



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**PROPUESTA TÉCNICA PARA REDUCCIÓN DE CONTAMINACIÓN EN EL MEDIO
MARINO/COSTERO EN LOCALIDADES DE OMOA.**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

AYLIN FABIOLA ESCOBAR LARA

ASESOR: ING. JOSÉ LUIS ORDOÑEZ ÁVILA

CAMPUS: SAN PEDRO SULA

ABRIL, 2021

DEDICATORIA.

Esta tesis está dedicada a:

Primeramente, quiero dedicar a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza para culminar el proceso de obtener uno de los anhelos más importante para mí en mi formación profesional.

A mis padres, Eliseo Escobar Mejía y Lilian Lara Gómez, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, en toda mi educación tanto académica como de la vida y por su incondicional apoyo sin importar las circunstancias, gracias por brindarme esta oportunidad para mi futuro.

A todos mis familiares y amigos porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y por su apoyo en los momentos difíciles de mi formación académica.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a:

Primeramente, agradezco a Dios por permitirme culminar este proceso para obtener mi título de graduación, por la salud que me ha dado hasta el día de hoy, llenándome de bendiciones, amor y toda su bondad que no tiene fin, mostrándome a las personas correctas en mi camino, por darme la fuerza y sabiduría para soportar todas las dificultades que tuve durante los momentos difíciles que se presentaron a lo largo de mi camino y proceso académico.

Mi padre Eliseo Escobar porque siempre me brindo todo su apoyo incondicional durante toda mi formación académica a mi madre Lilian Lara por estar en cada paso de mi vida. Gracias por todo el amor incondicional de padres y el esfuerzo que me dedicaron para mi formación académica y personal.

Quiero expresar mi gratitud a Carlos Zelaya por siempre apoyarme y estar a mi lado en todos los momentos difíciles de mi formación universitaria, por creer en mi cuando yo misma no lo hice en algún momento y por estar presente en mi vida.

Mis primos Andy Escobar, Rafael Eduardo Escobar y Dany Escobar por estar en los momentos de dificultad, gracias por apoyarme en cada entidad en la que necesitaba de su ayuda a pesar de lo difícil que fue convivir todos durante nuestra estadía juntos siempre me apoyaron en mis momentos de angustia durante estuve en la universidad, gracias a mi prima Gabriela Escobar por apoyarme cuando tuve duda en alguna clase de la universidad.

Mi asesor de proyecto de investigación, el Ing. José Luis Ordoñez por contribuir en el desarrollo de esta investigación.

También quiero agradecer a la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC) por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación.

Todos mis compañeros y a mi familia, por apoyarme aun cuando mis ánimos decaían.

Muchas gracias a todos.

EPÍGRAFE

"Nadie es demasiado pequeño para tener un impacto y cambiar el mundo, así que haz todo lo que puedas."

-Greta Thunberg

RESUMEN EJECUTIVO

El propósito de esta investigación es indagar las soluciones mecatrónicas que nos permita combatir la contaminación existente en las playas y en el mar de Omoa, realizando un análisis microbiológico determinaremos el grado de contaminación de cada uno de los lugares seleccionados por su acumulación de basura cada año. Se realizó un muestreo en el mar de Cuyamel, Masca, Muchilena y Omoa, realizando un segundo muestreo en Cuyamel y Masca mediante un análisis microbiológico utilizando el método de coliformes totales y coliformes fecales, se realizó un estudio exploratorio para determinar qué elementos tecnológicos se adaptan mejor en el medio local y se diseñó en SolidWorks un robot el cual será parte de las tecnologías a sugerir en esta investigación, que nos permita combatir con la contaminación encontrada en el agua. Los hallazgos de la contaminación en el agua mostraron que Muchilena y Omoa tienen un alto grado de contaminación bacteriológica en comparación con Masca y Cuyamel donde existe más basura acumulada en las playas debido al oleaje que arrastra la basura que proviene del río Motagua. Para el desarrollo de esta investigación se utilizó la metodología espiral, que permite el desarrollo y análisis de cuatro fases. Este estudio comienza con el muestreo del agua en los lugares definidos donde se realizaron análisis de coliformes totales, coliformes fecales y diseño de un prototipo. Seguidamente se realizó un estudio de las máquinas para reciclar basura, en el tercer ciclo se sugirió la utilización de robots para disminuir contaminantes y en el cuarto ciclo la ubicación de los robots propuestos.

Palabras claves—Calidad del Agua, Coliformes fecales, Coliformes totales, Contaminación, Robots submarinos.

ABSTRACT

The purpose of this research is to investigate the mechatronic solutions that allow us to combat existing pollution on the beaches and in the sea of Omoa, performing a microbiological analysis to determine the degree of contamination of each of the places selected for their accumulation of garbage each year. A sampling was carried out in the sea of Cuyamel, Masca, Muchilena and Omoa, performing a second sampling in Cuyamel and Masca through a microbiological analysis using the method of total coliforms and fecal coliforms, an exploratory study was conducted to determine which technological elements are best suited to the local environment and a robot was designed in SolidWorks which will be part of the technologies to suggest in this research, which will allow us to fight with the pollution found in the water. The findings of water pollution showed that Muchilena and Omoa have a high degree of bacteriological contamination compared to Masca and Cuyamel where there is more garbage accumulated on the beaches due to the waves that drag the garbage coming from the Motagua River. For the development of this research, the spiral methodology was used, which allows the development and analysis of four phases. This study began with water sampling in the defined locations where analyses of total coliforms, fecal coliforms and the design of a prototype were carried out. This was followed by a study of garbage recycling machines; in the third cycle, the use of robots was suggested to reduce contaminants; and in the fourth cycle, the location of the proposed robots.

Keywords—Water quality, Fecal coliforms, Total coliforms, Pollution, Underwater robots.

ÍNDICE DE CONTENIDO.

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2.1 PROCEDENTES DEL PROBLEMA.....	3
2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	4
2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	6
2.5 OBJETIVOS.....	6
2.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
III. MARCO TEÓRICO	7
3.1 CONTAMINACIÓN EN ECOSISTEMAS MARINOS	7
3.1.1 CALIDAD DEL AGUA.....	9
3.2 FACTORES QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO MICROBIANO EN EL AGUA.....	13
3.3 COMO EVALUAR LA CALIDAD DEL MAR MEDIANTE PROCESOS MICROBIOLÓGICOS.....	15
3.4 APORTACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS EN PROCESOS QUÍMICOS.....	25
3.4.1 LAS HERRAMIENTAS PARA INVESTIGAR LOS PROCESOS DE TRANSPORTE	25
3.4.2 MICROSCOPIOS ELECTRÓNICOS DE TRANSMISIÓN (TEM)	27
3.5 PROCESOS MECATRÓNICOS EN ANÁLISIS DE CONTAMINANTES SUBACUÁTICOS.....	30
3.5.1 SENSORES SUBMARINOS	30
3.6 INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA OBTENER DATOS DEL AGUA.	40
3.7 APLICACIONES DE SISTEMAS MECATRÓNICOS EN EL ANÁLISIS DEL AGUA Y MEDIO AMBIENTE.	44
3.7.1 DETECCIÓN Y VIGILANCIA DE LOS OCÉANOS.....	44
3.7.2 ROBÓTICA SUBMARINA	50
3.8 LUZ ULTRAVIOLETA (UV).....	56
IV. METODOLOGÍA.....	59

4.1 ENFOQUE.....	59
4.2 VARIABLE DE INVESTIGACIÓN.....	59
4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS.....	61
4.4 MATERIALES	62
4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	62
4.6 METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	63
4.6.1 CICLO I. MUESTREO DEL MAR Y DISEÑO BOYA OCEANOGRÁFICA.....	63
4.6.2 CICLO II. SUGERENCIA DEL PROCESO DE RECICLAJE.	65
4.6.3 CICLO III. PROPUESTAS DE TECNOLOGÍAS PARA LIMPIEZA EN EL MEDIO MARINO/COSTERO.	66
4.6.4 CICLO IV. UBICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE LIMPIEZA PROPUESTO.	67
4.7 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN.....	68
4.8 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	68
V. ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	69
5.1 ANÁLISIS DE SUSTENTO DEL MARCO TEÓRICO	69
5.2 RESULTADOS.....	69
5.2.1 CICLO I. MUESTREO DEL MAR Y DISEÑO BOYA OCEANOGRÁFICA.....	70
5.2.2 CICLO II. SUGERENCIA DEL PROCESO DE RECICLAJE.	90
5.2.3 CICLO III. PROPUESTAS DE TECNOLOGÍAS PARA LIMPIEZA EN EL MEDIO MARINO/COSTERO. ..	96
5.2.4 CICLO IV. UBICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE LIMPIEZA PROPUESTO.....	102
5.3 DISCUSIÓN	111
VI. CONCLUSIONES.....	113
VII. RECOMENDACIONES.....	114
VIII. REFERENCIAS.....	115
IX. ANEXOS.....	121

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1. Representación esquemática del principio de respuesta del sensor electroquímico.....	19
Ilustración 2. Sensor piezoeléctrico.....	21
Ilustración 3. Distribución de la temperatura en aguas marinas superficiales.....	33
Ilustración 4. Arquitectura del sensor subacuático.....	36
Ilustración 5. Estructura de la red de sensores subacuáticos tridimensionales estáticos.....	38
Ilustración 6. Estructura de red de robot submarino autónomo tridimensional.....	38
Ilustración 7. Oxímetro.....	41
Ilustración 8. PH-Metro, redox y temperatura.....	42
Ilustración 9. Colorímetro.....	43
Ilustración 10. Concepto de sistema AUV propuesta en investigación.....	55
Ilustración 11. Señalización de boya zona especial.....	56
Ilustración 12. Variables Dependientes e Independientes.....	61
Ilustración 13. Los principales lugares en los que ha recalado la basura.....	62
Ilustración 14. Primera espiral con el desarrollo del muestro del agua.....	63
Ilustración 15. Segunda espiral Maquina recicladora.....	65
Ilustración 16. Tercera espiral tecnologías para descontaminación.....	66
Ilustración 17. Cuarta espiral Ubicación de las tecnologías de limpieza.....	67
Ilustración 18. Cronograma de actividades para el desarrollo de la investigación.....	68
Ilustración 19. Mapa de zonas donde se realizaron análisis.....	72
Ilustración 20. Estimación de coliformes totales y coliformes fecales según el NMP en el agua de las playas seleccionadas del municipio de Omoa.....	73
Ilustración 21. Segundo Análisis de coliformes.....	76
Ilustración 22. Temperatura del mar en la bahía de Omoa.....	77

Ilustración 23. Cabina para los elementos electrónicos.	78
Ilustración 24. Señal de Adquisiciones de Datos Oceánicos (ODAS) en forma de x.	79
Ilustración 25. Base flotadora de la boya.	79
Ilustración 26. Ultravioleta en espectro electromagnético.	82
Ilustración 27. Diseño de Boya con Lámpara UV.	82
Ilustración 28. TSYS01 sensor de temperatura.	83
Ilustración 29. American Marine Medidor de pH PINPOINT.	84
Ilustración 30. Sonda de conductividad K 1.0 de Atlas Scientific.	85
Ilustración 31. Sonda/Sensor de Oxígeno Disuelto – AtlasScientific.	86
Ilustración 32. Sonda RELIHONESEI Sensor de algas azul-verde.	87
Ilustración 33. Sistema robótico para clasificar basura.	93
Ilustración 34. Prototipo de Procesador de residuos de plástico.	94
Ilustración 35. Robot con pinza.	98
Ilustración 36. Robot en suelo fluido.	99
Ilustración 37. Basura acumulada en playa de Cuyamel (Buena Vista).	99
Ilustración 38. Hardware del ROV.	100
Ilustración 39. Bolsas plásticas en el agua del mar en Omoa.	101
Ilustración 40. Diseño de robot acuático recolector de basura marina.	102
Ilustración 41. Boya 1 en Omoa.	104
Ilustración 42. Robots de limpieza en Omoa y triturador de basura.	105
Ilustración 43. Boya 2 en Muchilena.	106
Ilustración 44. Robots acuáticos en Muchilena y triturador de basura.	106
Ilustración 45. Boya 3 en Masca.	107
Ilustración 46. Robots de limpieza en Masca y triturador de basura.	108
Ilustración 47. Boya 4 en Cuyamel (Buena Vista).	108

Ilustración 48. Robots de limpieza en Cuyamel (Buena Vista) y triturador de basura.....	109
Ilustración 49. Boya 5, resumen de robots para limpieza y recicladores.....	110

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Valores de PH del agua.....	14
Tabla 2. Biosensores y aplicación.....	23
Tabla 3. Contaminantes del agua detectables mediante colorímetro.....	44
Tabla 4. Luz ultravioleta necesaria para destruir hasta el 99.99% de los microorganismos patógenos en el agua.....	57
Tabla 5. Aplicaciones de desinfección UV.....	58
Tabla 6. Variables de Investigación.....	60
Tabla 7. valoración conceptual indicativa del grado de contaminación para los contaminantes microbiológicos.....	72
Tabla 8. Norma Técnica Nacional para Agua de Uso Recreativo.....	74
Tabla 9. Precios de Sensores Temperatura sumergibles.....	83
Tabla 10. Comparación de medidores de pH.....	84
Tabla 11. Sensores de conductividad.....	85
Tabla 12. Sensores para Oxígeno Disuelto (OD).....	86
Tabla 13. Sensores para cianobacterias.....	87
Tabla 14. Baterías de carga solar.....	88
Tabla 15. Panel solar con controlador de carga.....	89
Tabla 16. Módulos de Comunicación.....	89
Tabla 17. Lámparas UV del mercado.....	90
Tabla 18. Resumen de Elementos seleccionados.....	90
Tabla 19. Tipos de muestras probadas.....	95

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Parte trasera y retenedora de basura del robot acuático recolector de basura marina.	121
Anexo 2. Finalización de robot acuático recolector de basura marina.....	121

I. INTRODUCCIÓN.

La contaminación por desechos plásticos ha traído mucha controversia respecto a los mares llenos de basura que luego con el oleaje esta basura es regresada a las orillas de las playas. A medida que pasan los años esto se ha convertido en un grave peligro para las comunidades que viven cerca del mar y que además se dedican al turismo y a la pesca artesanal siendo un factor perjudicial para la salud tanto para las personas como los animales marinos. Es por eso por lo que debido al impacto que esto tiene año tras año y en lugares como el municipio de Omoa que se ha visto afectado por la basura que llega al mar por el río Motagua y los ríos aledaños, encontrar soluciones que podrían beneficiar a las comunidades. Mediante una búsqueda exploratoria se encontraron numerosas tecnologías mecatrónicas que proporcionan una alternativa para disminuir la mano de obra y agilizar el proceso de recolección de basura, además se busco la manera de integrar una herramienta que pudiera ayudar a disminuir bacterias en el agua, esto debido a un estudio donde nos muestra los lugares con más carga bacteriana. Se pretende ubicar las tecnologías mecatrónicas propuestas en esta investigación en los lugares donde se realizó un muestreo microbiológico y que a partir de esta investigación las generaciones futuras puedan implementar cada uno de estos prototipos que se darán a conocer de manera conceptual.

En esta investigación se dividió en diferentes capítulos para la mejor comprensión, se brinda una introducción de lo que comprende cada capítulo:

Capitulo II. Se muestra la problemática de la basura existentes en las playas de Omoa debido a la basura que es arrastrada mediante el oleaje, basura que muchas veces llega al mar por ríos aledaños y el río Motagua de Guatemala, aquí se presenta un resumen del porque todavía este problema no ha tenido ninguna solución por parte las autoridades que años tras años llevan la tarea de realizar recolecciones de basura que llega a las playas.

Capitulo III. Es el marco teórico aquí se recaba la información para lograr los conocimientos necesario de la contaminación en los océanos y de la tecnología mecatrónica que con apoyo de la química realizan soluciones en el medio químico, físico y biológico. Siendo la tecnología quien nos brinda apoyo en el análisis microbiológico y de factores físicos del mar como el pH, temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, etc. La información necesaria para la

implementación de luces UV en un robot para disminuir la contaminación por bacterias en el agua.

Capítulo IV. Se abordará la metodología de investigación, exponiendo cada uno de los ciclos y etapas para llevar a cabo el desarrollo y el análisis de esta investigación, de igual forma se presentará el enfoque a seguir, estableceremos las variables dependientes e independientes, los materiales, técnicas e instrumentos aplicados y el cronograma de actividades.

Capítulo V. El análisis y resultados obtenidos en la presente investigación se va a considerar los aportes generados por las teorías de sustento expuestas en el marco teórico de la presente investigación y se mostrara cada uno de los ciclos y etapas desarrollados de la metodología implementada en la investigación para luego comparar la teoría propuesta con los resultados obtenidos.

Capítulo VI. Las conclusiones, en este capítulo de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis y se realizaron las conclusiones teniendo en cuenta los objetivos específicos de esta investigación.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 PROCEDENTES DEL PROBLEMA

En los últimos 10 años los países centroamericanos como ser Belice, Guatemala y Honduras en la lucha de llegar acuerdos para disminuir o eliminar la contaminación del mar en el Golfo de Honduras (mar caribe) han “perdido el tiempo” por la falta de un convenio y resolución política, para disminuir la fuerte contaminación, que proviene de diferentes afluentes de la región, y mayormente la basura es arrastrada por el rio Motagua de Guatemala, según estudios que se han realizado anteriormente por las autoridades de los tres gobiernos. Entre el 2009 y 2010 se desarrolló un proyecto llamado “Proyecto para la Protección Ambiental y Control de la contaminación en el Golfo de Honduras” el cual promovía buscar solución al manejo de conservación de la vida marina-costera para el desarrollo social de los habitantes que viven en las costas afectadas por la contaminación existente en el Golfo de Honduras y mejorar su calidad de vida (Gómez, 2020).

Estos proyectos siempre son planeados, pero nunca hay una solución definitiva ya que se necesitaría un cambio cultural y educacional por parte de las poblaciones mientras más involucrados haya más efectiva será eliminar este problema.

En marzo del 2010 se alertó mediante el documento llamado “Análisis de Diagnostico Tripartito” sobre la llegada de contaminantes sólidos y polución de parte del transporte marino el cual afectaría gravemente a los arrecifes, a personas que se dedican a la pesca, el turismo y entre otros medios que forman parte del Golfo de Honduras. En este mismo documento el cual no se llevó a cabo por desacuerdos entre Guatemala y Belice procuraba mejorar la calidad de agua para la salud de los habitantes de las zonas costeras. También advertía que el rio motagua el cual es el que ha afectado grandemente, la contaminación tiene una cuenca de 12.670 kilómetros cuadrados y además nace en el occidente de Guatemala en el cual recibe el nombre de Rio grande y luego va a desembocar a la bahía de Omoa. Esto lleva en su recorrido más de 20 municipios guatemaltecos en cual las personas usan el rio como vertedero de toneladas de basura sin pensar el efecto que esto tendrá en los lugares costeros como en el caso del municipio de Omoa que se dedican a la pesca y también al turismo (Gómez, 2020).

Debido al alto porcentaje de basura que es aportado por los mismos pobladores de un país esto sería muy difícil de frenar ya que el gobierno de Guatemala deberá tener medidas de saneamiento ambiental para que no siga afectando el río y el océano.

Por falta de determinación ante la situación de parte de la República de Guatemala ya que “carecen de recursos para la implementación de maquinaria que permita evitar este problema ambiental” el alcalde de Puerto Cortés y presidente de la Asociación de Municipios del Golfo de Honduras Allan Ramos denunció sobre la serie de problemas a la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) el 21 de septiembre del 2020. Tal escrito manifiesta que Guatemala debe tomar cartas en el asunto debido al problema ambiental ya que esta contaminación lleva varios años, la finalidad de esta denuncia es poder evitar el desastre ambiental y proteger la vida marina de las costas de Honduras. Para evitar que proyectos con el fin de mejorar esta situación se derrumbe todo como hace 10 años la CCAD, petición del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), el cual obtuvo información de una investigación documentada y evidencias fotográficas de lo que sucede, por tanto, deberá reforzar acuerdos establecidos entre Belice, Guatemala y Honduras. Aunque organizaciones como Mi ambiente han trabajado de manera solitaria a pesar de que se sabe que existe un proyecto para resolver esta problemática el cual deberán darle seguimiento para culminar con este problema (Gómez, 2020).

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La contaminación por desechos sólidos del río Motagua de Guatemala que contaminan las Playas de Omoa. Esto ha afectado en gran parte lo que es el turismo, a los pescadores artesanales, la fauna y la salud de la población (Lima, 2020).

La basura por desechos plásticos, son los que habitualmente son los que tienen las playas más contaminadas y llenas de suciedad cosa que no permite que los turistas quieran llegar a hacer uso recreativo de las mismas.

(Lima, 2020) Son 19 comunidades costeras que han sido afectadas y más de 500 pescadores que no pueden realizar su trabajo debido a esta contaminación que además es un riesgo para su salud al exponerse dentro de un mar lleno de contaminación y desechos de basura.

Esta contaminación no solo es basura provocada por el país vecino también una parte es nuestro país, el alto porcentaje de contaminación que existe en el mar como partículas microbiológicas de contaminantes como desechos de hospitales hasta cadáveres que han encontrado, aunque el país vecino pueda retener gran parte de la basura con los retenedores que habían implementado, siempre existen micro plásticos que de igual forma contaminan y permanecen en el mar, estos muchas veces los animales marinos como las tortugas y sobre todo los peces pueden confundir estos micro plásticos con comida esto puede provocar la muerte de los animales. A medida que este problema no ha tenido un control ha afectado grandemente a las personas que con frecuencia visitan las playas y disfrutan un rato he incluso comer un pescado que probablemente este contaminado de esta manera podría afectar gravemente a las personas y esta misma razón a alejado a los turistas por el miedo de llegar a infectarse por el mar contaminado que hay en Omoa y en todos los lugares costeros como Puerto Cortes e incluso Islas de la Bahía ya que parte de ese mar de basura ha llegado a las costas de esa hermosa Isla y este problema de la contaminación afecta a los pobladores que viven del turismo en Omoa y a los pescadores artesanales que le venden a diferentes zonas del departamento de Cortés.

2.3 JUSTIFICACIÓN

La importancia de la realización de este proyecto se debe al alto nivel de contaminación que hay en el mar de Omoa debido a la basura que llega al mar por la desembocadura de los ríos que traen consigo toneladas de basura.

En el agua del mar pueden encontrarse diferentes microorganismos dañinos, lo cual pueden afectar a la flora del sistema acuático mediante la calidad sanitaria que existe en el agua del mar. Además, pueden existir otros microorganismos contaminantes perjudiciales para la salud de los seres humanos y la fauna marina.

La ingeniería tiene diversas ramas que busca mediante las nuevas tecnología soluciones para los múltiples problemas que existen en nuestro medio ambiente, busca colaborar al afrontar los diferentes problemas medioambientales en el que se incluye: el deterioro del medio ambiente marino, el declive de la biodiversidad y los contaminantes orgánicos persistentes entre otros («Ingeniería y medio ambiente», 2007).

2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuáles son los sistemas mecatrónicos que ayudan en el tratamiento de procesos químicos?
2. ¿Cuáles son los procesos para el análisis microbiológico del agua?
3. ¿Qué herramienta es la que mejor se adapta para disminuir bacterias en el agua en el medio local?
4. ¿Qué tipo de sensores se pueden usar para el análisis de factores que afectan el crecimiento microbiano en el mar?

2.5 OBJETIVOS

En esta sección se fijarán los objetivos de la investigación el cual se divide en objetivos generales en el cual se describe que se realizara en esta investigación y los objetivos específicos que detalla cada uno de los procesos a realizar en el desarrollo del diseño de soluciones para mejorar el bienestar del agua.

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar las soluciones mecatrónicas a nivel de concepto para mejorar el bienestar del mar y las playas de Omoa.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar cuáles son los sistemas mecatrónicos que ayudan en el tratamiento de aguas en los procesos químicos.
- Realizar análisis microbiológico del agua del mar y determinar el porcentaje de contaminación en el agua.
- Determinar que herramienta se adapta mejor, para la disminución de bacterias en el agua en el medio local.
- Determinar los sensores que pueden ser utilizados para análisis de factores que afectan el crecimiento microbiano en el mar.

III. MARCO TEÓRICO

En la actualidad existe una gran cantidad de contaminantes en el mar debido a la enorme contaminación que existe en el mundo cada día llegan toneladas de basura al mar y estos además de dejar basura en el mar y las playas también existe una gran cantidad de microorganismos perjudiciales para nuestra salud. A continuación, se expondrán los temas investigativos de manera detallada para poder lograr el objetivo del proyecto.

3.1 CONTAMINACIÓN EN ECOSISTEMAS MARINOS

Definición de los desechos marinos flotantes.

Los residuos plásticos marinos que flotan en la superficie del océano constituyen un importante problema medioambiental. Sin embargo, su distribución en el océano está mal cartografiada, y la mayor parte de los residuos plásticos que se calcula que han entrado en el océano desde tierra no se contabilizan. Entender mejor cómo se transportan los residuos plásticos desde las costas y el mar es crucial para cuantificar y cerrar el inventario mundial de plásticos marinos, lo que a su vez representa una información crítica para las estrategias de mitigación o políticas (Sebille et al., 2020).

Para evitar cualquier desacuerdo político por ejemplo entre dos países vecinos es fundamental tener en cuenta de donde provienen los residuos y porque ya que a diario ingresan toneladas de basura al océano y existen discusiones acerca de quien tira la basura. La población ha sido irresponsable con el paradero de la basura, pero el control de esto nos beneficiara a evitar una contaminación aún mayor.

Los residuos plásticos se han convertido rápidamente en uno de los contaminantes más omnipresentes y permanentes, especialmente en los ecosistemas marinos. Están presentes en todos los compartimentos del océano en todo el mundo y tienen una serie de impactos ambientales y económicos adversos. Aunque hay muchos problemas ambientales críticos, la contaminación por plástico ha atraído una atención considerable en los últimos años, con numerosas iniciativas para abordar el problema (Sebille et al., 2020).

Actualmente hay una extensa contaminación en los océanos y playas en todo el mundo debido a esto muchos países están sufriendo ya que viven del turismo y de la pesca. Debido a esta contaminación donde llega una cantidad de basura de todo tipo muchas personas no quiere ir a las playas porque tienen miedo infectarse de algo debido a que el agua podría estar

contaminando y ser muy perjudicial para la salud, se sabe que existen muchos contaminantes en el agua pero el plástico es uno de los principales contaminantes ya que deja micro plásticos que los animales acuáticos podrían estar alimentándose de ellos y ser muy perjudicial tanto para la salud de los animales como para las personas.

Los procesos biológicos (por ejemplo, la ingestión o el asentamiento) también pueden contribuir al transporte (horizontal y vertical) de plásticos dentro de los océanos. Para afrontar mejor el reto de la contaminación por plásticos, necesitamos comprender mejor los procesos físicos, químicos y biológicos que influyen en el transporte de plásticos en la superficie del océano. Los residuos plásticos presentes en los océanos varían mucho en cuanto a tamaño, forma o composición química. En el cual nos centramos específicamente en los desechos marinos plásticos flotantes. Esto significa que las partículas de plástico consideradas aquí son positivamente flotantes, es decir, su densidad es menor que la del agua local. Sin embargo, esto no significa que los plásticos permanezcan en la superficie del mar en todo momento. Las olas rompientes y las turbulencias oceánicas pueden mezclarlas temporalmente hasta varios o incluso decenas o cientos de metros, desde donde las partículas ascienden de nuevo a la superficie después de que las olas y las turbulencias decaigan (Sebille et al., 2020).

Muchos plásticos que llegan al océano suelen agruparse en ciertas áreas donde se puede llegar a ver un océano de basura, pero debido a oleajes y vientos esto podría no estar en un solo lugar ya que las olas podrían revolver la basura estar cierto tiempo en el fondo y luego regresar a la superficie y también llegar a la orilla de las playas.

Es sorprendente la escasa bibliografía sobre los procesos que controlan la llegada a la playa de plásticos y otros contaminantes flotantes, como el petróleo. Se han hecho intentos de crear estimaciones basadas en datos sobre la basura en las playas, en las que se predicen las categorías de basura en las playas a lo largo del tiempo mediante redes neuronales artificiales, utilizando datos de grandes residuos en las playas procedentes de encuestas de limpieza (Sebille et al., 2020).

Los desechos marinos pueden estar formados por una variedad de compuestos, como madera, metales, vidrio, etc., aunque el plástico parece contribuir a una proporción significativamente grande de estos desechos. Una vez que el plástico entra en el medio marino, su naturaleza persistente y duradera supone un riesgo importante para el ecosistema, desde las zonas costeras hasta las profundidades marinas. El plástico se ha convertido en una grave amenaza

para la vida marina, ya que puede ser ingerido y/o causar enredos, lo que puede conducir a la mortalidad (Conchubhair et al., 2019).

La llegada del plástico al océano ha sido uno de los factores más perjudiciales para la salud de los animales marinos ya que el plástico es uno de los contaminantes que más cuesta que se degrade o desaparezca además el poliestireno es otro contaminante perjudicial. Los animales suelen confundir estos contaminantes con comida y luego pueden morir o incluso llegar a un plato de comida en nuestro hogar y ser muy perjudicial nuestra salud.

Siguen existiendo considerables lagunas tecnológicas (equipos/sensores) para controlar el plástico en el medio marino. En la actualidad, la teledetección se limita a evaluar los residuos flotantes en la superficie y a los de gran tamaño (por ejemplo, los contenedores de transporte). El seguimiento in situ se lleva a cabo con redes, redes de arrastre y limpieza de playas, y es este tipo de enfoque multifacético es el que se necesita para abordar el problema de los desechos marinos. Los avances tecnológicos en el ámbito de la teledetección podrían convertir el control óptico en una de las principales herramientas de control de los micro plásticos en el medio marino. Es necesario que se produzcan nuevos avances en el campo de la investigación, lo que requeriría también un desarrollo complementario de marinización para su despliegue en el mar (Conchubhair et al., 2019).

El uso de la tecnología es crucial para detectar los micro plásticos que hay en el mar para determinar los contaminantes que estos provocan en el agua cada día se llevan a cabo prototipos de investigación tecnológicas para la mejora del océano, es importante utilizar la tecnología para evitar que estos contaminantes destruyan la vida marina.

3.1.1 CALIDAD DEL AGUA

Los problemas de conservación de los ecosistemas costeros y marinos incluyen la destrucción de los ecosistemas como la sedimentación, el aumento de los contaminantes, el aumento de los residuos que entran en la bahía debido a la mala gestión de la tierra. Según, varios tipos de residuos y contaminantes en el mar. Esto puede dar lugar a la entrada de sustancias orgánicas e inorgánicas en las aguas, lo que se traduce en una disminución de la calidad del agua de mar desde el punto de vista físico y químico. Por lo tanto, si la calidad del medio ambiente en la bahía es pobre, se sospecha que los componentes biológicos en ella experimentarán cambios. La contaminación del mar no sólo mata la biota y los ecosistemas

marinos, sino que también pone en peligro la salud humana, daña el valor estético y amenaza el funcionamiento del ecosistema de la bahía (Sari et al., 2020).

Existen varios factores a tomar en cuenta tanto físico como químicos en el cual podríamos realizar constantes evaluaciones para detectar si existe alguna anomalía en el agua del mar debido a los residuos y contaminantes en él, a continuación, se detalla ciertos factores muy relevantes a la hora de realizar análisis del agua.

- Brillo y turbidez

El nivel de turbidez está causado por los materiales orgánicos e inorgánicos que entran en las aguas, el nivel de brillo está influenciado por la intensidad de la luz solar que puede penetrar hasta el fondo de las aguas. El nivel de brillo y turbidez influye mucho en la supervivencia de la biota acuática, como el crecimiento y la fotosíntesis.

- Sólidos en suspensión (SST)

El alto nivel de sólidos en suspensión reducirá el nivel de oxígeno disuelto en las aguas y el SST consiste en vertidos industriales, arena fina y lodo transportados por el flujo de agua de varios ríos que desembocan en la bahía.

- Temperatura del agua

La temperatura del agua es uno de los factores que más influyen en la vida de un organismo acuático. La temperatura normal en las aguas de la superficie de océanos es alrededor de los 17 grados Centígrados.

- Acidez (pH)

Los valores del parámetro de pH oscilan entre 7.5 y 8.4. La aparición de diferencias en los valores de pH se debe a la influencia de la temperatura y la salinidad de forma indirecta. Las variaciones en el valor del pH de las aguas afectan en gran medida a la biota de las aguas. Además, el alto valor del pH determina en gran medida el predominio del fitoplancton que afecta al nivel primario de productividad del agua, donde la presencia de fitoplancton se apoya en la disponibilidad de nutrientes en las aguas marinas.

- Salinidad

La salinidad se determina en función del número de sales que se disuelven en el agua. La salinidad está influenciada por las precipitaciones y la evaporación (desprendimiento) que se produce en una zona. Por lo general, la salinidad del agua de mar es más estable, su rango de

valores es 30 – 50 g/L, excepto en las desembocaduras de los ríos, donde el lugar de encuentro entre el agua dulce y el agua de mar. Ya que podría haber una baja salinidad debido al agua dulce y también en las aguas de las mareas (Sari et al., 2020).

- Oxígeno disuelto (OD)

El oxígeno molecular es un gas con una solubilidad considerable en agua a temperatura ambiente. Gran parte de la vida acuática depende de esta propiedad, por lo que el oxígeno disuelto (OD) es uno de los parámetros de calidad más importantes de las aguas superficiales. Además, el OD es el parámetro más crítico para evaluar el éxito del tratamiento de las aguas residuales. Durante el proceso de tratamiento de las aguas residuales, los residuos biológicos y las especies contaminantes orgánicas son degradados bioquímicamente por bacterias aeróbicas, consumiendo grandes cantidades de oxígeno (Kruse, 2018).

El oxígeno disuelto es necesario para todos los organismos acuáticos. Todos los organismos acuáticos necesitan el oxígeno para respirar y para el metabolismo, que a su vez produce energía para el crecimiento. El rango de valores de OD normales varían entre los 7.0 y 8.0 mg/L. El alto valor de OD en las aguas se origina en la fotosíntesis de los organismos que viven en las aguas, además el contenido de OD también explica la relación con el nivel de contaminación y la cantidad de materia orgánica en las aguas (Sari et al., 2020).

El oxígeno es un factor muy importante para la salud de los animales acuáticos y la vida marina en general gracias al oxígeno disuelto los animales pueden respirar por eso es fundamental saber si los valores de oxígeno disuelto son los indicados dependiendo del tipo de agua o el lugar donde estén los peces, y mantener la vida marina estable.

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

La DBO5 es la cantidad de contenido de oxígeno disuelto que necesitan los microorganismos para el proceso de descomposición de la materia orgánica en condiciones aeróbicas. La DBO se utiliza para indicar la contaminación orgánica en las aguas. Cuanto más material orgánico contengan las aguas, mayor será la cantidad de oxígeno necesario.

- Amoníaco total (NH₃N)

El contenido de amoníaco en el agua de mar es muy variable; el amoníaco puede ser tóxico si los niveles superan las normas de calidad especificadas (Sari et al., 2020).

El control de la calidad del agua es esencial para evitar daños a la salud humana y al ecosistema acuático. Hoy en día, los fenómenos naturales y las actividades humanas pueden provocar la contaminación del agua, lo que se traduce en una mala calidad del agua. La detección y el análisis de los parámetros del agua permiten identificar los impactos y los riesgos para la salud humana y el ecosistema. Esto puede ayudar a planificar y aplicar medidas de gestión adecuadas para el control de la calidad del agua (Shin et al., 2021).

Microbiota Marina

La contaminación que se produce debido a factores químicos, físicos y biológicos incluidas las actividades industriales, domésticas y de otro tipo, tienen un impacto negativo en los recursos hídricos, incluyendo la reducción de la calidad del agua. Esta condición puede causar interferencias, daños y peligros para los seres vivos que dependen de los recursos hídricos. Los microorganismos indicadores pueden diferenciarse en indicadores de bacterias, indicadores virales e indicadores de protozoos. Desde el punto de vista microbiológico, las bacterias indicadoras de contaminación son las bacterias coliformes, las fecales coli, estreptococos fecales, Clostridium y Pseudomonas, las bacterias coliformes son los parámetros microbiológicos más importantes para la calidad del agua potable. El grupo de bacterias coliformes, que incluye *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes* y *Citrobacter freundii*, entre las principales bacterias está *E. coli*. es un microorganismo indicador del agua. *E. coli* se encuentra en casi todas las masas de agua, como como lagos, ríos y mares que se originan en las heces de los seres humanos y de los animales de sangre caliente y en las aguas contaminadas con desechos orgánicos (Lukistyowati et al., 2019).

Para el proceso microbiológico del agua es fundamental estos parámetros microbiológicos ya que muchos de ellos llegan a ser un factor primordial para mantener el agua en buenas condiciones y muchos de ellos tenemos que evitarlos y para eso se llevan a cabo estudios de estas bacterias para detectar que bacterias están presentes en el agua y cuales podrían ser perjudicial para nuestra salud. Debido a los resultados podremos determinar cuáles son los pasos siguientes para contraatacar estos contaminantes perjudiciales que podrían estar deteriorando el microbiota.

El estado de calidad de un agua es muy importante para la vida de los organismos, especialmente de las bacterias. En general, el crecimiento bacteriano está influenciado por los parámetros de calidad del agua, que incluyen la temperatura, el pH, la salinidad, la

luminosidad, la velocidad de la corriente, el oxígeno disuelto (OD), la demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO), nitrato (NO₃) y amoníaco (NH₃) (Lukistyowati et al., 2019).

Es importante comprender los medios que pueden estar afectando la calidad del agua ya que utilizando los datos de investigación químico y/o microbiológico del agua se pueden atacar ciertas circunstancias que llevan a la degradación del agua ya que tanto los seres acuáticos como los humanos dependen grandemente de los recursos del agua de mar.

3.2 FACTORES QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO MICROBIANO EN EL AGUA

Las principales amenazas son los cambios en hidrología, la contaminación y los daños o cambios en la vegetación, todos ellos en consecuencia directa de la acción humana o efectos indirectos del cambio climático (Steenbergh et al., 2016).

En el caso de zonas artificiales para la acuicultura existen otros parámetros a considerar. La adición de nutrientes artificiales a los sistemas en aguas dulces es una estrategia de gestión que se ha empleado para intentar recrear los antiguos subsidios de nutrientes para el desarrollo de animales acuáticos, pero existe una gran incertidumbre en cuanto a su eficacia y hay preocupación por las posibles consecuencias no deseadas. La adición de nutrientes ha aumentado en general las tasas de crecimiento individual en una variedad de poblaciones en acuicultura en múltiples estudios y lugares (Bailey et al., 2018).

A continuación, presentamos una introducción a estas alteraciones que afectan mayormente la calidad del agua en ríos, océanos, etc., destacando sus causas y consecuencias para el funcionamiento de los ecosistemas del agua en el cual destacaremos datos para el océano.

Factores intrínsecos

- Actividad del agua (aw): Determina la factibilidad y capacidad de los seres vivos. La mayoría de los microorganismos que viven en condiciones extremas, se incrementan en actividades de agua entre 0.980 (aw en agua de mar) y 1.000 (valor aw de agua pura), y no se pueden desarrollar en sistemas ambientales que superan el valor de aw de 0.900. Y tampoco se ha descubierto que se puedan dividir en medios donde la actividad de agua es menor a 0.610 (Wang et al., 2017).

- Acidez (pH): Los parámetros de pH oscilan entre 7.5 y 8.4. tanto la disminución o el aumento de estos parámetros influyen en los ecosistemas marinos (Sari et al., 2020).

Tabla 1. Valores de PH del agua

Tipo de agua	pH
Agua destilada	5.8
Agua potable	6.5-9.5
Agua mineral	4.5-9.5
Agua de mar	7.5-8.4
Agua de acuario	6.8-7.2
Agua de piscina	7.2-7.6

Fuente: (pH del Agua, 2018).

- *Óxido-reducción* (Eh): El potencial de reducción de la oxidación (ORP) en las aguas naturales, la especie redox (reacción de oxidación-reducción) dominante es el oxígeno disuelto oxígeno disuelto, por lo que el potencial de oxidación-reducción (ORP) está dominado por este parámetro. Dado que la concentración de oxígeno disuelto en agua en equilibrio con el aire a 25 °C, 1 atm de presión y pH 7 es de 8,2 ppm, el ORP referido al electrodo de hidrógeno estándar debe ser de 802 mV. Dado que el oxígeno puede agotarse por las formas de vida acuática o por reacción con otros contaminantes (especialmente en las aguas residuales tratadas), la concentración de oxígeno disuelto y, por tanto, el ORP puede ser menor en las muestras reales, aunque el oxígeno disuelto se repone en las aguas superficiales que están en equilibrio con el aire (Kruse, 2018).

Tiene la capacidad de definir ciertos sustratos en el cual pierde o gana electrones. Ya que al perder electrones se ha oxidado y cuando gana este se reduce. Estos parámetros son medidos en milivoltios el cual se obtienen mediante un instrumento, por ejemplo: medidor redox (Wang et al., 2017).

El óxido reducción es fundamental en el estudio del agua ya que el caso de habitad de animales acuáticos esto influye grandemente en el oxígeno disuelto que mantiene a los seres acuáticos con vida para mantener un equilibrio de oxígeno en las aguas.

- Composición química: El océano establece casi 50 billones de toneladas en sales disueltas y están compuestas por 10 elementos fundamentales que se encuentran en mayor proporción: cloro, sodio, magnesio, azufre, calcio, potasio, bromo, estroncio, boro y el flúor. Los principales constituyentes del agua del mar son el cloro y el sodio, se encuentran como cloruro de sodio al cual se le comprende como la sal común. Debidamente esto atribuye al 80 por ciento de las sales en solución (Wang et al., 2017).

Debido a la salinidad del agua es muy crucial estar en constantes investigaciones en el aspecto químico ya que no siempre el agua podría encontrarse de la misma manera además esto difiere mucho el habitad de los animales marinos debido al porcentaje de sal en él.

Factores extrínsecos

- Temperatura
- Humedad relativa
- Composición de la atmósfera

Se exploran estos factores que influyen en la erosividad de las olas (extrínseca) y en la erodibilidad de los sedimentos (intrínseca). La erosividad del oleaje se estudia indirectamente cuantificando la exposición al viento, la presencia/ausencia de vegetación pionera frente al acantilado y la morfología de la orilla, estos factores se necita estudiarlos para saber si su estado está en la medida estándar ya que estos podrían estar afectan cierto crecimiento microbiano en los océanos y en aguas dulces (Wang et al., 2017).

3.3 COMO EVALUAR LA CALIDAD DEL MAR MEDIANTE PROCESOS MICROBIOLÓGICOS.

La calidad del agua puede ser controlada en aguas superficiales (océanos, puertos, arroyos, lagos), incluyendo la escorrentía de las explotaciones mineras o de las instalaciones militares, corrientes de riego agrícola o escorrentía, aguas subterráneas, agua potable para distribución y consumo, agua potable para para el cuidado de la salud y la preparación de alimentos, aguas residuales industriales o municipales, agua de procesos industriales, agua de refrigeración en

centrales eléctricas o en la industria, o el agua de entornos artificiales, como las piscinas. Para caracterizar completamente la calidad del agua, habría que tener en cuenta parámetros físicos, químicos y parámetros biológicos. Los parámetros físicos incluyen las partículas en suspensión, color, turbidez, temperatura, densidad, conductividad y el total de sólidos disueltos. La presión de vapor, el punto de congelación y punto de ebullición del agua son propiedades coligativas que dependen de la cantidad total de especies disueltas. Por ejemplo, el agua salada tendrá una presión de vapor más baja, un punto de congelación y un punto de ebullición más alto que el agua de deshielo de un glaciar. La densidad del agua también depende de las especies disueltas (el agua del océano es más densa que el agua dulce), pero de una forma más compleja y químicamente específica, por lo que no se considera una propiedad coligativa (Kruse, 2018).

Dependiendo del estudio o el tipo de agua que se va a analizar es muy importante tener en cuenta los parámetros anteriores tanto físicos como químicos para detectar los factores que dañan la calidad del agua esto nos permite tener un mejor consumo del agua de manera responsable y evitar contaminantes perjudiciales a nuestra salud.

Los parámetros químicos pueden dividirse en orgánicos e inorgánicos. Los parámetros inorgánicos incluyen el pH, la alcalinidad, la acidez, la dureza, el oxígeno disuelto, el potencial de oxidación-reducción (ORP), los desinfectantes (cloro libre, cloramina, peróxido de hidrógeno, hipobromito, permanganato, etc.) contenido de nitrógeno (amoníaco, aminas, nitrato, nitrito), contenido de fósforo (fosfato), contenido de azufre (sulfuros, sulfito, sulfato), micronutrientes (manganeso, hierro, cobalto, molibdeno, zinc, cobre, cadmio, boro, selenio, flúor, yodo), y otros contaminantes inorgánicos (arsénico, plomo, mercurio, níquel, cromo, cianuro, plata, aluminio, berilio, estroncio, bario, estaño, vanadio). Los contaminantes orgánicos en el agua pueden provenir de muchas fuentes diferentes (materia vegetal y animal en descomposición o excrementos, productos farmacéuticos, etc.) excrementos de plantas y animales, productos farmacéuticos, escorrentía de arenas petrolíferas u otras operaciones de extracción de combustibles fósiles. Los parámetros biológicos incluyen diversos organismos, desde algas y el fitoplancton hasta las bacterias y los patógenos humanos (Kruse, 2018).

Debido a los parámetros químicos ya sea orgánicos e inorgánicos teniendo en cuenta cómo afectan estos en la vida de todos los seres podemos dirigirnos a que instrumentos podemos utilizar para realizar investigaciones de cada uno de los parámetros y con las nuevas

tecnologías hay una gran cantidad de sensores que nos permiten analizar y tener resultados de cada uno de estos parámetros.

Sensores químicos

En general, un sensor químico se define como un dispositivo que puede proporcionar información sobre la composición química de un analito. Esto ocurre en dos etapas, (a) reconocimiento/detección de una propiedad química particular del analito, y (b) la transducción en una señal física medible. En diversas manifestaciones, los pasos siguientes están implicados en la detección química:

Paso 1: acondicionamiento del analito (preconcentración, separación, control de los parámetros ambientales).

Paso 2: reconocimiento/detección de la propiedad química deseada.

Paso 3: transducción (proporcional) de la señal de química en una forma más fácilmente cuantificable (eléctrica, óptica, mecánica, etc.).

Paso 4: cuantificación de la señal.

Paso 5: interpretación de la(s) señal(es), quimiometría, análisis multiparamétrico, etc.

Nos centraremos de las etapas 1, 4 y 5, que, en la práctica, suelen llevarse a cabo fuera del propio dispositivo sensor. Los métodos se distinguen por las señales mecánicas, ópticas o eléctricas generadas por el propio sensor químico (Kruse, 2018).

Para la debida investigación estos sensores transmiten señales al detectar posibles contaminantes en la muestra a analizar además puede identificar en si su composición química de la muestra o sea el analito cualquiera de las etapas deseadas nos permite realizar mediciones de contaminantes por ejemplo en parámetros ambientales.

En muchos casos, las señales mecánicas se transforman en señales ópticas o eléctricas para su procesamiento, y si los sensores ópticos no son leídos directamente por el ojo humano, también suelen ser transducidos a señales eléctricas. Sin embargo, estas transducciones posteriores no forman parte del sensor químico en sí y, por tanto, se ignoran en el contexto de esta revisión (Kruse, 2018).

Otra distinción importante que se hace en la estructura es la que existe entre los sensores y electroquímicos. La diferencia entre ambos no siempre es evidente a primera vista, pero a

efectos de esta revisión, "electroquímico" se definirá como la solución del analito en esta investigación sería un análisis en muestras de agua, es parte integrante del circuito eléctrico (es decir, la corriente fluye a través del analito, o el potencial, la resistencia o inductancia a través de una porción del analito). A un sensor puramente eléctrico, por otro lado, interactuará con el analito, pero no se miden las propiedades del analito. En cambio, se mide el cambio en las propiedades eléctricas de un elemento sensor como resultado de su interacción con el analito. Para hablar del rendimiento de un sensor se suelen citar una serie de parámetros en el rendimiento de un sensor:

- a. selectividad (entre analitos similares) e interferencia (de otros parámetros ambientales).
- b. exactitud y precisión (repetibilidad, resolución).
- c. límite de detección y rango dinámico.
- d. reajuste/reutilización.
- e. tiempo de respuesta.
- f. problemas de deriva/calibración y longevidad/mantenimiento intervalos de mantenimiento.
- g. rango operativo (en relación con los parámetros ambientales) y solidez frente a sobredosis/abuso/condición adversa/error del operador.
- h. consumo de energía y autonomía (interferencia manual, suministros necesarios) (Kruse, 2018).

Es importante saber si un sensor está en perfectas condiciones o si ha sido calibrado correctamente para la detección o realización de una prueba investigativa ya que podría haber cambio en las propiedades de la interacción con la muestra o sea el analito.

Muchas deficiencias de los elementos físicos de detección (como como la deriva o la selectividad) pueden compensarse mediante sofisticados protocolos de detección, acondicionamiento de la señal y procesamiento de datos. El pretratamiento de la muestra puede aumentar el límite de detección y mejorar el rango dinámico de un dispositivo sensor. Una consideración importante en el diseño del sensor es la geometría en la que permite la interacción de su parte receptora con el analito. Las geometrías más comunes son los sensores de flujo, de inmersión y de gota. Algunos sensores también funcionan desviando un volumen definido hacia un compartimento de muestra y realizando la medición de forma similar a la

geometría del sensor de flujo, pero con una muestra estática (es decir, flujo = 0). La vida útil del sensor en entornos acuosos se ve afectada principalmente por la degradación del sensor y por la bio-incrustación (Kruse, 2018).

Sensor electroquímico

Según la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada, un sensor químico es un dispositivo que puede transformar la información química procedente de una reacción química del analito o de una propiedad física del sistema investigado en una señal analíticamente útil. En general, los sensores químicos deben constar de dos unidades funcionales básicas incluyendo un sistema de reconocimiento químico denominado receptor y un transductor fisicoquímico capaz de transformar la energía que transporta la información química en una señal analítica detectable. El objetivo principal del receptor es proporcionar al sensor un alto grado de selectividad para el analito a medir. La parte del transductor es responsable de la sensibilidad del dispositivo, que suele emplearse para convertir la señal del dominio de salida del sistema de reconocimiento en una señal de salida y luego convertirla en datos útiles. Los sensores electroquímicos proporcionan un medio atractivo para analizar el contenido de muestras tratadas debido a la conversión de los cambios físicos y químicos en señales eléctricas. Un sensor electroquímico típico consta de un electrodo sensor (electrodo de trabajo, WE), un contraelectrodo (CE) y un electrodo de referencia (RE) el electrodo sensor generalmente modificado con una variedad de materiales polares para mejorar el límite de detección y la sensibilidad (Dai et al., 2018).

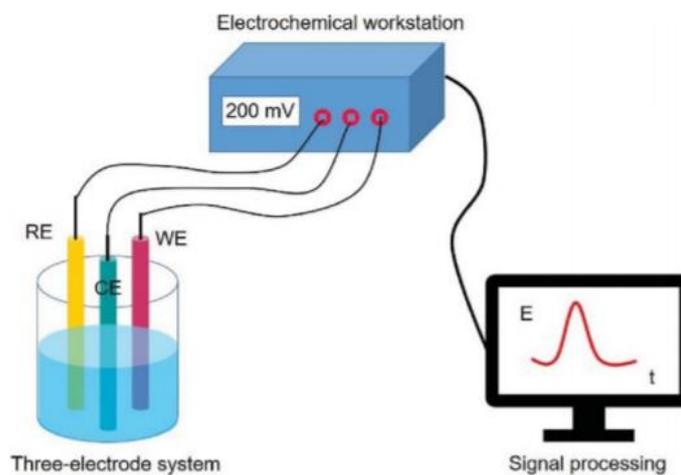


Ilustración 1. Representación esquemática del principio de respuesta del sensor electroquímico.

Fuente: (Dai et al., 2018)

El uso de sensores electroquímicos es de gran importancia en las reacciones biológicas ya que por medio de una señal podemos identificar y analizar los argumentos de la muestra a tratar por medio de la conversión tanto de cambios químicos y físicos en las señales eléctricas, permitiendo así un nivel alto de selectividad del analito que se requiere medir.

En la actualidad, los métodos electroquímicos de detección de metales pesados incluyen principalmente la voltamperometría, la potenciometría y la conductimetría. La voltamperometría se actualiza mediante el análisis de la curva corriente-potencial o potencial-tiempo. El principio de la voltamperometría de extracción para la detección de metales pesados es que los metales pesados se concentran en el electrodo negativo bajo un voltaje negativo, y luego se utiliza el potencial del electrodo inverso para extraer el metal pesado. El metal pesado se analiza erróneamente de forma cuantitativa basándose en las curvas voltamétricas obtenidas durante la disolución. Debido a su amplio rango de aplicación y a su alta sensibilidad para la determinación de iones de metales pesados en disolución. Además, la conductimetría es otro método de medir la concentración iónica en una solución midiendo la conductividad electrolítica de la solución. La conductimetría tiene importantes aplicaciones en la química analítica, y se aplica a menudo para determinar la conductancia total de la muestra o para analizar el punto final (Dai et al., 2018).

Sensores piezoeléctricos

La piezoelectricidad genera un potencial eléctrico en efecto de la tensión mecánica aplicada que típicamente consiste en un cristal limitado a la superficie de interés y este cristal pertenece a la clase de materiales piezoeléctricos. El potencial eléctrico se detecta a través de los electrodos conectados a los extremos del cristal. Su frecuencia oscila entre 0.01 Hz y 1 MHz y la variación de temperatura de -270°C a +650°C (Elahi et al., 2020).

Estos sensores nos permiten realizar muchas mediciones para fin de esta investigación los sensores piezoeléctricos permiten una aplicarlos en mediciones cuantitativas o cualitativas en especies químicas, permite realizar monitoreos de análisis en tiempo real e in situ.

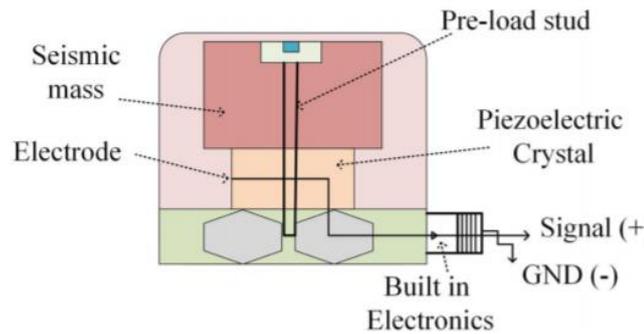


Ilustración 2. Sensor piezoeléctrico

Fuente: (Elahi et al., 2020).

Sensores de control de higiene SCH

El muestreo tradicional de higiene industrial se ha centrado en la supervisión del cumplimiento de normas, es decir, en evaluar si un lugar de trabajo cumple con los límites de exposición ocupacional (OEL) reglamentarios. La mayoría de los OEL reglamentarios se especifican para promedios ponderados en el tiempo y, como tal, la mayor parte de la supervisión del cumplimiento se basa en un muestreo integrado en el tiempo que puede no captar las exposiciones de corta duración y alto nivel. Los sensores ofrecen la oportunidad de ir más allá de la supervisión del cumplimiento para cuantificar mejor la variabilidad de las exposiciones de los trabajadores, que puede tener importantes implicaciones para el riesgo de la salud. El tiempo y el coste de llevar a cabo la supervisión del cumplimiento han hecho que el conjunto de datos disponibles esté a menudo limitado por la practicidad, lo que hace que se recojan pocas medidas y que se dependa en gran medida del juicio profesional para determinar cuándo, dónde y sobre quién deben recogerse las muestras y si los trabajadores están adecuadamente protegidos de los agentes. Los sensores pueden proporcionar un medio rentable para aumentar drásticamente la cantidad de datos cuantitativos disponibles para los higienistas industriales y diseñar campañas de muestreo que utilicen de la mejor manera posible los recursos disponibles para la supervisión del cumplimiento (Zamora et al., 2020).

Para las personas que trabajan en el ámbito industrial alimenticio es muy importante que el control de higiene que tiene la empresa esté instalado este tipo de sensores higiénicos para proteger a sus empleados de cualquier contaminante y evitar cualquier tipo de atrocidades en los productos y pruebas a realizar el uso de sensores higiénicos ayuda a mantener un área de trabajo limpia.

Estos dispositivos se utilizan para controlar la higiene en superficies de trabajo los SCH es una solución muy innovadora ya que ayuda a prevenir cualquier inconveniente de estandarización en la recaudación de muestras para la inspección microbiológica. Mayormente son utilizados en el área del sector alimentario ya que el control de higiene es de forma estricta de igual manera en los laboratorios y hospitales para evitar cualquier tipo de contaminante de microorganismos en superficies e incluso biopelículas (Zamora et al., 2020).

Biosensores

Actualmente existe grandemente múltiples biotecnologías que se aplican a la microbiología y esto ha permitido adquirir una gran variedad de biomateriales y biosensores. Generalmente los biomateriales son fabricados con productos artificiales o naturales, por lo general son sintetizados por distintas condiciones ambientales, que son capaz de desempeñarse en sistemas biológicos (órganos y tejidos). Los microorganismos han sido una de las opciones para la creación de biosensores se debe primordialmente a la capacidad de producirlos abundantemente a través del cultivo celular. Los biosensores incorporan microorganismos con un transductor físico para originar una señal cuantificable y proporcional a la concentración de analitos, lo que permite detectar rápidamente y de manera precisa los objetivos a analizar en los diferentes campos como la medicina, monitoreo ambiental, procesamiento de alimentos y entre otros (*Biotechnological applications of microorganisms*, 2019).

La realización de biosensores y biomateriales ha ayudado grandemente para las concentraciones de analitos he identificar factores microbiológicos, el uso de estos es muy amplio ya que nos permite usarlos en cualquiera de las condiciones ambientales realizando mediciones por medio de señales que transmiten rápidamente a través del analito permitiéndonos analizar cualquiera de las áreas descritas anteriormente.

El método de ADN recombinante ha favorecido la accesibilidad de biosensores microbianos, este método consiste en la fabricación de cepas microbianas recombinantes que abarca un gen informador (lux, GFP o lac Z), en otras palabras, un gen que produce una señal cuando acontece una reacción biológica entre un microorganismo y un analito. No obstante los microorganismos nuevos deberán de evaluarse para definir su eficacia ya que aunque se han realizado grandes avances en la biotecnología aún deben perfeccionar métodos más exactos para inmovilizar células microbianas y los métodos de inducción deben evaluarse

constantemente porque pueden cambiar en términos de eficiencia según el analito (*Biotechnological applications of microorganisms*, 2019).

Tabla 2. Biosensores y aplicación.

Biosensor	Aplicación
E. coli recombinante inmovilizada que expresa organofosforado hidrolasa (OPH).	Monitoreo de contaminantes
Células E. coli como biosensores CadC-T7	Alta especificidad para la detección de metales pesados.
Biosensor en el que las células expresan β -galactosidasa en presencia de cadmio	Monitoreo ambiental del cadmio
E. coli bioluminiscente	Señalar el daño en el ADN, la producción de radicales superóxidos y el daño a la membrana causado por líquidos potencialmente tóxicos.
Biosensor de P. putida	Biosensor para catecol, nitro fenol, benceno, tolueno y otros.
Biosensor de S. cerevisiae	Biosensor para Cu 2++
Biosensor de Acidithiobacillus ferrooxidans y Leptospirillum ferrooxidans	Biosensor para Fe 2+, S 2 O 3 2-, Cr 2 O 7 2-, y otros
Biosensor de Gluconobacter oxydans	Biosensor para propanodiol y etanol

Fuente: (*Biotechnological applications of microorganisms*, 2019).

Los biosensores se han aplicado en diversos campos, como el diagnóstico clínico, bacteriano y vírico, las aplicaciones médicas, el control de procesos, en biorreactores, el control de calidad, la agricultura, la medicina veterinaria, la producción farmacéutica, el tratamiento del agua, la minería, la defensa militar y la vigilancia y el control del medio ambiente. Los biosensores suelen ser muy específicos gracias al uso de elementos de bio-reconocimiento seleccionados y se integran con la tecnología existente para producir dispositivos portátiles muy robustos y de bajo coste. Por tanto, los biosensores son idóneos para controlar la calidad microbiológica del agua y la eficacia de los filtros o las membranas en las plantas de tratamiento de aguas. Aunque tienen muchas ventajas, pueden surgir ciertos problemas. Entre ellos, que la esterilización por calor no es posible debido a la desnaturalización del biomaterial, la estabilidad del biomaterial depende de las propiedades naturales del material y de las condiciones ambientales, y las células del biosensor pueden contaminarse con otras moléculas no deseadas (Maas et al., 2017).

En la actualidad existen muchos procesos para la realización de biosensores en el cual se presentan muchos procesos químicos para lo que son utilizados, el siguiente apartado se presenta los biosensores ópticos.

Biosensores ópticos

Los biosensores ópticos se clasifican según el modo de luz utilizado para detectar el analito o la dispersión de la luz causada por las muestras. Los sensores ópticos simples utilizan la emisión de luz y detectan un cambio en la intensidad de la luz o en el desplazamiento del espectro. Esto puede ocurrir debido a la presencia de un analito, o debido a la unión específica anticuerpo-antígeno de una fuente de luz (Maas et al., 2017).

Permitiendo que la luz cambie con respecto a la muestra a analizar esto nos permite identificar ciertos parámetros del analito. El objeto que nosotros queramos investigar ya sea biológico o químico a investigar este será detectado mediando la luz. Este tipo de análisis son muy utilizados en los laboratorios farmacéuticos y condiciones ambientales.

Los sensores ópticos pueden clasificarse como sensores absorbentes. Utilizan varios mecanismos ópticos para la detección, incluyendo la transmisión en luz UV-vis (ultravioleta visible), infrarrojos, campo evanescente, resonancia de plasmón superficial (SPR), luminiscencia y fotoemisiones. Los sensores de absorción utilizan fuentes de luz y detectores sencillos y de bajo coste, son menos complejos y ofrecen buenas sensibilidades. Estos sensores son atractivos debido a su viabilidad para su uso en sensores portátiles de bajo coste que pueden ser producidos en masa. Los sensores ópticos simples, con detectores relativamente sencillos, pueden fabricarse a partir de cables de fibra óptica o de diodos emisores de luz (LED). Los LED y las fibras ópticas pueden inmovilizarse con anticuerpos, para crear sensores ópticos de absorción altamente específicos. Estas fuentes de luz y sus cambios pueden detectarse mediante un fotodetector, una resistencia dependiente de la luz (LDR) o un fotodiodo. A medida que cambia la concentración del analito presente en la muestra, la intensidad de la luz disminuirá o se producirá un cambio en el espectro, es decir, un cambio de color que puede observarse. Esto puede relacionarse con la concentración del analito (Maas et al., 2017).

Debido al cambio de la concentración a analizar puede disminuir la intensidad de luz del biosensor óptico esto dependerá de la concentración que se desea analizar. En la actualidad existen métodos económicos para la realización de este tipo de biosensores como lo dijimos anteriormente gracias a componentes muy económicos en el mercado se podría realizar uno que nos permita realizar experimentos de manera económica.

Para detectar los analitos se utiliza un método único que utiliza una fuente de luz, un cable de fibra óptica y un espectrofotómetro. Las fibras ópticas incrustadas pueden lograr límites de detección mucho más bajos, en los que una fibra suministra luz y otro dispositivo la recibe. Este método sólo es posible en sistemas limpios, donde los volúmenes de muestra son suficientes (aproximadamente 100 µl de muestra para un el límite de detección (LOD) de 10 UFC/mL). Es posible inmovilizar anticuerpos en la punta de la fibra óptica. Cuando se produce la unión antígeno-anticuerpo, un fotodiodo detecta un cambio en la intensidad de la luz. Este cambio puede relacionarse con la concentración de antígeno en la diana (Maas et al., 2017).

El uso de sensores químicos o biosensores ha aportado grandemente en la detección de anomalías esto nos ayuda a detectar los contaminantes que hay en la superficie de trabajo o en el agua. Cuando utilizamos tecnología basada en procesos químicos esto nos facilita detectar agentes microbiológicos que puede estar dañando el mar es por eso por lo que analizar cada uno de sus usos nos lleva a determinar cual nos favorece mejor dependiendo de qué factores queremos llevar a cabo en la investigación.

3.4 APORTACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS EN PROCESOS QUÍMICOS.

3.4.1 LAS HERRAMIENTAS PARA INVESTIGAR LOS PROCESOS DE TRANSPORTE

Recientemente, las plataformas robóticas móviles, como los vehículos submarinos autónomos (AUV), se han vuelto más asequibles, robustas y viables para la exploración científica, con una mayor funcionalidad, un aumento de la carga útil científica y la duración en el agua, proporcionando una plataforma eficiente para la recogida autónoma de datos oceanográficos in situ y teledetección. Cada vez más, los modelos oceánicos y los AUV se combinan para abordar este problema común de submuestreo e incertidumbre (Fossum et al., 2018).

Mediciones en situ

Dado que las plataformas de observación submarina representadas por los vehículo operado por control remoto (ROV) o los vehículos submarinos autónomos (AUV) se han miniaturizado mucho y la aplicación de herramientas compactas de observación oceánica, como boyas a la a la deriva, planeadores de olas y drones de vela se han vuelto más comunes, la utilización de sensores biogeoquímicos altamente miniaturizados o dispositivos de análisis in situ se ha convertido en algo esencial para las modernas misiones relacionadas con la oceanografía. Además, para la medición continua y a largo plazo y continuas en lugares remotos, como las

profundidades marinas o regiones polares, la realización de sensores o dispositivos de análisis de próxima generación mediante la aplicación de nuevas tecnologías para una mayor miniaturización y ahorro de energía/reactivos. La aplicación de la tecnología microfluídica es uno de los enfoques prometidos para realizar dispositivos de análisis bio/bioquímicos miniaturizados e integrados funcionalmente, que suelen requerir procesos "húmedos" laboriosos, como la manipulación de muestras y reactivos líquidos. A medida que evolucionan las tecnologías se han desarrollado una variedad de analizadores bio/bioquímicos in situ con la tecnología microfluídica que han sido evaluados en entornos oceánicos reales del océano, incluyendo las profundidades marinas (Fukuba et al., 2019).

Los sistemas de imágenes submarinas in situ, como los vídeo remolcado y los AUV proporcionan datos con resoluciones espaciales muy altas (subcentimétricas por píxel, dependiendo de la de la altitud operativa) pero en extensiones relativamente menores (limitadas por el alcance del vehículo y la altitud de funcionamiento). Estas plataformas suelen desplegar sólo imágenes monocromáticas o de tres colores (rojo-verde-azul), debido a las dificultades de poner en marcha sistemas de imágenes hiperespectrales utilizados por los satélites y las aeronaves en el agua y la mitigación de los efectos de la atenuación y la dispersión del agua en la luz en una plataforma en movimiento (Bongiorno et al., 2018).

La teledetección

Los componentes de los ecosistemas acuáticos costeros y continentales son observables mediante teledetección entre ellos están los humedales compuestos por marismas, manglares y otros pantanos leñosos vegetación acuática sumergida, bosques de algas, comunidades bentónicas, incluidos los arrecifes de coral; comunidades de la columna de agua, incluidas las pesquerías y el plancton, y las de la superficie del agua, incluidas las macroalgas flotantes, las plantas y tapetes microbianos. Estos ecosistemas controlan o se ven afectados por la entrada, el almacenamiento y la salida de agua dulce, sales nutrientes, oxígeno, minerales, contaminantes y carbono (Turpie et al., 2017).

Los ecosistemas se ven muy afectados por los contaminantes que existen en el mar gracias a tecnologías como la teledetección se pueden analizar grandes cantidades de aguas. El medio que nos rodea a diario es monitorizado por la teledetección para analizar cualquier anomalía que existe en el medio ambiente. Permitiendo usar esta herramienta para comunicación con los instrumentos submarinos que analizan el medio marino.

Los experimentos de laboratorio y de campo, junto con los modelos numéricos informan sobre cómo funcionan estos hábitats en respuesta a las presiones externas de procesos, pero la capacidad para traducir estos procesos mecánicos en predicciones fiables a escala de paisaje de los procesos de los ecosistemas con la suficiente amplitud temporal, espacial y espectral. En la actualidad, esto se ve socavado por grandes incertidumbres en atributos relativamente sencillos como la extensión y distribución, simplemente porque los hábitats costeros y continentales no se han inventariado ni supervisado adecuadamente globalmente. Las mediciones de la extensión del hábitat y la distribución espacial, que observa los cambios en estas cantidades, puede hacerse mediante la detección de las firmas espectrales de las especies fundadoras y sus estructuras (Turpie et al., 2017).

3.4.2 MICROSCOPIOS ELECTRÓNICOS DE TRANSMISIÓN (TEM)

Con la creciente complejidad de la tecnología de desarrollo de procesos, las características de los dispositivos se reducen a un profundo rango sub-micrónico de micras. La preparación de muestras de microscopía electrónica de transmisión (TEM) de alta calidad es un aspecto importante para análisis detallado de fallos físicos y análisis de materiales (Tee & Zhu, 2020).

Estudios recientes de microscopía electrónica han indicado que es posible investigar importantes fenómenos físicos y sus mecanismos de gobierno en multicomponentes materiales inorgánicos y orgánicos utilizando la microscopía electrónica de transmisión (TEM), tridimensional (3D), es decir tomografía electrónica (TE), junto con técnicas analíticas avanzadas. Este enfoque refuerza los métodos convencionales de cuantificación de volúmenes, como la difracción de rayos X ampliación de picos (Hata et al., 2017).

El microscopio de haz de iones enfocado (FIB) y el microscopio electrónico de transmisión (TEM) han desempeñado un papel destacado en la evaluación del proceso del silicio y el análisis de fallos de los semiconductores. Por un lado, el FIB se suele utilizar para la preparación de muestras de TEM por su alta precisión en el fresado. Por otro lado, la mayor parte de la caracterización física y química, como imágenes de alta resolución, la difracción de nano rayos (NBD), medición, y rayos X de energía dispersiva (EDX), espectrometría de pérdida de energía de electrones (EELS) este análisis elemental puede completarse con el TEM. Convencionalmente, podemos preparar dos tipos de muestras TEM, es decir, muestras en planta y en sección transversal para analizar los defectos de al menos dos lugares de una oblea (lámina de silicio) (Yu et al., 2017).

Limpieza ultrasónica

Las fluctuaciones ultrasónicas proporcionan una alta calidad en la eliminación de la contaminación de superficies y desinfección. Los efectos de los ultrasonidos sobre contaminación se llevan a cabo mediante procesos físicos que garantizan la formación de ondas de choque. Esto se debe al colapso de las burbujas de cavitación que se forman en la fase de descarga de la onda ultrasónica. Al mismo tiempo, los estudios piloto realizados en productos con pequeños orificios han permitido establecer que la limpieza efectiva comienza en la intensidad de las fluctuaciones ultrasónicas al nivel de 10 W/cm². Se considera que el proceso de eliminación de contaminantes cuando se produce una oscilación de alta intensidad en un líquido, se forman huecos debido a su falta de homogeneidad. Así, aparecen burbujas en la superficie de la contaminación. El tiempo de su vida es de uno o varios periodos. Cuando las burbujas de cavitación colapsan, se generan ondas de choque, enormes caídas de presión que destruyen las partículas de suciedad o las separan de la superficie (Khmelev et al., 2019).

La limpieza por ultrasonidos es una de las aplicaciones beneficiosas de la cavitación ultrasónica. Las frecuencias de las ondas varían de 20 a 400 kHz. Con una solución adecuada como medio de ondas ultrasónicas la cavitación se crea como aspecto para limpiar objetos como lentes, joyas, relojes, instrumentos dentales y quirúrgicos. La limpieza ultrasónica también es una aplicación típica para limpiar objetos de la línea de producción como los dispositivos electrónicos para eliminar partículas de contaminación, ya que estas partículas pueden causar fallos de uso, un rendimiento inferior al estándar o cualquier otra cosa. Las piezas contaminadas serán limpiadas en un tanque de ultrasonidos hasta que todas las otras partículas sean eliminadas (Tangsopha et al., 2017).

Las tecnologías tradicionales de limpieza ultrasónica, realizadas con la ayuda de baños de ultrasónicos, son ineficaces. Esto se debe a las fluctuaciones de baja intensidad en el volumen tecnológico. Por lo tanto, la limpieza completa de los productos requiere tiempo considerable de procesamiento que puede llegar a varias horas. Sin embargo, la limpieza altamente eficaz es de un gran número en determinados casos es de productos con un alto rendimiento. Por ejemplo, en la producción de cintas transportadoras de boquillas, en una etapa de fabricación final de sus partes separadas (rociadores de boquillas) es necesario hacer su limpieza de pasta de pulir. Para la limpieza de la contaminación de los aerosoles de boquillas se realizan varias

etapas de limpieza, una de las cuales una se realiza por medio de ultrasonidos (Khmelev et al., 2019).

Viscosímetro

Los viscosímetros se emplean en una amplia gama de aplicaciones de detección y control, como la optimización bioquímica, el diagnóstico biomédico, los productos farmacéuticos y diversas detecciones de adulteración. Al realizarlos en un entorno micro-fluídico, los viscosímetros pueden utilizarse potencialmente en un entorno de punto de atención automatizado y robusto (S.B et al., 2019).

El uso de viscosímetro es basado en el análisis de sustancias acuosas para medir la viscosidad de la muestra a analizar ya que en aplicaciones farmacéuticas previenen cualquier adulteración que existe en los fluidos. Son muy fácil de transportarlos debido a su tamaño para experimentos muy pequeños.

Para muchos análisis bioquímicos y biomédicos durante la detección/monitorización, varios parámetros definitorios, como el pH, el coeficiente de difusión, la conductividad, la humedad, la densidad y la viscosidad, de los cuales la viscosidad tiene un predominio debido a su dependencia de la naturaleza del fluido, viabilidad y progresión. Desde hace varias décadas se utilizan numerosos viscosímetros de mesa basados en diversas metodologías, como el viscosímetro Stromer, el viscosímetro de caída o el de bola rodante, viscosímetros ópticos basados en la fluorescencia, basados en el tenedor de sintonía, la dispersión de la luz y el viscosímetro de Ostwald. Con un sistema voluminoso, estos viscosímetros requieren decenas de mililitros de volumen de fluido para medir la viscosidad. Estas limitaciones pueden superarse utilizando la tecnología de micro fluidos o lab-on-a-chip (LOC), donde unos pocos microlitros a nano litros de la muestra de ensayo es suficiente para hacer funcionar el dispositivo, el tamaño del dispositivo puede ser potencialmente lo suficientemente pequeño como para caber fácilmente en mano (S.B et al., 2019).

El viscosímetro ha sido cada vez más eficiente con el uso de tecnologías la detección de las muestras de manera automática a facilitado el resultado de las muestras a analizar siendo más preciso no importando el uso que le queramos dar normalmente son utilizados en un área fija en los laboratorios, pero existen móviles para llevarlos a cualquier área de estudio deseada.

Un viscosímetro microfluídico permite evitar el requisito de la adquisición de imágenes, lo que permite disponer de un dispositivo microfluídico integrado, miniaturizado, robusto y automatizado, capaz de calcular la viscosidad con la ayuda de la microelectrónica de manera más simple y barata al utilizar impresiones 3D para su realización (S.B et al., 2019).

Básculas electrónicas

Actualmente una báscula es uno de los elementos que no puede faltar en un laboratorio ya que ayuda a visualizar las medidas de control de calidad permitiendo medir la masa de los cuerpos e incluso sustancias químicas. Para su buen uso siempre es indispensable que se hagan las debidas calibraciones, gracias a la integración de la tecnología la precisión de peso es mucho más exacta que las basculas analógicas (Gu et al., 2017).

Actualmente el uso de instrumentos tecnológicos en los laboratorios es indispensable ya que ha aportado grandemente en laboratorios de investigación siendo más eficientes, ya que cada día son más precisos los estudios realizados en la industria farmacéutica e investigación de agentes contaminantes a nuestra salud. Además, el uso de tecnologías de detección en el ámbito investigativos en busca de procesos de análisis del agua, los procesos de detección nos permiten obtener resultados de lugares donde se nos hace difícil explorar en los ecosistemas marinos.

3.5 PROCESOS MECATRÓNICOS EN ANÁLISIS DE CONTAMINANTES SUBACUÁTICOS.

3.5.1 SENSORES SUBMARINOS

En los últimos años, con el desarrollo de la explotación de los océanos y la necesidad de las defensas nacionales los Vehículos Submarinos Autónomos (AUVs) han sido ampliamente aplicados como un componente importante de estudios oceanográficos. A medida que los AUVs se han hecho más y su funcionamiento se lleva a cabo en entornos desconocidos, mejorar su fiabilidad es cada vez más importante (X. Li et al., 2017).

En los últimos tiempos, puede haber un amplio interés en lo que respecta al uso y la modificación fina de redes de sensores inalámbricos subacuáticos que pueden soportar diversas aplicaciones oceánicas como: recogida de datos submarinos monitorización de ondas sísmicas, medición de la contaminación del agua del mar, evaluación de la calidad del agua, apoyo a la vigilancia no biológica y seguridad. En el ámbito oceanográfico, la contaminación marina puede ser muy frecuente. Cuando un efecto peligroso o potencialmente dañino en

exceso puede traer consecuencias al océano de productos químicos, partículas, residuos industriales, residuos agrícolas y residenciales, ruido, o la propagación de organismos invasores (Premkumardeepak & Krishnan, 2017).

El uso de sensores y tecnologías innovadora para la investigación de contaminantes subacuáticos es un factor muy importante ya que el medio oceánico se ve afectado por la contaminación y la constante vigilancia es crucial para detectar que agentes pueden estar dañando o cambiando el medio. Debido a que el océano es tan extenso y todavía no hay mucha tecnología de investigación que abarque todo, el uso de vehículos submarinos autónomos ha sido una de las aplicaciones mayormente utilizadas.

La mayor parte del 80% de la contaminación proviene de la tierra. Otro gran contaminante es la contaminación del aire. También es un factor que contribuye de forma vital al arrastrar todos los pesticidas o el polvo al océano. Tanto la contaminación terrestre como la atmosférica han confirmado las causas nocivas para la vida marina y sus hábitats. En general, la contaminación suele proceder de fuentes no puntuales, como la escorrentía agrícola, los desechos y el polvo arrastrados por el viento y la contaminación por nutrientes, un tipo de contaminación del agua se refiere a más contaminación por el aumento masivo de nutrientes. Es una causa principal de la eutrofización de las aguas superficiales; en la que la sobrecarga de nutrientes, generalmente nitrógeno o fósforo, estimula el crecimiento de las algas. Hay muchas y diversas formas de clasificar e inspeccionar las entradas de contaminación en nuestros ecosistemas marinos. En general, hay tres tipos principales de entradas de contaminación en el mar: la expulsión directa de residuos a los océanos, la escorrentía hacia las aguas debido a la lluvia, y los contaminantes que se liberan del medio ambiente. Esto nos lleva a la utilización de sensores de detección y control de la contaminación acuática (Premkumardeepak & Krishnan, 2017).

Dependiendo del parámetro que deseemos analizar existen diferentes sensores con el cual podremos analizar cada uno de los factores y contaminantes que afectan nuestros ecosistemas marinos. A continuación, presentaremos algunos aportes a considerar de los sensores que pueden utilizarse en el ámbito submarino.

a) Funcionamiento de los Sensores

La detección y el seguimiento de la contaminación marina mediante técnicas de teledetección dependen en gran medida del tipo de contaminación. La cantidad de contaminante y sus características determinan la elección de la plataforma y los sensores. Los sensores remotos funcionan detectando cualquiera de estas propiedades de la superficie del mar:

- El color del agua del mar
- Umbral de la reflectancia
- Rango de calor
- Límite de irregularidad

Un contaminante puede ser identificado en la superficie del agua cuando cambia una o más de estas propiedades mencionadas. El petróleo, por ejemplo, amortigua las ondas superficiales y por tanto, puede ser detectado como una señal de "menor rugosidad" en comparación con el agua del mar que lo rodea (Premkumardeepak & Krishnan, 2017).

Para el análisis de las propiedades que podrían afectar el agua como hemos mencionado es importante saber qué tipo de contaminación estaremos analizando ya que para cada una existe medidas diferentes usualmente la teledetección es el más utilizado. Los contaminantes podrían ser identificados en la superficie del mar y en las profundidades.

b) Sensores activos y pasivos

Los sensores activos envían ondas electromagnéticas para rastrear los contaminantes en el mar. La señal se modifica en la superficie del agua y la señal reflejada es detectada por el sensor. Dependiendo del tipo de sensor, los sistemas activos pueden utilizarse en noche y en condiciones de "mal tiempo". Los sistemas basados en el radar pueden, por ejemplo, atravesar las nubes y la niebla. Los sensores pasivos miden la radiación emitida o reflejada, respectivamente, por la superficie del mar o por el contaminante, respectivamente. Con la posible excepción de los radiómetros de microondas (que sólo en caso de lluvia intensa), no pueden atravesar la nubosidad, la niebla, la bruma o la lluvia. Por consiguiente, su aplicación requiere cielos despejados a la luz del día y, por tanto, es muy limitada. Si las condiciones meteorológicas son adecuadas, las imágenes ópticas pueden dar información valiosa sobre la extensión de la contaminación (Premkumardeepak & Krishnan, 2017).

Los sistemas basados en radar es una gran alternativa para la detección mediante sensores pasivos que se reflejan en el mar o en los contaminantes para dar información de la amplia

contaminación. Muchos de estos sensores podrían no ser óptimos para el rastreo de contaminantes ya que podrían verse afectados en tiempos de lluvia y amplia nubosidad.

Sensores de temperatura:

El dispositivo sensor de temperatura detecta la temperatura y convierte el valor analógico de la temperatura en un valor digital. También capaz de detectar los datos en el entorno húmedo con el segmento de bits variable de las lecturas de temperatura. Todos los datos se procesan localmente por un microcontrolador antes de enviarlos al colector de datos del sensor.

Las temperaturas del agua pueden variar según la profundidad del agua y la zona donde se estén realizando las mediciones para proporcionar datos de factores de calidad del agua (Aras et al., 2016).

Siendo en las superficies de agua marina en zonas tropicales ya que el área de estudio es una zona tropical siendo la temperatura mínima de 20°C, la temperatura máxima de 30°C y la temperatura media de 27°C. Cabe destacar que los valores de temperatura siempre cambiarán dependiendo de la profundidad, pero los análisis son en agua superficial.

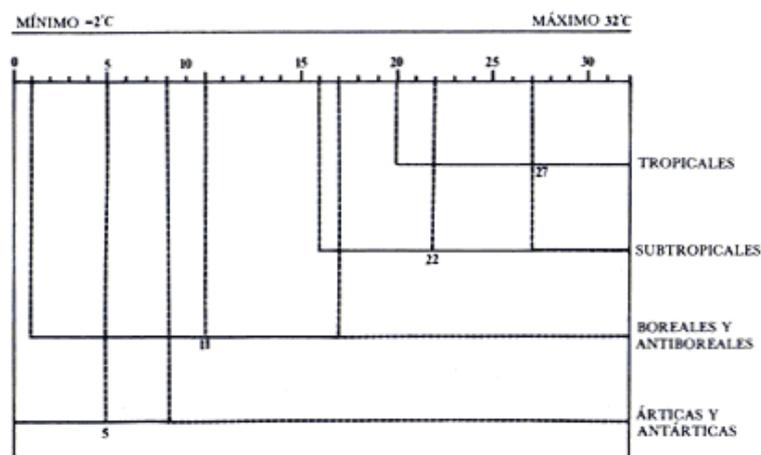


Ilustración 3. Distribución de la temperatura en aguas marinas superficiales.

Fuente: (Cifuentes et al., 1995)

Sensores de presión:

La cantidad de presiones influye en el movimiento de objetos y partículas. Los datos obtenidos del sensor de presión están en forma de señales eléctricas analógicas. La señal recibida debe ser convertida en señal digital antes de pasar a la etapa de preprocesamiento. El aspecto

principal es que aquí la señal eléctrica se convierte en elemento sensor (Premkumardeepak & Krishnan, 2017).

A medida que necesitamos la utilización de sensores para los fluidos los sensores de presión son importantes para medir muchas cosas como por ejemplo el nivel del agua, el flujo del líquido. Son utilizados ampliamente en la industria, pero también podemos utilizarlo para medir el fluido en ríos, mares, etc. En la presente investigación podemos comparar el uso de sensores de presión para medir profundidades del agua (Aras et al., 2016).

Sensores de viento:

El flujo y la dirección del aire deben medirse para identificar la velocidad y la dirección que hacen que los dispositivos se muevan en qué dirección. El sensor de viento se utiliza para encontrar la intensidad del viento con la dirección del flujo. Proporciona la entrada para encontrar el elemento de contaminación del aire y la dirección de propagación. También proporciona el valor de la humedad (Premkumardeepak & Krishnan, 2017).

Sensores químicos:

En el océano suele haber contaminantes químicos que puede ser por los barcos que a diario circulan en el ámbito marino y el cual esto trae consigo derrames y descargas de petróleo y esto llevar a la destrucción de hábitats.

La presencia de sustancias químicas en el agua debe ser detectada de manera continua, la tarea es llevada a cabo por los sensores químicos. También mide la masa de varios elementos y proporciones químicas en ella. Los datos detectados son refinados en un formato útil para el análisis en la etapa de preprocesamiento (Premkumardeepak & Krishnan, 2017).

La detección de parámetros relevantes en la calidad del agua suele ser muy fácil de detectar por ejemplo el pH, pero también existen otros parámetros que son más difícil de investigar. Pero normalmente son muy sensibles para detectar cualquier tipo de sustancias distintas que se desea analizar al mismo tiempo.

c) Monitorización Submarina Basado en Sensores de Sistemas

El sistema de monitorización inteligente basado en sensores está diseñado para monitorizar la contaminación subacuática de forma automatizada e inteligente. Contiene sensores de temperatura, sensores de humedad, sensores de presión, sensores de viento y sensores

químicos. Los datos detectados se comunican a los sensores en tiempo real. Que separa y refina los datos, luego los transfiere al sistema de monitoreo basado en sensores. La monitorización basada en sensores clasifica los datos basados en los valores de referencia que pueden identificar la anormalidad. Si se encuentra alguna anormalidad se comunica y alarma al centro de monitoreo de la base cercana. Cuando estamos comparando los elementos con los otros sistemas de monitoreo como sistema de monitoreo supervisado por humanos y el sistema de monitoreo basado en sensores. La eficacia de los sistemas de control submarino basados en sensores inteligentes se ha comprobado en comparación con los sistemas de control existentes, con los siguientes parámetros: Identificación de cloruro, nivel de agua nivel de agua, presión del agua, pH del agua, temperatura y toxinas. (Premkumardeepak & Krishnan, 2017).

Red de los Sensores submarinos

En los últimos años, en torno al desarrollo de la tecnología marina, las organizaciones internacionales han lanzado muchos programas de investigación marina a gran escala. En muchos campos de la tecnología de la luz y el agua de mar, las redes de sensores inalámbricos subacuáticos (UWSN) han sido monitoreadas en los últimos años para el monitoreo de la contaminación del agua, la exploración de recursos subacuáticos, la recolección de datos agrometeorológicos marinos, la prevención de desastres por terremotos y tsunamis, y la seguridad de la defensa. Estas aplicaciones están recibiendo cada vez más atención (Xi et al., 2019).

Para la investigación de contaminantes en el agua de mar se han desarrollado proyectos con redes de sensores para detectar los contaminantes en el fondo del mar, aunque la transmisión suele ser débil en las profundidades del mar el uso de redes de sensores inalámbricos subacuáticos ha ayudado a la monitorización en el mar para la recolección de datos.

El entorno submarino es un medio de transmisión distinto del entorno terrestre tradicional y es uno de los entornos más complejos a los que se han enfrentado los investigadores hasta la fecha. Dado que las ondas electromagnéticas se propagan rápidamente en el aire (3×10^8 m/s), el retardo de propagación es pequeño y tiene un ancho de banda amplio, por lo tanto, las ondas electromagnéticas se utilizan para la transmisión de datos en la comunicación inalámbrica terrestre convencional. Sin embargo, en el entorno submarino, la atenuación de las ondas electromagnéticas es muy grande, la distancia de propagación es muy corta y la

comunicación a larga distancia no se puede realizar, por lo que no es adecuado como portador para la comunicación submarina (Xi et al., 2019).

La realización de medidas que aporten el estudio del océano es una de las investigaciones más complejas debido a la poca investigación y la complejidad de poder llegar a las profundidades del mar sin embargo la utilización de vehículos submarinos que cuentan con comunicación inalámbrica sigue siendo uno de los proyectos más utilizados en la actualidad.

Si la onda de luz está menos atenuada, se enfrenta al problema de la dispersión del color y, al mismo tiempo, también se requiere que los rayos láser estén alineados con precisión, lo que obviamente no es adecuado para su uso en entornos submarinos. Sin embargo, el sonido puede propagarse en una onda longitudinal en un entorno submarino, la velocidad de atenuación es mucho más lenta, y puede transmitir una larga distancia, lo que es un portador de comunicación submarina ideal. Por lo tanto, la comunicación acústica subacuática es el medio más eficaz para resolver la comunicación subacuática. Sin embargo, debido a la pequeña velocidad de propagación del sonido, se producen largos retrasos de propagación, un ancho de banda limitado y desvanecimiento de la frecuencia (Xi et al., 2019).

Arquitectura de los sensores subacuáticos

A continuación, se muestra la arquitectura interna básica de los sensores submarinos. Esta tiene componentes como el controlador, el circuito de interfaz del sensor, la memoria, el módem acústico, la fuente de alimentación y el sensor.

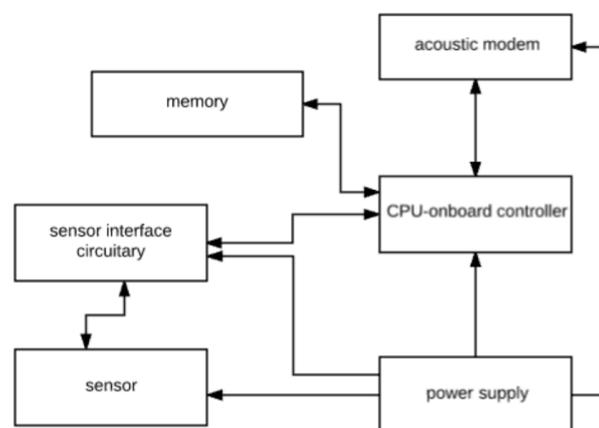


Ilustración 4. Arquitectura del sensor subacuático.

Fuente: (Salini & Krishnan, 2018)

El controlador de la CPU obtendrá la información del sensor a través de los circuitos de interfaz del sensor que se almacenan en la memoria y la procesa y envía a otro sensor a través del módem acústico (Salini & Krishnan, 2018).

Arquitectura de red de los sensores submarinos

La arquitectura de las redes de sensores se divide en redes de sensores submarinos estáticos bidimensionales y tridimensionales.

Red de sensores submarinos estáticos bidimensionales. Se utiliza principalmente para la vigilancia submarina y consta de nodos sensores anclados en el lecho marino. En la arquitectura de referencia de la red submarina bidimensional, los nodos sensores están anclados en el fondo del océano. El nodo sensor submarino se comunica a través de un enlace acústico inalámbrico utilizando una o más pasarelas submarinas. La pasarela submarina se encarga de la retransmisión de datos desde la red submarina hasta el nivel del mar. Para lograr este objetivo, se proporcionan dos transceptores para las señales acústicas, es decir, transceptores verticales y transceptores horizontales. El transceptor horizontal se utiliza para la comunicación entre la pasarela submarina y el nodo sensor, y el transceptor vertical se utiliza para la transmisión de datos con la estación base a nivel del mar. Red de sensores submarinos 3D estáticos. Incluye principalmente nodos sensores anclados en el lecho marino, su profundidad puede ser controlada, y generalmente puede utilizarse para monitorizar fenómenos marinos como la vida marina, el flujo de agua, la contaminación, etc. (Xi et al., 2019).

La comunicación de la red sensores se realiza mediante nodos que están interconectados mediante una conexión de enlace acústico inalámbrico el cual utiliza varios puentes para que la información llegue hasta la superficie o en la base de monitorización donde llegan los datos requeridos del agua.

En una red submarina tridimensional, el dispositivo sensor está anclado en el fondo del océano, como se muestra en la figura 5. Cada sensor está anclado en el fondo del mar y está equipado con una boya que puede inflarse mediante una bomba que permite al sensor alcanzar la superficie del océano. La profundidad del sensor puede ajustarse mediante la regulación de la longitud del cable.

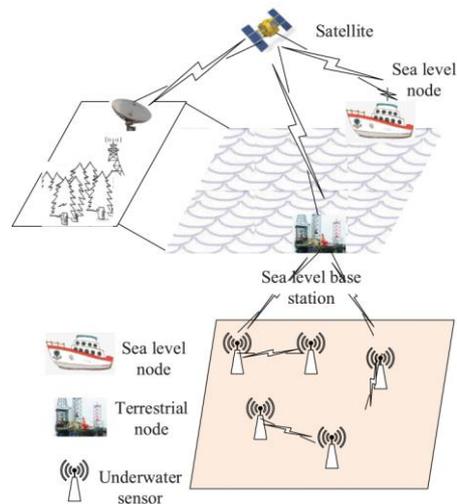


Ilustración 5. Estructura de la red de sensores subacuáticos tridimensionales estáticos.

Fuente: (Xi et al., 2019).

Además, existe una innovadora red de robots submarinos autónomos tridimensionales. Está formada por nodos sensores fijos y vehículos submarinos autónomos (AUV), y su estructura se muestra en la figura 6 (Xi et al., 2019).

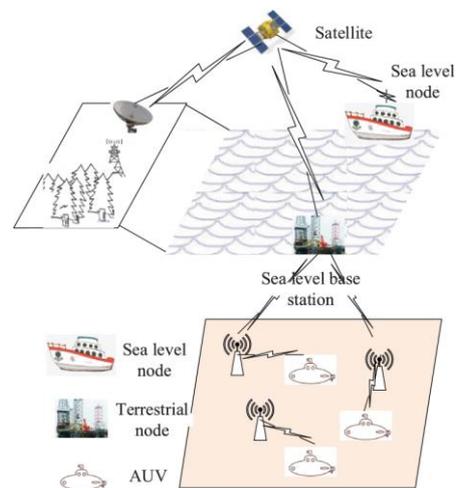


Ilustración 6. Estructura de red de robot submarino autónomo tridimensional.

Fuente: (Xi et al., 2019).

Desafíos en los sensores submarinos

Aunque las redes submarinas de sensores acústicos son muy prometedoras por las características únicas que ofrecen, las condiciones imprevisibles, como la alta presión del agua,

profundidades desiguales de la superficie submarina y las actividades imprevisibles dificultan el diseño y el despliegue de las redes submarinas. Además, los sensores utilizados en los nodos de la red de sensores acústicos subacuáticos (UASN) son susceptibles de sufrir problemas bajo el agua, y su eficacia puede disminuir considerablemente. Sin embargo, los nodos UASN pueden ser sustituidos por vehículos submarinos autónomos (AUV) o vehículos submarinos no autónomos operados a distancia (Tuna & Gungor, 2017).

La comunicación entre los sensores acústicos en el océano y los receptores en las superficies sigue siendo un tema para considerar los dificultades que hay en la comunicación y el alto empuje del agua, aunque la utilización de los vehículos submarinos ha traído grandes aportes para la transmisión de datos.

Los vehículos submarinos autónomos o vehículos submarinos operados por control remoto también pueden utilizarse para red de sensores acústicos subacuáticos (UASN) existentes, añadiendo nuevos nodos. Sin embargo, dado que los nodos UASN están en continuo movimiento debido a las corrientes, localizarlos es bastante difícil. Además, los sistemas tradicionales de posicionamiento y localización no funcionan bajo el agua. Como es muy difícil desplegar las redes, que pueden funcionar de forma fiable y eficiente, aunque se asocian con altos costes iniciales y de mantenimiento, en algunas aplicaciones altamente críticas, las conexiones atadas pueden ser preferibles. Aunque en el pasado los diseñadores de redes abordaron los retos que plantea el despliegue de redes submarinas mediante comunicaciones acústicas de baja potencia y protocolos para la sincronización temporal de alta latencia y el acceso múltiple y/o acceso a los datos múltiple y/o programado, todavía existen o no se han abordado completamente muchos retos en cuanto a la extracción fiable de datos, la localización, la sincronización del reloj distribuido y la gestión de la energía, no se han abordado por completo (Tuna & Gungor, 2017).

Debido que el uso de vehículos submarinos autónomos puede utilizarse para red de sensores acústicos subacuáticos en algunos casos es muy difícil de detectar por el constante movimiento del agua a pesar de querer encontrar algunas redes y poder extender el uso de ellas ha sido un dilema debido al alto coste de mantenimientos e implementación.

El ancho de banda del canal acústico submarino es muy bajo en comparación con las tecnologías de la competencia, y la comunicación subacuática tiene bajas velocidades de datos; para la mayoría de los módems acústicos, es de hasta 20 Kbps. Aunque hay sistemas

acústicos comerciales que operan a frecuencias más altas, por ejemplo, un sistema acústico comercial llamado HERMES puede proporcionar velocidades de datos de hasta 87 768 Kbps a un alcance máximo de 180 m, la mayoría de los sistemas acústicos operan por debajo de 30 kHz, y la velocidad de propagación de la señal acústica en un canal acústico submarino es de unos 1500 m/s, muy baja comparada con la velocidad de radiofrecuencia (RF). Este elevado retardo de propagación hace que la propagación por trayectos múltiples se extienda en el tiempo y afecte al rendimiento de aplicaciones UASN en tiempo real (Tuna & Gungor, 2017).

En la detección de contaminantes subacuáticos muchas veces es muy difícil debido a lo complejo que es recolectar datos del fondo del mar debido a la comunicación. Analizar la red de sensores en el medio marino es sumamente importante ya que al implementar nuevas aplicaciones en el ámbito mecatrónico se debe obtener datos mediante comunicación del robot hacia el usuario que puede estar en la superficie o en algún lugar de monitorización, debido a estos elementos de interrupción de comunicación podría afectar en la obtención de datos encontrados en el fondo del mar.

3.6 INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA OBTENER DATOS DEL AGUA.

Oxímetro

El control de los contaminantes en las masas de agua tiene una importancia considerable debido al impacto de la calidad del agua en el medio ambiente y la salud pública. El impacto de contaminación más relevante de las aguas residuales es la materia orgánica. El nivel de contaminación de la materia orgánica en las masas de agua se predice a grandes rasgos mediante el análisis de la demanda química de oxígeno (DQO) o la demanda biológica de oxígeno (DBO), que estima el grado de oxidación química y biológica, respectivamente. La DQO es un representante de la materia orgánica más adecuado que la DBO porque la DBO es difícil de estandarizar y requiere mucho tiempo (cinco días). Además, la DBO no proporciona ninguna información sobre el estado de oxidación de una sustancia orgánica. Por el contrario, la DQO puede superar los inconvenientes obtenidos por la DBO. Por lo tanto, la DQO se considera un importante parámetro de calidad del agua para representar los grados de contaminación orgánica y está estrictamente controlada por agencias reguladoras del medio ambiente (J. Li et al., 2018).

El oxígeno disuelto (OD) es uno de los parámetros críticos utilizados para determinar la calidad del agua. Uno de los instrumentos más utilizados en el campo de la acuicultura son los oxímetros ya que desempeñan un papel muy importante para la determinación de concentración de oxígeno en disoluciones acuosas (Janetasari et al., 2020).



Ilustración 7. Oxímetro

Fuente: (*Oxímetro Medidor Portátil Agua Aire*, 2019)

Además de la utilización de oxímetro para oxígeno disuelto OD en el agua existen los oxímetros utilizados ampliamente en los hospitales, clínicas médicas, quirófanos y hogares y se pueden utilizar en cualquier momento, en el hogar, en el trabajo o durante el ejercicio o la recreación. Estos son llamados oxímetros de pulsos, es un dispositivo utilizado para medir el nivel de saturación de oxígeno de la sangre arterial. La oximetría de pulso es una técnica sencilla, relativamente barata y no invasiva para controlar el porcentaje de hemoglobina saturada de oxígeno («Pulse Oximeter», 2020).

PH-metro

Las soluciones de pH están compuestas básicamente por iones de hidrógeno libres en diferentes concentraciones, que pueden conducir la corriente eléctrica. Esto produce diferentes curvas de impedancia características de esa solución. Con esta información es posible conectar los datos de la impedancia del sistema con el nivel de acidez (Soares et al., 2016).

Un pH-metro se utiliza para medir la actividad de los iones de hidrógeno en las soluciones acuosas, indicando su acidez o alcalinidad expresada como pH. Básicamente, la medición se

realiza en diferencia de potencial eléctrico entre un electrodo de vidrio y un electrodo de referencia. Anteriormente, e incluso ahora, se utilizaban medidores de pH de tipo analógico en los que la visualización en un medidor de tipo galvanométrico. Estos instrumentos tenían una resolución limitada y carecían de muchas características que ahora están disponibles en los medidores de pH digitales. Un medidor de pH digital significa un gran avance en las mediciones de pH al ofrecer una resolución de 0,1 o incluso 0,01mV, lo que permite una precisión mucho mayor. Los instrumentos digitales invariablemente se basan en el uso de un microprocesador que proporciona calibración automática, compensación automática de la temperatura, almacenamiento de datos y autodiagnóstico. Pueden guardar hasta 50 lecturas incluso si se pierde la alimentación («PH Meter», 2020).



Ilustración 8. PH-Metro, redox y temperatura.

Fuente: (pH-metro PCE-228LIQ, 2020)

Colorímetro

El colorímetro es el instrumento que mide la absorbancia de una solución específica a determinadas longitudes de onda de la luz. Este aparato suele utilizarse para decidir la concentración de un soluto conocido en una disposición dada mediante la utilización de la ley de BeerLambert, que expresa que la concentración de un soluto es directamente proporcional a la absorbancia. El resultado de la prueba se determina comparando la absorbancia de determinadas longitudes de onda de la luz por color de la muestra, contra estándares de color que representan concentraciones conocidas de la sustancia analizada. Se utiliza un filtro en el colorímetro para seleccionar el color de la luz que más absorbe el soluto, con el fin de maximizar la precisión del experimento. La cantidad de luz que ha pasado a través de la solución, comparada con la cantidad que entra, se mide por un detector y una pantalla lee la

cantidad absorbida. La mayoría de los colorímetros se utilizan para medir el color de las reacciones químicas proporciona rapidez, objetividad y precisión cuantitativa para el propósito de la estimación (Agrawal et al., 2018).

Los colorímetros utilizan el color de luz que más absorbe la sustancia debido a eso se pueden determinar los parámetros a analizar. Después se analiza la sustancia y se compara con los parámetros estándares del objeto a analizar, el colorímetro tiene muchos usos e incluso se puede analizar la calidad del agua.

La necesidad de colorímetros se ha incrementado mucho, tanto por razones clínicas como como por razones científicas. Convencionalmente, las lámparas incandescentes se utilizan como fuente de luz en el colorímetro, pero las lámparas incandescentes tienen inconvenientes incluyendo la emisión de luz de gran ancho de banda. Durante últimas décadas se han explicado muchos colorímetros basados en Diodo emisor de luz (LED), ya que los LEDs son pequeños, no frágiles, de bajo coste y consumen menos energía con poca emisión de calor (Agrawal et al., 2018).



Ilustración 9. Colorímetro.

Fuente: (Colorímetro portátil multiparamétrico DR900, 2016)

Contaminantes del agua detectables por el colorímetro

La mayoría de los contaminantes disueltos en el agua son incoloros y un procedimiento colorimétrico implica la adición de algún tipo de químico (o "reactivo") a la muestra. Normalmente estas sustancias tienen una composición química específica y pueden utilizarse sólo para cierto ingrediente del agua (Nikolov et al., 2016).

En el caso de análisis de la calidad del agua es importante tener en cuenta que se deben comparar los datos reales de la sustancia y el color aparente para determinar los factores deseados y antes del análisis se elimina la turbidez. Es muy utilizado para detectar reactivos

líquidos y existen numerosos colorímetros que pueden ser fácil de llevar en la mano para la obtención de estos datos.

En la Tabla 3 están generalizados los principales contaminantes del agua, el reactivo requerido, la longitud de onda de la fuente de luz (diodo emisor de luz - LED) y rango de concentración que se necesita para su determinación por el método colorimétrico. De manera resumida esta información puede utilizarse para el diseño e implementación de sistemas de análisis de la calidad del agua (Nikolov et al., 2016).

Tabla 3. Contaminantes del agua detectables mediante colorímetro.

Pollutant	Range, mg/L	Reagent	Colour	Wave-length
Chlorine Free, Cl ₂	0,02 to 2,00	DPD	pink	520 nm
Chlorine Dioxide, ClO ₂	0,04 to 5,00	Glycine	pink	520 nm
Formaldehyde, CH ₂ O	0,003 to 0,5	MBTH	blue	640 nm
Nitrate, NO ₃	0,2 to 30,0	Chromotropic acid	yellow	460 nm
Phosphorus, PO ₄ ³⁻	1,0 to 100,0	Molybdate in an acid	yellow	460 nm
Iodine, I ₂	0,07 to 7,00	DPD	pink	520 nm
Alkalinity, CaCO ₃	25 to 400	TNT870	shade of blue	640 nm
Bromine, Br ₂	0,05 to 4,50	DPD	pink	520 nm
Hardness Ca and Mg as CaCO ₃	0,008 to 1	Hardness ULR set	shade of blue	640 nm

Fuente: (Nikolov et al., 2016).

3.7 APLICACIONES DE SISTEMAS MECATRÓNICOS EN EL ANÁLISIS DEL AGUA Y MEDIO AMBIENTE.

3.7.1 DETECCIÓN Y VIGILANCIA DE LOS OCÉANOS.

Monitorización Lidar de la atmósfera sobre el océano.

La gran profundidad óptica de los aerosoles se debe al flujo de salida de los aerosoles continentales, que proceden principalmente de regiones infructíferas e industriales. Por regla general, la deposición de aerosoles de polvo en agua de mar va acompañada de posteriores brotes de floración de algas, porque las partículas depositadas contienen nanopartículas de óxido de hierro y la base nutritiva de las algas en forma de fertilizantes minerales. Es este factor el que suele provocar desastres medioambientales en el océano, cuyo momento y lugar pueden ahora predecirse gracias a los resultados de las mediciones del lidar. Para ello, es

necesario realizar mediciones sistemáticas prolongadas y determinar las características estadísticas de los parámetros medidos de la estratosfera, etc. (Kulchin et al., 2020).

Debido a contaminantes producidos por aerosol es importante realizar una búsqueda de esta contaminación mediante el uso de monitorización Lidar que nos permite detectar lo que sucede sobre el océano.

Las mediciones por satélite permiten estimar la profundidad óptica de los aerosoles en varios canales espectrales. Junto con las observaciones de una red de fotómetros en tierra, esto permite obtener información sobre el transporte global de aerosoles y los principales parámetros de estos. La información sobre la distribución en altura del aerosol sólo puede obtenerse mediante la teledetección láser de la atmósfera. La estación lidar creada en el Instituto de Procesos de Automatización y Control (IACP) lleva a cabo un estudio sistemático de características de la atmósfera sobre el océano y opera con éxito en cooperación con el Centro de Vigilancia por Satélite, complementando los resultados proporcionados por las herramientas espaciales (Kulchin et al., 2020).

Estos medios nos permiten determinar la distancia a la que pueden estar los contaminantes por aerosoles y como estos se transportan, además la implementación de teledetección nos permite ver en conjunto con monitoreo Lidar cosas que no están al alcance a simple vista.

Lidar de fluorescencia y polarimetría óptica de la superficie del mar

Las aguas costeras y de la plataforma del océano mundial representan más del 80 % de los recursos biológicos marinos. Los elementos clave que garantizan las actividades vitales de los ecosistemas en las zonas de agua cercanas a la costa son los procesos dinámicos que sirven para la purificación y la ventilación del agua. Caracterizados por una gran variabilidad espacial y temporal, estos procesos no pueden ser controlados eficazmente con monitorear sin utilizar métodos de la teledetección. Uno de estos métodos es la fotogrametría, que se utiliza para procesar imágenes de vídeo y de radar de la superficie del mar. Otra cuestión que puede abordarse mediante el uso conjunto del lidar de fluorescencia y la grabación de vídeo es la de derrames de petróleo y la contaminación de la superficie del mar con películas orgánicas. Nótese que un sistema de vídeo es capaz de proporcionar información sobre las coordenadas y la extensión de la película orgánica, y un lidar ofrece la posibilidad de determinar su

composición a partir de su espectro de fluorescencia, permite la detección en tiempo real de la superficie del mar. (Kulchin et al., 2020).

El uso de la fluorescencia permite obtener datos reales en tiempo real y evitar la pérdida de tiempo nos permite observar los contaminantes que pueden estar en la superficie como los procesos dinámicos y flujos superficiales permitiendo determinar la composición a partir de espectro de fluorescencia y proporcionar información de petróleo en las aguas.

Fluorescencia láser de fibra óptica a distancia (sonda) vigilancia ambiental de los océanos.

La vigilancia del estado de las zonas acuáticas requiere obtener información en tiempo real mucho antes de que aparezcan signos visibles de contaminación que superen considerablemente las concentraciones máximas permitidas (MAC). En los últimos años, en el marco de la vigilancia ambiental del estado de las zonas acuáticas, se ha concentrado un intenso esfuerzo de investigación en los organismos vivos, en particular en las algas unicelulares (fitoplancton), que ofrecen una mayor sensibilidad al impacto de los factores ambientales adversos. Por regla general, las manifestaciones específicas de estos factores están relacionadas con su efecto sobre determinadas estructuras moleculares de las células. El fitoplancton muestra una alta sensibilidad a una gama bastante amplia de contaminantes del agua, como iones metálicos, herbicidas, pesticidas, cianuros, metilparatión (MPT), N'-(3,4-diclorofenilo)-N, N-dimetilurea (DCMU) y tensioactivos. Una propiedad clave de las algas unicelulares es la fluorescencia de pigmentos celulares bajo iluminación láser: fluorescencia inducida por láser (LIF) (Kulchin et al., 2020).

El uso de métodos de iluminación laser permite obtener información acerca de la vida marina del fondo del mar ya que la respuesta de investigación de los seres vivos es reflejada están orientados a la alta sensibilidad con los contaminantes del agua. Su uso permite predeterminar factores que podrían estar dañar la flora marina.

Los métodos de medición de la LIF ofrecen una alta sensibilidad y velocidad, con la posibilidad de analizar parámetros de la señal de fluorescencia no lineal. Además, la respuesta de fluorescencia de las células micro algales depende no sólo de la naturaleza y la concentración del cultivo, sino también de las condiciones en las que se encuentran durante las mediciones: desde la temperatura y la iluminancia hasta la presencia de sustancias orgánicas e inorgánicas

disueltas en el agua. Por esta razón, la LIF es actualmente uno de los principales métodos utilizados en las técnicas e instrumentos para sondear el estado del fitoplancton y medir la concentración de microalgas directamente en su hábitat, sin dañar las células. La LIF permite revelar daño al fitoplancton bajo el efecto de la contaminación antropogénica y natural mucho antes de que se manifieste como una disminución en su número. El aumento de la temperatura provoca un apagamiento no fotoquímico de la LIF para la clorofila, lo que debe tenerse en cuenta a la hora de determinar su concentración (Kulchin et al., 2020).

Para obtener resultados de fluorescencia depende muchos de la temperatura de diferentes especies de microalgas esto lleva a crear nuevas proposiciones para la realización de métodos de reconocimiento mediante el uso de fluorescencia de fibra óptica que es sumergible, una sonda especial con flujo de cámara en el agua permitiendo mantener temperaturas deseadas. Esto ha permitido la probabilidad de evaluar en tiempo real las concentraciones y la biodiversidad.

El uso de la sonda abrió la posibilidad de evaluar en tiempo real de la concentración y la biodiversidad del fitoplancton en los lugares y a las profundidades de mayor interés para evaluar y predecir el estado ambiental de las zonas acuáticas. En la actualidad, existen varios enfoques principales para diseñar biosensores basados en mediciones del LIF del fitoplancton natural. Como se ha demostrado en amplios estudios, una dirección prometedora es el desarrollo de biosensores basados en una colonia de células micro algales inmovilizadas colocadas en un medio poroso permeable al agua. En este caso, el pequeño tamaño de los poros impide el movimiento y la fisión de las células, lo que da estabilidad espacial y temporal a las células, asegurar un almacenamiento conveniente de las mismas y evitar el uso de soluciones líquidas (Kulchin et al., 2020).

La realización de sensores químicos y biosensores ha permitido grandemente realizar investigaciones de las células en estudios micro algales y estudios en general del agua esto abre posibilidades de analizar muestras que antes eran muy difícil de comprobar esos resultados ya se por su precisión.

Espectroscopia inducida por láser automatizada monitorización de la composición química del medio ambiente oceánico.

Para abordar las cuestiones relativas a la exploración de la plataforma continental, la vigilancia del océano, la evaluación de la bioproductividad del agua de mar y la vigilancia ambiental de la contaminación del mar y de las zonas costeras, es necesario no sólo utilizar métodos bioquímicos y geoquímicos estándar, sino también desarrollar métodos rápidos para el análisis elemental a distancia de medios líquidos sin procedimientos especiales de preparación de muestras. Estos métodos rápidos deben cumplir los siguientes requisitos: una amplia gama de analitos elementales, alta velocidad de medición y reproducibilidad y alta sensibilidad. La espectroscopia de descomposición inducida por láser (LIBS) es una herramienta eficaz para el análisis cualitativo y cuantitativo in situ de sustancias y cumple los principales requisitos entre los mencionados anteriormente. Como se ha demostrado la LIBS es un método prometedor para la geoquímica medioambiental, acuático y subacuático (Kulchin et al., 2020).

Debido a que la precisión en líquidos es muy baja esto lleva a la alta vigilancia en la sensibilidad porque muchos elementos químicos están a un nivel de unas pocas partes por millón y solucionar la sensibilidad y el límite de detección de los LIBS se requiere el uso de técnicas de tiempo óptimo en el retardo de la señal y el pulso del láser. Todo esto depende del elemento químico que se desea determinar.

En la actualidad, la exploración del océano y, especialmente de su plataforma continental es cada vez más importante. Junto con el desarrollo de las tecnologías láser subacuáticas, esto estimula la fabricación de aparatos de análisis químico que se instalan en vehículos operados a distancia (ROV). Con este fin, se ha diseñado un sistema robótico submarino móvil para determinar la composición química del agua en tiempo real con el uso de un espectrómetro de descomposición inducida por láser y un ROV de reconocimiento. El sistema consta de dos unidades principales: un vehículo submarino operado a distancia (con las siguientes características principales: profundidad de inmersión, hasta 150 m; velocidad máxima de inmersión, 1 m s⁻¹; velocidad máxima de movimiento, 2 m s⁻¹) y un módulo espectrómetro de ruptura inducida por láser con una fuente de excitación (láser Nd:YAG bombeado por diodos) y un microordenador. Las dos unidades principales y un panel de control están conectados a través de Ethernet (Kulchin et al., 2020).

La utilización de vehículos submarinos en combinación con el uso de sensores para el análisis químico ha permitido grandemente más desarrollos de proyectos nuevos ya la realización de robots puede llegar a ser económica dependiendo del tamaño y los materiales que utilizemos

una gran desventaja que hay en la investigación submarina es que debido a la corrosión los dispositivos podrían arruinarse si no elegimos materiales resistentes. El sistema móvil de medición robótica subacuática no requiere ningún tipo especial de barco y permite operar directamente a bordo de un buque de investigación, en la playa o en un muelle.

Sensores de fibra óptica para la vigilancia hidro-acústica de aguas poco profundas.

Las características distintivas de esta situación incluyen la interferencia múltiple de las ondas acústicas que se reflejan desde el fondo y la superficie del agua, cuya distribución varía con el tiempo como consecuencia de la ondulación de la superficie del mar, dando lugar a fluctuaciones de la señal acústica donde la señal se recibe. La mayoría de los hidrófonos modernos utilizan transductores eléctricos, cuyos inconvenientes son la sensibilidad a las interferencias electromagnéticas y la necesidad de largos cables eléctricos para transmitir señales débiles a distancias considerables. El uso de principios interferométricos de alta sensibilidad en el diseño de hidrófonos de fibra óptica ofrece la posibilidad de detectar señales acústicas ultra débiles. Su alta sensibilidad, los sistemas de medición interferométrica están influenciados por factores externos no controlados (influencias mecánicas aleatorias, deriva de temperatura o presión y otros), lo que en la práctica anula todas sus ventajas. El uso de sistemas electrónicos para estabilizar las características de funcionamiento de los hidrófonos interferométricos de fibra óptica complica significativamente el sistema de medición, conduce a un aumento desproporcionado de su tamaño y degrada su fiabilidad, movilidad y autosuficiencia (Kulchin et al., 2020).

El uso de sensores de fibra óptica es uno de los parámetros que conlleva a la investigación hidro acústica a un dilema ya que la investigación en las profundidades del mar suele ser interrumpida ya que es muy difícil poder hacer investigaciones por la poca iluminación y la presión que tiene el agua por eso el uso es superficies o en profundidades poco profundas más eficiente si queremos realizar alguna investigación.

Una posible alternativa al clásico interferómetro óptico homodino con un sistema de estabilización activo es un interferómetro holográfico adaptativo, en el que los haces de luz se combinan con el uso de un holograma dinámico inscrito en un cristal foto refractivo. La inversa del tiempo para inscribir un holograma dinámico se denomina frecuencia de corte (f_0). Como el holograma dinámico se reescribe constantemente, el punto de funcionamiento del interferómetro se mantiene en la parte lineal de su característica de trabajo, que corresponde

a su máxima sensibilidad, y el interferómetro se adapta a todas las influencias (ruidos) cuya frecuencia es inferior a f_0 y registra de forma estable todas las influencias cuya frecuencia está por encima de f_0 . En consecuencia, el hidrófono láser adaptativo (ALH) es capaz de detectar de forma estable señales acústicas débiles en condiciones reales en presencia de considerables influencias ambientales incontroladas, garantizando así la detección estable de señales hidroacústicas en condiciones de aguas poco profundas (Kulchin et al., 2020).

La importancia de realizar investigaciones con dispositivos para el océano es crucial ya que nuestro conocimiento de él es limitado. La monitorización del océano es muy importante para ayudar a investigar los ecosistemas marinos y el uso de fotónica en el diseño de herramientas de vigilancia del océano abre nuevas posibilidades para obtener información detallada sobre los océanos y la interacción con su entorno. Además, el uso de sensores de fibra óptica permite evitar las interferencias entre comunicaciones inalámbricas. El avance de tecnologías de detección y vigilancia nos ha permitido poder llegar a lugares difíciles de ver y analizar como en las profundidades del mar.

3.7.2 ROBÓTICA SUBMARINA

El vuelo estacionario a cualquier profundidad es uno de los requisitos más importantes de la robótica submarina, que exige una capacidad de control de la flotabilidad de gran alcance. Aunque se han propuesto y desarrollado varios tipos de robótica submarina, los requisitos de ausencia de ruido, tolerancia ambiental y bajo consumo de energía en la manipulación en suspensión, siguen atrayendo mucha atención para las tareas submarinas. Para lograr una flotación eficaz bajo el mar, se han propuesto en el pasado varios mecanismos de control de la flotabilidad para la robótica submarina. La robótica submarina convencional, impulsada por componentes mecánicos como motores eléctricos y actuadores electromagnéticos, suele controlar la flotabilidad mediante la inundación/el drenaje del agua y presenta limitaciones en cuanto a su elevado ruido, el volumen voluminoso del sistema y un control no reutilizable y sofisticado. La robótica blanda sumergible inspirada en criaturas marinas con un excelente rendimiento de control de la flotabilidad ha atraído una atención creciente en los últimos 10 años, y se han propuesto robots blandos con novedosos esquemas de control de la flotabilidad biónica y estrategias de desplazamiento (Han et al., 2021).

La vigilancia submarina es una tarea difícil. La luz penetra poco en el océano y las ondas electromagnéticas no se propagan bien en el agua de mar a longitudes de onda razonables

para la detección y vigilancia de objetivos. Aunque los medios ópticos, electromagnéticos (EM), magnéticos y otros de vigilancia submarina siguen siendo importantes y son objeto de continuas mejoras, el sonar que se basa en el seguimiento y la transmisión del sonido bajo el agua, es la modalidad de detección generalmente superior para una amplia variedad de aplicaciones (Ferri* et al., 2017).

En aplicaciones robóticas es fundamental que haya comunicación entre el vehículo submarino y el receptor que está controlando su uso para estar orientado de cuál es el posicionamiento del mis y qué tan profundo pueda estar además en el caso del uso de cámaras puede realizar investigaciones instantáneas en la monitorización del agua y las especies marinas.

La vigilancia submarina basada en el sonar se basa en el procesamiento de la información acústica, ya sea la radiada por las fuentes de ruido submarinas de interés, es decir, el sonar pasivo, o la reflejada por los objetos submarinos de interés, es decir, el sonar activo. Ambos enfoques están limitados en su rendimiento debido a una serie de razones, incluyendo el número y las capacidades operativas de las plataformas que los despliegan, las restricciones impuestas por la física del entorno oceánico a los sonares. Además, las comunicaciones submarinas, que suelen explotar el canal sonoro, son poco fiables y se caracterizan por un ancho de banda y un alcance limitados, lo que limita la capacidad del sistema de vigilancia para compartir información de forma eficaz (Ferri* et al., 2017).

A la hora de elegir qué sistema queremos utilizar, ya sea un sonar pasivo o activo, hay que identificar bien nuestros objetivos para saber con qué sistema queremos trabajar. No hay que confiar plenamente en las comunicaciones submarinas ya que su alcance limitado nos puede afectar la eficacia que buscamos.

El auge de la robótica en la vigilancia submarina.

Los robots actuales pueden garantizar la vigilancia persistente de una zona a un coste inferior al de los medios tradicionales, complementando o sustituyendo las soluciones actuales. La idea de utilizar robots autónomos o unidades de detección en la vigilancia de los océanos se remonta a principios de los años 90, cuando el rápido desarrollo de la instrumentación oceanográfica autónoma y de los sistemas de comunicación fomentó la visión de sistemas altamente integrados de redes autónomas de muestreo de los océanos (AOSN). Las AOSN, compuestas por unidades múltiples y posiblemente de bajo coste, pueden sustituir de forma

rentable a los métodos de prospección tradicionales, con la ventaja adicional de proporcionar datos sinópticos. El concepto original de la AOSN consistía en disponer de una red de sensores fijos integrados con una flota de vehículos submarinos autónomos (AUV), cada uno de los cuales llevaba alguna carga útil o sensor, y recogía datos en las rutas de prospección más allá del alcance de las estaciones fijas. El componente clave del concepto de la AOSN era el AUV, a través del cual se podían obtener observaciones sinópticas con un coste potencialmente muy reducido. En el momento en que se propuso la AOSN, los AUV operativos disponibles estaban diseñados para estudios geofísicos en aguas profundas, de acuerdo con las necesidades de las industrias petrolera y de alta mar (Ferri* et al., 2017).

Gracias a la autonomía que tienen los robots hoy en día, es muy fácil y rentable no depender de un humano para realizar tareas que vehículos autónomos equipados con todo tipo de sensores puedan realizar con mayor precisión y con menos margen de error, dejando que lleguemos a lugares más profundos para realizar investigaciones.

La evolución tecnológica de las últimas décadas ha hecho realidad los AUV pequeños y de coste relativamente bajo: los sistemas disponibles van desde los empleados para la vigilancia acústica en aplicaciones militares hasta unidades de detección oceanográfica más pequeñas y menos potentes, pero de mayor duración, que pueden permanecer en el mar durante períodos prolongados, pasando por activos polivalentes orientados a misiones. En la actualidad, la investigación robótica va más allá de esta idea original y el concepto de AOSN se incluye en un sistema integrado que incluye unidades aéreas y aeroespaciales, con una capacidad de alcance hacia el centro de mando y control (C2) capaz de supervisar en tiempo real la evolución del sistema y de proporcionar órdenes y actualizaciones a la propia red (Ferri* et al., 2017).

A medida que evoluciona el uso de la robótica automatizada ha permitido que la creación de prototipos robóticos prácticos sin necesidad de invertir en grandes instrumentos para la detección de contaminantes en la vida marina hoy en día en las universidades realiza diferentes investigaciones en busca de desarrollar robots eficientes y económicos para la investigación marina.

Los escenarios de vigilancia y control se encuentran entre aquellos en los que estos nuevos paradigmas pueden aplicarse fácilmente. Los actuales sistemas de vigilancia compuestos por sensores desplegados de forma estática, o basados en el uso de costosas y lentas operaciones a bordo de buques, podrían complementarse fácil y eficazmente con plataformas robóticas.

En comparación con los activos tradicionales, estas unidades pequeñas, de baja potencia, sensorizadas y móviles suelen tener capacidades de procesamiento y comunicación limitadas, pero cuando se despliegan de forma espacialmente separada, pueden interconectarse para formar una red inteligente capaz de lograr un alto rendimiento de la misión. En este marco, los nodos cooperan y toman decisiones distribuidas a partir de los datos recogidos y/o comunicados localmente (Ferri* et al., 2017).

La comunicación en el uso de robots submarinos puede facilitar las diferentes investigaciones ya que por medio de nodos y redes de comunicación marina esto permite que entre otros robots que estén en el fondo del mar puedan comunicarse mutuamente ya sería como usar submarinos tradicionales, pero es escala menor con el uso de sensores de combinaciones.

Los nodos estáticos recogen datos en ubicaciones fijas durante largos periodos de tiempo, formando la columna vertebral de las infraestructuras de comunicación ad hoc (Red ad hoc inalámbrica). Las unidades móviles se basan en los datos adquiridos y utilizan su movilidad para ampliar el área operativa y adaptar los objetivos de la misión a las condiciones ambientales y de la misión, que cambian constantemente, así como para cubrir los agujeros de conectividad en la red y evitar la presencia de puntos únicos de fallo. El resultado es la posibilidad de que la red se adapte eficazmente a los escenarios en evolución, aumentando su re-configurabilidad, fiabilidad y robustez. Un aspecto clave de una red cooperativa es su capacidad para compartir datos e información entre sus nodos. En el caso de las redes robóticas subacuáticas, el principal reto es, por tanto, cómo aprovechar eficazmente los datos recogidos y el limitado ancho de banda de las comunicaciones para superar los sistemas de vigilancia tradicionales (Ferri* et al., 2017).

Boya Robótica y sistema de Vehículo submarino autónomo (AUV) con sistema de posicionamiento láser y colorímetro.

La exploración marina general utiliza vehículos submarinos o flotadores de perfilados sumergibles. Los vehículos submarinos pueden estar con propulsores y equipos de navegación para explorar las zonas deseadas y recoger imágenes ópticas, imágenes de sonar y datos de los sensores oceánicos. La exploración realizada por los vehículos submarinos es de alta calidad, pero es costosa y el área de exploración es muy limitada. El sumergible perfilado flotador es típicamente el proyecto Argo (sistema de observación de los océanos de la Tierra), que constituye una estrategia de observación global que puede captar eficazmente

los océanos de todo el mundo. De hecho, explota una amplia zona durante un largo periodo de tiempo, aunque su trayectoria depende del flujo de las corrientes marinas y la información disponible es limitada (Kim & Yu, 2018).

Facilitan la accesibilidad y la realización de operaciones marítimas llevando a cabo inspecciones de los acontecimientos de los contaminantes ya sean químicos o físicos que hay en el mar, investigaciones constantes, etc. estas tecnologías innovadoras son el avance para el monitoreo para proteger de los futuros contaminantes en el océano y en general el medio ambiente.

En la busca de nuevos prototipos se desarrolló un sistema AUV (Vehículo submarino autónomo) cooperativo que puede recoger eficazmente datos de la columna de agua durante las exploraciones oceánicas. El pequeño AUV dotado de varios sensores conforma la recogida y el análisis de datos subacuáticos, y el sistema de boyas robóticas puede guiar al AUV hacia una trayectoria fija mediante un sistema de posicionamiento láser que el potente láser estático hacia abajo indica las matrices de sensores de luz superior de AUV. Además, está equipado con comunicación inalámbrica para conectar con el investigador y la rueda giroscópica de impulso para mantener la actitud en las severas olas del mar. Por último, el AUV cumple las misiones de recogida autónoma de manera económica y eficaz (Kim & Yu, 2018).

El uso de la robótica en el medio submarino ha traído una importante aportación ya que las investigaciones tradicionales son normalmente muy costosas y el uso de robots submarinos y boyas robóticas con la finalidad de recoger datos del océano nos permite hacer investigaciones con el menor costo posible. En los últimos años el uso de boyas ha sido una de las realizaciones frecuentes al igual que los robots submarinos ya que la boya puede estar estable en el océano y sólo realizar revisiones de vez en cuando ya que toda la información llega por medio de comunicación a la base de monitoreo.

El sistema consiste en un pequeño AUV cilíndrico y una boya equipada con un láser. El AUV mide el CTD (Conductividad Temperatura Profundidad) y la turbidez. Además, utiliza un colorímetro en tiempo real especialmente diseñado. Está diseñado para localizar el AUV sin necesidad de costosos dispositivos de posicionamiento submarino, como el sistema de posicionamiento acústico submarino: USBL (Ultra-Short Baseline), LBL (Long Baseline), etc. Además, los AUV convencionales no equipaban un colorímetro en el agua, por lo que había que analizarlo en el laboratorio tras muestreo del agua de mar. Por lo tanto, el número de

mediciones era muy limitado. Sin embargo, el sistema de la boya robótica resolvió el problema anterior ideando un colorímetro en tiempo real. La propuesta de este sistema, del método de reconocimiento de la posición del AUV es innovador. El elemento clave es un láser que dispara hacia abajo desde la boya robótica y un conjunto receptor de luz montado en la parte superior del AUV. Además, una rueda giroscópica de impulso está montada en la boya utilizando un fenómeno físico para preservar el momento angular. Como resultado, un potente láser puede dispararse en dirección descendente sin que se produzcan sacudidas por las fuertes olas. Cuando el láser es recibido por el AUV, lo coloca de manera que reciba el láser en el centro del receptor. Con los resultados implementaron la alineación vertical de la boya y el AUV a bajo coste (Kim & Yu, 2018).



Ilustración 10. Concepto de sistema AUV propuesta en investigación.

Fuente: (Kim & Yu, 2018).

Sistema de balizamiento de boyas.

Es parte de la señalización que debe tener la boya con respecto al tipo de uso que se requiere en este caso se hará uso de señalización de "marcas especiales". El objetivo es marcar las zonas para señales de los sistemas de Adquisición de Datos Oceanográficos (ODAS), indicador de depósito de materiales, zonas de actividades militares o que podría haber clase o tuberías (González, 2012).

Para la implementación se determinaron ciertas características que la International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities (IALA) recomienda para señalización de marcas especiales:

- Color: debe ser amarillo.
- Marca de tope (parte de arriba en el caso de que se use): color amarillo y en forma de "X".
- Luz: color amarilla y diferente de las otras señales según el uso de la boya.

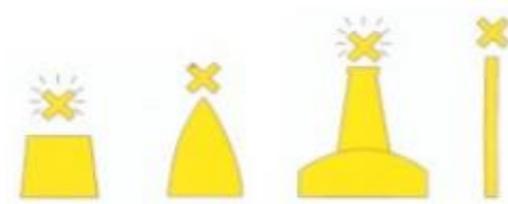


Ilustración 11. Señalización de boya zona especial.

Fuente: (González, 2012).

3.8 LUZ ULTRAVIOLETA (UV)

Existen muchos estudios realizados para determinar la inactivación de bacterias, sin embargo, diferencias significativas en cuanto al tiempo necesario para alcanzar la máxima reparación: unos minutos, horas o incluso varios días. En las cámaras de difusión, la reparación es máxima tras 2 horas de incubación, y tras una irradiación de 40 mW-s/cm² (mili vatios-segundo por centímetro cuadrado), no han podido establecer ninguna correlación entre la reparación y la dosis de luz recibida por las bacterias. Tal relación no está disponible hoy en día, quizás porque la reparación es promovida por una cantidad muy baja de luz. En el caso de los coliformes termo tolerantes, la reparación y la dosis de irradiación UV aparece definitivamente como el principal parámetro que rige su alcance, tras la irradiación a 40 mW-s/cm². La desinfección UV es eficaz para eliminar las bacterias con una destrucción total tras irradiación a 40 mW-s/cm². En estudios no se ha observado ninguna reparación tras 24 horas de incubación e irradiación a 60 mW-s/cm², y esto debe confirmarse para dosis de UV inferiores. No hay ninguna reparación de fagos tras las incubaciones en frasco expuestas a la luz exterior, es decir, en un entorno que a priori favorece la reparación (Baron, 1997).

Los coliformes totales están conformados por bacterias como: Citrobacter, Enterobacter, Escherichia y Klebsiella. Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, Escherichia Coli es un subgrupo de las bacterias en coliformes fecales ya que se encuentra en el intestino de las personas y animales de sangre caliente. A continuación, se presenta en la tabla 4 los valores necesarios para combatir microorganismos.

Tabla 4. Luz ultravioleta necesaria para destruir hasta el 99.99% de los microorganismos patógenos en el agua.

BACTERIAS	ENERGIA μW/cm²	OTROS ORGANISMOS	ENERGIA μW/cm²
Bacillus anthracis	8.700		
S. enteritidis	7.600		
B. Megatherium sp.(veg)	2.500	LEVADURA	
B. Megatherium sp.(sporas)	5.200		
B. peratyphosus	6.100	Saccharomyces ellipsoideus	13.200
B. subtilis	11.000	Saccharomyces sp.	1.600
B. subtilis spores	22.000	Saccharomyces cerevisiae	13.200
Clostridium tetani	22.000	Levadura para cerveza	660
Corynebacterium diphtheriae	6.500	Levadura para panadería	800
Eberthella typosa	4.100	Levadura para repostería	13.200
Escherichia coli	6.600		
Micrococcus candidus	12.300	ESPORAS	
Mycobacterium tuberculosis	10.000		
Neisseria catarrhalis	8.500	Penicillium roqueforti	26.400
Phytomonas tumefaciens	500	Penicillium expansum	22.000
Proteus vulgaris	6.600	Mucor racemosus A	35.200
Pseudomonas aeryginosa	10.500	Mucor racemosus B	5.200
Pseudomonas fluorescens	6.600	Oospora lactis	1.100
S. typhimurium	15.200		
Salmonella	10.000	VIRUS	
Sarcina lutea	26.400		
Serratia marcescens	6.160	Bacteriophage (E. coli)	6.600
Dysentery bacilli	4.200	Virus de la influenza	6.600
Shigella paradysenteriae	3.400	Virus de la hepatitis	8.000
Spirillum rubrum	6.160	Poliovirus(Poliomyelitis)	1.000
Staphylococcus alous	5.720	Rotavirus	24.000
Staphylococcus aureus	6.600		
Streptococcus hemolyticus	5.500	ALGAS	
Streptococcus lactis	8.800		
Streptococcus viridans	3.800	Chlorella vulgaris	2.000
Vibrio cholerae	6.500		

Fuente: (Landy & Romeo, 2014).

El tratamiento con UV-LED es una tecnología potencialmente no térmica utilizada en la última década para la desinfección del agua y la descontaminación de los alimentos. Los rayos UVA, UVB y UVC-LED han logrado reducir la carga microbiana, principalmente en el agua, los líquidos y los alimentos sólidos (Kebbi et al., 2020).

Dosificación en luz ultravioleta.

La dosis de UV se calcula como $D = I \times t$ donde D es la dosis UV ($mW \cdot s \cdot cm^{-2}$); I es la intensidad ($mW \cdot cm^{-2}$); y t es el tiempo de exposición (s). Las investigaciones indican que cuando los microorganismos se exponen a la radiación UV, una fracción constante de la población viva se inactiva durante cada incremento progresivo en el tiempo. Esta relación dosis-respuesta para el efecto germicida indica que la energía UV de alta intensidad durante un corto período de tiempo proporciona la misma muerte que una energía UV de menor intensidad durante un periodo de tiempo proporcionalmente más largo («Disinfection», 2019).

La luz ultravioleta es utilizada en diversas áreas para el tratamiento de diferentes tipos de agua ya que debido a la sustitución de químicos se ha utilizado para tratar agua que contenga microorganismos. En la siguiente tabla 5 se presentan en qué ámbitos es utilizada.

Tabla 5. Aplicaciones de desinfección UV.

<u>Agua Potable</u>	<u>Comercial</u>
Municipal	Criaderos de Peces
Comunal	Hidrofonics
Subdivisiones	Laboratorios
Parques de casas móviles	Acuarios
Terrenos de campamento	Restaurantes
Alojamientos de caza	
Sitios de Esquí	<u>Industrial</u>
Hoteles	Cervecerías
Barcos	Farmacéuticas
Institucional	Embotelladoras
Hospitales	Electrónicas
Escuelas	Conservas
Asilos de ancianos	Lecherías
Centros Comunales	Alimentos
Residencias	Marinas
	Destilerías
<u>Aguas Residuales</u>	Petróleo
Municipal	Textile
Comunal	Cosméticos
Institucional	Imprenta
Residencial	

Fuente: (Landy & Romeo, 2014).

IV. METODOLOGÍA.

En el presente capítulo se elabora la metodología de investigación con el fin de analizar cada uno de los parámetros a desarrollar, aquí se detallará cada una de las etapas de la metodología con sus respectivas fases, de igual manera se presentará el enfoque del proyecto, estableciendo las variables de la investigación, las técnicas e instrumentación aplicada, los materiales y el cronograma de actividades que servirá como guía para la elaboración del análisis microbiológico del mar, para sugerir que tipo de sensores podríamos aplicar para el análisis en mar y las tecnologías mecatrónicas que podrían ser utilizadas para la descontaminación en playas y mar.

4.1 ENFOQUE

En la presente investigación se utilizará un enfoque cuantitativo y cualitativo, ya que se recolectarán muestras para la debida investigación de contaminantes en el agua, el análisis será microbiológico de esta manera obtendremos los datos de manera cuantitativa y se procede a la investigación cualitativa que tiene como fin realizar un análisis respecto a que sensores se podrían utilizar para estar en constante investigación del análisis del mar de sus factores físicos y los robots de limpieza para playas y el medio marino en general.

4.2 VARIABLE DE INVESTIGACIÓN.

Para el desarrollo de nuestra investigación será indispensable tomar en cuenta las variables de investigación el cual podrían afectar el desarrollo del análisis. Las variables por tomar en cuenta en el método investigativo son las variables independientes y dependientes. La variable independiente es el núcleo de la investigación que el investigador debe manipular ya que son las que podrían llegar a afectar el desarrollo de nuestro proyecto y la variable dependiente es la que puede estar afectada por las variables independientes.

A continuación, en la tabla 6 se presenta el problema, el objetivo general de la investigación, donde se despliegan las preguntas de la investigación en el cual procede al planteo de los objetivos específicos para fijar las variables independientes y dependientes de la investigación.

Tabla 6. Variables de Investigación

Título Análisis microbiológico del agua y sugerencias para la implementación del agua mediante procesos mecatrónicos.						
Problema	Objetivo General	Preguntas de Investigación	Objetivos Específicos	Variables Independientes	Variables Dependientes	
Los contaminantes antes que habitan en el mar por lo desechos que llegan.	Diseñar las soluciones mecatrónicas a nivel de concepto para mejorar el bienestar del mar y las playas de Omoa.	1) ¿Cuáles son los sistemas mecatrónicos que ayudan en el tratamiento de procesos químicos?	Determinar cuáles son los sistemas mecatrónicos que ayudan en el tratamiento de aguas en los procesos químicos.	Concentración de Bacterias Coliformes Totales y Fecales en el agua.	Solución mecatrónica para descontaminación de las playas y mar del municipio de Omoa.	
		2) ¿Cuáles son los procesos para el análisis microbiológico del agua?	Realizar análisis microbiológicos del agua del mar y determinar el porcentaje de contaminación en el agua.			
		3) ¿Qué herramienta es la que mejor se adapta, para disminuir bacterias en el agua en el medio local?	Determinar que herramienta se adapta mejor, para la disminución de bacterias en el agua en el medio local.			Si la Temperatura del mar es adecuada para concentraciones de oxígeno del agua.
		4) ¿Qué tipo de sensores se pueden usar para el análisis de factores que afectan el crecimiento microbiano?	Determinar los sensores que pueden ser utilizados para análisis de factores que afectan el crecimiento microbiano en el mar.			

Fuente: Propia (2021)

En esta investigación se determinaron las soluciones mecatrónicas para descontaminación de desechos en el mar y las playas de Omoa que será la variable dependiente y las variables independientes las cuales de no ser precisas afectarían a la solución de nuestro modelo, véase la figura 12.

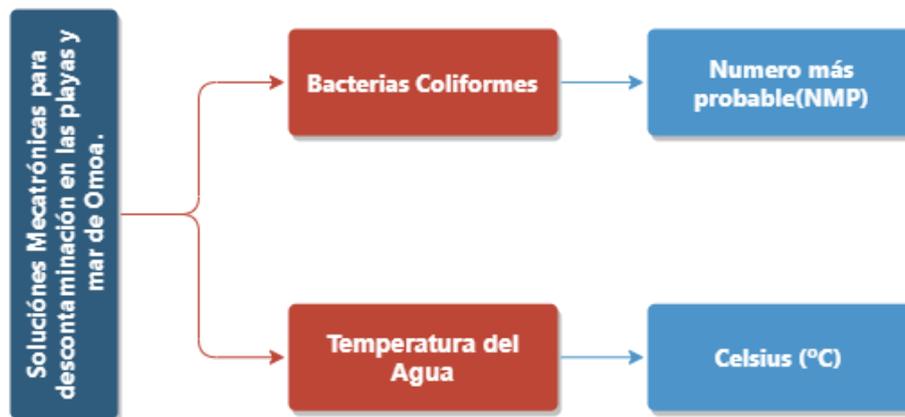


Ilustración 12. Variables Dependientes e Independientes.

Fuente: Propia (2021)

Se establecieron dos variables independientes, con sus respectivas unidades que al variar las unidades se podrá determinar si el agua está en condiciones para uso recreativo y para la vida de los peces.

La determinación de las tecnologías a recomendar y el diseño de una boya para el análisis del agua, dependerá del análisis a realizar del agua para las debidas propuestas de los sensores submarinos y robots acuáticos con el fin de desarrollar un modelo mecatrónico que pueda estar monitoreando los factores físicos del agua y mediante las demás tecnologías como robots submarinos que ayuden a disminuir la contaminación por desechos en el agua y arena.

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS.

Para la realización de la presente investigación se utilizaron diferentes fuentes científicas con el fin de recopilar la información más confiable en el cual se divide en dos partes información obtenida de las revistas científicas propuestas por el tutor de la tesis e investigaciones científicas. Para comprender mejor que instrumentos en el ámbito químicos y mecatrónico nos funciona mejor para la realización de un análisis basado en la contaminación y los factores del mar. En base a los resultados obtenidos se realizaron las soluciones mecatrónicas a nivel de

concepto con el fin de sugerir los sensores y las tecnologías que mejor se adapte al área de investigación.

4.4 MATERIALES

A continuación, se presentarán los materiales utilizados para la obtención de datos del agua para el muestreo.

- Recipientes para muestra; de plástico y vidrio
- Hielera
- Hielo

4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

En este apartado seleccionaremos los lugares donde se recolectarán las muestras, cada uno de los lugares se seleccionaron debido a que son los lugares donde hay más acumulación de basura arrastrada por el oleaje.



Ilustración 13. Los principales lugares en los que ha recalado la basura.

Fuente: (Lima, 2020).

Los lugares seleccionados son:

- Buena vista (Cuyamel, Omoa, Honduras)
- Masca
- Muchilena
- Omoa

Las muestras fueron recolectadas todo el mismo día y se llevaron al laboratorio.

4.6 METODOLOGÍA DE ESTUDIO.

Para la elaboración de la presente investigación, se optó por la metodología en espiral. Dicha metodología proporciona un ciclo de vida iterativo para la elaboración del proyecto, avanzando de manera continua en el ciclo de desarrollo. En esta metodología, tan pronto se culmina una espiral exitosamente comienza la siguiente. En este proceso la metodología se divide en cuatro importantes etapas la cual son:

- Determinar o fijar objetivos.
- Análisis de riesgo.
- Desarrollar, verificar y validar.
- Planificar.

El cual cada una de las etapas se definen a profundidad a continuación.

4.6.1 CICLO I. MUESTREO DEL MAR Y DISEÑO BOYA OCEANOGRÁFICA

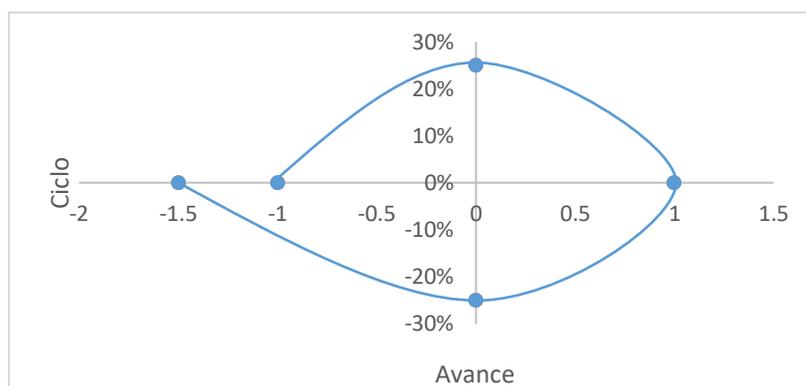


Ilustración 14. Primera espiral con el desarrollo del muestro del agua.

Fuente: Propia (2021)

Etapa I.I Objetivo

Realizar un estudio microbiológico para verificar los contaminantes que podrían estar presentes en el agua del mar en los lugares más afectados por la basura en el municipio de Omoa, seleccionar los sitios para la recolección de dichas muestras del mar y se llevaran al laboratorio para su debido estudio. Realizar una gráfica con los niveles de temperatura de los últimos años.

Realizar un diseño para que sea parte de las sugerencias técnicas, para este prototipo se utilizara el software de SolidWorks y determinar los sensores que se podrían utilizar.

Elaborar matrices morfológicas para definir qué elementos estarán en el diseño y sobre los sensores seleccionados.

Etapa II.I Análisis de riesgos

Los factores que podrían perjudicar la muestra son los contenedores en los que se transportaría la muestra ya que podría haber ligeras modificaciones en la muestra dependiendo si el contenedor tenía otra sustancia anteriormente, otro factor que podría afectar es la temperatura ambiente ya que se necesita llevarlas refrigeradas para conservar las muestras por último y más importante es que las muestras no lleguen en el tiempo establecido al laboratorio.

Etapa III.I Desarrollar, Verificar y validar

Teniendo en cuenta los riesgos que podría haber, se procede a la minuciosa detección de algún sucio en los recipientes, dejándolos totalmente limpios también tener en cuenta el uso de una hielera para poder llevar las muestras refrigeradas y por último no pasar de seis horas desde que se tomó la muestra para entregarla en el laboratorio.

La elaboración de un prototipo de una boya el cual cumpla con los objetivos deseados y así mismo una ubicación adecuada para la implementación de los paneles, así evitaremos los mínimos errores a la hora de desarrollar el prototipo en físico, la determinación de sensores para analizar el agua de mar.

Etapa IV.I Planificar

Teniendo culminado este proceso el siguiente paso sería la búsqueda de una máquina recicladora que nos permita triturar el plástico encontrado en las playas y el mar.

4.6.2 CICLO II. SUGERENCIA DEL PROCESO DE RECICLAJE.

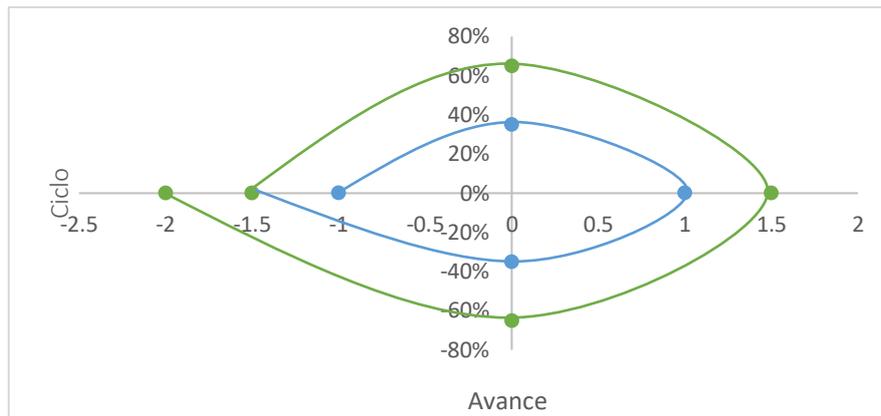


Ilustración 15. Segunda espiral Maquina recicladora.

Fuente: Propia (2021)

Etapa I.II Objetivo.

Determinar una maquinaria o tecnología que permita realizar el reciclaje de la basura de las playas y el mar permitiendo el triturado del plástico para luego ser reutilizado. Mediante la búsqueda de un revestimiento se espera que al encontrar un revestimiento para metales como el acero pueda alargar la vida útil del metal que se corroe por la sal del mar.

Etapa II.II Análisis de riesgos.

No encontrar una tecnología que este compuesta por todos los elementos que comprendería el reciclaje ya que se tendría que sugerir cada una de las tecnologías individual para sugerir una unión de estas tecnologías a futuro.

Etapa III.II Desarrollar, Verificar y validar.

Se realizó una investigación de las máquinas trituradoras de basura en el cual se presenta una tecnología que divide la basura según su estructura y una herramienta para realizar el proceso de trituración.

Etapa IV.II Planificar.

Al culminar este ciclo se procede a la determinación de las tecnologías que ayudaran en la recolección de desechos secos en las playas y los robots submarinos para la recolección de basura en el agua.

4.6.3 CICLO III. PROPUESTAS DE TECNOLOGÍAS PARA LIMPIEZA EN EL MEDIO MARINO/COSTERO.

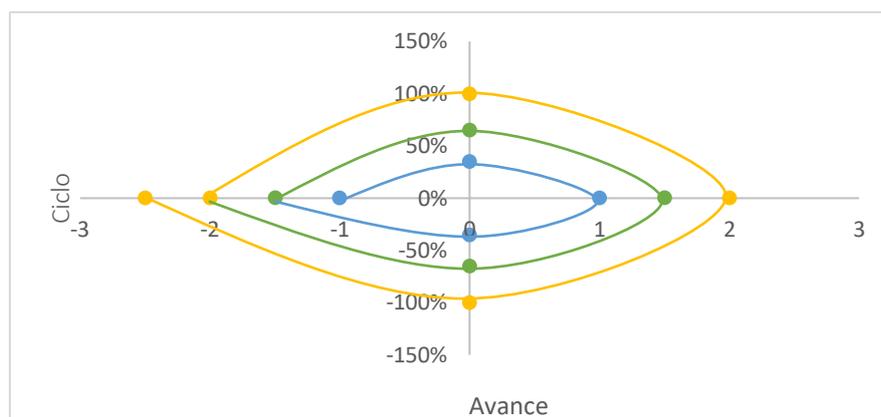


Ilustración 16. Tercera espiral tecnologías para descontaminación.

Fuente: Propia (2021).

Etapa I.III Objetivo.

Realizar una investigación de los robots submarinos y recolectores de basura para la determinación de dichas tecnologías y utilizarlas para sugerir estas tecnologías para reducir la contaminación por plásticos en el mar y arena en las localidades de estudio de esta investigación.

Etapa II.III Análisis de riesgos.

Que la alternativa para descontaminar no sea compatible en agua de mar o no descontamine lo suficiente, no encontrar nuevas tecnologías que puedan realizarlas e implementarlas en el medio local.

Etapa III.III Desarrollar, Verificar y validar.

Se determinaron las tecnologías que se sugerirán como alternativas para la limpieza en las playas con el fin de que las futuras generaciones puedan desarrollar estos prototipos a una escala mayor y puedan ser utilizadas para la descontaminación y recolección de basura.

Etapa IV.III Planificar.

Al finalizar la etapa tres en la cual se determinó las tecnologías que nos permitan combatir con la basura en el medio marino y las costas que suelen estar llenas de basura que trae el oleaje, se procede al siguiente ciclo en el cual estableceremos la ubicación de cada una de las tecnologías mencionadas en los tres ciclos de este estudio.

4.6.4 CICLO IV. UBICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE LIMPIEZA PROPUESTO.

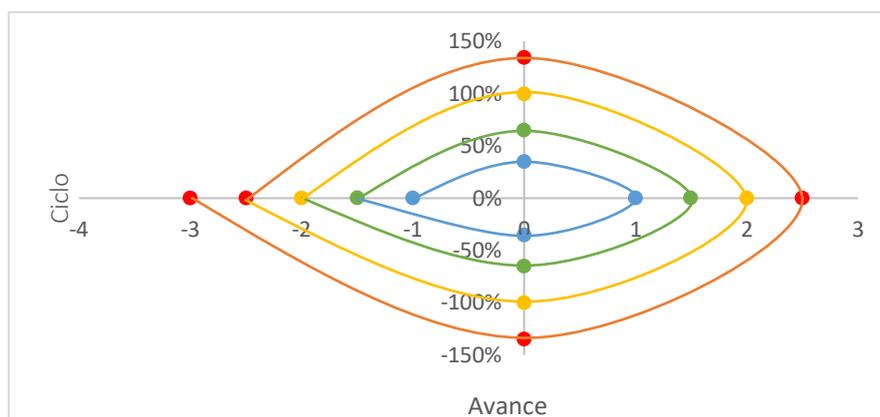


Ilustración 17. Cuarta espiral Ubicación de las tecnologías de limpieza.

Fuente: Propia (2021)

Etapa I.IV Objetivo.

Determinar la ubicación de cada una de las tecnologías propuestas en esta investigación con el fin de mitigar la contaminación por desechos sólidos existentes en las playas y el océano. Además, determinar la cantidad de cada uno de los robots que se propongan en este estudio según la contaminación que existe en cada uno de los lugares.

Etapa II.IV Análisis de riesgos.

Los riesgos en esta investigación es no encontrar estudios que nos indiquen cuanta cantidad de robots o boyas se pueden colocar en cada lugar y que la distancia de las boyas sea demasiado lejos o muy cerca de tierra.

Etapa III.IV Desarrollar, Verificar y validar.

Se realizaron las mediciones utilizando Google Maps para determinar la ubicación de cada robot según la localidad determinada, realizando un acercamiento por aldea para observar de manera más precisa la ubicación de las tecnologías de limpieza.

Etapa IV.IV Planificar.

Mediante la verificación de cada una de las etapas en determinados ciclos se puede concluir el proceso del presente ciclo el cual se hicieron mediciones y visualización en el mapa de los robots propuestos en esta investigación.

4.7 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN

La validación de la presente investigación dependerá de los resultados encontrados en el muestreo del agua y los datos encontrados de la temperatura del agua en los últimos años. A partir de la culminación del análisis se procede a las soluciones mecátrónicas y diseño de un prototipo mecátrónico el cual contendrá sensores que se sugerirán a partir de los resultados obtenidos con las muestras.

4.8 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En este apartado se desarrolló el cronograma de actividades donde se detalla cada una de las actividades a seguir en este caso en un plazo de 10 semanas que equivale a un periodo académico, para la ejecución del proyecto, en la primera actividad se presenta la propuesta de investigación, luego el planteamiento del problema, seguido del marco teórico donde se investigó todos los apartados relacionados con la investigación para después realizar la metodología de investigación pasando al análisis de resultados y paper científico, luego culminamos con las conclusiones para después preparar las presentaciones y entrega final del proyecto investigativo.

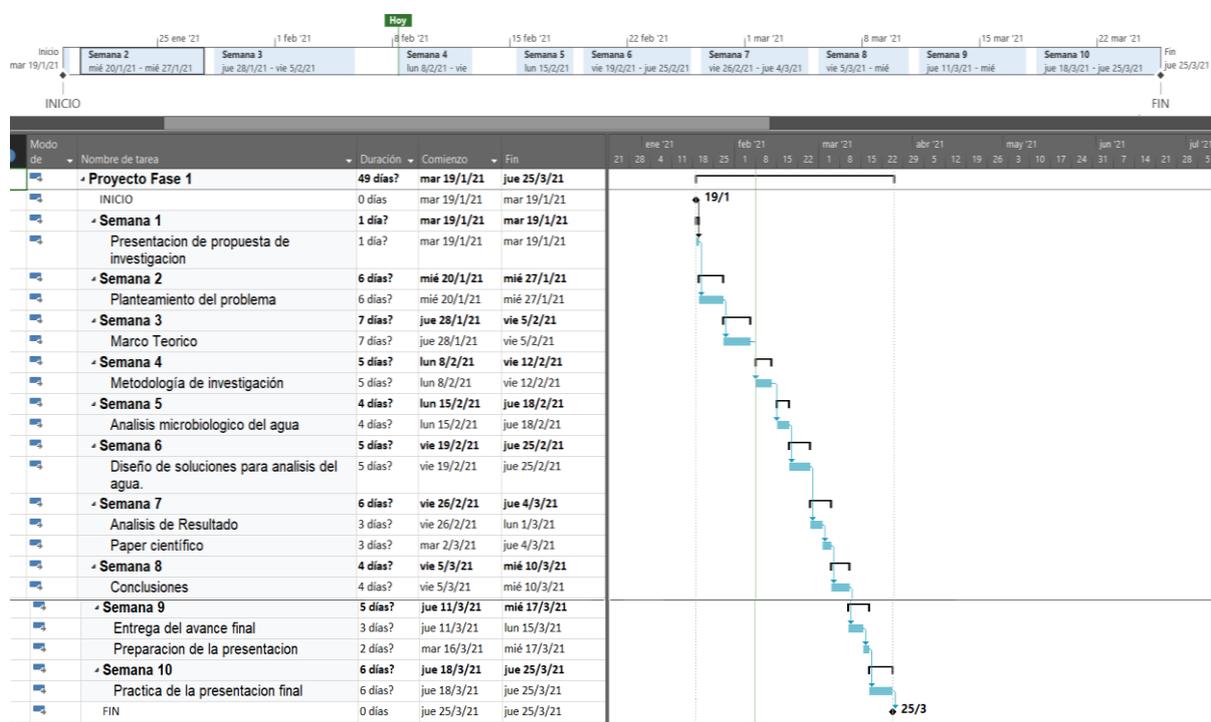


Ilustración 18. Cronograma de actividades para el desarrollo de la investigación.

Fuente: Propia (2021).

V. ANÁLISIS Y RESULTADOS.

En este capítulo se llevará a cabo los aportes a causa de las teorías de sustento que se dieron a entender en el marco teórico de la presente investigación. Además, se darán a conocer todas las etapas de la metodología en espiral descritas en el capítulo anterior con el fin de obtener resultados y su análisis, también describiendo de manera resumida todas las fases abordadas a lo largo de la investigación.

5.1 ANÁLISIS DE SUSTENTO DEL MARCO TEÓRICO

La investigación del marco teórico está basada en los contaminantes que podemos encontrar en el agua del mar mediante el análisis microbiológico además los métodos con el cual podemos investigar otros factores del agua para tener una amplia investigación respecto al agua estos factores físicos que pueden ser, la temperatura, el pH, la salinidad, el oxígeno en el agua etc. La investigación permite un análisis respecto al mar llevando a cabo una investigación relacionada con los instrumentos y la robótica en el medio marino permitiendo tener un conocimiento más amplio de las características y necesidades que requiere el proyecto para llevar a cabo las sugerencias a nivel de concepto de los robots a implementar en área de estudio y el robot de una boya diseñada para investigaciones futuras del agua.

Mediante esta investigación se encontraron diferentes prototipos que han sido creados en la actualidad y se llegó a la conclusión para este proyecto la realización de un diseño basado en una boya robótica ya que es un prototipo que podría llevarse a cabo en el medio local, el diseño fue realizado en el software de SolidWorks y se realizó una búsqueda de algunos de los sensores mencionados en el marco teórico para implementarlos a la boya y el uso de nuevas tecnologías como robots que puedan ser implementados para la disminución de contaminantes en la arena y en el mar.

Se realizó una investigación de luces UV para implementarlas en la boya para descontaminar las bacterias presentes en el agua. Finalmente se llevó a cabo la explicación de la metodología usada en la elaboración de esta investigación para la realización del diseño y sugerencias mecánicas conforme a los resultados obtenidos en el laboratorio.

5.2 RESULTADOS.

Para el debido desarrollo de la metodología de esta investigación a continuación se presentan los resultados obtenidos debido a cada ciclo ya que utilizamos una metodología en espiral la

cual tiene tres ciclos y está compuesta por cinco etapas que son: objetivos, análisis de riesgo; desarrollar, verificar y validar, resultados y planificar. Cada ciclo fue desarrollado según el tema que abarca y al finalizar con éxito se continúa en la siguiente espiral hasta culminar con las tres espirales en esta etapa de resultados.

5.2.1 CICLO I. MUESTREO DEL MAR Y DISEÑO BOYA OCEANOGRÁFICA.

Etapa I.I Objetivo

- Se llevó a cabo la recolección de las muestras de agua en los lugares determinados que son; Buena vista (Cuyamel), Masca, Muchilena y Omoa. Estos lugares se determinaron debido al alto depósito de basura que suele tener debido a la basura que arrastra el oleaje.
- Realizar un gráfico comparativo de la temperatura del mar en los últimos años.
- Buscar una alternativa para descontaminación del agua.
- Diseñar una boya robótica para la implementación de luces UV y sensores para detectar parámetros físicos del agua.

Etapa I.II Análisis de Riesgo

En esta etapa de análisis de riesgo no hubo ningún inconveniente con la recolección de muestras de agua, las muestras se llevaron en sus debidos contenedores hasta el laboratorio.

Debido a que tenía que buscar una alternativa para la descontaminación de bacterias en el agua se temía que la propuesta encontrada no cumpliera las expectativas respecto a que no debía producir daños en los peces y su hábitat.

Los riesgos presentes para este diseño podría ser el tamaño de la boya ya que normalmente miden aproximadamente 4 metros, pero para uso de prototipos pequeños se desarrolló de metro y medio.

Etapa I.III Desarrollar, Verificar y validar

- Recolectamos las muestras de agua del mar en el municipio de Omoa.
- Se llevaron las muestras al laboratorio para la realización de estudios microbiológicos.
- Obtuvimos los resultados del laboratorio de los coliformes totales y coliformes fecales del mar.
- Investigar el cambio de temperatura del mar en los últimos años.

- Sugerir aportes químicos para disminuir contaminación de bacterias.
- Desarrollar el diseño de la boya oceanográfica.

Etapa I.IV Resultados

Se realizó la debida recolección de las muestras que seguidamente se llevaron a la evaluación microbiológica en el cual se hicieron pruebas de coliformes totales y coliformes fecales para la obtención de los valores de los contaminantes existentes en el agua del mar.

También se realizó una gráfica de la temperatura del agua mar con valores encontrados de los últimos 5 años esto, con el fin de verificar si las mediciones de temperatura son adecuadas para los seres acuáticos ya que un cambio de temperatura puede afectar el oxígeno afectando así la reproducción de los animales y las plantas acuáticas si estos no se mantienen en el intervalo determinado.

Aquí proponemos una tecnología que puede ayudar a combatir la contaminación del agua actual mediante luces ultravioleta que ayudan a desinfectar aguas contaminadas eliminando virus y bacterias con tecnología UV sin dañar a los peces o cualquier ser acuático ya que es muy utilizada en acuicultura.

Se realizó un diseño de una boya oceanográfica con el fin de implementar ese prototipo para presentarlo como propuesta de futuras realizaciones e implementación en el medio local e implementar las lámparas UV en él y los sensores propuestos.

Se comparó los sensores propuestos para la implementación en la boya con el fin de realizar análisis de la calidad de agua, la comparativa se realizó para determinar qué sensor es más beneficioso en el medio local también se hicieron comparaciones del equipo a implementar.

Etapa I.V Planificar

Con la debida finalización de estos análisis del agua se prosigue al siguiente ciclo con la sugerencia de la maquina recicladora de desechos plásticos.

Se determinaron 4 lugares en los que se realizó un análisis de coliformes y temperatura debido a que estas zonas suele haber acumulación de basura mediante el oleaje sobre todo en época de lluvias, basura que proviene de los ríos aledaños y del río Motagua de Guatemala que hace frontera con Honduras, en el siguiente mapa se hace referencia a las zonas elegidas:

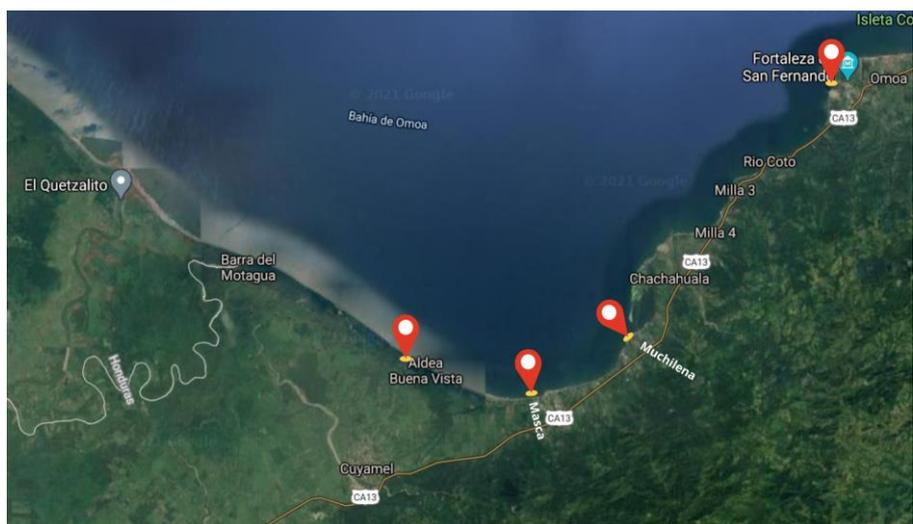


Ilustración 19. Mapa de zonas donde se realizaron análisis.

Fuente: Propia (2021)

Como muestra en el mapa de la figura 19 los lugares de investigación son Buena Vista (Cuyamel), Masca, Muchilena y Omoa estos lugares fueron seleccionados debido a que es donde más se ha recalado la basura que es arrastrada por el oleaje. A continuación, presentamos los resultados de coliformes obtenidos en cada uno de los lugares.

5.2.1.1 Muestreo Del Agua.

Aquí se realizó la debida investigación del análisis del agua el cual se realizó un muestreo que seguidamente se llevaron muestras del mar al laboratorio.

Tabla 7. valoración conceptual indicativa del grado de contaminación para los contaminantes microbiológicos.

Valoración	Agua	
	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	Coliformes Totales (NMP/100ml)
No contaminado	0%-20% > 200	0%-20% > 1000
Contaminación Media	41%-60% > 200	41%-60% > 1000
Contaminación Alta	61%-100% > 200	61%-100% > 1000

Fuentes: (Ramos-Ortega et al., 2008).

El análisis microbiológico se llevó a cabo en Laboratorios Agroindustriales en San Pedro Sula. Los métodos utilizados para la determinación de posibles contaminantes fueron Coliformes totales (Ct) y Coliformes fecales (Cf) con el método del número más probable (NMP).

En la tabla 7 podemos observar los porcentajes que indican que tanta contaminación podría tener la muestra según el análisis ya sea Ct y Cf por el método del Número más Probable

(NMP) con el fin de obtener los datos de la densidad probable de bacterias que se encuentra en las determinadas muestras ya sea de bacterias coliformes totales o fecales.

Todas las muestras fueron recolectadas y entregadas en el laboratorio el 10/02/2021 el cual fueron transportadas en una hielera para conservar las muestras y que presentaran el valor más preciso en los resultados. Los resultados de los indicadores bacterianos en el agua de las localidades seleccionadas, los coliformes totales presentaron un valor mayor de NMP que los coliformes fecales en cada uno de los lugares, se muestra un mayor porcentaje de coliformes totales en comparación de los coliformes fecales siendo Omoa con el mayor valor de indicador bacteriológico en ambos indicadores en comparación con Cuyamel (Buena Vista), Masca y Muchilena así mismo Masca se muestra con los valores más bajos en ambos indicadores. En la figura 20 se observa que para coliformes totales en la playa de Omoa que fue el máximo valor que se presentó siendo de 16000/100 ml y el valor de coliformes fecales de 1700/100 ml.

En Masca se encuentran los valores de coliformes totales más bajos siendo de 45/100 ml y el valor más bajo en el indicador de coliformes fecales es de Cuyamel (Buena Vista) con <1,8/100 ml.

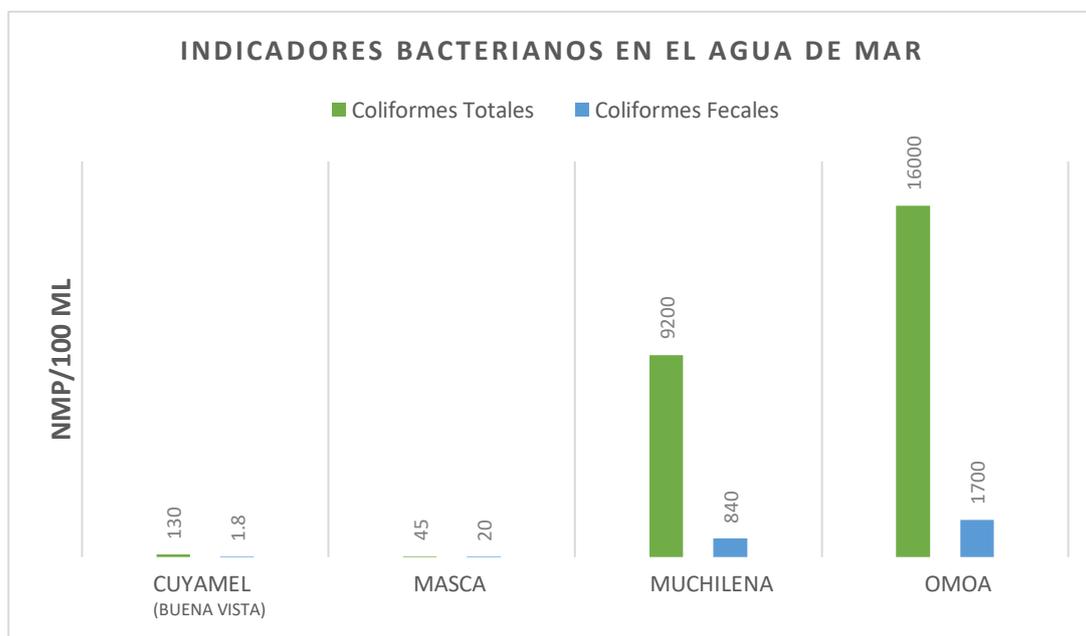


Ilustración 20. Estimación de coliformes totales y coliformes fecales según el NMP en el agua de las playas seleccionadas del municipio de Omoa.

Fuente: Propia (2021)

La norma técnica nacional para agua en Honduras establecidas por la secretaría de salud el Artículo 245, Numeral 11 de la constitución de la república acuerda:

Emitir la: Norma técnica nacional para agua de: uso agrícola y pecuario, uso recreativo, uso en preservación de la flora y la fauna (calidad básica del agua), uso en abastecimiento de poblaciones y uso en acuicultura (*SecSal_Hon_norma_usos_agua*, 2001).

En el Artículo 24 de la norma técnica para agua de uso recreativo establece parámetros que mediante contacto directo y contacto indirecto se determinan ciertos valores según el parámetro. En nuestro caso nos basaremos en los datos que se establecen para los parámetros de coliformes totales (NMP) y coliformes termo tolerante (NMP) para los coliformes fecales, dichos datos se muestran a continuación:

Tabla 8. Norma Técnica Nacional para Agua de Uso Recreativo.

	Contacto Directo	Contacto Indirecto
Parámetro	Valor Máximo Permissible	Valor Max. Permissible
Cuerpo de Agua		
Coliforme Total (NMP)	5000/100 ml	10000/100 ml
Coliforme Termotolerante (NMP)	1000/100 ml	2000/100 ml

Fuente: (*SecSal_Hon_norma_usos_agua*, 2001).

Por lo tanto al considerar una comparación con estos valores que emite la norma técnica para aguas en el uso recreativo de la República de Honduras, los resultados obtenidos de las playas dentro de esta investigación se manifiesta que en Muchilena y Omoa sobrepasan el rango propuesto por la norma hondureña en coliformes totales, en comparación con los resultados de coliformes fecales se denota solamente en Omoa que sobrepasa el rango del valor propuesto en la norma, esto quiere decir que existe un alto grado de contaminación.

Los coliformes suelen estar en niveles más altos en época de lluvia que en época seca. Las enfermedades que pueden provocar estas clases de bacterias coliformes se encuentran: gastroenteritis, bacteriemia, infecciones urinarias, del tracto respiratorio bajo, en la piel y tejidos blandos, intraabdominales y oftálmicas; intoxicación alimentaria, etc. (Sara-Lilia et al., 2019).

Se requiere un análisis exhaustivo en época de lluvias como en los meses de septiembre, octubre y hasta noviembre en busca de contaminantes bacteriológicos ya que debido a las

lluvias hay más arrastre de basura por parte de los ríos, basura que navega un tiempo en el mar y luego llega a las costas.

El aumento de la contaminación marina y su dominio en la salubridad de los ecosistemas costeros está vinculada al crecimiento de la población que habitan en zonas costeras de igual forma con el crecimiento de actividades que son realizadas como las actividades domésticas, agrícolas e incluso el uso recreativo de las playas y aguas residuales en general. Que le han dado mal manejo al control de los desechos sólidos y líquidos que podrían afectar la vida marina y en consecuencia afectar a nivel ecológico, socioeconómico y la salud. Los coliformes se encuentran normalmente en el suelo, plantas y animales, también en los humanos. La existencia de bacterias coliformes puede indicar que el agua puede estar o está contaminada ya sea con aguas negras entre otros desechos en descomposición (Ramos-Ortega et al., 2008).

Los análisis realizados en el estudio de las playas como indicadores para la calidad sanitaria en coliformes totales y coliformes fecales no reflejan la situación medioambiental en las que se encuentran las playas y el impacto que puede ocasionar a la salud humana (Manjarrez et al., 2019).

La presencia de coliformes totales en el agua y los alimentos no está directamente relacionada con la aparición de contaminación fecal o la presencia de microorganismos patógenos, pero la presencia de coliformes fecales puede indicar la presencia de microorganismos patógenos entéricos, como *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Shigella*, entre otros. No todos los coliformes fecales son patógenos, pero su presencia es un indicador de contaminación de origen fecal y de polución. También puede significar la presencia de bacterias patógenas y el riesgo para la salud humana (Silveira et al., 2018).

Se han realizado diversas investigaciones sobre microorganismos que afectan al agua de mar. Las más consideradas han sido los coliformes totales y fecales como primordiales indicadores de contaminación fecal. Estos principales indicadores en el medio ambiente para la calidad de playas turísticas forman parte del microbiota habitual del intestino del ser humano y en los animales homeotermos (que su temperatura corporal es constante sin importar la temperatura ambiental) (Manjarrez et al., 2019). Pero al haber presencia de acumulación de basura en las costas puede convertirse en la raíz de contaminante bacterianos (Rodríguez et al., 2017).

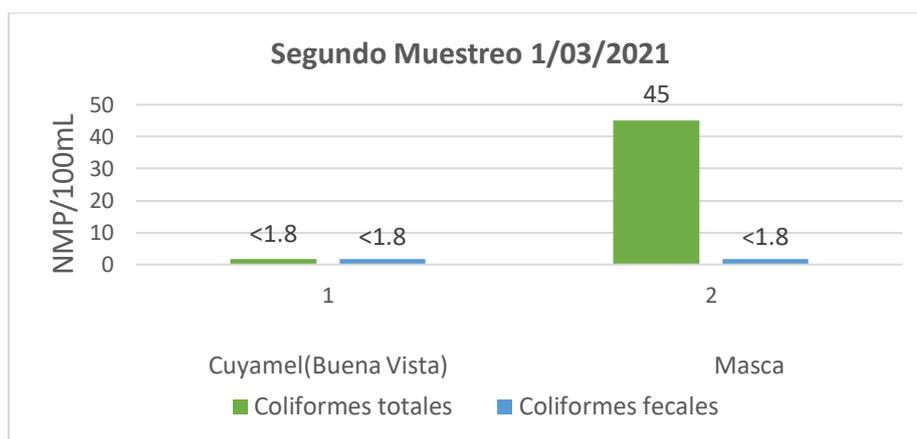


Ilustración 21. Segundo Análisis de coliformes.

Fuente: Propia (2021).

Debido a la poca presencia de contaminantes en las playas de Cuyamel (Buena Vista) y Masca se realizó un segundo muestro, en la figura 21 podemos observar los resultados del laboratorio y existe un porcentaje de contaminación menor que Muchilena y Omoa, como en el primer resultado. Los valores de Cuyamel (Buena Vista) en coliformes totales de $<1,8/100$ ml y en fecales $<1,8/100$ ml y en Masca de 45/100 ml en totales y $<1,8/100$ ml en coliformes fecales.

Con estos resultados podemos concluir que gran parte de la contaminación bacteriana del mar es debido al uso frecuente de esas playas ya que los turistas de las ciudades aledañas son los lugares que más visitan debido a que se les facilita llegar y además las playas de Muchilena son muy utilizadas por habitantes locales del municipio porque hay menos basura en las playas. La basura no está indicando un factor alto en contaminación bacteriológica del agua, pero si es parte de la contaminación en la arena y el agua ya que existen desechos flotantes que traen consigo contaminación.

La presencia de bacterias en el medio marino puede afectar grandemente la salud humana ya que hacemos uso recreativo de las playas en el cual si existen vidrios en las arenas podríamos cortarnos al caminar además las basuras flotantes que después pueden llegar a las costas incluyen compresas, condones, residuos médicos, etc. ya que el origen de los coliformes es del intestino de los humanos y de las heces de animales de sangre caliente estos desechos que podrían traer coliformes es otro factor a considerar en los contaminantes bacterianos. Por más que en el municipio se empeñen en hacer limpiezas en las playas los desechos volverán transportados desde lejos.

El ambiente marino-costero de las playas del municipio de Omoa es afectado grandemente por contaminación de los residuos que llegan a las costas siendo cada año un factor que afecta a las comunidades que se dedican a la pesca y al turismo para determinar resultados comparativos se necesitará hacer un estudio exhaustivo en épocas de lluvias ya que en la temporada invierno es cuando más se ven afectadas las playas ya que llegan toneladas de basura sobre todo entre los meses de septiembre y octubre, actualmente las playas se mantienen limpias por los aldeanos que viven del turismo pero en lugares más asolados por ejemplo en Cuyamel (Buena Vista) se mantiene con un porcentaje mayor de basura y luego le sigue Masca.

5.2.1.2 Mediciones De Temperatura.

Debido a que las temperaturas de la superficie del mar son distintas en todo el mundo dependiendo del clima. Las superficies de agua marina en zonas tropicales como en la presente investigación con una temperatura mínima de 20°C, la temperatura máxima de 30°C y la temperatura media de 27°C. Cabe destacar que los valores de temperatura siempre cambiarán dependiendo de la profundidad, en esta investigación se analizara los datos de la temperatura superficial del mar.

En el siguiente gráfico se observa las temperaturas según el mes y año en la bahía de Omoa.

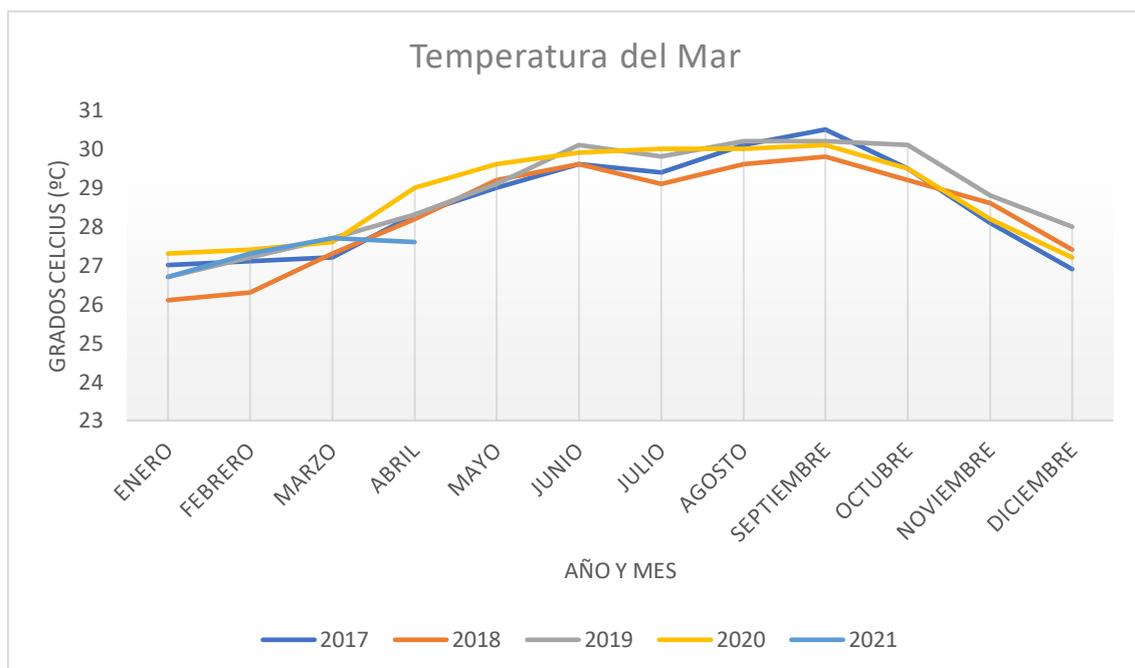


Ilustración 22. Temperatura del mar en la bahía de Omoa.

Fuente: Propia (2021).

Según la época aumento o disminuye la temperatura desde abril a septiembre existe un aumento en la temperatura superficial del agua sienta el año del 2017 y 2019 los niveles más alto en comparación de 2018, 2020 y parte del 2021. El rango de temperatura en los últimos años se ha conservado entre la temperatura media y máxima establecida tendiendo un aumento mayor en 2017 y 2019.

Dado que nuestra investigación está basada en los microorganismos que afectan al agua de mar entre uno de los factores que influye con el crecimiento microbiano son: la temperatura y el pH ya que pueden ayudar a modificar la velocidad en la que crecen los microorganismos o dependiendo los valores, puede llegar a generar la detención del aumento inclusive su muerte (Apella, 2005).

Las bacterias y microorganismos aumentan su crecimiento rápidamente cuando las aguas están calientes o en temperaturas frías aumentando su supervivencia (Silveira et al., 2018)

En los coliformes fecales que son parte del grupo de coliformes totales el rango de temperatura donde el crecimiento de microorganismos es óptimo y muy amplio es de hasta 45°C (Silveira et al., 2018). Mientras que los coliformes totales se desarrollan a 35°C (capacidad de fermentar lactosa a esa temperatura) indicando así la presencia de contaminación en general (Apella, 2005).

5.2.1.3 Proceso de diseño en SolidWorks.

En este apartado se presentará el proceso del diseño de una boya en SolidWorks con el fin de implementar este diseño en futuras investigaciones, a continuación, se presenta detalladamente el diseño.

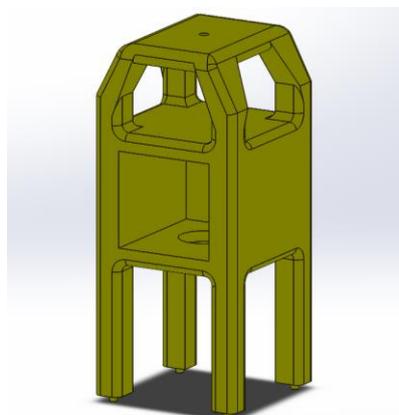


Ilustración 23. Cabina para los elementos electrónicos.

Fuente: Propia (2021).

Para la realización del diseño completo de la boya se implementará una cabina donde en la caja interior pueda ir elementos electrónicos como; las placas, componentes, módulos, baterías y también la instalación de los paneles solares.

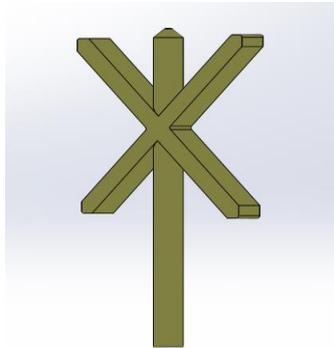


Ilustración 24. Señal de Adquisiciones de Datos Oceánicos (ODAS) en forma de x.

Fuente: Propia (2021).

Para evitar confusiones se hizo uso de las señales especiales de las boyas según el reglamentos para la señalización de instrumentación utilizada para especificar la simbología para cada tipo de boya que es utilizada por La Asociación Internacional de Autoridades en Señalización Marítima(AISM o IALA), todo esto en relación a los colores y formas que contienen las boyas, en este caso se utilizó una equis ya que la boya se utilizará para recolección de datos del agua como los posibles contaminantes entre otros.

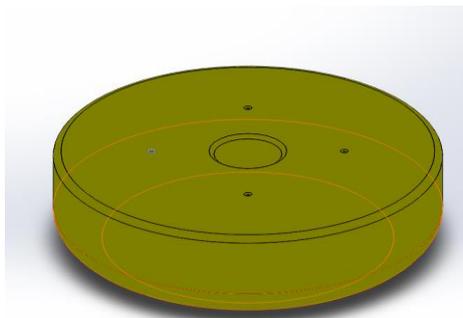


Ilustración 25. Base flotadora de la boya.

Fuente: Propia (2021).

La base flotadora de la boya es indispensable para que ella esté a flote, se hizo un agujero en el centro al igual que en la cabina para partes electrónicas con el fin de que por esa parte puedan atravesar el cableado que irá conectada a sensores subacuáticos el cual tomarán datos directamente del agua de mar además en la parte inferior del flotador irá conectado otros elementos para el fondeo (anclaje) de la boya.

Aquí presentaremos el diseño de la boya oceanográfica con su debido ensamble y demás elementos el fin de este diseño es implementarlo en futuras investigaciones para hacer el uso adecuado de investigaciones de los ecosistemas marinos que podrían estar en peligro ya que depende de la temporada el mar podría ser más afectado en diferentes estaciones nuestra sugerencias con el prototipo es la implementación de sensores que puedan detectar los parámetros vistos en esta investigación para detectar posibles contaminantes y factores físicos que afectan al agua de mar y lámparas UV sumergibles para desinfectar la carga bacteriana en el agua. Los elementos por investigar con el uso de sensores para medir parámetros medioambientales serán:

- Temperatura del Agua
- pH
- Salinidad/Conductividad
- Oxígeno disuelto (OD)
- Cianobacterias y/o contaminantes del agua de mar.

Para una integración adecuada y lectura de datos con los sensores marinos se requiere elementos de comunicación entre el usuario y la boya para a ello la utilización de comunicación UART para interactuar con los elementos que estarán conectados por medio de un microcontrolador que podría ser una PIC, un Arduino o raspberry para que no haya interrupciones de comunicación entre el usuario y el microcontrolador, es indispensable instalar una batería que esté conectada con una fuente de energía solar ya que la boya estará mar adentro al estar cambiando baterías se perdería mucho tiempo y dinero.

Se necesitará hacer una exhaustiva búsqueda de los sensores adecuados para analizar los parámetros en el agua, para análisis de la temperatura del agua se necesitará un sensor de temperatura que cumpla las medidas de durabilidad en el agua.

En el caso del pH se necesita utilizar una sonda(sensor) que detecte el pH en el agua de mar, para la salinidad se puede utilizar un sensor de salinidad o una sonda para conductividad eléctrica ya que están relacionados por la cantidad de sales en dicha solución a investigar.

Para el oxígeno disuelto (OD) se necesitará hacer las debidas mediciones mediante sensores de oxígeno disuelto ya sea electroquímico u óptico. El contenido de OD nos

permite ver la relación con el nivel de contaminación y materia orgánica que hay en las aguas.

Las cianobacterias pueden ser investigadas a través de biosensores micro algas, E. coli recombinante inmovilizada que expresa organofosforado hidrolasa (OPH) para monitoreo de contaminantes. El uso de biosensores es indispensable para aplicaciones microbiológicas ya que las biotecnologías nos permiten adquirir gran variedad de biomateriales y biosensores. También se puede utilizar otros sensores existentes en el mercado para la investigación de cianobacterias u otros contaminantes del agua.

5.2.1.4 Luz Ultravioleta Como Alternativa Para Disminuir Contaminantes En Agua De Mar.

Debido a los resultados encontrados en el muestreo se procede a encontrar métodos que ayuden a combatir contaminantes en el agua ya que nuestro análisis fue de coliformes en el mar se recomienda el uso de tratamientos que ayuden a eliminar estas bacterias sin dañar el agua con químicos que pueden afectar a seres acuáticos.

Para la mayoría de los microbios, el principal mecanismo de inactivación es daño fotoquímico a los ácidos nucleicos (ADN o ARN). En el caso de algunos microbios, el daño fotoquímico a las proteínas se ha identificado como un contribuyente a la inactivación microbiana. También es importante tener en cuenta que el daño inducido por la radiación UV en los microbios no conduce necesariamente a la muerte del organismo. Más bien, el punto final que se observa con más frecuencia de los microbios irradiados con UV es la pérdida de la capacidad de reproducirse o infectar. Dado que la infección microbiana requiere la replicación en un organismo huésped, la pérdida de esta capacidad es una medida relevante de la eficacia de la desinfección (Blatchley, 2019).

Para ello sugerimos un proceso de filtración con luz ultravioleta ya que elimina en su mayoría las bacterias, pero al mismo tiempo mantiene el medio ambiente marino para la vida de los animales, también elimina virus que hay en las aguas, algas flotantes y parásitos. Otro dato importante es que no modifica el pH del agua y elimina los contaminantes.

La longitud de onda UV se segmenta en 4 grupos, cada uno tiene un efecto germicida diferente: UV-A (315–400 nm), UV-B (280–315 nm), UV-C (200–280 nm) y UV de vacío (100–200 nm). Podemos ver que la radiación más potente el cual se le conoce como "germicida" se

encuentra en el espectro UV-C ya que presenta una eficacia en la desinfección de bacterias y virus. El proceso de germicida se realiza entre 205-280 nm (nanómetros), siendo la mayor efectividad para los microorganismos se realiza en 254-265 nm (TECHNOLOGY, 2012).

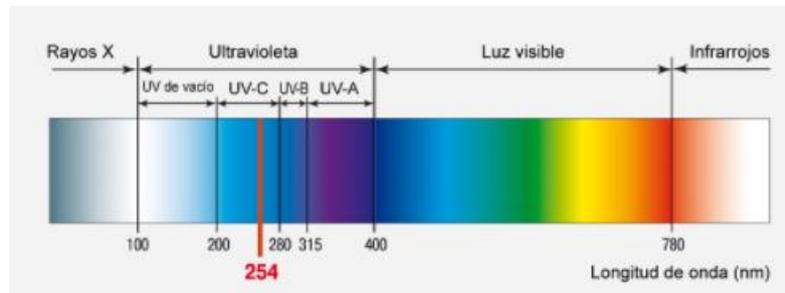


Ilustración 26. Ultravioleta en espectro electromagnético.

Fuente: (TECHNOLOGY, 2012).

Esto nos permitirá la eliminación de virus, bacterias, protozoos y organismos unicelulares. Destacando que esto no va a eliminar organismos pluricelulares (Plantas, animales y algas pardas) ya que el efecto de los rayos UV se comportan diferentes en agua que en el aire La irradiación con la longitud de onda más activa contra los cultivos de una sola especie (260 nm) esto da lugar a la mayor tasa de disminución de la actividad redox del cultivo de seis-aislados en fase planctónica, en comparación con la longitud de ondas 220 y 280 nm (Kviatkovski et al., 2018).

Diseño de boya oceanográfica con Lámpara UV

Aquí visualizamos el diseño de la boya completa con una lámpara UV con el fin de observar donde estarían instaladas las luces sumergibles.



Ilustración 27. Diseño de Boya con Lámpara UV.

Fuente: Propia (2021).

La medición total de la estructura ensamblada mide unos 6 pies de altura desde la cruz hasta la parte flotadora y el ancho de la boya es de 3.3 pies.

Elementos electrónicos Investigados como Parte Fundamental de la Boya:

Se investigaron diferentes elementos que podrían funcionar nos para la implementación de los sensores mencionados anteriormente para una boya, a continuación, se evalúa cual de cada uno de los sensores es más favorable esto con el fin de sugerir tecnologías de sensores que ayuden al análisis en el agua el sensor elegido en cada una de las comparaciones se marcará en color naranja:

- En el siguiente cuadro hacemos una comparación de los sensores de temperatura para la elección de uno.

Tabla 9. Precios de Sensores Temperatura sumergibles

Sensor de Temperatura	°C grados Celsius	Precisión sobre el rango	Rango de alimentación (Voltaje (V))	Precio (US\$)
TSYS01 sensor de temperatura de respuesta rápida Celsius, $\pm 0,1$ ° C (I2C)	-40°C a +125°C	$\pm 0,1$ ° C	3.3 a 5.5 V	\$ 60.00
Sonda de temperatura para Arduino, acero inoxidable DS1820	-55°C a +125°C	-10 °C a + 85 °C: $\pm 0,5$ °C	3.0 a 5.5 V	\$ 1.47
Sonda de temperatura de acero inoxidable vernier	-40°C a +135°C	± 0.2 ° C a 0 ° C, ± 0.5 ° C a 100 ° C	-	\$ 36.00
Sonda de temperatura de amplio rango vernier	-20°C a 330 ° C	± 0.5 ° C o mejor	0.2 a 4.8 V	\$ 82.00

Fuente: Propia (2021).

El sensor TSYS01 es más adecuado en comparación de los tres sensores descartados ya que cumple con las siguientes características.



Ilustración 28. TSYS01 sensor de temperatura.

Fuente: («Fast-Response, Temperature Sensor»).

Ya que cuenta con una alta precisión y respuesta rápida, viene protegido contra el agua, cuenta con una precisión de $\pm 0,1$ ° C y su comunicación es a través de I2C. además es compatible con diferentes placas electrónicas, voltaje de suministro de 3.3 a 5.5 voltios la temperatura de funcionamiento es de los -40 hasta + 125°C y cuenta con una profundidad de operación de 0-975 m.

- En el siguiente cuadro hacemos una comparación de los sensores de pH para la elección de uno.

Tabla 10. Comparación de medidores de pH.

Medidores de pH	Uso establecido	Compatible	Precio (US\$)
American Marine Medidor de pH PINPOINT	Medios industriales y científicos, en cualquier solución acuosa.	Cualquier placa electrónica	\$ 37.75
Sensor Combinado de pH/ORP 6565	Agua de mar, lagos, ríos, arroyos.	Con sonda multiparamétrica	\$ 349.15
Milwaukee Instrumentos ma913b/3 PH	Piscina, acuario, pecera	Cualquier placa electrónica	\$ 43.78
sensor de pH vernier	Estudios domésticos, reacciones químicas o en acuario, lluvia ácida, agua en arroyos y lagos.	Cualquier placa electrónica	\$ 88.00

Fuente: Propia (2021).

La selección de uno de estos medidores fue un poco difícil ya que todos cuentan con un buen funcionamiento para las mediciones el sensor pH/ORP 6565 tiene buenas características, pero solo funciona con sondas que más adelante se mostraran, pero en la elección se decidió por la "American Marine Medidor de pH PINPOINT" por su precio y ciertas características.



Ilustración 29. American Marine Medidor de pH PINPOINT.

Fuente: (Amazon.com: pH PINPOINT: Industrial & Scientific).

El cable de la sonda dispone de 10 pies de largo con alta eliminación de interferencias, cuenta con larga vida útil es de respuesta rápida está diseñado para la utilización en medios industriales y científicos.

- A continuación, se hace una comparativa con sensores para el análisis de conductividad en las aguas:

Tabla 11. Sensores de conductividad.

Sensores Conductividad	Rango (μS/cm micro Siemens por centímetros).	Precio
Sonda de conductividad científica del Atlas	0,5 a 50,000 μs/cm	\$ 158.00
Sensor de Conductividad y Temperatura 6560	0 a 100,000 μS/cm	\$ 1,955.00
Atlas Scientific Sonda de conductividad K 1.0	5 a 200,000 μs/cm	\$ 138.99

Fuente: Propia (2021)

Para una selección adecuada para análisis de salinidad se buscó sensores especiales para la salinidad o conductividad ya que se relacionan por la cantidad de iones disueltos estos aumentan en ambos los valores. Se seleccionó una sonda de conductividad con el fin de determinar la conductividad ya que esto influye en la biota marina ya que cada espécimen tolera diferentes valores de conductividad, las unidades en las que mide son mhos/cm (recíproco de ohmio sobre centímetros) o tradicionalmente μS/cm (microSiemens sobre centímetros).



Ilustración 30. Sonda de conductividad K 1.0 de Atlas Scientific.

Fuente: (Amazon.com: Conductivity Probe)

Es totalmente sumergible ya sea en agua dulce o en agua salada indefinidamente tiene un alto rango de lecturas estables y amplio rango de conductividad abarca desde 5 μS/cm a 200

$\mu\text{S}/\text{cm}$ y resiste a una presión máxima de 3,447 kPa (500 psi) a una máxima profundidad de los 352 m (1,154.86 pies) tiene una larga vida útil de aproximadamente 10 años esta sonda nos permite compatibilidad con Arduino y entre otras placas electrónicas.

- Para la selección de sensores encargados del análisis de oxígeno disuelto (OD) se procede a la comparación de estos:

Tabla 12. Sensores para Oxígeno Disuelto (OD).

Sensor para oxígeno disuelto (OD)	Rango de Lectura (miligramos por litro mg/L)	Precio (US\$)
Sensor ROX 6450 Oxígeno Disuelto Anti Incrustante	0 a 50 mg/L	\$ 338.00
Sonda de oxígeno disuelto vernier	0 a 15 mg/L	\$ 229.00
Sonda/Sensor de Oxígeno Disuelto	0 a 35 mg/L	\$ 223.00

Fuente: Propia (2021).

Se hizo una comparativa entre el rango de lectura de las tres sondas el cual es su máxima capacidad para detectar la concentración de OD en el agua que puede determinar los valores oxígeno que puede haber en el agua en una temperatura establecida y también se tomaron en cuenta valores de la vida útil del material.



Ilustración 31. Sonda/Sensor de Oxígeno Disuelto – AtlasScientific.

Fuente: (Amazon.com: Sonda/Sensor de Oxígeno Disuelto).

Se puede utilizar para vigilancia ambiental, el uso que requerimos es para monitorear y tener control de la cantidad de oxígeno disuelto en las aguas salinas, esta sonda nos permite tomar en cuenta el valor de la temperatura que debe tener al momento de la lectura de OD o sea que nos permite un ajuste de temperatura para que los datos sean más precisos. Lo más importante es que puede ser completamente sumergido en agua dulce como en salada, su máxima presión es de 690 kPa (máx. Profundidad 60 m (197 ft 100PSI)).

- Para determinar la calidad del agua las algas verdeazuladas son de mucho interés para estudios y monitoreo en ecosistemas donde se pueden presentar como en

ambientes marinos (ficocianina) para monitorear algas, y especies que puede determinar problemas por medio de la producción de toxinas y otros compuestos que deterioran la calidad del agua.

Tabla 13. Sensores para cianobacterias.

Sensores Cianobacterias	Rango (RFU unidades de fluorescencia relativa)	Profundidad nominal (metros (m))	Interfaz	Precio (US\$)
Sensor Algas Azul-Verdes 6132 (Cianobacterias)	0 a 200,000 células/mL; 0 a 100 RFU	61 m	sonda de la serie 6	\$ 4,025.00
Sensor de algas verde azuladas auto limpiante para medición de Cianobacteria (ficocianina)	0 -100ug/L; 0 ~ 100RFU	10 m	RS-485..., MODBUS	\$ 2,450.00
RELIHONESEI Sensor de algas azul-verde (cianobacteria) (ficocianina electrodo sensor)	0 -280,000 células/mL; 0 a 100 RFU	10 m (bajo el agua)	RS-485, MODBUS	\$ 1,650.00

Fuente: Propia (2021).

Las floraciones de cianobacterias (CBs) son generalmente desencadenadas por condiciones eutróficas debido a la entrada de nutrientes antropogénicos en las aguas locales (aguas residuales o aguas contaminadas). Durante la floración, algunas especies producen metabolitos secundarios tóxicos (cianotoxinas) que son peligrosos para los seres humanos y los animales (Teta et al., 2017).

Para aportes futuros y realización de prototipos experimentales se seleccionó el siguiente sensor:



Ilustración 32. Sonda RELIHONESEI Sensor de algas azul-verde.

Fuente: (cianobacterias *Phycocyanin* electrodo sensor | AliExpress).

Este sensor trae incluido limpiaparabrisas automático que puede evadir incrustaciones y separar burbujas tiene una vida útil larga para la estabilidad en un medio de trabajo a largo plazo para la vigilancia anticipada en la reproducción de algas.

Las floraciones de algas y cianobacterias suelen ser perceptibles en las zonas visibles y no visibles del espectro electromagnético (EM). Por consiguiente, mediante el uso de datos de teledetección y de detección próxima, es posible detectar y seguir el desarrollo de las floraciones en aguas costeras, dulces y marinas. Paradójicamente, las cianobacterias pueden ser tanto beneficiosas como perjudiciales para el ser humano. Por ejemplo, son capaces de producir metabolitos bioactivos que pueden servir como pistas potenciales para el descubrimiento de fármacos, mientras que, en algunos casos, también liberan potentes neurotoxinas que son perjudiciales o incluso letales para los seres humanos (Teta et al., 2017).

Otros equipos por considerar para implementarlos en la boya.

En las siguientes tablas se considerarán otros equipos que se implementarán en el desarrollo de la boya tipo oceanográfica. Cada una de las tablas se marcará con una franja color naranja como en las tablas anteriores con el fin de determinar cuál se seleccionó para cada elemento.

Tabla 14. Baterías de carga solar.

Nombre baterías	Carga eléctrica (amperio-hora AH)	Voltaje DC	Voltaje uso cíclico	Corriente inicial (Amperios "A")	Precio US \$
Mighty Max Battery	18 Ah	12 v	14.5-14.9 v	5.4 A	\$ 36.17
ExpertPower - LiFePO4 de litio	20 Ah	12.8 v	14.4 v	10 A	\$ 189.99
ExpertPower EXP12180 - Batería de plomo	18 Ah	12 v	14.4-14.7 v	5.4 A	\$ 38.29

Fuente: Propia (2021).

En esta tabla 14 se hicieron las debidas comparaciones entre las baterías más adecuadas para el uso que le queremos dar como solo es para alimentar placas electrónicas no se buscaron baterías muy grandes además era esencial que fueran compatibles con panel solar.

Tabla 15. Panel solar con controlador de carga.

Panel Solar	Potencia (W)	Voltaje (V)	Incluye controlador de carga para batería.	Precio US\$
SUNER POWER	30 W	12 V	Sí	\$ 89.95
TP-Solar	20 W	12 V	Si (hasta 10 A)	\$ 44.99
SOLPERK	30 W	12 V	Si	\$ 69.99

Fuente: Propia (2021).

En esta tabla 15 su búsqueda fue realizada con la finalidad de recargar las baterías y no tener que estarlas cambiando durante mucho tiempo debido al costo y tiempo de cambio que esto tendría además se buscaron que ya tuviera incluido un controlador con el cual pudiéramos cargar la batería sin inconvenientes.

Tabla 16. Módulos de Comunicación.

Módulo de Comunicación	Interfaz de comunicación	Distancia (metros "m" o kilómetros "km")	Frecuencia de trabajo (Megahercio "MHz")	Precio US\$
XBee series 2 MW Malla Alambre Antena (XBee XB24-Z7WIT-004)	UART de 3.3V CMOS	100 m (0.1 km)	2400 MHz	\$ 26.95
E32-915T20D módulo basado en RFIC SX1276	UART	3000 m (3 km)	915 MHz (900-931 MHz)	\$ 21.99
MODULO RF TRANSCÉPTOR LORA RA-01 SX1278	SPI semidúplex	10,000 m (10 km)	433 MHz (420 – 450MHz)	\$ 175.00
Digi XBee-PRO 900HP RF Module (DIGI XBP9B-DMST-002)	UART (3V), SPI	45,061.6 m (45 km)	900 MHz	\$ 67.04

Fuente: Propia (2021).

Lámparas UV Sumergibles.

Debido a que las lámparas UV no afecta el ecosistema de los peces se sugiere la implementación de lámparas sumergibles que estarían conectadas en la boya, debidamente estas estarán realizando la desinfección del agua en el área que estén establecidas.

Tabla 17. Lámparas UV del mercado.

Lampara UV	Material	Potencia (Watts "w")	Longitud iluminada (nanómetros "nm")	Precio US\$
Lámpara Ultravioleta UV SUMERGIBLE-CE-TANK MÁSTER	Acero inoxidable	55 w	-	\$ 355.00
Lámparas sumergibles de luz ultravioleta TNN	Sistema resistente al agua marina.	15 w	254	\$ 160.00
lámpara esterilizadora	ABS	20 w	264	\$ 35.36
lámpara UV	-	13 w	254	\$ 34.56
LEDGLE tipo LED	Vidrio de cuarzo	13 w	-	\$ 15.99

Fuente: Propia (2021).

La instrumentación seleccionada en esta sección es para complementar la realización del prototipo de una boya con los sensores y elementos presentados, en la siguiente tabla se muestra un resumen con cada uno de los sensores y elementos seleccionado.

Tabla 18. Resumen de Elementos seleccionados.

Elementos	Precio
Sensor de temperatura TSYS01	\$ 60.00
Sensor de PH PINPOINT	\$ 37.75
Sensor de Conductividad Atlas Scientific	\$ 138.99
Sensor de Oxígeno Disuelto	\$ 223.00
Sensor Cianobacterias RELIHONESEI	\$ 1,650.00
Batería de carga solar LiFePO4 de litio	\$ 189.99
Panel solar TP-Solar	\$ 69.99
Módulo de Comunicación XBee-PRO 900HP	\$ 67.04
Lámparas sumergibles de luz ultravioleta TNN	\$ 160.00

Fuente: Propia (2021).

5.2.2 CICLO II. SUGERENCIA DEL PROCESO DE RECICLAJE.

Etapa II.I Objetivo.

Presentar las propuestas del proceso de reciclaje mediante robots distribuidores de basura y maquinas trituradoras que permitan el reciclaje del plástico y la sugerencia de un revestimiento para metal con el acero utilizado para usos en lugares de corrosión.

Etapa II.II Análisis de riesgos.

Los riesgos que podría haber es que el revestimiento sugerido para los prototipos futuros no tenga la capacidad de una larga duración como se espera ya que la basura que será procesada en las maquinas es del mar y esta las podría corroer a largo plazo.

Etapa II.III Desarrollar, Verificar y Validar.

- Encontrar investigaciones científicas para el desarrollo de las tecnologías a sugerir como un sistema que permite la detección de plásticos y colocarlo en un contenedor según sea la clasificación del material.
- Determinar una maquina trituradora que al verter el plástico.

Etapa II.IV Resultados

Los resultados de este proceso determinan una mejora para reciclar ya que se espera que al implementar tecnologías de recolección estas hagan todo el trabajo de las personas permitiendo a las maquinas recicladoras estar en un determinado lugar fijo, mientras otros robots se encargan de traer consigo los desechos sólidos.

Etapa II.V Planificar.

Terminando este ciclo de manera eficiente pasamos al siguiente ciclo donde se sugiere una propuesta técnica para solucionar y disminuir la contaminación de las playas y el mar que puede afectar la salud de las personas y el medio marino/costero, mostrando propuestas de tecnologías existentes que podrían ser beneficioso en el medio local.

Proceso de Reciclaje Sugerido.

Para el proceso de reciclaje de la basura marina se realizó una búsqueda de investigaciones en las revistas científicas con el fin de implementar proyectos futuros en el reciclaje de la basura marina con el fin de integrar estas investigaciones en un solo proyecto como se sugiere más adelante ya que el fin de este apartado es tener una maquina trituradora de basura resistente a la corrosión ya que estaría ubicada cerca de la playa.

- Robot para Clasificar Basura.

La basura incinerada contamina el aire y libera carcinógenos en la atmósfera. Para reducir el trabajo del personal de limpieza, se buscaron investigaciones relacionadas donde realizaron un robot para clasificar la basura para su reciclaje. El robot identifica los objetos y su ubicación a

partir de la imagen de profundidad, los coge con su brazo mecánico y finalmente, los deposita en el contenedor de reciclaje correspondiente. Este robot propuesto puede reducir la carga del personal de limpieza.

Arquitectura del Sistema:

El sistema incluye un kit de desarrollo DE10-Nano un brazo robótico, un módulo de ultrasonidos, un lidar, tres ruedas Omni y placa UP2, Cámara 3D RealSense F200

El DE10-Nano Development Kit ayuda a:

- (1) obtener los archivos de imagen del servidor HTTP
- (2) procesar la imagen y reconocer el objeto,
- (3) detectar obstáculos y evitar colisiones mediante lidar y el módulo de ultrasonidos,
- (4) el control de los motores DC y las ruedas Omni para mover el robot en todas las direcciones
- (5) controlar el brazo robótico de 3 ejes para recoger los objetos y colocarlos objetos y colocarlos en el contenedor de reciclaje correspondiente.

El robot de reciclaje basado en el aprendizaje automático que puede reconocer las botellas a partir de imágenes de profundidad. El sistema tiene seis características:

- (1) Utiliza una cámara 3D para realizar el aprendizaje profundo y el reconocimiento de objetos.
- (2) Distingue las botellas de los objetos que no son botellas.
- (3) Calcula el centro de gravedad de un objeto mediante el procesamiento de imágenes.
- (4) El brazo robótico coge los objetos y los deposita en el correspondiente contenedor de reciclaje.
- (5) Se utilizan tres ruedas Omni para los movimientos omnidireccionales.
- (6) Utiliza un módulo de sensores YDLIDAR y módulo de sensores ultrasónicos para observar el entorno y facilitar la detección de obstáculos y evitar colisiones.

Este sistema propuesto puede ayudar a dividir el plástico para seguidamente entregarlo en el contenedor correspondiente de un triturador de residuos plásticos proyecto de otra investigación que más adelante se mostrara.

El reconocimiento de objetos se realiza a través de aprendizaje profundo. El robot puede identificar automáticamente un objeto y su ubicación a través de la profundidad de la imagen. Su brazo mecánico coge el objeto y lo coloca en el contenedor de reciclaje correspondiente.

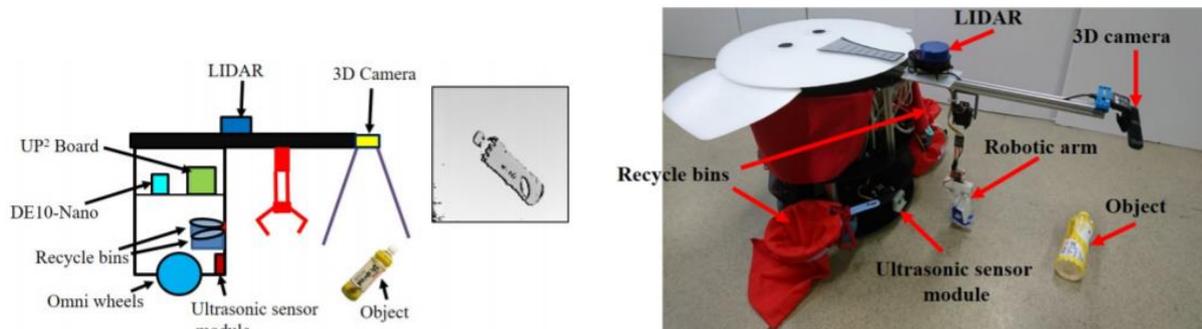


Ilustración 33. Sistema robótico para clasificar basura.

Fuente: (Liao et al.,2018).

El kit de desarrollo DE10-Nano obtiene los resultados del procesamiento y el reconocimiento de imágenes a partir de los archivos de texto y luego controla las Omni-ruedas para acercarse al objeto y controla el brazo robótico de 3 ejes para agarrarlo. Si el resultado del reconocimiento es "botella", el contenedor de reciclaje de botellas se controlará mediante un servomotor MG996R para atrapar el objeto. Si el resultado es "no es una botella", el otro contenedor de reciclaje es controlada mediante un servomotor MG996R para coger el objeto distinto (Liao et al., 2018).

Al implementar este prototipo se podría reestructurar el reconocimiento de botellas a solo plástico para el debido reciclaje mediante maquinas trituradoras.

- Prototipo Triturado de Residuos Plásticos:

El proceso operativo del trabajo consta de, secuencia de trabajo, y la división de los elementos de trabajo en el proceso de producción de los equipos de procesamiento de residuos de plástico. El trabajo en la fabricación de equipos de procesamiento de residuos de plástico proporciona información sobre tiempo de procesamiento, número de escarpas, tipos de actividades realizadas y herramientas o máquinas utilizadas en cada elemento de trabajo. Consta de 2 actividades de inspección con un tiempo total de 175 minutos. Debido a que este producto está diseñado para tener 2 principales funciones, es decir el contador y el calentador que están unidos o integrados en una máquina. De manera que en una sola máquina la misma puede producir 2 salidas diferentes es decir la trituración de plástico y la fusión de plástico

(producto de reciclaje). El equipo de desarrollo considera que todavía se pueden desarrollar muchas cosas (bastante altas) de esta herramienta, como la selección de los materiales del producto, los componentes de la máquina utilizados.

El dispositivo de tamaño medio de 1 m de largo, 6 m de ancho y 1 m de altura, coloca un producto dinámico, que se mueve mediante un motor eléctrico, genera fuentes de energía, y el material utilizado es el hierro contenido en la máquina.

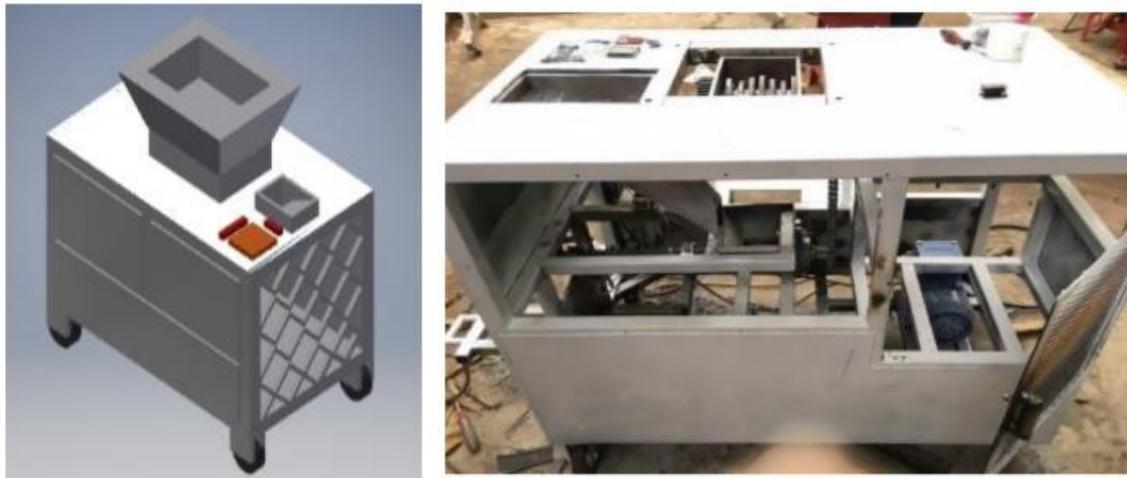


Ilustración 34. Prototipo de Procesador de residuos de plástico.

Fuente: (Parwati et al., 2020).

Sobre la base del tratamiento y el análisis de los datos que se realizó en esta investigación encontrada es:

Realización de prototipos de equipos de tratamiento de residuos plásticos capaces de funcionar para el reciclaje. En el proceso de recuento y calentamiento del plástico puede funcionar bien. En el proceso de recuento, la cuchilla no hace ruido cuando se utiliza la máquina. Pero en el proceso de calentamiento el plástico fundido producido es todavía pequeño en número. Esto se debe a que la colocación del relleno en el tubo de calentamiento todavía no es correcta, por lo que necesita mejorar para poder producir el plástico fundido deseado (Parwati et al., 2020).

En esta investigación se toma como relevante el proceso de trituración del plástico debido a que el funcionamiento se basa en tritura el plástico y almacenarlo en una tolva en la parte inferior al presionar un botón. Las cuchillas realizan todo el trabajo de forma rápida, sin ruido y con escaso consumo energético.

- Revestimiento de nanocompuestos de polímero anticorrosivo para la protección contra la corrosión en el medio marino.

Materiales:

Se pintaron tres revestimientos diferentes (tabla 19) sobre placas de acero E 32 de 3 mm de espesor. Se sumergió en agua de mar recogida de un puerto mencionado en dicha investigación.

Tabla 19. Tipos de muestras probadas

Código de la capa	Descripción
E 32	Acero sin recubrir
E32G	Imprimación: Pintura epoxídica bicomponente de alto contenido en sólidos y alto espesor. Pintura epoxi.
E32GNP	Imprimación: Pintura epoxídica bicomponente, de alto contenido en sólidos y de gran espesor, curada con aducción de poliamida, mezclada con nanopartículas de TiO ₂ (Dióxido de titanio). pintura epoxi, mezclada con nanopartículas de TiO₂.

Fuente: (Mardare & Benea, 2017).

Los experimentos de corrosión se realizaron en acero E 32, sin recubrimiento o recubierto con una imprimación polimérica de dos componentes o con una imprimación polimérica de dos componentes con una capa de pintura de poliuretano epoxi. Para las mediciones de corrosión, todas las muestras se cortaron con unas dimensiones de 25 x 25 x 2 mm. Después se cubrió la superficie con una imprimación polimérica de dos componentes con aducto de poliamida curado, de altos sólidos, pintura epoxi de alto espesor (con un espesor seco (DFT) igual a 40 µm-micrometro). Por último, esta imprimación polimérica se recubrió con poliuretano acrílico brillante de dos componentes con DFT igual a 80 µm (Mardare & Benea, 2017)..

Evolución de la resistencia a la polarización durante el tiempo de inmersión:

La evolución de la resistencia de polarización se realizó por el método de polarización lineal alrededor del valor de potencial libre con una diferencia de potencial muy pequeña (± 40 mV) con el fin de mantener el estado estacionario de la superficie. La resistencia de polarización lineal es el único método de monitorización de la corrosión que permite medir la velocidad de corrosión directamente, en tiempo real. El valor más bajo de la resistencia de polarización (R_p) se alcanza en el acero E 32 sin recubrimiento, siendo igual a 0,195 kohm-cm².

Del presente trabajo de investigación experimental y de los resultados obtenidos, concluyeron lo siguiente. Al recubrir el acero con imprimación polimérica, el potencial de circuito abierto se desplaza a valores más positivo de $E = -681$ mV a $E = -599$ mV. Añadiendo a la imprimación *polimérica nanopartículas de TiO_2* , el potencial de circuito abierto se desplaza aún más hacia valores positivos, lo que confirma el efecto beneficioso de las nanopartículas de TiO_2 . A partir de la polarización lineal de 200 puntos, se calculó la evolución de la resistencia de polarización (R_p), resultando el valor más alto para la imprimación polimérica modificada con nanopartículas de TiO_2 . Así, la R_p del acero con imprimación polimérica más TiO_2 es unas doscientas veces mayor que la R_p de la imprimación sin nanopartículas y unas 1000 veces mayor que la del acero sin recubrimiento. El buen efecto de la adición de nanopartículas de TiO_2 a las imprimaciones poliméricas se revela también por la velocidad de corrosión, como índice de penetración, que es menor para el acero revestido con imprimación modificada con nanopartículas, con un valor de $0,141 \mu\text{m/año}$. El acero sin recubrimiento muestra una mayor tasa de corrosión de $386,79 \mu\text{m/año}$, que sólo se redujo a $29,92 \mu\text{m}$ al recubrirlo con una imprimación simplemente polimérica. Las mediciones de voltametría cíclica demostraron el mejor comportamiento del acero recubierto con *imprimación más nanopartículas de TiO_2* , mostrando el mayor dominio pasivo en el rango de potencial explorado. También a partir de voltametría cíclica se reveló que el acero sin recubrimiento es sensible a la corrosión localizada, mostrando la histéresis específica. El acero recubierto con imprimación mezclada con nanopartículas de TiO_2 no muestra el dominio transpasivo (la corriente anódica no aumentó) y revelan la ausencia de histéresis específica para corrosión localizada. Los recubrimientos poliméricos aumentan la vida útil del acero y esto se materializa en reducción de los costes de mantenimiento (Mardare & Benea, 2017).

En este apartado se pensó la finalidad de la unión de un robot que puede detectar la basura y clasificarla para seguidamente almacenarla en el contenedor de la maquina trituradora de plástico que mediante cuchillas en el interior tritura el plástico, que luego cae en una tolva o contenedor ya triturado para este tipo de máquinas se sugiere el revestimiento en el acero de *pintura epoxi, mezclada con nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2)* para la protección contra la corrosión en el medio marino y evitar gastos en mantenimiento.

5.2.3 CICLO III. PROPUESTAS DE TECNOLOGÍAS PARA LIMPIEZA EN EL MEDIO MARINO/COSTERO.

Etapa III.I Objetivos

Determinar tecnologías como robot que contribuyan a la limpieza de las playas o en el mar para disminuir la contaminación de desechos que existen en la arena y agua del municipio de Omoa.

Etapa III.II Análisis de Riesgo

Los riesgos en este ciclo se deben a que las tecnologías propuestas son en escala menor ya que son prototipos que se han realizado en otras investigaciones científicas y esto requiere modificaciones en futuras realizaciones.

Etapa III.III Desarrollar, Verificar y validar

- Determinar y sugerir las nuevas tecnologías existentes para combatir la contaminación marino-costera.
- Sugerir robot que recolecten basura o desechos secos para implementar en las playas.
- Determinar y sugerir robots subacuáticos que ayuden en la recolección de basura en el agua.

Etapa III.IV Resultados

Se realizó la debida investigación de las nuevas tecnologías existentes que dan funcionalidad para limpiezas en el medio marino costero de los contaminantes plásticos que existen y eso nos permitirá tener un ambiente libre de contaminación de bacterias que podrían dañar a las personas que visitan las playas para uso recreativo.

Etapa III.V Planificar.

Se ha culminado con éxito cada una de las etapas a continuación se presenta detalladamente el proceso de manera descriptiva del presente ciclo y al final del presente ciclo se prosigue al ciclo cuatro donde detallaremos la ubicación de los robots propuestos en esta investigación.

5.2.3.1 Tecnologías de Limpieza para disminuir la Basura en el medio Marino-Costero.

Se realizó una búsqueda de proyectos e investigaciones relacionadas con la robótica que permite hacer actividades como limpieza de basura, análisis o simplemente navegación bajo el agua para futuras implementaciones de recolección de datos con sensores subacuáticos al

implementar robots marinos que permitan la exploración bajo el agua. A continuación, se describe cada una de las investigaciones encontradas:

- Diseño de robot recolector de basura (desechos secos):

Este robot está diseñado para la recolección de basura en ámbitos amplios, donde aplicaron tres sensores ultrasónicos controlados mediante un microcontrolador con el fin de leer obstáculos que en este caso sería la basura, su movilización es mediante un sistema de manipulación basado en 2 ejes con un manipulador de punta conectado con agarre. Los robots móviles se mueven utilizando motores DC y servomotores. En este estudio el robot móvil está diseñado para que se asemeje a los vehículos de cuatro ruedas con un sistema y un mecanismo similares, tracción a las cuatro ruedas con 2 ruedas traseras como impulsor y 2 ruedas delanteras como centro de control y un sistema de manipulación diseñado para levantar cajas de basura y distribuir las. En esta investigación realizaron pruebas de un entorno abierto para la recolección de basura y que el robot se mueva y evite obstáculos y recuperar la basura, en la detección de objetos a menos de 14 cm, el robot recolector se detiene y transporta la basura al contenedor (Prasetyo et al., 2020). A continuación, se muestran unas ilustraciones como ejemplo de la estructura para el robot recolector de basura que se propone, primero en la figura 35 tenemos un robot que contiene una pinza para la recolectar la basura.

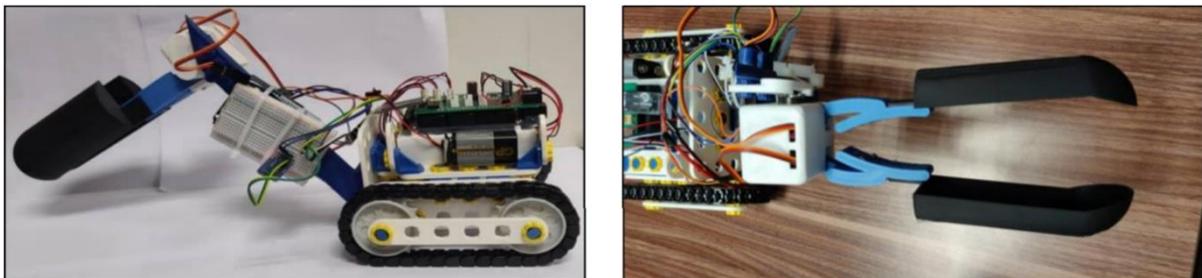


Ilustración 35. Robot con pinza.

Fuente: (Rahman et al., 2021).

En la figura 36 podemos observar otro robot que puede ser usado para desplazarse en la arena ya que su estructura es basada en el arrastre de animales como los reptiles.

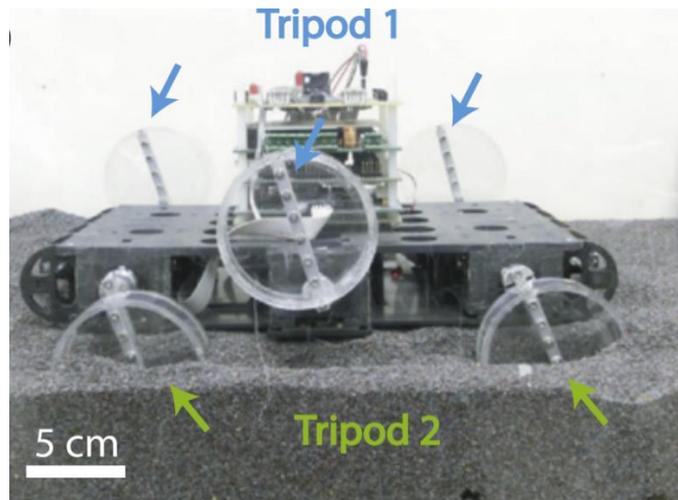


Ilustración 36. Robot en suelo fluido.

Fuente: (Qian, 2015).

La implementación de un robot recolector de basura podría ayudar a limpiar las playas que están llenas de basuras en el municipio de Omoa, con los materiales adecuados y a una mayor escala esto podría contribuir a la limpieza de desechos en la zona costera donde muchas personas llegan y tiran la basura en la arena.



Ilustración 37. Basura acumulada en playa de Cuyamel (Buena Vista).

Fuente: Propia (2021)

- Vehículo Submarino para observación marina:

Este proyecto está diseñado para realizar exploraciones bajo el agua y ser controlado mediante control remoto mediante un cable umbilical, utilizan 2 Arduino UNO con microcontrolador AtMega 238p el primer microcontrolador fue utilizado para el control de navegación y el segundo para identificar el nivel de tensión de la batería, incluyendo un potenciómetro

utilizado como un medidor del potencial eléctrico e identificar el dispositivo como un voltímetro para identificar el nivel de tensión de la batería del robot.

Debido a que la carga de los motores no será siempre la misma por el caudal de agua. En ocasiones, la carga puede ser muy alta, lo que puede consumir mucha corriente de la batería. Tres fusibles de 30A están para evitar que los componentes electrónicos se dañen en caso de una sobre corriente inesperada. Además, la batería utilizada en este proyecto es una batería de plomo-ácido que puede proporcionar una salida de alta potencia constante durante un largo periodo de tiempo (Sabri et al., 2017).

Por la importancia de identificar cual es la máxima carga en los motores de corriente continua de alto par y velocidad, y realizaron el experimento utilizando la máxima carga para asegurarse de que el circuito puede mantener su funcionalidad en condiciones extremas. Con el Vehículo submarino operado a distancia (ROV) realizaron pruebas en superficie y bajo el agua para analizar su rendimiento.

En el resultado de las pruebas el controlador de motor Smart Drive 40 se utiliza para soportar la corriente de carga máxima en el sistema de no más de 20 amperios para evitar el sobrecalentamiento de la placa. Los motores de corriente continua, ellos probaron durante una hora bajo el agua y haciendo funcionar los motores de forma continua durante más de 20 minutos. En este proyecto utilizaron una cámara de auto para la captura de imágenes de alta resolución. La cámara está modificada para incluir características de impermeabilidad (Sabri et al., 2017).



Ilustración 38. Hardware del ROV.

Fuente: (Sabri et al., 2017).

A pesar de ser un robot submarino operado por un cable umbilical para controlarlo este robot sirve como referencia de las nuevas tecnologías implementadas bajo el agua a bajo costo,

pudiendo implementarse para navegación en el mar con diferentes propósitos, además de la cámara para realizar investigaciones de las profundidades del mar como en esta propuesta la implementación de una pinza como en el proyecto anterior para recolecciones de basura bajo el agua, además incluir sensores que permitan hacer investigaciones de la calidad del agua (pH, temperatura, conductividad, etc.).



Ilustración 39. Bolsas plásticas en el agua del mar en Omoa.

Fuente: Propia (2021).

- Diseño y fabricación de robot acuático recolector de basura marina:

Este proyecto aún no es publicado ya que actualmente está siendo trabajado por estudiantes de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC) a la cual se entrega dicha investigación presente, la finalidad de este proyecto es hacer un robot submarino recolector de basura.

El robot es dirigido mediante un control de radiofrecuencia que incluye turbinas en el cual cada turbina utiliza 2 canales mediante un controlador realiza el cambio de giro por PWM con el control de radio frecuencia, realizando movimientos hacia adelante y atrás, para la realización de giros, los giros de cada par de turbina son diferentes entre cada par una en sentido horario y los otros dos antihorario. El robot se controla manualmente para la recolección de basura en el agua, pasando por encima de la basura ya que el robot contiene un hueco en la parte de abajo del robot por donde entra la basura y queda en una red metálica donde se irá almacenando la basura encontrada en el agua, en la parte frontal del robot contiene una cámara que mediante inteligencia artificial detectara los objetos que encuentre a su paso como residuos plásticos, etc.

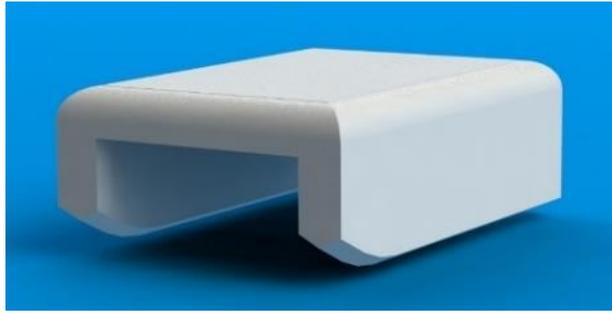


Ilustración 40. Diseño de robot acuático recolector de basura marina.

Fuente: Estudiantes de UNITEC (2021).

Se espera que al implementar la boya diseñada como propuesta y los robots sugeridos en esta investigación pueda disminuir gran parte de la basura tanto en el mar como en la arena y los contaminantes bacterianos existentes en el agua.

5.2.4 CICLO IV. UBICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE LIMPIEZA PROPUESTO.

Etapa IV.I Objetivos

Determinar la ubicación de cada uno de los robots propuestos en esta investigación para disminuir la contaminación por desechos y contaminantes existentes en las playas del municipio de Omoa. Clasificar según el tipo de robot cuantos contendrá cada lugar de estudio en esta investigación.

Etapa IV.II Análisis de Riesgo

Los riesgos que podría haber en este apartado es que la cantidad de robot propuesto no se suficiente o podría ser que con menos se realizaría la tarea muy bien.

Etapa IV.III Desarrollar, Verificar y validar

- Ubicar los robots recolectores de basura de desechos secos en las playas de estudio del municipio de Omoa.
- Determinar la ubicación y cantidad de robots subacuáticos recolectores de basura marina en los lugares con más contaminación en el agua.
- Se determinará la ubicación de cada boya oceanográfica.
- Determinar si una maquina trituradora de desechos plásticos estará cerca de la arena.

Etapa IV.IV Resultados.

Debido a los lugares que se determinaron gracias a una investigación por parte de la BBC News se realizó la ubicación en; Omoa, Muchilena, Masca y Cuyamel de los robots recolectores de basura en arena y los robots submarinos para la recolección de basura en el agua, estos fueron determinados según el grado de contaminación encontrada en el agua y la basura que se encontró en las playas en los demás lugares de estudio con escasas de contaminación bacteriológicas también la ubicación de una maquina recicladora en cada uno de los lugares.

Etapa IV.V Planificar.

Se ha culminado con éxito cada una de las etapas a continuación se presenta detalladamente el proceso de ubicación de cada uno de los robots propuestos en esta investigación con el fin de mitigar la contaminación por desechos plásticos en las playas y en el mar del municipio de Omoa. A continuación, se detalla mediante un mapa.

Determinación de localización de los robots de limpieza y descontaminación.

Primeramente, la ubicación de las boyas estará a 5 km de distancia de la costa aproximadamente y a continuación se determinará la ubicación de cada uno de los robots de limpieza, que se decidió así debido a medidas de datos encontrados de otras boyas oceanográficas y robots existentes en otros países. Para comprender mejor la separación de las tecnologías propuestas se hicieron mediciones en Google Maps para tener datos precisos del distanciamiento entre las boyas y la cantidad de robots en las playas de las localidades mencionadas en esta investigación.

Los robots recolectores de desechos estarán representados con figuras de robots en color naranja y con numeración en color blanco, los robots submarinos estarán representados con figuras blancas como su diseño y numeración en color azul, las boyas oceanográficas son las figuras de color amarillo y su numeración blanca, las maquinas trituradoras son las figuras de color gris y su numeración en color amarillo. A continuación, la representación de cada una de las tecnologías en el mapa de cada localidad.

- Localidad 1 Omoa:

En esta sección se determinará la ubicación de los robots y boyas para la debida limpieza tanto en el agua como en la arena en las playas de Omoa para tener una mejor visualización de como estarían organizados en la figura 41 se muestra el mapa de Omoa como primera localidad a mostrar.



Ilustración 41. Boya 1 en Omoa

Fuente: Google Maps (2021)

La ubicación de esta boya 1 está a unos 5 km aproximadamente desde la costa de Omoa a mar adentro. En la siguiente figura 42 se visualiza los robots de limpieza que primero se definirá los robots submarinos para recolección de basura en el mar el cual se determinaron 2 robots que estarían ubicados en el agua cerca del muelle de Omoa y se definió así ya que en los resultados fue una de las playas con más contaminación en el agua, luego el robots 1 estaría ubicado en la playa cerca del muelle y la maquina numero 2 para triturar basura cerca de la playa, también se ubicaron el robot 2,3 y la maquina 1 trituradora de basura, en la playa de Omoa que está ubicada al norte por la entrada de la Colonia Costa Rica hacia abajo.

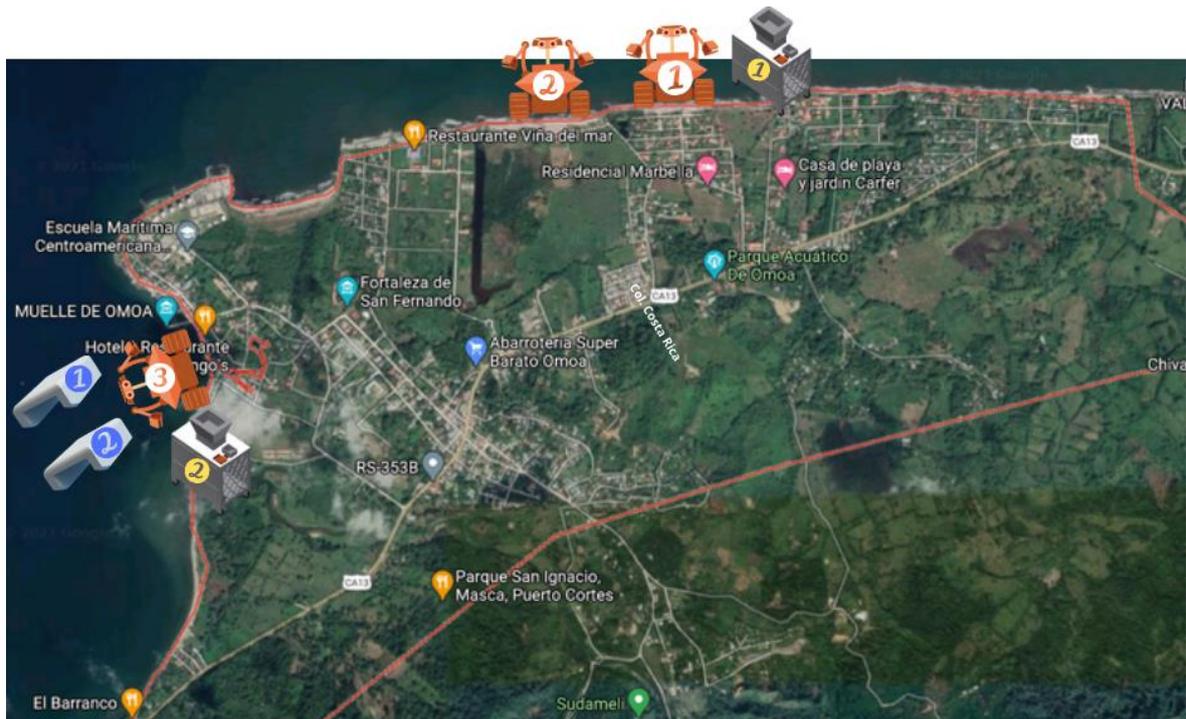


Ilustración 42. Robots de limpieza en Omoa y triturador de basura.

Fuente: Propia (2021)

- Localidad 2 Muchilena:

En esta localidad primero se definirá la ubicación de la boya 2 que se ubicaría a una distancia de 5 km desde la costa de Chachahuala debido a que si se ubicara a una distancia desde la costa de Muchilena que es el área de estudio esta quedaría cerca de tierra en comparación con las demás debido al pico de tierra que tiene Chachahuala, la distancia de la boya desde Omoa hasta Chachahuala sería de 6.5 km aproximadamente en la siguiente figura se observa la localidad.

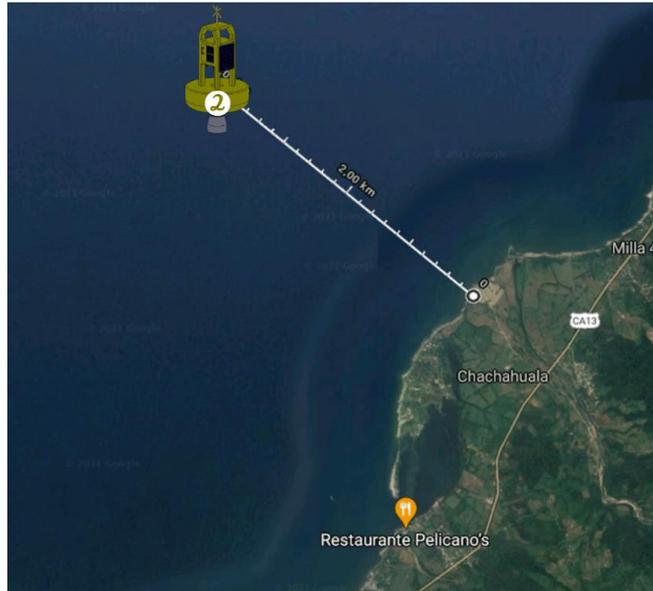


Ilustración 43. Boya 2 en Muchilena.

Fuente: Google Maps (2021).

Luego en la siguiente ilustración 44 podemos ver un acercamiento en la comunidad de Muchilena donde se estarían ubicando el robot 4 y 3 de los robots subacuáticos para la limpieza de desechos en el agua ya que la extensión territorial de las playas no es mucha no se ubicó ningún robot de limpieza de desechos secos y la maquina trituradora de basura número 3.

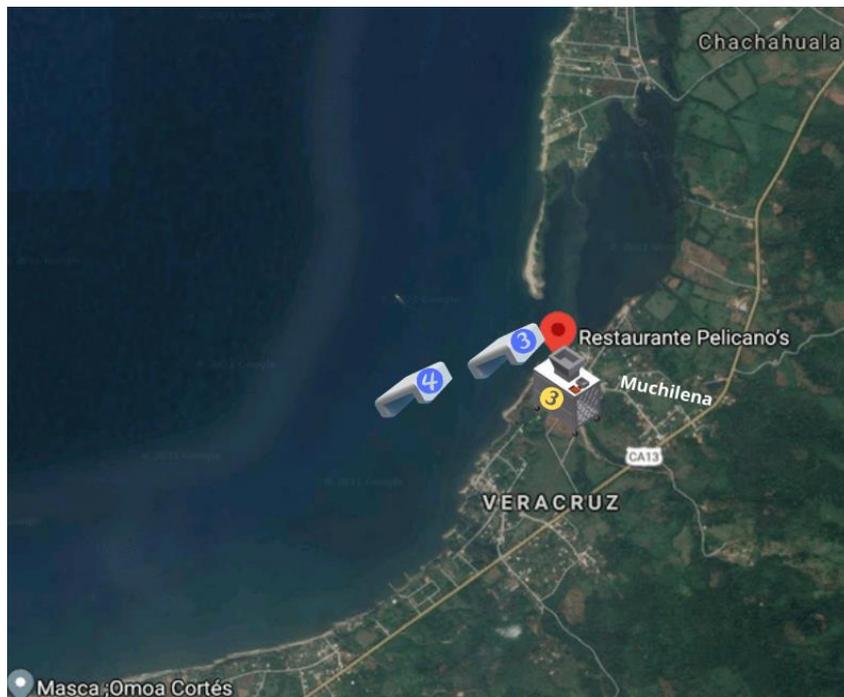


Ilustración 44. Robots acuáticos en Muchilena y trituradora de basura.

Fuente: Propia (2021)

- Localidad 3 Masca:

En esta localidad se encuentra la ubicación de las tecnologías en Masca esta playa fue una con los resultados más bajos en coliformes totales y fecales de esta investigación, pero la presencia de basura en las playas es mayor. Primero presentaremos la ubicación de la boya 3 que estaría ubicada a 5 km con una distancia desde la playa hasta mar adentro y la distancia entre la boya anterior la 2 con la boya 3 es de 3.5 km.

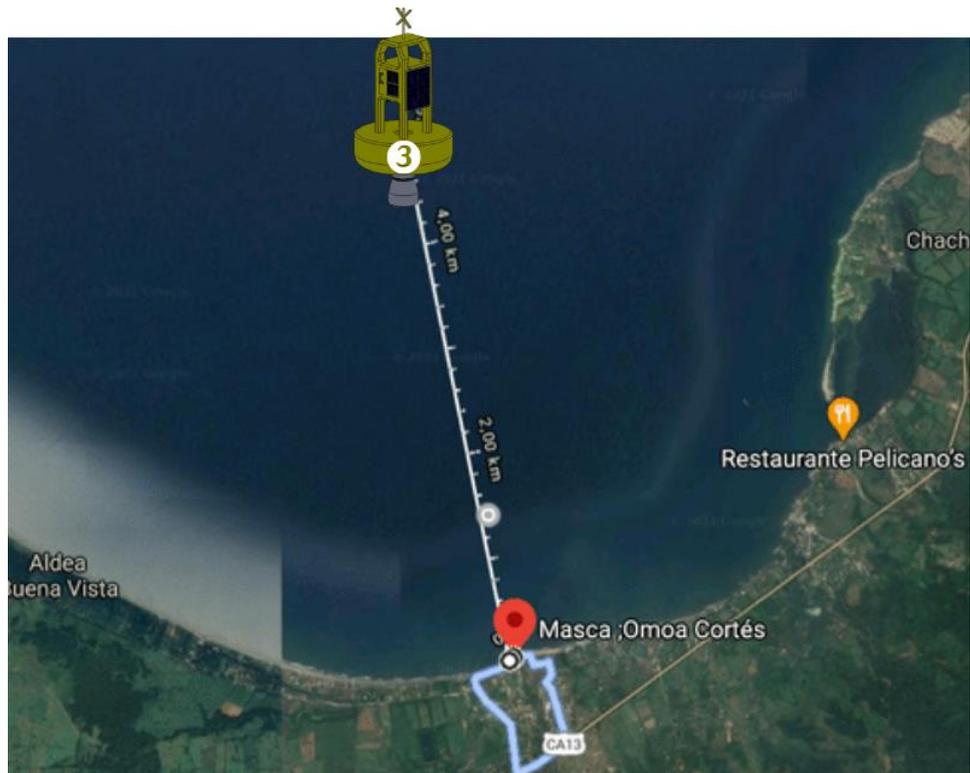


Ilustración 45. Boya 3 en Masca.

Fuente: Google Maps (2021).

Luego tenemos la ubicación de los robots de limpieza de desechos secos que estarían ubicados en la playa (arena) de Masca, en esta playa se recomienda el uso de 2 robots de limpieza debido al alto porcentaje de basura que suele llegar y mucho más en temporadas de invierno y una máquina trituradora de basura para el reciclaje muy cerca de playa para que los robots puedan depositarla.

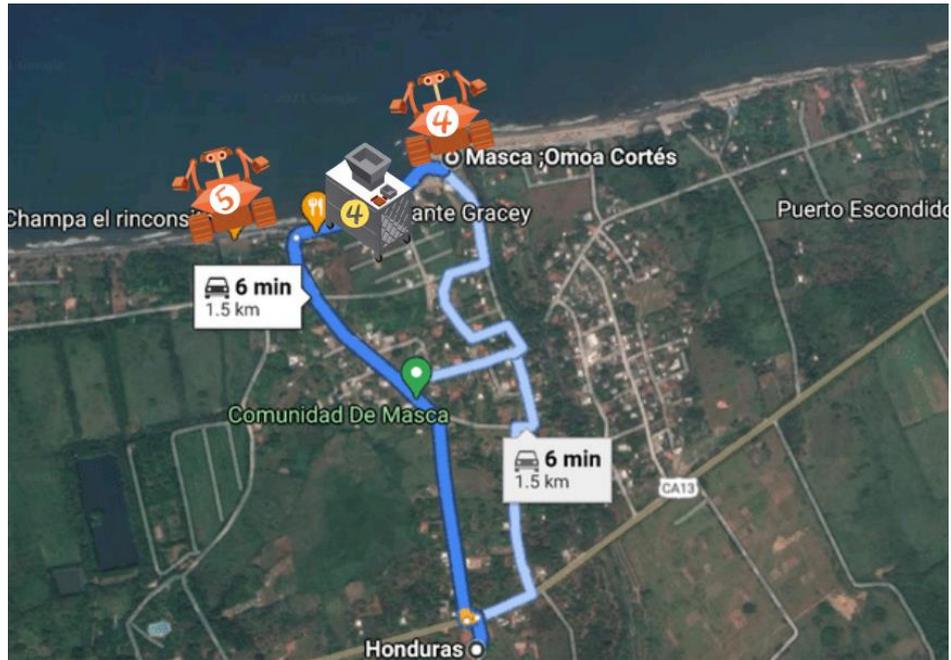


Ilustración 46. Robots de limpieza en Masca y triturador de basura.

Fuente: Propia (2021)

- Localidad 4 Cuyamel (playas de Buena Vista):

Igualmente, como en la localidad 3 la playa de Buena Vista de Cuyamel es una de las playas con mayor porcentaje de basura y es una con menor contaminación bacteriológica en el agua, pero la presencia de contaminación en la arena es notoria al igual que en años anteriores. En la figura 47 observamos la ubicación de la boya 4 que estaría ubicada a una distancia desde tierra de 5 km aproximadamente y una distancia con la boya 3 ubicada en Masca de 3.5 km.

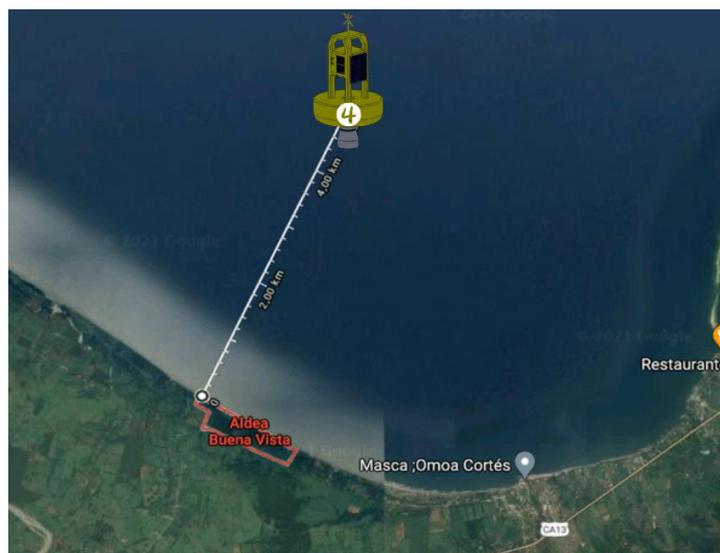


Ilustración 47. Boya 4 en Cuyamel (Buena Vista).

Fuente: Google Maps (2021).

Realizando un acercamiento en la Aldea de Buena Vista debido al alto deposito que suele haber en esta playa se recomienda el uso de 2 robots de limpieza de desechos secos para la recolección de basura en la arena y la maquina 5 para el reciclaje de la basura plástica.



Ilustración 48. Robots de limpieza en Cuyamel (Buena Vista) y triturador de basura.

Fuente: Propia (2021)

Para concluir con esta sección de la ubicación de las tecnologías de limpieza también se determinó la ubicación de una boya 5 frente a la desembocadura del río Motagua, para realizar comparaciones de los factores físicos del mar con las boyas ubicadas a lo largo del municipio de Omoa, con la finalidad de que nos muestren más información acerca del agua y luego tomar las decisiones respecto a esos datos. La ubicación de esta boya numero 5 estará a unos 5 km aproximadamente y una distancia entre la boya 4 ubicada en Buena Vista (Cuyamel) de 3.8 km. A continuación, se muestra un resumen de las tecnologías implementadas.

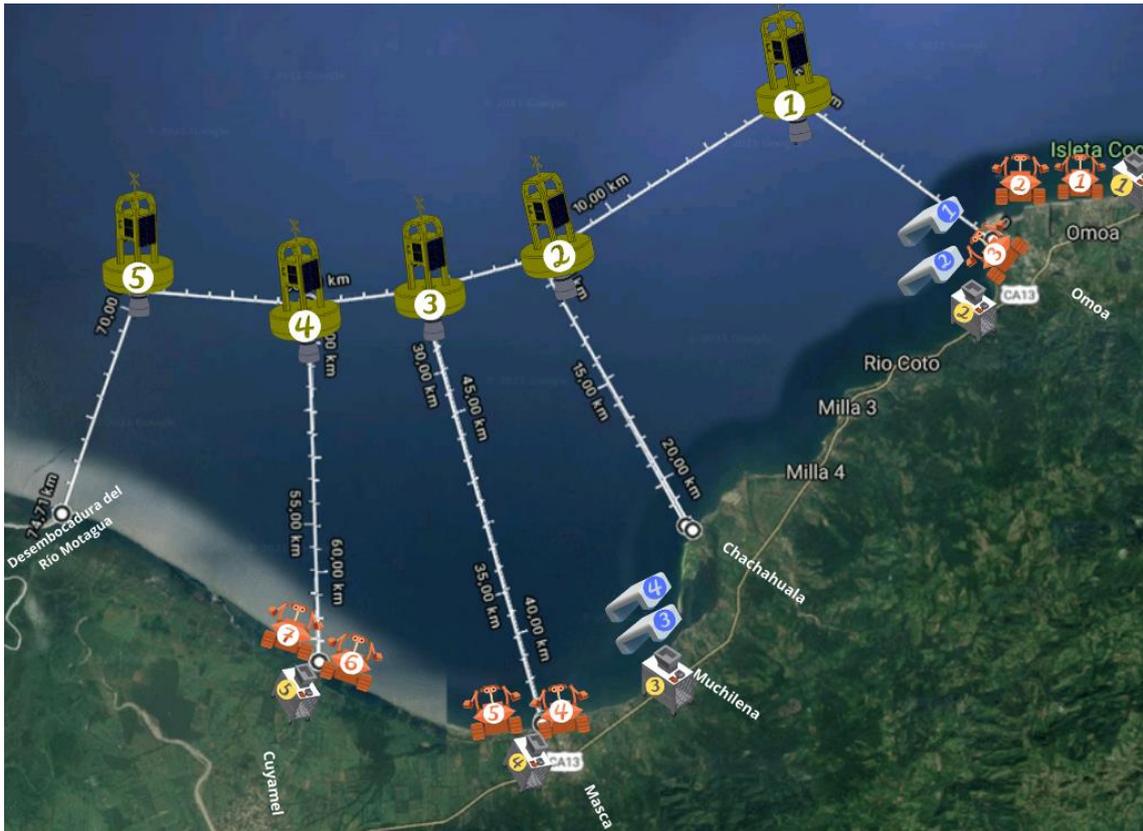


Ilustración 49. Boya 5, resumen de robots para limpieza y recicladores.

Fuente: Propia (2021)

En total sería 7 robots de limpieza para desechos secos, 4 robots submarinos recolectores de basura marina 5 boyas oceanográficas y 5 máquinas trituradoras de basura para el reciclaje de la basura, las boyas serán utilizadas para el monitoreo de parámetros físicos que tendrá implementada una lámpara UV sumergible para descontaminación bacteriológica.

Se consideró ubicar más boyas cerca de Omoa ya que es la zona con mayor porcentaje de contaminación de bacterias coliformes, pero debido a que llegan embarcaciones no sería adecuado debido a la ruta de los barcos.

Se espera reducir gran parte de la contaminación por bacterias coliformes debido a la implementación de lámparas sumergibles UV en cada una de las boyas, además reducción de la contaminación por desechos sólidos en las playas ya sea en la arena como en el agua de mar con la implementación de todas las tecnologías y robots sugeridos en esta investigación.

5.3 DISCUSIÓN

En los resultados de esta investigación pudimos encontrar una contaminación detectable en bacterias de coliformes totales y fecales en las playas del municipio de Omoa con el fin de encontrar estos factores que afectan la calidad del agua debido a la contaminación mediante basura y el mal uso recreativo de las playas y el mar, que coinciden con las investigaciones de Retnaningdyah (2019); Lukistyowati (2019) y Rodríguez (2017). Por su parte algunos parámetros de la calidad del agua como el pH, la turbidez, el fósforo total y oxígeno disuelto (OD) fueron utilizados por Retnaningdyah (2019) y en el caso de Lukistyowati (2019) utilizó parámetros de calidad como pruebas bacteriológicas en *E. coli* que proviene de los coliformes fecales el cual su origen es del intestino de los humanos y animales de sangre caliente además hizo análisis de pH, la turbidez, oxígeno disuelto (OD), nitrato fósforo. Otra de las investigaciones mencionadas como Rodríguez (2017) también realizó estudios microbiológicos del agua mediante indicadores de coliformes.

Se concluyó en esta investigación que los factores realizados en esta investigación como el análisis microbiológico e investigación de los factores físicos como la temperatura tiene similitud con las investigaciones mencionadas, en esta investigación se hicieron sugerencias para combatir con el crecimiento microbiológico del agua además se hizo un diseño que mediante el uso de boyas oceanográficas sugeridas en esta investigación para realizar un análisis prolongado del agua, algo que no coincide con los trabajos de Retnaningdyah (2019); (Lukistyowati et al., 2019) y (Rodríguez et al., 2017), en los cuales solo hicieron un análisis de calidad de agua cabe destacar que la investigación de (Retnaningdyah et al., 2019) solo realizaron análisis físicos del agua.

Mediante los resultados encontrados en esta investigación se hizo un diseño para elaboraciones futuras de una boya robótica el cual pueda realizar análisis de pH, conductividad, oxígeno disuelto, y temperatura mediante sensores e integración de módulo de comunicación para el monitoreo de las condiciones del agua, que coincide con la investigación de (Kim & Yu, 2018). Por su parte algunas aportaciones de su investigación como el uso de un colorímetro, rayo láser para fijar posicionamiento, antena de comunicación, sonda (sensor de profundidad, turbiedad, pH, oxígeno disuelto, colorímetro y temperatura) e incluyeron una batería para energizar elementos electrónicos y recolectar datos del agua prolongadamente.

En conclusión con la presente investigación es que se sugirió la implementación de sensor para cianobacterias y conductividad, el uso de luces UV para disminuir contaminantes bacterianos en el agua y la implementación de robots acuáticos para la recolección de basura en el agua, basura que también aporta a la contaminación de bacterias, algo que no coincide con el trabajo de Kim & Yu (2018), en los cuales no tomaron estos mismos parámetros en cuenta para el monitoreo del agua en océanos.

Además del uso de sensores para el análisis del agua integrados en la boya tipo oceanográfica y los robots para desechos secos y marinos se sugiere la implementación de luces ultravioleta (UV) en las boyas que estarán en el mar para desinfectar el agua de bacterias como los coliformes e incluso cualquier virus que pueda perjudicar, este tipo de luces UV fueron consideradas en la investigación de Hull (2019) en el uso de un reactor que incluye luces Led y UV para la desinfección de aguas.

La investigación concluyo que estos últimos factores son de gran importancia para la reducción de contaminantes en el agua y al ser implementado en sistema de boya automatizado que incluye los sensores que manda en tiempo real los datos obtenidos del agua mediante un módulo de comunicación, estas sugerencias no coinciden con el trabajo de Hull (2019), ya que su investigación es meramente determinada a descontaminar el agua y que también son de gran utilidad para el medio marino en el cual queremos implementar.

El aporte de esta investigación es ofrecer una alternativa para la calidad del agua marina y de un ambiente limpio en las playas, con la implementación de las tecnologías como robots limpiadores en el agua y la arena, además la implementación de boyas oceanográficas que estén en constante análisis de parámetros físicos del agua e implementación de luces UV sumergibles en la boya para la desinfección del agua contaminada por bacterias, todo de manera autónoma y con la mejor tecnología que podría ofrecer al implementar estas tecnologías en las futuras investigaciones mecatrónicas por realizar.

VI. CONCLUSIONES

En el presente capítulo se exponen las conclusiones del proyecto actual a partir de los resultados obtenidos.

- 1) Se presentaron propuestas de robot utilizados para recolección de desechos en el medio marino-costero. Se espera que al implementar las boyas y los robots sugeridos en esta investigación pueda disminuir gran parte de la basura tanto en el mar como en la arena y los contaminantes bacterianos existentes en el agua en las localidades de estudio.
- 2) Se logró realizar el debido muestreo del agua en el cual se obtuvieron resultados de un análisis de coliformes totales y fecales, los resultados obtenidos en cada uno de los lugares como Cuyamel con 130 en coliformes totales y 1.8 en fecales, Masca con 45 en coliformes totales y 20 en fecales, Muchilena con 9,200 en coliformes totales y 840 en fecales y Omoa con 16,000 en coliformes totales y 1,700 en fecales que seguidamente se hicieron comparación con el valor máximo permisible de la Norma técnica hondureña.
- 3) De acuerdo con los resultados obtenidos en el muestreo se investigó una alternativa para disminuir contaminantes bacterianos en el agua. El cual se sugiere el uso de lámparas sumergibles ultravioletas siendo su proceso germicida de mayor efectividad en el espectro UV-C para los microorganismos en 254-265 nm (nanómetros).
- 4) Se desarrolló el diseño de una boya robótica con el fin de implementarla como parte de las tecnologías sugeridas, para obtener datos de los factores físicos del agua mediante sensores de temperatura, PH, conductividad, oxígeno disuelto (OD) y cianobacterias.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar cambios en las investigaciones encontradas sobre los robots recolectores, como tamaño del primer robot, implementación de sensores y pinza recolectora en el segundo.
2. Realizar un análisis microbiológico exhaustivo en temporadas de invierno, para determinar si la basura que llega es un factor fuerte de contaminación bacteriológica en el agua.

VIII. REFERENCIAS

- 2001_SecSal_Hon_Propuesta_norma_usos_agua.pdf. (s. f.). Recuperado 21 de febrero de 2021, de https://www.redciatox.org/sites/default/files/webfiles/2018/2001_SecSal_Hon_Propuesta_norma_usos_agua.pdf
- Agrawal, S., Varshney, P., & Agrawal, P. (2018). Evaluation of Developed Colorimeter for Glucose Estimation in Water. *2018 2nd International Conference on Micro-Electronics and Telecommunication Engineering (ICMETE)*, 323-330. <https://doi.org/10.1109/ICMETE.2018.00077>
- Amazon.com: American Marine Medidor de pH PINPOINT: Industrial & Scientific. (s. f.). Recuperado 28 de febrero de 2021, de https://www.amazon.com/-/es/American-Marine-Medidor-pH-PINPOINT/dp/B001EHJO64/ref=psdc_3013606011_t1_B0799BXMVJ#descriptionAndDetails
- Amazon.com: Sonda/Sensor de Oxígeno Disuelto – Utilice con oxígeno disuelto metros, transmisores & sistema de controladores – Equipo de prueba para la Hidroponia, fabricación de vino Alimentos seguro – Conector BNC & 1 m. Cable: Home & Kitchen. (s. f.). Recuperado 28 de febrero de 2021, de https://www.amazon.com/-/es/transmisores-controladores-Hidroponia-fabricaci%C3%B3n-Alimentos/dp/B009L67WPU/ref=sr_1_6?__mk_es_US=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&dchild=1&keywords=sonda+dissolved+oxygen&qid=1614199266&sr=8-6
- Apella, M. C. (2005). *2 Microbiología de agua. Conceptos básicos*. 18.
- Aras, M. S. M., Kamarudin, M. N., Zainal, I., Aziri, H., Zambri, M. K. M., Kasno, M. ', Rashid, M. Z. A., & Shah, H. N. M. (2016). Analysis of integrated sensors for unmanned underwater vehicle application. *2016 IEEE International Conference on Underwater System Technology: Theory and Applications (USYS)*, 224-229. <https://doi.org/10.1109/USYS.2016.7893914>
- Bailey, C. J., Braun, D. C., McCubbing, D., Reynolds, J. D., Ward, B., Davies, T. D., & Moore, J. W. (2018). The roles of extrinsic and intrinsic factors in the freshwater life-history dynamics of a migratory salmonid. *Ecosphere*, 9(9), e02397. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2397>
- Baron, J. (1997). Repair of wastewater microorganisms after ultraviolet disinfection under seminatural conditions. *Water Environment Research*, 69(5), 992-998. <https://doi.org/10.2175/106143097X125687>
- Biotechnological applications of microorganisms*. (2019, junio). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702019000100129&lang=es
- Blatchley, E. R. (2019). Disinfection and Antimicrobial Processes. En *Encyclopedia of Water* (pp. 1-19). American Cancer Society. <https://doi.org/10.1002/9781119300762.wsts0005>
- Bongiorno, D. L., Bryson, M., Bridge, T. C. L., Dansereau, D. G., & Williams, S. B. (2018). Coregistered Hyperspectral and Stereo Image Seafloor Mapping from an Autonomous Underwater Vehicle. *Journal of Field Robotics*, 35(3), 312-329. <https://doi.org/10.1002/rob.21713>
- Cifuentes, J. L., Torres García, M. del P., Frías Mondragón, M., México, . Subsecretaría de Educación Superior e Investigación Científica, & Consejo Nacional de Ciencia y

- Tecnología (México). (1995). *El océano y sus recursos*. SEP, Subsecretaría de Educación Superior e Investigación Científica: Fondo de Cultura Económica: CONACYT.
- Colorímetro portátil multiparamétrico DR900 | Termodinámica. (2016). <https://www.termodinamica.cl/colorimetro-portatil-multiparametrico-dr900/product?id=53559078354#>
- Conchubhair, D. Ó., Fitzhenry, D., Lusher, A., King, A. L., Emmerik, T. van, Lebreton, L., Ricaurte-Villota, C., Espinosa, L., & O'Rourke, E. (2019). Joint effort among research infrastructures to quantify the impact of plastic debris in the ocean. *Environmental Research Letters*, 14(6), 065001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab17ed>
- Conductivity Probe K 1.0. (s. f.). Atlas Scientific. Recuperado 28 de febrero de 2021, de <https://atlas-scientific.com/probes/conductivity-probe-k-1-0/>
- Dai, X., Wu, S., & Li, S. (2018). Progress on electrochemical sensors for the determination of heavy metal ions from contaminated water. *Journal of the Chinese Advanced Materials Society*, 6(2), 91-111. <https://doi.org/10.1080/22243682.2018.1425904>
- Disinfection. (2019). En *Practical Waste water Treatment* (pp. 347-368). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119527114.ch15>
- Elahi, H., Munir, K., Eugeni, M., Abrar, M., Khan, A., Arshad, A., & Gaudenzi, P. (2020). A Review on Applications of Piezoelectric Materials in Aerospace Industry. *Integrated Ferroelectrics*, 211(1), 25-44. <https://doi.org/10.1080/10584587.2020.1803672>
- Fast-Response, High Accuracy ($\pm 0.1^{\circ}\text{C}$) Temperature Sensor. (s. f.). Blue Robotics. Recuperado 28 de febrero de 2021, de <https://bluerobotics.com/store/sensors-sonars-cameras/sensors/celsius-sensor-r1/>
- Ferri*, G., Munafò*, A., Tesei, A., Braca, P., Meyer, F., Pelekanakis, K., Petrocchia, R., Alves, J., Strode, C., & LePage, K. (2017). Cooperative robotic networks for underwater surveillance: An overview. *IET Radar, Sonar & Navigation*, 11(12), 1740-1761. <https://doi.org/10.1049/iet-rsn.2017.0074>
- Fukuba, T., Sano, Y., Yamamoto, H., Miwa, T., & Fujii, T. (2019). Development, Deployment and Improvement of Miniaturized in Situ Bio/Biochemical Analysis Systems Towards Multi-Modal Ocean Sensing. *2019 IEEE Underwater Technology (UT)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/UT.2019.8734416>
- Gómez, J. (2020, octubre 25). "Desde hace 10 años" hay estudios para frenar contaminación en el río Motagua – Hondudiaro [Hondudiaro.com]. "DESDE HACE 10 AÑOS" HAY ESTUDIOS PARA FRENAR CONTAMINACIÓN EN EL RÍO MOTAGUA. <https://hondudiaro.com/2020/10/25/desde-hace-10-anos-existen-estudios-para-frenar-contaminacion-de-basura-del-rio-motagua/>
- González, À. M. (2012). ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UNA INFRAESTRUCTURA MARINA PARA MONITORIZAR LAS INTERACCIONES ENTRE LAS ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y EL MEDIO AMBIENTE. 105.
- Gu, R., Ge, X., & Lang, Y. (2017). Design of Multifunctional Electronic Scale Based on Single Chip Microcomputer. *2017 International Conference on Sensing, Diagnostics, Prognostics, and Control (SDPC)*, 670-672. <https://doi.org/10.1109/SDPC.2017.132>
- Han, J., Jiang, W., Zhang, H., Lei, B., Wang, L., & Liu, H. (2021). Submersible Soft-Robotic Platform for Noise-Free Hovering Utilizing Liquid-Vapor Phase Transition. *Advanced Intelligent Systems*, 3(1), 2000147. <https://doi.org/10.1002/aisy.202000147>
- Hata, S., Miyazaki, S., Gondo, T., Kawamoto, K., Horii, N., Sato, K., Furukawa, H., Kudo, H., Miyazaki, H., & Murayama, M. (2017). In-situ straining and time-resolved electron

- tomography data acquisition in a transmission electron microscope. *Microscopy*, 66(2), 143-153. <https://doi.org/10.1093/jmicro/dfw109>
- Hull, N. M., Herold, W. H., & Linden, K. G. (2019). UV LED water disinfection: Validation and small system demonstration study. *AWWA Water Science*, 1(4), e1148. <https://doi.org/10.1002/aws2.1148>
- Ingenieria y medio ambiente. (2007). *Revista de Ingeniería*, 26, 56-63.
- Janetasari, S. A., Hamidah, U., Widyarani, & Sintawardani, N. (2020). Simple water quality observations in Cikapundung River from upstream to downstream to determine the quality. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 483, 012040. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/483/1/012040>
- Kebbi, Y., Muhammad, A. I., Sant'Ana, A. S., Prado-Silva, L. do, Liu, D., & Ding, T. (2020). Recent advances on the application of UV-LED technology for microbial inactivation: Progress and mechanism. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6), 3501-3527. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12645>
- Khmelev, V. N., Nesterov, V. A., Slivin, A. N., & Shalunov, A. V. (2019). Development of the Device for Ultrasonic Cleaning of Small-Sized Products. *2019 20th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM)*, 258-262. <https://doi.org/10.1109/EDM.2019.8823404>
- Kim, J., & Yu, S. (2018). Robotic Buoy and Small AUV System with Laser Positioning System and Real-time Colorimeter. *2018 IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicle Workshop (AUV)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/AUV.2018.8729764>
- Kruse, P. (2018). Review on water quality sensors. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 51(20), 203002. <https://doi.org/10.1088/1361-6463/aabb93>
- Kulchin, Y. N., Voznesensky, S. S., Gamayunov, E. L., Golik, S. S., Ilyin, A. A., Kamenev, O. T., Nikitin, A. I., Pavlov, A. N., Popik, A. Y., Romashko, R. V., & Subbotin, E. P. (2020). Photonic methods and technologies for monitoring the ocean and atmosphere. *Quantum Electronics*, 50(5), 475. <https://doi.org/10.1070/QEL17222>
- Kviatkovski, I., Mamane, H., Lakretz, A., Sherman, I., Beno-Moualem, D., & Minz, D. (2018). Resistance of a multiple-isolate marine culture to ultraviolet C irradiation: Inactivation vs biofilm formation. *Letters in Applied Microbiology*, 67(3), 278-284. <https://doi.org/10.1111/lam.13032>
- Landy, C., & Romeo, G. (2014). *Diseño y construcción del prototipo en línea de un sistema de tratamiento de aguas residuales a base de luz ultravioleta*. 117.
- Li, J., Luo, G., He, L., Xu, J., & Lyu, J. (2018). Analytical Approaches for Determining Chemical Oxygen Demand in Water Bodies: A Review. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 48(1), 47-65. <https://doi.org/10.1080/10408347.2017.1370670>
- Li, X., Song, Y., Guo, J., Feng, C., Li, G., Yan, T., & He, B. (2017). Sensor fault diagnosis of autonomous underwater vehicle based on extreme learning machine. *2017 IEEE Underwater Technology (UT)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/UT.2017.7890303>
- Liao, Y., Lu, R., Wu, S., Cheng, P., & Xu, G. (2018). The robot for recycling based on machine learning. *2018 International Automatic Control Conference (CACS)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/CACS.2018.8606758>
- Lima, L. (2020, octubre 1). *Conflicto de la basura entre Honduras y Guatemala: El «río de desechos» que enfrenta otra vez a ambos países—BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-54366038>
- Lukistyowati, I., Feliatra, F., Nursyiwarni, N., Qoriman, A., Leksnono, T., & Mulyadi, A. (2019). Microbiological quality (pathogen E. coli bacteria) in the coastal environment of Dumai

- City, Riau Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 348, 012009. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/348/1/012009>
- Maas, M. B., Perold, W. J., & Dicks, L. M. T. (2017). Biosensors for the detection of *Escherichia coli*. *Water SA*, 43(4), 707-721. <https://doi.org/10.4314/wsa.v43i4.17>
- Manjarrez, G., Blanco, J., González, B., Botero, C. M., & Díaz-Mendoza, C. (2019). Parásitos en playas turísticas: Propuesta de inclusión como indicadores de calidad sanitaria. Revisión para América Latina. *Ecología Aplicada*, 18(1), 91-100. <https://doi.org/10.21704/rea.v18i1.1311>
- Mardare, L., & Benea, L. (2017). Development of Anticorrosive Polymer Nanocomposite Coating for Corrosion Protection in Marine Environment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 209, 012056. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/209/1/012056>
- Nikolov, G., Gieva, E., Nikolova, B., & Marinov, M. (2016). Virtual colorimeter for water analysis. *2016 XXV International Scientific Conference Electronics (ET)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/ET.2016.7753502>
- Oxígeno Disuelto Oxímetro Medidor Portátil Agua Aire. (2019). <https://articulo.mercadolibre.com.ar/>. https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-811894334-oxigeno-disuelto-oximetro-medidor-portatil-agua-aire-2019-_JM
- Parwati, N., Nurdina, R., Purwandari, A. T., & Tanjung, W. N. (2020). Prototype Design of Plastic Waste Processing Equipment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 847, 012014. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/847/1/012014>
- PH del Agua. (2018). *Experimentos Científicos*. <https://www.experimentoscientificos.es/ph/ph-del-agua/>
- PH Meter. (2020). En *Compendium of Biomedical Instrumentation* (pp. 1505-1513). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119288190.ch285>
- PH-metro PCE-228LIQ | PCE Instruments. (2020). https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/ph-metro-pce-instruments-ph-metro-pce-228liq-det_5857392.htm
- Prasetyo, A. P. P., Rendyansyah, Siswanti, S. D., Nurmaini, S., & Abdurahman. (2020). Garbage Collector Robot (Gacobot) Design For Dry Waste Distribution. *Journal of Physics: Conference Series*, 1500, 012103. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1500/1/012103>
- Premkumardeepak, S., & Krishnan, M. B. M. (2017). Intelligent sensor based monitoring system for underwater pollution. *2017 International Conference on IoT and Application (ICIOT)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/ICIOTA.2017.8073626>
- Pulse Oximeter. (2020). En *Compendium of Biomedical Instrumentation* (pp. 1589-1592). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119288190.ch300>
- Qian, F. (2015). Principles of appendage design in robots and animals determining terradynamic performance on flowable ground. *Bioinspir. Biomim.*, 16.
- Rahman, M. M., Yahya, W. J., & Mondal, K. (2021). Design a Mechatronic System (Robot) to Transfer Table Tennis Balls. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1096(1), 012028. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1096/1/012028>
- Ramos-Ortega, L. M., Vidal, L. A., Vilardy, S., & Saavedra-Díaz, L. (2008). ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA (COLIFORMES TOTALES Y FECALES) EN LA BAHÍA DE SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO. *2008*, 12.
- Retnaningdyah, C., Hakim, L., Hamzah, R., & Sikana, A. M. (2019). Water Quality Evaluation of Some Beach With Variations of Human Activities and Land Use in Spermonde

- Archipelago of Makassar South Sulawesi. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 391, 012075. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/391/1/012075>
- Rodríguez, R., Retamozo-Chavez, R., Aponte, H., & Valdivia, E. (2017). Evaluación microbiológica de un cuerpo de agua del ACR Humedales de Ventanilla (Callao, Perú) y su importancia para la salud pública local. *Ecología Aplicada*, 16(1), 15-21. <https://doi.org/10.21704/rea.v16i1.899>
- Sabri, W. M. A. B. W., Zabidi, I. R., Musthalib, M. A. M. A., Muhamad, Z. A., Hazman, M. I. M., Yusof, M. S. M., Naing, L., & Abidin, Z. Z. (2017). Low-cost remotely operated underwater vehicle for underwater observation purposes. *2017 IEEE 7th International Conference on Underwater System Technology: Theory and Applications (USYS)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/USYS.2017.8309444>
- Salini, K., & Krishnan, M. B. M. (2018). Improvisation of underwater wireless sensor network's efficiency for secure communication. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 402, 012001. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/402/1/012001>
- Sara-Lilia, Á. de N., Sandra-Mónica, E. T., Lina-Marcela, C. C., Xiomara-Michel, C. C., Wendy-Lizeth, R. A., Sara-Lilia, Á. de N., Sandra-Mónica, E. T., Lina-Marcela, C. C., Xiomara-Michel, C. C., & Wendy-Lizeth, R. A. (2019). Diagnosis of the bacteriological quality of the water of the Córdoba Wetland, Bogotá. *Nova*, 17(31), 87-95.
- Sari, A., Tuwo, A., Rani, C., & Saru, A. (2020). Water quality study and pollution index based on Physics-chemical parameters in the Youtefa Bay tourism area, Jayapura. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 564, 012030. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/564/1/012030>
- S.B, P., Puranam, S. A., & Goel, S. (2019). 3-D Printed Integrated and Automated Electro-Microfluidic Viscometer for Biochemical Applications. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 68(7), 2648-2655. <https://doi.org/10.1109/TIM.2018.2866357>
- Sebille, E. van, Aliani, S., Law, K. L., Maximenko, N., Alsina, J. M., Bagaev, A., Bergmann, M., Chapron, B., Chubarenko, I., Cózar, A., Delandmeter, P., Egger, M., Fox-Kemper, B., Garaba, S. P., Goddijn-Murphy, L., Hardesty, B. D., Hoffman, M. J., Isobe, A., Jongedijk, C. E., ... Wichmann, D. (2020). The physical oceanography of the transport of floating marine debris. *Environmental Research Letters*, 15(2), 023003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab6d7d>
- Shin, Y.-H., Gutierrez-Wing, M. T., & Choi, J.-W. (2021). Review—Recent Progress in Portable Fluorescence Sensors. *Journal of The Electrochemical Society*, 168(1), 017502. <https://doi.org/10.1149/1945-7111/abd494>
- Silveira, C. A. da, Castro, F. B. G. de, Godefroid, R. S., Silva, R. C. da, Santos, V. L. P. dos, Silveira, C. A. da, Castro, F. B. G. de, Godefroid, R. S., Silva, R. C. da, & Santos, V. L. P. dos. (2018). Análise microbiológica da água do Rio Bacacheri, em Curitiba (PR). *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 23(5), 933-938. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522018163474>
- Soares, A. L. M. R., Both, L. A., Zambom, L. S., & Mansano, R. D. (2016). Building of a microcontrolled system for a pH measurement using a interdigitated sensor. *2016 IEEE International Symposium on Consumer Electronics (ISCE)*, 31-32. <https://doi.org/10.1109/ISCE.2016.7797355>
- Steenbergh, A. K., Veraart, A. J., Ho, A., & Bodelier, P. L. E. (2016). Microbial Ecosystem Functions in Wetlands under Disturbance. En *Microbial Biomass* (Vol. 1-0, pp. 227-274). WORLD SCIENTIFIC (EUROPE). https://doi.org/10.1142/9781786341310_0009

- Tangsopha, W., Thongsri, J., & Busayaporn, W. (2017). Simulation of ultrasonic cleaning and ways to improve the efficiency. *2017 International Electrical Engineering Congress (IEECON)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/IEECON.2017.8075747>
- TECHNOLOGY. (2012). <https://www.lit-uv.com/es/technology/>
- Tee, I., & Zhu, J. (2020). Improved Methodology for Planar TEM Sample Preparation. *2020 IEEE International Symposium on the Physical and Failure Analysis of Integrated Circuits (IPFA)*, 1-3. <https://doi.org/10.1109/IPFA49335.2020.9261051>
- Teta, R., Romano, V., Sala, G. D., Picchio, S., Sterlich, C. D., Mangoni, A., Tullio, G. D., Costantino, V., & Lega, M. (2017). Cyanobacteria as indicators of water quality in Campania coasts, Italy: A monitoring strategy combining remote/proximal sensing and in situ data. *Environmental Research Letters*, *12*(2), 024001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5649>
- Tuna, G., & Gungor, V. C. (2017). A survey on deployment techniques, localization algorithms, and research challenges for underwater acoustic sensor networks. *International Journal of Communication Systems*, *30*(17), e3350. <https://doi.org/10.1002/dac.3350>
- Turpie, K., Ackleson, S., Bell, T., Dierssen, H., Goodman, J., Green, R., Guild, L., Hochberg, E., Klemas, V. V., Lavender, S., Lee, C., Moisan, T., Muller-Karger, F., Ortiz, J., Palacios, S., Thompson, D. R., & Zimmerman, R. (2017). Spectroscopy for global observation of coastal and inland aquatic habitats. *2017 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 3051-3054. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2017.8127642>
- US \$1650.0 |Azul verde algas cianobacterias Phycocyanin electrodo sensor de la sonda con el sistema de limpieza de RS485/USB ModBus auto limpieza|Medidores de PH|—AliExpress. (s. f.). aliexpress.com. Recuperado 1 de marzo de 2021, de [//es.aliexpress.com/item/4000398621547.html?src=ibdm_d03p0558e02r02&sk=&aff_platform=&aff_trace_key=&af=&cv=&cn=&dp=](https://es.aliexpress.com/item/4000398621547.html?src=ibdm_d03p0558e02r02&sk=&aff_platform=&aff_trace_key=&af=&cv=&cn=&dp=)
- Wang, H., Wal, D. van der, Li, X., Belzen, J. van, Herman, P. M. J., Hu, Z., Ge, Z., Zhang, L., & Bouma, T. J. (2017). Zooming in and out: Scale dependence of extrinsic and intrinsic factors affecting salt marsh erosion. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, *122*(7), 1455-1470. <https://doi.org/10.1002/2016JF004193>
- Xi, Z., Kan, X., Cao, L., Liu, H., Manogaran, G., Mastorakis, G., & Mavromoustakis, C. X. (2019). Research on Underwater Wireless Sensor Network and MAC Protocol and Location Algorithm. *IEEE Access*, *7*, 56606-56616. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2901375>
- Yu, Q., Lee, J. H., Dai, H., Zhang, Q., & Chien, K. (2017). Multi-location TEM failure analysis from the same planar view sample for precise localization of 28nm soft fail. *2017 IEEE 24th International Symposium on the Physical and Failure Analysis of Integrated Circuits (IPFA)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/IPFA.2017.8060084>
- Zamora, M. L., Zuidema, C., & Koehler, K. (2020). Sensor. En *Patty's Industrial Hygiene* (pp. 1-16). American Cancer Society. <https://doi.org/10.1002/0471435139.hyg144>

IX. ANEXOS

En los presentes anexos se visualizan las ilustraciones del “robot acuático recolector de basura marina” ya terminado, realizado por estudiantes de UNITEC que actualmente están finalizando proyecto de investigación.

Anexo 1. Parte trasera y retenedora de basura del robot acuático recolector de basura marina.



Fuente: Estudiante de UNITEC (2021)

Anexo 2. Finalización de robot acuático recolector de basura marina.



Fuente: Estudiante de UNITEC (2021)