

UACM

Universidad Autónoma
de la Ciudad de México

NADA HUMANO ME ES AJENO

COLEGIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS
ELECTRÓNICOS Y DE TELECOMUNICACIONES

Prototipo de una Estación de Monitoreo superficial de agua dulce

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA Y LICENCIADO EN INGENIERÍA EN SISTEMAS
ELECTRÓNICOS
Y DE TELECOMUNICACIONES

PRESENTAN:

Elizabeth Becerril Figueroa
Marcos Julián Sánchez Mejía

Director de tesis:
M en C. Agustín González Villanueva

Ciudad de México, diciembre 2023.

SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

DERECHOS RESERVADOS ©

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.

Lectores y jurado

Dr. Daniel Tapia Sánchez

Academia de Ingeniería en Sistemas Electrónicos y de
Telecomunicaciones

Dr. Jose Agustín Almaraz Damián

Facultad de Ingeniería / Ingeniería Cibernética y Sistemas
Computacionales
Universidad La Salle

M. en C Enrique Cruz Martínez

Academia de Matemáticas

Resumen

El agua es un elemento esencial para la vida en nuestro planeta, es objeto de estudio y preocupación a nivel global debido a su importancia vital y su constante amenaza por la contaminación. En la presente tesis se abordan diversos aspectos teóricos relacionados con el agua y su contaminación.

El primer capítulo introduce conceptos fundamentales sobre el agua, incluyendo su composición y propiedades, así como la contaminación acuífera del agua tanto a nivel mundial como en el caso especial de México. Se exploran sus características físicas, químicas y biológicas, así como la importancia de las estaciones de monitoreo en la supervisión de diferentes variables.

El segundo capítulo es el planteamiento del problema, y establece los objetivos generales y particulares de la investigación, justifica la relevancia del proyecto y describe sus etapas, incluyendo los elementos esenciales del prototipo.

El tercer capítulo constituye una fase crucial en el desarrollo de la tesis, ya que se presenta un análisis detallado de las etapas de diseño, fabricación, ensamblaje y las pruebas realizadas.

Finalmente, en el cuarto capítulo se presentan los resultados de las pruebas y en el quinto capítulo se establecen las conclusiones y se cierra el ciclo de esta investigación, resumiendo los hallazgos clave, destacando las contribuciones y las posibles áreas de desarrollo futuro.

Agradecimientos

Agradecemos de manera especial al director de esta tesis, el **M. en C. Agustín González Villanueva**, por su valiosa orientación, apoyo constante y profundos conocimientos que han sido esenciales en la culminación de este trabajo.

También queremos expresar el más sincero agradecimiento a los lectores de este trabajo: **Dr. Daniel Tapia Sánchez**, **Dr. Jose Agustín Almaraz Damián** y al **M. en C. Enrique Cruz Martínez**, cuyas observaciones críticas y valiosas sugerencias enriquecieron significativamente este estudio.

Extendemos nuestra gratitud a la **Lic. Yolanda Landeros** por la corrección de estilo y al Laboratorio de **LACECI** por su colaboración y apoyo en el desarrollo de esta investigación.

Además, agradecemos a la **Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM)** por brindarnos la oportunidad de realizar esta investigación, así como su compromiso con la excelencia académica.

Queremos expresar nuestro reconocimiento a todos los profesores, amigos y familiares que, de una u otra manera, nos apoyaron en este arduo camino hacia la culminación de esta tesis. Sus contribuciones han sido fundamentales en este proceso de nuestra formación académica.

¡Gracias a todos!

Elizabeth Becerril Figueroa

Marcos Julián Sánchez Mejía

Dedicatoria

A mis padres Lidia Figueroa y Rodolfo Becerril por haberme apoyado gracias por su sacrificio, paciencia y constante aliento a lo largo de esta travesía académica. Este logro no solo es mío, sino también suyo. Con todo mi amor y gratitud, dedico esta tesis a ustedes.

Asimismo, a mi novio Marcos Julián, cuyo apoyo en cada uno de mis proyectos ha sido invaluable. Su cariño y amor han sido la fuerza motivadora que ha impulsado mis logros. Agradezco sinceramente su presencia constante en mi vida y poder lograr este éxito juntos.

Elizabeth Becerril Figueroa

A mi madre Julieta Mejía y a mi padre Marcos Sánchez por sus consejos, valores y enseñanzas a lo largo de mi vida, los llevaré por siempre.
A mi abuela María Paniagua por brindarme su cariño incondicional y su apoyo. A mis tíos Antonio †, Juan, Pilar y Marisol Mejía, gracias por confiar en mí y apoyarme a lo largo de mi vida.

A mi novia Elizabeth, por caminar de la mano en gran parte de la carrera y estar en las buenas y malas.

Marcos Julián Sánchez Mejía

Índice general

Lectores y jurado	III
Agradecimientos	V
Dedicatoria	VIII
1. Aspectos teóricos	1
1.1. ¿Qué es el agua?	1
1.2. La contaminación del agua en el mundo	1
1.2.1. Causas principales de contaminación de agua en el mundo	2
1.2.2. Consecuencias de la contaminación del agua en el mundo	2
1.3. Contaminación del agua en México	3
1.3.1. Distribución del agua en México	5
1.3.2. Ríos y lagos	6
1.3.3. Agua subterránea	7
1.3.4. Presas	7
1.3.5. Usos del agua en México	8
1.3.6. Agua potable y drenaje	9
1.3.7. Sobreexplotación y contaminación	9
1.4. Características físicas, químicas y biológicas del agua	10
1.4.1. Características físicas	11
1.4.2. Características Químicas	13
1.4.3. Características Biológicas	14
1.5. Estaciones de Monitoreo	15
1.5.1. Tipos de estaciones de Monitoreo	16
1.5.2. Estación Meteorológica	16
1.5.3. Estación Climatológica	16
1.5.4. Estación de Monitoreo de la Calidad del Aire	16
2. Planteamiento del problema	17
2.1. Objetivo general	17
2.2. Objetivos particulares	17

2.3.	Justificación del tema	17
2.4.	Etapas del proyecto	18
2.5.	Descripción de los componentes esenciales del prototipo	18
2.6.	Emisor y Canal	19
2.6.1.	Microcontrolador ATMEGA328P-PU	19
2.6.2.	Módulo de radiofrecuencia	20
2.6.3.	Sensor de Temperatura Analógico LM35	21
2.6.4.	Sensor de Turbidez Analógico para Medir Calidad de Agua SEN0189	21
2.6.5.	PH-4502C Sensor de pH Líquido con electrodo E201-BNC	22
2.6.6.	Baterías 18650 de 7.4 V 2S1P 2200 mAh	22
2.6.7.	Indicador de baterías de litio	22
2.7.	Receptor	23
2.7.1.	Convertidor USB serial FTDI TTL FT232RL	23
2.8.	Protocolo y código común	23
2.8.1.	Protocolo IEEE 802.15.4	24
2.8.2.	Características técnicas	24
2.8.3.	Tipos de dispositivos	24
2.8.4.	Topologías de Red	25
2.8.5.	Ventajas del protocolo IEEE 802.15.4	25
3.	Desarrollo del prototipo	27
3.1.	Diseño del prototipo	27
3.2.	Primera Etapa	27
3.3.	Segunda Etapa	29
3.3.1.	Diseño de placa emisora	32
3.3.2.	Diseño de circuito impreso estación emisora	33
3.3.3.	Diseño de placa receptora	34
3.3.4.	Diseño de circuito impreso estación receptora	34
3.4.	Tercera Etapa	35
3.5.	Cuarta Etapa	37
3.5.1.	Diseño de modelo 3D estación emisora	38
3.5.2.	Diseño de modelo 3D estación receptora	39
3.6.	Quinta Etapa	40
3.6.1.	Ensamble estación emisora	40
3.6.2.	Ensamble estación receptora	42
3.6.3.	Costos de fabricación del prototipo	43
3.7.	Sexta Etapa	45
3.7.1.	Código Python	45
3.8.	Pruebas	47

4. Resultados y análisis	49
4.1. Primera prueba 10 metros	49
4.1.1. Gráficas de agua limpia a 10 metros	51
4.1.2. Gráficas de agua sucia a 10 metros	52
4.2. Segunda prueba 30 metros	54
4.2.1. Gráficas de agua limpia a 30 metros	54
4.2.2. Gráficas de agua sucia a 30 metros	56
4.3. Tercera prueba a 60 metros	58
5. Conclusiones	59
Bibliografía	60
A. Anexo tabla de datos a 10 metros agua limpia	65
B. Anexo tabla de datos a 10 metros agua sucia	73
C. Anexo tabla de datos a 30 metros agua limpia	81
D. Anexo tabla de datos a 30 metros agua sucia	89

Índice de tablas

1.1. Distribución de sitios en el año 2019	5
1.2. Ríos de México área y longitud	6
1.3. Lagos de México área y longitud	6
1.4. Cuerpos de agua subterránea	7
1.5. Principales presas y bordos en México	8
1.6. Índice de sobre explotación y contaminación	10
2.1. Especificaciones del módulo de radiofrecuencia	21
2.2. Tabla de especificaciones sensor de temperatura	21
2.3. Tabla de especificaciones del sensor de turbidez	22
2.4. Tabla de especificaciones del sensor de pH	22
2.5. Tabla de especificaciones del indicador de baterías de litio	23
2.6. Tabla de especificaciones del convertidor serial	23
3.1. Parámetros de configuración de los módulos de radiofrecuencia	29
3.2. Tabla de costos de los componentes de la estación emisora	30
3.3. Tabla de componentes de la estación receptora	31
3.4. Tabla de costos de los componentes de la estación emisora	44
3.5. Tabla de costos de los componentes de estación receptora	44
3.6. Parámetros permisibles del DOF	48

Índice de figuras

1.1. Estructura de una molécula de agua	1
1.2. Diferentes cuerpos de agua en México	5
1.3. Porcentajes de la calidad del agua superficial en el año 2017	10
2.1. Etapas preliminares del proyecto	18
2.2. Esquema del proceso de comunicación	19
2.3. Topologías de red empleando diferentes dispositivos	25
3.1. Esquema general de las estaciones del prototipo	27
3.2. Placas de desarrollo comercial, estación emisora y receptora	28
3.3. Estación emisora en protoboard	30
3.4. Estación receptora en protoboard	31
3.5. Esquema de la placa emisora	32
3.6. Circuito impreso de la placa emisora	33
3.7. Modelo 3D de la placa emisora	33
3.8. Esquema de la placa receptora	34
3.9. Circuito impreso de la placa receptora	35
3.10. Modelo 3D de la placa receptora	35
3.11. Circuito impreso emisor	36
3.12. Circuito impreso receptor	36
3.13. Etapa de soldado de los componentes	36
3.14. Placa emisora con sus componentes soldados	37
3.15. Placa receptora con sus componentes soldados	37
3.16. Primera parte del diseño	38
3.17. Segunda parte del diseño	39
3.18. Diseño final de la estación emisora	39
3.19. Diseño final de la estación receptora	40
3.20. Piezas fabricadas	40
3.21. Ensamble de las dos primeras piezas	41
3.22. Instalación de los sensores	41
3.23. Módulos de los sensores y fuente de alimentación	42
3.24. Estación emisora con placa emisora	42

3.25. Módulos de los sensores y fuente de alimentación	42
3.26. Estación emisora con placa emisora	43
3.27. Prueba de distancias	48
4.1. Contenedor con agua limpia	49
4.2. Contenedor de agua sucia	50
4.3. Mediciones de agua limpia y sucia a 10 metros	50
4.4. Gráfica con valores de turbiedad	51
4.5. Gráfica con valores de pH	51
4.6. Gráfica con valores de temperatura	52
4.7. Gráfica de valores de turbiedad en agua sucia	53
4.8. Gráfica de valores de pH en agua sucia	53
4.9. Gráfica de valores de temperatura en agua sucia	54
4.10. Mediciones de agua limpia y sucia a 30 metros	54
4.11. Gráfica de valores de turbidez	55
4.12. Gráfica de valores de pH	55
4.13. Gráfica de valores de temperatura	56
4.14. Gráfica de valores de turbiedad en agua sucia	57
4.15. Gráfica de valores pH en agua sucia	57
4.16. Gráfica de valores temperatura en agua sucia	58

Capítulo 1

Aspectos teóricos

1.1. ¿Qué es el agua?

Es un elemento que se encuentra en la naturaleza en tres diferentes estados sólido, líquido y gaseoso. Entre otras características, el agua suele ser inodora (sin olor), incolora (sin color) e insabora (sin sabor). Su estructura química (ver figura 1.1) es H_2O , es decir, se conforma de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno.

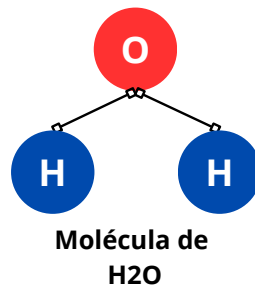


Figura 1.1: Estructura de una molécula de agua

Por otra parte, el agua es vital para los organismos que viven en la tierra, los seres humanos estamos constituidos por al menos 60 % de agua, un árbol por 50 % y un pez por el 65 %. [1]

Sin embargo, recientes investigaciones demuestran que distintos factores afectan al agua a nivel mundial.

1.2. La contaminación del agua en el mundo

El agua es de suma importancia para nuestro planeta, sin ella no existiría vida. Un acontecimiento importante son las grandes sequías que se han incrementado alrededor del mundo,

ocasionando que sea vuelva más difícil el acceso al líquido vital.

Las palabras agua y contaminación se relacionan en consecuencia de la mala actividad humana que existe hasta ahora.

Algunos factores de contaminación se originan gran parte desde la casa al derramar medicamentos y aceite de cocina por el fregadero. Otra fuente de contaminación son los plásticos, que son arrojados por la industria en grandes concentraciones al mar; la Organización de las Naciones Unidas (ONU), estima que cerca de 8 millones de plásticos terminan en el mar, alterando la vida de los ecosistemas. Por otra parte, la ONU define la contaminación del agua como, aquella que sufre cambios en su composición hasta quedar inservible.

1.2.1. Causas principales de contaminación de agua en el mundo

1.— **Vertido de contaminantes:** La procedencia de esta fuente contaminante suele generarse desde la producción hasta los desechos generados día a día. Hasta ahora la mayor fuente de contaminación son los microplásticos.

2.— **El calentamiento global:** Es el suceso que implica la alteración y desequilibrio de los océanos. Algunas de las consecuencias son la pérdida de oxígeno en el agua y el peligro de la existencia de la biodiversidad.

3.— **La deforestación:** Esta causa de contaminación se debe a la tala de árboles y a consecuencia aparecen sedimentos que suelen afectar a océanos y ríos.

4.— **Aguas fecales:** La ONU ha alertado que el 80 % de las aguas residuales terminan en los mares y océanos sin ningún tipo de depuración.

5.— **Tráfico marítimo :** La gran parte de la basura que se encuentra en el mar, procede de los barcos pesqueros o petroleros.

6.— **Los derrames de combustible:** Son una de las causas más comunes de contaminación en el mar, desde el transporte y almacenamiento, hasta algunas filtraciones que llegan ocurrir en el mar.

1.2.2. Consecuencias de la contaminación del agua en el mundo

Dentro de las consecuencias más importantes y de mayor impacto en el mundo es la destrucción de la biodiversidad, la contaminación de la cadena alimentaria que repercute en los alimentos y la insuficiencia del agua potable.

Se estima que el 80 % del agua que abastece a la población mundial proviene de aguas subterráneas y el 4 % de esa agua ya se encuentra contaminada. Además, se calcula que cada año se derraman cerca de 450 km cúbicos de aguas residuales y para tratar de diluirlas se necesitan 600 km cúbicos de agua dulce adicional.

La ONU precisa que la fuente más importante de contaminación se origina de la mala gestión y tratamiento de los residuos industriales, humanos y agrícolas. Lo que refleja que, últimamente, los animales de agua dulce, se están extinguiendo más rápido que los animales terrestres.

Por otra parte, estudios realizados por la ONU estima que para el año 2025, la mitad de los habitantes del planeta tierra vivirán con escasez de agua, esto debido a que la más mínima parte de ella se encontrara contaminada.

Existen algunas alternativas que ayudarían a mitigar la contaminación en el agua, algunas se mencionan a continuación: [2]

1. Reducir emisiones de CO₂
2. Eliminar pesticidas
3. Filtrar de mejor manera las aguas residuales
4. No utilizar agua contaminada en los cultivos
5. Eliminar los plásticos de un solo uso

1.3. Contaminación del agua en México

En México se registran antecedentes sobre el monitoreo de la calidad del agua. Para el año de 1996 existían algunas limitaciones en recursos materiales y humanos, los cuales presentaban un serio problema para monitorear los principales cuerpos de agua que había en el país.

En consecuencia, se planteó el rediseño de la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua (RNM), en la que principalmente se buscó aportar información confiable sobre el consumo y la calidad del agua.

Además, se estableció una estrategia que consistió en establecer un sistema global con objetivos definidos que evaluaran la calidad del agua, realizando la medición de una serie de variables físicas, químicas y biológicas de un sistema acuático.

Para la primera Red Nacional de Monitoreo, se incluyeron las redes primaria y secundaria, estudios especiales y emergencias hidrológicas.

Para el año de 1996 se iniciaron las actividades en la red primaria, con la instauración de 402 sitios ubicados en sistemas acuáticos, de los cuales 202 fueron epicontinentales, 100 subterráneos y por último 100 costeros. En 1997 se definió un procedimiento de calibración en los sitios de mayor potencial y este procedimiento se aplicó para el año de 1998.

Finalmente, en el año 2000 se logró la implementación completa de todos los sitios. En consecuencia del resultado anterior, se generaron un conjunto de sitios potenciales para la Red

Secundaria y propuestas para los Estudios Especiales. Además, en el año 2000 se establecieron los criterios nacionales y una estrategia para la Red Secundaria.

En el año 2005 se realizaron monitoreos biológicos en algunas regiones del país, las cuales permitían la evaluación de la calidad del agua, a través de métodos sencillos y de bajo costo.

Por otra parte, para el año 2012 surgió la necesidad de poder crear una Red Nacional de Monitoreo que fuera capaz de determinar la calidad del agua con parámetros de composición del agua.

Esto permitiría valorar el cambio climático y extender el monitoreo en zonas turísticas, humedales, cuencas y acuíferos en donde se buscaba proteger las fuentes de abastecimiento.

A continuación se enumeran los principales objetivos de una Red Nacional de Monitoreo:

1. Realizar la evaluación de las tendencias de la calidad del agua, a nivel local, regional y nacional.
2. Apoyar y, en su momento, evaluar el desempeño y cumplimiento de la regulación para control de la contaminación de los cuerpos de agua.
3. Identificar problemas asociados con contaminantes específicos (metales pesados, compuestos orgánicos) presentes en el medio acuático.
4. Iniciar el diseño de un sistema de detección oportuna de contaminantes para la protección de fuentes de abastecimiento.
5. Cumplir con acuerdos y compromisos internacionales.

Los principales tipos de agua (ver figura 1.2) se caracterizan de la siguiente manera:

- **Lóticos:** Cuerpos de agua que corresponden a masas de agua que se mueven continuamente (corrientes) en una misma dirección, como por ejemplo: ríos, arroyos, canales, etcétera.
- **Lénticos:** Ecosistemas con agua estancada, principalmente lagos, lagunas, presas, estanques, entre otros.
- **Subterráneos:** Cuerpos de agua que se encuentran ubicados por debajo de la superficie terrestre (acuíferos).
- **Costeros:** Ecosistemas que presentan condiciones salinas y que se encuentran en interacción entre el medio marino y terrestre.



Figura 1.2: Diferentes cuerpos de agua en México

Con los resultados obtenidos a partir del año 2012, se establecieron herramientas para la evaluación de los efectos del cambio climático en zonas turísticas y áreas naturales protegidas.

Además de implementar sitios de monitoreo en las cuencas y acuíferos en los que sea necesario proteger las fuentes de abastecimiento con mayor porcentaje de población

Además, en el 2019 la Red Nacional de Monitoreo ya contaba con 4655 sitios, (ver la tabla 1.1) en los que se distribuyeron de la siguiente manera: [3]

Red	Número de sitios
Lóticos	2,079
Lénticos	755
Costeros	333
Subterráneos	1,478
Total	4,655

Tabla 1.1: Distribución de sitios en el año 2019

1.3.1. Distribución del agua en México

La distribución del agua en el mundo se conforma por el 97.5 % de mares y océanos (agua salada), el otro 2.5 % es agua dulce y tan solo el 0.3 % lo conforman lagos y ríos, en donde comúnmente el ser humano se abastece para satisfacer sus necesidades. [4]

1.3.2. Ríos y lagos

En el caso especial de México cuenta con 51 ríos de los cuales el 87 % es de agua superficial, en la siguiente tabla (ver la tabla 1.2) se muestran los 7 ríos principales que representan el 71 % del agua superficial.

Río	Escurrimiento natural medio superficial (hm^3)	Área de la cuenca (km^2)	Longitud del río (km)
Grijalva y Usumacinta	104,089	87,690	1,521
Papaloapan	42,018	46,022	354
Coatzacoalcos	28,717	21,336	325
Balsas	16,363	112,039	770
Pánuco	20,224	88,814	510
Santiago	7,349	76,277	562
Tecolutla	6,127	7,786	375

Tabla 1.2: Ríos de México área y longitud

En el caso de los lagos son también de agua dulce, extensión considerable y profundidad variable. Además, estos son suministrados por corrientes fluviales. En la tabla 1.3 se muestran los principales lagos en México:

Lago	Entidad	Área de la cuenca (m^2)	Almacenamiento (m^3)
Chapala	Jalisco y Michoacán	1,116	8,126
Cuitzeo	Michoacán	306	920
Pátzcuaro	Michoacán	97	550
Yuriria	Guanajuato	80	188
Catemaco	Veracruz	75	454
Nabor Carrillo	México	10	12
Tequesquitengo	México	8	160
TOTAL		1,692	2,284

Tabla 1.3: Lagos de México área y longitud

Como se mencionó en la tabla 1.3 uno de los lagos más grandes de México es el Chapala con una profundidad de los 4 a 6 metros y además es la principal fuente de abastecimiento de la ciudad de Guadalajara. [5]

1.3.3. Agua subterránea

Las aguas subterráneas juegan un papel importante en el crecimiento socioeconómico del país, esto se debe a que poseen características físicas que permiten ser aprovechadas por presas de almacenamiento de agua y redes de distribución.

Entre otras cualidades de las aguas subterráneas funcionan como filtros purificadores, resguardando en óptimas condiciones la calidad en el agua. México cuenta 653 cuerpos de agua subterránea, los cuales se mencionan la tabla 1.4. [6]

Región hidrológico administrativa	Total de acuíferos	Sobreexplotados	Con intrusión marina	Recarga medida (hm^3)
Península de Baja California	88	23	11	1,648
Noroeste	62	10	5	3,207
Pacífico Norte	24	8	0	3,061
Balsas	45	1	0	4,871
Pacífico sur	36	1	0	1,936
Río Bravo	102	46	0	6,370
Cuencas Centrales del Norte	65	26	0	2,462
Lerma Santiago Pacífico	128	34	0	9,831
Golfo Norte	40	4	0	4,099
Golfo centro	22	0	0	4,599
Frontera Sur	23	0	0	22,718
Península de Yucatán	4	0	2	25,316
Aguas del Valle de México	14	4	0	2,289
TOTAL	653	157	18	92,404

Tabla 1.4: Cuerpos de agua subterránea

1.3.4. Presas

México cuenta con cerca de 5 mil presas y 180 bordos; tan solo las presas representan el 82 % del almacenamiento total del agua en el país.

Una función de las presas es generar energía y en menor medida suelen ser utilizadas en actividades agrícolas situadas al norte de la república.

En México, las dos principales presas se encuentran en el estado de Chiapas, siendo la primera, la Belisario Domínguez y la segunda la Nezahualcóyotl. (ver tabla 1.5). [7]

Nombre oficial	Nombre común	Capacidad total	Entidad federativa
Dr. Belisario Domínguez	La Angostura	13,169	Chiapas
Nezahualcóyotl	Malpaso	12,373	Chiapas
Infiernillo	Infiernillo	9,340	Michoacán de Ocampo
Lago de Chapala	Chapala	7,634	Jalisco
Presidente Miguel Alemán	Temascal	8,119	Oaxaca
Aguamilpa Solidaridad	Solidaridad	5,540	Nayarit
Internacional la Amistad	Internacional la Amistad	4,404	Coahuila de Zaragoza
General Vicente Guerrero	Las Adjuntas	3,910	Tamaulipas
Internacional Falcón	Falcón	3,264	Tamaulipas
Adolfo López Mateos	El Humaya o Varejonal	3,086	Sinaloa

Tabla 1.5: Principales presas y bordos en México

1.3.5. Usos del agua en México

Los sectores primordiales en donde se usa la mayor parte de agua en México, son la agricultura con un 76 %, en segundo lugar el abastecimiento público con el 14 %, en las termoeléctricas un 5 % y por último el 5 % en la industria.

A continuación se enumeran los usos y sus detalles.

1. **Agrícola:** El agua se utiliza para el riego de cultivos.
2. **Abastecimiento público:** Se distribuye a través de las redes de agua potable (domicilios, industrias y a quienes estén conectados a dichas redes).
3. **Industria:** Son aquellas empresas que toman el agua directamente de los ríos, arroyos, lagos y acuíferos del país.
4. **Termoeléctricas:** El agua se utiliza para producir electricidad.

Cabe mencionar que para la industria de los alimentos es donde el agua se ocupa para la elaboración de varios productos, como suelen ser los siguientes ejemplos: [8]

- Para la elaboración de un vaso de cerveza de 250 ml se necesitan 750 litros de agua.
- Para la elaboración de un vaso de leche de 250 ml se necesitan 200 litros de agua.
- Para la elaboración de una taza de café de 125 ml se necesitan 140 litros de agua.
- Para la elaboración de una hamburguesa 150 g se necesitan 2400 litros
- Para la elaboración de una copa de vino de 125 ml se necesitan 120 litros de agua.

1.3.6. Agua potable y drenaje

En el país existen diferencias en la disponibilidad del agua. En las zonas centro y norte, no obstante que el clima es árido o semiárido (Baja California, Baja California Sur, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, Sonora y Tamaulipas), apenas reciben 9 % de agua renovable.

En cambio, en la zona sur-sureste (Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Veracruz de Ignacio de la Llave y Tabasco), reciben el 62.2 % de agua renovable.

Por causa del aumento de la población, la disponibilidad del agua se ha deteriorado; en el año de 1910 la disposición era de 31 mil metros cúbicos por habitante; en 1950 disminuyó a 18 mil metros cúbicos; ya en 1970 bajó a 10 mil metros cúbicos; en 2005 a 4,573 mil metros cúbicos y para el año 2019 se redujo a 3,586 mil metros cúbicos al año por cada mexicano.

En el caso del drenaje, en el año de 1990 en todo México el 62 % de las viviendas contaban con drenaje; para el año 2000, el 75 %; en el 2010 pasó a un 89 % y en el 2015, de cada 100 viviendas, el 93 % contaba con drenaje. [9]

1.3.7. Sobreexplotación y contaminación

Uno de los problemas que enfrenta México es la sobreexplotación de los mantos acuíferos. En el año de 1975 existía la sobreexplotación de 32 mantos acuíferos, para el año 2004 subió a 104 y finalmente para el 2019 eran 157 (ver tabla 1.6).

Año	Número de acuíferos sobreexplotados
1975	32
1981	36
1985	80
2004	104
2007	101
2010	105
2017	105
2019	157

Tabla 1.6: Índice de sobre explotación y contaminación

Las ciudades con más problemas de contaminación en el agua son en primer lugar el Valle de México, en segundo lugar el Sistema Cutzamala, y finalmente la península de Baja California. En el año 2019 murieron cerca de 353 infantes por la contaminación de agua, convirtiéndose así la sexta causa en muerte en niños menores de un año. En la figura 1.3 se muestra los porcentajes de agua en el año 2017. [10]

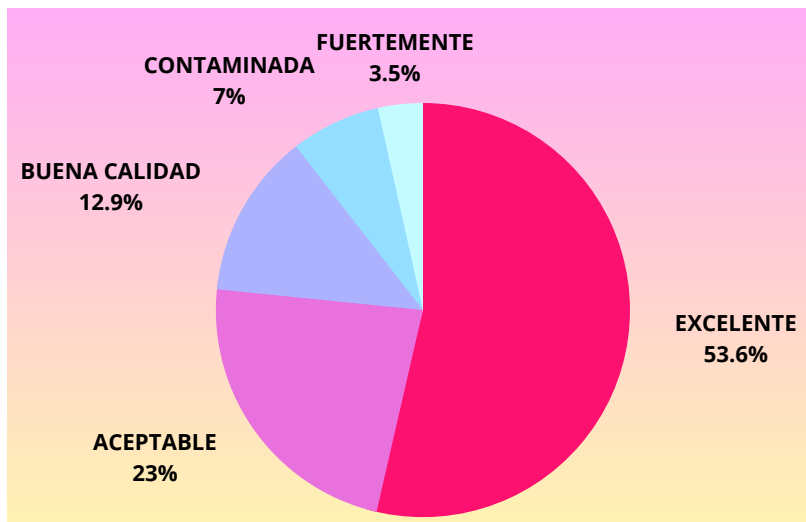


Figura 1.3: Porcentajes de la calidad del agua superficial en el año 2017

1.4. Características físicas, químicas y biológicas del agua

El origen del monitoreo surge en los embalses, ríos y pozos, y se va extendiendo a lo largo de las estaciones de tratamiento de aguas, posteriormente pasa por la red de distribución y como fase final llega al consumidor.

En los anteriores puntos se toman muestras de agua que son analizadas en un laboratorio. Para el levantamiento de muestras se utilizan algunas técnicas precisas. Una vez que las muestras son recolectadas pasan por un personal técnico que analiza cada uno de los parámetros medidos y da un veredicto sobre el uso destinado del agua.

Uno de los mejores ejemplos es el agua que se destina para el consumo humano, en donde principalmente se controlan parámetros como el olor, sabor, color, turbidez, conductividad, pH, amonio, bacterias coliformes, cloro y combinado residual.

Es decir, la calidad del agua es aquella que se determina por medio de una comparación de características físicas y químicas de una muestra mediante una norma o un estándar. Para en el caso del suministro de agua para consumo humano, existen normas basadas en niveles de toxicidad aceptables.

En los siguientes párrafos se explican las características físicas, químicas y biológicas más importantes del agua para el consumo humano.

1.4.1. Características físicas

Las características físicas son todas aquellas que son perceptibles por los sentidos (vista, olfato o gusto) y que están ligadas a las condiciones estéticas del agua.

Color

Es una característica que suele ligarse con la turbidez, aunque todavía no se han establecido las verdaderas estructuras químicas responsables del color. Hasta el momento el color del agua suele generarse, a partir de las siguientes condiciones:

1. Descomposición de la materia
2. Materia orgánica del suelo
3. Presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos

En la conformación del color participan otras características como son el pH, temperatura, tiempo de contacto, materia disponible y solubilidad de los compuestos coloreados.

Olor y sabor

Estas dos características se encuentran relacionadas, ya que son las principales causas de distinción entre los consumidores y los lleva a decidir si el agua es de una buena calidad o no.

Es decir, si el agua tiene una falta de olor, es un buen indicio para poner una ausencia de contaminantes. Como los compuestos fenólicos.

En cambio, si existe alguna presencia de olor como sulfuro de hidrógeno, el agua indica que existió una acción séptica de compuestos orgánicos.

Algunos de los olores se generan por compuestos orgánicos derivados de microorganismo, algas o de desechos industriales.

Temperatura

Sin duda es uno de los parámetros que influyen en el retardo o en la aceleración de las actividades biológicas, junto con la absorción de oxígeno, sedimentación, filtración, entre otras.

La temperatura es una característica que suele ser variable, ya que los principales factores de su variación suelen ser ambientales.

pH

Es un parámetro que sirve para medir el nivel de acidez o alcalinidad del agua, además es un elemento que más influyen en el agua y que suelen generar la corrosión y un tipo de incrustación en las redes de distribución. No obstante, no suele tener efectos nocivos sobre la salud, aunque sí suele influir en los tratamientos del agua, sobre todo en la coagulación y la desinfección.

El pH del agua que aún no ha sido contaminada suele encontrarse dentro del rango de 6 a 9. En el caso de las aguas ácidas se suele usar cal para optimizar los procesos de coagulación. En el caso del agua para consumo humano es necesario ajustar el pH para evitar efectos de corrosión.

Turbidez

Esta característica se debe a las partículas que se encuentran en suspensión o por partículas que suelen tener un mayor tamaño y al momento de suspenderse en el agua producen una menor o mayor transparencia. Además, esta característica suele medirse mediante un turbidímetro o un nefelómetro, siendo esta última la unidad de medida de la turbidez.

Aún son desconocidos los efectos que suele tener la turbidez en la salud, aunque a simple vista al ser el agua turbia se genera un rechazo por parte de los consumidores. Algunas normas

de calidad instauran criterios para la turbidez y así mismo mantener un buen proceso de desinfección.

1.4.2. Características Químicas

Los compuestos químicos son aquellos que se disuelven en el agua y suelen ser de origen natural o industrial, aunque estos compuestos podrían ser benéficos o dañinos de acuerdo a su composición.

Aluminio *Al*

Es un componente químico original del agua, el cual está conformado por estructura de arcillas. La preocupación suele ser cuando existen altas concentraciones de aluminio, ya que adjudican al agua un pH bajo.

Mercurio *Hg*

Es un contaminante no deseado en el agua, ya que suele ser un metal pesado y tóxico para el ser humano. Suele ubicarse principalmente en forma inorgánica de compuestos orgánicos y microorganismos de sedimentos. Este contaminante puede viajar a través de algas, peces, aves e incluso por el ser humano.

Plomo *Pb*

Este compuesto químico generalmente se localiza en aguas superficiales por vertidos industriales. Algunas tuberías viejas suelen contaminar el agua de plomo, esto debido a las uniones de las tuberías. Las principales cantidades de plomo son generadas también a partir de agua ácida y agua estancada por mucho tiempo.

Hierro *Fe*

La presencia de este componente en aguas naturales, no genera ningún trastorno en la salud, aunque generalmente su presencia suele afectar el sabor, genera turbidez y un color en el agua.

Fluoruro F^-

Representa un elemento primordial en la nutrición del ser humano, en dosis adecuadas y en la presencia del agua, evita la formación de caries dental, principalmente en los niños. No obstante, si existen concentraciones altas, el fluoruro suele dañar la estructura ósea.

Cobre Cu

Su presencia principalmente existe por la corrosión de las tuberías en las viviendas y también el sulfato de cobre que es agregado en las plantas de potabilización. En grandes cantidades de concentración origina un sabor desabrido en el agua.

Cloruro Cl^-

Es utilizado en estaciones de tratamiento para la desinfección del agua, en altas concentraciones se genera un sabor salado y suele producir acción corrosiva y pH bajo.

Sulfatos SO_4^{2-}

Es un componente natural que existe en aguas superficiales, suele prevenir la oxidación de los sulfuros que existen en el agua. En muy alto contenido genera un sabor amargo y produce un efecto laxante cuando se encuentra presente el magnesio.

Nitritos NO_2^- y nitratos NO_3^-

Las grandes cantidades de nitratos se localizan en las zonas rurales, esto debido a la descomposición de la materia orgánica y sus fertilizantes. Un ejemplo es cuando existen descargas de aguas domésticas y se encuentra presente el nitrógeno orgánico amoniacal y entra en contacto con el oxígeno disuelto, lo cual dará como resultado la oxidación de nitritos y nitratos, aunque esto depende de diferentes factores como lo son la temperatura, el pH del agua y la cantidad de oxígeno disuelto.

1.4.3. Características Biológicas

La mayoría de las aguas están constituidas por una gran cantidad de elementos biológicos, desde microorganismos hasta peces. El nacimiento de estos microorganismos suelen ser de origen natural, vertidos industriales o por el arrastre de agua de lluvia.

La diversificación se debe a características físicas y químicas del agua, así como, temperaturas templadas y materia orgánica disponible.

No obstante, el agua que se encuentra contaminada debe ser tratada y eliminarse la mayor cantidad de elementos biológicos que existan, algunos de ellos son los que se mencionan a continuación:

Algas

Su ubicación principal está en lagos, lagunas y embalses en donde se encuentra una corriente baja. Están constituidas por clorofila, que para sobrevivir necesita de luz solar. Las algas habitualmente pigmentan o colorean el agua.

Bacterias

Son aquellas que se encuentran en el agua en gran cantidad y que causan enfermedades al ser humano, las principales suelen ser bacterias coliformes y estreptococos que son utilizados como señal de contaminación fecal.

Hongos, mohos y levaduras

Son un grupo de bacterias que no se componen de clorofila y suelen ser incoloras y dependen de la materia orgánica para su nutrición.

Cada una de estas características sirven para clasificar los diferentes tipos de agua, en la siguiente sección se define el término de monitoreo, así como sus distintas clasificaciones. [11]

1.5. Estaciones de Monitoreo

El monitoreo es un término que aún no se define en el diccionario de la real academia española (RAE), si bien la palabra que más suele asemejarse es la de monitor y se define como:

Un dispositivo que permite visualizar en una pantalla las imágenes de instalaciones filmadoras o sensores. Perteneciente o relativo al verbo monitorear que hace referencia a la acción y efecto de controlar o supervisar una situación a través de un monitor.

En otras palabras, se refiere a la acción de controlar o de realizar una supervisión a través de algún tipo de dispositivo o sistema, dentro algún lugar definido. A continuación, se definen algunos tipos de monitoreo.

1.5.1. Tipos de estaciones de Monitoreo

- Monitoreo de seguridad: Este tipo de monitoreo es utilizado por las empresas y sirve para detectar a distancia los inmuebles.
- Monitoreo por defecto: Suele realizarse a diferentes equipos, para evitar fallas futuras.
- Monitoreo clínico: Es utilizado por el sector médico y es realizado por personal médico a los pacientes para evitar algún tipo de enfermedad.
- Monitoreo ambiental: Su función principal es el de monitorear ciertas variables ambientales y evaluar algún recurso natural.
- Monitoreo de red: Es el monitoreo de una red de computadoras con el fin de detectar irregularidades.
- Monitoreo satelital: Su principal aplicación es en plataformas inalámbricas y se basa en regular el tráfico vehicular. [12]

En especial, para este proyecto de tesis, se enfocó en el monitoreo ambiental en donde se utilizan sensores que permiten medir ciertos parámetros. Algunos de los ejemplos sobre estaciones ambientales son los siguientes:

1.5.2. Estación Meteorológica

Son estaciones que recopilan datos de distintas variables como la temperatura, humedad del aire, la velocidad y dirección del viento, la presión atmosférica, entre otras, que impactan en el medio ambiente de una cierta región. [13]

1.5.3. Estación Climatológica

Se toman mediciones de las variables meteorológicas por más tiempo y permite detectar los cambios atmosféricos y evoluciones del tiempo en un lugar determinado. [14]

1.5.4. Estación de Monitoreo de la Calidad del Aire

Su función es realizar de manera precisa la evaluación del aire, principalmente evaluando concentraciones de gases contaminantes como dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y partículas en suspensión. Además, este tipo de estaciones están fabricadas para resistir las fuertes condiciones climatológicas. [15]

Estos son algunos ejemplos de estaciones de monitoreo que suelen usarse en el sector público y privado, realizando la medición de algunos parámetros para después realizar estadísticas o en algún caso, predicciones.

Capítulo 2

Planteamiento del problema

2.1. Objetivo general

Diseñar y fabricar un prototipo que permita realizar el monitoreo de agua dulce, de manera inalámbrica y que permita enviar lecturas de tres sensores y recibirlos en un ordenador.

2.2. Objetivos particulares

1. Fabricar las placas de las estaciones emisora y receptora y adaptarlas a unos módulos de radiofrecuencia.
2. Diseñar los modelos 3D que se ocuparán para ambas estaciones.
3. Validar el prototipo realizando pruebas de alcance y muestreo, para verificar su funcionamiento.
4. Generar un archivo CSV que permita almacenar y clasificar los datos de los tres diferentes sensores. Posteriormente con esos datos generar gráficas para darles una interpretación a dichos datos.

2.3. Justificación del tema

Recientes artículos de divulgación científica, investigaciones y organizaciones mundiales a lo largo de muchos años han demostrado que la contaminación del agua es un problema que está afectando a todo el mundo. Desde sequías, sobreexplotación de mantos acuíferos, desechos industriales y contaminación del plástico han ocasionado que se vuelva más difícil el acceso a este líquido vital.

Por esta razón, se propone diseñar y fabricar un prototipo que permita monitorear el agua

dulce, con el beneficio de capturar distintas muestras y clasificar el tipo de agua. En la figura 2.1, se muestran las etapas que se plantean para el diseño y fabricación del prototipo.

2.4. Etapas del proyecto



Figura 2.1: Etapas preliminares del proyecto

2.5. Descripción de los componentes esenciales del prototipo

Para el diseño y fabricación del prototipo, se consideró un diagrama que contiene los bloques esenciales para realizar un proceso de comunicación. En la figura 2.2 se muestra el esquema de un proceso de comunicación en general, además en cada bloque se describen los componentes a utilizar en el prototipo.

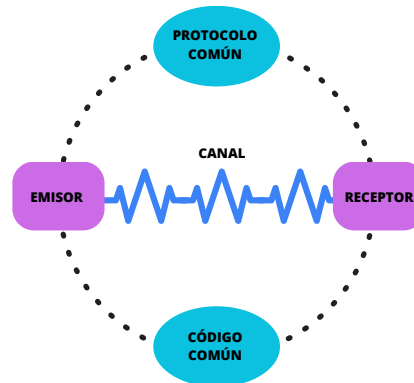


Figura 2.2: Esquema del proceso de comunicación

2.6. Emisor y Canal

Es el elemento responsable de capturar la señal o señales de entrada y adaptarlas al canal de comunicación. El *canal* es el medio físico, alámbrico o inalámbrico por el que viajan las señales de un emisor y son dirigidas a un receptor. [17]

En el caso particular del prototipo, en el bloque emisor lo constituyen diferentes componentes, los cuales se detallan a continuación:

2.6.1. Microcontrolador ATMEGA328P-PU

Un microcontrolador es un circuito integrado que incluye una Unidad Central de Procesamiento (CPU, Central Processing Unit), además tiene una memoria para código y datos, temporizadores y recursos esenciales para aplicaciones específicas. A continuación se en lista las características técnicas del microcontrolador ATMEGA328P-PU.

- **Memoria de código:** 32 kbyte de memoria Flash.
- **Memoria de datos:** 2 kbyte de SRAM y 1 kbyte de EEPROM
- **Terminales para entrada/salida:** 23
- **Frecuencia máxima de trabajo:** 20 MHz
- **Voltaje de alimentación:** De 1.8 a 5.5 Volts
- **Temporizadores:** 2 de 8 bits y 1 de 16 bits
- **Canales PWM:** 6
- **Fuentes de interrupción:** 26

- **Interrupciones externas:** 2 individuales y 3 por puerto
- **Canales de conversión analógico/digital:** 6 de 10 bits en encapsulado PDIP, 8 en encapsulados TQFP o MLF
- **Facilidades para un Reloj de Tiempo Real:** Sí
- **Interfaz SPI como Maestro o Esclavo:** Sí
- **Transmisor/Receptor Universal Síncrono/Asíncrono (USART):** Sí
- **Interfaz serial de dos hilos (TWI) compatible con I2C:** Sí
- **Programación In System:** Sí
- **Oscilador interno configurable:** Sí
- **Watchdog timer:** Sí

Entre sus características se destaca por su capacidad de almacenamiento, incluyendo 32 kbyte de memoria Flash para el almacenamiento de código. Esta memoria Flash es crucial para contener el programa que guía el funcionamiento del microcontrolador. Junto con sus 2 kbyte de SRAM y 1 kbyte de EEPROM para datos temporales y almacenamiento no volátil, respectivamente, el dispositivo ofrece un conjunto completo de recursos de memoria.

Además, cuenta con 2 temporizadores de 8 bits y 1 de 16 bits para la gestión del tiempo, 6 canales PWM para el control preciso de dispositivos, y 26 fuentes de interrupción que permiten respuestas rápidas a eventos específicos. Con 6 canales de conversión analógico/digital de 10 bits y facilidades para un Reloj de Tiempo Real, se adapta a aplicaciones que requieren un seguimiento preciso del tiempo y la conversión de señales analógicas. Ofrece también diversas interfaces de comunicación, como SPI, USART, y TWI compatible con I2C, junto con la conveniente programación In System y un oscilador interno configurable. Además, incorpora un watchdog timer que supervisa la integridad del sistema y reinicia el microcontrolador en caso de mal funcionamiento o bloqueo del programa. [16]

2.6.2. Módulo de radiofrecuencia

El módulo de radiofrecuencia es un dispositivo que permite realizar comunicaciones inalámbricas en la frecuencia de 2.4 GHz¹, además, este dispositivo permite la creación de redes punto a punto, punto a multipunto y malla.

Por otra parte, este módulo incorpora la comunicación SPI (Interfaz Periférica Serial), la cual consiste en intercambiar datos a una alta velocidad entre los mismos dispositivos.

¹La Banda ISM (Industrial, Scientific, and Medical) abarca frecuencias radiofónicas entre 2.400 y 2.483 MHz, con un ancho de banda de 83 MHz, facilitando la transmisión de datos a elevadas velocidades. Su disponibilidad posibilita la comunicación sin cables ni requerimientos adicionales entre dispositivos. [19]

También este módulo incorpora un alcance de 60 metros en lugares cerrados y 1200 metros en lugares abiertos o en línea de vista. Finalmente, cuenta con 15 pines que se pueden utilizar como entradas y salidas, 4 de ellas como entradas analógicas de 10 bits. Entre otras especificaciones ver la tabla 2.1. [18]

Especificaciones

Frecuencia de trabajo	2.4 GHz
Velocidad de datos (Max)	250.000 bits/s
Alcance de señal	De 60 Hasta 1200 metros
Voltaje de operación	3.3 V

Tabla 2.1: Especificaciones del módulo de radiofrecuencia

2.6.3. Sensor de Temperatura Analógico LM35

El LM35 es un sensor de temperatura analógico que traduce pequeñas variaciones de voltaje del orden de $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$, lo que significa que la salida del sensor cambia 10 mV por cada grado Celsius de cambio en la temperatura.

En especial, el modelo LM35DZ realiza mediciones de temperaturas que van de los 0 a 100 grados Celsius (ver tabla 2.2).

Además, son a prueba de agua, ya que vienen con un encapsulado de acero inoxidable y con cables de colores que facilitan su conexión. [20]

Especificaciones

Rango de temperatura	0 a 100°C
Voltaje de alimentación	4 a 30 V

Tabla 2.2: Tabla de especificaciones sensor de temperatura

2.6.4. Sensor de Turbidez Analógico para Medir Calidad de Agua SEN0189

El sensor de turbidez permite detectar la calidad del agua por el nivel de transparencia, en pocas palabras mide la cantidad de partículas en suspensión. La variable física que mide el sensor se relaciona con la dispersión de la luz que cambia con los sólidos disueltos (ver tabla 2.3).

La transformación de la señal eléctrica de un sensor de turbidez implica la conversión de la interacción luz-partículas en un medio líquido en señales eléctricas que se relacionan con la turbidez del líquido. [21]

Especificaciones

Voltaje de alimentación	5 V
Consumo de corriente	40 mA
Unidad de medida	Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT)

Tabla 2.3: Tabla de especificaciones del sensor de turbidez

2.6.5. PH-4502C Sensor de pH Líquido con electrodo E201-BNC

El sensor de pH-4502C es un dispositivo que se encarga de medir el pH de alguna sustancia por medio de una sonda que se conecta a un electrodo a través de un conector BNC. Por otra parte, cuenta con dos potenciómetros, uno de ellos permite realizar la calibración del dispositivo para lograr una medición más exacta (ver tabla 2.4). [22]

Especificaciones

Voltaje de Alimentación	5 V
Consumo de corriente	10 mA
Tiempo de Respuesta	5 segundos
Rango de detección	0 - 14 (ácido - base)

Tabla 2.4: Tabla de especificaciones del sensor de pH

2.6.6. Baterías 18650 de 7.4 V 2S1P 2200 mAh

Las baterías 18650 de 7.4 V son conjuntos de baterías recargables de iones de litio.

Tienen un voltaje nominal de 7.4 V y una capacidad de almacenamiento de 2200 mAh o 4400 mAh según el modelo. Estas baterías son eficientes y de alta calidad, con encapsulado metálico para mayor seguridad y están conectadas entre sí con un tubo termo retráctil. Además, cuentan con dos cables, calibre 22 y un plug de 5.5 mm para carga y salida de voltaje. [23]

2.6.7. Indicador de baterías de litio

Es un módulo el cual permite comprobar el estado de las baterías, en especial para este módulo, se pueden conectar baterías de 1 a 8 celdas. En particular, para el diseño del prototipo se ocupará para 2 celdas, en la siguiente tabla 2.5 se muestran las especificaciones del módulo. [24]

Especificaciones

Voltaje de operación	3 a 34 V
Corriente de trabajo	5 mA
Temperatura de operación	-20° a 50°

Tabla 2.5: Tabla de especificaciones del indicador de baterías de litio

2.7. Receptor

Este elemento es el encargado de obtener la señal o señales que proceden del canal y se encarga de procesarlas y convertirlas en información de salida. [17]

En el caso del prototipo en el modo receptor, se ocupará el mismo módulo de radiofrecuencia, solo se agregará un convertidor USB serial FTDI TTL FT232RL.

2.7.1. Convertidor USB serial FTDI TTL FT232RL

Este convertidor serial también sirve como programador para diferentes placas de desarrollo. En particular, este módulo transforma la conexión USB en 5 V para los pines TX y RX de cualquier otra placa, por medio de un cable. Sus especificaciones se encuentran en la tabla 2.6 [25]

Especificaciones

Voltaje de operación	5 V
Operación configurable	3.3 V o 5 V
Acceso a señales	GND, CTS, VCC, TX, RX y DTR

Tabla 2.6: Tabla de especificaciones del convertidor serial

2.8. Protocolo y código común

En comparación con los elementos emisor y receptor, el protocolo y código común suelen ser los más importantes, para que exista un intercambio de información entre el origen y el destino (emisor y receptor), se debe emplear una serie de conjuntos y reglas, que definan un intercambio de información.

A continuación, se describe protocolo de comunicación IEEE 802.15.4, características, topologías de red, y sus ventajas.

2.8.1. Protocolo IEEE 802.15.4

La comunicación inalámbrica basada en el protocolo se fundamenta en el estándar de comunicaciones WPAN (Wireless Personal Area Network, red inalámbrica de área personal). Donde su operatividad se fundamenta en comunicar inalámbricamente dispositivos electrónicos con bajo consumo eléctrico y una tasa baja de datos.

Este protocolo es utilizado para la medición de distintas variables como suele ser temperatura, gases, entre otros. [26]

2.8.2. Características técnicas

Frecuencias

Las frecuencias en las que generalmente opera el protocolo IEEE 802.15.4 es en las bandas de 868 MHz (Europa), 915 MHz (Estados Unidos) y 2.4 GHz (resto del mundo) y se sitúan en la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical, Industrial, científica y médica) de uso no moderado.

Específicamente, en la banda de los 2.4 GHz se especifican 16 canales, de los cuales cada uno están separados cada 5 MHz, es decir, desde 2405 a 2480 MHz. El número de canales para la banda de 915 MHz es de 10, mientras que para la banda de 868 MHz solo es de 1.

Para la transmisión se utiliza la modulación O-QPSK, con una codificación DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum, Espectro expandido por secuencia directa).

Su velocidad de modulación es de 62500 bauds (Símbolos por segundo), alcanzando una velocidad de 250 kbps y un ancho de banda efectivo de 2 MHz. [27]

2.8.3. Tipos de dispositivos

Los diferentes dispositivos que dispone una red que utiliza el protocolo 802.15.4 son coordinador, router y dispositivo final.

- Coordinador: Este dispositivo es el más importante en la red, ya que es el principal creador de la red y a su vez la gestiona, creando un canal de comunicación.
- Routers: Este tipo de dispositivos son los encargados de comunicar además dispositivos de la red. Cabe mencionar que también se encarga de encontrar la mejor ruta para comunicar dos dispositivos que se encuentren apartados dentro de la red.
- Dispositivo final: Es el dispositivo que se encarga de tomar y mandar la información del estado en el que se encuentran los sensores que están vinculados a él.

2.8.4. Topologías de Red

Uno de los beneficios que ofrece el protocolo es que se pueden implementar diferentes topologías de red, con el fin de interconectar los diferentes dispositivos (ver figura 2.3).

- Topología estrella: Es el tipo de topología en el que los elementos finales, salvo el coordinador, se localizan en el centro de la red. Una de las desventajas de esta topología es que si falla el punto central se desploma por completo la red.
- Topología de árbol: Este tipo de topología se considera una cadena de redes estrella conectadas, lo cual no permite que sea necesario un nodo central. Los routers son los encargados de enlazarse con los dispositivos finales y a su vez el coordinador también se podrá enlazar con los dispositivos finales. La desventaja que presenta este tipo de red es que si un router falla, la red queda incapacitada.
- Topología malla: Es la topología más confiable debido a que varios nodos están conectados y no solo a uno. Es decir, en caso de que algún router tuviera algún inconveniente, el coordinador dispondrá de otra ruta que no se encuentre interrumpida. Una ventaja de esta topología es que suele eliminar el exceso de cableado. [26]

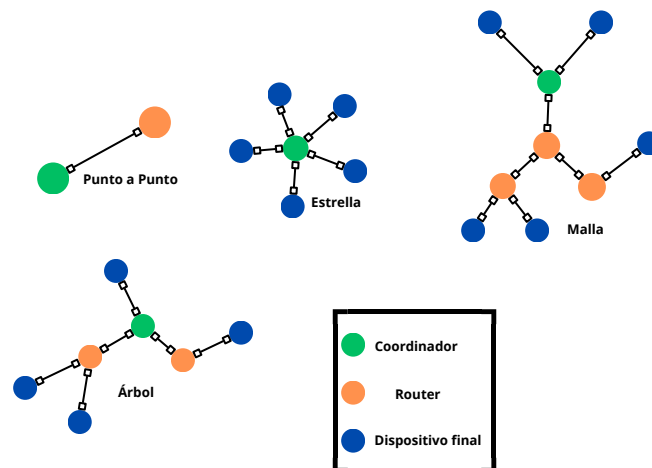


Figura 2.3: Topologías de red empleando diferentes dispositivos

2.8.5. Ventajas del protocolo IEEE 802.15.4

Si bien el protocolo ha permitido lograr la comunicación entre diferentes dispositivos, también surgen algunas ventajas:

- Concede una larga duración de las baterías.

- Funciona en la banda de 2.4 GHz de uso libre.
- Idónea para baja transferencia de datos.
- Admite hasta 65,000 nodos dentro de una red.
- Soporta conexiones punto a punto y punto a multipunto.
- Los módulos suelen ser económicos en comparación con otras tecnologías de redes inalámbricas. [28]

Capítulo 3

Desarrollo del prototipo

3.1. Diseño del prototipo

En este capítulo se desarrollan las etapas y una serie de pasos que se emplearon para lograr el diseño y fabricación, del prototipo.

Como se mencionó antes, se pretende crear una estación emisora con sensores que permitan realizar la evaluación del agua por medio de tres variables como lo son la temperatura, el pH y la turbidez.

La estación receptora será la encargada de recibir los datos de la estación emisora por medio de un programa en Python y almacenarlos en una archivo CSV. En la figura 3.1 se muestra un esquema en general de la función del prototipo

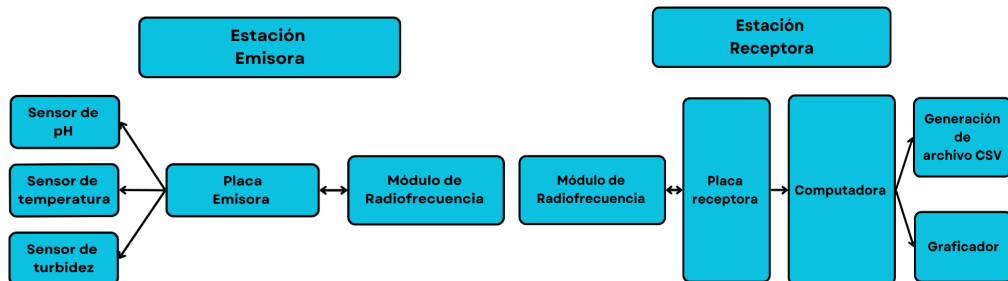


Figura 3.1: Esquema general de las estaciones del prototipo

3.2. Primera Etapa

Como parte de la primera etapa se realizó la conexión de los sensores de turbidez, pH y temperatura en placas de desarrollo comercial con el propósito de tener una idea de los puertos que se ocuparían para conectar los sensores en el microcontrolador, así como los pines de

alimentación (ver figura 3.2a).

De igual modo, se realizó la compra de una tarjeta de control inalámbrico para el módulo de radiofrecuencia, con el propósito de visualizar los pines esenciales (Vcc, Gnd, Tx y Rx) de operación del módulo (ver figura 3.2).

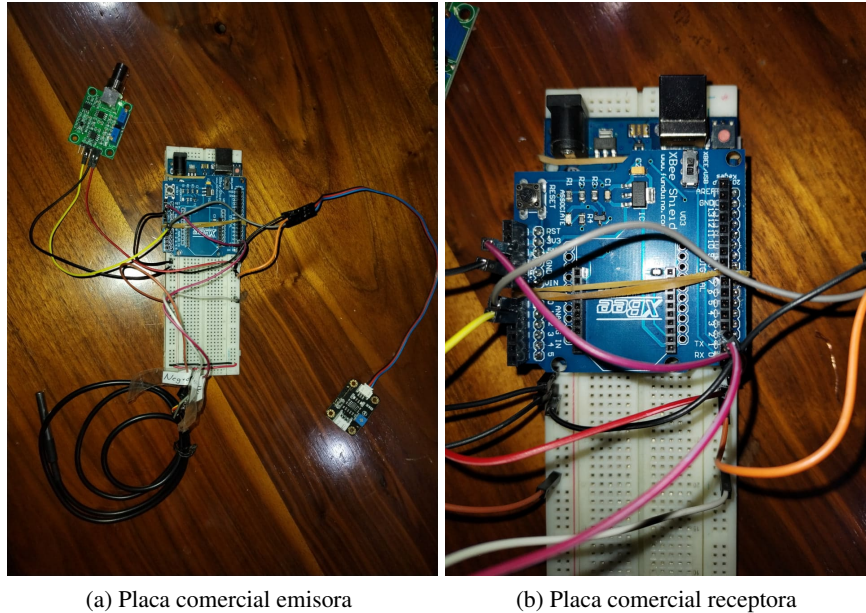


Figura 3.2: Placas de desarrollo comercial, estación emisora y receptora

Uno de los puntos más importantes para que exista comunicación entre dos módulos de radiofrecuencia (emisor y receptor) se realiza la configuración de los módulos mediante una plataforma, la serie de pasos para la configuración es la siguiente:

- 1.— Lo primero, es descargar un software de la página del fabricante, para realizar las configuraciones de operación del módulo.
- 2.— Como segundo paso se conecta el módulo a una tarjeta de control inalámbrico por medio de un cable de datos USB. Existe una opción dentro del software que permite descubrir el tipo de dispositivo (coordinador, router o dispositivo final) que viene configurado de fábrica.
- 3.— El siguiente paso es entrar a las propiedades del módulo en donde se configura el DH (Destination Address High), ID (PAN ID), CE (Coordinator Enable), entre otros.
- 4.— En específico para el prototipo se cambiaron los siguientes parámetros para el módulo de radiofrecuencia, emisor y receptor, tal como muestra en el siguiente tabla 3.1.

Módulo emisor	Módulo receptor
PAN ID: 1234	PAN ID: 1234
Scan Channels: FFFF	Scan Channels: FFFF
Node Identifier: Router	Node Identifier: Coordinador
AT Timeout: 64	AT Timeout: 64

Tabla 3.1: Parámetros de configuración de los módulos de radiofrecuencia

5.— Cada uno de estos parámetros son para ambos módulos, ya como paso final el software contiene una opción en la que estos se guardan en cada módulo por separado.

De acuerdo con la etapa inicial, se decidió diseñar y producir la placa del prototipo desde cero, tomando como referencia los componentes fundamentales de las placas de desarrollo comercial empleadas al principio. Del mismo modo, se pretende adecuar el módulo de radiofrecuencia a la placa del prototipo, sin usar la placa de control inalámbrico.

3.3. Segunda Etapa

De acuerdo con el diagrama de bloque de la estación emisora, se enlistan los componentes centrales (ver la tabla 3.2) que se ocuparán para el diseño de la placa emisora, además de incluir otros componentes que se adecuan al prototipo.

Cantidad	Componente
1	Microcontrolador Atmega328P-PU
1	Base de 28 pines (Microcontrolador Atmega328P-PU)
1	Módulo de radiofrecuencia
1	Regulador L7805 5 V a 1.5 A
1	Regulador LD1117 3.3 V a 1 A
1	Sensor de temperatura LM35
1	Sensor de turbidez
1	Sensor de pH
1	Diodo rectificador 1N4004
3	Borneras de 3 pines
2	Borneras de 2 pines
1	Cristal de 16 MHz
2	Capacitores cerámicos de 22 pF
3	Capacitores cerámicos de 100 nF
1	Capacitor electrolítico 100 μ F
Continúa en la siguiente página	

Cantidad	Componente
1	Capacitor electrolítico 47 μ F
1	Resistencia de 220 Ω
1	Resistencia de 10 k Ω
2	Header hembra de 10 pines a 2 mm
1	Header hembra de 6 pines a 2.54 mm
1	Interruptor de dos vías
1	Push Button
1	LED blanco de 2.54 mm

Tabla 3.2: Tabla de costos de los componentes de la estación emisora

Antes de realizar el diseño en un software se realizaron las conexiones, del microcontrolador con los sensores y el módulo de radiofrecuencia en una protoboard (ver figuras 3.3 y 3.4)

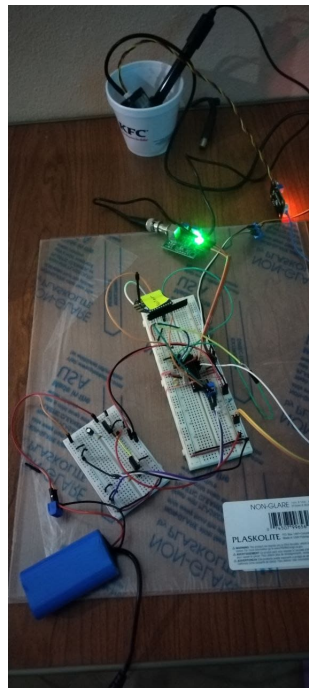


Figura 3.3: Estación emisora en protoboard

Avanzando con el desarrollo del prototipo, ahora se enlistan los componentes esenciales (ver la tabla 3.3) para la estación receptora y la prueba en la protoboard.

Cantidad	Componente
1	Módulo de radiofrecuencia
1	Regulador LD1117 3.3 V a 1 A
1	Diodo rectificador 1N4004
1	Capacitor electrolítico 47 μ F
1	Capacitor cerámico de 100 nF
1	Borneras de 2 pines
1	Header hembra de 6 pines a 2.54 mm
2	Header hembra de 10 pines a 2 mm

Tabla 3.3: Tabla de componentes de la estación receptora

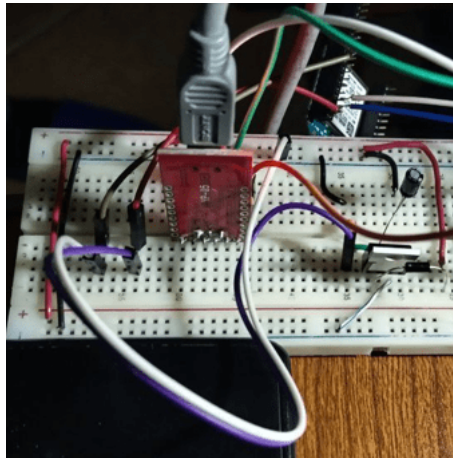


Figura 3.4: Estación receptora en protoboard

Considerando que la etapa de pruebas se desarrolló con éxito, se procedió a realizar el diseño de ambas placas emisora y receptora, con el propósito de fabricar el circuito impreso de ambas placas.

El software que se utilizó fue EasyEDA que sirve para simulación y diseño de circuitos impresos. Esta plataforma no requiere instalación y se basa en la nube, además permite trabajar desde cualquier navegador.

Cabe mencionar que esta plataforma cuenta con todos los componentes que se utilizaron para el diseño y fabricación de las placas, ya que cuenta con una actualización constante de sus bibliotecas, lo que en otras plataformas no se encontró. [29]

3.3.1. Diseño de placa emisora

En la siguiente figura 3.5 se muestra el esquema y las conexiones empleadas de cada componente.

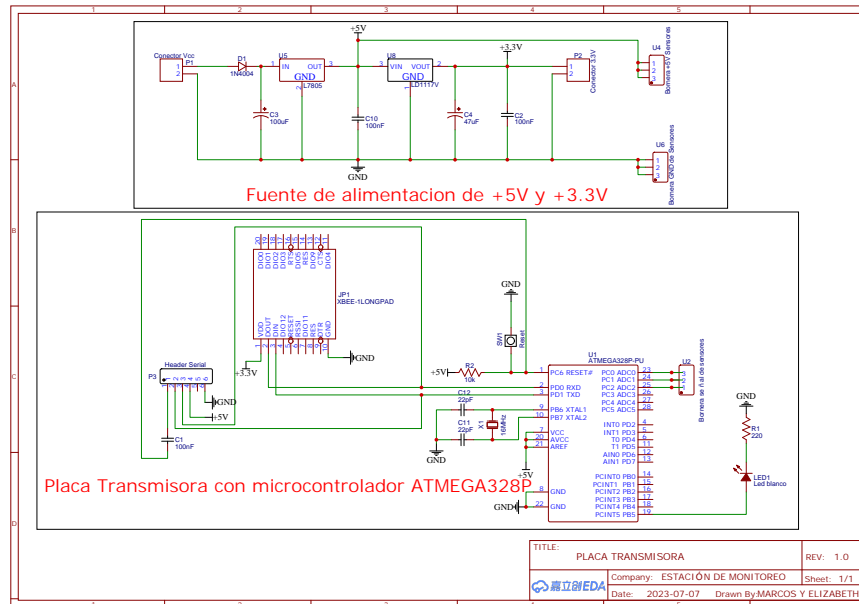


Figura 3.5: Esquema de la placa emisora

En la parte superior están conectados los componentes más esenciales, dado que conforman la fuente que regula los 5 V (L7805) para alimentar al microcontrolador y el otro de 3.3 V (LD1117) que alimenta al módulo de radiofrecuencia.

Teniendo en cuenta que el prototipo se alimenta de un banco de pilas de Litio, se utilizaron las borneras, ya que se emplean para asegurar algún cable por medio de tornillos.

Una de las borneras de dos pines es para la alimentación que proviene de la alimentación externa, mientras que la otra bornera de dos pines, es para alimentar algún otro dispositivo que funcione a 3.3 V.

También se agregaron tres borneras de tres pines con el fin de conectar los 5 V de cada sensor (pH, turbidez y temperatura) y su respectiva tierra.

En la parte inferior del esquema se encuentran el módulo de radiofrecuencia y el microcontrolador. En la parte del microcontrolador se utilizó una bornera de 3 pines para las señales analógicas de los sensores (ADCO, ADC1 y ADC2), además cuenta con un botón de reseteo y con un led que indica la carga de un programa al microcontrolador o bien el reseteo del mismo.

Finalmente, en la parte del módulo de radiofrecuencia se conectan los pines respectivos de alimentación como son 3.3 V y tierra (Pin 1 y Pin 10), así como los pines Tx y Rx (Pin 2 y Pin 3), que a su vez se conectan a los pines Rx y Tx (Pin 2 y Pin 3) del microcontrolador.

Cabe mencionar que se incluyó un Header hembra de 6 pines, para la carga del programa que se almacenará en el microcontrolador.

3.3.2. Diseño de circuito impreso estación emisora

Con respecto al circuito impreso, la plataforma permite exportar los elementos del esquema anterior descrito a un panel donde se acomodan los componentes en la placa y sus respectivas conexiones, el resultado de este proceso se encuentra en la siguiente figura 3.6

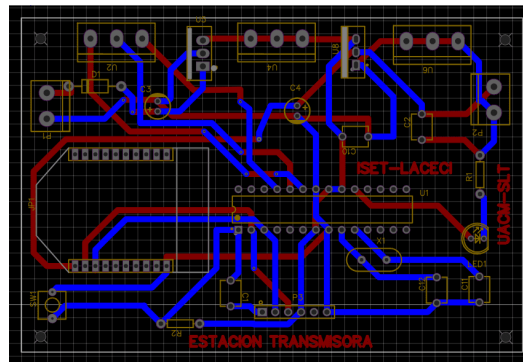


Figura 3.6: Circuito impreso de la placa emisora

Una característica de la plataforma es que nos permite visualizar el circuito impreso en 3D, lo que permite tener una mejor visión del circuito apegado a la realidad (ver figura 3.7).

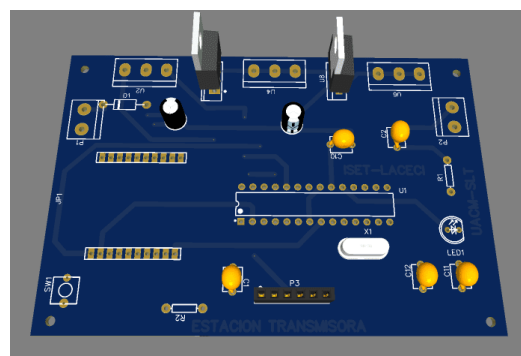


Figura 3.7: Modelo 3D de la placa emisora

3.3.3. Diseño de placa receptora

En la siguiente figura 3.8 se muestra el esquema y las conexiones empleadas de cada componente, respecto a la placa receptora.

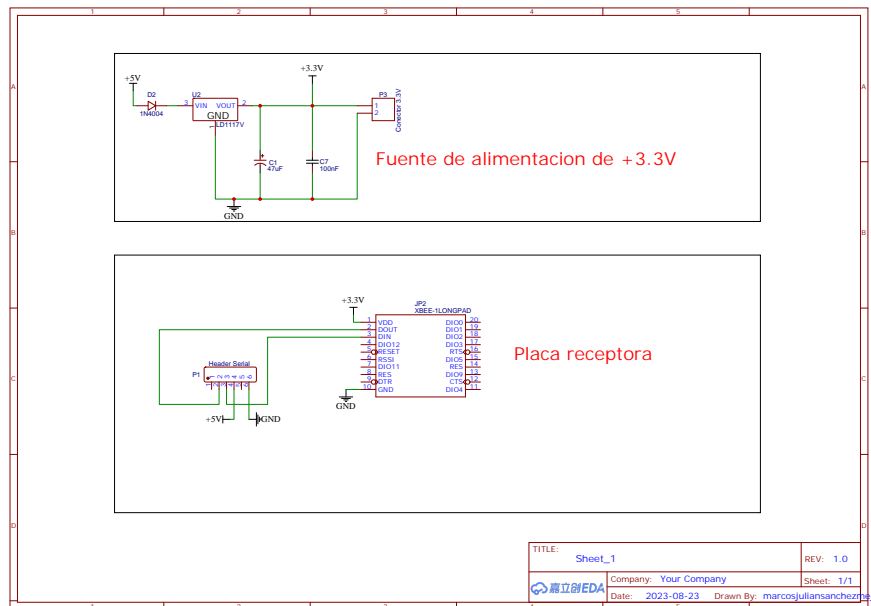


Figura 3.8: Esquema de la placa receptora

De igual modo, y siguiendo con los pasos de la estación emisora, se realizó el esquema para la estación receptora, en la que sólo se implementó una fuente regulada de 3.3 V para el módulo de radiofrecuencia.

Es importante resaltar que se utilizó un Header hembra de 6 pines para realizar dos importantes funciones;

- 1.— El primer propósito del Header es para suministrar 5 V provenientes del convertidor serial FTDI al regulador LD1117 y suministrar al módulo con 3.3 V.
- 2.— El segundo propósito es el de recibir los datos de los pines Tx y Rx (Pin 2 y Pin 3), del módulo de radiofrecuencia.

3.3.4. Diseño de circuito impreso estación receptora

De igual manera, para la realización del circuito impreso de la estación receptora, se exportó cada uno de los componentes, dando como resultado la siguiente distribución, como se muestra en la siguiente figura 3.9. Simultáneamente, se añade la vista 3D (ver figura 3.10).

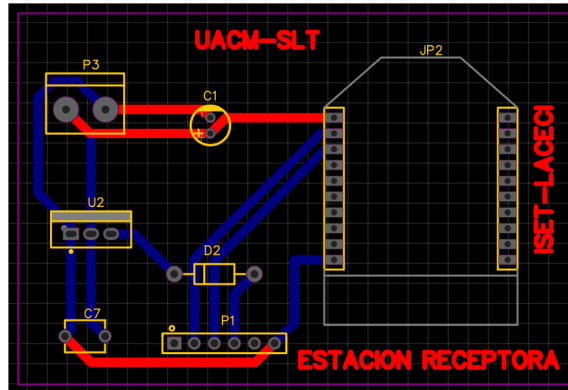


Figura 3.9: Circuito impreso de la placa receptora

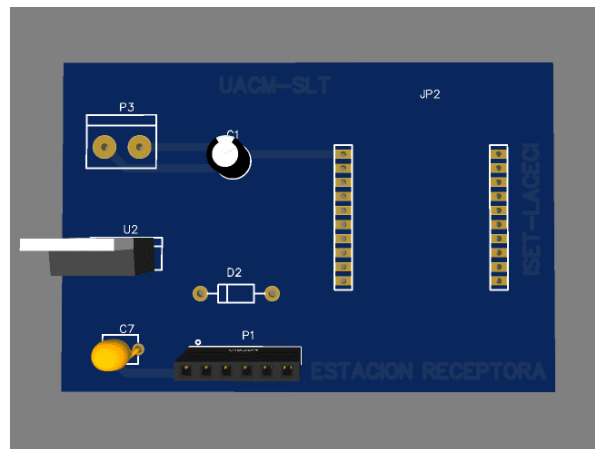


Figura 3.10: Modelo 3D de la placa receptora

3.4. Tercera Etapa

Una vez realizado el diseño de las placas emisora y receptora, se procedió a enviar los archivos GERBER de ambas placas, a una fábrica en Hong Kong, con el propósito de acortar el tiempo de fabricación, ya que el costo para placa emisora fue de \$79.00 y para la receptora un costo de \$44.00.

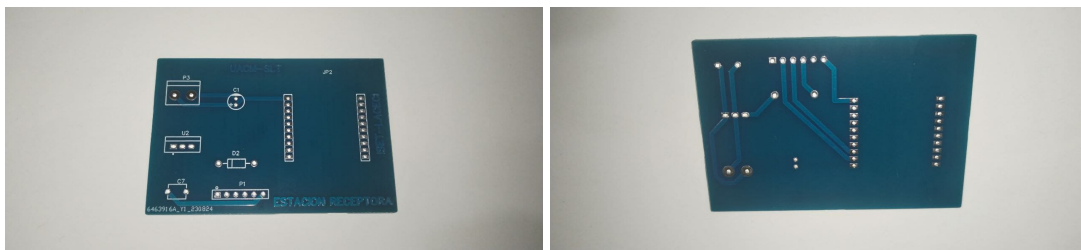
En las siguientes imágenes se muestran la placa emisora (ver figura 3.11a) y receptora (ver figura 3.11b) ya fabricadas y sin ningún componente.



(a) Cara delantera de la placa emisora

(b) Cara trasera de la placa emisora

Figura 3.11: Circuito impreso emisor



(a) Cara delantera de la placa receptora

(b) Cara trasera de la placa receptora

Figura 3.12: Circuito impreso receptor

Por otro lado, teniendo los circuitos impresos se procede a soldar cada uno de los componentes antes mencionados (ver figura 3.13).

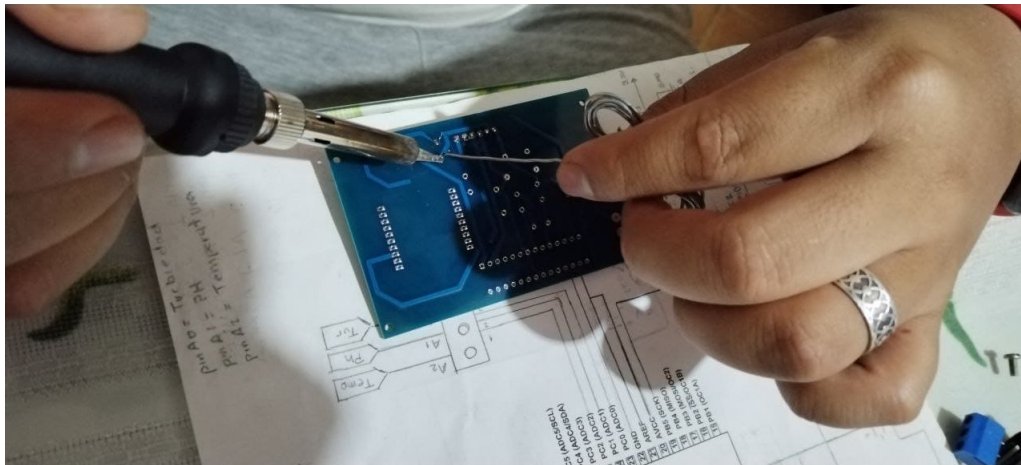


Figura 3.13: Etapa de soldado de los componentes

Teniendo en cuenta que ya se soldaron los componentes de ambas placas, el resultando fue el siguiente. Para la placa emisora (ver figura 3.14) y la receptora (ver figura 3.15)

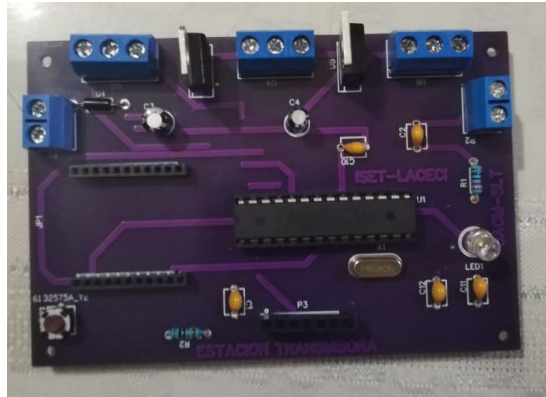


Figura 3.14: Placa emisora con sus componentes soldados

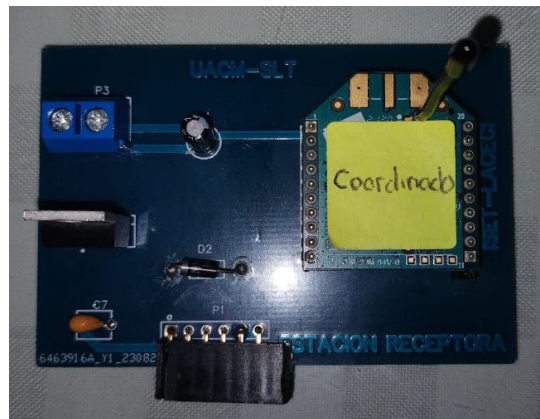


Figura 3.15: Placa receptora con sus componentes soldados

3.5. Cuarta Etapa

Dado que las placas emisora y receptora estarán en la intemperie, se diseñó un modelo 3D para evitar algún daño hacia las placas, especialmente para la estación emisora que estará en contacto con la superficie del agua. En el caso de la receptora no hay mucho problema debido a que esta soló estará en contacto con la superficie de una mesa.

El software utilizado fue Tinkercad, esta plataforma, es gratuita y muy fácil de utilizar, ya que es popular por diseñar piezas en 3D. No obstante, permite programar y simular algunas placas de desarrollo comercial. [30]

3.5.1. Diseño de modelo 3D estación emisora

Como parte del diseño de la estación emisora se decidió realizar el modelo en dos partes con el fin de que en una parte estuviera toda la circuitería y en la otra parte fuera la que se sumerge en el agua con los sensores.

En la parte en donde se colocaron los circuitos se tomó en consideración las medidas de ancho y largo de la placa emisora, puesto que sus dimensiones son de 10 cm de largo por 8 cm de ancho.

Con las medidas de la placa diseñó un cubo que contendría los módulos de los sensores (ver figura 3.16), fuente de alimentación y la placa emisora. Las medidas del diseño son de 13.3 cm de largo por 10.5 cm de ancho, con una altura de 7.5 cm.

De igual manera, se incluyó al diseño la figura geométrica de una cuña a cada lado del cubo con el propósito de mantener la estación flotando en la superficie del agua. Al final las medidas totales de la de la primera pieza fueron de 21.3 cm de largo por 18.5 cm de ancho y una altura de 7.5 cm.

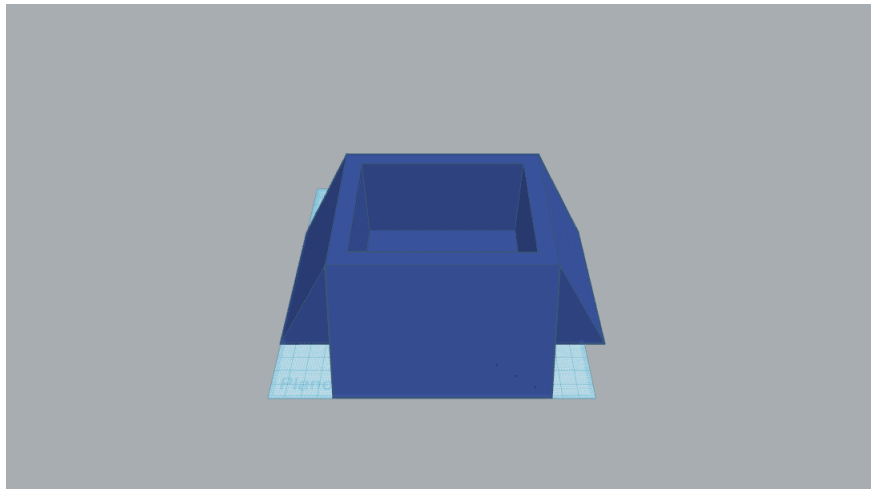


Figura 3.16: Primera parte del diseño

La segunda parte inferior del diseño de la estación emisora, en donde se colocan los tres sensores, se consideró la medida de los anchos y las alturas de cada uno.

En el caso del sensor de pH, sus medidas son de 1.5 cm de ancho por 15 cm de alto, para el de turbidez son de 3.5 cm de ancho y por la extensión del cable se mantuvo una altura de 15 cm y finalmente para el de temperatura sus medidas son de 1 cm de ancho con la altura de 15 cm de su cable.

Siguiendo la relación de las medidas descritas, se diseñó una placa de 1 cm de espesor en

donde se colocaron los tubos para cada sensor (ver figura 3.17).

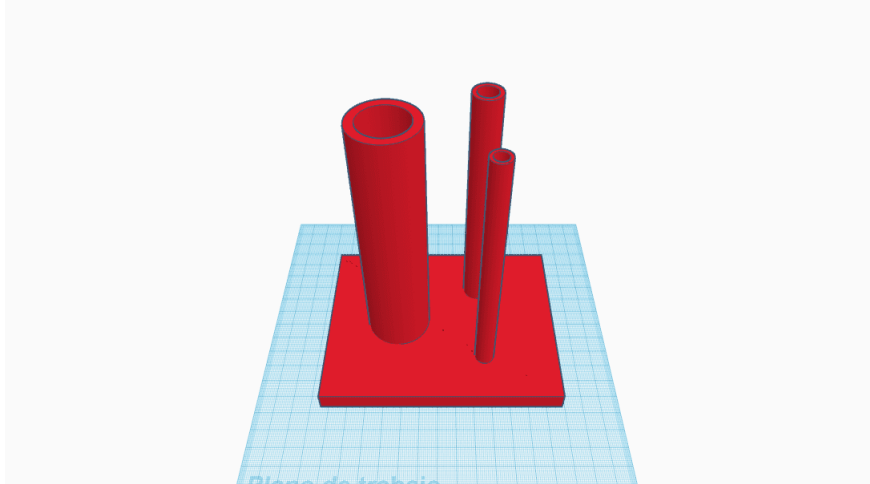


Figura 3.17: Segunda parte del diseño

Una vez diseñadas las dos partes, el software permite agrupar ambas piezas con el propósito de obtener una vista preliminar (ver figura 3.18).

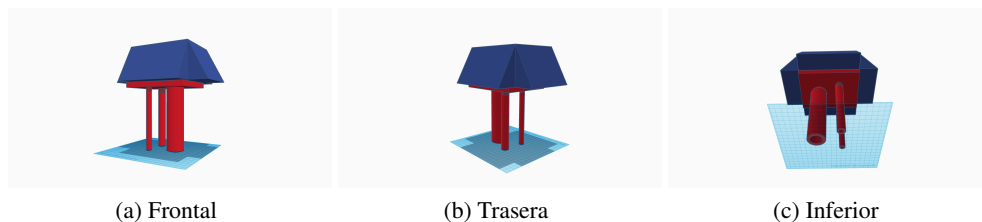


Figura 3.18: Diseño final de la estación emisora

3.5.2. Diseño de modelo 3D estación receptora

De manera similar, se diseñó el modelo 3D para la placa receptora. Como primer paso se tomó en consideración las medidas de la placa receptora con medidas de 7 cm de largo por 5 cm de ancho

Contando con estas medidas se procedió a diseñar la caja y tapa de la estación receptora. Las medidas establecidas finales fueron de 9 cm de largo por 7 cm de ancho con una altura de 4 cm. La tapa tiene las mismas medidas que la caja, solo que el espesor es de 1 cm (ver figura 3.19).

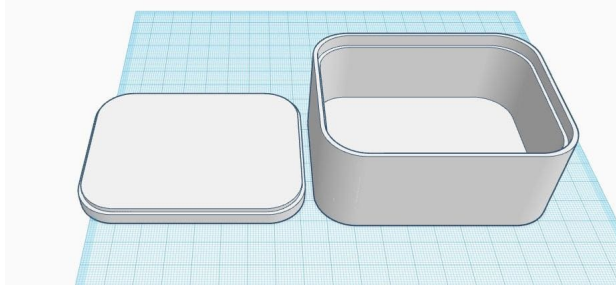


Figura 3.19: Diseño final de la estación receptora

3.6. Quinta Etapa

Una vez que se cuenta con los diseños, se procede a enviar los archivos STL de los diseños para su fabricación.

El material que se utilizó para la fabricación de las piezas fue el PETG, que es una combinación de PET con glicol, perfeccionando las propiedades del PET. Algunas de sus características de este material es que es resistente al sol, a la lluvia y al frío. [31]

Además, se decidió que la estructura interna de cada una de las piezas impresas fuera del 10 %, es decir, el relleno de cada pieza.

Un dato importante es que se selló la estación emisora con un barniz sellador, para evitar filtraciones de agua al prototipo y evitar una inundación o un corto circuito (ver figura 3.20).

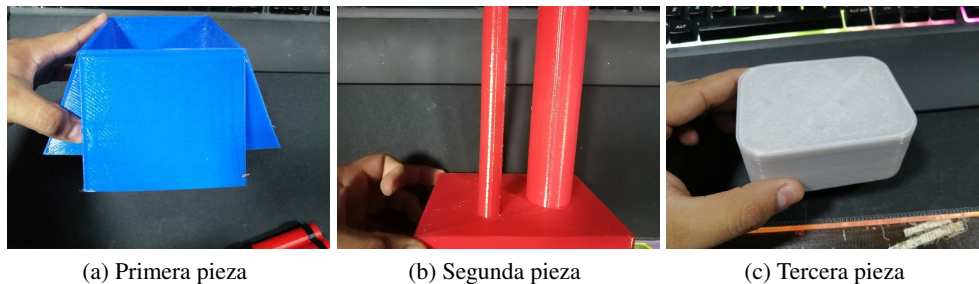


Figura 3.20: Piezas fabricadas

3.6.1. Ensamble estación emisora

En primer lugar, y una vez fabricadas las piezas, se realizó el ensamble de la primera y segunda pieza, con el objetivo que se conforme la estación emisora, tal como se muestra en la siguiente figura 3.21.

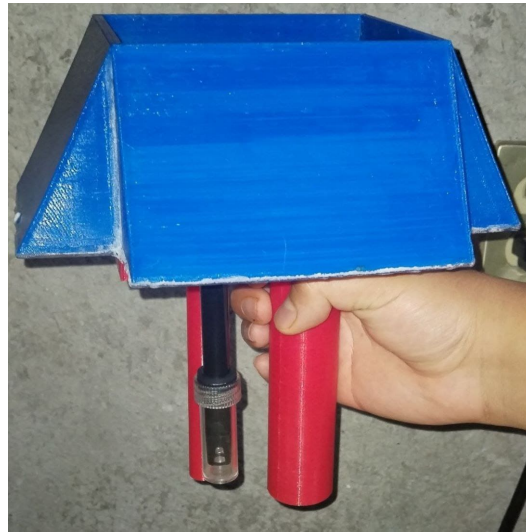


Figura 3.21: Ensamble de las dos primeras piezas

En segundo lugar, se acoplaron los sensores a los tubos, de la misma manera en la parte superior se instalaron los módulos de cada sensor. Además, se instaló la placa emisora y se realizaron las conexiones adecuadas para su funcionamiento (ver figuras 3.22, 3.23, 3.24).



Figura 3.22: Instalación de los sensores

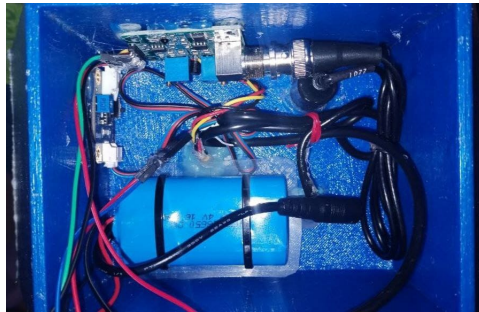


Figura 3.23: Módulos de los sensores y fuente de alimentación



Figura 3.24: Estación emisora con placa emisora

3.6.2. Ensamble estación receptora

Finalmente, se instaló la placa receptora al modelo 3D fabricado, solo se realizaron algunas adecuaciones específicamente en la parte del Header en donde se obtiene la información y un orificio en la parte superior para la antena receptora del módulo 3.26.



Figura 3.25: Módulos de los sensores y fuente de alimentación



Figura 3.26: Estación emisora con placa emisora

3.6.3. Costos de fabricación del prototipo

Para el desarrollo y fabricación del prototipo se consideró que fuera accesible y de bajo costo, ya que en el mercado existen empresas que se dedican brindar el servicio de monitoreo; también se encuentran desarrollos tecnológicos, con una gran variedad de precios.

En la siguiente tabla 3.4 se muestran los costos de las estaciones emisora y la tabla 3.5 de la receptora.

Cantidad	Componente	Precio	Total
1	Microcontrolador Atmega328P-PU	\$130.00	\$130.00
1	Base de 28 pines (Microcontrolador Atmega328P-PU)	\$7.00	\$7.00
1	Módulo de radiofrecuencia	\$600.00	\$600.00
1	Regulador L7805 5 V a 1.5 A	\$8.00	\$8.00
1	Regulador LD1117 3.3 V a 1 A	\$13.00	\$13.00
1	Sensor de temperatura LM35	\$26.10	\$26.10
1	Sensor de turbidez	\$279.00	\$279.00
1	Sensor de pH	\$452.00	\$452.00
1	Diodo rectificador 1N4004	\$3.00	\$3.00
3	Borneras de 3 pines	\$3.00	\$9.00
2	Borneras de 2 pines	\$3.00	\$6.00
1	Cristal de 16 MHz	\$4.00	\$4.00
2	Capacitores cerámicos de 22 pF	\$1.00	\$2.00
3	Capacitores cerámicos de 100 nF	\$1.00	\$3.00
1	Capacitor electrolítico 100 μ F	\$1.00	\$1.00
1	Capacitor electrolítico 47 μ F	\$1.00	\$1.00

Continúa en la siguiente página

Cantidad	Componente	Precio	Total
1	Resistencia de 220 Ω	\$1.00	\$1.00
1	Resistencia de 10 k Ω	\$1.00	\$1.00
2	Header hembra de 10 pines a 2 mm	\$6.00	\$12.00
1	Header hembra de 6 pines a 2.54 mm	\$10.00	\$10.00
1	Interruptor de dos vías	\$6.00	\$6.00
1	Push Button	\$1.00	\$1.00
1	Led blanco de 2.54 mm	\$1.00	\$1.00
1	Circuito impreso	\$79.00	\$79.00
1	Fabricación modelo 3D	\$500.00	\$500.00
1	Baterías de litio 18650	\$134.00	\$134.00
1	Indicador de batería	\$32.00	\$32.00
1	Fabricación modelo 3D	\$500.00	\$500.00
		TOTAL	\$2,321.10

Tabla 3.4: Tabla de costos de los componentes de la estación emisora

Cantidad	Componente	Precio	Total
1	Módulo de radiofrecuencia	\$600.00	\$600.00
1	Regulador LD1117 3.3 V a 1 A	\$13.00	\$13.00
1	Diodo rectificador 1N4004	\$1.00	\$1.00
1	Capacitor electrolítico 47 μ F	\$1.00	\$1.00
1	Capacitor cerámico de 100 nF	\$1.00	\$1.00
1	Borneras de 2 pines	\$3.00	\$3.00
1	Header hembra de 6 pines a 2.54 mm	\$10.00	\$10.00
2	Header hembra de 10 pines a 2 mm	\$6.00	\$6.00
1	Circuito impreso	\$44.00	\$44.00
1	Fabricación modelo 3D	\$100.00	\$100.00
1	Modulo TTL FT232RL	\$57.00	\$57.00
		TOTAL	\$836.00

Tabla 3.5: Tabla de costos de los componentes de estación receptora

El costo total del prototipo fue de **\$3,157.1**, considerando que el costo de los sensores es lo más elevado junto con el módulo de radiofrecuencia; el resto de los componentes son relativamente baratos y fáciles de encontrar en el mercado, lo que lo vuelve accesible y de bajo costo.

3.7. Sexta Etapa

Continuando con la última etapa se realizó un código en Python para obtener los datos de la estación emisora, los cuales acceden por el puerto serial de la computadora. A su vez, este código genera un archivo CSV (Comma Separated Values, Valores Separados por Comas).

Este tipo de archivos permite organizar y manipular gran cantidad de datos, estructurándolos en formato de tabla y utilizando como separación entre cada celda el punto y coma o una coma. Además de que es una solución accesible para estructurar los datos y no requiere de un software adicional. [32]

3.7.1. Código Python

El código Python es el siguiente.

```
import serial
import csv
import datetime

puerto = serial.Serial('/dev/ttyUSB0', 9600)

# Las dos primeras ubicaciones son para 10 metros (Limpia, sucia)

#ubicacion_archivo_csv = 'Escritorio/prueb_10_limpia.csv'
#ubicacion_archivo_csv = 'Escritorio/prueb_10_sucia.csv'

# Las dos primeras ubicaciones son para 30 metros (Limpia, sucia)

#ubicacion_archivo_csv = 'Escritorio/prueb_30_limpia.csv'
#ubicacion_archivo_csv = 'Escritorio/prueb_30_sucia.csv'

# Los dos primeras ubicaciones son para 60 metros (Limpia, sucia)

#ubicacion_archivo_csv = 'Escritorio/prueb_60_limpia.csv'
#ubicacion_archivo_csv = 'Escritorio/prueb_60_sucia.csv'

encabezado = 'Fecha Tiempo Turb pH Temp'

with open(ubicacion_archivo_csv, 'w', newline='') as archivo_csv:

    archivo_csv.write(encabezado + '\n')
```

```
contador = 0

while contador < 300:

    if puerto.in_waiting > 0:
        linea = puerto.readline().decode('utf-8')
        if linea.strip() == 'FIN':
            break

    datos = linea.strip().split(',')

    tiempo_actual = datetime.datetime.now().strftime('%Y-%m-%d %H:%M:%S')
    datos_con_tiempo = ' '.join([tiempo_actual] + datos)

    archivo_csv.write(datos_con_tiempo + '\n')
    contador += 1

print(f"Valor {contador} ({tiempo_actual}): {datos_con_tiempo[1:]}")

puerto.close()
```

En resumen, el código funciona de la siguiente manera:

1. Importa las bibliotecas necesarias, como 'serial' para la comunicación serie, 'csv' para manejar archivos CSV y 'datetime' para gestionar las marcas de tiempo.
2. Configura el puerto serie para comunicarse con un dispositivo conectado a '/dev/ttyUSB0' a una velocidad de 9600 baudios.
3. Define la ubicación del archivo CSV donde se guardarán los datos. Se puede seleccionar la ubicación específica para cada conjunto de los datos (distancia y condición) descomentar la ubicación adecuada.
4. Define el encabezado del archivo CSV, especificando las columnas "Fecha", "Tiempo", "Turbidez", "pH" y "Temperatura".
5. Abre el archivo CSV en modo escritura y escribe el encabezado en la primera línea.
6. Inicia un bucle que se ejecuta hasta recopilar una cantidad específica de valores, para las pruebas del prototipo se consideraron 300 muestras.
7. Verifica si hay datos disponibles en el puerto serie.
8. Lee una línea de datos y la decodifica en formato UTF-8.

9. Comprueba si la línea leída es igual a “FIN”. Si lo es, se rompe el bucle y se detiene la captura de datos.

10. Divide la línea de datos en sus componentes, suponiendo que están separados por comas, y agrega una marca de tiempo actual al principio.

11. Escribe los datos en el archivo CSV junto con la marca de tiempo y aumenta el contador de valores guardados.

12. Imprime en la consola los valores recibidos con su marca de tiempo correspondiente.

13. Una vez que se han recopilado la cantidad deseada de valores, se cierra el puerto serie.

14. El archivo CSV se guarda en el escritorio del ordenador

Este código es útil para adquirir datos desde el puerto serie y almacenarlos en un archivo CSV con marcas de tiempo para un análisis posterior.

Posteriormente, los archivos CSV se ejecutan en una hoja de cálculo en LibreOffice Calc, ya que la computadora que se utilizó para guardar los datos desde el puerto serie, utiliza el sistema operativo de código abierto Fedora.

También en la hoja de cálculo se generan las respectivas gráficas de turbidez, pH y temperatura contra el tiempo.

3.8. Pruebas

Las pruebas del prototipo de una estación de monitoreo superficial de agua dulce, se llevaron a cabo dentro del plantel de la UACM San Lorenzo Tezonco, en el *LACECI (Laboratorio de Cómputo para la Enseñanza de la Ciencia)*. El cual está ubicado en el edificio C, salón C-104.

Se decidió realizar las pruebas en esta área específica de la universidad, ya que en la zona se cuenta con árboles y maleza, que asemeja al paisaje de un lago o canal (ver figura 3.27).

Para verificar la funcionalidad del prototipo se realizaron pruebas de distancia en 10, 30 y 60 metros, con 300 muestras, en un ambiente de agua limpia y sucia también.

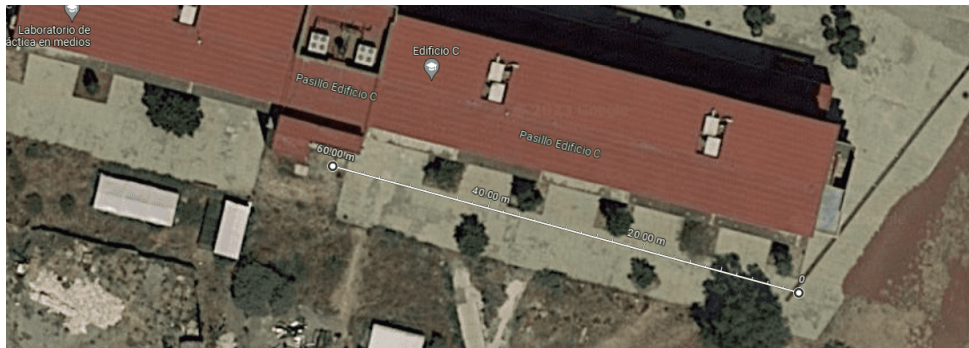


Figura 3.27: Prueba de distancias

Antes de la realización de las pruebas se consultó en el *Diario Oficial de la Federación*, en específico, la Norma Oficial Mexicana **NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.**

En concreto, esta norma establece los límites de calidad del agua en específico para uso y consumo humano. Además, señala que un sistema de abastecimiento de agua, tanto público como privado, debe cumplir esta norma, ya que es obligatoria en todo el territorio nacional (ver tabla 3.6). [33]

Parámetros	Límite permisible	Unidades
Turbiedad	4.0	Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT)
pH	6.5 a 8.5	Unidades de pH
Temperatura	No especifica	°C

Tabla 3.6: Parámetros permisibles del DOF

Capítulo 4

Resultados y análisis

4.1. Primera prueba 10 metros

La primera prueba se realizó a una distancia de 10 metros en dos diferentes condiciones, la primera fue agua de grifo de la UACM San Lorenzo Tezonco (Figura 4.1) y la otra fue en agua sucia (Figura 4.2)). Los diferentes tipos de agua se monitorearon en un contenedor de acrílico, con el propósito de capturar 300 muestras.



Figura 4.1: Contenedor con agua limpia

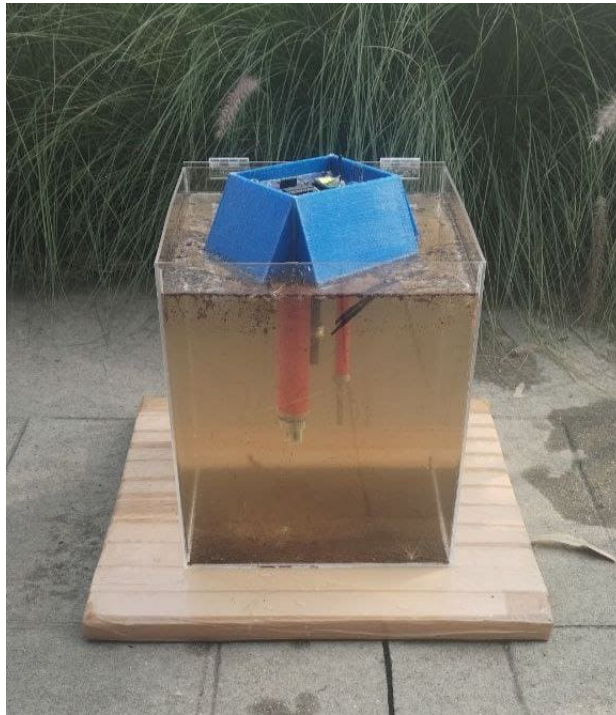


Figura 4.2: Contenedor de agua sucia

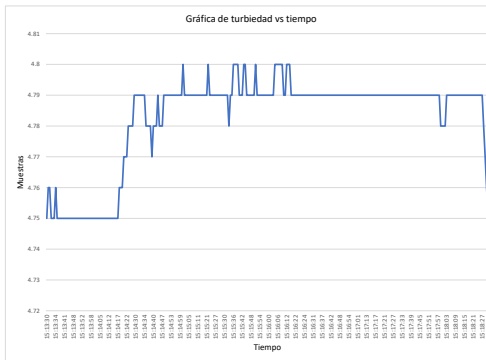
La estación receptora se colocó en línea de vista con el contenedor (Figura 4.3). El archivo de las 300 muestras en diferente ambiente se encuentra al final en los anexos.



Figura 4.3: Mediciones de agua limpia y sucia a 10 metros

4.1.1. Gráficas de agua limpia a 10 metros

Para esta prueba el sensor de turbiedad arrojo variación de valores entre 4.75 y 4.8 UNT (ver figura 4.4), cabe señalar que de conformidad con el valor que marca la Norma anterior descrita, estos valores están por arriba del límite permisible.



15.87 °C (ver figura 4.6), cabe mencionar que estas variaciones se podrían haber originado por los cambios del clima durante el transcurso de la prueba, además de que estas lecturas se relacionan con la temperatura ambiente del agua.

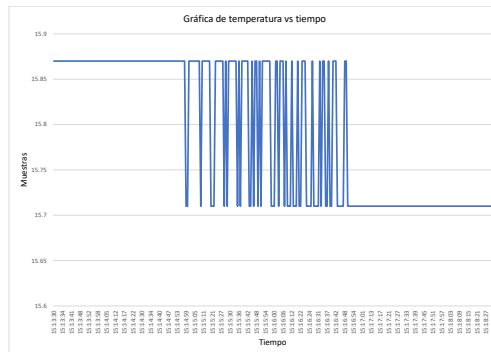


Figura 4.6: Gráfica con valores de temperatura

Para visualizar los datos recabados por los sensores en esta prueba de 10 metros en agua limpia, ver el Anexo A para más detalles.

4.1.2. Gráficas de agua sucia a 10 metros

Para esta prueba, el sensor de turbiedad mostró lecturas de 4.77 a 4.79 UNT (ver figura 4.7), ya que como se muestra en la imagen se encuentran partículas de tierra y algunas hojas, creando en la parte inferior del contenedor sedimentación. Esta prueba, al igual que la prueba de 30 metros agua sucia, se realizó con el propósito de generar una simulación de un canal o lago.

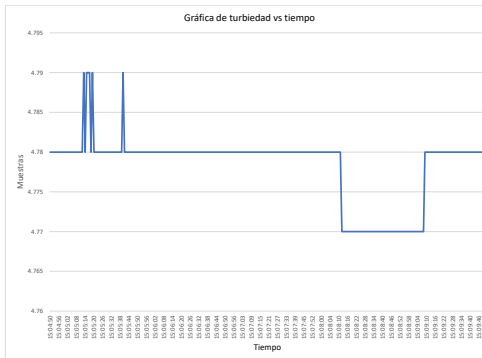


Figura 4.7: Gráfica de valores de turbiedad en agua sucia

Las muestras de pH obtenidas en agua sucia fueron de 4.30 a 4.43 (ver figura 4.8) en comparación a las de agua limpia, que fueron de 5.4 a 5.9.

El descenso de las muestras de pH en agua sucia, se pudo originar a que las partículas de tierra u hojas pudieran haber estado con otras sustancias, como los son lluvia ácida o mezclas de detergentes para la limpieza de pisos.

En específico, la tierra que se utilizó para la prueba fue tomada de los jardines que se encuentran a fuera del laboratorio de *LACECI*, y donde comúnmente las personas de intendencia vierten agua con detergente con el que limpian pizarrones o pisos.

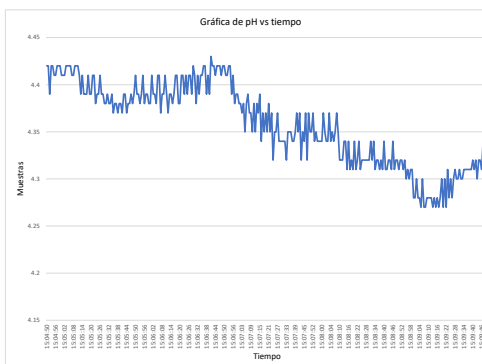


Figura 4.8: Gráfica de valores de pH en agua sucia

En este caso, el sensor de temperatura arrojó muestras de 16.1 a 16.75 °C (ver figura 4.9) en

donde por un tiempo prolongado se mantuvo lineal. Esto en comparación con la gráfica de temperatura de agua limpia que contiene bastantes variaciones.

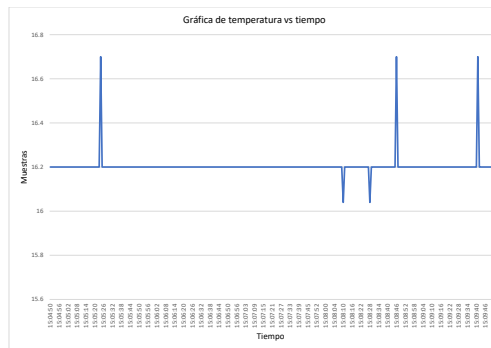


Figura 4.9: Gráfica de valores de temperatura en agua sucia

Para visualizar los datos recabados por los sensores en esta prueba de 10 metros en agua limpia, ver el Anexo B para más detalles.

4.2. Segunda prueba 30 metros

4.2.1. Gráficas de agua limpia a 30 metros

La segunda prueba (ver figura 4.10) se realizó a una distancia de 30 metros en las mismas dos condiciones, agua de grifo y agua sucia, capturando las mismas 300 muestras.

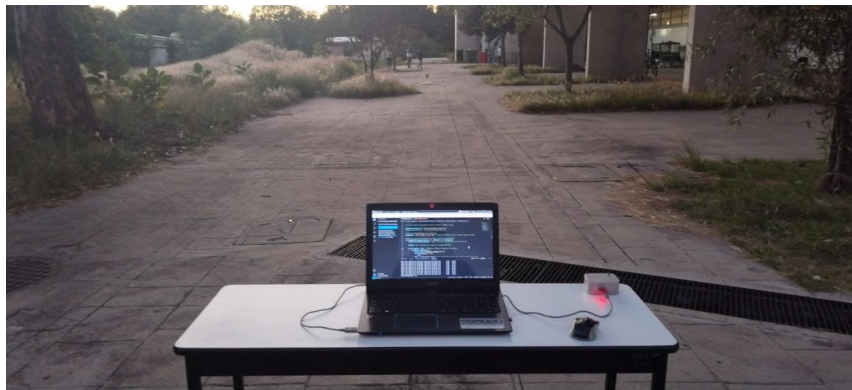


Figura 4.10: Mediciones de agua limpia y sucia a 30 metros

Para esta prueba el sensor de turbidez arrojó valores entre 4.75 y 4.79 UNT (ver figura 4.11), lo cual rebasa la norma. Un punto importante es que a esa distancia y en específico en este sensor no se registraron algunos datos, debido a la larga distancia, y la pérdida de datos, tal como se visualiza en la gráfica y la tabla del anexo C.

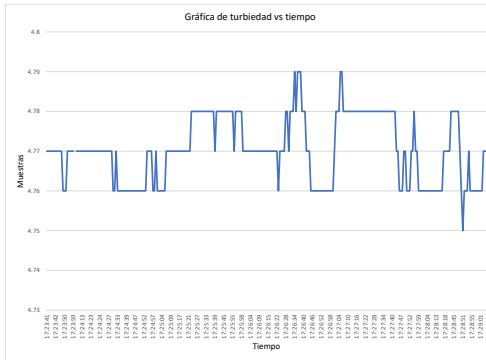


Figura 4.11: Gráfica de valores de turbidez

El sensor de pH registro valores de 4.49 y 4.54 (ver figura 4.12), teniendo en cuenta la comparación con la prueba de 10 metros donde la variación fue más frecuente. En esta gráfica, dentro de un periodo se mantiene constante el valor de 4.53, cabe señalar que de igual manera, la gráfica de turbiedad tuvo la misma pérdida de datos.

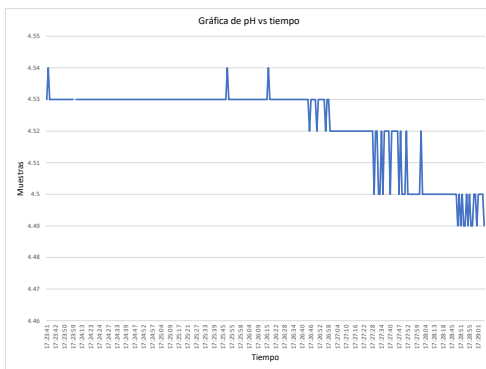


Figura 4.12: Gráfica de valores de pH

Para los registros de temperatura sí hubo variaciones y diferentes picos, con valores que

rondaron entre 15.7 y 16.3°C (ver figura 4.13), en comparación con los 10 metros en agua limpia, la cual se mantuvo más constante la temperatura.

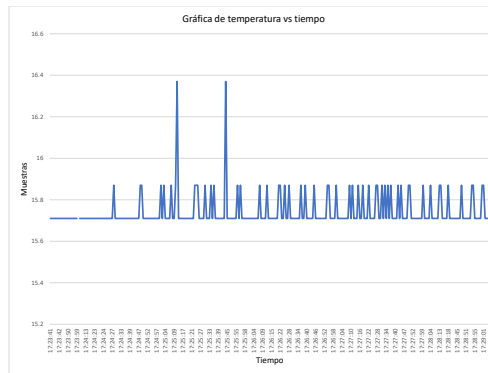


Figura 4.13: Gráfica de valores de temperatura

Para visualizar los datos recabados por los sensores en esta prueba de 10 metros en agua limpia, ver el Anexo D para más detalles.

4.2.2. Gráficas de agua sucia a 30 metros

En especial, en esta gráfica de turbiedad se recopilaban datos constantes que tuvieron el valor de 4.7 UNT, que de igual manera, presentó una pérdida de datos, así como un error crítico, ya que la lectura del sensor decayó hasta cero UNT.

Este error representa una pérdida de información en el tiempo, ya que se presentó en los minutos 15:51:56; se volvió a tomar una lectura adecuada en el minuto 15:52:19, con el valor de 4.7 UNT. (ver figura 4.14).

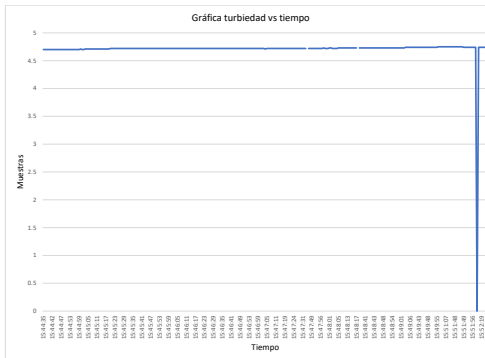


Figura 4.14: Gráfica de valores de turbiedad en agua sucia

Para el pH en este caso, los valores varían entre 4.02 y 4.08 aproximadamente (ver figura 4.15). Al igual que con la turbidez, los valores de pH también parecen estables en este rango, pero hay algunos cambios menores a lo largo del tiempo; es decir, existe una pérdida de información.

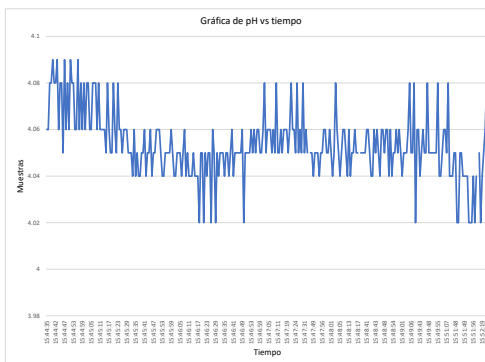


Figura 4.15: Gráfica de valores pH en agua sucia

La temperatura del agua se mantuvo constante en 16.2 °C (ver figura 4.16) durante todo el período de tiempo; sin embargo, en un intervalo pequeño decayó por debajo de los 16.05 y volvió a mantenerse constante la temperatura.

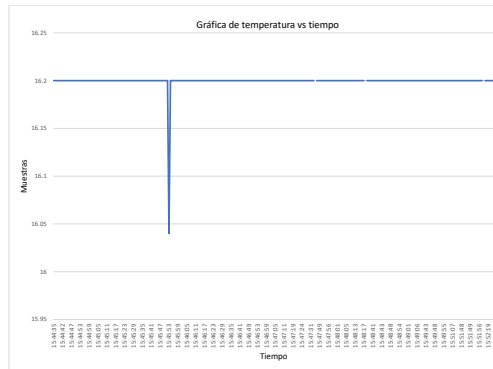


Figura 4.16: Gráfica de valores temperatura en agua sucia

Para visualizar los datos recabados por los sensores en esta prueba de 10 metros en agua limpia, ver el Anexo D para más detalles.

4.3. Tercera prueba a 60 metros

Para esta prueba ya el programa en Python no recabó ningún dato de los tres sensores, debido a que la distancia ya era mayor entre la estación emisora y receptora.

Retomando los datos del fabricante del módulo de radiofrecuencia, para que los datos llegaran a ese tipo de distancia se tendría que implementar otro tipo de topología.

Capítulo 5

Conclusiones

Se cumplió con uno de los principales objetivos del prototipo, que fue recolectar muestras, en una estación emisora, recopilando variables físicas del agua como los son la turbidez, pH y temperatura. Posteriormente, estas muestras se mandan inalámbricamente a una estación receptora.

La parte de la estación receptora que está conectada a una computadora, y los datos son procesados por el puerto serie, cumple con su función de acuerdo con lo planteado al principio. Finalmente, el código en Python, cumple con almacenar los datos y estructurarlos por fecha y hora en la que se realiza la medición.

Así mismo, las expectativas fueron satisfactorias; de acuerdo a las dimensiones que se plantearon al principio, ya que el prototipo es compacto y de fácil traslado.

Uno de los retos más importantes del prototipo se basó en comprender los diferentes dispositivos que constituían ambas estaciones, aunque el dispositivo de router no fue empleado en este proyecto.

Además, el diseñar la placa de ambas estaciones y el diseño 3D, resultó ser una experiencia bastante enriquecedora, ya que aprendimos a utilizar diferentes programas de código abierto y trabajar con diferentes plataformas.

Uno de los inconvenientes que surgieron durante las pruebas de distancia del prototipo fue que a 60 metros ya no existía comunicación entre la estación emisora y receptora, esto debido a la topología empleada que fue punto a punto.

Trabajo futuro

Por lo que un trabajo futuro sería emplear una topología tipo estrella o árbol, en la que se agregarían más dispositivos, en específico routers, ya que como se mencionó anteriormente se pueden agregar a la red 65,000 nodos y estos permiten extender la red y evitan la pérdida

de información a grandes distancias.

Otra de las implementaciones futuras del prototipo sería agregarle más sensores como el de oxígeno disuelto, el de amonio o nitratos, el de sólidos totales disueltos, entre otros.

Una de la implementación importante es desarrollar una interfaz que permita el monitoreo del prototipo a distancia, es decir, el encendido y apagado remoto, actualización del estado del prototipo y la red. Además, que dentro de la misma interfaz los datos obtenidos de las variables se puedan graficar dentro de la misma.

Finalmente, como propuesta sería instalar paneles solares, para que sea sustentable, ya que el banco pilas que se implementó soporta este tipo de tecnología solar.

Bibliografía

- [1] “Agua. Cuéntame de México”. Bienvenidos a Cuéntame de México. Accedido el 4 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/que.aspx?tema=T>
- [2] “Principales causas y consecuencias de la contaminación en el agua”. Fundación Aqueae. Accedido el 7 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.fundacionaqueae.org/agua-y-contaminacion/>
- [3] “Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales”. Accedido el 7 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible: http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServletIBIF_ex=D3_R_AGUA05_03&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce<Ant
- [4] “Agua. Cuéntame de México”. Bienvenidos a Cuéntame de México. Accedido el 1 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible: <https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/distribucion.aspx?tema=T>
- [5] “Agua. Cuéntame de México”. Bienvenidos a Cuéntame de México. Accedido el 7 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/rios.aspx?tema=T>
- [6] “Agua. Cuéntame de México”. Bienvenidos a Cuéntame de México. Accedido el 18 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible: <https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/cuerpos.aspx?tema=T>
- [7] “Agua. Cuéntame de México”. Bienvenidos a Cuéntame de México. Accedido el 24 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible: <https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/presas.aspx?tema=T>
- [8] “Agua. Cuéntame de México”. Bienvenidos a Cuéntame de México. Accedido el 21 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible: <https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/usos.aspx?tema=T>
- [9] “Agua. Cuéntame de México”. Bienvenidos a Cuéntame de México. Accedido el 21 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible: <https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/dispon.aspx?tema=T>

- [10] “Agua. Cuéntame de México”. Bienvenidos a Cuéntame de México. Accedido el 21 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible: <https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/sobreexplota.aspx?tema=T>
- [11] B. Pradillo. “Parámetros de control del agua potable”. iAgua. Accedido el 22 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>
- [12] “Monitoreo - EcuRed”. EcuRed. Accedido el 23 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.ecured.cu/Monitoreo>
- [13] “Estaciones Meteorológicas. ¿Qué son y cómo funcionan? - SensorGO”. SensorGO. Accedido el 23 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible: <https://sensorgo.mx/estaciones-meteorologicas/>
- [14] “Estaciones climatológicas”. gob.mx. Accedido el 24 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/estaciones-climatologicas>
- [15] “Estación Sistema de Monitoreo de Calidad del Aire”. Equipos de medición - Tecnométrica México - Instrumentos de Medición. Accedido el 24 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.tecnometrica.com.mx/Estacion-Sistema-Monitoreo-Calidad-Aire.html>
- [16] F. S. Espinosa, “El Microcontrolador ATmega328P de Microchip: Programación en Ensamblador, Lenguaje C y un enlace con Arduino,” 2021.
- [17] S. Gallardo, Elementos de un sistema de telecomunicaciones. Madrid: Paraninfo, 2015.
- [18] “XBee ZB S2C TH - XBee.cl - Comunicación Inalámbrica para Tus Proyectos”. XBee.cl - Comunicación Inalámbrica para Tus Proyectos. Accedido el 26 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible: <https://xbee.cl/xbee-zb-s2c-th/>
- [19] “Banda ISM - Qué es, definición y concepto - Muy Tecnológicos”. Muy Tecnológicos. Accedido el 26 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible: <https://muytecnologicos.com/diccionario-tecnologico/banda-ism>
- [20] “Sonde LM35DZ Temperature Sonde Sensor Module Arduino 1M - AliExpress”. aliexpress.com. Accedido el 26 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible: https://a.aliexpress.com/_mMxSzom
- [21] “Sensor de Turbidez Analógico para Medir Calidad de Agua SEN0189”. Accedido el 26 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible: <https://uelectronics.com/producto/sensor-de-turbidez-analogico-para-medir-calidad-de-agua-sen0189/>

- [22] “Sensor de pH Líquido”. Accedido el 26 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible: <https://uelectronics.com/producto/sensor-de-ph-liquido/>
- [23] “Baterías 18650 de 7.4V 2S1P 2200mAh”. Accedido el 26 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible: <https://uelectronics.com/producto/baterias-18650-de-7-4v-2s1p-2200mah-2s2p-4400mah/>
- [24] “Indicador de batería de litio ajustable 1S a 8S (Color Verde)”. Accedido el 26 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible: <https://uelectronics.com/producto/indicador-de-bateria-litio-ajustable-1s-a-8s-color-verde/>
- [25] “Convertidor USB a Serial FTDI TTL FT232RL”. Accedido el 26 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible: <https://uelectronics.com/producto/convertidor-usb-serial-ftdi-ttl-ft232rl/>
- [26] E. A. Rey Hamilton, “Desarrollo de un sistema controlador para red domótica inalámbrica basada en protocolo ZigBee”, Tesis, Univ. Laguna.
- [27] Caprile, S. (2009). Equisbí: Desarrollo de aplicaciones con comunicación remota basadas en módulos ZigBee y 802.15.4. Buenos Aires: GAE, pp 77-99.
- [28] J. C. Pérez Solís, “Sistema automático de abastecimiento, tandeo y detección de fugas en una red de agua potable a larga distancia mediante tecnología ZigBee”, Tesis, Univ. Auton. Del Estado Mex. Estado de México, 2019.
- [29] “EasyEDA simulación y diseño de PCB - HeTPro Tutorial”. HeTPro-Tutoriales. Accedido el 30 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/pcb-easyeda/#:~:text=EasyEDA%20una%20herramienta%20EDA%20gratuita,electr%C3%B3nica%20una%20Experiencia%20EDA%20Sencilla>
- [30] “Tinkercad. Simulador”. Código 21 – Tecnologías creativas. Accedido el 31 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible: <https://codigo21.educacion.navarra.es/recursos/tinkercad-simulador/>
- [31] “PETG vs PLA”. Filamentos, resinas, impresoras y accesorios para impresión 3D | Filament2Print. Accedido el 19 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: https://filament2print.com/es/blog/50_petg-vs-pla.html
- [32] “¿Qué es un archivo CSV y para qué sirve? - Definición”. GEEKNETIC. Accedido el 19 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.geeknetic.es/Archivo-CSV/que-es-y-para-que-sirve>
- [33] “DOF - Diario Oficial de la Federación”. DOF - Diario Oficial de la Federación. Accedido el 31 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022

Apéndice A

Anexo tabla de datos a 10 metros agua limpia

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
12/10/2023	15:13:28			
12/10/2023	15:13:30	4.75	5.95	15.87
12/10/2023	15:13:32	4.76	5.83	15.87
12/10/2023	15:13:32	4.76	5.64	15.87
12/10/2023	15:13:32	4.75	5.39	15.87
12/10/2023	15:13:32	4.75	5.76	15.87
12/10/2023	15:13:33	4.75	5.43	15.87
12/10/2023	15:13:34	4.76	5.67	15.87
12/10/2023	15:13:35	4.75	5.78	15.87
12/10/2023	15:13:36	4.75	5.91	15.87
12/10/2023	15:13:37	4.75	5.74	15.87
12/10/2023	15:13:39	4.75	5.52	15.87
12/10/2023	15:13:41	4.75	5.34	15.87
12/10/2023	15:13:41	4.75	5.59	15.87
12/10/2023	15:13:41	4.75	5.71	15.87
12/10/2023	15:13:43	4.75	5.86	15.87
12/10/2023	15:13:43	4.75	5.45	15.87
12/10/2023	15:13:44	4.75	5.95	15.87
12/10/2023	15:13:46	4.75	5.58	15.87
12/10/2023	15:13:48	4.75	5.88	15.87
12/10/2023	15:13:48	4.75	5.66	15.87
12/10/2023	15:13:49	4.75	5.5	15.87
12/10/2023	15:13:49	4.75	5.42	15.87
12/10/2023	15:13:50	4.75	5.69	15.87
12/10/2023	15:13:51	4.75	5.35	15.87

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
12/10/2023	15:13:52	4.75	5.6	15.87
12/10/2023	15:13:54	4.75	5.8	15.87
12/10/2023	15:13:55	4.75	5.48	15.87
12/10/2023	15:13:55	4.75	5.63	15.87
12/10/2023	15:13:57	4.75	5.75	15.87
12/10/2023	15:13:58	4.75	5.93	15.87
12/10/2023	15:13:58	4.75	5.49	15.87
12/10/2023	15:13:59	4.75	5.61	15.87
12/10/2023	15:14:00	4.75	5.57	15.87
12/10/2023	15:14:03	4.75	5.7	15.87
12/10/2023	15:14:03	4.75	5.38	15.87
12/10/2023	15:14:05	4.75	5.9	15.87
12/10/2023	15:14:05	4.75	5.32	15.87
12/10/2023	15:14:06	4.75	5.94	15.87
12/10/2023	15:14:07	4.75	5.51	15.87
12/10/2023	15:14:07	4.75	5.79	15.87
12/10/2023	15:14:12	4.75	5.31	15.87
12/10/2023	15:14:12	4.75	5.72	15.87
12/10/2023	15:14:12	4.75	5.68	15.87
12/10/2023	15:14:12	4.75	5.33	15.87
12/10/2023	15:14:12	4.75	5.62	15.87
12/10/2023	15:14:15	4.75	5.41	15.87
12/10/2023	15:14:15	4.75	5.85	15.87
12/10/2023	15:14:17	4.75	5.65	15.87
12/10/2023	15:14:17	4.75	5.44	15.87
12/10/2023	15:14:17	4.76	5.77	15.87
12/10/2023	15:14:19	4.76	5.53	15.87
12/10/2023	15:14:20	4.76	5.37	15.87
12/10/2023	15:14:21	4.77	5.73	15.87
12/10/2023	15:14:22	4.77	5.47	15.87
12/10/2023	15:14:22	4.77	5.89	15.87
12/10/2023	15:14:25	4.78	5.3	15.87
12/10/2023	15:14:25	4.78	5.55	15.87
12/10/2023	15:14:27	4.78	5.84	15.87
12/10/2023	15:14:29	4.78	5.4	15.87
12/10/2023	15:14:30	4.79	5.81	15.87
12/10/2023	15:14:30	4.79	5.46	15.87
12/10/2023	15:14:30	4.79	5.52	15.87
12/10/2023	15:14:30	4.79	5.36	15.87
12/10/2023	15:14:33	4.79	5.54	15.87
12/10/2023	15:14:33	4.79	5.78	15.87

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
12/10/2023	15:14:33	4.79	5.92	15.87
12/10/2023	15:14:34	4.79	5.35	15.87
12/10/2023	15:14:36	4.78	5.61	15.87
12/10/2023	15:14:36	4.78	5.65	15.87
12/10/2023	15:14:37	4.78	5.48	15.87
12/10/2023	15:14:38	4.78	5.39	15.87
12/10/2023	15:14:39	4.77	5.88	15.87
12/10/2023	15:14:40	4.78	5.42	15.87
12/10/2023	15:14:41	4.78	5.7	15.87
12/10/2023	15:14:42	4.78	5.97	15.87
12/10/2023	15:14:43	4.79	5.64	15.87
12/10/2023	15:14:44	4.78	5.38	15.87
12/10/2023	15:14:47	4.78	5.75	15.87
12/10/2023	15:14:47	4.78	5.32	15.87
12/10/2023	15:14:49	4.79	5.43	15.87
12/10/2023	15:14:49	4.79	5.59	15.87
12/10/2023	15:14:51	4.79	5.66	15.87
12/10/2023	15:14:51	4.79	5.86	15.87
12/10/2023	15:14:51	4.79	5.68	15.87
12/10/2023	15:14:53	4.79	5.81	15.87
12/10/2023	15:14:53	4.79	5.9	15.87
12/10/2023	15:14:58	4.79	5.74	15.87
12/10/2023	15:14:58	4.79	5.3	15.87
12/10/2023	15:14:58	4.79	5.67	15.87
12/10/2023	15:14:58	4.79	5.91	15.87
12/10/2023	15:14:59	4.79	5.55	15.71
12/10/2023	15:15:00	4.79	5.83	15.71
12/10/2023	15:15:02	4.8	5.79	15.87
12/10/2023	15:15:02	4.79	5.31	15.87
12/10/2023	15:15:03	4.79	5.96	15.87
12/10/2023	15:15:04	4.79	5.57	15.87
12/10/2023	15:15:05	4.79	5.71	15.87
12/10/2023	15:15:06	4.79	5.53	15.87
12/10/2023	15:15:07	4.79	5.46	15.87
12/10/2023	15:15:08	4.79	5.45	15.87
12/10/2023	15:15:10	4.79	5.63	15.71
12/10/2023	15:15:10	4.79	5.4	15.87
12/10/2023	15:15:11	4.79	5.44	15.87
12/10/2023	15:15:13	4.79	5.85	15.87
12/10/2023	15:15:13	4.79	5.58	15.87
12/10/2023	15:15:14	4.79	5.47	15.87

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
12/10/2023	15:15:21	4.79	5.73	15.87
12/10/2023	15:15:21	4.79	5.33	15.71
12/10/2023	15:15:21	4.79	5.49	15.71
12/10/2023	15:15:21	4.8	5.94	15.71
12/10/2023	15:15:24	4.79	5.34	15.87
12/10/2023	15:15:24	4.79	5.76	15.87
12/10/2023	15:15:27	4.79	5.87	15.87
12/10/2023	15:15:27	4.79	5.6	15.87
12/10/2023	15:15:27	4.79	5.72	15.87
12/10/2023	15:15:28	4.79	5.62	15.87
12/10/2023	15:15:28	4.79	5.37	15.71
12/10/2023	15:15:28	4.79	5.82	15.87
12/10/2023	15:15:28	4.79	5.41	15.71
12/10/2023	15:15:29	4.79	5.69	15.87
12/10/2023	15:15:30	4.79	5.52	15.87
12/10/2023	15:15:31	4.79	5.65	15.87
12/10/2023	15:15:32	4.79	5.84	15.87
12/10/2023	15:15:33	4.78	5.79	15.87
12/10/2023	15:15:34	4.79	5.68	15.87
12/10/2023	15:15:35	4.79	5.75	15.71
12/10/2023	15:15:36	4.8	5.46	15.87
12/10/2023	15:15:37	4.8	5.93	15.71
12/10/2023	15:15:38	4.8	5.5	15.87
12/10/2023	15:15:39	4.8	5.47	15.87
12/10/2023	15:15:40	4.79	5.77	15.87
12/10/2023	15:15:41	4.79	5.85	15.87
12/10/2023	15:15:42	4.79	5.59	15.87
12/10/2023	15:15:43	4.8	5.56	15.71
12/10/2023	15:15:44	4.8	5.66	15.71
12/10/2023	15:15:46	4.79	5.57	15.87
12/10/2023	15:15:46	4.79	5.43	15.71
12/10/2023	15:15:47	4.79	5.61	15.87
12/10/2023	15:15:48	4.79	5.72	15.87
12/10/2023	15:15:49	4.79	5.94	15.71
12/10/2023	15:15:50	4.79	5.37	15.87
12/10/2023	15:15:51	4.8	5.49	15.71
12/10/2023	15:15:52	4.79	5.8	15.87
12/10/2023	15:15:53	4.79	5.84	15.87
12/10/2023	15:15:54	4.79	5.31	15.87
12/10/2023	15:15:55	4.79	5.68	15.87
12/10/2023	15:15:56	4.79	5.4	15.87

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
12/10/2023	15:15:57	4.79	5.9	15.87
12/10/2023	15:15:58	4.79	5.55	15.71
12/10/2023	15:15:59	4.79	5.61	15.71
12/10/2023	15:16:00	4.79	5.73	15.71
12/10/2023	15:16:01	4.79	5.45	15.87
12/10/2023	15:16:02	4.79	5.32	15.87
12/10/2023	15:16:03	4.79	5.58	15.71
12/10/2023	15:16:04	4.8	5.51	15.87
12/10/2023	15:16:05	4.8	5.38	15.87
12/10/2023	15:16:06	4.8	5.44	15.87
12/10/2023	15:16:07	4.8	5.67	15.71
12/10/2023	15:16:08	4.8	5.83	15.87
12/10/2023	15:16:09	4.8	5.3	15.71
12/10/2023	15:16:10	4.79	5.78	15.71
12/10/2023	15:16:11	4.79	5.62	15.71
12/10/2023	15:16:12	4.8	5.52	15.87
12/10/2023	15:16:13	4.8	5.41	15.71
12/10/2023	15:16:14	4.8	5.48	15.71
12/10/2023	15:16:15	4.79	5.76	15.71
12/10/2023	15:16:16	4.79	5.69	15.87
12/10/2023	15:16:20	4.79	5.64	15.71
12/10/2023	15:16:22	4.79	5.42	15.71
12/10/2023	15:16:22	4.79	5.65	15.87
12/10/2023	15:16:22	4.79	5.77	15.87
12/10/2023	15:16:22	4.79	5.87	15.87
12/10/2023	15:16:22	4.79	5.93	15.71
12/10/2023	15:16:23	4.79	5.33	15.71
12/10/2023	15:16:24	4.79	5.72	15.71
12/10/2023	15:16:25	4.79	5.39	15.71
12/10/2023	15:16:26	4.79	5.86	15.87
12/10/2023	15:16:27	4.79	5.7	15.71
12/10/2023	15:16:29	4.79	5.75	15.71
12/10/2023	15:16:31	4.79	5.66	15.71
12/10/2023	15:16:31	4.79	5.92	15.71
12/10/2023	15:16:31	4.79	5.86	15.87
12/10/2023	15:16:32	4.79	5.53	15.71
12/10/2023	15:16:33	4.79	5.81	15.87
12/10/2023	15:16:34	4.79	5.66	15.87
12/10/2023	15:16:35	4.79	5.71	15.71
12/10/2023	15:16:37	4.79	5.53	15.71
12/10/2023	15:16:37	4.79	5.69	15.87

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
12/10/2023	15:16:38	4.79	5.37	15.71
12/10/2023	15:16:39	4.79	5.47	15.71
12/10/2023	15:16:40	4.79	5.65	15.87
12/10/2023	15:16:41	4.79	5.9	15.87
12/10/2023	15:16:42	4.79	5.42	15.87
12/10/2023	15:16:43	4.79	5.48	15.71
12/10/2023	15:16:44	4.79	5.83	15.71
12/10/2023	15:16:45	4.79	5.52	15.71
12/10/2023	15:16:46	4.79	5.44	15.71
12/10/2023	15:16:47	4.79	5.45	15.71
12/10/2023	15:16:48	4.79	5.8	15.87
12/10/2023	15:16:49	4.79	5.78	15.87
12/10/2023	15:16:50	4.79	5.61	15.71
12/10/2023	15:16:51	4.79	5.3	15.71
12/10/2023	15:16:52	4.79	5.6	15.71
12/10/2023	15:16:53	4.79	5.94	15.71
12/10/2023	15:16:54	4.79	5.56	15.71
12/10/2023	15:16:55	4.79	5.76	15.71
12/10/2023	15:16:56	4.79	5.41	15.71
12/10/2023	15:16:57	4.79	5.84	15.71
12/10/2023	15:16:58	4.79	5.55	15.71
12/10/2023	15:16:59	4.79	5.58	15.71
12/10/2023	15:17:01	4.79	5.94	15.71
12/10/2023	15:17:01	4.79	5.31	15.71
12/10/2023	15:17:05	4.79	5.67	15.71
12/10/2023	15:17:13	4.79	5.75	15.71
12/10/2023	15:17:13	4.79	5.79	15.71
12/10/2023	15:17:13	4.79	5.84	15.71
12/10/2023	15:17:13	4.79	5.72	15.71
12/10/2023	15:17:15	4.79	5.63	15.71
12/10/2023	15:17:15	4.79	5.47	15.71
12/10/2023	15:17:15	4.79	5.78	15.71
12/10/2023	15:17:15	4.79	5.64	15.71
12/10/2023	15:17:16	4.79	5.9	15.71
12/10/2023	15:17:17	4.79	5.65	15.71
12/10/2023	15:17:17	4.79	5.69	15.71
12/10/2023	15:17:17	4.79	5.56	15.71
12/10/2023	15:17:18	4.79	5.59	15.71
12/10/2023	15:17:19	4.79	5.42	15.71
12/10/2023	15:17:20	4.79	5.83	15.71
12/10/2023	15:17:21	4.79	5.52	15.71

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
12/10/2023	15:17:22	4.79	5.8	15.71
12/10/2023	15:17:23	4.79	5.5	15.71
12/10/2023	15:17:24	4.79	5.37	15.71
12/10/2023	15:17:25	4.79	5.77	15.71
12/10/2023	15:17:26	4.79	5.32	15.71
12/10/2023	15:17:27	4.79	5.45	15.71
12/10/2023	15:17:28	4.79	5.92	15.71
12/10/2023	15:17:29	4.79	5.86	15.71
12/10/2023	15:17:33	4.79	5.51	15.71
12/10/2023	15:17:33	4.79	5.61	15.71
12/10/2023	15:17:33	4.79	5.73	15.71
12/10/2023	15:17:33	4.79	5.38	15.71
12/10/2023	15:17:34	4.79	5.86	15.71
12/10/2023	15:17:36	4.79	5.64	15.71
12/10/2023	15:17:38	4.79	5.73	15.71
12/10/2023	15:17:38	4.79	5.51	15.71
12/10/2023	15:17:38	4.79	5.88	15.71
12/10/2023	15:17:39	4.79	5.78	15.71
12/10/2023	15:17:40	4.79	5.44	15.71
12/10/2023	15:17:41	4.79	5.69	15.71
12/10/2023	15:17:42	4.79	5.62	15.71
12/10/2023	15:17:43	4.79	5.83	15.71
12/10/2023	15:17:44	4.79	5.45	15.71
12/10/2023	15:17:45	4.79	5.6	15.71
12/10/2023	15:17:46	4.79	5.47	15.71
12/10/2023	15:17:47	4.79	5.67	15.71
12/10/2023	15:17:48	4.79	5.72	15.71
12/10/2023	15:17:49	4.79	5.3	15.71
12/10/2023	15:17:50	4.79	5.77	15.71
12/10/2023	15:17:51	4.79	5.37	15.71
12/10/2023	15:17:52	4.79	5.9	15.71
12/10/2023	15:17:53	4.79	5.59	15.71
12/10/2023	15:17:56	4.79	5.42	15.71
12/10/2023	15:17:56	4.79	5.66	15.71
12/10/2023	15:17:56	4.79	5.65	15.71
12/10/2023	15:17:57	4.79	5.94	15.71
12/10/2023	15:17:58	4.79	5.53	15.71
12/10/2023	15:17:59	4.78	5.68	15.71
12/10/2023	15:18:00	4.78	5.61	15.71
12/10/2023	15:18:01	4.78	5.75	15.71
12/10/2023	15:18:02	4.78	5.8	15.71

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
12/10/2023	15:18:03	4.79	5.78	15.71
12/10/2023	15:18:04	4.79	5.86	15.71
12/10/2023	15:18:05	4.79	5.52	15.71
12/10/2023	15:18:06	4.79	5.84	15.71
12/10/2023	15:18:07	4.79	5.64	15.71
12/10/2023	15:18:08	4.79	5.83	15.71
12/10/2023	15:18:09	4.79	5.79	15.71
12/10/2023	15:18:10	4.79	5.78	15.71
12/10/2023	15:18:12	4.79	5.47	15.71
12/10/2023	15:18:13	4.79	5.72	15.71
12/10/2023	15:18:13	4.79	5.59	15.71
12/10/2023	15:18:14	4.79	5.6	15.71
12/10/2023	15:18:15	4.79	5.51	15.71
12/10/2023	15:18:16	4.79	5.86	15.71
12/10/2023	15:18:17	4.79	5.44	15.71
12/10/2023	15:18:18	4.79	5.69	15.71
12/10/2023	15:18:19	4.79	5.55	15.71
12/10/2023	15:18:20	4.79	5.45	15.71
12/10/2023	15:18:21	4.79	5.67	15.71
12/10/2023	15:18:22	4.79	5.9	15.71
12/10/2023	15:18:23	4.79	5.42	15.71
12/10/2023	15:18:24	4.79	5.37	15.71
12/10/2023	15:18:25	4.79	5.75	15.71
12/10/2023	15:18:26	4.79	5.3	15.71
12/10/2023	15:18:27	4.79	5.77	15.71
12/10/2023	15:18:28	4.78	5.93	15.71
12/10/2023	15:18:29	4.77	5.86	15.71
12/10/2023	15:18:30	4.76	5.52	15.71
12/10/2023	15:18:31	4.75	5.62	15.71

Apéndice B

Anexo tabla de datos a 10 metros agua sucia

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
16/10/2023	15:04:49			
16/10/2023	15:04:50	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:04:51	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:04:55	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:04:55	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:04:55	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:04:55	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:04:56	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:04:57	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:04:58	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:04:59	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:05:00	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:05:01	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:05:02	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:05:03	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:05:04	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:05:05	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:05:06	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:05:07	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:05:08	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:05:09	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:05:10	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:05:11	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:05:12	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:05:13	4.79	4.39	16.2

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
16/10/2023	15:05:14	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:05:15	4.79	4.39	16.2
16/10/2023	15:05:16	4.79	4.39	16.2
16/10/2023	15:05:17	4.79	4.39	16.2
16/10/2023	15:05:18	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:05:19	4.79	4.39	16.2
16/10/2023	15:05:20	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:05:21	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:05:25	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:05:25	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:05:25	4.78	4.39	16.7
16/10/2023	15:05:25	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:05:26	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:05:27	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:05:28	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:05:29	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:05:30	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:05:31	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:05:32	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:05:33	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:05:35	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:05:35	4.78	4.37	16.2
16/10/2023	15:05:36	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:05:37	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:05:38	4.78	4.37	16.2
16/10/2023	15:05:39	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:05:40	4.79	4.38	16.2
16/10/2023	15:05:41	4.78	4.37	16.2
16/10/2023	15:05:42	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:05:43	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:05:44	4.78	4.37	16.2
16/10/2023	15:05:45	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:05:46	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:05:47	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:05:48	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:05:49	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:05:50	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:05:51	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:05:52	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:05:53	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:05:54	4.78	4.39	16.2

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
16/10/2023	15:05:55	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:05:56	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:05:57	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:05:58	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:05:59	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:06:00	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:06:01	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:06:02	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:06:03	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:06:04	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:06:05	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:06:06	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:06:07	4.78	4.37	16.2
16/10/2023	15:06:08	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:06:09	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:06:10	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:06:11	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:06:12	4.78	4.37	16.2
16/10/2023	15:06:13	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:06:14	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:06:15	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:06:16	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:06:17	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:06:18	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:06:19	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:06:20	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:06:21	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:06:22	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:06:23	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:06:24	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:06:25	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:06:26	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:06:27	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:06:28	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:06:29	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:06:30	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:06:31	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:06:32	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:06:33	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:06:34	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:06:35	4.78	4.41	16.2

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
16/10/2023	15:06:36	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:06:37	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:06:38	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:06:39	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:06:40	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:06:41	4.78	4.43	16.2
16/10/2023	15:06:42	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:06:43	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:06:44	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:06:45	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:06:46	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:06:47	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:06:48	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:06:49	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:06:50	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:06:51	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:06:52	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:06:53	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:06:54	4.78	4.42	16.2
16/10/2023	15:06:55	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:06:56	4.78	4.41	16.2
16/10/2023	15:06:57	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:07:03	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:07:03	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:07:03	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:07:03	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:07:03	4.78	4.37	16.2
16/10/2023	15:07:04	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:07:05	4.78	4.35	16.2
16/10/2023	15:07:06	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:07:07	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:07:08	4.78	4.37	16.2
16/10/2023	15:07:09	4.78	4.37	16.2
16/10/2023	15:07:10	4.78	4.35	16.2
16/10/2023	15:07:11	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:07:13	4.78	4.35	16.2
16/10/2023	15:07:15	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:07:15	4.78	4.37	16.2
16/10/2023	15:07:15	4.78	4.39	16.2
16/10/2023	15:07:16	4.78	4.34	16.2
16/10/2023	15:07:17	4.78	4.37	16.2

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
16/10/2023	15:07:18	4.78	4.35	16.2
16/10/2023	15:07:19	4.78	4.37	16.2
16/10/2023	15:07:20	4.78	4.35	16.2
16/10/2023	15:07:21	4.78	4.38	16.2
16/10/2023	15:07:22	4.78	4.35	16.2
16/10/2023	15:07:23	4.78	4.37	16.2
16/10/2023	15:07:24	4.78	4.32	16.2
16/10/2023	15:07:25	4.78	4.35	16.2
16/10/2023	15:07:26	4.78	4.35	16.2
16/10/2023	15:07:27	4.78	4.37	16.2
16/10/2023	15:07:28	4.78	4.34	16.2
16/10/2023	15:07:29	4.78	4.34	16.2
16/10/2023	15:07:30	4.78	4.34	16.2
16/10/2023	15:07:32	4.78	4.34	16.2
16/10/2023	15:07:32	4.78	4.34	16.2
16/10/2023	15:07:33	4.78	4.32	16.2
16/10/2023	15:07:34	4.78	4.35	16.2
16/10/2023	15:07:35	4.78	4.35	16.2
16/10/2023	15:07:36	4.78	4.35	16.2
16/10/2023	15:07:37	4.78	4.34	16.2
16/10/2023	15:07:38	4.78	4.34	16.2
16/10/2023	15:07:39	4.78	4.35	16.2
16/10/2023	15:07:40	4.78	4.37	16.2
16/10/2023	15:07:41	4.78	4.35	16.2
16/10/2023	15:07:42	4.78	4.37	16.2
16/10/2023	15:07:43	4.78	4.32	16.2
16/10/2023	15:07:44	4.78	4.35	16.2
16/10/2023	15:07:45	4.78	4.34	16.2
16/10/2023	15:07:46	4.78	4.37	16.2
16/10/2023	15:07:47	4.78	4.32	16.2
16/10/2023	15:07:48	4.78	4.37	16.2
16/10/2023	15:07:49	4.78	4.35	16.2
16/10/2023	15:07:52	4.78	4.35	16.2
16/10/2023	15:07:52	4.78	4.37	16.2
16/10/2023	15:07:52	4.78	4.34	16.2
16/10/2023	15:07:53	4.78	4.35	16.2
16/10/2023	15:07:54	4.78	4.34	16.2
16/10/2023	15:08:00	4.78	4.34	16.2
16/10/2023	15:08:00	4.78	4.34	16.2
16/10/2023	15:08:00	4.78	4.34	16.2
16/10/2023	15:08:00	4.78	4.37	16.2

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
16/10/2023	15:08:00	4.78	4.35	16.2
16/10/2023	15:08:01	4.78	4.34	16.2
16/10/2023	15:08:02	4.78	4.34	16.2
16/10/2023	15:08:03	4.78	4.37	16.2
16/10/2023	15:08:04	4.78	4.34	16.2
16/10/2023	15:08:05	4.78	4.35	16.2
16/10/2023	15:08:06	4.78	4.34	16.2
16/10/2023	15:08:07	4.78	4.35	16.2
16/10/2023	15:08:08	4.78	4.37	16.2
16/10/2023	15:08:09	4.78	4.35	16.2
16/10/2023	15:08:10	4.78	4.32	16.04
16/10/2023	15:08:11	4.78	4.32	16.2
16/10/2023	15:08:12	4.77	4.32	16.2
16/10/2023	15:08:13	4.77	4.34	16.2
16/10/2023	15:08:14	4.77	4.34	16.2
16/10/2023	15:08:15	4.77	4.31	16.2
16/10/2023	15:08:16	4.77	4.34	16.2
16/10/2023	15:08:17	4.77	4.31	16.2
16/10/2023	15:08:18	4.77	4.32	16.2
16/10/2023	15:08:19	4.77	4.31	16.2
16/10/2023	15:08:20	4.77	4.34	16.2
16/10/2023	15:08:21	4.77	4.31	16.2
16/10/2023	15:08:22	4.77	4.32	16.2
16/10/2023	15:08:23	4.77	4.34	16.2
16/10/2023	15:08:24	4.77	4.31	16.2
16/10/2023	15:08:25	4.77	4.32	16.2
16/10/2023	15:08:26	4.77	4.32	16.2
16/10/2023	15:08:27	4.77	4.32	16.2
16/10/2023	15:08:28	4.77	4.32	16.04
16/10/2023	15:08:29	4.77	4.32	16.2
16/10/2023	15:08:31	4.77	4.32	16.2
16/10/2023	15:08:31	4.77	4.34	16.2
16/10/2023	15:08:32	4.77	4.32	16.2
16/10/2023	15:08:33	4.77	4.34	16.2
16/10/2023	15:08:34	4.77	4.31	16.2
16/10/2023	15:08:35	4.77	4.32	16.2
16/10/2023	15:08:36	4.77	4.32	16.2
16/10/2023	15:08:37	4.77	4.31	16.2
16/10/2023	15:08:38	4.77	4.32	16.2
16/10/2023	15:08:39	4.77	4.31	16.2
16/10/2023	15:08:40	4.77	4.34	16.2

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
16/10/2023	15:08:42	4.77	4.31	16.2
16/10/2023	15:08:42	4.77	4.31	16.2
16/10/2023	15:08:43	4.77	4.32	16.2
16/10/2023	15:08:44	4.77	4.32	16.2
16/10/2023	15:08:45	4.77	4.31	16.2
16/10/2023	15:08:46	4.77	4.34	16.7
16/10/2023	15:08:47	4.77	4.31	16.2
16/10/2023	15:08:48	4.77	4.32	16.2
16/10/2023	15:08:49	4.77	4.32	16.2
16/10/2023	15:08:50	4.77	4.31	16.2
16/10/2023	15:08:51	4.77	4.32	16.2
16/10/2023	15:08:52	4.77	4.32	16.2
16/10/2023	15:08:53	4.77	4.31	16.2
16/10/2023	15:08:54	4.77	4.32	16.2
16/10/2023	15:08:55	4.77	4.3	16.2
16/10/2023	15:08:56	4.77	4.31	16.2
16/10/2023	15:08:57	4.77	4.3	16.2
16/10/2023	15:08:58	4.77	4.31	16.2
16/10/2023	15:08:59	4.77	4.31	16.2
16/10/2023	15:09:00	4.77	4.28	16.2
16/10/2023	15:09:01	4.77	4.28	16.2
16/10/2023	15:09:02	4.77	4.3	16.2
16/10/2023	15:09:03	4.77	4.28	16.2
16/10/2023	15:09:04	4.77	4.28	16.2
16/10/2023	15:09:05	4.77	4.27	16.2
16/10/2023	15:09:06	4.77	4.3	16.2
16/10/2023	15:09:07	4.77	4.27	16.2
16/10/2023	15:09:08	4.77	4.27	16.2
16/10/2023	15:09:09	4.78	4.28	16.2
16/10/2023	15:09:10	4.78	4.28	16.2
16/10/2023	15:09:11	4.78	4.28	16.2
16/10/2023	15:09:12	4.78	4.28	16.2
16/10/2023	15:09:13	4.78	4.27	16.2
16/10/2023	15:09:14	4.78	4.28	16.2
16/10/2023	15:09:15	4.78	4.27	16.2
16/10/2023	15:09:16	4.78	4.28	16.2
16/10/2023	15:09:17	4.78	4.27	16.2
16/10/2023	15:09:18	4.78	4.28	16.2
16/10/2023	15:09:19	4.78	4.3	16.2
16/10/2023	15:09:20	4.78	4.27	16.2
16/10/2023	15:09:21	4.78	4.3	16.2

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
16/10/2023	15:09:22	4.78	4.27	16.2
16/10/2023	15:09:23	4.78	4.31	16.2
16/10/2023	15:09:24	4.78	4.28	16.2
16/10/2023	15:09:25	4.78	4.3	16.2
16/10/2023	15:09:26	4.78	4.28	16.2
16/10/2023	15:09:27	4.78	4.3	16.2
16/10/2023	15:09:28	4.78	4.31	16.2
16/10/2023	15:09:29	4.78	4.3	16.2
16/10/2023	15:09:30	4.78	4.3	16.2
16/10/2023	15:09:31	4.78	4.31	16.2
16/10/2023	15:09:32	4.78	4.3	16.2
16/10/2023	15:09:33	4.78	4.3	16.2
16/10/2023	15:09:34	4.78	4.31	16.2
16/10/2023	15:09:35	4.78	4.31	16.2
16/10/2023	15:09:36	4.78	4.31	16.2
16/10/2023	15:09:37	4.78	4.31	16.2
16/10/2023	15:09:38	4.78	4.31	16.2
16/10/2023	15:09:39	4.78	4.31	16.2
16/10/2023	15:09:40	4.78	4.32	16.2
16/10/2023	15:09:41	4.78	4.31	16.7
16/10/2023	15:09:42	4.78	4.32	16.2
16/10/2023	15:09:43	4.78	4.3	16.2
16/10/2023	15:09:44	4.78	4.32	16.2
16/10/2023	15:09:45	4.78	4.32	16.2
16/10/2023	15:09:46	4.78	4.31	16.2
16/10/2023	15:09:47	4.78	4.34	16.2
16/10/2023	15:09:48	4.78	4.32	16.2
16/10/2023	15:09:49	4.78	4.34	16.2
16/10/2023	15:09:50	4.78	4.32	16.2

Apéndice C

Anexo tabla de datos a 30 metros agua limpia

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
12/10/2023	17:23:38			
12/10/2023	17:23:41	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:23:41	4.77	4.54	15.71
12/10/2023	17:23:41	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:23:41	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:23:41	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:23:41	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:23:42	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:23:46	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:23:46	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:23:46	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:23:46	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:23:46	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:23:47	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:23:50	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:23:50	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:23:50	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:23:59	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:23:59	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:23:59	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:23:59	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:12			
12/10/2023	17:24:12	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:12	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:12	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:12	4.77	4.53	15.71

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
12/10/2023	17:24:13	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:13	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:13	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:13	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:15	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:15	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:23	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:23	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:23	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:23	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:24	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:24	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:24	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:24	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:26	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:26	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:27	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:27	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:27	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:28	4.77	4.53	15.87
12/10/2023	17:24:29	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:30	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:31	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:32	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:33	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:34	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:37	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:37	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:37	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:38	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:39	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:40	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:42	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:43	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:45	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:47	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:47	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:47	4.76	4.53	15.87
12/10/2023	17:24:47	4.76	4.53	15.87
12/10/2023	17:24:48	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:49	4.76	4.53	15.71

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
12/10/2023	17:24:52	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:52	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:53	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:53	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:54	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:55	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:57	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:24:57	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:00	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:00	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:01	4.76	4.53	15.87
12/10/2023	17:25:01	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:04	4.76	4.53	15.87
12/10/2023	17:25:04	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:04	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:07	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:07	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:07	4.77	4.53	15.87
12/10/2023	17:25:08	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:09	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:12	4.77	4.53	15.87
12/10/2023	17:25:12	4.77	4.53	16.37
12/10/2023	17:25:12	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:17	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:17	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:17	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:17	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:17	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:19	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:19	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:20	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:21	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:22	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:23	4.78	4.53	15.87
12/10/2023	17:25:24	4.78	4.53	15.87
12/10/2023	17:25:25	4.78	4.53	15.87
12/10/2023	17:25:26	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:27	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:28	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:29	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:30	4.78	4.53	15.87

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
12/10/2023	17:25:31	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:32	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:33	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:36	4.78	4.53	15.87
12/10/2023	17:25:36	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:36	4.78	4.53	15.87
12/10/2023	17:25:37	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:39	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:39	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:40	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:41	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:42	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:44	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:44	4.78	4.53	16.37
12/10/2023	17:25:45	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:46	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:47	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:50	4.78	4.54	15.71
12/10/2023	17:25:52	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:55	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:55	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:55	4.77	4.53	15.87
12/10/2023	17:25:55	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:55	4.78	4.53	15.87
12/10/2023	17:25:56	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:57	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:58	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:25:58	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:03	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:04	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:04	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:04	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:04	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:06	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:06	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:09	4.77	4.53	15.87
12/10/2023	17:26:09	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:09	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:10	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:12	4.77	4.53	15.71

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
12/10/2023	17:26:13	4.77	4.53	15.87
12/10/2023	17:26:14	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:15	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:15	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:17	4.77	4.54	15.71
12/10/2023	17:26:18	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:19	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:20	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:21	4.77	4.53	15.87
12/10/2023	17:26:22	4.77	4.53	15.87
12/10/2023	17:26:23	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:24	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:25	4.77	4.53	15.87
12/10/2023	17:26:26	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:27	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:28	4.78	4.53	15.87
12/10/2023	17:26:29	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:30	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:31	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:32	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:33	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:34	4.79	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:35	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:37	4.79	4.53	15.87
12/10/2023	17:26:37	4.79	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:38	4.79	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:39	4.78	4.53	15.87
12/10/2023	17:26:40	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:41	4.78	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:42	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:43	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:44	4.77	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:45	4.76	4.52	15.87
12/10/2023	17:26:46	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:47	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:48	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:49	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:50	4.76	4.52	15.71
12/10/2023	17:26:51	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:52	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:53	4.76	4.53	15.71

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
12/10/2023	17:26:54	4.76	4.53	15.87
12/10/2023	17:26:55	4.76	4.53	15.87
12/10/2023	17:26:56	4.76	4.52	15.71
12/10/2023	17:26:57	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:26:58	4.76	4.53	15.71
12/10/2023	17:27:00	4.76	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:00	4.76	4.52	15.87
12/10/2023	17:27:01	4.77	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:02	4.78	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:03	4.78	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:04	4.78	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:05	4.79	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:06	4.79	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:07	4.78	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:08	4.78	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:09	4.78	4.52	15.87
12/10/2023	17:27:10	4.78	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:11	4.78	4.52	15.87
12/10/2023	17:27:12	4.78	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:13	4.78	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:14	4.78	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:15	4.78	4.52	15.87
12/10/2023	17:27:16	4.78	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:17	4.78	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:18	4.78	4.52	15.87
12/10/2023	17:27:19	4.78	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:20	4.78	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:21	4.78	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:22	4.78	4.52	15.87
12/10/2023	17:27:23	4.78	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:24	4.78	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:25	4.78	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:26	4.78	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:27	4.78	4.52	15.87
12/10/2023	17:27:28	4.78	4.52	15.87
12/10/2023	17:27:29	4.78	4.5	15.71
12/10/2023	17:27:30	4.78	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:31	4.78	4.52	15.87
12/10/2023	17:27:32	4.78	4.5	15.71
12/10/2023	17:27:33	4.78	4.5	15.87
12/10/2023	17:27:34	4.78	4.52	15.71

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
12/10/2023	17:27:35	4.78	4.5	15.87
12/10/2023	17:27:36	4.78	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:37	4.78	4.52	15.87
12/10/2023	17:27:39	4.78	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:39	4.78	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:40	4.78	4.5	15.71
12/10/2023	17:27:41	4.78	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:42	4.78	4.52	15.87
12/10/2023	17:27:43	4.77	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:44	4.77	4.52	15.87
12/10/2023	17:27:45	4.76	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:47	4.76	4.5	15.71
12/10/2023	17:27:47	4.76	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:48	4.77	4.5	15.71
12/10/2023	17:27:49	4.77	4.5	15.87
12/10/2023	17:27:50	4.76	4.5	15.87
12/10/2023	17:27:51	4.76	4.52	15.71
12/10/2023	17:27:52	4.76	4.5	15.71
12/10/2023	17:27:54	4.77	4.5	15.71
12/10/2023	17:27:54	4.77	4.5	15.71
12/10/2023	17:27:55	4.78	4.5	15.71
12/10/2023	17:27:56	4.77	4.5	15.71
12/10/2023	17:27:57	4.77	4.5	15.71
12/10/2023	17:27:59	4.76	4.5	15.71
12/10/2023	17:27:59	4.76	4.5	15.87
12/10/2023	17:28:00	4.76	4.5	15.71
12/10/2023	17:28:01	4.76	4.52	15.71
12/10/2023	17:28:02	4.76	4.5	15.71
12/10/2023	17:28:03	4.76	4.5	15.71
12/10/2023	17:28:04	4.76	4.5	15.87
12/10/2023	17:28:08	4.76	4.5	15.71
12/10/2023	17:28:11	4.76	4.5	15.71
12/10/2023	17:28:11	4.76	4.5	15.71
12/10/2023	17:28:11	4.76	4.5	15.71
12/10/2023	17:28:13	4.76	4.5	15.71
12/10/2023	17:28:13	4.76	4.5	15.87
12/10/2023	17:28:13	4.76	4.5	15.87
12/10/2023	17:28:13	4.76	4.5	15.71
12/10/2023	17:28:13	4.76	4.5	15.71
12/10/2023	17:28:14	4.76	4.5	15.71
12/10/2023	17:28:16	4.77	4.5	15.71

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
12/10/2023	17:28:18	4.77	4.5	15.87
12/10/2023	17:28:18	4.77	4.5	15.71
12/10/2023	17:28:18	4.77	4.5	15.71
12/10/2023	17:28:19	4.77	4.5	15.71
12/10/2023	17:28:45	4.78	4.5	15.71
12/10/2023	17:28:45	4.78	4.5	15.71
12/10/2023	17:28:45	4.78	4.5	15.71
12/10/2023	17:28:45	4.78	4.5	15.71
12/10/2023	17:28:46	4.78	4.5	15.71
12/10/2023	17:28:47	4.78	4.5	15.87
12/10/2023	17:28:47	4.77	4.49	15.71
12/10/2023	17:28:48	4.76	4.5	15.71
12/10/2023	17:28:51	4.75	4.49	15.71
12/10/2023	17:28:51	4.76	4.5	15.71
12/10/2023	17:28:53	4.76	4.49	15.71
12/10/2023	17:28:53	4.76	4.49	15.71
12/10/2023	17:28:53	4.77	4.5	15.87
12/10/2023	17:28:55	4.76	4.49	15.87
12/10/2023	17:28:55	4.76	4.5	15.71
12/10/2023	17:28:56	4.76	4.49	15.71
12/10/2023	17:28:58	4.76	4.49	15.71
12/10/2023	17:28:58	4.76	4.5	15.71
12/10/2023	17:29:00	4.76	4.5	15.71
12/10/2023	17:29:00	4.76	4.49	15.87
12/10/2023	17:29:01	4.76	4.5	15.87
12/10/2023	17:29:03	4.76	4.5	15.71
12/10/2023	17:29:03	4.77	4.5	15.71
12/10/2023	17:29:05	4.77	4.5	15.71
12/10/2023	17:29:05	4.77	4.49	15.71

Apéndice D

Anexo tabla de datos a 30 metros agua sucia

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
16/10/2023	15:44:34			
16/10/2023	15:44:35	4.7	4.06	16.2
16/10/2023	15:44:36	4.7	4.06	16.2
16/10/2023	15:44:39	4.7	4.08	16.2
16/10/2023	15:44:39	4.7	4.08	16.2
16/10/2023	15:44:42	4.7	4.09	16.2
16/10/2023	15:44:42	4.7	4.08	16.2
16/10/2023	15:44:42	4.7	4.08	16.2
16/10/2023	15:44:42	4.7	4.09	16.2
16/10/2023	15:44:45	4.7	4.06	16.2
16/10/2023	15:44:45	4.7	4.08	16.2
16/10/2023	15:44:46	4.7	4.08	16.2
16/10/2023	15:44:46	4.7	4.05	16.2
16/10/2023	15:44:47	4.7	4.09	16.2
16/10/2023	15:44:48	4.7	4.06	16.2
16/10/2023	15:44:50	4.7	4.08	16.2
16/10/2023	15:44:50	4.7	4.06	16.2
16/10/2023	15:44:51	4.7	4.09	16.2
16/10/2023	15:44:52	4.7	4.08	16.2
16/10/2023	15:44:53	4.7	4.08	16.2
16/10/2023	15:44:54	4.7	4.06	16.2
16/10/2023	15:44:55	4.7	4.06	16.2
16/10/2023	15:44:56	4.7	4.09	16.2
16/10/2023	15:44:57	4.7	4.06	16.2
16/10/2023	15:44:58	4.7	4.08	16.2

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
16/10/2023	15:44:59	4.7	4.06	16.2
16/10/2023	15:45:00	4.71	4.08	16.2
16/10/2023	15:45:02	4.7	4.06	16.2
16/10/2023	15:45:02	4.7	4.08	16.2
16/10/2023	15:45:03	4.71	4.08	16.2
16/10/2023	15:45:04	4.71	4.06	16.2
16/10/2023	15:45:05	4.71	4.06	16.2
16/10/2023	15:45:06	4.71	4.08	16.2
16/10/2023	15:45:07	4.71	4.08	16.2
16/10/2023	15:45:08	4.71	4.08	16.2
16/10/2023	15:45:09	4.71	4.06	16.2
16/10/2023	15:45:10	4.71	4.08	16.2
16/10/2023	15:45:11	4.71	4.06	16.2
16/10/2023	15:45:12	4.71	4.06	16.2
16/10/2023	15:45:13	4.71	4.06	16.2
16/10/2023	15:45:14	4.71	4.06	16.2
16/10/2023	15:45:15	4.71	4.05	16.2
16/10/2023	15:45:16	4.71	4.08	16.2
16/10/2023	15:45:17	4.71	4.06	16.2
16/10/2023	15:45:18	4.71	4.05	16.2
16/10/2023	15:45:19	4.71	4.05	16.2
16/10/2023	15:45:20	4.72	4.08	16.2
16/10/2023	15:45:21	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:45:22	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:45:23	4.72	4.08	16.2
16/10/2023	15:45:26	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:45:26	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:45:26	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:45:28	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:45:29	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:45:29	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:45:31	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:45:31	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:45:32	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:45:33	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:45:34	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:45:35	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:45:36	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:45:37	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:45:39	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:45:40	4.72	4.05	16.2

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
16/10/2023	15:45:40	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:45:41	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:45:42	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:45:43	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:45:44	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:45:45	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:45:46	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:45:47	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:45:48	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:45:49	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:45:50	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:45:51	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:45:52	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:45:53	4.72	4.04	16.04
16/10/2023	15:45:54	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:45:55	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:45:56	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:45:57	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:45:58	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:45:59	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:46:00	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:01	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:46:02	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:46:03	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:04	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:05	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:06	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:46:07	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:08	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:46:09	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:46:10	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:11	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:46:12	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:46:13	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:46:14	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:15	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:46:16	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:46:17	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:46:18	4.72	4.02	16.2
16/10/2023	15:46:19	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:20	4.72	4.05	16.2

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
16/10/2023	15:46:21	4.72	4.02	16.2
16/10/2023	15:46:22	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:23	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:46:24	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:25	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:26	4.72	4.02	16.2
16/10/2023	15:46:27	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:46:28	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:29	4.72	4.02	16.2
16/10/2023	15:46:30	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:31	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:46:32	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:33	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:34	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:35	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:46:36	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:37	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:38	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:46:39	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:40	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:46:41	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:46:42	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:43	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:44	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:45	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:46	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:49	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:46:49	4.72	4.02	16.2
16/10/2023	15:46:49	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:50	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:51	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:52	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:53	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:46:54	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:55	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:46:56	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:46:57	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:46:58	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:46:59	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:47:00	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:47:01	4.72	4.06	16.2

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
16/10/2023	15:47:02	4.72	4.08	16.2
16/10/2023	15:47:03	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:47:04	4.71	4.06	16.2
16/10/2023	15:47:05	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:47:06	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:47:07	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:47:11	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:47:11	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:47:11	4.72	4.08	16.2
16/10/2023	15:47:11	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:47:12	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:47:13	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:47:19	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:47:19	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:47:19	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:47:19	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:47:19	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:47:20	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:47:21	4.72	4.08	16.2
16/10/2023	15:47:22	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:47:23	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:47:24	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:47:25	4.72	4.08	16.2
16/10/2023	15:47:26	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:47:27	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:47:28	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:47:31	4.72	4.08	16.2
16/10/2023	15:47:31	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:47:31	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:47:32	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:47:49			
16/10/2023	15:47:49	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:47:49	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:47:49	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:47:49	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:47:50	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:47:50	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:47:52	4.72	4.04	16.2
16/10/2023	15:47:52	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:47:56	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:47:56	4.72	4.06	16.2

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
16/10/2023	15:47:59	4.73	4.06	16.2
16/10/2023	15:47:59	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:47:59	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:48:01	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:48:01	4.73	4.05	16.2
16/10/2023	15:48:01	4.73	4.04	16.2
16/10/2023	15:48:02	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:48:02	4.72	4.08	16.2
16/10/2023	15:48:04	4.72	4.06	16.2
16/10/2023	15:48:04	4.72	4.05	16.2
16/10/2023	15:48:05	4.73	4.04	16.2
16/10/2023	15:48:09	4.73	4.05	16.2
16/10/2023	15:48:09	4.73	4.06	16.2
16/10/2023	15:48:12	4.73	4.06	16.2
16/10/2023	15:48:12	4.73	4.05	16.2
16/10/2023	15:48:12	4.73	4.04	16.2
16/10/2023	15:48:13	4.73	4.06	16.2
16/10/2023	15:48:13	4.73	4.04	16.2
16/10/2023	15:48:13	4.73	4.05	16.2
16/10/2023	15:48:15	4.73	4.05	16.2
16/10/2023	15:48:15	4.73	4.06	16.2
16/10/2023	15:48:17	4.73	4.05	16.2
16/10/2023	15:48:17	4.73	4.05	16.2
16/10/2023	15:48:33			
16/10/2023	15:48:33	4.73	4.05	16.2
16/10/2023	15:48:33	4.73	4.05	16.2
16/10/2023	15:48:33	4.73	4.05	16.2
16/10/2023	15:48:33	4.73	4.05	16.2
16/10/2023	15:48:41	4.73	4.06	16.2
16/10/2023	15:48:41	4.73	4.06	16.2
16/10/2023	15:48:41	4.73	4.05	16.2
16/10/2023	15:48:41	4.73	4.04	16.2
16/10/2023	15:48:43	4.73	4.04	16.2
16/10/2023	15:48:43	4.73	4.06	16.2
16/10/2023	15:48:43	4.73	4.05	16.2
16/10/2023	15:48:43	4.73	4.06	16.2
16/10/2023	15:48:44	4.73	4.05	16.2
16/10/2023	15:48:44	4.73	4.04	16.2
16/10/2023	15:48:46	4.73	4.06	16.2
16/10/2023	15:48:48	4.73	4.06	16.2
16/10/2023	15:48:48	4.73	4.05	16.2

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
16/10/2023	15:48:49	4.73	4.06	16.2
16/10/2023	15:48:49	4.73	4.06	16.2
16/10/2023	15:48:51	4.73	4.04	16.2
16/10/2023	15:48:51	4.73	4.06	16.2
16/10/2023	15:48:52	4.73	4.04	16.2
16/10/2023	15:48:54	4.73	4.05	16.2
16/10/2023	15:48:54	4.73	4.05	16.2
16/10/2023	15:48:56	4.73	4.06	16.2
16/10/2023	15:48:59	4.73	4.05	16.2
16/10/2023	15:48:59	4.73	4.06	16.2
16/10/2023	15:49:01	4.73	4.05	16.2
16/10/2023	15:49:01	4.73	4.04	16.2
16/10/2023	15:49:01	4.73	4.05	16.2
16/10/2023	15:49:04	4.73	4.05	16.2
16/10/2023	15:49:04	4.74	4.05	16.2
16/10/2023	15:49:06	4.74	4.06	16.2
16/10/2023	15:49:06	4.74	4.08	16.2
16/10/2023	15:49:06	4.74	4.05	16.2
16/10/2023	15:49:09	4.74	4.05	16.2
16/10/2023	15:49:09	4.74	4.08	16.2
16/10/2023	15:49:43	4.74	4.02	16.2
16/10/2023	15:49:43	4.74	4.06	16.2
16/10/2023	15:49:43	4.74	4.06	16.2
16/10/2023	15:49:43	4.74	4.04	16.2
16/10/2023	15:49:45	4.74	4.05	16.2
16/10/2023	15:49:45	4.74	4.06	16.2
16/10/2023	15:49:45	4.74	4.05	16.2
16/10/2023	15:49:47	4.74	4.05	16.2
16/10/2023	15:49:48	4.74	4.08	16.2
16/10/2023	15:49:48	4.74	4.05	16.2
16/10/2023	15:49:50	4.74	4.05	16.2
16/10/2023	15:49:50	4.74	4.05	16.2
16/10/2023	15:49:53	4.74	4.05	16.2
16/10/2023	15:49:55	4.74	4.05	16.2
16/10/2023	15:49:55	4.74	4.05	16.2
16/10/2023	15:49:55	4.74	4.08	16.2
16/10/2023	15:50:12	4.75	4.04	16.2
16/10/2023	15:50:12	4.75	4.04	16.2
16/10/2023	15:50:12	4.75	4.05	16.2
16/10/2023	15:50:12	4.75	4.06	16.2
16/10/2023	15:51:07	4.75	4.06	16.2

Fecha	Tiempo	Turb	pH	Temp
16/10/2023	15:51:07	4.75	4.05	16.2
16/10/2023	15:51:07	4.75	4.08	16.2
16/10/2023	15:51:07	4.75	4.04	16.2
16/10/2023	15:51:07	4.75	4.04	16.2
16/10/2023	15:51:48	4.75	4.04	16.2
16/10/2023	15:51:48	4.75	4.05	16.2
16/10/2023	15:51:48	4.75	4.05	16.2
16/10/2023	15:51:48	4.75	4.02	16.2
16/10/2023	15:51:48	4.75	4.02	16.2
16/10/2023	15:51:49	4.75	4.05	16.2
16/10/2023	15:51:49	4.75	4.05	16.2
16/10/2023	15:51:49	4.75	4.04	16.2
16/10/2023	15:51:49	4.74	4.04	16.2
16/10/2023	15:51:51	4.74	4.04	16.2
16/10/2023	15:51:53	4.74	4.04	16.2
16/10/2023	15:51:53	4.74	4.02	16.2
16/10/2023	15:51:54	4.74	4.02	16.2
16/10/2023	15:51:54	4.74	4.02	16.2
16/10/2023	15:51:56	4.74	4.04	16.2
16/10/2023	15:51:57	4.74	4.02	16.2
16/10/2023	15:51:57	4.74	4.04	16.2
16/10/2023	15:52:19	0		
16/10/2023	15:52:19	4.74	4.05	16.2
16/10/2023	15:52:19	4.74	4.02	16.2
16/10/2023	15:52:19	4.74	4.04	16.2
16/10/2023	15:52:19	4.74	4.05	16.2
16/10/2023	15:52:59	4.74	4.06	16.2
16/10/2023	15:52:59	4.74	4.08	16.2
16/10/2023	15:52:59	4.74	4.06	16.2