 3 (SCL)
- PWM (8 bits): 3, 5, 6, 9, 10, 11 y 13

- SPI: en los pines ICSP

También cuenta con LEDs de estado que indican el estatus del dispositivo en determinado instante, podemos apreciarlos en la figura 2_2:

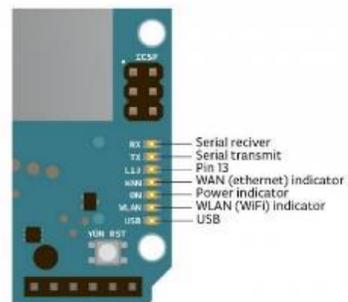


Figura 2_2: Leds de estado Arduino Yun

fuelle <https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoYun>

Y cuenta con 3 botones de reset, uno para el microcontrolador, uno para el microprocesador y otro para el Wifi. Fuente: (PanamaHitek, 2014)

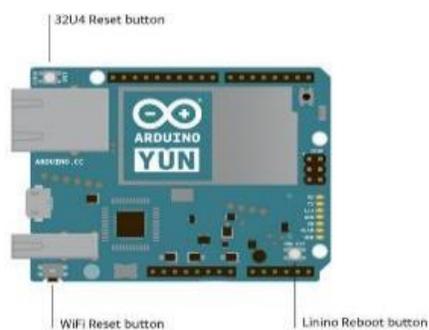


Figura 2_3: Botones reset Arduino Yun

fuelle <https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoYun>

En la tabla 2_1 se exponen las características de Arduino Yun:

Tabla 2_1 Características Arduino Yun

<i>Especificaciones</i>	<i>Características</i>
Microcontrolador	ATmega32u4
Voltaje Operativo	5V
Voltaje de entrada	5V
Pines digitales de entrada/salida	20
Canales PWM	7
Canales de Entrada Analógica	12
Corriente DC en pines 5V	40mA
Corriente DC en pin 3.3V	50Ma
Memoria Flash	32 KB (4KB usados por bootloader)
SRAM	2.5 KB
EEPROM	1KB
Clock Speed	16 MHz

Fuente: (González, 2014)

2.3 Envío de datos a la nube

Esta es una etapa del proyecto de mucha importancia, dada que gracias a esto se puede instalar un sistema de monitoreo en cualquier parte del país, solamente necesitamos de una conexión a internet para poder visualizar los datos en tiempo real de manera remota.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la shield Arduino YÚN ofrece tanto conexión por Ethernet como conexión por medio de WiFi, ésta última es la que se implementa para la transmisión de los datos del sistema de monitoreo.

A continuación, se abordan diferentes conceptos que ayudarán a una mejor comprensión del tema.

2.3.1 Transmisión de datos:

La transmisión de datos es la transferencia física de datos por un canal de comunicación, dicho canal puede ser punto a punto o punto a multipunto, los datos pueden ser representados como una señal electromagnética, una señal de tensión eléctrica, ondas radioeléctricas, microondas o infrarrojos.

La transmisión y recepción de los datos sean exitosos debemos tomar en cuenta la calidad de la señal y las características del medio de transmisión.

Los tipos de transmisiones pueden ser:

- Analógicas: se caracterizan por el continuo cambio de amplitud en la señal
- Transmisión digital: es transmitida en paquetes discretos- el cual para ser interpretada de debe decodificar por el receptor. El método de transmisión consiste en enviar pulsos eléctricos que varían entre dos niveles distintos de voltaje.

La transmisión de datos se puede dar a través de medios guiados o no guiados; los medios guiados son ondas guiadas a lo largo de un camino físico, por ejemplo:

- Par trenzado
- Cable coaxial
- Fibra óptica

Normalmente los medios de transmisión vienen afectados por los factores de fabricación, éstos suelen ser dados por:

- Ancho de banda: entre mayor ancho de banda se tenga mayor será la velocidad de transmisión.
- Problemas de transmisión: estos vienen dado por la atenuación que suele ser más alta para el cable coaxial
- Interferencias: provocan la pérdida o distorsión de los datos enviados.

- Espectro electromagnético: es el rango se mueven las señales que llevan los datos en ciertos tipos de medios no guiados.

2.3.2 ¿Qué es WiFi?

Es una tecnología que permite la interconexión inalámbrica de dispositivos electrónicos, estos dispositivos pueden conectarse entre sí o a internet a través de un punto de acceso de red inalámbrica. Es una marca de la Alianza Wi-Fi, la organización comercial que adopta, prueba y certifica que los equipos cumplen con los estándares 802.11⁹ relacionados con redes inalámbricas de área local (ICTEA, 2019).

La tecnología WiFi está basada en las especificaciones IEEE 802.11, lo cual asegura la compatibilidad e interoperabilidad en los equipos certificados bajo esta denominación.

Para su funcionamiento, el wifi necesita de un equipo (enrutador o router) conectado a internet y dotado de una antena, para que a su vez redistribuya esta señal de manera inalámbrica dentro de un radio determinado.

Los equipos receptores que se encuentren dentro del área de cobertura, al mismo tiempo, deben estar dotados con dispositivos compatibles con la tecnología wifi para que puedan tener acceso a internet. Mientras más cerca se encuentren los equipos de la fuente de la señal, mejor será la conexión.

Existen diversos tipos de wifi, basados cada uno de ellos en un estándar IEEE 802.11, por ejemplo:

El estándar IEEE 802.11ac, conocido como WIFI 5 opera en la banda de 5 GHz y que disfruta de una operatividad con canales relativamente limpios. La banda de 5 GHz ha sido habilitada con posterioridad a las usadas por versiones anteriores y, al no existir otras tecnologías (Bluetooth, microondas, ZigBee, WUSB) que la utilicen, se producen muy pocas interferencias.

⁹ es una familia de normas inalámbricas creada por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

Según los datos proporcionado por el fabricante de modem marca Arris, el alcance de la banda de 5GHz es algo menor que el de los estándares que trabajan a 2,4 GHz esto se debe a que la frecuencia es mayor y a mayor frecuencia, menor alcance.

El estándar wifi está diseñado para conectar ordenadores a la red a distancias reducidas, cualquier uso de mayor alcance está expuesto a un excesivo riesgo de interferencias, esto puede significar una desventaja ante la conexión ethernet pues con ésta podemos tener conexiones de hasta 100 metros de distancia sin sufrir las complicaciones dadas por las interferencias.

Unas de las desventajas de las redes WiFi es precisamente la poca distancia que nos ofrece una conexión estable, además de la saturación, debido a la masificación de usuarios.

Por otro lado, la seguridad en las redes inalámbricas es bastante reducida ya que un elevado porcentaje de redes se instalan sin tener en consideración la seguridad, convirtiéndose así en redes abiertas sin proteger la información que por ellas circulan.

A pesar de estas complicaciones, estas redes proveen comodidad al usuario, ya que este puede estar conectado desde distintos puntos dentro de un espacio lo bastante amplio. Además, permiten el acceso de múltiples dispositivos sin ningún problema ni gasto en infraestructura, ni gran cantidad de cables.

Los estándares WiFi como el WEP, el WPA, o el WPA2 se encargan de codificar la información transmitida para proteger su confidencialidad, proporcionados por los propios dispositivos inalámbricos, estos funcionan de la siguiente manera:

- WEP: cifra los datos en su red de forma que solo el destinatario deseado pueda acceder a ellos, éste codifica los datos mediante una “clave” de cifrado antes de enviarlo al aire. No está recomendado debido a las grandes vulnerabilidades que presenta ya que cualquier cracker puede conseguir sacar la clave, incluso aunque esté bien configurado y la clave utilizada sea compleja.
- WPA: presenta mejoras como generación dinámica de la clave de acceso. Las claves se insertan como dígitos alfanuméricos.

- Filtrado de MAC, de manera que solo se permite acceso a la red a aquellos dispositivos autorizados. Es lo más recomendable si solo se va a usar con los mismos equipos y si son pocos.
- Ocultar del punto de acceso: se puede ocultar el punto de acceso (router) de manera que sea invisible a otros usuarios.
- El protocolo de seguridad llamado WPA2 (estándar 802.11i), que es una mejora relativa a WPA. En principio es el protocolo de seguridad más seguro para Wi-Fi en este momento. Sin embargo, requieren hardware y software compatibles, ya que los antiguos no lo son.

2.3.3 Transmisión de datos a Thingspeak:

En este capítulo se aborda la manera en la que se transmiten los datos a la nube, este proceso se ejecuta haciendo uso de la shield Arduino Yun, como se ha mencionado anteriormente, esta placa da la disponibilidad de transmitir mediante la conexión a una red inalámbrica o mediante una conexión Ethernet.

Dado esto, se concluye que no es necesario el uso de una shield ethernet o un módulo WiFi ya que vienen integradas en el Yun; para este trabajo monográfico se establece una conexión vía WiFi.

El proceso de transmisión se da una vez los datos han sido leídos, procesados y almacenados en las variables previamente declaradas y etiquetadas, para completar este proceso primeramente se define el tipo de conexión con la que se estarán enviando los datos, que para el presente trabajo monográfico será mediante red inalámbrica dado a la comodidad que proporciona este tipo de conexión, además, una conexión ethernet implica incurrir en gastos de cableado.

Habiendo elegido el tipo de conexión se da la "orden" a la placa, es decir, se le indica que se debe conectar a una red WiFi para establecer la comunicación con Thingspeak.

ThingSpeak es una plataforma de Internet of Things (IoT) que permite recolectar, almacenar datos en la nube y/o desarrollar aplicaciones IoT. Para el envío de los datos desde Arduino se puede hacer uso de placas tales como Raspberry Pi, BeagleBone Black y otro HW.

Permite crear un canal al usuario donde puede recibir los datos enviados por internet enrutados hasta este, ofrece la disponibilidad de que sea de carácter público o privado, al graficar los datos enviados nos permite tener una mejor comprensión del comportamiento de las variables medidas en nuestro sistema de monitoreo de aguas tratadas.

Si el canal se hace público, cualquiera puede ver la alimentación de datos del canal y los gráficos correspondientes, caso contrario, si el canal es privado significa que, para cada operación de lectura o escritura, el usuario tiene que pasar una clave de API correspondiente, es decir, permite crear aplicaciones de registro, aplicaciones de seguimiento y una red social de cosas con actualizaciones de estado.

Los datos obtenidos se guardan en canales, éstos disponen una serie de campos para guardar los datos, en este caso, de diferentes variables, así como otra información adicional. En la siguiente imagen podemos observar a groso modo, la forma en que se comunica la shield con esta plataforma. En la figura 2_4 observamos cómo funciona a groso modo la comunicación entre el Arduino y la plataforma:



Figura 2_4: comunicación plataforma-shield

Fuente: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/11/23/thingspeak/>

Para establecer la comunicación Thingspeak se deben seguir los siguientes pasos básicos:

1. Crear una cuenta: para cargar datos en ThingSpeak para su análisis y procesamiento debemos crear una cuenta, es decir, establecer un usuario y una contraseña.

The image shows a screenshot of the ThingSpeak website's sign-up page. At the top, there is a dark blue navigation bar with the ThingSpeak logo on the left and links for 'Channels', 'Apps', 'Support', 'Blog', 'Sign In', and 'Sign Up' on the right. Below the navigation bar, the main heading reads 'Sign up to start using ThingSpeak'. The form contains five input fields: 'User ID', 'Email', 'Time Zone' (a dropdown menu currently showing '(GMT-05:00) Eastern Time (US & Canada)'), 'Password', and 'Password Confirmation'. A blue 'Create Account' button is positioned at the bottom of the form.

Figura 2_5: crear usuario en Thingspeak

2. Crear un nuevo canal: Puedes cambiar el nombre para que se ajuste a tus necesidades y puedes añadir una descripción correspondiente al canal. Los campos reflejan los datos que está a punto de descargar, por ejemplo, si se mide la temperatura ambiente, se puede definir el campo 1 como temperatura ambiente.

The image shows a web form for creating a channel in Thingspeak. It includes the following fields:

- Name:** A text input field.
- Description:** A larger text area for a detailed description.
- Field 1:** A text input field with the value "Field Label 1" and a checked checkbox.
- Field 2:** A text input field with an unchecked checkbox.
- Field 3:** A text input field with an unchecked checkbox.
- Field 4:** A text input field with an unchecked checkbox.
- Field 5:** A text input field with an unchecked checkbox.
- Field 6:** A text input field with an unchecked checkbox.
- Field 7:** A text input field with an unchecked checkbox.
- Field 8:** A text input field with an unchecked checkbox.
- Metadata:** A text area for additional information.
- Tags:** A text area for channel tags.

Figura 2_6: crear un canal en Thingspeak (thingspeak, 2019)

Cada canal ofrece la disponibilidad de crear hasta 8 campos que corresponden a los datos enviados por un sensor en caso de la solicitud seguirá siendo satisfactoria, pero no se podrá ver el campo en los gráficos ni los datos.

3. Obtener la clave API correspondiente al canal: Cada canal tendrá una clave de API única para garantizar que los datos se descargan en el canal correcto. Para programar la plataforma Arduino se debe obtener la clave API "Write".

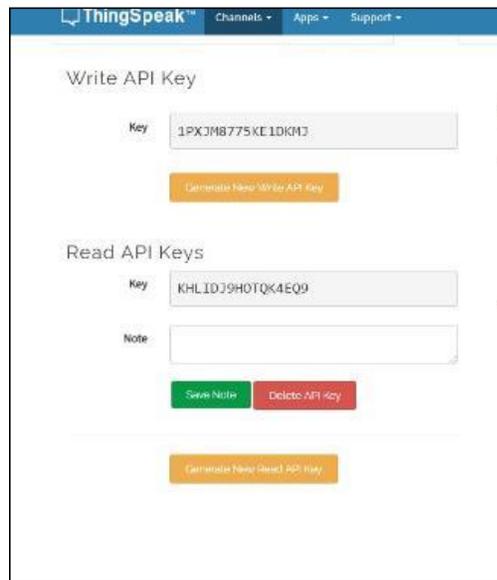


Figura 2_7: obtener clave API (thingspeak, 2019)

4. Programar la plataforma Arduino: para esto se debe establecer una conexión Ethernet o WiFi, y se debe modificar a nivel del software la clave API.

Algunas de las capacidades clave de ThingSpeak incluyen la capacidad de:

- Configurar con facilidad los dispositivos que envían los datos a ThingSpeak utilizando los protocolos de IO¹⁰ más populares.
- Ver los datos obtenidos mediante los sensores en tiempo real.
- Está asociado con MATLAB.
- Analizar la información enviada, en case a horarios o eventos.
- Dado que es gratuito nos brinda la posibilidad de no crear servidores WEB.

¹⁰ La Internet de los objetos (IO) es un sistema de “cosas conectadas”.

Un “Canal ThingSpeak” almacena los datos que se le envían y se compone de los siguientes elementos:

- 8 campos para almacenar datos de cualquier tipo – Estos pueden ser usados para almacenar los datos de un sensor o de un dispositivo integrado.
- Campos de ubicación – Se pueden utilizar para almacenar la latitud, la longitud y la elevación. Estos son muy útiles para rastrear un dispositivo en movimiento.
- 1 campo de estado – Un mensaje corto para describir los datos almacenados en el canal. (Tu equipo seo, 2014)

Para lograr conectar el sistema de monitoreo a una red inalámbrica primeramente se debe configurar la placa, esto se logra mediante los siguientes pasos:

1. Reset del Wifi del Yún: Presionar el botón de reset de Wifi, esto durante 30 segundo, lo que provocará que se reinicien las configuraciones por defecto del Yún.
2. Conectarse a la red ArduinoYún- (nombre de la red inalámbrica del YUN).
3. Vamos a un navegador en Internet, en la barra de URL tecleamos arduino.local y le damos Enter o bien, ingresamos a la IP <http://192.168.240.1>.
4. Una vez se ha accedido a la consola, aparecerá un recuadro donde se debe introducir una contraseña. Por lo general esta contraseña es arduino.
5. Una vez introducido el password, aparecerá una ventana desde la cual es posible configurar el Arduino Yún, acá es necesario establecer un nombre y una contraseña para el acceso al dispositivo.
6. Una vez establecida la red y la contraseña, se finaliza la configuración se procede a conectar la placa a la misma red Wifi que se configuró en la shield.

Ahora la shield está configurada y lista para ser utilizada conectada a una red WIFI. Para utilizar la opción Ethernet se debe conectar un cable de red desde la computadora o router, también se debe configurar esta opción desde la página del Arduino Yun definiendo que se utilizará una conexión Ethernet, además se deben definir ciertos parámetros como la dirección MAC desde el IDE.

A nivel de software establecer la comunicación desde el Arduino a Thingspeak es bastante sencilla, esto gracias a la librería que se puede descargar desde el gestor del IDE, dicha librería es `<#include "ThingSpeak.h">` y solamente se debe ingresar algunos parámetros como el APIKey, el número del canal y establecer la comunicación entre la placa y el monitor serial mediante el comando `ThingSpeak.begin(client);`

Como se mencionó en el capítulo 2.3.4 todos los valores obtenidos de los sensores, al final se convierten en variables de tipo String, esto se debe a que Thingspeak no reconoce otro tipo de variable, una vez completados todos estos pasos, se define a qué campo pertenecerá cada variable medida, es decir, se asigna un campo o "field" a cada variable para poder monitorear el valor de estas y su comportamiento.

La asignación se hace desde el IDE, haciendo uso de sencillas líneas de código como `<ThingSpeak.setField(1, temperatura);>`, una vez se establecen los campos para cada una de las variables de nuestro sistema de monitoreo se envían a la plataforma, igualmente haciendo uso de una sencilla línea de código que utiliza como referencia la clave APIKey y el número del canal, esto para enviar la información al canal correcto `<ThingSpeak.writeFields(myChannelNumber, myWriteAPIKey); >`.

Como se logra observar gracias al fácil manejo que provee el Arduino Yun, la comunicación entre la shield y la plataforma Thingspeak es bastante sencilla, pero de mucha utilidad.

V. Análisis y presentación de resultados.

5.1 Metodología

Teniendo claro el problema a resolver, se procedió a buscar una solución, recalcando que se debieron realizar una serie de observaciones, consultas y/o investigaciones para comprender la causa y efecto del problema a resolver convirtiendo el conocimiento teórico en conocimiento útil y práctico que se pueda aplicar en la realización de este trabajo monográfico.

Para lograr la construcción del prototipo final se implementaron diferentes etapas tales como:

5.1.1 Recopilar información:

Ya se ha mencionado a lo largo de este informe la participación del PROAP, colaboradores expusieron durante entrevistas que el tratamiento de aguas residuales es obligatorio y el monitoreo de estas necesario para cumplir con los parámetros establecidos.

También explicaron que las muestras cuando se toman se hacen de manera in-situ exponiéndose a que los resultados varíen de manera no favorable y que se tomen las aguas como no aptas para su vertido, gracias a los datos proporcionados nace la iniciativa de construir este sistema de monitoreo para aguas tratadas.

Además de la información proporcionada por esta entidad se realizó una visita de campo a la planta de tratamiento ubicada en el Km 17 carretera a Masaya perteneciente a la empresa Cargill como parte del proceso investigativo.

Acá se observó que el proceso de tratamiento cuenta con diferentes operaciones tipo físico, químico, físico-químico o biológico que se realizan con el fin de la reducción de características no deseables del agua.

Por otra parte, a pesar de ser una compañía grande con capacidad de compra de productos o herramientas avanzadas se pudo comprobar la información brindada por el PROAP, pues, en el sitio donde las aguas residuales corren antes que sean vertidas al

alcantarillado, el ingeniero químico hace la toma de muestras para luego llevarlas al laboratorio para su respectivo análisis donde se hacen mediciones de pH, turbidez y conductividad.

También, se hicieron consultas a trabajadores del laboratorio de aguas residuales asociados al PIENSA-UNI para obtener mayor información sobre la problemática y entender el alcance que tiene este proyecto. A continuación, se citan algunas de las preguntas realizadas al MSc. Carlos Benavides para soportar el presente trabajo monográfico:

1. ¿Qué organización regular el cumplimiento de la Ley 620, ley Nacional del agua?

Respuesta: La organización que regula el cumplimiento de esta ley es la organización ANA, por sus siglas en español Autoridad Nacional del Agua.

2. ¿Qué impacto tiene el incumplimiento de esta ley en el país?

Respuesta: el mayor impacto es para el medio ambiente ya que por lo general las aguas tratadas son vertidas a cuerpos de agua, siendo cuerpos receptores como lagunas cratéricas las más afectadas.

Al no cumplirse el decreto No 3395 sobre los valores máximos permisibles para el vertido de aguas residuales a cuerpos receptores con el que nos regimos, se provoca la contaminación del agua impidiendo su debida reutilización.

3. Según su criterio, ¿qué importancia tiene el monitoreo para aguas tratadas?

Respuesta: la instancia encargada de monitorear los efluentes de agua ha sido la gerencia ambiental de ENACAL siendo estos monitoreos realizados de 1 a 2 veces al año. Algunos años dicho monitoreo ha sido nulo, es por esta razón que el monitoreo de aguas tratadas es muy importante, ya que de esa manera se puede verificar que los sistemas de tratamiento estén funcionando correctamente.

4. ¿Tiene conocimiento de sistemas automatizados para el monitoreo de aguas tratadas en el país?

Respuesta: Sí, tengo conocimiento de sistemas de tratamiento que tienen algunos dispositivos de monitoreo, pero es sobre todo medición de caudal, pH y temperatura. Una de ellas es la planta de tratamiento ubicada en Managua, Nicaragua y otra de ellas es la planta de tratamiento ubicada en el departamento de Boaco.

5. ¿Se tiene reporte de que en Nicaragua las aguas tratadas cumplen con las normas de calidad del agua?

Respuesta: como he mencionado anteriormente ENACAL es el encargado de realizar los monitoreos a las plantas de tratamiento, estos no hacen ningún tipo de informe ya que evidentemente no es muy conveniente, por otro lado, hay algunos informes realizados por organismos internacionales como por ejemplo la Cooperación Alemana que en el año 2012 levantó un informe realizando monitoreo de las efluentes para comprobar si cumplían con el decreto No 3395 y se obtuvo que de 32 sistemas monitoreados 1 de ellos cumplía con todos los parámetros.

6. ¿Cómo crees usted que ayudaría un sistema de monitoreo para aguas tratadas de bajo costo al país?

Respuesta: tendría varias ventajas siendo la primera en la parte administrativa, ya que ENACAL de forma remota estaría monitoreando algunos parámetros en los efluentes de las plantas de tratamiento.

En la parte académica, el PIENSA siempre ha deseado correlacionar algunas variables de calidad del efluente con las condiciones climáticas del país, se obtendría bastante información base a partir de este trabajo monográfico para realizar dicho proyecto.

7. ¿Considera que las variables propuestas para este sistema de monitoreo son importantes para obtener información sobre la calidad del agua tratada?

Respuesta: Sí, son importantes siendo las variables de pH y turbidez las más importantes.

5.1.2 Obtener datos:

Para la obtención de los datos se hizo uso de sensores analógicos y digitales, estos fueron elegidos tras realizar diferentes pruebas en base a costo-eficiencia-resultados, dichas pruebas fueron realizadas antes y durante el proceso de construcción del prototipo.

En esta etapa pudimos determinar que el sensor LM35 a pesar de su bajo costo no resiste estar sumergido durante mucho tiempo por lo que se decide utilizar un sensor pt100 tomando en cuenta el recubrimiento que lo caracteriza. Tras varias horas sumergido en agua se comprobó que efectivamente cumple con uno de los requerimientos del sistema, el cual es que los sensores estén en contacto con el agua durante largos períodos de tiempo.

También se realizaron pruebas en el laboratorio de electrónica para la construcción del sensor de turbidez en base a uso de LEDs donde se pudo analizar que las señales resultantes eran muy pequeñas, además, entre mayor distancia había entre el transmisor y receptor se obtienen una salida de menor valor, tomando en cuenta las medidas del prototipo su uso se consideró no apto para la realización de este proyecto.

Cabe mencionar, que luego de elegir los sensores a utilizar se debieron realizar diferentes mediciones para comprender tanto el comportamiento del sensor como analizar los valores a las salidas de éstos y así realizar sus respectivas calibraciones.

5.2 Alimentación del Sistema

La alimentación del sistema de monitoreo es una etapa muy importante del proyecto, pues obviamente, si no alimentamos cada uno de los dispositivos involucrados no podrán funcionar.

El Arduino Yun puede conectarse al puerto USB de la computadora para ser alimentado, de igual manera al estar conectada la placa al puerto podemos alimentar los sensores, pues estos reciben la alimentación desde la shield. Si bien esto es posible, el hecho de tenerlos conectados a una computadora no le brinda autonomía al proyecto, por lo que se utiliza una fuente de alimentación.

La fuente de poder o de alimentación es el dispositivo que se encarga de transformar la corriente alterna de la línea eléctrica comercial en corriente continua o directa, suministrando los diferentes voltajes requeridos por los componentes, incluyendo usualmente protección frente a eventuales inconvenientes en el suministro eléctrico, como la sobretensión.

Las fuentes de alimentación pueden ser lineales o conmutativas:

- Fuentes lineales. Siguen el esquema de transformador (reductor de tensión), rectificador (conversión de voltaje alterno a onda completa), filtro (conversión de onda completa a continua) y regulación (mantenimiento del voltaje de salida ante variaciones en la carga).
- Fuentes conmutativas: estas convierten la energía eléctrica por medio de conmutación de alta frecuencia sobre transistores de potencia. Las fuentes lineales son típicamente de regulación ineficiente, comparadas con fuentes conmutativas de similar potencia. Estas últimas son las más utilizadas cuando se requiere un diseño compacto y de bajo costo.

Las fuentes de alimentación tienen que cumplir con las siguientes funciones:

- Transformación: Se usa un transformador con TAP central que entrega $12V_{AC}$
- Rectificación: Se usa onda completa con diodos y transformador con TAP central.
- Filtrado: Se usa capacitor electrolítico para eliminar las pulsaciones de AC provenientes de la red eléctrica.
- Estabilización: Para obtener los 12VDC se usa el regulador fija LM7812 y para los 5VDC se usa el regulador fijo LM7805. Ambos soportan hasta 1 amperio. Sin embargo, la corriente que se les demandarán no supera los 500mA. Esto significa que no necesitaran refrigeración.

Con el propósito de mantener los bajos costos del prototipo y además promover el aprovechamiento de lo que tenemos a nuestro alcance, hacemos uso de una fuente de alimentación para PC.

Se hizo elección de una fuente de computadora en base a los requerimientos de potencia y corriente de cada uno de los sensores y dado que para en este caso, la potencia en

Watts que nos proporciona la fuente es hasta de 400W y la corriente mínima es de 14 A estos nos ayuda a:

1. Que no se produzcan recalentamientos en el sistema ni desgastes de los componentes ya que obtienen la cantidad necesaria de energía.
2. Nos da la posibilidad de hacer un sistema escalable, pues, al tener tanta disponibilidad en corriente y potencia podemos agregar más dispositivos como shield, sensores, actuadores etc.

Todos los elementos del sistema de monitoreo están conectados a esta fuente, a pesar de esto, estos pueden estar en total funcionamiento sin presentar problema de recalentamiento o sobre carga, en la tabla 5_1 se observa que tanto los sensores como el propio Arduino Yun no tienen gran consumo:

Comentado [U1]: REVISAR LAS NUMERACIONES

Tabla 5_1 Tabla de Consumo

<i>Sensores</i>	<i>Corriente de funcionamiento</i>	<i>Consumo</i>
Pt 100	0.1 Ma	0.0005w
Nivel Bajo	6.6 Ma	0.033w
Nivel Alto	6.6 mA	0.033w
PH	5 a 10 mA	0.5w
Turbidez	11 mA	0.055w
DHT 22	2.5 mA	0.0125w
Arduino Yun	40 mA	0.2w

Fuente: Elaboración propia

Como se observa, la corriente total de funcionamiento es de 76.8 mA (tomando en cuenta la corriente máxima de funcionamiento del sensor de pH) y el consumo total es de 0.834 W.

Además de los sensores y las placas, también alimentamos las válvulas que se conectan a las salidas de 12V y módulos relé de 4 canales que se conecta a la salida de 5V. En la figura 5_1 podemos observar el diagrama funcional del sistema de monitoreo.

Cabe mencionar que se hizo una modificación en la fuente de alimentación, esto para obtener de ella misma una salida para conectar los motores, si bien esto representa más consumo de corriente y más demanda de potencia, es posible poder poner a trabajar todo el sistema sin ningún inconveniente.

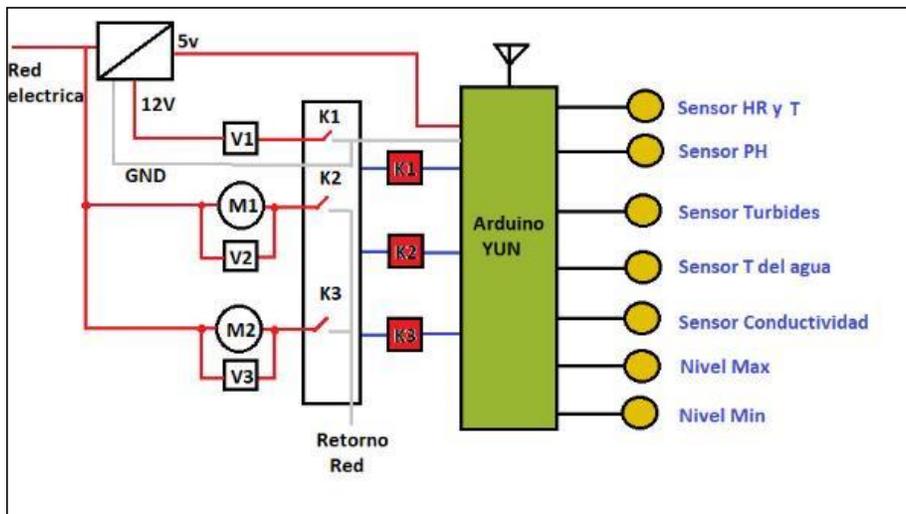


Figura 5_1: Diagrama funcional del sistema

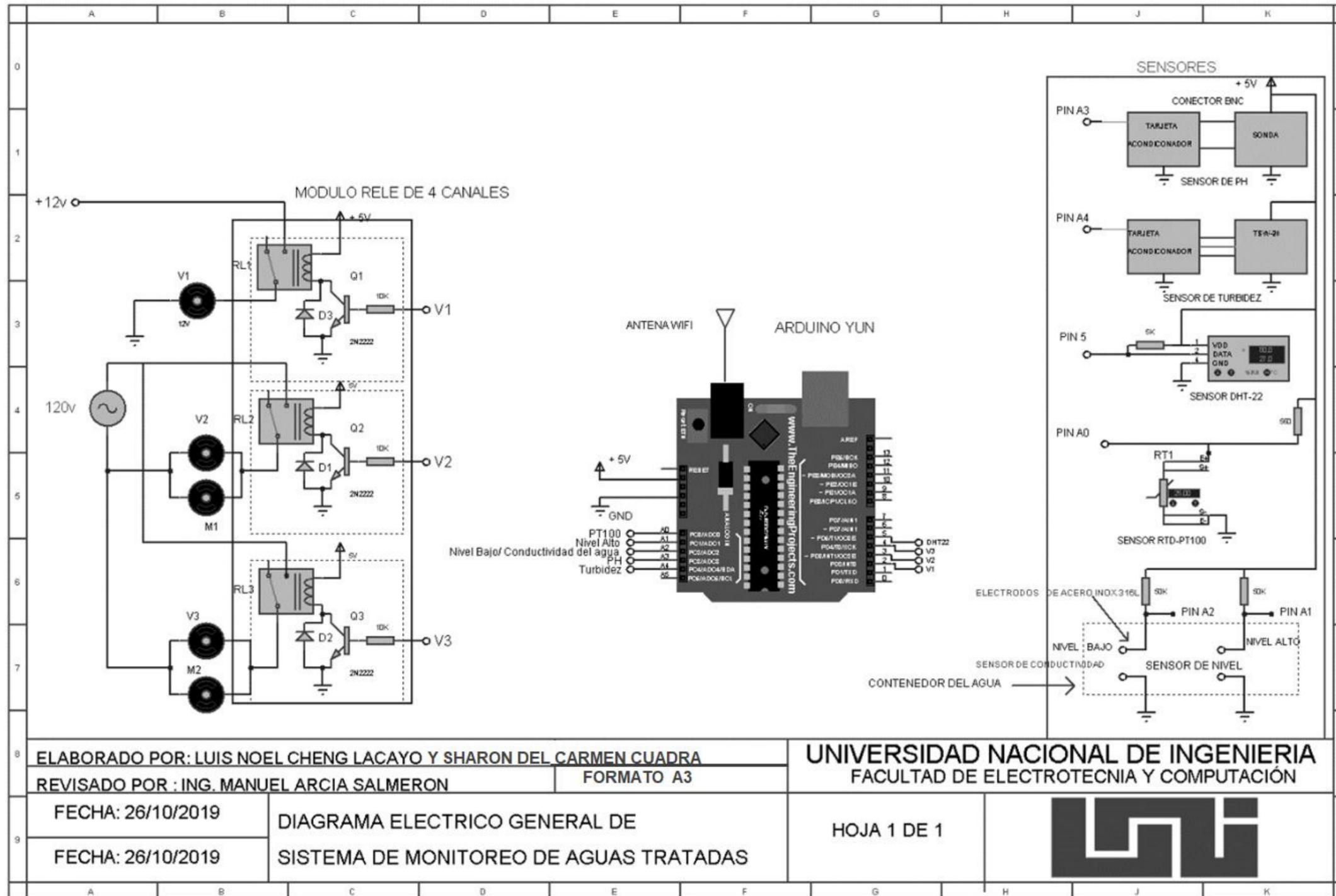


Figura 5_2: Diagrama eléctrico general

5.2.1 Diseño de fuente de alimentación:

Si bien, se mencionó anteriormente que se hace uso de una fuente de alimentación de computadora para mantener un sistema de bajo costo, en la figura 5_3 se presenta el diagrama de la fuente de alimentación propuesta para el sistema de monitoreo para aguas tratadas:

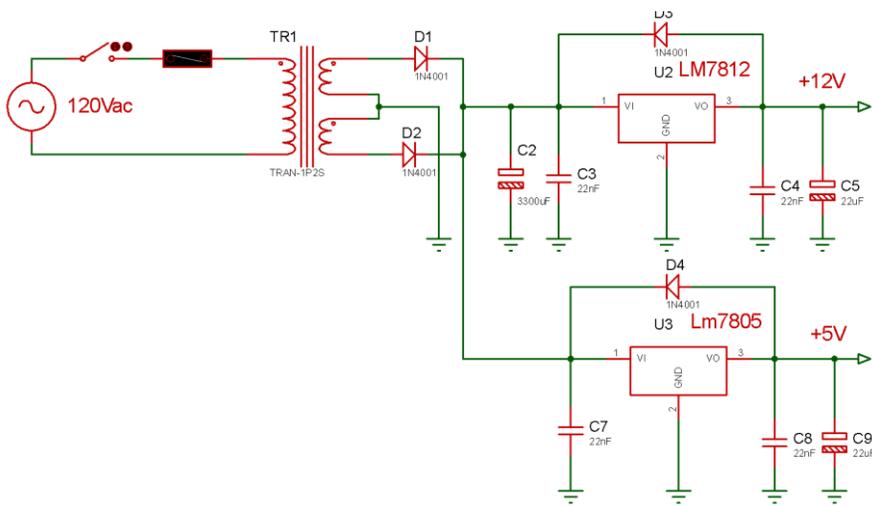


Figura 5_3: diagrama de la fuente de alimentación

Esta fuente cuenta con un transformador reductor T_{R1} con TAP central. Para obtener los valores necesarios para el diseño, se procede con los siguientes cálculos:

Para un voltaje eficaz $V_{ef}=12V$, obtenemos el valor pico de voltaje:

$V_p = V_{ef}\sqrt{2}$, es decir que

$$V_p = 12\sqrt{2} = 16.97V$$

Una vez calculando el valor de pico de voltaje obtenemos el voltaje de corriente directa V_{DC} ,

$V_{DC} = V_p - D_1$, donde D_1 es la caída de tensión del diodo.

$V_{DC} = 16.97V - 0.7V$, por lo tanto

$V_{DC} = 16.27V$

Este es el voltaje que tenemos a la salida de D_1 .

El voltaje de rizo se obtiene de la diferencia entre el $V_{DC} - 15V$, donde $15V$ es el voltaje mínimo recomendado por el fabricante, entonces

$V_r = 16.27 - 15V$

$V_r = 1.27V$

Para calcular el valor del capacitor electrolítico C_2 , se procede a partir de la siguiente ecuación:

$$V_r = \frac{I_{DC}}{2\sqrt{3} * f * C_2}$$

Despejando C_2 y declarando que:

$I = 500mA$, que es la corriente máxima que entregará la fuente

$f = 120Hz$

Procedemos a calcular:

$$C_2 = \frac{500mA}{2\sqrt{3} * 1 * 120}$$

Obteniendo para C_2 un valor teórico de $1200\mu F$.

5.3 Etapa de selección y calibración de sensores

A continuación, se explican algunas pruebas realizadas previo al desarrollo de este trabajo monográfico con el fin de convertir las señales obtenidas por los sensores a valores entendibles por el usuario siempre teniendo en cuenta cada uno de los objetivos del proyecto.

5.3.1. Sensor de pH

El valor del pH se puede medir de forma precisa mediante un sensor de pH, también conocido como pH-metro¹¹. Para el presente trabajo monográfico se usa el sensor pH Electrode modelo E201-BNC con su respectivo módulo acondicionador de señal para microcontroladores, podemos observar el sensor en la figura 5_4.



Figura 5_4: Sensor de pH

Fuente: <https://ssdielect.com/cb/sensores-para-medir-ph/888-kit-ss20.html>

¹¹ sensor utilizado en el método electroquímico para medir el pH de una disolución.

Este sensor se seleccionó dado a su bajo costo en comparación con el precio de sensores industriales, además, se suma la compatibilidad de conexión con el microcontrolador ya que incluye el módulo de acondicionamiento.

En la tabla 5_2 se puede ver algunas especificaciones técnicas del sensor, esto es útil para conocer los rangos de funcionamiento y de esta manera poder alimentarlo adecuadamente y saber bajo qué parámetros este puede funcionar.

Tabla5_2 Características Sensor de pH

Característica	Valor
Voltaje de alimentación.	5Vdc
Corriente de trabajo	5mA hasta 10 Ma
Rango de Ph	0 a 14
Rango de temperatura	0 a 80 °C
Tipo de Salida	Análoga

Fuente: (Mechatronics, 2017)

Para la calibración de este, se utilizaron soluciones de calibración con valores de 4 y 10 además se tomó en cuenta que el pH neutro igual a 7 es asociado con un pH ideal para el agua potable.

Insertando el sensor a dichas soluciones se obtuvieron los siguientes valores de voltaje:

- Para un pH igual a 4 se obtiene a la salida del sensor un valor de aproximadamente 3870mV.
- Para un pH igual a 10 se obtienen aproximadamente 2610mV.

Conociendo estos valores se procede a la calibración del sensor para que el microcontrolador convierta la señal de voltaje que recibe a valores de porcentaje de hidrógeno.

En la figura 5_5 se puede observar el esquema de conexión del sensor de pH con su interface y el módulo microcontrolador, este se conecta al pin A3 del Arduino Yun:

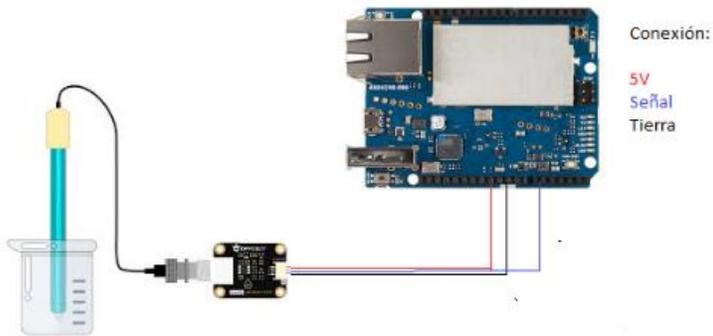


Figura 5_5: Diagrama de conexión Arduino Yun-sensor de PH

En la figura 5_6 se muestra la forma en que se coloca el sensor de pH para realizar las respectivas mediciones:



Figura 5_6: prueba de medición con sensor de pH

5.3.2: Sensor de temperatura ambiente y humedad relativa:

La medición de estas variables se realizan mediante el uso del sensor DHT22, seleccionado dado su bajo costo, eficiencia y características que lo hacen adecuado para este proyecto.

En la actualidad se pueden encontrar dos tipos de sensores DHT: DHT11 y DHT22, ambos poseen en su interior un sensor capacitivo y un termistor, para medir la humedad y temperatura respectivamente. Los niveles de voltaje y corriente de operación pueden ser fácilmente suministrable por un microcontrolador, de allí su facilidad de implementación. Estos datos los podemos encontrar en la hoja de datos del mismo sensor. En la tabla 5_3 se encuentran las diferencias entre ambos modelos:

Tabla 5_3 Diferencia entre DHT11 y DHT22

<i>Características</i>	<i>DHT11</i>	<i>DHT22</i>
Rango de temperatura	0-50° C/ ±2° C	-40-125° C/±0. 5° C
Rango de humedad	20-80%/±5%	0-100/±2-5%
Tasa de muestro	1Hz	0.5Hz
Tamaño del cuerpo	15.5mm*12mm*5.5mm	15.mm*25mm*7.7mm
Voltaje de operación	3-5V	3-5V
Máxima corriente durante la medición	2.5Ma	2.5Ma

Fuente: (HowToMechatronics.com, 2019)

A pesar de tener varias diferencias, ambos sensores trabajan a voltajes de operación en el rango de 3 a 5 V, y necesitan una corriente máxima de operación de 2.5 mA. A nivel práctico el DHT11 es más utilizado con fines de aprendizaje, pruebas o proyectos mientras que el DHT22 por tener características más aceptables puede ser empleado en proyectos reales de monitorización o registro que requieran de una precisión media. Hemos seleccionado el sensor DHT22 por sus características.

Este sensor viene calibrado de fábrica para medir estas dos variables climatológicas, lo único que hace el programa es tomar los valores digitales enviados por el sensor al PIN definido en el microcontrolador.

Para este sensor no fue necesario una calibración pues ya vienen calibrados de fábrica, pero sí se realizó el diagrama de conexión. En la figura 5_7 podemos observar el diagrama de conexión entre el sensor de humedad y temperatura ambiente con el micro controlador:

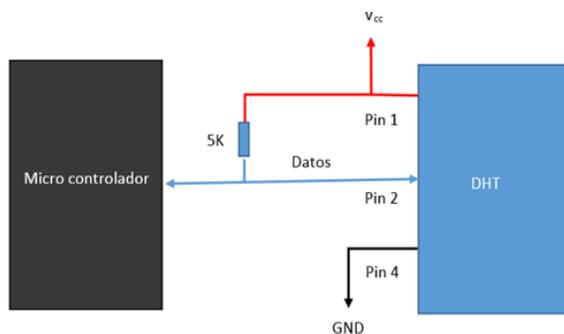


Figura 5_7: diagrama de conexión DHT22 al microcontrolador

5.3.3. Sensor de Turbidez:

Para el presente trabajo monográfico se hace uso del sensor de turbidez TSW-20M para microcontroladores, ya que es de bajo costo respecto a los sensores industriales. Dado a su tamaño es apropiado para incrustarlo en la superficie del contenedor. Por otro lado, este sensor cuenta con un recubrimiento IP65, es decir, que es completamente apto para estar sumergido.

Este necesita de una tarjeta de acondicionamiento para la compatibilidad con el microcontrolador y alimentación de este. En la figura 5_8 se observa el sensor de turbidez TSW-20M.



Figura 5_8: Sensor de turbidez TSW-20M, recuperado de <https://www.amazon.es/turbidez-TSW-20M-control-calidad-detección/dp/B07S4942BD>

Este sensor es capaz de detectar partículas suspendidas en el agua al medir la transmitancia de la luz y la tasa de dispersión que cambia con la cantidad total de sólidos en suspensión (TSS) en el agua, por lo que, al aumentar el nivel de TSS aumenta el nivel de turbidez en el líquido. (HETPRO, 2009-2019). En la tabla 5_4 se observan las especificaciones del sensor:

Tabla 5_4 Especificaciones sensor de Turbidez

<i>Características</i>	<i>Valores</i>
Salida análoga	0-4.5V
Salida digital	Valor umbral ajustable
Temperatura de operación	30-70° C
Temperatura de almacenamiento	-10-80° C
Rango de detección	0-4550NTU
Corriente de funcionamiento	11mA
Voltaje de alimentación	5V

Fuente: (Amazon.es, 1996-2019)

No se realizó ningún tipo de cálculos, solamente pruebas en laboratorio con diferentes soluciones proporcionadas por el operador del mismo. En la figura 5_9 se puede observar el diagrama de conexión entre el sensor y el micro controlador:

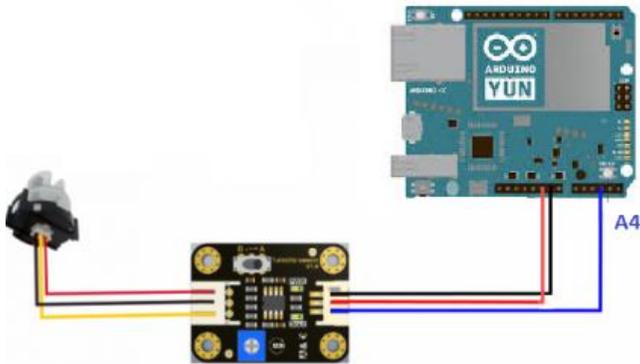


Figura 5_9: diagrama de conexión sensor de turbidez, interface y microcontrolador.

5.3.4. Sensor de Conductividad

Dado que los precios en el mercado de los conductímetros son muy elevados, para este proyecto se construyó un conductímetro basado en la ley de Ohm y haciendo uso de dos electrodos de Acero Inox grado 316L.

Es un acero inoxidable de cromo níquel austenítico que contiene molibdeno¹²(es un metal del grupo de los elementos de transición). Esta adición aumenta la resistencia a la corrosión general, mejora la resistencia a picaduras de soluciones de iones de cloruro y proporciona mayor resistencia a temperaturas elevadas.

El acero inoxidable del Tipo 316L es una versión de carbón extra bajo del Tipo 316 que minimiza la precipitación de carburos perjudiciales en la zona afectada por el calor durante la soldadura. Fuente: (NKS, 2019). En la figura 5_10 se aprecia el circuito utilizado para la construcción del conductímetro.

¹² Elemento químico de número atómico 42, masa atómica 95,94 y símbolo Mo

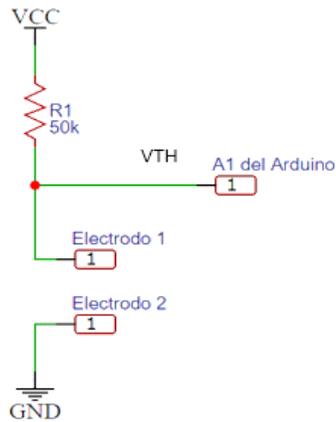


Figura 5_10: circuito conductímetro

A partir de este sensor se obtendrá la información para determinar la resistividad del agua, ésta se envía al pin analógico A1 del microcontrolador, al conocer la resistencia R1 se obtiene la corriente (I) que fluye a través del circuito y haciendo uso de la ley de Ohm se establece que la resistencia del agua es igual al voltaje de Thevenin (voltaje en A1) entre la corriente del divisor (I).

Matemáticamente se expresa:

$$R_{agua} = \frac{V_{TH}}{I_{DIV}}$$

Luego, para obtener el resultado de la conductividad se aplica el inverso de la resistencia y se expresa de la siguiente manera:

$$\sigma = \frac{1}{R_{agua}}$$

De esta manera se obtiene el valor de la conductividad con un instrumento de bajo costo pues, los mencionados anteriormente se encuentran por arriba de los \$500 mientras que, un metro de electrodos de acero grado 316L utilizado cuesta alrededor de \$10.

En las pruebas realizadas se obtuvo que en los electrodos se forma una caída de tensión, misma que está en función de la conductividad del agua, se tomó como base el agua destilada, dadas a las investigaciones previas se sabe que no es conductora.

Con esta muestra en el electrodo1 se obtienen 5V, en cambio, al cambiar las muestras se obtuvo caída de tensión en R1 y el voltaje en electrodo 1 disminuye. Para las pruebas, además de agua destilada se usaron muestras de agua con sal, agua potable y gaseosa notando el cambio a la salida de los electrodos, a mayor conductividad se obtiene menor voltaje.

5.3.5: Sensor de temperatura del agua:

Para el presente trabajo se hace uso de dos tipos de sensores, uno para medir la temperatura del agua y otro para medir la temperatura del ambiente. En el caso de la temperatura del agua se utilizó el sensor PT-100 que es del tipo RTD; la característica más importante de estos es que están fabricados con platino, con una resistencia eléctrica de 100 ohmios a una temperatura de 0 °C.

Dicho sensor se seleccionó ya que gracias a su recubrimiento este brinda la disponibilidad de permanecer sumergido, además de su comportamiento lineal y bajo costo.

El principio de funcionamiento de un sensor PT100 se basa en el hecho de que un metal al calentarse cambia su valor de resistencia, midiendo el valor de corriente que circula a través del RTD se mide el valor de la temperatura con precisión, dicha información se extrae de la ficha técnica del sensor, pero también de la práctica. En presencia de variaciones de temperatura el RTD modifica su componente resistivo en forma lineal, si la temperatura varía en un rango amplio, la no-linealidad se hace presente y aparecen errores de linealidad.

Están montados normalmente en algún tipo de encapsulado o funda protectora para formar una sonda de temperatura más robusta, y éstos se conocen comúnmente como sonda Pt100. La construcción típica de un RTD consiste en una bobina de hilo de cobre, de níquel o de platino, la bobina se fija a un soporte en forma de varilla, su diámetro es semejante al diámetro de un lápiz con una longitud aproximada de 40 centímetros, este fue diseñado por C.H. Meyers. (Mateos Suarez, 2007)

“Hay dos tipos principales de elementos Pt100: los de hilo bobinado y de película fina; los de alambre enrollado constan de una longitud de alambre de platino enrollado alrededor de un núcleo de cerámica o de vidrio” (OMEGA, 2019).

Una de las razones que por el cual se decidió utilizar este sensor es que a pesar de que el incremento de la resistencia de la PT100 no es lineal (a grandes rangos de temperatura), nos permite mediante tablas encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.

Además, puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión, dándole movilidad al proyecto.

La siguiente expresión proporciona la resistencia de un PT100 en función de la temperatura:

$$R_{PT100} = 100(1 + 0.003908T - 6(10^{-7})T^2 - 2(10^{-13})T^3)$$

En la figura 5_11 se puede observar el comportamiento del sensor PT 100 antes las variaciones de temperatura.

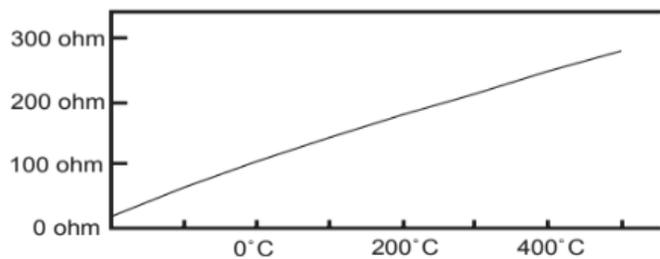


Figura 5_11: comportamiento del sensor PT100, tomada de Nota Técnica 4, rev. a, <https://www.arian.cl>

El principio de las PT100 es la modificación de su resistencia eléctrica, que varía según la temperatura a la que son sometidas. Como elemento extendido, la PT100 recoge el valor medio de la temperatura existente a toda su longitud. Tiene un rango teórico de medición que va de -200 a 850°C, pero, el rango comercial es de -50 a 600° C.

Como es de esperarse, con el cambio de temperatura del agua, este valor de $R(t)_{PTC}$ variará y con ello el voltaje de Thevenin representará la temperatura del agua.

Para este sensor no fue necesaria una calibración previa, dada su compatibilidad con el micro controlador, pero sí fue necesaria someter el sensor a diferentes pruebas para analizar su comportamiento, como por ejemplo, sumergir el sensor en agua bastante fría (con hielo), aplicarle calor con un chispero así como sumergirlo en agua hirviendo.

En la figura 5_12 se aprecia el sensor utilizado para este trabajo monográfico:



Figura 5_12: sensor PT100

En la figura 5_13 se observa cómo está incrustado en el tubo el sensor de temperatura del agua:



Figura 5_13: sensor de temperatura incrustado en tubo que ingresa al contenedor

En la figura 5_14 se observa el diagrama de conexión entre el microcontrolador y el sensor, este se conecta al pin A0 del Arduino Yun.

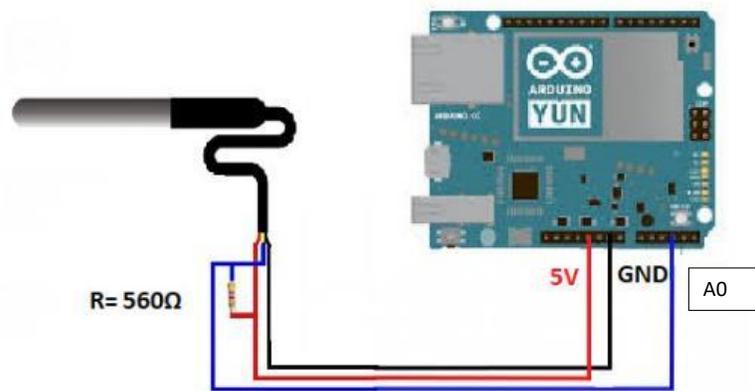


Figura 5_14: diagrama de conexión pt100 y Arduino

Dado que por sugerencias del fabricante se debe conectar una resistencia Pull-Up al sensor, se procedió a realizar los cálculos para definir ese valor tomando en cuenta que este sensor y tiene 100 Ω a cero grados Celsius. Se realizaron experimentos para observar el comportamiento de este, obteniendo que a 100 grados Celsius la impedancia subió hasta los 150 Ω ver figura 5_15.

Esta información permite tener una buena banda para la medición (0-100° C). Señalamos que este sensor estará sumergido en el agua para tomar su temperatura.

Para la medición se usa un divisor de voltaje, tomando como referencia que 100°C se obtenga un voltaje de Thevenin de 1V. Con esta información se calcula el resistor limitador:

$$V_{th}=1V$$

$$R(t)_{PTC}=150 \Omega$$

$$\text{Temperatura}=100^{\circ}C$$

$$+V_{CC}=5V$$

Cálculo del resistor limitador:

$$I_{div} = \frac{V_{TH}}{R(t)_{PTC}} = \frac{1}{150} = 6.6mA.$$

$$R3 = \frac{V_{CC}-V_{TH}}{I_{div}} = \frac{5-1}{6.6 \text{ mA}} = \frac{4}{0.0066} = 606\Omega,$$

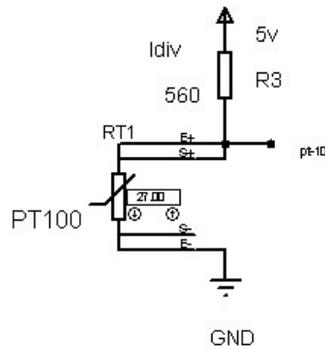


Figura 5_15: Circuito con resistor Pull-up

Se seleccionó un valor práctico de 560 Ω.

Mediciones de temperatura

Agua al tiempo= 26°C

Agua con Hielo = -16°C

5.3.6. Sensor de Nivel

Por otro lado, dado que el sensor de nivel fue construido, se realizaron pruebas de llenado y vaciado para comprender el comportamiento de éste, obteniendo que cuando el agua hace contacto con los electrodos hay variaciones de voltaje, es decir, caídas de tensión.

Para el nivel bajo los voltajes medidos en el pin son:

- 1.6V cuando el contenedor tiene agua.
- 2.5 V cuando no hay agua en el contenedor.

Para el nivel alto se obtienen los siguientes voltajes:

- 1.5V cuando el contenedor tiene agua
- 5V cuando el contenedor está vacío

A partir de estos voltajes se obtienen la cantidad de escalones que se usan para crear las condiciones en sistema a partir de:

$$Cantidad\ de\ escalones = \frac{V_{obtenido} * 1023}{5V}$$

Un dato muy importante para considerar es que estos escalones pueden cambiar por las variaciones de humedad interna en el contenedor, esto se pudo detectar a lo largo de las pruebas experimentales del sistema de monitoreo.

5.4 Implementación de resultados y construcción de prototipo

En esta sección se abordaron las tareas que se deben ejecutar para proceder a la construcción del prototipo final para el sistema de monitoreo de aguas tratadas, siendo el primer paso establecer los procesos que debe ejecutar el sistema para poder cumplir con los objetivos planteados.

5.4.1 Lógica de funcionamiento

En esta parte se explica cada parte del proyecto, así como los procesos establecidos para el funcionamiento y cómo se ejecutan dichos procesos, esto mediante la elaboración de un diagrama de flujo.

Los electrodos deben estar sumergidos en agua limpia para evitar que la sequedad genera costra en los mismos y dañen prematuramente su función. Por esta razón, en estado de reposo del contenedor donde están los electrodos debe estar lleno de agua limpia, la más limpia posible (potable como referencia).

Pasos que seguir en cada ciclo de lectura, sugerido cada 6 horas:

1. Drenar el agua limpia de la recámara del contenedor.
2. Llenar la recámara del contenedor con el agua tratada a analizar.
3. Realizar ciclos de mediciones, leer lecturas de los sensores:
 - Sensor de temperatura del agua, lee la información y se almacena.
 - Sensor de turbidez, lee la información y se almacena.
 - Sensor de conductividad, lee la información y se almacena.
 - Sensor de pH, en este prototipo se hace manual por el tipo de sensor que se está usando, se lee la información y se almacena.
 - Se lee la temperatura ambiente y humedad relativa, se almacenan.
 - Se repiten estos ciclos durante dos minutos.
 - Se promedian las mediciones almacenadas y se obtienen tres valores por cada señal almacenada:
 - a) Valor máximo
 - b) Valor promedio
 - c) Valor mínimo

4. Transmisión. Cumplidas las mediciones del punto tres, se transmite la información a la nube con la información correspondiente, el formato de lectura puede ser en formato Excel para las estadísticas o en formato gráfico.
5. Se drena el agua tratada que ya se analizó.
6. Llenar la recámara del contenedor con el agua limpia para lavar los sensores y recámara. Lo normal es llenar y drenar la recámara dos veces, por efectos de tiempo, durante la demostración solo se hará una vez.
7. Llenar la recámara del contenedor con el agua limpia y dejar en reposo, así quedará hasta un nuevo ciclo de mediciones.

Para obtener una mejor comprensión se elabora un diagrama de flujo éste es un diagrama que describe un proceso, sistema o algoritmo informático, se usa en numerosos campos para documentar, estudiar, planificar y/o mejorar procesos.

A la vez, nos ayudan a representar toda la información de un proyecto haciendo más fácil la comprensión de este. Emplean rectángulos, óvalos, diamantes y otras numerosas figuras para definir el tipo de paso, junto con flechas conectoras que establecen el flujo y la secuencia. (Lucid Software Inc, 2019)

Esta parte es muy importante para poder comprender el funcionamiento del sistema de monitoreo, a la vez, se puede analizar qué parte de este trabajo monográfico se puede mejorar.

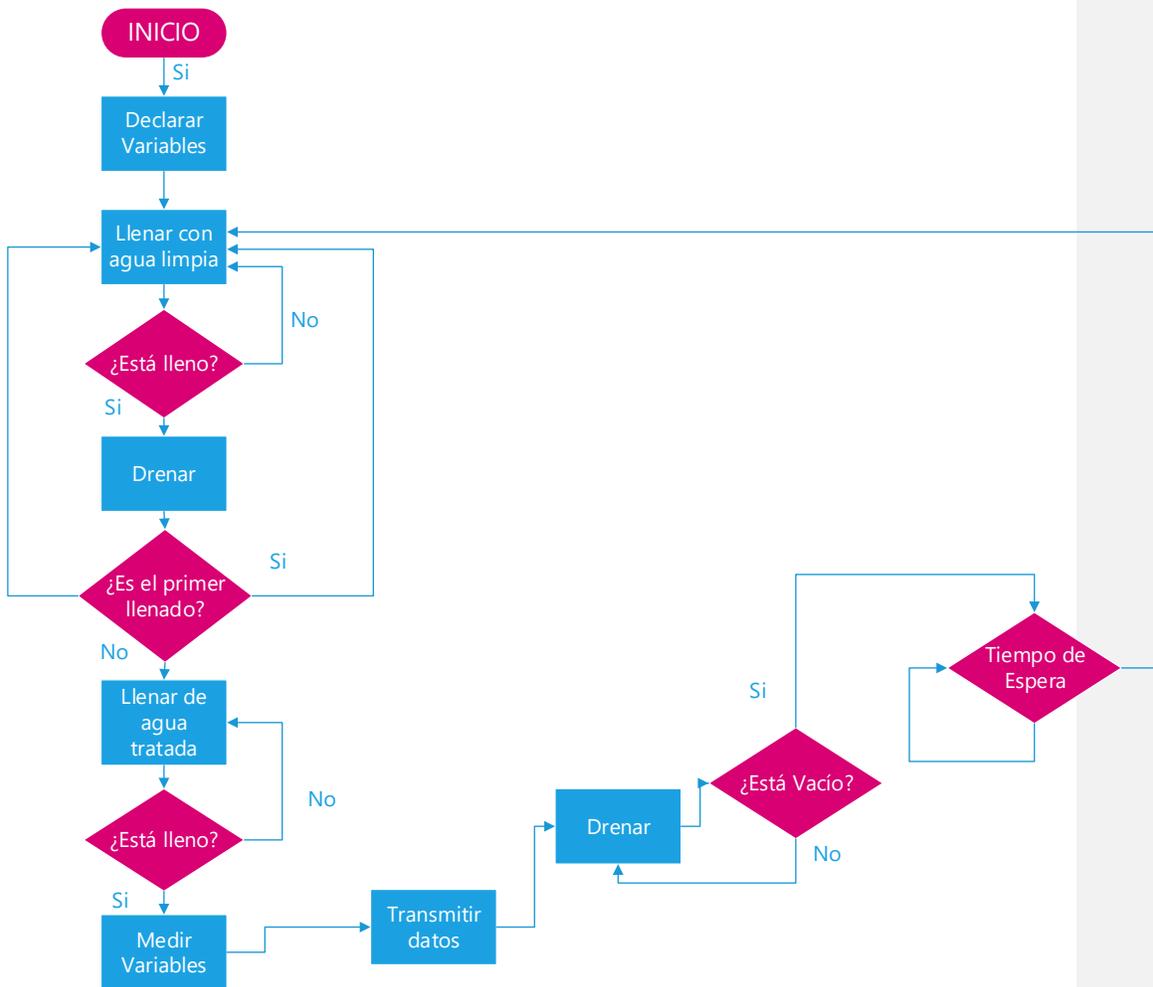


Figura 5_16 Diagrama de flujo

5.4.1.1 Declarar variables

Esta es la primera etapa de la programación. Para realizar las mediciones de las variables que nos indicarán la calidad del agua debemos programar, es decir, basados en el algoritmo, se lee sensor por sensor, se acumula toda la información y luego se transmite hacia “la nube”, esto IOT (internet de las cosas).

La declaración de variables es muy importante, esto permite codificar o representar estos datos dentro del sketch para facilitar su manipulación de cara a su transmisión hacia o desde los actuadores o sensores.

En el lenguaje de Arduino cuando se utiliza una variable primero hay que declarar el tipo de variable de la que se trata (por ejemplo 'int') y luego darle un nombre.

Las variables definidas para este trabajo monográfico son las que nos brindarán los valores de los parámetros establecidos anteriormente, que son:

1. pH

Como ya se especificó en el capítulo 1, para las mediciones de pH hacemos uso del sensor de valor líquido PH0-14 + sonda, electrodo para BNC PH para Arduino de la marca Balance World Inc.

El sensor funciona midiendo la diferencia de potencial entre dos electrodos, un electrodo de referencia ya sea de plata o cloruro de plata y un electrodo de vidrio que es sensible al ion de hidrógeno. Ambos electrodos están ubicados en la sonda del sensor.

Para programar el nivel de pH, primero se calibró el sensor, esto se hizo mediante el uso de muestras de laboratorio con diferentes valores de pH, una de ellas tenía un pH=4, la segunda muestra contenía un pH=10. También se ha tomado como punto de referencia que el pH definido para el agua pura es de pH=7. Este sensor nos brinda una señal de tipo analógica directamente proporcional al nivel de pH leído. Como es una señal

analógica, primero se tiene que digitalizar por medio de un convertidor analógico-digital (ADC), el microcontrolador lo tiene integrado en un nivel de 10 bits, así, 0-5V analógicos, estarán representados como 0-1023 valores digitales.

Tomando en cuenta esta información se declara la variable que almacenará los datos obtenidos del sensor de pH que arroja valores de voltaje y se convierten mediante la función `map()`¹³ para una clara interpretación del usuario, dichos datos se pueden ver reflejados en el monitor serial del IDE.

2. Temperatura ambiente y humedad relativa

Las mediciones de temperatura ambiente y humedad relativa se realizan mediante el uso del sensor DHT22. Este sensor usa un MUX (multiplexor) integrado, lo que le permite entregar la información de temperatura y Humedad Relativa en un mismo pin. Primeramente, el microcontrolador establece un nivel lógico alto en dicho pin, a partir de esta señal el DHT comienza a entregar la información, mismas que se puede extraer desde cualquier pin digital, para leer esta información se usa la librería DHT.h.

A nivel de hardware el microcontrolador primero envía una señal al sensor, luego el sensor responde a dicha señal y comienza a transmitir los 1 y 0 lógicos que son interpretados en la librería para posteriormente conocer la temperatura y la humedad relativa ambiente.

En la figura 5_17 se muestra la señal de comunicación entre el sensor y el microcontrolador.

¹³ permite «hacer equivalencias» entre diferentes rangos

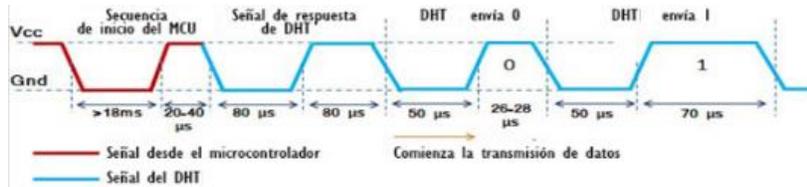


Figura 5_17: comunicación DHT 11 y DHT 22 con el microcontrolador, tomado del sitio <https://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-pic/dht11-con-pic/>

A nivel de software se debe declarar la librería: <code>#include "DHT"</code> y librería corresponde a Adafruit (fabricante del sensor) ya que si no lo hacemos no será posible obtener las mediciones del sensor DHT.

El tipo de variable utilizada para este sensor es del tipo flotante (float) por el nivel de precisión y se manda a leer la data, se guarda en variables declaradas para su almacenamiento y se muestran en el monitor serial proporcionado por el IDE.

3. Temperatura del Agua

Anteriormente, se explicó que la temperatura del agua es un dato muy importante, pues, influye en el valor de la conductividad y turbidez, también es sabido que las aguas contaminadas suelen tener una temperatura un poco más elevada que la del agua potable.

Para la medición de esta variable se hace uso del sensor pt100. La programación, al igual que el sensor de turbidez hacemos uso de la función `map()`, estos valores se establecen a partir del proceso de calibración.

La conexión con el microcontrolador se hace mediante un pin analógico, la señal es un voltaje proporcional a la temperatura del agua. En este caso establecemos el pin A0 para medir los valores de temperatura ambiente.

4. Conductividad

La conductividad del agua la detectamos por medio de un sensor, construido con base en electrodos de acero grado 316L, se hace circular cierta cantidad de corriente en el agua y por las impurezas contenidas en el agua, se genera una caída de voltaje, que, a partir de la ley de Ohm obtenemos el valor de esta variable.

La señal obtenida es de tipo analógica, dicha señal llega al Arduino y se conecta al pin analógico A4 del microcontrolador.

Se mandan a leer los valores y se almacenan en una variable de tipo flotante (float), luego se convierte a valores de voltaje tomando en cuenta que en nuestra placa Arduino 5V equivalen a 1023.

Luego de obtener el valor de voltaje se procede a calcular la corriente que circula en el agua, a partir de ambos datos se calcula la conductividad haciendo uso de la ley de Ohm y aplicando la inversa de la resistividad del agua se obtiene el valor de la conductividad.

5. Sensor de niveles

Para el proceso de automatización del llenado de agua del tanque de la recamara, se necesita medir el nivel del agua, sea esta de enjuague "limpia" o agua tratada "sucia", así, es necesario medir el nivel máximo y mínimo del nivel del agua el contenedor.

Tanto el nivel máximo, como mínimo del nivel del llenado/drenaje de la recamara se ha construido con electrodos de acero grado 316L. En la figura 5_18 se aprecia cómo lucen los electrodos una vez insertados en el tubo que va dentro del contenedor:



Figura 5_18: sensores de niveles

En la imagen 5_19 podemos observar el diseño realizado para el contenedor donde se estarán tomando las muestras, esto previo a la construcción de este:

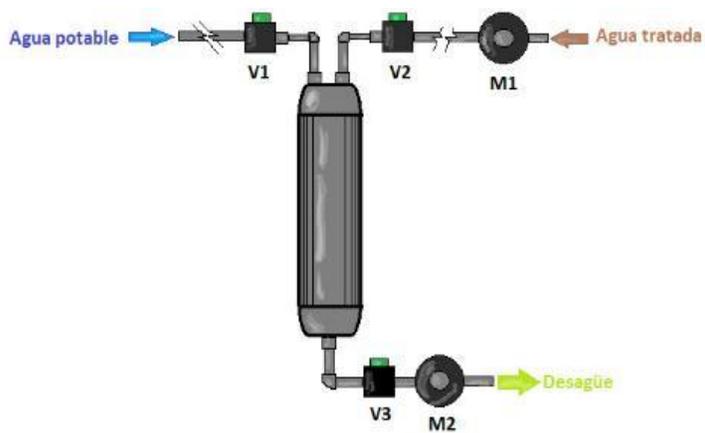


Figura 5_19: Contenedor de agua

- Válvula 1 (12v dc): Abre o cierra el paso del agua potable
- Válvula 2 (110v ac): Abre o cierra el paso del agua a medir
- Válvula 3 (110v ac): Abre o cierra el paso del agua del contenedor.
- Motor1: Extrae el agua del recipiente a medir
- Motor 2: Ayuda a drenar el agua del contenedor.

En la imagen 5_20 se observa el contenedor en proceso de construcción:

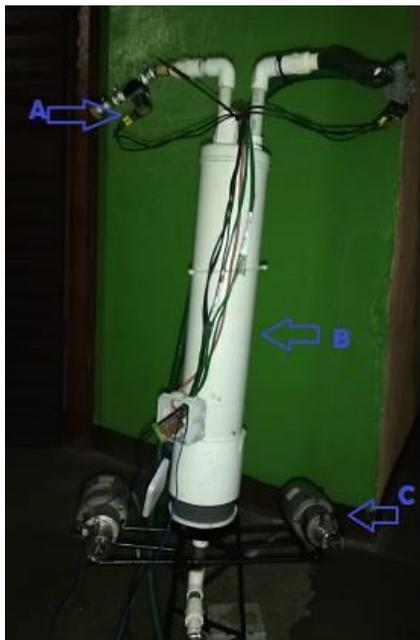


Figura 5_20: Contenedor del agua

- Indicador A: Válvula
- Indicador B: Contenedor
- Indicador C: Motor

5.4.1.2 Limpieza del contenedor

Para el proceso de limpieza del contenedor se ha construido un sensor de nivel, aplicando la lógica de funcionamiento del sensor de conductividad.

En el contenedor se encuentran 2 pares de electrodos, uno en la parte baja que indica el nivel bajo y otro en la parte alta que nos ayuda a indicar el estado alto, es decir, nos ayudan a deducir cuándo el contenedor ya está lleno o vacío.

A nivel de software la etapa de llenado se ejecuta mediante el juego de pines, es decir, se establece el estado en que se debe encontrar el pin durante el ciclo de llenado, dicho pin es analógico.

La primera etapa de llenado está controlada de manera física por la válvula número 1(v1), ésta se enciende para que se empiece a llenar el contenedor, luego mediante un while se permanece en el ciclo de llenado hasta que los electrodos detectan el agua, mandando una señal mayor o igual a 200 (cantidad de escalones), una vez se detecta este valor salimos del while y apagamos la válvula enviando un valor "bajo".

Como se dijo anteriormente, también consta de una etapa de drenado pues claramente el agua con la que se enjuaga el contenedor no puede permanecer dentro. Todo el proceso se repite 2 veces antes de llenar el contenedor con agua que será utilizada para realizar las muestras.

5.4.1.3 Llenar de agua a monitorear

Al igual que en el proceso de enjuague del contenedor acá se hace uso de válvulas, así como también de bombas de agua. Como ya se explicó el concepto de válvulas, abordaremos el concepto de bombas de agua para tener una mejor comprensión de cómo funciona el sistema.

El término bomba se trata de un concepto que puede emplearse de varias formas: hoy nos centraremos en su acepción como la máquina que favorece el impulso de un líquido en una determinada dirección.

El uso de bombas de agua en este proyecto se debe a que se utilizan para desplazar el líquido desde un sitio de menor altitud o presión hacia un lugar con mayor altitud o

presión; esto quiere decir que una bomba de agua puede ayudar a sacar agua de un pozo o a llevar el agua hacia los pisos más altos de un edificio. Para este proyecto, se trata de obtener agua tratada que se está vertiendo a un lugar y llevarla hasta la recámara para su análisis.

Su funcionamiento es muy sencillo, el agua es aspirada por el tubo de entrada de la bomba de agua para luego ser impulsada por un motor que utiliza como cualquier motor, bobinas e imanes para crear un campo magnético y así lograr que el impulsor gire de una manera continua, entonces, a medida que el rotor gira se mueve el fluido alimentando así la bomba.

Los sensores que se utilizan para las mediciones de las variables antes mencionadas están dentro del contenedor, y el proceso de llenado de agua tratada que es la que nos interesa evaluar se ejecuta de la misma manera que la etapa de enjuague.

La diferencia es que este proceso está controlado por la válvula 2 (v2) y nuevamente son los electrodos en la parte superior del contenedor que dan la señal para detener el ciclo.

5.4.1.4 Medir valores:

Como se están declarando variables, se definen los tipos a utilizar, se abordan los tipos de variable que se usan en el entorno Arduino, para poder tener una mejor comprensión del tema.

Cada variable tiene una etiqueta describiendo el contenido, es decir, el nombre de dicha variable y dentro de ella se encuentra el valor de ésta.

Es por esto, que es muy importante tener definidas las variables y a cada una definirla con un tipo y un identificador o nombre. Para tener un mejor manejo del tema se explican los tipos de variables que maneja el lenguaje Arduino:

- Void: reservado para la declaración de funciones sin valor de retorno.
- Byte: un número entero del 0 al 255 codificado en un octeto o byte (8 bits).
- Int: (Integer=entero). Un número entero entre 32,767 y -32,768 codificado en dos octetos (16 bits).

- Long: Un entero comprendido entre 2,147,483,647 y -2,147,483,648 y codificado en 32 bits (equivalente a 4 bytes/octetos).
- Float: Un número real (con decimales) almacenado en 4 bytes (es decir 32 bits) y comprendido entre 3.4028325E+38 y -3.4028325E+38.
- Unsigned int: Un número natural (entero positivo) almacenado en 16 bits (2 bytes) y comprendido entre 0 y 65,545.
- Unsigned long: Un número natural (entero positivo) almacenado en 32 bits (4 bytes) y comprendido entre 0 y 4,294,967,296.
- Boolean: Una variable booleana que puede tener solamente dos valores: true (verdadero) o false.
- Char: Un carácter ASCII almacenado en 8 bits (un byte). Esto permite almacenar caracteres como valores numéricos (su código ASCII asociado). El código ASCII para el carácter 'a' es 97, si le añadimos 3 obtendríamos el código ASCII del carácter 'd'.
- Unsigned char: Este tipo de datos es idéntico al tipo byte explicado arriba. Se utiliza para codificar números de 0 hasta 255. Ocupa 1 byte de memoria.

5.4.1.4 Transmitir datos a la nube

Habiendo cumplido con todos los procesos detallados en el diagrama de flujo se procede a enviar los datos a Thingspeak, como se mencionó anteriormente esta tarea se ejecuta mediante el microcontrolador Arduino Yun, este al conectarse a una red inalámbrica enviará los datos a la plataforma donde los valores se representan a través de gráficos.

En la Figura 5_21 se muestran las gráficas en Thingspeak de las variables involucradas en el proceso, desde la plataforma se pueden ver los valores de cada una de ellas e información tal como el día y la hora en que fueron enviados dichos datos.

1. Temperatura ambiente: se refiere a la temperatura existente en el sitio donde se vierten las aguas tratadas.
2. Humedad Relativa: se refiere a la humedad en el ambiente donde se vierten las aguas tratadas.
3. Temperatura del agua: se refiere a la temperatura del agua tratada.
4. pH: se refiere al porcentaje de hidrógeno presente en el agua tratada.

- 5. Turbidez: se refiere a la cantidad de sólidos disueltos en el agua tratada.
- 6. Conductividad: se refiere a la cantidad de partículas disueltas en el agua tratada.

A modo de prueba se enviaron señales "basura" esto para entender el comportamiento de las gráficas en Thingspeak, es debido a esto que se observan valores negativos o bien iguales a cero.

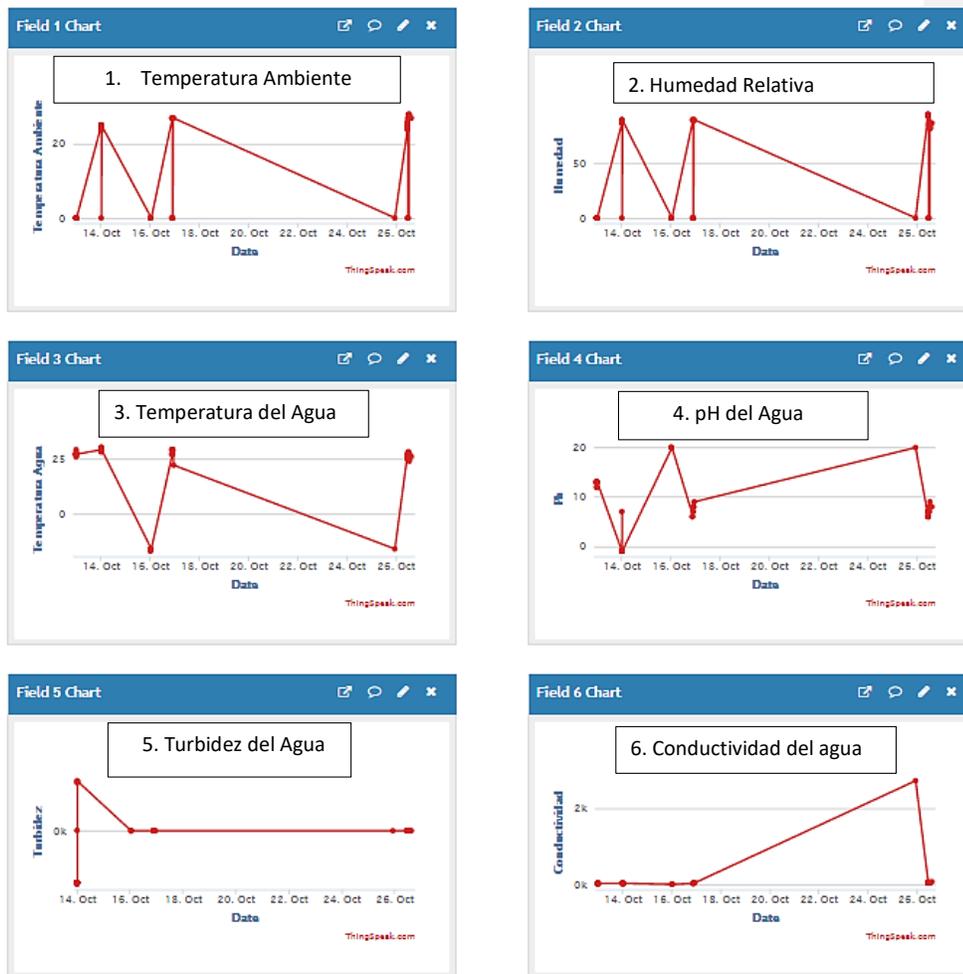


Figura 5_21 Graficas hechas por Thingspeak de las variables del proceso.

5.4.2 Adquisición de datos con el microcontrolador

Primeramente, se realiza la medición de la temperatura ambiente y humedad relativa, ambas se obtienen al mismo tiempo, ya que como se explicó anteriormente las mediciones se hacen desde un mismo sensor, que en este caso es el DHT22.

Como este sensor consta de su propia librería y al momento de declarar variables también se declara el pin digital con el que se estará trabajando, solamente nos queda mandar a realizar la lectura a nivel de software con comandos ya integrados en dicha librería.

Como se mencionó anteriormente, los datos obtenidos se guardan en una variable previamente declarada de tipo flotante, y luego se convierten a variable de tipo String.

Para el caso del DHT no es necesario incluir algún tipo de conversión matemática ya que los valores de temperatura ambiente y humedad relativa pueden ser vistos sin necesidad de este paso, a través del monitor serial proporcionado por nuestro IDE.

La siguiente variable para medir es el pH. En esta parte, definimos el nombre de la variable donde se almacenan los datos brindados por nuestro sensor de pH, el tipo de variable que definimos para este valor es de tipo entero.

También se realizan la conversión del dato obtenido en el pin analógico, convirtiéndolo a la escala de +5V.

El resultado es guardado en una variable de tipo flotante y se ingresa en la función `map()`, el valor arrojado por esta función es el valor de pH en el agua que se está monitoreando y se guarda en una variable de tipo entero etiquetada como "pH", igualmente al final de la medición se convierte a String.

Seguido se realiza la medición de la temperatura en el agua, como bien se explicó se hace uso del sensor RTD pt100. Al igual que en el sensor de pH, se establece un pin analógico donde se obtendrán las lecturas hechas por este sensor.

Los datos obtenidos en el pin analógico se guardan en una variable de tipo entero, luego se ingresa este valor a la función `map()`, que genera otro valor guardado también en una nueva variable de tipo entero y etiquetada como `vol`, esto para obtener el valor de voltaje en el pin.

Una vez se obtiene dicho valor se ingresa a otra función `map()`, el dato arrojado de esta función ya corresponde a el valor de la temperatura, se define como una variable de tipo entero y se etiqueta con el nombre de `"temp"`.

Luego se procede con la medición de conductividad (`G`), como se explicó anteriormente la señal que proporcionan los electrodos es de tipo analógica, por lo que, se define un pin analógico para obtener la medición.

Este dato se guarda en una variable de tipo flotante (`float`) y al igual que con el sensor de pH por medio de una ecuación matemática convertimos ese valor a voltaje que se declara igualmente como una variable de tipo flotante y se etiqueta como `"voltaje C"`.

A partir del valor de voltaje se obtiene el valor de la corriente que circula por el agua, este valor se guarda en otra variable de tipo flotante etiquetada como `Ic`, una vez obtenidos el valor del voltaje y la corriente se despeja el valor de la conductividad mediante el uso de la ley de Ohm.

Tomando en cuenta que la conductividad es el inverso de la resistencia-se declara que la variable de tipo flotante etiquetada como `C` equivale a el valor de la corriente entre el valor del voltaje, esto dividido entre mil. Al igual que en las variables anteriores esta se convierte en una de tipo `String`.

Luego de realizar las mediciones restan dos pasos por completar, uno de ellos es la transmisión de los datos, este se estará abordando de manera más amplia en el siguiente capítulo.

El drenaje del agua que ya fue sometida al monitoreo se realiza al igual que en la etapa de enjuague del contenedor, acá influye el valor enviado por los electrodos, en este caso los que están ubicados en la parte inferior del recipiente para detectar el nivel bajo del agua, así como también es manejado por la válvula 3(v3).

Una vez completado este paso regresamos a la etapa de enjuague del contenedor y así permanece el ciclo.

Una vez cumplidas todas estas pruebas y obtenidos los datos necesarios se realizó la construcción del prototipo, en la figura 5_22 se observa el sistema de monitoreo ya construido y funcional:



Figura 5_22: prototipo finalizado del sistema de monitoreo.

Finalmente, se puede observar que se completó el proceso de construcción del sistema de monitoreo, obteniendo una solución mediante:

- Investigación documental.
- Compra de sensores y experimentación con los mismos.
- Análisis de resultados.
- Desarrollo de prototipo.

Dada la implementación del sistema de monitoreo para aguas tratadas se obtuvo que esta solución ofrece al usuario:

- Reducción de costos: ya que es un sistema de monitoreo de bajo costo y todos los sensores trabajan en conjunto, reduce los gastos elevados de equipos para monitoreo de varias variables de manera individual en plantas de tratamiento, además que elimina la necesidad de requerir de los servicios de un operador manual ya que trabaja este sistema trabaja de manera automatizada.
- Una solución a nivel país: promoviendo el monitoreo de los efluentes de agua en las plantas de tratamiento de manera remota y asegurar el cumplimiento de la ley Nacional de Aguas, evitando de este modo focos de contaminación de cuerpos receptores, es decir, este sistema apoya a la protección del ecosistema en nuestro país.
- Posibilidad de ajuste según las necesidades del usuario: al ser un sistema escalable, se pueden añadir variables de monitoreo para tener un mejor conocimiento sobre la calidad del agua, además se pueden ajustar parámetros como cantidad de muestras que tomará el sistema de monitoreo o bien, el tiempo que habrá entre cada transmisión a la nube.
- Un sistema confiable: los datos al ser transmitidos de manera automática por el microprocesador que toma los valores directamente de los sensores, se evitan actos de corrupción, pues dichos valores no pueden ser alterados por acción humana dando así datos más confiables y teniendo mejor visibilidad de la calidad del agua tratada.
- Fácil acceso a la información: ya que es un sistema que trabaja de manera remota enviando los datos a la nube, se puede acceder a la información enviada en este caso a la plataforma Thingspeak desde cualquier parte del mundo, a cualquier hora y en cualquier momento, ya sea con un dispositivo móvil o desde la computadora siempre y cuando se cuente con una conexión a internet.
- Control de monitoreo: pues se puede extraer una base de datos en formato EXCEL gracias a la implementación del datalogger promoviendo así un mejor control sobre las lecturas de las mediciones realizadas.

VI. Tablas de presupuesto

Nota: Los precios de los sensores, motores, válvulas y arduino Yun incluyen los valores CIF (Cost Insurance and Freight) es decir costo, seguro y flete.

Tabla 6_1. Presupuesto del sistema de monitoreo de aguas tratadas

<i>N°</i>	<i>Descripción</i>	<i>Marca/Modelo</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Valor</i>
1	Sensor de turbidez	TSW-20	2	\$80
2	Sensor de humedad relativa	DHT-22	1	\$20
3	Sensor de pH	E201-BNC	1	\$130
4	Sensor de temperatura del agua	PT-100	1	\$85
5	Modulo de relé 5v DC de 4 canales con opto-acopladores	**	1	\$10
6	Válvula de 12v DC	FCD207OE	1	\$12
7	Válvula de 120v AC	**	2	\$20
8	Arduino Yun	Atmega32u4	1	\$187.25
9	Motor eléctrico (Función de Bomba)	Magnetek Universal Electric	2	\$196
			Subtotal (a)	\$740.25

Tabla 6_2. Presupuesto de materiales para construcción del contenedor

<i>Materiales para construcción del contenedor</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Valor</i>
10 Tubo PVC de 4"	2 metros	\$1.5
11 Codos de ½ "	3	\$1
12 Tapas de PVC de 4"	2	\$2.5
13 Tubo de PVC de ½"	3 metros	\$1
14 Adaptador macho de rosca de ½"	5	\$2
15 Adaptador hembra de rosca de ½"	2	\$1.25
16 Camisa de PVC de ½"	3	\$ 0.80
17 Adaptador hembra de rosca CPVC de ½"	3	\$6.5
18 Tubo CPVC	2 metros	\$10
19 Conectores hembra para manguera de ½"	3	\$13
20 Pega Poxipol de tubo (70ml)	1	\$2.75
21 Pega Poxipol de vaso	1	\$9.20

22	Pega para tubo PVC	1	\$2
23	Brida Metálicas	6	\$3.15
24	Bridas plásticas	24	\$2
25	Mangueras de 1/2"	2 metros	\$1.60
26	Manguera de 1/4"	2 metros	\$7.50
27	Pago de base metálica para contenedor	1	\$25
28	Cable de Acero Inox grado 316L	2 metro	\$10
29	Silicona negra Loctite (70ml)		\$2.80
		Subtotal	
		(b)	\$105.55

Tabla 6_3 Presupuesto de materiales eléctricos/varios

<i>N°</i>	<i>Gastos materiales eléctricos / Varios</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Valor</i>
30	Cable multifilar calibre 14	6 metros	\$2
31	Cable multifilar calibre 16	10 metros	\$5
32	Bloque de terminales de abrazadera	2	\$10
33	Bloques conector de 2 pines	10	\$4
34	Tarjetas perforadas	2	\$4
35	Rollo de estaño 60/40	1	\$4
36	Pasta para soldar	1	\$2.5
37	Caja plástica 4x4	1	\$2
38	Caja plástica 2x2	2	\$8
39	Forro termo-contráctil	2 metros	\$3
Subtotal (c)			\$44.5

Tabla 6_4 Presupuesto de materiales para fuente de voltaje

<i>N°</i>	<i>Gastos componentes electrónicos</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Valor</i>
40	Condensadores cerámicos	6	\$2
41	Condensador electrolítico	1	\$1
42	Transformador con tap central	1	\$20
43	Diodos	4	\$1.5
44	Regulador 7805	1	\$2
45	Regulador 7812	1	\$2
46	Switch de apagado	1	\$0.5
47	Fusible y Porta Fusible	1	\$1
Subtotal (d)			\$30

Tabla 6_5 *Presupuesto total de proyecto*

<i>N°</i>	<i>Presupuestos</i>	<i>Valor</i>
1	Presupuesto de sensores, válvulas, motores	\$ 740.25
2	Presupuesto de materiales para construcción del contenedor de agua	\$ 105.55
3	Presupuesto para materiales eléctricos y compras varias	\$44.50
4	Presupuesto de materiales para fuente de voltaje	\$30
	Gran Total	\$920.05

VII. Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

- Se comprobó que la implementación de sistema de monitoreo de aguas tratadas cumple con los objetivos planteados, midiendo de manera efectiva las variables propuestas de acuerdo con las necesidades detectadas y/o requeridas por una planta de tratamiento.
- Se determinó que la implementación del sistema de monitoreo de aguas tratadas garantiza el llenado con agua del contenedor, la toma de muestras y el envío de los datos recolectados por los sensores a la nube de manera automática, creando también un datalogger, para guarda la información obtenida en una memoria USB.
- Al medir la variable de pH con el sensor E201-BNC tenemos ciertas limitantes, el electrodo de vidrio o membrana que conforma el sensor no puede quedar seco, cuando no está en uso tiene que estar sumergido en agua destilada para proteger el electrodo. Es por lo que se instala solo al momento de realizar las pruebas.

7.2 Recomendaciones

Con el diseño del prototipo hay algunas opciones que pueden ayudar a mejorar este sistema de monitoreo, por lo que se exponen las siguientes recomendaciones:

- Se sugiere para una mayor cantidad de muestras de agua, cambiar el contenedor de PVC de 4" por un barril de 200 litros, esto para obtener un mayor espacio para poder instalar un brazo giratorio que remueva los sedimentos dentro del tanque.
- Teniendo un contenedor más grande se sugiere instalar flotadores eléctricos para medir el nivel del agua.
- Se recomienda cambiar el sensor de Ph E201-BNC por uno industrial que permita estar siempre sumergido, como el sensor Sensorex Submersion electrodo de CPVC para la medición de pH, así se lograría obtener un sistema 100% automatizado, dado que en este prototipo el sensor no puede permanecer sumergido.
- Cambiar los motores por bombas de agua de mayor caudal, de igual manera las válvulas.

VIII. Bibliografía

- EDDY, M. &. (1995). *Ingeniería de Aguas residuales*. España: McGraw-Hill.
- Espejo, R. P. (2006). *Granjas Porcinas y medio ambiente: contaminación del agua en la Piedra, Michocán (1 era ed.)*. Mexico: Plaza y Valdes, S.A.
- Franquet J, A. M. (2017). *Problemática del Río Ebro en su tramo final*. España: Grafica Dertosense, S.L.
- Heinke, G. H. (1999). *INGENIERÍA AMBIENTAL*. Mexico: Pearson Educacion.
- Ramos R, S. R. (2003). *El agua en el medio ambiente. Muestreo y analisis*. Mexico: Plaza y Valdez, S.A de C.V.
- Villalobos, R. P. (s.f.). *Importancia de la calidad del agua en los procesos de la industria*.
- Torres, A. (s.f.). *Analisis de aguas residuales*. Granada.
- Montiel, H. P. (2014). *Fisica General*. Mexico: Grupo Editorial Patria.
- Mateos Suarez, R. O. (2007). *Tabla de Calibración*. Mexico.
- Guzman J, R. V. (Mayo de 2005). *Aspectos importantes sobre manejo sanitario de aguas residuales*. El Salvador.
- INSTITUTOTECNOLÓGICODEORIZABA. (14 de Marzo de 2016). *INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL*.
Obtenido de <https://arturenteral.wixsite.com/instrumentacion3/single-post/2016/03/14/VARIABLES>
- Instrumentacion y control*. (s.f.). Obtenido de <https://instrumentacionycontrol.net/cuales-son-los-instrumentos-de-medicion-y-control-de-procesos-lo-que-no-sabias-de-ellos/>
- Javier Mateo- Sagasta, G. G. (2017). *FAO*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i7748s.pdf>
- Klaassen, P. (2019). *canna*. Obtenido de http://www.canna.es/importancia_conductividad_electrica
- González, A. G. (30 de Mayo de 2014). *PanamaHitek*. Obtenido de <http://panamahitek.com/arduino-yun-caracteristicas-y-capacidades/>
- Alcivar E, B. C. (2 de Septiembre de 2016). *instrumentos de conductividad*. Obtenido de <https://instrumentosdeconductividad.wordpress.com/>
- Baez, S. &. (Febrero de 2015). *Diagnostico socio - ambiental de aguas residuales emitidas en el II semestre del año 2014 por la planta de tratamiento de aguas residuales. (PTAR-Boaco) Boaco, 2014*. Obtenido de Repositorio Unan Edu Ni: <http://repositorio.unan.edu.ni/779/1/10404.pdf>
- AngelesMendez. (11 de Enero de 2011). *LaGuía*. Obtenido de <https://quimica.laguia2000.com/propiedades/turbidez>
- B.V, L. (1998-2019). *LENNTech*. Obtenido de <https://www.lenntech.es/turbidez.html>

Instituto Tecnológico de Orizaba (14 de Marzo de 2016). *INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL*. Obtenido de <https://arturenteral.wixsite.com/instrumentacion3/single-post/2016/03/14/VARIABLES>

Instrumentacion y control. (s.f.). Obtenido de <https://instrumentacionycontrol.net/cuales-son-los-instrumentos-de-medicion-y-control-de-procesos-lo-que-no-sabias-de-ellos/>

Javier Mateo- Sagasta, G. G. (2017). *FAO*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i7748s.pdf>

Canna. (2019). Obtenido de http://www.canna.es/importancia_acidez_del_ph_para_tus_plantas

Carbotecnia. (2014). Obtenido de <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/que-es-el-ph-del-agua/>

Conceptode. (s.f). *Concepto.de*. Obtenido de <https://concepto.de/ph/>

Cuido del agua. (2009). Obtenido de <http://www.cuidoelagua.org>

DefiniciónABC. (2007-2019). *DefiniciónABC*. Obtenido de <https://www.definicionabc.com/medio-ambiente/escalas-temperatura.php>

diferenciador. (2018-2019). *diferenciador.com*. Obtenido de <https://www.diferenciador.com/diferencia-entre-calor-y-temperatura/>

EcuRed. (s.f.). *EcuRed*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Aguas_residuales

González, A. G. (30 de Mayo de 2014). *Panamahitek*. Obtenido de <http://panamahitek.com/arduino-yun-caracteristicas-y-capacidades/>

Logicbus. (s.f). *Logicbus.com.mx*. Obtenido de <https://www.logicbus.com.mx/sensores-temperatura.php>

lopez, A. (29 de Mayo de 2018). *El país*. Obtenido de https://elpais.com/elpais/2018/05/29/ciencia/1527575227_169068.html

Klaassen, P. (2019). *canna*. Obtenido de http://www.canna.es/importancia_conductividad_electrica

Laurategria. (11 de noviembre de 2018). *slideshare*. Obtenido de <https://www.slideshare.net/laurategria/quimica-122714244>

Mechatronix, e.-G. (2017). *e-Gizmo*. Obtenido de <https://www.e-gizmo.net/oc/kits%20documents/PH%20Sensor%20E-201-C/PH%20Sensor%20E-201-C.pdf>

Meteorologíaenred. (s.f). *meteorologíaenred.com*. Obtenido de <https://www.meteorologiaenred.com/la-humedad.html>

B.V, L. (1998-2019). *LENNTECH*. Obtenido de <https://www.lenntech.es/turbidez.html>

AngelesMendez. (11 de Enero de 2011). *LaGuía*. Obtenido de <https://quimica.laguia2000.com/propiedades/turbidez>

OMEGA. (2003). Obtenido de <https://es.omega.com/prodinfo/termopares.html>

significados. (2013-2019). *significados.com*. Obtenido de ciencia y salud: <https://www.significados.com/temperatura/>

Silva, E. (Enero de 2010). *Medición de Turbidez en la Calidad del Agua*. Jalisco, México.

SMARTFertilizerManagment. (2017). *smart-fertilizer.com*. Obtenido de <https://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/electrical-conductivity>

TextosCientificos.com. (22 de Febrero de 2006). *Textos Científicos*. Obtenido de <https://www.textoscientificos.com/redes/ethernet/tipos-ethernet>

thingspeak. (2019). Obtenido de <https://thingspeak.com/>

VenemediaComunicaciones. (2011-2019). *Conceptodefinición.de*. Obtenido de <https://conceptodefinicion.de/humedad/>

NKS. (2019). *Excelify*. Obtenido de <https://nks.com/es/distribuidor-de-acero-inoxidable/aceros-inoxidables-316/>

www.arduino.cc. (Octubre de 2017). Obtenido de www.arduino.cc

Xataka. (Julio de 2018). *Xataka*. Obtenido de <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>

(2019). Obtenido de OMEGA: <https://es.omega.com/prodinfo/pt100.html>

diferenciador. (2018-2019). *diferenciador.com*. Obtenido de <https://www.diferenciador.com/diferencia-entre-calor-y-temperatura/>

EcuRed. (s.f.). *EcuRed*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Aguas_residuales

EcuRed. (s.f.). *EcuRed*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Conductividad_eléctrica

EcuRed. (s.f.). *EcuRed*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Turbidímetro>

Meteorologíaenred. (s.f.). *Meteorologíaenred.com*. Obtenido de <https://www.meteorologiaenred.com/la-humedad.html>

TuEquipoSeo. (2014). *DescubreArduino*. Obtenido de <https://descubrearduino.com/thingspeak/>

VenemediaComunicaciones. (2011-2019). *Conceptodefinición.de*. Obtenido de <https://conceptodefinicion.de/humedad/>

ICTEA. (2019). *WII ICTEA*. Obtenido de <http://www.ictea.com/cs/index.php?rp=/knowledgebase/274/iQue-es-Wi-Fi.html>

Academia.edu. (s.f.). Obtenido de https://www.academia.edu/18725402/humedad_especifica_y_relativa_del_aire

Amazon.es. (1996-2019). *Amazon.com,Inc*. Obtenido de <https://www.amazon.es/turbidez-TSW-20M-control-calidad-detección/dp/B07S4942BD>

BossTech. (28 de Mayo de 2019). *BossTech*. Obtenido de <https://bosstech.pe/blog/a-donde-van-las-aguas-residuales-y-que-hacen-con-ellas/>

HowToMechatronics.com. (2019). *How To Mechatronics*. Obtenido de <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/dht11-dht22-sensors-temperature-and-humidity-tutorial-using-arduino/>

Ley N° 620 Ley General de Agua. (Septiembre de 2017). *Publicado en La Gaceta, Diario Oficial No.169.*
Managua, Nicaragua. Obtenido de
[http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(\\$All\)/COC1931F74480A55062573760075BD4
B](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/COC1931F74480A55062573760075BD4B)

Ley N° 620 Ley General de Agua, Art#102,104. (Septiembre de 2017). Managua, Nicaragua.

Logicbus. (2018). Obtenido de <https://www.logicbus.com.mx/sensores-temperatura.php>

IX. Anexos

Anexo 1: Programación del sistema de monitoreo

```
#include "ThingSpeak.h"
#include "DHT.h"
#include "YunClient.h"
#include <FileIO.h> //para el datalogger

#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

YunClient client;

unsigned long myChannelNumber = 797396;
const char * myWriteAPIKey = "1PXJM8775KE1DKMJ";

int v1=2; //se llena de agua potable
int v2=3; // se llena de agua a medir
int v3=4; // dreña el agua
int nivel, nivelbajo;//el nivel lo mide en A0
int n=10; //n es la cantidad de muestras para obtener el promedio.
int i; //i se usa en el for para obtener el promedio.
int T=30;//es el tiempo de espera para transmitir, esta en minutos.
//-----
-----
void setup()
{

  Serial.begin(9600);
  ThingSpeak.begin(client);
  Bridge.begin();
  FileSystem.begin();
  dht.begin();
  pinMode(v1,OUTPUT);
  pinMode(v2,OUTPUT);
  pinMode(v3,OUTPUT);
  if (!SerialUSB);
  SerialUSB.println("Filesystem datalogger\n");
```

```

}
//-----
void loop()
{
  Serial.println("VOID LOOP");
  llenar1();//llenar con v1on v2 v3 off
  drenar();
  llenar1();
  drenar();//paso 4 se repite el paso2
  tomamuestra();//v2abierta por 30seg apagar v2, leer los datos
  enviar();
  drenar();//paso 6
  llenar1();//paso 7
  delay(T*60);//reposa 5 minutos
}
//-----
void enviar()
{
  int t,h;
  String humedad,temperatura,phs,tagua,conduc;
  int a_humedad=0,a_temperatura=0,a_phs=0,a_tagua=0,a_conduc=0; //Variablea acumuladoras
  float p_humedad,p_temperatura,p_phs,p_tagua,p_conduc; //Variables promedios
  Serial.println("Entra a enviar ");
  for(i=1;i<=n;i++)//se obtiene el promedio.
  {
    //////////Temperatura ambiente//////////
    t = dht.readTemperature();
    a_temperatura= a_temperatura+t;

    //////////Humedad//////////
    h = dht.readHumidity();
    a_humedad=h;

    //PT100 TEMPERATURA DEL AGUA////////

    int lectura= analogRead(A0);
    float voltLM= map(lectura,0,1023,0,5000);//(lectura/1024.0)*5000;
    float tempAgua= voltLM/10;
    a_tagua= a_tagua+tempAgua;

    //////////PH//////////

```

```

int val=analogRead(A3);
int vol= map(val,0,1023,0,5000);
int ph= map(vol,3870,2610,4,10);
a_phs= a_phs+ph;//el valor numerico se pasa a string.

    ///conductividad///
float lecturaC= analogRead(A2); //Electrodo de nivel Low
float voltageC= (lecturaC*5000000)/1023;
//Serial.println(voltageC,3);
float lc= (5000000-voltageC)/24;
//Serial.println(lc);
float C= (lc/voltageC)*1000;
a_conduc=C;
delay(200);//retardo entre cada muestra para luego promediar.
}
//*****Se promedia usando las variables acumuladoras y n*****
p_humedad = a_humedad /n;
p_temperatura = a_temperatura /n;
p_phs = a_phs /n;
p_tagua = a_tagua /n;
p_conduc = a_conduc /n;
//*****Fin del
promedio*****

//=====Se hace el cambio de float a String=====
humedad = p_humedad;
temperatura = p_temperatura;
phs = p_phs;
tagua = p_tagua;
conduc = p_conduc;
//=====Fin del cambio=====

a_humedad=0;a_temperatura=0;a_phs=0;a_tagua=0;a_conduc=0;//Se limpian las variables
acumuladoras.
p_humedad=0;p_temperatura=0;p_phs=0;p_tagua=0;p_conduc=0;//Se limpian las variables de los
promedios.

Serial.println("Temp Hum agua°C PH Conductividad");
Serial.print(" ");
Serial.print(temperatura);
Serial.print(" ");
Serial.print(humedad);

```

```

Serial.print(" ");
Serial.print(tagua);
Serial.print(" ");
Serial.print(phs);
Serial.print(" ");
Serial.println(conduc);
//*****Transmision de datos a thingspeak*****

```

```

ThingSpeak.setField(1,temperatura);
ThingSpeak.setField(2,humedad);
ThingSpeak.setField(3,tagua);
ThingSpeak.setField(4,phs);
ThingSpeak.setField(6,conduc);

```

```

ThingSpeak.writeFields(myChannelNumber, myWriteAPIKey);
Serial.println("*****Datoe enviados a thingspeak*****");
//*****Fin de la transmision de datos*****
sd(humedad,temperatura,phs,tagua,conduc);
delay(20000); // ThingSpeak will only accept updates every 15 seconds.

```

```

}

```

```

//-----

```

```

void llenar1()
{
  Serial.println("VOID llenar");
  digitalWrite(v1,HIGH);
  digitalWrite(v2,LOW);
  digitalWrite(v3,LOW);
  nivel=analogRead(A2);
  while(nivel>=200)
  {
    nivel=analogRead(A1);
  }
  digitalWrite(v1,LOW);
}

```

```

//-----

```

```

void drenar()
{
  Serial.println("VOID drenar");
  digitalWrite(v1,LOW);
  digitalWrite(v2,LOW);
  digitalWrite(v3,HIGH);
}

```

```

nivelbajo=analogRead(A2);
while(nivelbajo<=200)
{
  nivelbajo=analogRead(A2);
}
digitalWrite(v3,LOW);

}
//-----

void tomamuestra()
{
  Serial.println("VOID tomamuestra*****");
  digitalWrite(v2,HIGH);//llena de agua tratada (on)
  digitalWrite(v1,LOW);//valvula que llena de agua potable (off)
  digitalWrite(v3,LOW);//valvula para drenar (off)
  nivel=analogRead(A1);//A1 esta conectado el electrodo de nivel HIGH.
  while(nivel>=200)
  {
    nivel=analogRead(A1);
    Serial.println(nivel);
  }
  Serial.println(nivel);
  digitalWrite(v2,LOW); //se apaga la valvula 2.
  Serial.println("Sale del VOID tomamuestra*****");
}
//-----

void sd(String humedad,String temperatura,String phs,String tagua,String conduc)
{
  String dataString;
  dataString += "Humedad:";
  dataString += humedad;
  dataString += ","; //coma para separar las columnas.
  dataString += "Temperatura:";
  dataString += temperatura;
  dataString += ","; //-----
  dataString += "Nivel de PH:";
  dataString += phs;
  dataString += ","; //-----
  dataString += "Temperatura del Agua:";
  dataString += tagua;
  dataString += ","; //-----
  dataString += "Conductividad:";

```

```
dataString += conduc;
dataString += ";//-----
File dataFile = FileSystem.open("/mnt/sd/datalog.txt", FILE_APPEND);//Se abre el archivo dataFile en el
txt datalog que se encuentra en la memoria sd
if (dataFile)//si el archivo existe, escribe la variable dataString en datalog.txt
{
  dataFile.println(dataString);
  dataFile.close();
  SerialUSB.println(dataString);
}

else
{
  SerialUSB.println("error opening datalog.txt");
}
}
```

Anexo 2: DHT22 especificaciones

2. Description:

DHT22 output calibrated digital signal. It utilizes exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability. Its sensing elements is connected with 8-bit single-chip computer.

Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in type of programme in OTP memory, when the sensor is detecting, it will cite coefficient from memory.

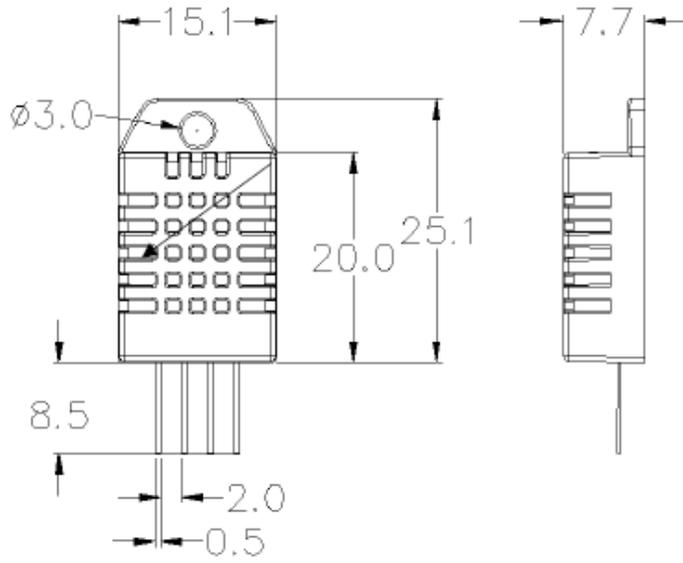
Small size & low consumption & long transmission distance(20m) enable DHT22 to be suited in all kinds of harsh application occasions.

Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

3. Technical Specification:

Model	DHT22
Power supply	3.3-6V DC
Output signal	digital signal via single-bus
Sensing element	Polymer capacitor
Operating range	humidity 0-100%RH; temperature -40~80Celsius
Accuracy	humidity +2%RH(Max +5%RH); temperature <+0.5Celsius
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH; temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity +1%RH; temperature +0.2Celsius
Humidity hysteresis	+0.3%RH
Long-term Stability	+0.5%RH/year
Sensing period	Average: 2s
Interchangeability	fully interchangeable
Dimensions	small size 14*18*5.5mm; big size 22*28*5mm

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors



Pin sequence number: 1 2 3 4 (from left to right direction).

Pin	Function
1	VDD—power supply
2	DATA—signal
3	NULL
4	GND

Anexo 3: PH sensor especificaciones

PH composite electrode manual

A. Purpose

The electrode is made of PH glass electrode and a silver/silver chloride reference electrode composition, the PH measuring elements which is used to measure water solution PH value.

B. Type and main technical parameters

Electrode type	range	temperature	Zero point	Alkali deviation	PTS	Response time	Internal resistance	Repeat ability	Noise
	PH	°C	PH	mV		min	MΩ		mV
65-1	0-14	0-80	7 ± 1	<15	>98	<2	<250	<0.017	
BX-5	0-14	0-80	7X ± 11	<15	>98	<2	<250	<0.017	
E-201	0-14	0-80	7 ± 0.5	<15	>98	<2	<250	<0.017	<0.5
E-201-C	0-14	0-80	7X ± 0.5	<15	>98	<2	<250	<0.017	<0.5
95-1	0-14	0-80	7X ± 0.5	<15	>98	<2	<250	<0.017	<0.5
E-900	0-14	0-80	7X ± 0.5	<15	>98	<2	<250	<0.017	<0.5

C. Precautions

1. The electrode used for the first or long set without re-use, the electrode bulb and the sand core, immersed in the 3NKCL solution activated eight hours.
2. The electrode plug should be kept clean and dry.
3. Electrode reference solution is the 3NKCL solution.
4. Measurement should be avoided staggered pollution between solutions, so as not to affect the accuracy of measurement.
5. Electrode blub or sand core is defiled which will make PTS decline, slow response. So, it should be based on the characteristics of the pollutant, adapted to the cleaning solution, the electrode performance recovery.
6. The electrode should not be long-term immersed in acid chloride solution.
7. Electrode when in use, the ceramic sand core and liquid outlet rubber ring should be removed, in order to make salt bridge solution to maintain a certain velocity.

E201-BNC pH Electrode



General purpose pH electrode, Suitable for measurements of non high temperature and non-viscosity liquids.

Model	E201-BNC
pH Range	0 to 14pH
Temperature Range	0 to 60°C
Ref. Type	Ag/AgCl
Junction Type	Refills
Body Type	PC
Dimensions	12(Dia.)x120(L)mm

Connector:



Anexo 4: PT100 especificaciones

	PT-102	PT-103	PT-111
Temperature			
Useful range			
Minimum	14 K	14 K	14 K
Maximum	873 K	873 K	673 K
Maximum storage temperature	500 K	500 K	400 K
Standard curve	DIN 43760	DIN 43760	DIN 43760
Resistivity (typical)	See plots on previous page	See plots on previous page	See plots on previous page
Sensitivity (typical)	See plots on previous page	See plots on previous page	See plots on previous page
Dimensionless sensitivity (typical)	See plots on previous page	See plots on previous page	See plots on previous page
Repeatability	± 10 mK (77 K to 305 K)	± 10 mK (77 K to 305 K)	± 10 mK (77 K to 305 K)
Accuracy (interchangeability)	See figure on previous page	See figure on previous page	See figure on previous page
Accuracy (SoftCal™)			
2-point (77, 305)	± 250 mK (70 K to 325 K)	± 250 mK (70 K to 325 K)	± 250 mK (70 K to 325 K)
3-point (77, 305, 480)	± 250 mK (70 K to 480 K)	± 250 mK (70 K to 480 K)	± 250 mK (70 K to 480 K)
Accuracy (calibrated)	± 20 mK at 100 K; ± 35 mK at 300 K	± 20 mK at 100 K; ± 35 mK at 300 K	± 20 mK at 100 K; ± 35 mK at 300 K
Stability			
Short-term	± 10 mK (77 K to 305 K)	± 10 mK (77 K to 305 K)	± 10 mK (77 K to 305 K)
Long-term (per year) ⁽¹⁾	± 10 mK at 77 K ± 10 mK at 30 K to 273 K	± 10 mK at 77 K ± 10 mK (30 K to 273 K)	± 10 mK at 77 K ± 10 mK (30 K to 273 K)
Thermal response time	1.75 S at 77 K; 12.5 S at 273 K	1.75 S at 77 K; 12.5 S at 273 K	2.5 S at 77 K; 20 S at 273 K
Recommended recalibration schedule	Annual	Annual	Annual
Excitation			
Recommended	1 mA	1 mA	1 mA
Maximum power before damage	5 mW, 3 mA or 1 V, whichever is less (all models)		
Dissipation at rated excitation	100 µW at 273 K	100 µW at 273 K	100 µW at 273 K
Units range (ohms)	0 Ω to 300 Ω	0 Ω to 300 Ω	0 Ω to 300 Ω
Lead wire configuration (polarity)	Platinum, no polarity	Platinum, no polarity	Platinum, no polarity
Physical Specifications			
Materials in the sensor/construction	High stability of the PT-100 PRTs is achieved through production techniques that provide nearly strain-free, securely mounted elements rigidly encapsulated in ceramic or glass. All devices are carefully annealed after assembly (all models).		
Size in millimeters	2 mm diameter x 20.3 mm long	1.6 mm diameter x 12 mm long	1.8 mm diameter x 5 mm long
Mass	250 milligrams	120 milligrams	52 milligrams
Leads			
Size	0.25 mm diameter x 15 mm long	0.25 mm diameter x 15 mm long	0.25 mm x diameter 10 mm long
Number	Two (2)	Two (2)	Two (2)
Material	Platinum	Platinum	Platinum/Nickel Alloy
Insulation	None	None	None
Internal atmosphere	Solid	Solid	Solid

Anexo 5: Reguladores de voltaje 7805 /7812 especificaciones



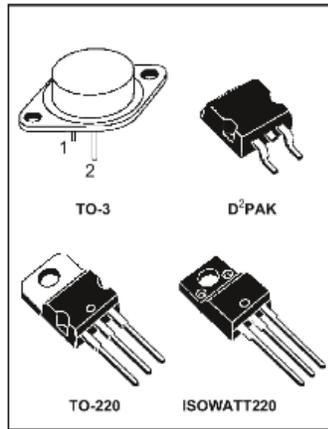
**L7800
SERIES**

POSITIVE VOLTAGE REGULATORS

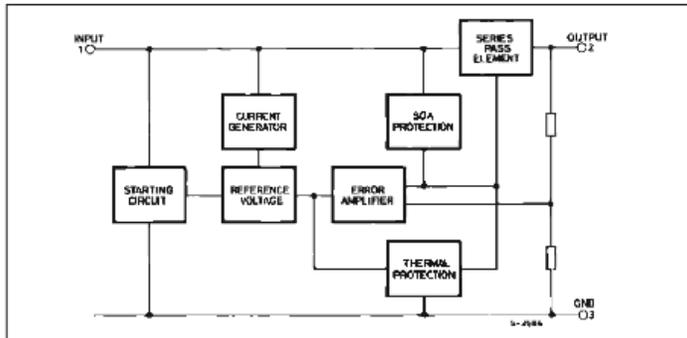
- OUTPUT CURRENT UP TO 1.5 A
- OUTPUT VOLTAGES OF 5; 5.2; 6; 8; 8.5; 9; 12; 15; 18; 24V
- THERMAL OVERLOAD PROTECTION
- SHORT CIRCUIT PROTECTION
- OUTPUT TRANSITION SOA PROTECTION

DESCRIPTION

The L7800 series of three-terminal positive regulators is available in TO-220 ISOWATT220 TO-3 and D²PAK packages and several fixed output voltages, making it useful in a wide range of applications. These regulators can provide local on-card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. Each type employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



BLOCK DIAGRAM



L7800

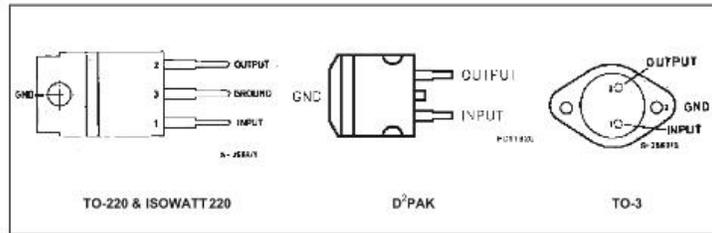
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_i	DC Input Voltage (for $V_o = 5$ to 18V) (for $V_o = 20, 24V$)	35 40	V
I_o	Output Current	Internally limited	
P_{tot}	Power Dissipation	Internally limited	
T_{op}	Operating Junction Temperature Range (for L7800) (for L7800C)	-55 to 150 0 to 150	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to 150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter	D ² PAK	TO-220	ISOWATT220	TO-3	Unit
$R_{th(j-case)}$	Thermal Resistance Junction-case Max	3	3	4	4	°C/W
$R_{th(j-amb)}$	Thermal Resistance Junction-ambient Max	62.5	50	60	35	°C/W

CONNECTION DIAGRAM AND ORDERING NUMBERS (top view)

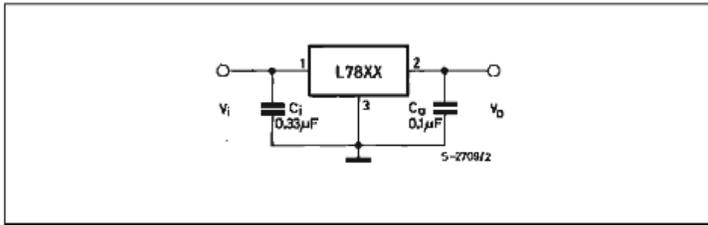


Type	TO-220	D ² PAK (*)	ISOWATT220	TO-3	Output Voltage
L7805				L7805T	5V
L7805C	L7805CV	L7805CD2T	L7805CP	L7805CT	5V
L7852C	L7852CV	L7852CD2T	L7852CP	L7852CT	5.2V
L7806				L7806T	6V
L7806C	L7806CV	L7806CD2T	L7806CP	L7806CT	6V
L7808				L7808T	8V
L7808C	L7808CV	L7808CD2T	L7808CP	L7808CT	8V
L7885C	L7885CV	L7885CD2T	L7885CP	L7885CT	8.5V
L7809C	L7809CV	L7809CD2T	L7809CP	L7809CT	9V
L7812				L7812T	12V
L7812C	L7812CV	L7812CD2T	L7812CP	L7812CT	12V
L7815				L7815T	15V
L7815C	L7815CV	L7815CD2T	L7815CP	L7815CT	15V
L7818				L7818T	18V
L7818C	L7818CV	L7818CD2T	L7818CP	L7818CT	18V
L7820				L7820T	20V
L7820C	L7820CV	L7820CD2T	L7820CP	L7820CT	20V
L7824				L7824T	24V
L7824C	L7824CV	L7824CD2T	L7824CP	L7824CT	24V

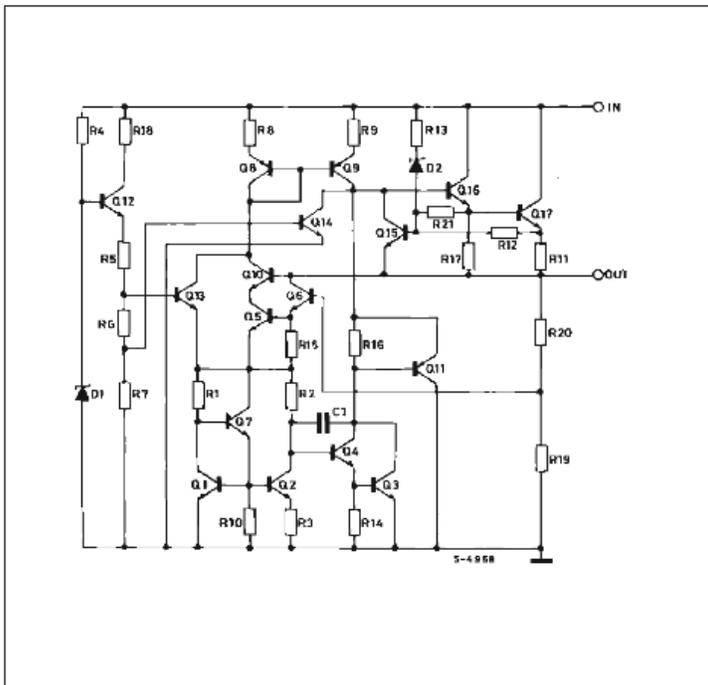
(*) AVAILABLE IN TAPE AND REEL WITH "TR" SUFFIX



APPLICATION CIRCUIT



SCHEMATIC DIAGRAM



L7800

TEST CIRCUITS

Figure 1 : DC Parameter

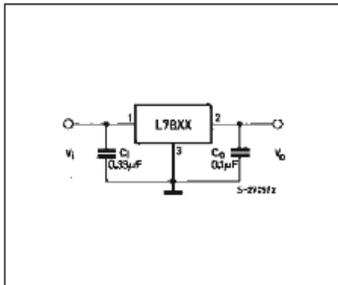


Figure 2 : Load Regulation.

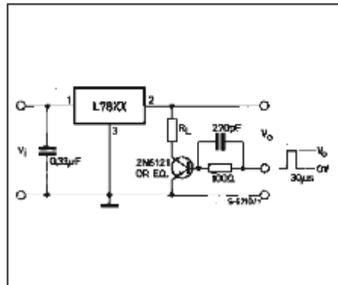
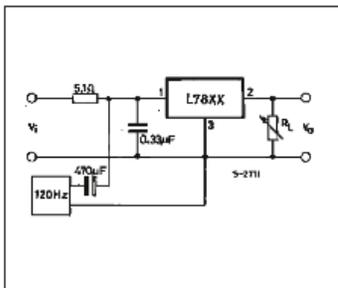


Figure 3 : Ripple Rejection.



L7800

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7805 (refer to the test circuits, $T_j = -55$ to 150 °C,
 $V_i = 10V$, $I_o = 500$ mA, $C_i = 0.33$ μF , $C_o = 0.1$ μF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25$ °C	4.8	5	5.2	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to 1 A $P_o \leq 15$ W $V_i = 8$ to 20 V	4.65	5	5.35	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 7$ to 25 V $T_j = 25$ °C $V_i = 8$ to 12 V $T_j = 25$ °C		3 1	50 25	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5$ to 1500 mA $T_j = 25$ °C $I_o = 250$ to 750 mA $T_j = 25$ °C			100 25	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25$ °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 8$ to 25 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		0.6		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	$B = 10$ Hz to 100 KHz $T_j = 25$ °C			40	$\mu V/V_o$
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 8$ to 18 V $f = 120$ Hz	68			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_j = 25$ °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	$f = 1$ KHz		17		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35$ V $T_j = 25$ °C		0.75	1.2	A
I_{exp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25$ °C	1.3	2.2	3.3	A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7806 (refer to the test circuits, $T_j = -55$ to 150 °C,
 $V_i = 15V$, $I_o = 500$ mA, $C_i = 0.33$ μF , $C_o = 0.1$ μF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25$ °C	5.75	6	6.25	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to 1 A $P_o \leq 15$ W $V_i = 9$ to 21 V	5.65	6	6.35	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 8$ to 25 V $T_j = 25$ °C $V_i = 9$ to 13 V $T_j = 25$ °C			60 30	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5$ to 1500 mA $T_j = 25$ °C $I_o = 250$ to 750 mA $T_j = 25$ °C			100 30	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25$ °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 9$ to 25 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		0.7		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	$B = 10$ Hz to 100 KHz $T_j = 25$ °C			40	$\mu V/V_o$
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 9$ to 19 V $f = 120$ Hz	65			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_j = 25$ °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	$f = 1$ KHz		19		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35$ V $T_j = 25$ °C		0.75	1.2	A
I_{exp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25$ °C	1.3	2.2	3.3	A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

L7800

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7800 (refer to the test circuits, $T_j = -55$ to 150 °C,
 $V_i = 14$ V, $I_o = 500$ mA, $C_i = 0.33$ μ F, $C_o = 0.1$ μ F unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25$ °C	7.7	8	8.3	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to 1 A $P_o \leq 15$ W $V_i = 11.5$ to 23 V	7.6	8	8.4	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 10.5$ to 25 V $T_j = 25$ °C $V_i = 11$ to 17 V $T_j = 25$ °C			80 40	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5$ to 1500 mA $T_j = 25$ °C $I_o = 250$ to 750 mA $T_j = 25$ °C			100 40	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25$ °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 11.5$ to 25 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		1		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	$B = 10$ Hz to 100 kHz $T_j = 25$ °C			40	μ V/V _O
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 11.5$ to 21.5 V $f = 120$ Hz	62			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_j = 25$ °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	$f = 1$ KHz		16		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35$ V $T_j = 25$ °C		0.75	1.2	A
I_{exp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25$ °C	1.3	2.2	3.3	A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7812 (refer to the test circuits, $T_j = -55$ to 150 °C,
 $V_i = 19$ V, $I_o = 500$ mA, $C_i = 0.33$ μ F, $C_o = 0.1$ μ F unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25$ °C	11.5	12	12.5	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to 1 A $P_o \leq 15$ W $V_i = 15.5$ to 27 V	11.4	12	12.6	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 14.5$ to 30 V $T_j = 25$ °C $V_i = 16$ to 22 V $T_j = 25$ °C			120 60	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5$ to 1500 mA $T_j = 25$ °C $I_o = 250$ to 750 mA $T_j = 25$ °C			100 60	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25$ °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 15$ to 30 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		1.5		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	$B = 10$ Hz to 100 kHz $T_j = 25$ °C			40	μ V/V _O
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 15$ to 25 V $f = 120$ Hz	61			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_j = 25$ °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	$f = 1$ KHz		18		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35$ V $T_j = 25$ °C		0.75	1.2	A
I_{exp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25$ °C	1.3	2.2	3.3	A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

Anexo 6: Modulo Relé de 4 canales



Handson Technology

User Guide

4 Channel 5V Optical Isolated Relay Module

This is a LOW Level 5V 4-channel relay interface board, and each channel needs a 15-20mA driver current. It can be used to control various appliances and equipment with large current. It is equipped with high-current relays that work under AC250V 10A or DC30V 10A. It has a standard interface that can be controlled directly by microcontroller. This module is optically isolated from high voltage side for safety requirement and also prevent ground loop when interface to microcontroller.



Brief Data:

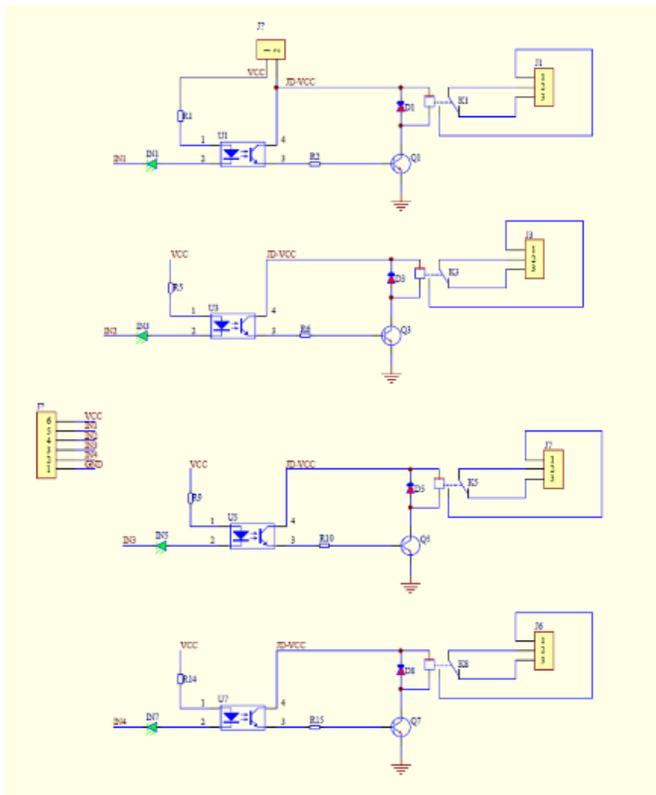
- Relay Maximum output: DC 30V/10A, AC 250V/10A.
- 4 Channel Relay Module with Opto-coupler. LOW Level Trigger expansion board, which is compatible with Arduino control board.
- Standard interface that can be controlled directly by microcontroller (8051, AVR, *PIC, DSP, ARM, ARM, MSP430, TTL logic).
- Relay of high quality low noise relays SPDT. A common terminal, a normally open, one normally closed terminal.
- Opto-Coupler isolation, for high voltage safety and prevent ground loop with microcontroller.

Schematic:

VCC and RY-VCC are also the power supply of the relay module. When you need to drive a large power load, you can take the jumper cap off and connect an extra power to RY-VCC to supply the relay; connect VCC to 5V of the MCU board to supply input signals.

NOTES: If you want complete optical isolation, connect "Vcc" to Arduino +5 volts but do NOT connect Arduino Ground. Remove the Vcc to JD-Vcc jumper. Connect a separate +5 supply to "JD-Vcc" and board Gnd. This will supply power to the transistor drivers and relay coils.

If relay isolation is enough for your application, connect Arduino +5 and Gnd, and leave Vcc to JD-Vcc jumper in place.



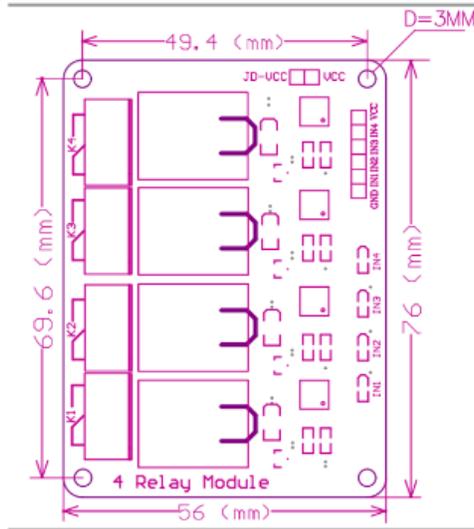
4 Channel Relay Module Schematic

It is sometimes possible to use this relay boards with 3.3V signals, if the JD-VCC (Relay Power) is provided from a +5V supply and the VCC to JD-VCC jumper is removed. That 5V relay supply could be totally isolated from the 3.3V device, or have a common ground if opto-isolation is not needed. If used with isolated 3.3V signals, VCC (To the input of the opto-isolator, next to the IN pins) should be connected to the 3.3V device's +3.3V supply.

NOTE: Some Raspberry-Pi users have found that some relays are reliable and others do not actuate sometimes. It may be necessary to change the value of R1 from 1000 ohms to something like 220 ohms, or supply +5V to the VCC connection.

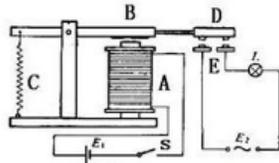
NOTE: The digital inputs from Arduino are Active LOW: The relay actuates and LED lights when the input pin is LOW, and turns off on HIGH.

Module Layout:



Operating Principle:

See the picture below: A is an electromagnet, B armature, C spring, D moving contact, and E fixed contacts. There are two fixed contacts, a normally closed one and a normally open one. When the coil is not energized, the normally open contact is the one that is off, while the normally closed one is the other that is on.



Supply voltage to the coil and some currents will pass through the coil thus generating the electromagnetic effect. So the armature overcomes the tension of the spring and is attracted to the core, thus closing the moving contact of the armature and the normally open (NO) contact or you may say releasing the former and the normally closed (NC) contact. After the coil is de-energized, the electromagnetic force disappears and the armature moves back to the original position, releasing the moving contact and normally closed contact. The closing and releasing of the contacts results in power on and off of the circuit.

Input:

- VCC : Connected to positive supply voltage (supply power according to relay voltage)
- GND : Connected to supply ground.
- IN1: Signal triggering terminal 1 of relay module
- IN2: Signal triggering terminal 2 of relay module
- IN3: Signal triggering terminal 3 of relay module
- IN4: Signal triggering terminal 4 of relay module

Output:

Each module of the relay has one NC (normally close), one NO (normally open) and one COM (Common) terminal. So there are 4 NC, 4 NO and 4 COM of the channel relay in total. NC stands for the normal close port contact and the state without power. NO stands for the normal open port contact and the state with power. COM means the common port. You can choose NC port or NO port according to whether power or not.

Testing Setup:

When a low level is supplied to signal terminal of the 4-channel relay, the LED at the output terminal will light up. Otherwise, it will turn off. If a periodic high and low level is supplied to the signal terminal, you can see the LED will cycle between on and off.

For Arduino:

Step 1:

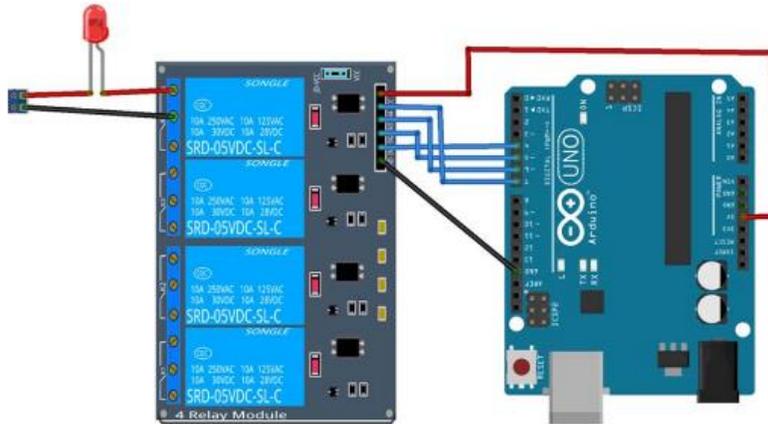
Connect the signal terminal IN1、 IN2, IN3 & IN4 of 4-channel relay to digital pin 4, 5, 6, 7 of the Arduino Uno or ATmega2560 board, and connect an LED at the output terminal.

IN1> 4; IN2> 5; IN3>6; IN4>7

Step 2:

Upload the sketch "4 Channel Relay Demo " to the Arduino Uno or ATmega2560 board. Then you can see the LED cycle between on and off.

The actual figure is shown below:



Arduino Sketch: 4 Channel Relay Demo

```
.....  
Name: 4 channel relay  
Description: control the 4 channel relay module to ON or OFF  
Website: www.handsontec.com  
Email: techsupport@handsontec.com  
.....  
  
//the relays connect to  
  
int RelayControl1 = 4; // Digital Arduino Pin used to control the motor  
int RelayControl2 = 5;  
int RelayControl3 = 6;  
int RelayControl4 = 7;  
  
void setup()  
{  
  Serial.begin(9600);  
  pinMode(RelayControl1, OUTPUT);  
  pinMode(RelayControl2, OUTPUT);  
  pinMode(RelayControl3, OUTPUT);  
  pinMode(RelayControl4, OUTPUT);  
}  
  
void loop()  
{  
  
  digitalWrite(RelayControl1,HIGH);// NO1 and COM1 Connected (LED on)  
  delay(1000);  

```