

DISEÑO, DESARROLLO, ENSAMBLADO Y DESPLIEGUE DE UNA
HERRAMIENTA PROTOTIPO CON TECNOLOGÍA ARDUINO PARA LA
RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS, FLOTANTES EN EL TRAMO DE LA
DESEMBOCADURA DEL RÍO BOGOTÁ AL MAGDALENA, AÑO 2023.

PEDREROS PEDREROS JUAN SANTIAGO
RUBIO BARRIOS LUIS DAVID
VARGAS GUTIÉRREZ JOHAN SEBASTIÁN
Estudiantes

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA SECCIONAL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA INGENIERÍA DE SISTEMAS
GIRARDOT
2023.

DISEÑO, DESARROLLO, ENSAMBLADO Y DESPLIEGUE DE UNA
HERRAMIENTA PROTOTIPO CON TECNOLOGÍA ARDUINO PARA LA
RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS, FLOTANTES EN EL TRAMO DE LA
DESEMBOCADURA DEL RÍO BOGOTÁ AL MAGDALENA, AÑO 2023.

PEDREROS PEDREROS JUAN SANTIAGO
RUBIO BARRIOS LUIS DAVID
VARGAS GUTIÉRREZ JOHAN SEBASTIÁN
Estudiantes

Proyecto de trabajo de grado como requisito para optar al título de ingeniero de sistemas.

Ludwig Iván Trujillo Hernández
Edicson Pineda Cadena
Tutores

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA SECCIONAL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA INGENIERÍA DE SISTEMAS
GIRARDOT
2023.

Nota de aceptación.

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a aquellos que han dejado una huella imborrable en mi vida. A mi difunta madre, cuyo amor y guía siguen viviendo en mi corazón. A mi valiente padre, por ser mi fuerza y ejemplo de perseverancia. A mi amada hermana, mi compañera de vida y confidente incondicional. Y a mis amigos, cuyo apoyo y amistad han sido un regalo invaluable en mi camino.

A cada uno de ustedes, gracias por estar siempre ahí, por creer en mí y por ser una parte indispensable de mi historia. Esta tesis es un tributo a su amor, apoyo y presencia constante en mi vida.

Con gratitud eterna,
Luis David Rubio Barrios.

Esta tesis está dedicada a aquellas personas importantes para mí, aquellas a quienes admiro, respeto y quiero, por sus esfuerzos y apoyo para que yo pudiese crecer, esforzarme y estar donde estoy hoy en día. Tanto a Dios, quien me dio la vida, la salud, las fuerzas y la sabiduría, también a mis padres, Gloria Pedreros Llanos, a quién amo y admiro con todo el corazón, a Rubén Pedreros Pedreros, a quien respeto y amo; también a mis hermanos, Jenny Massiel Pedreros Pedreros y a Rubén Darío Pedreros Pedreros; a mis familiares, a mis profesores y maestros de vida, a mis pastores y a mis compañeros y colegas de profesión, todos a quienes son la motivación y fuerzas para seguir adelante.

Agradecido eternamente,
Juan Santiago Pedreros Pedreros.

AGRADECIMIENTOS

Quiero brindar mis profundos agradecimientos a todas las personas quienes fueron fuente de inspiración para mí. En primer lugar, le doy gracias a Dios, porque sin él, no hubiese podido estar donde estoy. A mis padres y familiares. Y también, una mención especial para mis profesores, ingenieros y ahora colegas de profesión, quienes han sido las personas que han reforzado la pasión y el cariño que siento por la ingeniería de sistemas. Agradezco tanto a la Universidad por tener sus puertas abiertas, a la Facultad y al programa, incluyendo a la decanatura, la coordinación, así como también a aquellas personas que brindan su trabajo y apoyo en los procesos académicos, desde el personal de limpieza, el secretariado, las personas encargadas de la organización, la tesorería y coordinación académica.

Por último, pero no menos importante, a mis compañeros y colegas del presente proyecto, quienes han sido un respaldo y apoyo constante durante el proceso del desarrollo del proyecto.

Juan Santiago Pedreros Pedreros.

Tabla de Contenido

GLOSARIO	1
RESUMEN	4
ABSTRACT	4
INTRODUCCIÓN	5
1. TITULO	6
2. TEMA	7
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
3.1. Observación y descripción de datos	8
3.2. Hallazgo del problema	9
3.3. Elementos del Problema	10
3.4. Preguntas Generadoras	11
3.5. Formulación del Problema	11
4. OBJETIVOS	12
4.1. Objetivo General	12
4.2. Objetivos Específicos	12
5. JUSTIFICACIÓN	13
5.1. Justificación Técnica	13
5.2. Justificación Académica	14
6. ALCANCES Y LÍMITES	15
6.1. Alcance Inicial	15
6.2. Alcance a Futuro	15
7. MARCO REFERENCIAL	17
7.1. Antecedentes	17
7.2. Marco teórico	21
7.3. Marco conceptual	27
7.4. Marco Legal	29
8. HIPÓTESIS	32

8.1	Formulación de la hipótesis	32
8.2	Variables	32
9.	DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN	33
9.1.	Área de investigación	33
9.2.	Línea de investigación.....	33
9.3.	Tipo de investigación.....	33
9.4.	Enfoque de la investigación	33
9.5.	Carácter de la investigación	34
9.6.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.	34
9.7.	Tabulación y análisis de resultados	37
10.	DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA APLICADA A LA INGENIERÍA DE SISTEMAS.	43
10.1	Tipo de metodología a desarrollar de la solución informática.....	44
10.2.	Análisis del sistema actual.	47
10.3.	Requerimientos del sistema.....	49
10.4.	Diseño del sistema propuesto.....	49
10.4.1.	Casos de uso	53
11.	ANÁLISIS DEL PROYECTO.....	59
11.1.	Estudio de factibilidad.....	59
11.1.1.	Presupuesto	59
11.1.2.	Factibilidad ética y legal.	62
11.1.3.	Factibilidad operativa y ejecución	62
11.2.	Análisis de riesgo.....	64
11.2.1.	Escala para el análisis de riesgo.....	64
11.2.2.	Prioridad	65
11.2.3.	Matriz de evaluación de riesgo.....	68
11.2.4.	Conclusiones del análisis de riesgo.	69
12.	PRUEBAS	70
14.	CONCLUSIONES	73
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

TABLAS

Tabla 1 Actividades, instrumentos y entregables de la investigación.....	35
Tabla 2 Costos aproximados del personal.....	59
Tabla 3 Costo de Asesorías	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4 Costo de Materiales.....	60
Tabla 5 Costo de Equipos	61
Tabla 6 Costo Salidas de Campo	61
Tabla 7 Presupuesto General del Proyecto	62
Tabla 8 Escala de Riesgos (Probabilidad). Autores. 2022	65
Tabla 9 Escala de Riesgos(Impacto). Autores.. 2022	65
Tabla 10 Estrategias de administración del riesgo (Factor humano). Autores. 2022.....	66
Tabla 11 Estrategias de administración del riesgo (Factor técnico o tecnológico). Autores.2022.....	67
Tabla 12 Estrategias de administración del riesgo (Factor Organizacional). Autores. 2022.....	68
Tabla 13 Estrategias de administración del riesgo (Factor del Hardware). Autores. 2022..	68
Tabla 14 Prioridades para el análisis de riesgos. Autores. 2022.....	69

ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Tarifas Para la Autorización de la CAR	31
Ilustración 2 Formato grupo focal-Problema. Autores. 2022.....	36
Ilustración 3 Formato grupo focal-Efectos. Autores. 2022.....	36
Ilustración 4 Formato grupo focal-Solución. Autores. 2022.....	37
Ilustración 5 Resultados del grupo focal 1. Autores. 2022.....	38
Ilustración 6 Resultados del grupo focal 2. Autores. 2022.....	39
Ilustración 7 Resultados del grupo focal 3. Autores. 2022.....	41
Ilustración 8 Resultados del grupo focal 4. Autores. 2022.	42
Ilustración 9 Resultados del grupo focal 5. Autores. 2022.	42
Ilustración 10 Resultados del grupo focal 6. Autores. 2022.....	43
Ilustración 11 Resultados del grupo focal 7. Autores. 2022.....	43
Ilustración 12 Metodología para el diseño de sistemas robóticos. Martínez Verdú, J. Sabater Navarro, José M. 2012	45
Ilustración 13 Ciclo de Vida de la Metodología para el diseño de sistemas robóticos. Martínez Verdú, J. Sabater Navarro, José M. 2012.....	46
Ilustración 14 Draga Watermaster. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. 2020.....	48

Ilustración 15 Diseño de la Herramienta 1. Autores. 2022.	50
Ilustración 16 Diseño de la Herramienta Plataforma. Autores. 2022.....	51
Ilustración 17 Diseño de la Herramienta Base. Autores. 2022.	51
Ilustración 18 Diseño de la Herramienta Rodillos Giratorios. Autores 2022.	52
Ilustración 19 Diseño de la Herramienta Recolector. Autores. 2022.....	52
Ilustración 20 Diseño de la Herramienta Recolector. Autores. 2022.....	53
Ilustración 21 Cronograma de actividades.....	63
Ilustración 22 Cronograma de actividades.....	63
Ilustración 23 Diagrama de Gantt del Cronograma.....	64
Ilustración 24 Diagrama de Gantt del Cronograma.....	64
Ilustración 25 Matriz de riesgo. Autores. 2022.	69

GLOSARIO

Acuicultura: “Es una industria en crecimiento que busca satisfacer la demanda global de productos pesqueros y marinos mediante la cría y cultivo de diversas especies. Esta práctica permite la producción sostenible de alimentos, así como la conservación de especies acuáticas en peligro de extinción, al reducir la presión sobre las poblaciones silvestres. La acuicultura abarca diferentes técnicas, desde el cultivo de peces en estanques hasta el cultivo de mariscos en jaulas flotantes en el mar, y desempeña un papel crucial en la seguridad alimentaria y la economía en muchas regiones del mundo”. (Estrada, 2018).

Antropogénica: “Se utiliza para describir algo que es causado o influenciado por la actividad humana. Se deriva de la palabra "antropogénico", que significa "originado o producido por los seres humanos". (Ortiz, 2019).

Biopolímeros: “Los biopolímeros son polímeros que se derivan de fuentes naturales, como plantas, animales y microorganismos. Estos polímeros son biodegradables y se consideran más sostenibles en comparación con los polímeros sintéticos derivados del petróleo. Los biopolímeros pueden tener diversas aplicaciones en sectores como la industria alimentaria, la agricultura, la medicina y la industria del embalaje”. (Rodríguez, 2020).

Biorresiduos: “Los biorresiduos son residuos orgánicos de origen biológico que pueden ser degradados mediante procesos naturales, como la descomposición biológica. Estos residuos incluyen restos de alimentos, residuos de jardín, residuos agrícolas y otros materiales biodegradables. Los biorresiduos son una fuente valiosa de materia orgánica que puede ser utilizada para la producción de compost o para la generación de energía a través de la digestión anaeróbica”. (DIT, 2020).

Cartografía: La cartografía es la disciplina que se encarga de la creación, estudio y representación gráfica de mapas y cartas geográficas. Esta disciplina se utiliza para representar de manera precisa y visual la forma, ubicación y características de la Tierra, así como la distribución de fenómenos físicos, políticos, sociales y culturales en su superficie. La cartografía involucra técnicas y herramientas como la topografía, la fotogrametría, los sistemas de información geográfica (SIG) y la teledetección para recopilar datos geoespaciales y convertirlos en mapas y representaciones cartográficas. (Fallas, 2020).

Curtiembre: “Proceso en el que las pieles de animales son sometidas a tratamientos químicos para eliminar el pelo, la grasa y otros tejidos blandos. Luego, las pieles se tratan con productos como taninos para estabilizar la estructura del colágeno y darles resistencia y durabilidad. A través de este proceso, las pieles se convierten en cuero, un material valioso

y versátil utilizado en la fabricación de productos como calzado, prendas de vestir y accesorios". (Ingenieroambiental, 2014).

Fisiográficas: se refiere a características físicas o geográficas de una región o área en particular. Estas características pueden incluir elementos como la topografía, la geomorfología, los cuerpos de agua, los tipos de suelo y otros aspectos relacionados con la configuración física de un lugar. (Ergo, 2019).

Hemerografía: La hemerografía se refiere al estudio y recopilación de publicaciones periódicas, como periódicos, revistas y otras publicaciones impresas. Estas publicaciones se consideran fuentes de información importantes para el análisis histórico, sociocultural y lingüístico, ya que reflejan el contexto y los acontecimientos de una época determinada. (Figueres, 2013).

Holística: "El enfoque holístico busca comprender los sistemas complejos como un todo integrado, reconociendo que las partes individuales están interrelacionadas y no pueden entenderse completamente sin tener en cuenta el contexto más amplio. La perspectiva holística reconoce que los sistemas son más que la suma de sus partes, y que el análisis y la comprensión de los componentes individuales deben tener en cuenta su interacción dinámica". (Fidel, 2015).

Lixiviación: La lixiviación es un proceso químico en el cual se extraen sustancias solubles de un material sólido mediante el uso de un solvente líquido. Esta técnica se utiliza en diversas industrias, como la minería, la metalurgia, la agricultura y la gestión de residuos. (Cataluña, 2016).

Microbiológicas: Las ciencias microbiológicas abarcan una amplia gama de temas, incluyendo la estructura y función de los microorganismos, su clasificación, su interacción con otros organismos y el papel que desempeñan en los procesos biológicos y ambientales. Los estudios microbiológicos también se enfocan en la prevención y el control de enfermedades infecciosas, la biotecnología y la producción de alimentos, entre otros campos. (Carrol, 2016).

Minamata: se refiere a algo relacionado con la microbiología, que es la rama de la biología que estudia los microorganismos, como bacterias, virus, hongos y protozoos. (Del MA, 2014).

Negligencia: "La negligencia es la omisión de la debida diligencia y cuidado que una persona razonablemente prudente habría empleado en circunstancias similares. Es una falta de atención descuidada que puede resultar en daño o lesiones para otros". (Alterum, 2023).

Neogasterópodos: Los neogasterópodos son una subclase de gasterópodos, que es una clase de moluscos que incluye caracoles, caracolas, conchas de mar y otros organismos similares. Los gasterópodos son conocidos por su característica concha en forma de espiral. (Moreno, 2015).

Nomotético: Se utiliza para describir un enfoque o método de investigación que busca establecer leyes generales y principios que se apliquen a una amplia gama de individuos o casos. El enfoque nomotético se centra en identificar regularidades y patrones comunes que pueden ser generalizados y aplicados a través de diferentes contextos. (2019).

Osteomalacia: La osteomalacia es una enfermedad ósea que se caracteriza por una deficiente mineralización de los huesos. Es causada principalmente por una deficiencia de vitamina D, que es esencial para la absorción y el metabolismo del calcio y el fósforo en el organismo. (Riancho, 2004).

RESUMEN

Las herramientas tecnológicas que pueden desplegarse desde la ingeniería de sistemas, hoy en día, permiten brindar un impacto de mitigación positiva a un problema de la sociedad en un contexto determinado, de esta forma, son criteriosas de ser efectuadas y analizadas. Por lo cual, llevando las tecnologías de información y desarrollo a una investigación y a su aplicación en una problemática real, como la contaminación y de cómo afecta directamente a las personas cercanas a esta, se pueden llevar a cabo procesos que permitan el análisis y desarrollo de soluciones de impacten benéficamente en la sociedad.

Para este proyecto se determina las variables, causas, efectos y enfoques respectivos a la problemática de la acumulación de residuos sólidos y a la contaminación que estos generan en el río Bogotá y el Magdalena. Por lo anterior, se realiza una investigación de carácter mixta con dos metodologías, una para la recolección de información y otra, para el diseño y desarrollo de una herramienta basada en la robótica, desglosando la solución, en este caso, en el diseño, desarrollo, ensamblado y despliegue de un robot recolector de residuos sólidos flotantes en el tramo de la desembocadura del río Bogotá, planteado para el 2023.

Palabras claves: Investigación, Recolección de Información, Diseño, Robótica, Arduino.

ABSTRACT

The technological tools that can be deployed from systems engineering, nowadays, allow to provide a positive mitigation impact to a problem of society in a certain context, in this way, they are criteria to be carried out and analyzed. Therefore, taking information and development technologies to research and its application in a real problem, such as pollution and how it directly affects the people close to it, processes can be carried out that allow the analysis and development of solutions that have a beneficial impact on society.

For this project, the variables, causes, effects and respective approaches to the problem of solid waste accumulation and the pollution that these generate in the Bogotá and Magdalena rivers are determined. Therefore, a mixed investigation is carried out with two methodologies, one for the collection of information and the other, for the design and development of a tool based on robotics, breaking down the solution, in this case, in the design, development, assembly and deployment of a floating solid waste collector robot in the section of the mouth of the Bogotá River, planned for 2023.

Keywords: Research, Information Gathering, Design, Robotics, Arduino.

INTRODUCCIÓN

El impacto de la contaminación ambiental es un tema recurrente en la actualidad. Tanto así, que cada vez son más los esfuerzos en la investigación, diseño y desarrollo de proyectos que contrarresten este fenómeno nocivo para el medio ambiente y para el mismo ser humano.

Con esta motivación se centran los esfuerzos investigativos para estudiar las causas y efectos del fenómeno contaminante de la acumulación de residuos sólidos en la desembocadura del río Bogotá para el 2022, y de cómo una herramienta tecnológica puede mitigar tal impacto.

El presente documento describe el contexto global y local de la problemática a tratar como foco de la investigación. La formulación del problema se aborda de una forma reductiva, en la que se describen, en primera instancia, antecedentes de los ríos afectados por la acumulación de residuos sólidos en países lejanos como Italia, Reino Unido, Bolivia, entre otros. Posteriormente, se analiza el contexto nacional, en donde se encuentran hechos respectivos a las consecuencias de la contaminación de los ríos colombianos en la población aledaña a estos mismos, junto a la fauna y flora. Todo lo anterior para especificar la formulación del problema a tratar directamente como objeto de estudio, y como objetivo general del proyecto, analizar el diseño de una herramienta robótica con tecnología Arduino para la recolección de residuos flotantes en el tramo de la desembocadura del río Bogotá al Magdalena con el fin de mitigar la cantidad de dichos residuos en este río.

Para efectuar de manera correcta el análisis de la problemática y del diseño, desarrollo, ensamblado y despliegue planteados como proyecto en este documento, se determina el uso de *la metodología para el diseño de sistemas robóticos*, metodología la cual se compone de cinco fases principales, dentro de las cuales se especifica que el ejercicio de la investigación para el análisis del contexto del problema que fortalece a la razón de una solución tecnológica, es por medio de instrumentos de recolección de información. Instrumentos como la búsqueda de bibliografía y el grupo focal, son actores presentes en este documento.

Por medio de esta metodología, se plasman los resultados de la recolección de información de la búsqueda bibliográfica y del grupo focal (el cual se aplica a un conjunto de personas que conviven diariamente con la problemática). Se realiza de igual manera, por medio del

diseño, presupuesto y las leyes y reformas relacionadas al tema principal, un análisis de riesgos para determinar la factibilidad del proyecto.

1. TITULO.

DISEÑO, DESARROLLO, ENSAMBLADO Y DESPLIEGUE DE UNA HERRAMIENTA PROTOTIPO CON TECNOLOGÍA ARDUINO PARA LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS, FLOTANTES EN EL TRAMO DE LA DESEMBOCADURA DEL RÍO BOGOTÁ, PARA EL 2023.

2. TEMA.

Soluciones tecnológicas innovadoras basadas en Arduino, para la mitigación de residuos sólidos flotantes en los ríos.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

3.1. Observación y descripción de datos.

La contaminación ambiental es una problemática que no es primicia en la actualidad, pero si genera un impacto social constante cada vez que se menciona. Dicho impacto puede ser no el suficiente para despertar a la población colombiana si no se consideran los hechos necesarios para comprender que los efectos de esta problemática ambiental tarde o temprano pueda tocar a las casas colombianas.

Lo anterior, ‘una negligencia de interés social’ no debería presentarse, dado que la contaminación, gracias a la mano y obra humana, se encuentra en una medida exponencial en “los ecosistemas acuáticos, con cerca de 140 millones toneladas de plásticos. Con 109 millones de toneladas en los lagos y ríos, y cerca de 1,4 millones están en tránsito desde los ríos a los mares.” (ProQuest LLC. 2022, pág. 1)

Por ejemplo, en el río Po, río el cual se conoce por ser uno de los afluyentes contaminados de Italia, se realizó un estudio y clasificación de los tipos de residuos que se encuentran en él, enfocándose principalmente en los micro plásticos. Y se demostró que existe “una concentración de micro plásticos en 1,80 a 8,22 partículas/m³. De la cuales se calcularon 2 tipos de residuos en su mayoría fragmentos y polímeros.” (Fiore, Ludovica. Serranti, Silvia. Mazziotti, Cristina. Riccardi, Elena. Benzi, Margherita. Bonifazi, Giuseppe. 2022, pág. 1). Por lo anterior, se determina que incluso en un aspecto y contexto internacional se plantean escenarios de estudio y análisis sobre la problemática de la contaminación ambiental, puntualmente en los ríos.

Por ejemplo, investigadores de Reino Unido al realizar una investigación de distintos ríos en el mundo desarrollaron un modelo de computación, el cual refería al tránsito de micro plásticos a través de ellos.

El estudio encontró que los micro plásticos pueden acumularse por horas o, incluso años, en los sedimentos de ríos con caudal lento. “Unas horas en el sedimento pueden cambiar esencialmente una partícula de plástico: los procesos químicos pueden empezar a desintegrarlos en fragmentos más pequeños. La mayoría de los estudios de toxicidad de micro plásticos usan plásticos vírgenes, así que estos plásticos transformados ambientalmente crean un riesgo desconocido para la biodiversidad y la salud humana.” (Salazar, M. 2022)

“Por otra parte, en Bolivia existe una problemática que ha afectado las aguas y la fauna del Lago Titicaca” (Luna, 2022); las comunidades aledañas indican que gracias al uso innecesario de plásticos y la mala gestión a la hora de desechar los mismos, ha ocasionado

una emergencia ambiental en esta zona, estos desechos plásticos se quedan estancados en los terrenos y debido a esto el ganado y los peces los consumen y eventualmente mueren. “Igualmente, esta contaminación no permite que crezcan las totoras una planta acuática de suma importancia para la comunidad de los Uros, quienes viven en islotes construidos con totora” (Geographic, 2018); esto lo confirma Liubomir Fernández en su artículo Puno: La aventura de sobrevivir en medio del Lago Titicaca, donde declara que: “la totora convertida en el elemento fundamental en la vida de Los Uros. Con esta planta acuática que crece en el lago construyen sus viviendas, embarcaciones, diseñan artesanías. Es una materia prima bondadosa comestible.” (Fernández, 2020).

3.2. Hallazgo del problema.

En un contexto más cercano, en el caso del río Bogotá-Colombia, por años ha sido uno de los ríos con mayor cantidad de agentes contaminantes hasta la fecha, que contradictoriamente en su nacimiento o cabecera, en el páramo de Guacheneque en el municipio de Villapinzón Cundinamarca, su pequeño caudal es el agua más cristalina o al menos una de las más limpias de Colombia. Sin embargo, gracias a trabajos de maquinaria y desechos de la población a lo largo de su recorrido atravesando parte del país, ha hecho que cada periodo de tiempo que pasa se contamine. Algunas de las causas del problema de la contaminación existente en el río son:

- “Los vertimientos industriales de las curtiembres de Villapinzón Cundinamarca ubicadas a 5 kilómetros del nacimiento.” (CAR. 2018)
- “La falta de plantas de tratamiento que hagan un manejo eficiente de sus aguas domésticas y vierten sus aguas en mal estado al río incluida Bogotá generando el 80% de la contaminación.” (CAR. 2018)
- “El 20% restante lo producen las industrias, la minería extractiva y los escombros. Los tres vertimientos de Bogotá que afectan al río dejándolo anóxico y sin vida son Salitre, Fucha y Tunjuelo. Cuando el río llega a Bogotá entra con un nivel de contaminación 4 y cuando recibe la primera descarga del río Salitre en la calle 80 cambia a nivel 8 manteniéndose así en su recorrido.” (CAR. 2018)

“Un gran volumen de desechos sólidos es arrojado al Río Bogotá, y según un artículo redactado por EL TIEMPO, son cerca de 1330 toneladas de residuos sólidos los que se arrojan en este afluente.” (EL TIEMPO, 1994)

Ahora bien, en contraste con el plan de desarrollo 2020-2023 del municipio de Girardot, recopilado por el alcalde José Francisco Lozano Sierra, se plantea un subprograma para la gestión integral del río Bogotá, el cual desemboca en uno de los límites del municipio. En el cual se demarcan las metas, métricas y responsables destinados a la realización de dicho subprograma. Como meta de bienestar se plantea lo siguiente:

- “Mantener el Río Bogotá como cuerpo de agua cumpliendo con los criterios de calidad definidos en su plan de ordenamiento del recurso hídrico (PORH).” (Lozano Sierra, José F. 2020)

La afirmación anterior contiene metas en cuanto a productos o estrategias que incentiven la razón principal o razón de bienestar.

- “Crear una estrategia anual para el control de la contaminación ambiental de acuerdo con el código de policía y los lineamientos del POMCA, sentencias y políticas ambientales.” (Lozano Sierra, José F. 2020)
- “Implementar 4 estrategias de acuerdo con las ordenes de la sentencia del Río Bogotá en el municipio de Girardot.” (Lozano Sierra, José F. 2020)
- “Realizar la adquisición de un predio en áreas de importancia estratégica.” (Lozano Sierra, José F. 2020)
- “Implementar acciones que permitan la recuperación ambiental de 2 humedales en el municipio de Girardot mediante el cuatrienio.” (Lozano Sierra, José F. 2020)
- “Reforestar 4 hectáreas de zona de ronda y microcuencas asociadas de los ríos Magdalena y Bogotá.” (Lozano Sierra, José F. 2020)

Las anteriores metas o estrategias tienen una entidad responsable llamada DATMA (La Dirección de Asistencia Técnica y de Medio Ambiente).

Sin embargo, todos los anteriores datos y estrategias arrojados o recopilados por el plan de desarrollo de Girardot, no se sustentan de forma empírica con los indicadores de cumplimiento de dichas estrategias hasta la fecha, y tampoco demuestran una estrategia que involucre una planeación o innovación con una herramienta tecnológica en pro de la meta principal. En el caso de la DATMA, se ha enfocado en otros aspectos alejados del sector ambiente, centralmente con el bienestar del Río Bogotá o su desembocadura. Y es por la anterior contradicción conceptual vs empírica por la cual se enfoca el objetivo de estudio de este documento.

3.3. Elementos del Problema.

Algunos elementos desglosados del objeto de estudio de esta investigación son los siguientes:

- Falta de recolección de basuras en la desembocadura del río Bogotá.
- La falta de peces libres de agentes contaminantes para el sustento económico y alimenticio de los habitantes aledaños a la desembocadura del río Bogotá.
- Afectación del efecto curtiembre en el río Bogotá.

3.4. Preguntas Generadoras.

- ¿Es viable la creación de un prototipo utilizando componentes en Arduino?
- ¿Se puede descontaminar un gran porcentaje del río utilizando una herramienta tecnológica recolectora de residuos sólidos flotantes?
- ¿Existen componentes en Arduino con capacidad de tolerancia a la humedad y presión hídrica?

3.5. Formulación del Problema.

Por lo expuesto en apartados anteriores, y para efectos de esta investigación, se hace pertinente plantear la siguiente pregunta: ¿Cómo diseñar, desarrollar, ensamblar y desplegar una herramienta con tecnología Arduino para la recolección de residuos sólidos flotantes en la desembocadura del río Bogotá?

4. OBJETIVOS.

4.1. Objetivo General.

Diseñar, desarrollar, ensamblar y desplegar una herramienta con tecnología Arduino para la recolección de residuos sólidos, flotantes en el tramo de la desembocadura del río Bogotá al Magdalena con el fin de mitigar la cantidad de dichos residuos en este tramo.

4.2. Objetivos Específicos.

- Identificar los tipos de residuos sólidos presentes en el cauce del río Bogotá, con el propósito o el fin de obtener información de tamaños, densidades y volúmenes de los mismos.
- Evaluar los efectos ambientales y sociales que genera la contaminación del río Bogotá, para generar una cartografía social del contexto.
- Diseñar un modelo geométrico del prototipo, con el fin de entender mejor las características del sistema mecánico.
- Ensamblar los componentes del hardware y software con la estructura base del prototipo, para realizar las primeras pruebas unitarias.
- Desplegar el prototipo una vez realizada las pruebas correspondientes, con el fin de establecer su correcto funcionamiento.

4.3 Objetivos del sistema.

- Diseñar y desarrollar un prototipo funcional de recolección de residuos sólidos flotantes en la desembocadura del río Bogotá, integrando componentes tecnológicos como la banda transportadora, motorreductores, depósitos y sistemas de permanencia flotante y protección.
- Garantizar el funcionamiento eficiente y confiable del prototipo mediante pruebas y ajustes que aseguren el correcto desempeño de las funcionalidades, como la banda transportadora, motorreductores, depósitos y sistemas de permanencia flotante.
- Cumplir con los requisitos técnicos y medioambientales establecidos para el prototipo, asegurando su resistencia al agua, la durabilidad de los componentes y la

protección contra fenómenos externos. Además, se busca minimizar el impacto negativo en el medio ambiente y la fauna local durante la operación del sistema.

5. JUSTIFICACIÓN.

El cuidado del medio ambiente ha tomado gran relevancia en la sociedad moderna, debido a que naciones, empresas, instituciones y comunidades son más conscientes de la situación crítica en la que se encuentra el planeta, por esto, toda iniciativa que apunte al cuidado ambiental así sea a mínima escala, es sumamente importante. Teniendo en cuenta esto, el proyecto actual nace de la preocupación con respecto a la contaminación de los ríos, concretamente lo que corresponde con la desembocadura del río Bogotá, debido a que los efectos de la mano y obra humana en la industria, como la acumulación de residuos sólidos, impacta directamente en la salud de la población y en el medio ambiente.

El desarrollo del proyecto resulta relevante porque tiene los factores necesarios para impactar de manera beneficiosa a los habitantes de las riberas aledañas a este río. Dichos factores son tres; el primero, los ODS. Este proyecto se basa en una temática central que hace parte de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), específicamente el sexto objetivo, el cual describe la relevancia del *agua limpia y saneamiento*, y el noveno objetivo, que describe a la *industria, a la innovación y a la infraestructura*.

El segundo factor por el cual resulta relevante, es porque es un proyecto con tema de actualidad, y de interés a nivel global.

Y como último factor, se declaran a las problemáticas de este tipo, ya que estas brindan la oportunidad de innovar en soluciones tecnológicas desde el ámbito de la ingeniería, además incentivan la investigación y el desarrollo en este tipo proyectos en otras zonas del país y del mundo.

Como efectos de los factores anteriores, se esperan beneficios en la fauna que habita en la desembocadura, para que el ciclo natural de estos seres vivos no se vea afectado por el consumo de plásticos, biopolímeros u otros desechos o residuos que intervienen en su alimentación. También, otros beneficios sobre la población de la comuna 2 que se ve afectada por la contaminación en la desembocadura del río Bogotá. Debido a lo mencionado anteriormente, se diseña, desarrolla, ensambla y se despliega una herramienta que recolecte los residuos sólidos que flotan por la desembocadura del río Bogotá.

5.1. Justificación Técnica.

El presente proyecto obtiene su relevancia técnica en el diseño de la herramienta, gracias a los conocimientos sistémicos e ingenieriles adquiridos a lo largo de la carrera. Teniendo esto en cuenta, se puede evidenciar como el diseño, desarrollo, ensamblaje y despliegue de la herramienta informática se aplica la tecnología Arduino, conceptos de robótica y programación en general. Se llevo a cabo la codificación del Arduino por medio de una IDE open-source basada en el lenguaje C++, debido a que es el estándar en este tipo de dispositivo; Además cuenta con una interfaz gráfica básica para el control de la herramienta, por medio del lenguaje JAVA; En la construcción del robot se utilizó elementos como: Banda transportadora, Motor reductores, flotadores, depósito de residuos, elementos de electrónica Arduino, entre otros.

El objetivo de este robot es el de recolectar de manera automática las basuras solidas que estén flotando por la desembocadura del rio Bogotá. El implementar este tipo de tecnologías automatizadas permite que se lleve a cabo una tarea en tiempos más prolongados y de maneras más eficientes que como se haría de manera manual, asimismo que se permite el acceso a zonas que normalmente se complicaría para una persona. Además, este sistema es beneficioso ya que se puede replicar en otras zonas del país y del mundo.

5.2. Justificación Académica.

La realización de este proyecto se basa principalmente en poner en práctica las temáticas vistas a lo largo de la carrera ingeniería de sistemas, las cuales se desempeñaron en cursos como introducción a la robótica donde se desarrolló la programación en Arduino, también se requiere implementar temáticas importantes de los cursos gestión de proyectos, donde se involucran temáticas como recolección de información, cronograma de actividades y presupuesto, además de dar un enfoque a la programación aprendida semestre tras semestre en cada uno de los cursos de programación.

Por otro lado, hoy en día la tecnología es una de las herramientas más utilizadas por la humanidad, ya que gracias a estas se puede mantener en comunicación con el resto del mundo. Esto conlleva a que en este tiempo donde los nuevos profesionales, son los directamente responsables de los cambios y la evolución que desarrolle la humanidad en cuanto a lo que se refiere a tecnología. (Naciones Unidas. 2021)

Tiene la obligación de estar en constante evolución y en contacto con la sociedad, por lo cual se debe desarrollar herramientas que faciliten y ayuden a la humanidad. Entonces con este proyecto se desarrolló un prototipo encargado de la recolección de residuos que se encuentran en la desembocadura del rio Bogotá.

6. ALCANCES Y LÍMITES

6.1. Alcance Inicial

El prototipo recolector de residuos sólidos, flotantes para la desembocadura del río Bogotá, pretende ayudar al medio ambiente, a la fauna y la comunidad que se ve involucrada directamente con este contexto, diseñando, desarrollando, ensamblando y desplegando una herramienta que funcione de manera óptima de acuerdo con el entorno en el que se desplegará. Además, tener la capacidad de recolectar los residuos que fluyen en este afluente. Como alcance inicial se plantea desplegar esta herramienta y prever los componentes tecnológicos, sus costos, los módulos a programar y las capacidades técnicas de resistencia al ecosistema en el cual será puesto a prueba el prototipo, cabe aclarar que, con propósito del cumplimiento al prototipado, se establece un escenario escalado a las condiciones del tramo de la desembocadura del río Bogotá, debido a que en dicho escenario se realizaran las pruebas unitarias y de soporte de la herramienta prototipo.

Para llevar a cabo el proceso del diseño, desarrollo, ensamblado y despliegue de este proyecto, se tendrá en cuenta las funcionalidades del prototipo, las cuales se explican a continuación:

- Banda transportadora encargada de recolectar los residuos
- Motorreductores encargados del funcionamiento de la banda transportadora
- Depósitos encargados del almacenamiento de los residuos
- La permanencia flotante en el agua del prototipo
- Infraestructura para la protección del prototipo de fenómenos externos.

También se declara, como aspecto relevante en la funcionalidad del prototipo, la permanencia en un estado estático. Es decir, no tendrá un recorrido o traslado como parte de su funcionamiento en cuanto a la ubicación en una sección del tramo de la desembocadura. Por ejemplo, el acoplamiento de un motor extra que concluya con un proceso de navegación por el río.

6.2. Alcance a Futuro

Se proyecta que a futuro que el prototipo recolector de residuos sólidos flotantes sea capaz de clasificar los residuos de acuerdo a su categoría, es decir, por tamaño y componente material; además de contar con un sistema de alerta y monitoreo el cual se encargara de indicar, que la capacidad en peso del recolector está completa y lista para ser vaciada.

Se plantea a futuro, que se puede realizar un acoplamiento de un motor que permita la navegación del prototipo por el caudal del tramo en el río.

Además, en unos años se pretende que el funcionamiento de esta herramienta se dé una manera más limpia, por ello se espera involucrar las energías renovables, como es el caso de la energía solar, la cual se espera recolectar a base de paneles solares para así, almacenar en baterías, para luego hacer uso de esta energía en horas de la noche donde no hay luz solar.

Se contextualiza que esta investigación y proyecto sea un recurso de utilidad para otros investigadores, y que puedan retomar esta orientación para implementarla en diferentes entornos que ayuden a la recolección y tratamiento de los residuos sólidos que se encuentran a largo de los ríos y mares que se encuentran con alto índice de contaminación en el mundo.

6.3. Límites:

Revisados los aspectos del presente documento, se identifican los límites que pueden afectar el proceso investigativo y de diseño, desarrollo, ensamblado y despliegue del proyecto a realizar. Límites directamente relacionados a las funcionalidades de la solución tecnológica planteada. Estos son:

- Escasez de información respecto al uso óptimo de prototipos robóticos desarrollados en Arduino
- Costos no planificados para el mantenimiento del prototipo
- La no disponibilidad de componentes resistentes a la humedad
- Crecimiento de la desembocadura del rio Bogotá por factores climáticos como el invierno
- La aceptación del prototipo por parte del cliente final en cuanto a su viabilidad

7. MARCO REFERENCIAL.

7.1. Antecedentes.

TEMA: “Análisis de Ciclo de Vida para los biorresiduos sólidos urbanos generados en la ciudad de Bogotá D.C, Colombia.” (Castellanos Gutiérrez, S. 2017)

AUTORES: “Castellanos Gutiérrez Sebastián.” (Castellanos Gutiérrez, S. 2017)

RESUMEN: “El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta de soporte y decisión, que, a través de su perspectiva holística en la cuantificación de impactos, aporta información valiosa para identificar soluciones apropiadas para los sistemas de gestión de residuos. El objetivo de esta investigación consistió en identificar y evaluar tres alternativas para la gestión de los BSU en Bogotá D.C aplicando la metodología del ACV. El software libre EASETECH fue implementado para realizar el ACV para los BSU. Un modelo de inventario fue desarrollado para las diferentes etapas del ciclo de vida basado en información local y bases de datos internacionales, como Ecoinvent y la librería de procesos del EASETECH.” (Castellanos Gutiérrez, S. 2017)

AÑO: 2017

INSTITUCION: Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. (Castellanos Gutiérrez, S. 2017)

TEMA: “Imposex para el diagnóstico de la contaminación por compuestos orgánicos de estaño en la costa del Caribe colombiano.” (Rodríguez Grimón, R. 2020)

AUTORES: “Rodríguez Grimón, René Oscar” (Rodríguez Grimón, R. 2020)

RESUMEN: “El estudio se realizó entre los años 2015 a 2017 y se efectuaron hasta diez muestreos en cada una de las dos temporadas climáticas, seca y lluviosa. La metodología de estudio se aplicó en seis sitios en la franja costera del Caribe colombiano, uno en la isla de Tierra Bomba (TB), dos en la Bahía de Santa Marta (BSM: Marina Internacional de Santa Marta [SM] y Punta de Bertín [PdB]), dos en el Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT: Bahía Concha [BC] y Nenguage [Neg]), y uno en Cabo de la Vela (CV); se usaron como factores ambientales las variables fisicoquímicas y microbiológicas del agua, el tráfico marítimo y la exposición al oleaje. Se emplearon índices de imposex en cinco especies de

neogasterópodos (*Plicopurpura patula*, *Vasula deltoidea*, *Stramonita haemastoma*, *S. floridana* y *Gemophos auritulus*), y la morfometría geométrica de la concha de *P. patula*. Se analizaron tres enfoques básicos, uno hacia el aspecto ambiental centrado en el tráfico marítimo y las variables de calidad del agua, otro orientado al fenómeno del imposex y su asociación a las variables ambientales y finalmente un enfoque dirigido hacia la forma de la concha en relación con el fenómeno imposex y la exposición al oleaje.” (Rodríguez Grimón, R. 2020)

AÑO: 2020

INSTITUCION: Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. (Rodríguez Grimón, R. 2020)

TEMA: “Definición de una alternativa técnica para minimizar el impacto de la contaminación en el río “Rio Negro”, producto de las aguas residuales del área urbana del municipio de Rionegro, Antioquia” (Martínez Calderón, A. Mutis Ortega, C. Moreno Rodríguez, O. 2019)

AUTORES: “Martínez Calderón, Aura Constanza. Mutis Ortega, Cristian Andrés. Moreno Rodríguez, Omar Hernán.” (Martínez Calderón, A. Mutis Ortega, C. Moreno Rodríguez, O. 2019)

RESUMEN: “Este proyecto hace de la necesidad de definir una alternativa técnica para minimizar el impacto de la contaminación en el río “rio negro”, producto de las aguas residuales del área urbana del municipio de Rionegro (Antioquia). Para ello el presente proyecto se encuentra basado en los lineamientos de la guía PMBOK, estableciendo los procesos que se debe generar en cada etapa del proyecto teniendo en cuenta su planeación, tiempo y costos.” (Martínez Calderón, A. Mutis Ortega, C. Moreno Rodríguez, O. 2019)

AÑO: 2019

INSTITUCION: “Repositorio Institucional Universidad Piloto de Colombia.” (Martínez Calderón, A. Mutis Ortega, C. Moreno Rodríguez, O. 2019)

TEMA: “Evaluación de la contaminación en ecosistemas acuáticos: un estudio de caso en la laguna de Sonso, cuenca alta del río Cauca.” (Peña Salamanca, E, Cantera Kintz, J y Muñoz, E. 2017)

AUTORES: “Peña Salamanca, Enrique Javier. Cantera Kintz, Jaime Ricardo (Compilador). & Muñoz, Elizabeth (Compilador).” (Peña Salamanca, E, Cantera Kintz, J y Muñoz, E. 2017)

RESUMEN: “Este libro reúne los principales resultados del proyecto de investigación "Efectos de la contaminación por metales en la Ultraestructura Celular de la Biota Acuática y Poblaciones Humanas Asociadas a la Laguna de Sonso en el Valle del Cauca", ejecutado por la Universidad del Valle, la Universidad Autónoma de Occidente y la Universidad del

Cauca, con la cofinanciación de Colciencias. El propósito de la publicación es documentar los principales problemas ambientales a los que se exponen estos ecosistemas acuáticos, haciendo énfasis en la contaminación por metales pesados, sus causas y consecuencias, incorporando además principios metodológicos para su evaluación y monitoreo. El libro describe la situación ambiental de la Laguna de Sonso, como un estudio de caso en el Valle del Cauca, enumerando igualmente sus atributos ecológicos y planteando una serie de métodos importantes para el estudio de los ecosistemas acuáticos continentales en el país. A partir de la estructura planteada en esta publicación, se pretende que el documento aporte elementos conceptuales y metodológicos claves para la conservación y manejo de estos ecosistemas acuáticos. De igual manera, que las ideas desarrolladas en los estudios referidos puedan generar una agenda de trabajo con todos los actores relacionados con el uso de estos recursos hidrobiológicos para rescatar la riqueza que guardan los sistemas de humedales en la cuenca del río Cauca.” (Peña Salamanca, E, Cantera Kintz, J y Muñoz, E. 2017)

AÑO: 2017

INSTITUCION: “Universidad del Valle.” (Peña Salamanca, E, Cantera Kintz, J y Muñoz, E. 2017)

TEMA: “Entre mares de plástico y ríos de espuma: gestión de residuos sólidos y cooperación internacional en Guatemala y Honduras.” (Ruiz Espinoza, María José. 2019)

AUTORES: “Ruiz Espinoza, María José.” (Ruiz Espinoza, María José. 2019)

RESUMEN: “En la última década muchos investigadores se han enfocado en estudiar las islas de basuras en los océanos las cuales están principalmente compuestas por plástico. La cantidad de desechos plásticos en el mar supone altos riesgos para la salud humana y los ecosistemas marinos. Por un lado, conllevan a la propagación de enfermedades como malformaciones congénitas, cáncer, problemas gastrointestinales. Por otro lado, llevan a la destrucción de hábitat y la muerte de diversas especies animales. En 2017 apareció en el mar Caribe una isla de basura entre las costas de Guatemala y Honduras que ha tensionado las relaciones bilaterales, pues ambos países se acusan. Sin embargo, el problema primario reside en el sector de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) de la región, el cual presenta insuficiencias crónicas (regulación deficiente, disposición final inadecuada etc.). La gestión inadecuada de los residuos sólidos no garantiza que se puedan alcanzar las metas de por los menos tres Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). A pesar de que el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ha sido una de las organizaciones que más ha brindado cooperación técnica en este sector, sigue sin estar claro por qué la situación no ha mejorado. El propósito de este trabajo es entender por qué a pesar de la cooperación brindada por el BID, la gestión de RSU obtiene tan malos resultados en Guatemala y Honduras. El trabajo se desarrolla en seis partes. En primer lugar, se plantea la revisión de literatura. En segundo lugar, se ofrece un marco conceptual al respecto de la cooperación internacional para el desarrollo, además del acercamiento metodológico. En tercer lugar, se describe un contexto general sobre la

contaminación del mar Caribe. En cuarto lugar, se elabora un panorama sobre la gestión de RSU en Guatemala y Honduras, y la coordinación binacional. En quinto lugar, se analizan 2 proyectos de cooperación del BID a partir de los principios sobre la eficacia de la ayuda desde los marcos establecidos por la Declaración de París. Finalmente se presentan los hallazgos y conclusiones.” (Ruiz Espinoza, María José. 2019)

AÑO: 2019

INSTITUCION: “Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.” (Ruiz Espinoza, María José. 2019)

TEMA: “La poderosa máquina que promete salvar el río Bogotá.” (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. 2020)

AUTORES: “Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.” (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. 2020)

RESUMEN: “La draga Watermaster llegó al río Bogotá en julio de 2019, con el fin de hacer mantenimiento diario al afluente, reforzando los trabajos de adecuación hidráulica que iniciaron en el año 2013, y que han comprendido limpieza y ampliación del cauce y movimiento de jarillones.” (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. 2020)

AÑO: 2020.

INSTITUCIÓN: “Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.” (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. 2020)

7.2. Marco teórico

- **No recolección de basuras en la desembocadura del río Bogotá**

Desde tiempo atrás el río Bogotá se ha convertido en uno de los mayores entes contaminantes de los diferentes ríos que se encuentran a lo largo del territorio nacional como lo son el río Magdalena, Amazonas entre otros, donde no solo afecta estos ecosistemas sino que también contribuye a que las diferentes ciudades que se encuentran a las riberas de los ríos anteriormente mencionados, se encuentren en un índice de contaminación por encima de normal, lo cual conlleva a que estos residuos se desplacen hasta los mares que se encuentran cerca al país como lo son el océano pacífico y el mar caribe, lo cual hace que la flora y fauna que crece en estos acueductos se vean afectados. “El río Bogotá cuenta con 81 estaciones de monitoreo de la calidad del agua a lo largo de su cauce 106, las cuales junto con las quebradas que en él desembocan conocidas como tributarios, componen una red de control y seguimiento con el fin de la recuperar el cuerpo hídrico de acuerdo con los objetivos propuestos para cumplir en el año 2020 en el Acuerdo 043 de 2006”. (SOTO MOYA, 2018). A pesar de que el Río Bogotá es uno de los ríos más investigados en el mundo, ya que en los últimos años se dio vía libre para que los estudiantes de cualquier universidad del país o de Latinoamérica puedan investigar o llevar a cabo proyectos que ayuden mejorar la calidad del agua de este río. Pero estas investigaciones hoy en día no han tenido un porcentaje alto a la hora de mejorar la calidad del agua de este río, percibiendo así que este Río sea uno de los más contaminados de Latinoamérica.

- **Falta de peces libres de agentes contaminantes para el sustento económico y alimenticio.**

La pesca y la acuicultura en Colombia representan dos importantes sectores de la producción de alimentos para consumo nacional y la exportación, el cual el consumo anual per cápita de productos de la pesca y la acuicultura para 2018 alcanzó los 6,19 kg/persona/año, sin embargo, durante la época de Semana Santa, la demanda se incrementa un 15%. El área de explotación de pescado en nuestro país se lleva a cabo a lo largo de las costas del Pacífico y del Atlántico, así como en las principales cuencas de los ríos Magdalena, Amazonas, Orinoco y Sinú, donde se captura el pescado para su

consumo como alimento y para el mercado ornamental. La contaminación química en la Región Caribe se ha presentado debido a los efluentes domésticos o industriales que son vertidos en las proximidades de la cuenca Magdalena y surgen desde ciudades como Cartagena y Barranquilla, Puerto Bolívar, Riohacha, Santa Marta, Tolú, Coveñas y Turbo. (Ortega Herrera, A y Peña Coronado, A. 2020)

La contaminación ambiental por metales pesados (MP) en ambientes acuáticos es un tema de gran relevancia ecológica, el cual puede ser de origen natural y antropogénica. Sin embargo, el mayor incremento de la contaminación por MP en los ecosistemas acuáticos es generado por fuentes antropogénicas. Entre las fuentes antropogénicas se destacan el rápido desarrollo industrial, la minería, las actividades agrícolas y portuarias, el transporte acuático y la lixiviación de vertederos. (Ortega Herrera, A y Peña Coronado, A. 2020)

Los alimentos contaminados por agentes tóxicos como los metales pesados pueden generar enfermedades como: “fallas renales, osteomalacia en humanos y animales, inhibición de la síntesis de hemoglobina, enfermedad de Minamata, anemia, cáncer, entre otras.” (Ortega Herrera, A y Peña Coronado, A. 2020)

- **Efecto curtiembre en el río Bogotá**

El efecto curtiembre hace referencia a las implicaciones que conlleva la producción industrial de las empresas colombianas (o al menos gran parte de estas), que trabajan con el tratamiento, transporte y producción de pieles.

En “Colombia sobresalen en la industria de las curtiembres las siguientes ciudades y municipios: en Cundinamarca, Villapinzón y Bogotá; en el Valle del Cauca, Cartago y Cerritos; en Nariño, Pasto y Belén; en Tolima, Ibagué; y en Quindío, La María. Sin embargo, no hay que descartar las industrias que existen en otras zonas del país como el Valle de Aburrá, Cúcuta, Barranquilla y Cartagena; ya que, por ejemplo, desde estas tres últimas se transportan pieles crudas a Villapinzón y Bogotá para su procesamiento.” (Artuz, L. A., Martínez, M. S., & Morales, C. J. 2011)

“El sector de la producción de cuero curtido al mineral, con depilado químico y secado al vacío, requiere gran cantidad de insumos químicos que generan cantidades considerables de materia orgánica como grasa, pedazos de carne y piel. En consecuencia, la emisión de sustancias tóxicas por parte de estas empresas se caracteriza por la presencia de hidrocarburos, ácidos disolventes, metales y cianuros.” (Artuz, L. A., Martínez, M. S., & Morales, C. J. 2011)

- **Metodología de la investigación científica**

En el ámbito académico, principalmente en el nivel superior, la investigación es una actividad que debe realizarse de manera sistemática, controlada y crítica. La finalidad y propósito de la investigación científica es descubrir, describir, interpretar y establecer las relaciones entre los hechos y/o fenómenos, con el fin de producir y divulgar el conocimiento, plantear teorías y resolver problemas prácticos. (del Castillo, C. C. y Olivares Orozco, S. 2014, pág. 68)

- **Técnicas de recolección de datos**

Las técnicas de investigación son medios que nos sirven para obtener y clasificar la información. Existen técnicas que son las más comunes que se utilizan en cualquier investigación, la primera, la técnica etnográfica (trabajo de campo), en la que existen características como las observaciones participantes y no participantes, las entrevistas a profundidad y dirigidas; las cuales requieren de elementos o herramientas de recolección de información como un diario de campo, cuestionario o guion de entrevista, grabadora, cámara, etc. Y también, existe la técnica de análisis documental, la cual procede a ejecutarse por medio de archivos, fuentes escritas, estadísticas, testimonios gráficos, fonéticos, entre otros. (Martínez Ruiz, H. 2012, pág. 86)

- **Técnica de investigación documental para la recolección de datos**

Se realiza consultando fuentes de información escritas, documentos de cualquier índole, libros (bibliografía), revistas y periódicos (hemerografía), electrónicas o fuentes primarias (bandos, cartas, oficios y expedientes) que se localizan en archivos públicos y privados en internet; todo esto implica hacer uso de la técnica de análisis documental para la búsqueda de datos. (Martínez Ruiz, H. 2012, pág. 87)

- **Modelo de investigación cuantitativo**

El objetivismo, una de las concepciones básicas de la realidad social, se centra en el estudio de la realidad sin que intervengan los juicios de valor, creencias o ideas del investigador. De esta concepción se desprende el modelo de investigación cuantitativo. Cuyo objetivo de la investigación consiste en establecer relaciones causales que supongan una explicación del fenómeno a observar. Tiene un carácter nomotético, para llegar a formular leyes generales; por lo regular utiliza el método hipotético-deductivo. Se emplea principalmente en estudios sobre muestras grandes de sujetos seleccionados por métodos de muestreo probabilístico y aplicación de cuestionarios, esto quiere decir que se enfoca más a la obtención de datos que se pueden medir y cuantificar de forma estadística. (Martínez Ruiz, H. 2012, pág. 105)

- **Modelo de investigación cualitativo**

Una concepción básica de la realidad social es el subjetivismo, el cual establece a la actitud frente a una situación en la que se considera que las ideas, creencias y emociones culturales de un grupo o personales, influyen de algún modo sobre la investigación. Esta concepción es de tipo ideográfico, la cual hace énfasis en lo particular e individual. Se orienta a encontrar cualidades específicas en aquello que se busca comprender. (Martínez Ruiz, H. 2012, pág. 105)

- **Metodología de diseño de un sistema robótico.**

“Para el estudio y definición de cada subsistema contenido en el robot, se debe establecer una serie de tareas de diseño paralelamente (advirtiendo así, interacciones y limitaciones), a diferencia del diseño por disciplinas o secuencial, donde las tareas o acciones que deben efectuarse se llevan a cabo de forma secuencial. La metodología para el diseño de sistemas robóticos está formada por un total de cuatro grandes etapas: Definición del problema (Diseño conceptual), Desarrollo de la solución (Análisis cinemático), Desarrollo de la solución” (Martínez, J. 2013)

- **Grupo focal como instrumento de recolección de datos**

“El grupo focal se describe como una entrevista o participación de actores involucrados principalmente en la problemática que se aborda permitiendo así, obtener de primera mano las necesidades a las que se desean combatir, además de intentar obtener todos los puntos de vista más acertados, que influyan directamente en el entorno y que permitan recabar información más detallada de lo que verdaderamente está sucediendo.” (Silveira, D.2015).

Por ello la autora Calvente expresa que “El grupo focal constituye una técnica especial, dentro de la más amplia categoría de entrevista grupal, cuyo sello característico es el uso explícito de la interacción para producir datos que serían menos accesibles sin la interacción en grupo”. (Calvente, M. G., & Rodríguez, I. M. 2000, pág. 181). “Por ello se espera determinar un grupo de 7 personas las cuales estén tanto afectadas, como personas que afectan este tipo de problemática, además de invitar a personas que puedan dar contextualización de como permitir mejorar o en el mejor de los casos mitigar ya que cuentan con experiencia, ya que han trabajado en proyectos similares, lo cual va a permitir enriquecer la investigación.” (Canales, C. 2006).

- **Elementos en la instalación de energía solar fotovoltaica.**

El aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica se realiza por medio de un semiconductor que transforma parte de la energía recibida en corriente continua. Dicho semiconductor, o célula solar, consiste en un material al que artificialmente se le han creado dos regiones (positiva y negativa), las cuales, al ser expuestas a la radiación solar, produce una circulación de electrones y al conectar una carga se establece una corriente continua. (Tobajas, M. C. 2018)

Una instalación fotovoltaica está compuesta por una placa o captador fotovoltaico, un regulador, un acumulador o batería, un convertidor o inversor, los elementos para el conexionado y la puesta de funcionamiento. (Tobajas, M. C. 2018)

- **Energía renovable, su alto costo y programación extensa.**

En tiempos actuales donde las energías renovables que vienen del sol y se adquieren por medio de paneles solares o la de los ríos que se obtiene por medio de las hidroeléctricas, son las más utilizadas o en el mayor de los casos, las más requeridas actualmente para los proyectos, ya que genera gran beneficio al medio ambiente y evitan el cambio de efecto invernadero y cambio climático, esto conlleva a que en este proyecto se evalué la posibilidad de integrar estas energías renovables, dado que el principal motivo del despliegue de esta herramienta es la de mitigar o ayudar al medio ambiente.

“Entre las ventajas de generar energías con recursos renovables; no emiten gases de efecto invernadero (GEI); son inagotables y gratuitas (solar y eólicas); están siendo económicamente competitivas frente a las convencionales fósiles; permiten independencia energética; entre otras”. (Vivanco Font, 2020)

Por lo cual se desarrollaron acercamientos con este tipo de tecnología, donde se indago con expertos en este tipo de energías. Además, esto permitió que los investigadores adquieran más conocimiento acerca de esta tecnología, aprendiendo el funcionamiento y el ensamble de estos materiales. Gracias a estos nuevos conocimientos, conlleva a que por temas de presupuesto como lo son la compra de estos paneles solares con todo el equipamiento necesario para poder utilizar de la mejor manera la energía solar y así lograr la recolección, tratamiento y funcionamiento de esta. Hoy en día, estos equipos su valor rondan los 8.000.000 millones de pesos, lo cual hace que estos productos sean demasiado costosos para la realización de este proyecto. Además, el ensamble y programación de estos equipos requiere de muchos conocimientos lo cual hace que se deba estudiar más afondo el tema, por ello, y por temas de tiempo este proyecto no le fue posible integrarle este tipo de energías autosostenibles, sin embargo, se hizo la investigación la cual se explica a continuación:

- **Energía renovable como fuente para el funcionamiento.**

Como sabemos hoy en día la mayor parte de la energía proviene de las hidroeléctricas, siendo esta una forma muy contaminante para el medio ambiente, primero que todo

porque a la hora de su construcción generan un cambio o desplazamiento de personas, que por lo general no les interesa una represa cerca ya que pueden verse afectados por inundaciones en sus viviendas, además de que tienen que ser desplazados a otros sitios. Una afectación muy grave es que la fauna y flora del lugar represado cambia totalmente, ya que los animales y plantas comienzan a morir. Recalcando que la construcción de estas hidroeléctricas es sumamente costosa por la cantidad de estudios que se deben hacer para poder construirlas.

“Además, la generación donde se puede instalar una central hidroeléctrica relativamente viable económicamente se da en regiones alejadas, donde no hay líneas de transmisión para poder distribuir esta energía hasta las ciudades, es ahí donde también se genera una gran contaminación a la hora de construir estas líneas de transmisión de energía ya que para la construcción de estas se genera mucho daño al medio ambiente.” (Sanz Osorio, 2016).

Por lo anteriormente dicho se desea implementar al prototipo energía sostenible a base de energía solar ya que está en las últimas décadas se ha convertido en una de las fuentes de energía limpia más prometedoras, además es un tipo de energía renovable que proviene del sol, la cual es convertida en energía eléctrica o térmica, que se basa en ser limpia y abundante con múltiples aplicaciones como lo son la generación de electricidad, suministros químicos, entre otras. Existen tres tipos de energía solar o formas de explotar la energía, pero en este proyecto se implementará solo dos formas.

“La primera por medio de la energía fotovoltaica la cual emplea paneles voltaicos para generar energía, los cuales se pueden utilizar para suministrar energía a dispositivos eléctricos y a los solares. La segunda es por medio de energía térmica de concentración, la cual se lleva a cabo a partir de espejos o lentes que concentraran la luz del sol y aprovecharan su calor para generar vapor de agua el cual moverá turbinas que con cuyo funcionamiento se generara energía eléctrica, además se almacenara el calor durante el día para liberarlo por la noche.” (Tobajas Vázquez, 2014). La implementación de este tipo de energía ayudara a reducir el consumo de energía no renovables, lo cual podría ser contradictorio ya que el hacer uso de pilas otro tipo de energía para el funcionamiento del prototipo generaría otro tipo de contaminación a la que se desea reducir.

- **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), relacionados a la contaminación, a la innovación y el desarrollo de soluciones tecnológicas.**

Los objetivos desarrollo sostenible, se han convertido en las principales ramas de investigación a nivel global, ya que con estos objetivos lo que se quiere es mejorar la calidad de vida tanto de las personas, como de los ecosistemas ambientales. Además, “son una herramienta de planificación y seguimiento para los países, tanto a nivel nacional como local. Gracias a su visión a largo plazo, constituirán un apoyo para cada país en su senda hacia un desarrollo sostenido, inclusivo y en armonía con el medio

ambiente, a través de políticas públicas e instrumentos de presupuesto, monitoreo y evaluación”. (Naciones Unidas, 2018). Por lo tanto, los objetivos de desarrollo sostenible que guardan relación con la temática del presente proyecto son el sexto y noveno ODS. El sexto, referente al agua limpia y saneamiento, enfoca de manera directa la problemática ambiental y social que conlleva a la realización de este documento. Y como segundo ODS, el noveno, la industria, innovación e infraestructura. Este último, se relaciona con la propuesta planteada en apartados posteriores; la cual conlleva a una solución de innovación y a la infraestructura de una herramienta tecnológica.

7.3. Marco conceptual.

- **Contaminación**

Se determina como productos externos que se insertan a un hábitat o ecosistema donde su principal función es la de inutilizar, tanto al medio ambiente como todo lo que lo rodea, haciendo que este no sea apto para los seres vivos. Por otro lado, “Se entiende por contaminante a una sustancia que aparece en el ambiente, al menos en parte, como resultado de las actividades humanas, y que tiene un efecto nocivo sobre el entorno”. (Cicerone, 2007). La contaminación es el tema principal que se quiere abordar y por el cual se inició la investigación, permitiendo así que la investigación contribuya al mejoramiento de la contaminación ambiental.

- **Arduino**

El autor Ribas describe que “el Arduino se entiende como un programa desarrollado en placas electrónicas, el cual permite el desarrollo de nuevas herramientas tecnológicas, la cual se fundamenta en tarjetas de Arduino que se entienden como un computador pequeño, el cual se basa en seguir ordenes que se puede codificar o programar y así ser una herramienta útil que permita el desarrollo de nuevas tecnologías.” (Ribas Lequerica, J. 2016). Las placas de Arduino permiten que la herramienta informática que se está investigando, se adapte de manera óptima a la programación para si tener un funcionamiento directo de manera programada.

- **Herramienta informática**

Las herramientas informáticas o tecnológicas las describe Euroinnova de la siguiente manera: “son el conjunto de instrumentos, digitales o físicos, que son utilizados para manejar información con el uso de computadoras, tales como el procesador de texto, la base de datos, el correo electrónico, buscadores, programas de diseño y redes de telecomunicaciones”. (Euroinnova. 2022). Esta nueva tecnología permitirá la

estructuración de manera eficiente del prototipo y así contribuir a la evolución de la humanidad ayudando a resolver problemas que antes desarrollaban de manera manual.

- **PET**

Es uno de los residuos de plástico más contaminantes, el cual es de gran relevancia ya que es uno de los principales contaminantes que se encuentran a lo largo de la desembocadura del río Bogotá, además la degradación de cada uno de estos residuos en promedio dura 1.000 años lo cual hace que su uso no sea la mejor opción a la hora de ser utilizado para envases de comidas y bebidas para las personas y su desecho es muy difícil de reciclar por su alto costo. Por consiguiente, “Se pauta la problemática ambiental, mostrando la contaminación que se origina tanto en la elaboración del poliéster PET por la utilización de recursos y/o emisiones ambientales, como en el post-consumo origina una gran cantidad de residuos plásticos por su utilización”. (Suasnavas Flores, 2017).

- **Metodología**

La metodología se basa en seguir una serie de procedimientos, los cuales se utilizan para llevar a cabo una investigación de forma teórica y práctica permitiendo así llevar a cabo proyectos como en este caso donde se espera hallar la metodología más apropiada para el desarrollo del prototipo, permitiendo así que la estructuración sea la adecuada. También se puede definir como la “Etimológicamente metodología significa tratado del método y método significa ir a lo largo del camino, es decir, forma de proceder en cualquier dominio y de ordenar la actividad a un fin”. (Navarro, 2015).

- **CAR**

La corporación autónoma regional es uno de los entes encargados de controlar y vigilar el medio ambiente a lo largo del departamento de Cundinamarca, además de trabajar en conjunto con el ministerio del ambiente y así controlar la contaminación en el municipio de Girardot y en los 104 municipios de este departamento. Lo cual hace que este ente sea el encargado de la investigación de nuevas tecnologías como la del prototipo recolector de residuos que se plantea como foco de estudio. Además, su misión se basa en “Ejercer como máxima autoridad ambiental en su jurisdicción, ejecutando políticas, planes, programas y proyectos ambientales, a través de la construcción de tejido social, para contribuir al desarrollo sostenible y armónico de la región” (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2017).

- **Hardware**

El autor Serrano lo define como: “La constituyen dispositivos electrónicos y electromecánicos que proporcionan capacidad de captación de información, cálculos y presentación de información a través de dispositivos como sensores, unidades de

procesado y almacenamiento, monitores, etc”. (2015). Es decir, se basa en los componentes que se implementaran en la estructuración del prototipo permitiendo así un funcionamiento lógico los cuales se puedan programar de forma autónoma para seguir órdenes y se acoplen a las necesidades.

- **Software**

El autor Pérez lo define como: “El software es un conjunto de instrucciones de lenguaje de computadoras, que cuando se ejecutan proporcionan la función y el rendimiento deseado. Además, hace posible el funcionamiento de mecanismos automatizados de alta complejidad”. (2016). Por ello se espera que, gracias a esto, la programación que se va a desarrollar y el lenguaje empleado sea el más indicado ya que este permitirá el mayor rendimiento y funcionamiento.

- **Robótica:**

Al implementar la palabra robótica en los últimos años y con las nuevas tecnologías existen Vázquez determina que “La robótica es una técnica, no una ciencia en sí misma. Es decir, consiste en la aplicación de conceptos científicos con una finalidad práctica, pero la gran cantidad y la diversidad de conceptos aplicados (mecánica, electricidad, electrónica, programación...)”. (2015). Por ello se puede dictaminar que la robótica va a ser parte fundamental del proyecto, ya que se espera que el prototipo sea capaz de llevar a cabo las instrucciones que se le programaron y las pueda realizar de forma autónoma y siguiendo los parámetros, para así evitar los errores que puede tener la mano humana.

7.4. Marco Legal

En este apartado se ve evidenciando las bases legales que dan sustento al estudio de investigación para el desarrollo del proyecto, según políticas, decretos, resoluciones de ley y la constitución de 1991

Gracias a iniciativas orientadas a instituir lineamientos unificados para la gestión del agua, nace la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH) impulsada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), dicha política establece que se debe “a través de la formulación de objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción estratégica para el manejo del recurso hídrico en el país, que permitan resolver la actual problemática del recurso y promover su uso eficiente y preservación para bienestar de las generaciones futuras.”(Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico).

La Política para la Gestión de la Biodiversidad y sus servicios Ecosistémicos tiene como finalidad promover la gestión de la biodiversidad y los recursos ecosistémicos, por medio de una iniciativa conjunta, coordinada y avalada por el estado, el sector productor y la población civil, apuntando hacia la formulación e implementación de iniciativas ambientales de gestión, ya sea por medio de políticas, normas, planes, programar o proyectos. Lo anterior para la conservación en sus diferentes niveles de organización, además de ser base de la articulación interinstitucional y parte fundamental en desarrollo del país.

La ley 99 de 1993 nos da los fundamentos generales de la política ambiental en el país, entre los cuales se destaca el artículo 1-inciso 2. el cual establece que “La biodiversidad del país, por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad, deberá ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible” (Ley 99 de 1993, 2022), además en el inciso 10, “se evidencia como la protección y la recuperación ambiental en el país debe ser una tarea conjunta entre el estado, la comunidad y el sector privado, por lo tanto, el estado debe apoyar e incentivar la conformación de organismos e iniciativas no gubernamentales para la protección del medio ambiente.” (Ley 99 de 1993, 2022).

“Se dictan las normativas fundamentales para prevenir y controlar la contaminación medio ambiental y los bienes de la misma en el decreto de Ley 2911 de 1974, donde se generan mecanismos para el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovable, a fin de asegurar el bienestar y proteger la salud de todos los colombianos.” (Decreto 2811 de 1974)

En el aspecto de la **ocupación del cauce**, dado a que el proyecto tiene por objetivo de investigación, ser aplicado en la desembocadura del río Bogotá, es necesario solicitar el permiso de ocupación del cauce, el cual será otorgado por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, este proceso es de suma importancia para la CAR, ya que así se aseguran que las obras o proyectos que se pretendan desarrollar, no interrumpen el comportamiento natural del afluente y así se previenen daños a predios contiguos y a los ecosistemas de la zona.

El adelantar dichas actividades sin la previa autorización según la Ley 1333 de 2009 puede acarrear las siguientes sanciones:

- Multas diarias hasta por cinco mil (5.000) salarios mínimos mensuales legales vigentes.
- Revocatoria o caducidad de licencia ambiental, autorización, concesión, permiso o registro.
- Demolición de obra a costa del infractor.
- Trabajo comunitario según condiciones establecidas por la autoridad ambiental.

Entre la legislación que está relacionada directamente con el presente proyecto y la solicitud de ocupación del cauce se encuentran:

Decreto 1541 de 1978(Artículo 104): Donde establece que “La construcción de obras que ocupen el cauce de una corriente o depósito de agua requiere autorización, que se otorgará en las condiciones que establezca el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente -INDERENA-“(REPUBLICA DE COLOMBIA MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1978, Decreto 1541, Artículo 104). Igualmente, en el Decreto 2811 de 1974, más específicamente en los artículos 102,105 y 119, se establece que toda ocupación del cauce requiere autorización. (Decreto 2811 de 1974)

Resolución 1280 de 2010 (Artículos 1 - 2): En donde se establecen las tarifas para el cobro de los servicios de evaluación y seguimiento ambiental que debe tramitar la CAR, dichas tarifas se ven evidenciadas en la siguiente ilustración 1:

Ilustración 1 Tarifas Para la Autorización de la CAR

Valor proyecto	Tarifa máxima
Menores a 25 SMMV	\$ 76.941,00
Igual o superior a 25 SMMV e inferior a 35 SMMV	\$ 107.841,00
Igual o superior a 35 SMMV e inferior a 50 SMMV	\$ 154.191,00
Igual o superior a 50 SMMV e inferior a 70 SMMV	\$ 215.991,00
Igual o superior a 70 SMMV e inferior a 100 SMMV	\$ 308.691,00
Igual o superior a 100 SMMV e inferior a 200 SMMV	\$ 617.691,00
Igual o superior a 200 SMMV e inferior a 300 SMMV	\$ 926.691,00
Igual o superior a 300 SMMV e inferior a 400 SMMV	\$ 1.235.691,00
Igual o superior a 400 SMMV e inferior a 500 SMMV	\$ 1.544.691,00
Igual o superior a 500 SMMV e inferior a 700 SMMV	\$ 2.162.691,00
Igual o superior a 700 SMMV e inferior a 900 SMMV	\$ 2.780.691,00
Igual o superior a 900 SMMV e inferior a 1500 SMMV	\$ 4.634.691,00
Igual o superior a 1500 SMMV e inferior a 2115 SMMV	\$ 6.535.041,00

Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Resolución Ministerial 1280 del 7 de julio de 2010.

Resolución 2202 de 2006: “La que establece los formularios únicos que se deben utilizar para la solicitud de tramites ambientales e indica que el uso de estos es obligatorio dentro del territorio nacional.” (Resolución 2202, 2006)

8. HIPÓTESIS

8.1 Formulación de la hipótesis

Con el diseño, desarrollo, ensamblado y despliegue de un prototipo para la recolección de residuos sólidos flotantes en un *escenario escalado* del caudal de la desembocadura del río Bogotá, permitirá mitigar la cantidad de residuos en el caudal en un 30% en un periodo de tiempo de 3 horas.

8.2 Variables

Variable independiente

Prototipo recolector de residuos sólidos flotantes.

Variables dependientes

Mitigación de la cantidad de residuos en el caudal en un 30%.

9. DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

9.1. Área de investigación

Las áreas de investigación en la que se mueve el presente proyecto son la innovación tecnológica, la robótica y el medio ambiente. Esto, por la razón del título del proyecto, el cual describe el diseño, desarrollo, ensamblado y despliegue de una herramienta tecnológica que tiene como propósito mitigar el impacto de la contaminación en un tramo del río Bogotá.

9.2. Línea de investigación

La línea de investigación del presente proyecto se establece en el diseño y desarrollo de software, en la infraestructura e innovación de proyectos informáticos.

9.3. Tipo de investigación

El presente proyecto implica un tipo de investigación aplicada, para fines de su argumentación y desarrollo se determina de esta forma. Lo anterior, dado a que se aplica una serie de conocimientos generados desde un espacio académico en una problemática de la sociedad, en este caso, los efectos negativos de la contaminación de residuos sólidos flotantes en la desembocadura del río Bogotá.

9.4. Enfoque de la investigación

Se establece que el enfoque de la investigación es mixto, por la razón de que, por medio de los instrumentos de recolección de información, específicamente del grupo focal, se sustraen datos del tipo cualitativo. Pero, se realizó una representación de estos datos cualitativos en datos cuantitativos para poder evaluar y cuantificar la información recolectada de las personas que participaron del grupo focal.

9.5. Carácter de la investigación

El carácter de la investigación es descriptivo, dado a que se realizó una investigación para el análisis del diseño, desarrollo, ensamblado y despliegue de una herramienta enfocada a la solución del problema descrito en apartados anteriores. Por lo cual, se describe el fenómeno que desencadena el problema, al igual que se realiza la descripción de los efectos y los actores inmersos en la temática central del problema.

9.6. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.

La comuna 2 de la ciudad de Girardot localizada al sureste de su territorio, cuenta con 13 barrios y el 69,23% de estos colindan con los ríos Bogotá y Magdalena, por lo tanto, allí se establecieron los primeros puertos de la ciudad tales como Puerto Montero, Puerto Cabrera y Puerto Monguít. Esto hace que presente riesgo natural medio y alto por procesos de remoción en masa que impacta a la población asentada en las cercanías de estos dos ríos, además, la contaminación del río Bogotá afecta directamente al 30,77% e indirectamente al 38,46% de los barrios y a las poblaciones que aún se abastecen de este, lo que demuestra como la planificación urbana del territorio no ha respondido a sus características fisiográficas permitiendo que se generen problemáticas ambientales. (Giraldo Vallejo, A. E., Casanova Ortiz, Ángel E., Bermúdez Hernández, J. D., Bautista Herrera, J. E., & Jiménez Oliveros, P. A. 2019)

Teniendo en cuenta lo enunciado anteriormente se plantearon las técnicas e instrumentos para la investigación de este proyecto, se establecen de acuerdo con los objetivos específicos de este proyecto. Por lo cual, se tabula un conjunto de actividades para la recolección de información, sus respectivos instrumentos y entregables. Estas actividades se expresan de la siguiente manera:

ACTIVIDADES	INSTRUMENTO	ENTREGABLE
Identificar los tipos de contaminación en el río Bogotá.	Revisión documental.	Matriz de información correlacional.

ACTIVIDADES	INSTRUMENTO	ENTREGABLE
Evaluar los efectos ambientales y sociales que genera la contaminación del río Bogotá.	Grupo Focal.	Gráfica estadística de resultados de respuestas recolectadas.
Analizar componentes de tecnología Arduino que toleren la humedad y la presión.	Revisión documental Coppelia	Listado de componentes analizados con sus características. Diseño de prototipo de la herramienta tecnológica

Tabla 1 Actividades, instrumentos y entregables de la investigación. Autores 2022.

La anterior tabla determina que para cada actividad se establecen un número de instrumentos determinados para cumplir con la recolección de información requerida, por ejemplo, en el caso de la actividad para evaluar los efectos ambientales y sociales que genera la contaminación en el tramo de la desembocadura del río Bogotá, se aplicó un grupo focal con una serie de preguntas respectivas para obtener datos puntuales del problema y de los actores que conviven con este mismo.

En el apartado de tabulación y análisis de resultados, se especifican las razones del por qué se plantearon las preguntas a aplicar con el siguiente formato en el grupo focal:

OBJETIVO DEL GRUPO FOCAL

Identificar los efectos de la contaminación de residuos flotantes en la desembocadura del río Bogotá para los habitantes de la comuna 2 de Girardot cercanos a dicho tramo del río Bogotá. Además de plasmar los puntos de vista de los participantes del grupo focal, respecto a las estrategias, proyectos y/o soluciones que hayan sido brindadas a ellos en torno al problema.

Se plantea como herramienta del grupo focal el uso de una grabadora o videocámara para plasmar las respuestas. Se deja por escrito que la grabación no será publicada en medios digitales, de comunicación, ni se expondrán datos sensibles, tampoco es para fines lucrativos, sino por el contrario; este ejercicio se plantea para fines del ejercicio de investigación del proyecto *Análisis y diseño de una herramienta autosostenible con tecnología Arduino para la recolección de residuos flotantes en el tramo de la desembocadura del río Bogotá al Magdalena, año 2022.*

Nombre:

Cargo u Oficio:

Teléfono:

Problema

- 1) ¿Cree que los residuos sólidos han afectado la fauna que habita esta desembocadura?
 - a) Si
 - b) No
 - c) No aplica

- 2) ¿Es recurrente la acumulación o circulación de residuos sólidos en la desembocadura del río Bogotá?
 - a) Si
 - b) No
 - c) No aplica

Ilustración 2 Formato grupo focal-Problema. Autores. 2022.

Efectos

- 3) ¿Parte de su alimentación depende de los peces que habitan la desembocadura del río Bogotá?
 - a) Si
 - b) No
 - c) No aplica

- 4) ¿Considera que el agua que circula por este afluente pueda ser de uso beneficioso para las necesidades de la casa, como lavar ropa, bañarse, entre otras?
 - a) Si
 - b) No
 - c) No aplica

Ilustración 3 Formato grupo focal-Efectos. Autores. 2022.

Solución

- 6) ¿Conoce una herramienta que ayude a recolectar los residuos sólidos que se desplazan en la desembocadura del río Bogotá?
- a) Si
 - b) No
 - c) No aplica
- 7) ¿Cree que es necesario una herramienta que ayude a recolectar los residuos sólidos que se desplazan en la desembocadura del río Bogotá?
- a) Si
 - b) No
 - c) No aplica
- 8) ¿Cree que este tipo de tecnología ayuda a una mejor calidad de vida para las personas?
- a) Si
 - b) No
 - c) No aplica

Ilustración 4 Formato grupo focal-Solución. Autores. 2022.

Las anteriores figuras especifican el tipo de información solicitada a los participantes del grupo focal. Estos participantes que se escogieron para obtener una cantidad definida de miradas o enfoques respecto al problema se describen como personas con cargos específicos dentro del contexto del tema de este proyecto.

9.7. Tabulación y análisis de resultados

Ahora bien, para la tabulación de los resultados se debe tener en cuenta los comentarios y aportes descritos verbalmente por los actores, dado a que estos complementan de mejor manera el objetivo de este instrumento de recolección de información (grupo focal).

Aplicando el grupo focal, se presentan los entregables respectivos. Con siete actores representantes de la población de estudio, se destacan sus roles o cargos en el contexto del problema de la siguiente manera:

- 1) persona de tercera edad y pescador,
- 2) estudiante,
- 3) exconcejal y comerciante,
- 4) ama de casa,

- 5) presidente de la junta,
- 6) técnico en manejo ambiental,
- 7) auxiliar administrativo de la secretaria de salud

Para una ampliación del motivo por el cual se realizaron las preguntas expuestas en el apartado anterior, se especifican 3 principales que abrazan de manera global el proyecto en tres aspectos principales: el problema, los efectos (sobre los actores) y el conocimiento de los actores respecto al desarrollo de proyectos que mitiguen el impacto de la contaminación sobre la población de estudio.

Como primera pregunta, se formula el problema de la siguiente manera:

- ¿Piensa que es recurrente la acumulación o circulación de residuos sólidos en la desembocadura del río Bogotá?

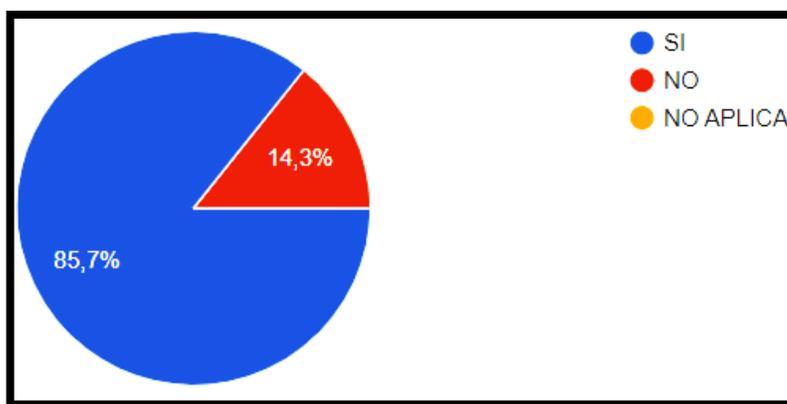


Ilustración 5 Resultados del grupo focal 1. Autores. 2022

La grafica anterior determina como información puntual el resultado de la cercanía de los actores con el problema y su actualidad. Es decir, esta pregunta acerca a los investigadores con las personas afectadas de manera clara y en tiempo real. *‘Estas personas conocen y viven por experiencia propia la concurrencia de la contaminación en el tramo de la desembocadura del río Bogotá.’* Por lo tanto, el 85.7% de las personas en el grupo focal respondieron que **si** es recurrente la circulación de residuos sólidos en el tramo de la desembocadura del río Bogotá.

Aquí hay algunas observaciones respetivas a los comentarios realizados por los participantes en cuestión a esta pregunta. Se presenta el cargo del participante y su aporte:

Estudiante: Claro ya que en cualquier hora del día se ven agentes contaminantes circulando por la corriente del rio.

Persona de la tercera edad y pescador: Si ya que en esta parte del Rio se encuentran muchos mansos como se le conoce a los sectores donde no hay corriente y donde se acumulan muchas basuras.

Ama de casa: Concuerto con el participante uno ya que esta desembocadura siempre tiene a arrastrar todo lo que encuentre a su paso.

Exconcejal y comerciante: Si ya que como estamos en temporada de lluvias y el afluente tiende a crecer llevándose toda la contaminación que se encuentran en las riberas del Rio haciendo que la acumulación se valla a otros sectores

Presidente de la junta: La corriente siempre desplaza árboles, basuras, plásticos y todo aquello que arrojan al río o dejan en las orillas.

Auxiliar administrativo de la secretaria de salud: Si es recurrente teniendo en cuenta que hasta el día de hoy seguimos presentando la contaminación que tiene el Rio Bogotá hacia el Rio Magdalena, en el cual se han presentado algunos elementos bastante contaminados en el Rio.

Técnico en manejo Ambiental: Pienso que no es recurrente en esta parte del Rio, ya que la corriente del agua hace que estos residuos se desplacen a zonas menos corrientosas y es allí donde se puede ver la acumulación de esta.

La siguiente pregunta determina los posibles efectos que tiene la contaminación sobre aspectos de carácter natural para las personas inmersas en este contexto. Es decir:

- ¿Conoce personas que su alimentación dependen de los peces que habitan la desembocadura del rio Bogotá?

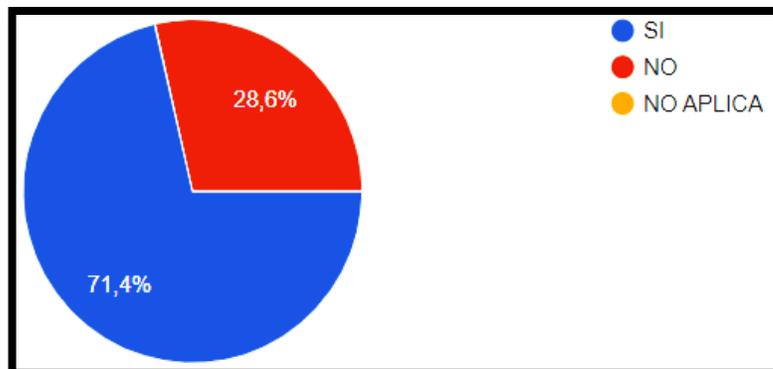


Ilustración 6 Resultados del grupo focal 2. Autores. 2022

De esta manera, con 71.4% las personas contestaron que **si** conocen experiencias de personas cercanas que viven y se sustentan económicamente de los peces que llasan en este tramo del río. Por lo cual, la aplicación de esta pregunta (al igual que otras relacionadas a este aspecto) permite analizar el transfondo de una realidad para las personas que tienden a estar en riesgo por el consumo de estos peces que están contaminados.

Para esta pregunta también se demuestran algunas observaciones respetivas a los comentarios realizados por los participantes:

Estudiante: *Claro porque la gente de bajos recursos que vive cerca al rio no cuentan con más ingresos para poder alimentarse, entonces su mejor opción se basa en la pesca que muchas veces estos animales vienen contaminados*

Persona de la tercera edad y pescador: *Por la contaminación con la que se encuentra hoy en día el Rio, ya no se encuentran peces, por ejemplo, se puede ir a pescar todo un día y no encontrar ningún pescado lo cual se puede decir que la contaminación ha ido en aumento los últimos años.*

Ama de casa: *Si debido a la misma contaminación ya las personas de bajos recursos o que en estos momentos no tenían trabajo, se dirigían al Rio a pescar por unas horas y con eso se podían alimentar o vender los animales y tener para el sustento diario, pero ahora con la contaminación ya no se encuentran los peces ni se pueden consumir.*

Ex concejal y comerciante: *Si los efectos que está causando la contaminación del rio Bogotá son demasiados porque como lo decían los compañeros anteriores, ya los peces ni siquiera habitan allí por la misma contaminación del agua, entonces tienen que buscar Rio arriba a donde emigrar y por eso es que en todo este sector donde desemboca el Rio Bogotá no se encuentran peces ya que el agua llega muy contaminada y pues obviamente los peces se van aislar de este sector y los perjudicados son las personas que viven de la pesca.*

Presidente de la junta: *Bueno, decir que la alimentación depende de los peces, si no solo el consumo propio de los habitantes del Rio, sino que, pues ellos pescan para vender también entonces para generar una ganancia económica, entonces obviamente está afectando bastante la alimentación de los rivereños.*

Auxiliar administrativo de la secretaria de salud: *No conozco ninguna gracias a Dios.*

***Técnico en manejo Ambiental:** A lo largo de mi estudio tuve que visitar personas muy cercanas a los ríos y ver por experiencia propia, como estas personas de bajos recursos les toca alimentarse con estos peces contaminados ya que no cuentan con otro tipo de sustento*

La siguiente pregunta respalda el objetivo de analizar el conocimiento de las personas del grupo focal frente al panorama de las posibles soluciones que se han establecido o brindado para enfrentar el problema central del proyecto. Y, si a su criterio (el de los participantes del grupo focal), es relevante que se pueda plantear como solución una herramienta tecnológica. Por lo cual, la pregunta se establece de la siguiente manera:

- ¿Cree que es necesario una herramienta que ayude a recolectar los residuos sólidos que se desplazan en la desembocadura del río Bogotá?

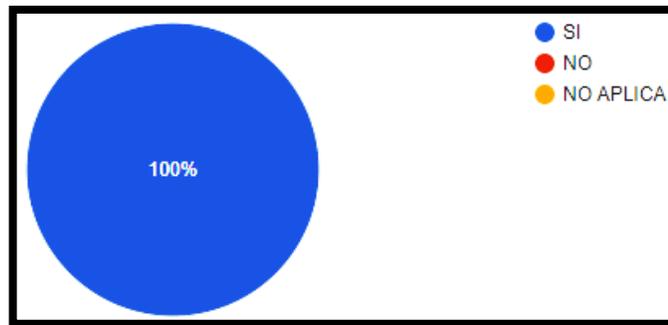


Ilustración 7 Resultados del grupo focal 3. Autores. 2022

De esta manera, en un 100%, las personas concordaron en un **si** como respuesta, para poder determinar su aprobación a lo descrito anteriormente. Sin embargo, a continuación, se demuestran los resultados obtenidos de las preguntas aplicadas con sus respectivos comentarios brindados por los participantes del grupo focal:

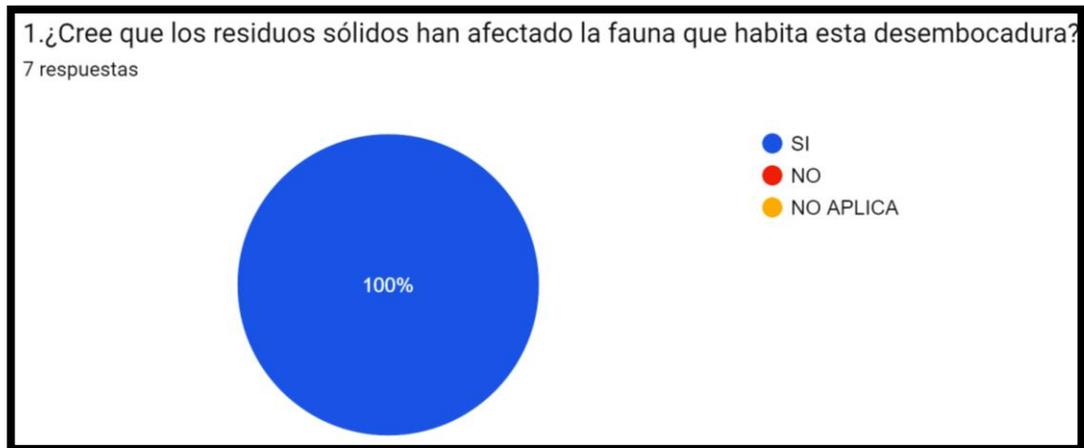


Ilustración 8 Resultados del grupo focal 4. Autores. 2022.

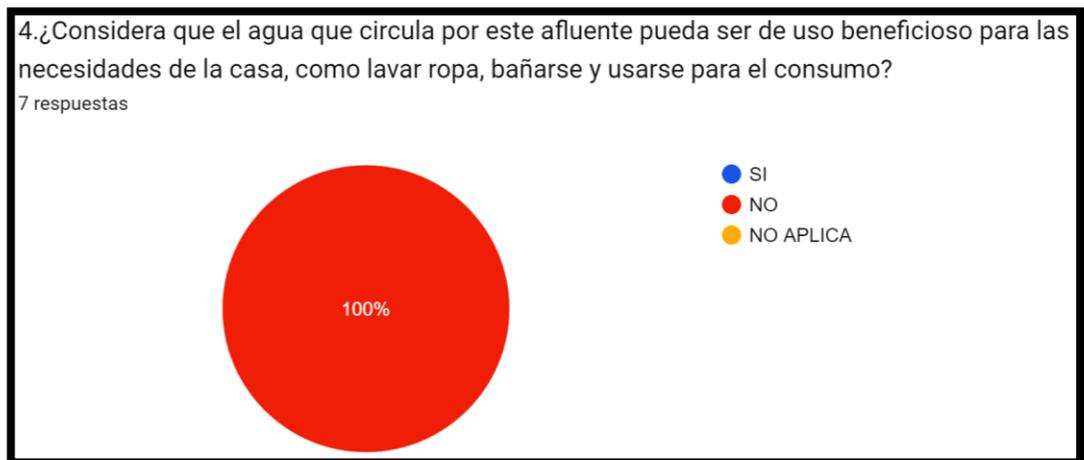


Ilustración 9 Resultados del grupo focal 5. Autores. 2022.

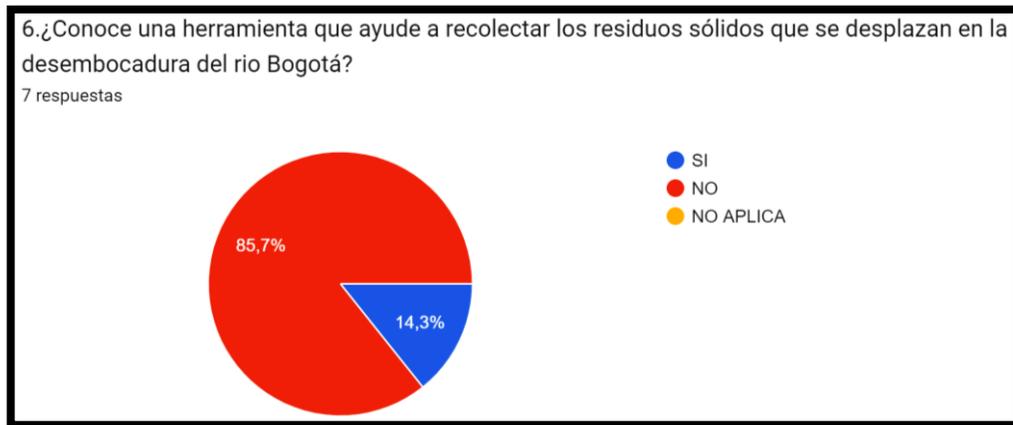


Ilustración 10 Resultados del grupo focal 6. Autores. 2022.

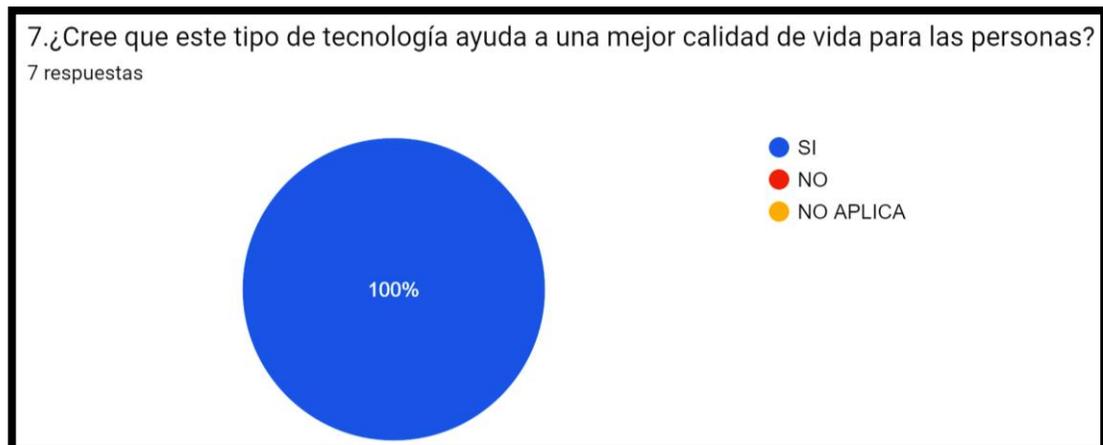


Ilustración 11 Resultados del grupo focal 7. Autores. 2022.

10. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA APLICADA A LA INGENIERÍA DE SISTEMAS.

Para el propósito de este proyecto, se tuvo en cuenta la base argumentativa y aplicada de dos metodologías esenciales, de las cuales se ramifican instrumentos, herramientas, métodos, fases y estrategias, que permiten el cumplimiento del objetivo del proyecto.

Declaradas la innovación tecnológica, la robótica y el medio ambiente como áreas de investigación; el diseño y desarrollo de software y la infraestructura e innovación de proyectos informáticos como línea de investigación; el tipo de investigación aplicada; el

enfoque de investigación mixto y siendo descriptivo el carácter de la investigación; se explican y argumenta, a continuación, las metodologías aplicadas dentro del proyecto.

10.1 Tipo de metodología a desarrollar de la solución informática.

La primera metodología delimita al margen a aquellas técnicas para la recolección de información enfocadas a un investigador o a una investigación. De esta manera, se enmarca la metodología del *Focus Group*, o grupo focal.

“Los grupos focales son una técnica de recolección de datos mediante una entrevista grupal estructurada, la cual gira alrededor de una temática propuesta por el investigador.” (Escobar, J. Bonilla Jiménez, F. I. 2017, pág. 52)

Por lo anterior, el grupo focal permite la realización de un proceso que conlleva a un número específico de personas a dialogar, presentar y argumentar sus puntos de vista. Es por esta razón, la de integrar a distintos actores con distintos puntos de vista y experiencias, los cuales respaldan principalmente el problema y la justificación del proyecto. Es decir, al aplicar esta metodología, con los instrumentos que la sustentan (que para este proyecto se aplicaron una serie de preguntas con el tema principal con el instrumento del grupo focal y por medio), se confrontaron las diferentes perspectivas de distintas personas (de las cuales se explicará más en el apartado de resultados).

Como segunda metodología, se plantea la del diseño de sistemas robóticos. La cual, se establece como guía para analizar el diseño conceptual y mecánico, junto con un apartado de la simulación de dicho diseño de un sistema robótico.

Esta metodología comprende cuatro fases principales, con las cuales se estructura una serie de actividades para completar dichas fases. Estas fases son: diseño conceptual, análisis cinemático, análisis dinámico y diseño mecánico.



Ilustración 12 Metodología para el diseño de sistemas robóticos. Martínez Verdú, J. Sabater Navarro, José M. 2012

Esta metodología se comprende de cuatro disciplinas relacionadas entre sí, que componen el diseño tecnológico; estas son el control, la electrónica, la mecánica y el software. Pero, esta metodología, principalmente se enfoca en la mecánica y el software. Por lo cual, se determina de un factor clave mientras se va ejecutando la metodología, y es el diseño concurrente. Este factor permite que en cada fase del diseño en que se avance, se definen parámetros y restricciones físicas de acuerdo con los retos que se presenten en cada fase.

Esta metodología permite la ejecución de las fases en forma paralela, de esta manera, el diseño concurrente se verá aplicado desde el análisis del ciclo de vida del producto hasta su evaluación final.

Ahora bien, para el diseño del sistema propuesto (uno de los apartados posteriores al presente), siguiendo la metodología, se plantean tres etapas para el procedimiento general del diseño de la herramienta enfocada a la solución del problema planteado en este proyecto. Estas etapas son, la definición del problema, el desarrollo de la solución y la validación de la solución.

Cada una de las etapas contienen características específicas que describen el tipo de información a requerir en cada una de estas. En el caso de la etapa 1, la definición del problema, se identifican las necesidades, los actores y las tareas que surjan a partir de la investigación del contexto o del entorno del problema (que en este aspecto ya se identificaron dichas características en apartados anteriores). De acuerdo con la información de estas características, se construyen las especificaciones, requerimientos y/o restricciones para el diseño. (Los requerimientos se plantean posteriormente en el apartado de estos mismos).

Para la etapa 2, que es el desarrollo de la solución, se examinan los requerimientos, especificaciones y requerimientos plasmados en el diseño propuesto para llevarlo a la etapa de desarrollo. La cual, se puede ir ejecutando al mismo tiempo que la tercera etapa, que es la validación de la solución; con el propósito de rediseñar, configurar y/o corregir aspectos del diseño propuesto que en la validación se comprobó un fallo.

Las etapas se pueden visualizar de mejor manera a continuación:

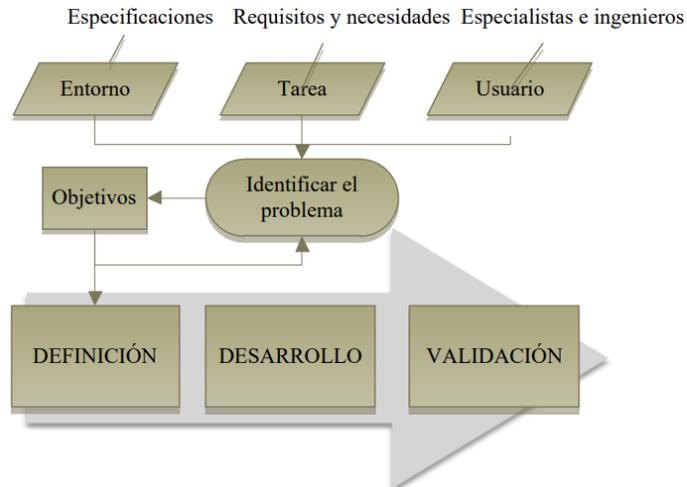


Ilustración 13 Ciclo de Vida de la Metodología para el diseño de sistemas robóticos.
 Martínez Verdú, J. Sabater Navarro, José M. 2012

A continuación, se especifican las actividades aplicadas por cada fase en la metodología del diseño del sistema robótico del presente proyecto, dentro de su propio ciclo de vida.

- Definición del problema.** En la primera etapa del ciclo de vida, se define el problema, en el cual se identifican los requerimientos y cuatro especificaciones generales del sistema robótico, que son: tarea, escenario, usuario y seguridad. Además, de que contiene la primera fase de la metodología que es el *diseño conceptual*.

En este diseño se plantean las siguientes actividades:

- Creación del proyecto
 - Generación de piezas
 - Dibujo de bocetos
 - Construcción de ensamblajes
 - Elaboración de documentación
- Desarrollo de la solución.** En esta etapa del ciclo de vida de esta metodología, se realiza el estudio del movimiento del mecanismo, y también se definen los cálculos y formulaciones que miden las fuerzas que afectan de igual manera al mecanismo

del sistema robótico. Dentro de esta etapa, se encuentran dos fases de la metodología, que son: *el análisis cinemático*, y *el análisis dinámico*.

Ambas fases contienen actividades similares, pero con enfoques distintos en los procesos, una dedicada al estudio del movimiento y otra al cálculo de las fuerzas inmersas en el mecanismo del robot. Estas actividades son:

- Creación de uniones
- Asignación de condiciones de funcionamiento
- Análisis de resultados
- Características cinemáticas
- Características dinámicas
- Definición de las principales dimensiones del robot

- **Validación de la solución.** En esta etapa del ciclo de vida, se establecen las dos fases finales de la metodología, ambas enfocadas a la validez en el cumplimiento de los requerimientos u objetivos planteados para el diseño, desarrollo y ensamblado del robot. La primera fase, *el diseño mecánico*, encargado de contener la actividad de:

- Solución final

Con esta actividad, se ensamblan las piezas y estructura físicas analizadas en las anteriores fases, junto con el software desarrollado. Lo anterior con el fin de proseguir con la última fase de la metodología, que es *la simulación*, que en realidad contiene una actividad esencial (que se aplica durante todo el ciclo de vida del proyecto), que es:

- Pruebas unitarias
- Documentación

Con estas actividades, se da finalizada la explicación del ciclo de vida de la metodología elegida y argumentada para fines puntuales de este proyecto y su completitud.

10.2. Análisis del sistema actual.

Para determinar los aspectos del sistema actual, se plantean las especificaciones de este mismo, tomando el antecedente respectivo a la *poderosa máquina que promete salvar al río Bogotá* (Ver página 21). “La draga Watermaster llegó al río Bogotá en julio de 2019, con el fin de hacer mantenimiento diario al afluente, reforzando los trabajos de adecuación hidráulica que iniciaron en el año 2013, y que han comprendido limpieza y ampliación del cauce y movimiento de jarillones.” (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. 2020). Dichas especificaciones son:

- Refuerzo de los trabajos de adecuación hidráulica.
- Mantenimiento diario al afluente.
- Debe circular entre más de 100 km del afluente.
- Debe extraer residuos sólidos del canal del río.
- En cada extracción se deben recoger por mínimo, cuatro metros cúbicos (4m³) de residuos sólidos.
- Debe flotar.
- Capacidad de anclaje.
- Estabilidad en la flotabilidad.
- No contiene capacidad de ser autosustentable.

“La máquina usa la herramienta del rastrillo, la cual permite extraer los sólidos del canal del río, con una capacidad de 4 m³ por extracción. Esta herramienta es la más adecuada porque encontramos elementos de gran tamaño como tejas, bicicletas, llantas, entre otros.”
(Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. 2020)



Ilustración 14 Draga Watermaster. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. 2020.

Ahora bien, dado a que este sistema se implementó en el 2020, y se desplegó en solamente 4 puntos específicos del afluente, una draga en la laguna de Fúquene, dos en el humedal Tierra Blanca en Soacha y la última en el Río Bogotá. Pero, al no plantearse este sistema en la desembocadura del río Bogotá, se concluye que por costos (probablemente) no se desarrollaron más de estos ejemplares para extenderlos a lo largo del afluente.

También se declara, como parte esencial del análisis del sistema actual, es que, en el contexto del problema, actualmente, como se demuestra con el ejemplo anterior, en la región solo existe una solución relacionada a la propuesta de este proyecto. Es decir, que, como sistema actual de la solución delimitada por el problema, se encuentran son a las personas que por su cuentan recolectan y clasifican los residuos del río Bogotá y en su desembocadura, para fines de trabajo y sustento económica de estas mismas.

10.3. Requerimientos del sistema.

Para los requerimientos del sistema propuesto, se especifican los siguientes aspectos:

- Que el diseño de la herramienta sea claro y escalable con magnitudes reales.
- Capacidad de anclaje.
- Flotabilidad.
- Estabilidad en la flotabilidad.
- Que la herramienta tenga capacidad de recolectar residuos sólidos flotantes.
- Que, al llenarse el depósito de residuos, genere una alerta sonora para el cambio de dicho depósito.
- Que funcione con energías limpias (hidráulica y/o solar).
- Que no genere una interrupción negativa en el ciclo natural del afluente y en el ecosistema que lo rodea.

10.4. Diseño del sistema propuesto.

Para el diseño de la herramienta propuesta, se realizó un esquema en 3d para la estructura parametrizada en magnitudes reales de cómo queda la herramienta con los materiales y formas. A continuación, se presenta el esquema:

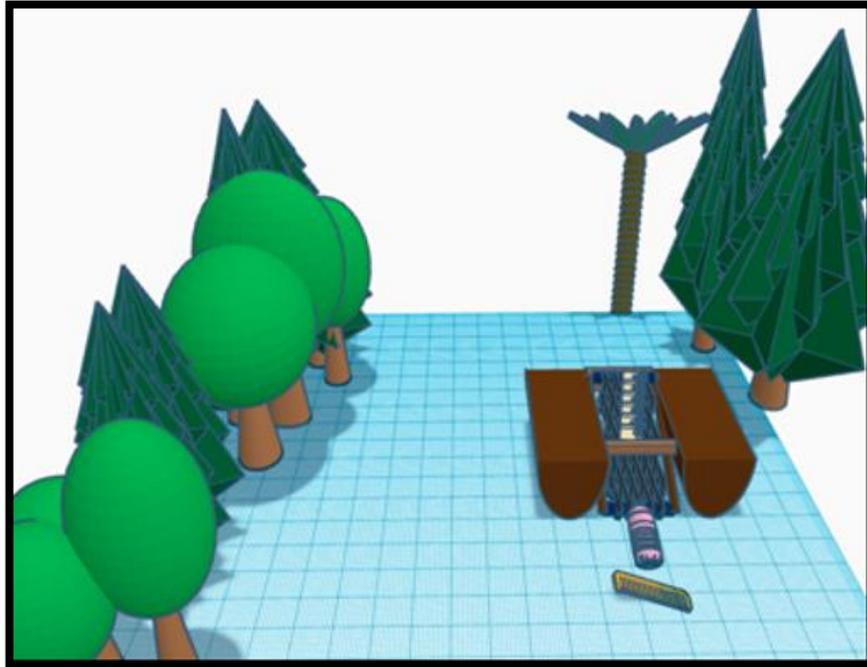


Ilustración 15 Diseño de la Herramienta 1. Autores. 2022.

Se creó un escenario para comprender de mejor manera el diseño. La herramienta comprende de 3 componentes generales y principales.

El primer componente es la cinta transportadora, esta es la encargada de ir recogiendo y depositando los residuos sólidos en el recolector. Esta cinta funciona con motores servos de rotación de 360°, para hacer girar los rodillos. Dicha cinta esta echa por una tela impermeables, y se plantea de esta forma por dos motivos principales. El primero, para que el residuo al ser levantado por la cinta, se le resbale el agua sobrante y no generar mayor peso en la barca. Y el segundo, refiere a un mayor agarre de los residuos, por lo cual se plantea de la siguiente manera el esquema de la cinta transportadora:

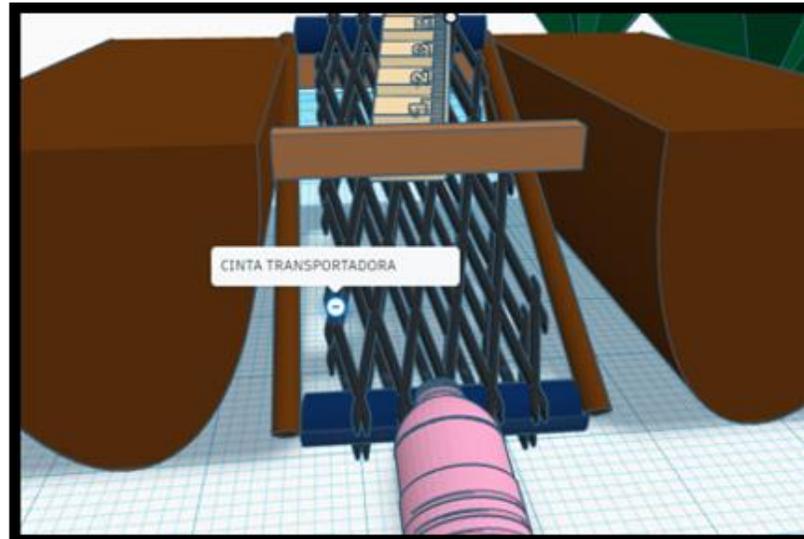


Ilustración 16 Diseño de la Herramienta Plataforma. Autores. 2022.

El siguiente componente es la base flotante, la cual como su nombre lo indica, es la encargada de sostener sobre el agua a todo el sistema. Esta base flotante se plantea que se compuesta de madera principalmente de paulonia, la cual es un tipo de madera de menor densidad al agua y menor a la de otros tipos de madera. La base flotante se plantea de la siguiente manera:

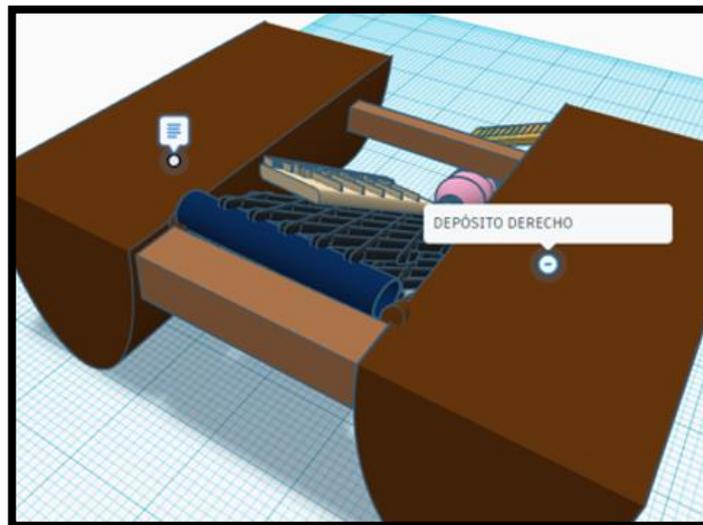


Ilustración 17 Diseño de la Herramienta Base. Autores. 2022.

El tercer componente, trata de los rodillos giratorios los cuales estarán conectados al motor para permitir que la herramienta desplace de la mejor manera los residuos sólidos que van flotando a través del río

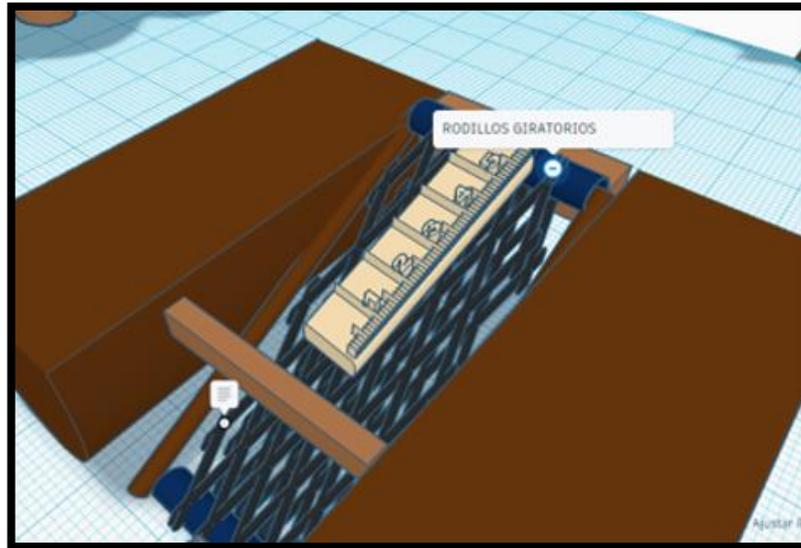


Ilustración 18 Diseño de la Herramienta Rodillos Giratorios. Autores 2022.

Para finalizar, las siguientes ilustraciones, demuestran la estructuración de la herramienta tecnológica la cual se va representando en un paso a paso permitiendo observar la forma en que se iba organizando cada uno de los componentes que anteriormente se habían expresado, permitiendo así poder visualizar de manera más clara la organización del prototipo

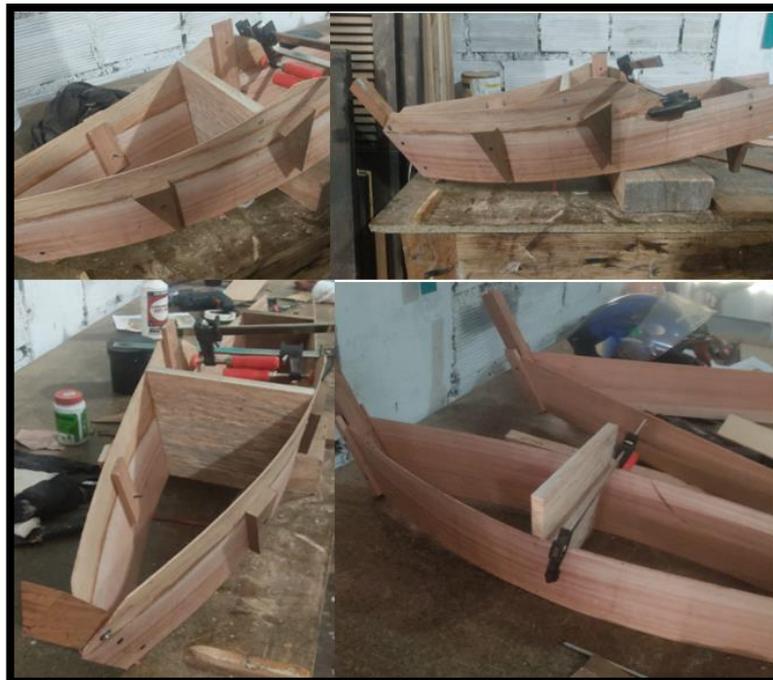


Ilustración 19 Diseño de la Herramienta Recolector. Autores. 2022.



Ilustración 20 Diseño de la Herramienta Recolector. Autores. 2022.

10.4.1. Casos de uso

En el contexto del sistema de recolección de residuos en desarrollo, es fundamental contar con una comprensión clara de cómo los usuarios interactuarán con el sistema y las funcionalidades necesarias para alcanzar sus objetivos. Con este fin, se utilizan casos de uso, una técnica que permite describir de forma estructurada las interacciones entre los usuarios y el sistema.

Caso de uso:	Preparación del Robot
Actores:	Usuario
Descripción:	Verificar las condiciones del robot y asegurarse de contar con las baterías cargadas.
Flujo Básico:	<p>El usuario verifica que el robot esté en buenas condiciones y sin obstrucciones.</p> <p>El usuario asegura que las baterías estén completamente cargadas.</p>

Tabla 2 Caso de uso: Preparación del robot, Autores 2023.



Ilustración 21 Caso de uso: Preparación del Robot, Autores 2023.

Caso de uso:	Ubicación y aseguramiento del robot
Actores:	Usuario
Descripción:	Verificar las condiciones del robot y asegurarse de contar con las baterías cargadas.
Flujo Básico:	<p>El usuario elige la posición deseada en el río para colocar el robot.</p> <p>El usuario asegura el robot en su lugar utilizando un ancla o una cuerda resistente.</p>

Tabla 3 Caso de uso: Ubicación y aseguramiento del Robot, Autores 2023.

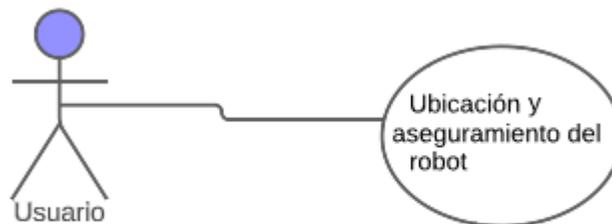


Ilustración 22 Caso de uso: Ubicación y aseguramiento del Robot, Autores 2023.

Caso de uso:	Encendido del robot
Actores:	Usuario
Descripción:	Verificar las condiciones del robot y asegurarse de contar con las baterías cargadas.
Flujo Básico:	<p>El usuario verifica que las baterías estén correctamente conectadas en el compartimento designado.</p> <p>El usuario desliza el interruptor de encendido/apagado a la posición "encendido".</p> <p>El robot emite un sonido de inicio y las luces indicadoras se encienden.</p>

Tabla 4 Caso de uso: Encendido del robot, Autores 2023.



Ilustración 23, Caso de uso: Encendido del robot, Autores 2023.

Caso de uso:	Inicio de la recolección de residuos
Actores:	Usuario
Descripción:	Observar el funcionamiento del robot en la recolección de residuos.
Flujo Básico:	<p>El usuario observa cómo la banda transportadora del robot comienza a moverse y recolectar los residuos flotantes del río.</p> <p>El usuario supervisa el funcionamiento adecuado del robot.</p>

Tabla 5 Caso de uso: Inicio de la recolección de residuos, Autores 2023.

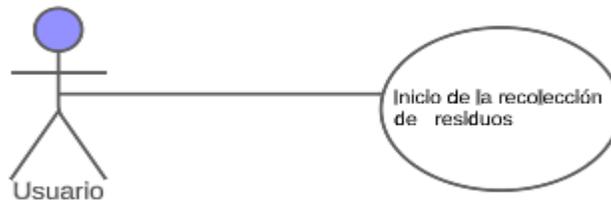


Tabla 6 Caso de uso: Inicio de la recolección de residuos, Autores 2023.

Caso de uso:	Detección de contenedores llenos
Actores:	Usuario
Descripción:	El robot detecta cuando los contenedores de basura están llenos y detiene la recolección de residuos.
Flujo Básico:	<p>El robot cuenta con un sensor que detecta cuando los contenedores de basura están llenos.</p> <p>Cuando los contenedores están llenos, el robot detiene automáticamente la recolección de residuos.</p>

Tabla 7, Caso de uso: Detección de contenedores llenos, Autores 2023.

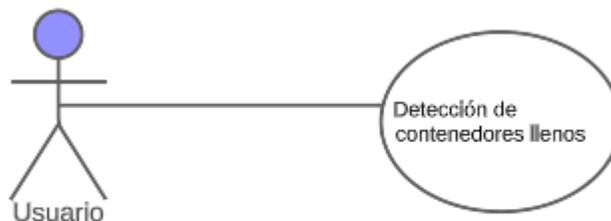


Ilustración 24 Caso de uso: Detección de contenedores llenos, Autores 2023.

Caso de uso:	Extracción del robot
Actores:	Usuario
Descripción:	Proceso de extracción del robot del agua una vez que los contenedores están llenos.

Flujo Básico:	<p>El usuario verifica que los contenedores de basura estén llenos y que el robot esté listo para ser retirado del agua.</p> <p>Con cuidado, el usuario levanta el robot fuera del agua utilizando un mecanismo de sujeción o una cuerda resistente.</p> <p>El usuario coloca el robot en un área adecuada para su posterior manipulación y limpieza.</p>
----------------------	---

Tabla 8, Caso de uso: Extracción del robot, Autores 2023.

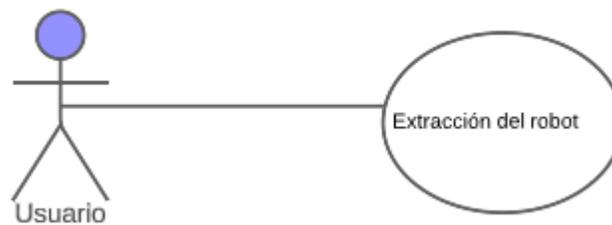


Ilustración 25, Caso de uso Extracción del robot, Autores 2023.

Caso de uso:	Retiro de los contenedores llenos
Actores:	Usuario
Descripción:	Retirar el robot del agua una vez que los contenedores estén llenos.
Flujo Básico:	<p>El usuario retira cuidadosamente el robot del agua una vez que los contenedores estén llenos.</p> <p>El usuario desconecta las baterías y verifica que estén bien conectadas para su próximo uso.</p>

Tabla 9, Caso de uso: Retiro de los contenedores llenos, Autores 2023.

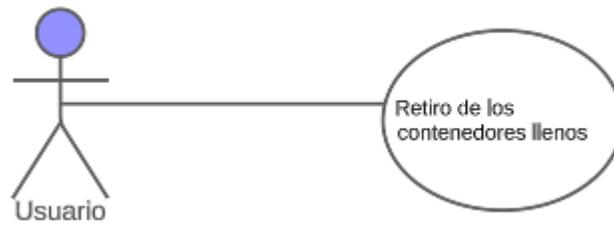


Ilustración 26, Caso de uso, Retiro de los contenedores llenos, Autores 2023.

11. ANALISIS DEL PROYECTO

11.1. Estudio de factibilidad

11.1.1. Presupuesto

11.1.1.1. Recursos Humanos (costo del personal)

La siguiente tabla evidencia el costo de personal requerido para llevar a cabo el desarrollo de proyecto donde se implementa el costo del tiempo requerido y los meses que va a estar vinculado cada miembro, Además se incluye el coste de las asesorías requeridas en el desarrollo de la investigación. Cabe mencionar que estos costos se tienen en cuenta desde el punto de vista de la investigación del proyecto, en el momento que inicie la etapa de implementación este presupuesto puede ser modificado.

Personal requerido para el desarrollo del proyecto.					
Nombre del recurso	Tipo	Capacidad máxima	Cantidad de Días	Tasa Salario estándar / Día	Costo/Usó
Programador en Arduino / Investigador	Trabajo	100%	80	\$ 68.250,00	\$ 5.460.000,00
Carpintería	Trabajo	100%	15	\$ 46.666,67	\$ 700.000,00
Asesoría Ambiental	Trabajo	100%	5	\$ 160.000,00	\$ 800.000,00
Asesoría Técnica	Trabajo	100%	14	\$ 71.428,57	\$ 1.000.000,00
Subtotal				\$ 346.345,24	\$ 7.960.000,00

Tabla 10 Costos aproximados del personal, Autores 2023.

11.1.1.2. Materiales

Para la implementación del proyecto se requiere de unos recursos, los cuales el grupo investigador no puede asumir por el momento, dichos recursos se obtendrán de la entidad que decida acoger el proyecto para llevar a cabo su ejecución, sin embargo, se realizó un coste aproximado de los materiales necesarios para la construcción de la herramienta y demás elementos que van a ser requeridos.

MATERIALES

Nombre del Recurso	Tipo	Cantidad	Precio Unitario	Costo/Uso
Estructura flotante / Madera paulonia 1m x 0,7m	Material	1	\$ 300.000,00	\$ 300.000,00
Deposito - Palo De Balso Lamina 4 Mm X 2,5 Cm X 90 Cm Pack X 5	Material	2	\$ 11.000,00	\$ 22.000,00
ImpermeLab	Material	1	\$ 16.000,00	\$ 16.000,00
Papelería Resma	Material	1	\$ 11.000,00	\$ 11.000,00
Otros Materiales	Material	10	\$ 5.000,00	\$ 50.000,00
Subtotal				\$ 399.000,00

Tabla 3 Costo de Materiales, Autores 2023.

El presupuesto relativo a los materiales del equipo de software y hardware usados en el proyecto, se especifican a continuación:

EQUIPOS SOFTWARE Y HARDWARE

Nombre del recurso	Tipo	Cantidad	Costo Unidad	Costo/Uso
Arduino UNO	Material	1	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00
Driver Puente H Motor L298 L298n Arduino	Material	1	\$ 12.000,00	\$ 12.000,00
Cableado Tipo 300 V Arduino (Paquete de 20)	Material	10	\$ 300,00	\$ 3.000,00
Cableado calibre 8 (metro)	Material	10	\$ 1.000,00	\$ 10.000,00

EQUIPOS SOFTWARE Y HARDWARE				
Servomotor MG995 Piñonaría Metálica 360° Rotación Continua	Material	1	\$ 0,00	\$ 160.000,00
Batería Cuadrada GP 170 Original 9V Recargable	Material	1	\$ 66.000,00	\$ 0,00
Computadores	Material	2	\$ 2.000.000,00	\$ 2.000.000,00
USB	Material	1	\$ 25.000,00	\$ 25.000,00
Interruptor 6 A, 120 V	Material	1	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
Subtotal				\$ 2.285.000,00

Tabla 4 Costo de Equipos, Hardware/Software, Autores 2023.

11.1.1.3. Salidas de Campo

Las salidas de campo incluyen gastos de transporte a la desembocadura del río y a los barrios aledaños para la implementación del grupo focal, además de un posible viaje a las instalaciones de la C.A.R en Mosquera con el fin de buscar apoyo en el proyecto.

SALIDAS DE CAMPO				
Nombre del Recurso	Tipo	Cantidad	Tasa estándar	Costo/Uso
Gasolina	Material	2	\$ 15.000,00	\$ 30.000,00
Transporte Bus	Material	2	\$ 20.000,00	\$ 40.000,00
Subtotal				\$ 70.000,00

Tabla 11 Costo Salidas de Campo, Autores 2023

11.1.1.4. Presupuesto General.

PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO	
Personal Requerido para el Proyecto	
Subtotal	\$ 7.960.000,00
Equipos Software y Hardware	
Subtotal	\$ 2.411.000,00
Materiales	
Subtotal	\$ 399.000,00
Salidas de Campo	
Subtotal	\$ 70.000,00
TOTAL	
\$ 10.840.000,00	

Tabla 12 Presupuesto General del Proyecto, Autores 2023.

11.1.2. Factibilidad ética y legal.

El presente proyecto es factible ética y legalmente, ya que una de sus metas es tener un impacto ambiental y social positivo en las comunidades aledañas a la desembocadura del río Bogotá, esta meta será cumplida debido a que como se mencionó y se evidencio a lo largo del documento, muchas personas podrían verse beneficiadas al llevar a cabo del proyecto, especialmente las que tienen como sustento principal los pescados o la madera obtenida del río. Además, en la factibilidad ética también se tiene en cuenta que el software que se utilizara para la programación de la herramienta es de uso libre y la estructura del robot será por autoría de los investigadores.

Legalmente se puede llevar a cabo el proyecto ya que, como se menciona en el marco legal, por medio de la CAR se pueden obtener los permisos necesarios para implementarlo en la desembocadura del río.

11.1.3. Factibilidad operativa y ejecución

Para la ejecución del proyecto se contará con tres estudiantes en los últimos semestres de la carrera de ingeniería de sistemas, los cuales cumplirán los roles de investigadores del trabajo, llevando dicha investigación hasta le etapa de Diseño, este proceso se ve evidenciado a

continuación en el cronograma de actividades. Se debe mencionar que una vez se inicie la etapa de despliegue del proyecto, se llevara a cabo una adición en el cronograma a fin de incluir actividades necesarias para que se pueda implementar la herramienta de manera satisfactoria.

PROYECTO AQUACLEAN	80 días?	lun 6/02/23	vie 26/05/23		\$ 10.840.000,00	99%
FASE 1	25 días?	lun 6/02/23	vie 10/03/23		\$ 3.985.800,00	99%
ACTIVIDAD 1.1. Definición de Cronograma	5 días?	lun 6/02/23	vie 10/02/23		\$ 436.800,00	100%
ACTIVIDAD 1.2. Recolección de Materiales	10 días?	lun 13/02/23	vie 24/02/23	3	\$ 873.600,00	100%
ACTIVIDAD 1.3. Avance en Documentación	10 días?	vie 10/02/23	vie 24/02/23	3	\$ 1.470.600,00	99%
ACTIVIDAD 1.4. Primer Ensamblado (Base Flotante)	5 días?	lun 27/02/23	vie 10/03/23	5,4	\$ 1.204.800,00	100%
FASE 2	25 días	lun 6/03/23	vie 7/04/23	2	\$ 5.465.000,00	99%
ACTIVIDAD 2.1. Pruebas de Flotabilidad y Correcciones	10 días	lun 6/03/23	jue 23/03/23	6	\$ 1.223.600,00	100%
ACTIVIDAD 2.2. Montaje de Circuitos Base	5 días	lun 20/03/23	jue 30/03/23	8	\$ 1.272.800,00	99%

Ilustración 27: Cronograma de actividades, Autores 2023.

ACTIVIDAD 2.1. Pruebas de Flotabilidad y Correcciones	10 días	lun 6/03/23	jue 23/03/23	6	Programador en Arduino / Investigador[16%];Carpintería[50%]	\$ 1.223.600,00	100%
ACTIVIDAD 2.2. Montaje de Circuitos Base	5 días	lun 20/03/23	jue 30/03/23	8	Programador en Arduino / Investigador[8%];Asesoría Técnica[50%];Batería Cuadrada GP 170 Original 9V Recargable[1];Cableado[1];Driver Puente H Motor L298 L298n Arduino[1];Otros Materiales[2];Servomotor MG995 Piñonaria Metálica 360° Rotación Continua[1];Interruptor 6A 120V[1]	\$ 1.272.800,00	99%
ACTIVIDAD 2.3. Codificación	10 días	lun 27/03/23	vie 7/04/23	9	Programador en Arduino / Investigador[16%];Computadores[1];USB[1];Arc UNO[1]	\$ 2.968.600,00	100%
FASE 3	35 días?	lun 10/04/23	vie 26/05/23	7		\$ 1.389.200,00	99%
ACTIVIDAD 3.1. Pruebas de Software	10 días?	lun 10/04/23	vie 21/04/23	10	Programador en Arduino / Investigador[8%];Asesoría Técnica[10%]	\$ 536.800,00	100%
ACTIVIDAD 3.2. Ensamblaje Final	10 días	lun 24/04/23	vie 5/05/23	12	Programador en Arduino / Investigador[2%];Asesoría Técnica[25%];Papelería Resma[1];Otros Materiales[1]	\$ 420.200,00	99%
ACTIVIDAD 3.3. Pruebas Unitarias y Correcciones	15 días	lun 8/05/23	vie 26/05/23	13	Programador en Arduino / Investigador[2%];Asesoría Técnica[25%];Gasolina[2,2];Transporte Bus[2]	\$ 432.200,00	100%

Ilustración 28: Cronograma de actividades, Autores 2023.

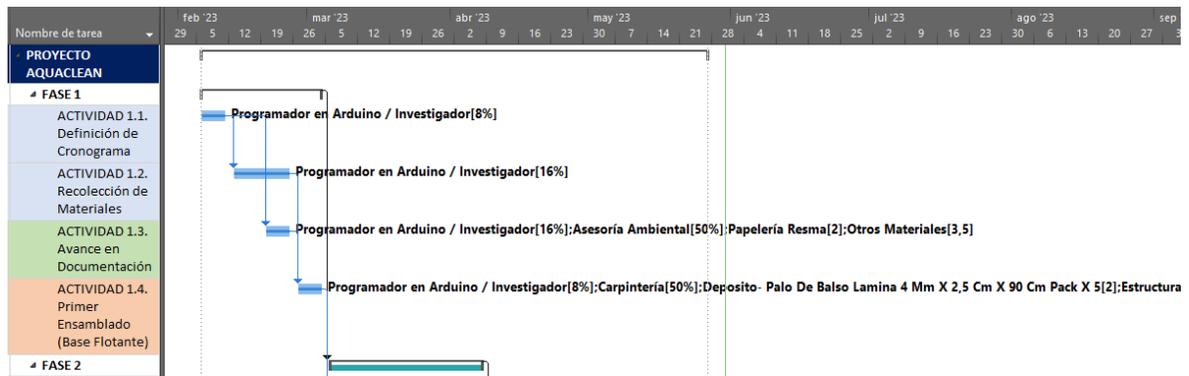


Ilustración 29: Diagrama de Gantt del Cronograma, Autores 2023.

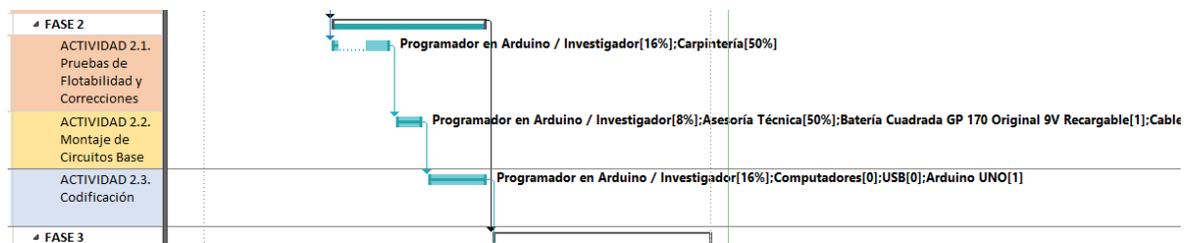


Ilustración 30: Diagrama de Gantt del Cronograma

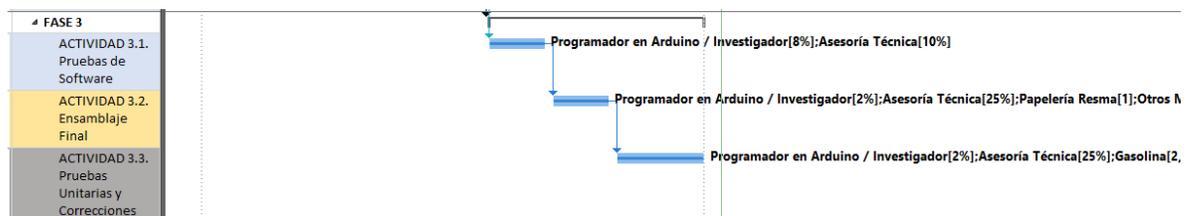


Ilustración 31: Diagrama de Gantt del Cronograma

11.2. Análisis de riesgo

A continuación, se realizará un análisis general de todos los posibles riesgos que podremos encontrar al momento de implementar el proyecto, para esto definimos una escala de riesgo y probabilidad, la cual estará evaluando el nivel de riesgo de todos nuestros factores.

11.2.1. Escala para el análisis de riesgo

Probabilidad: Por medio de esta escala se puede identificar la probabilidad de que suceda el riesgo. Dicha escala se estableció en un rango de 1 a 5 siendo 1 el valor de probabilidad de ocurrencia más baja y 5 el mayor.

PROBABILIDAD	VALOR
Muy Bajo	1
Bajo	2
Medio	3
Alto	4
Muy Alto	5

Tabla 13 Escala de Riesgos (Probabilidad). Autores. 2022

Impacto: Esta escala permite medir el daño que se presentaría si sucediera el riesgo. La escala del impacto se estableció en un rango de 1 a 5 siendo 1 el valor que ocasiona menos gravedad y 5 el mayor.

IMPACTO	VALOR
Muy Bajo	1
Bajo	2
Medio	3
Alto	4
Muy Alto	5

Tabla 14 Escala de Riesgos (Impacto). Autores. 2022

11.2.2. Prioridad

Factor Humano: El factor humano involucra a todas las personas que hagan parte del desarrollo del proyecto, aquí se establecen las amenazas y los riesgos que el personal pueda sufrir a lo largo de la implementación del trabajo.

RIESGO	PROBABAILIDAD	IMPACTO	RESPUESTA	ESTRATEGIA
	2	4	PREVENIR	Contar con todos los protocolos que le garanticen seguridad el borde del rio y comprobar constantemente el

RIESGO	PROBABAILIDAD	IMPACTO	RESPUESTA	ESTRATEGIA
Incidente de caída al río				estado de ánimo emocional de la persona.
Incidente de ser víctima de la inseguridad del sector.	2	3	PREVENIR	Solicitar acompañamientos de la PONAL o de algún miembro de la junta comunal a la hora de llevar a cabo el proyecto en el sector.

Tabla 15 Estrategias de administración del riesgo (Factor humano). Autores. 2022.

Factor Técnico o Tecnológico: Este factor establece los posibles daños en los elementos tecnológicos y el software que nos permite administrarlos, que pueden acarrear atrasos en el desarrollo del proyecto o en la implementación del mismo, esto puede ser a causa de su mala manipulación, defectos de fábrica o desastre natural.

RIESGO	PROBABAILIDAD	IMPACTO	RESPUESTA	ESTRATEGIA
Daño de equipos	1	5	PREVENIR	Revisar el estado de los equipos y hacer mantenimientos constantes.
Robo de equipos	2	5	PREVENIR	Proteger físicamente los elementos
Daño del circuito por el agua	3	5	PREVENIR	Impermeabilizar el robot para evitar cualquier filtración de agua que dañe el circuito
Daño del robot por objetos que floten en el río	2	5	PREVENIR	Utilizar materiales resistentes que soporten los golpes que pueda recibir en el río.

RIESGO	PROBABAILIDAD	IMPACTO	RESPUESTA	ESTRATEGIA
La subienda del caudal por causa de lluvias	3	3	ACEPTAR	Preparar medidas para poder llevar a cabo la implementación del proyecto en caso o planificar la implementación en fechas con poca probabilidad de lluvia

Tabla 16 Estrategias de administración del riesgo (Factor técnico o tecnológico). Autores.2022.

Factor Organizacional: Se refiere a los a todo aquel factor que pueda llegar a alterar la planificación y organización del proyecto, ocasionando pérdidas de tiempo en ciertas actividades y acarreado a gastos adicionales.

RIESGO	PROBABAILIDAD	IMPACTO	RESPUESTA	ESTRATEGIA
Desastre natural	1	4	ACEPTAR	Estar a disposición para solucionar a tiempo cualquier inconveniente ocasionado por la naturaleza.
Retiro de un miembro de equipo	1	4	ACEPTAR	Reorganizar el cronograma con tal de poder desarrollar el proyecto con un miembro menos
Enfermedad de algún miembro del equipo	2	4	ACEPTAR	Reorganizar las actividades asignadas para poder llevar a cabo el proyecto

RIESGO	PROBABAILIDAD	IMPACTO	RESPUESTA	ESTRATEGIA
				mientras el miembro se recupera.

Tabla 17 Estrategias de administración del riesgo (Factor Organizacional). Autores. 2022.

Factor del Hardware: En este factor se tienen en cuenta los posible daño o defectos que pueda tener el hardware ya sea por a una mala manipulación o instalación en la infraestructura electrónica o por algún desastre que dañe los elementos, impidiendo el funcionamiento de la herramienta.

RIESGO	PROBABAILIDAD	IMPACTO	RESPUESTA	ESTRATEGIA
Corto en el circuito.	2	4	ACEPTAR	Identificar el daño en el circuito y reemplazar las piezas afectadas.
Daño en batería	1	3	ACEPTAR	Tener al menos 2 baterías de repuesto para reemplazar en caso de daño
Daño de elementos externos del robot	2	4	ACEPTAR	Contar con material de repuesto.

Tabla 18 Estrategias de administración del riesgo (Factor del Hardware). Autores. 2022.

11.2.3. Matriz de evaluación de riesgo

ID	LISTA DE RIESGOS	PRIORIDAD
A	Incidente de caída al río	5
B	Incidente de ser víctima de la inseguridad del sector	9
C	Daño de equipos	10
D	Robo de equipos	3
E	Daño del circuito por el agua	1
F	Daño del robot por objetos que floten en el río	2

ID	LISTA DE RIESGOS	PRIORIDAD
G	La subienda del caudal por causa de lluvias	4
H	Desastre natural	11
I	Retiro de un miembro de equipo	12
J	Enfermedad de algún miembro del equipo	6
K	Corto en el circuito.	7
L	Daño en batería	13
M	Daño de elementos externos del robot	8

Tabla 19 Prioridades para el análisis de riesgos. Autores. 2022

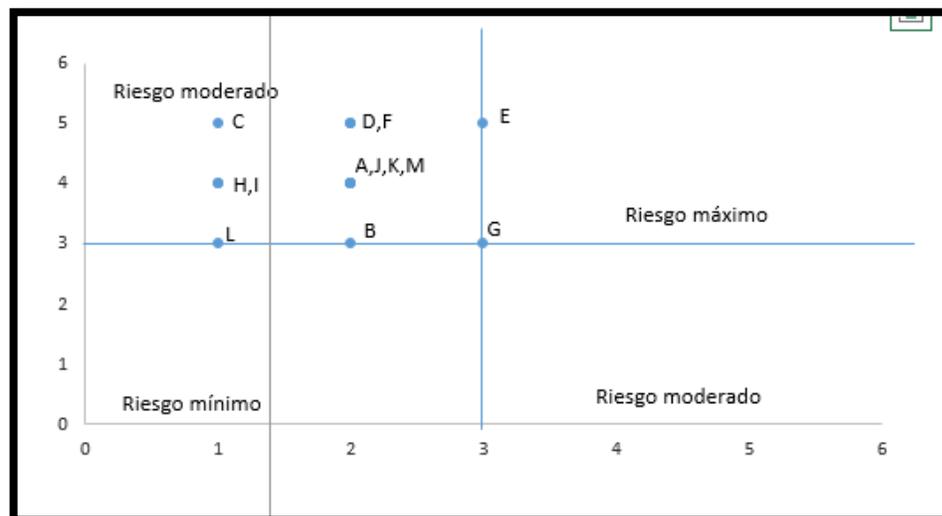


Ilustración 32 Matriz de riesgo. Autores. 2022.

11.2.4. Conclusiones del análisis de riesgo.

Para concluir el análisis de riesgos, se puede decir que existen muchos factores que pueden perjudicar el desarrollo del proyecto, si se tiene en cuenta esto, es importante prevenir dichos sucesos por medio de estrategias específicas para cada uno de estos riesgos. En el caso del proyecto se pudo observar que la gran mayoría de los riesgos pertenecen a la categoría **riesgo moderado**, lo cual nos indica que la probabilidad de que sucedan no es muy alta, sin embargo, existen riesgos que pueden afectar enormemente la implementación del proyecto si llegasen a ocurrir, por lo cual, como se mencionó anteriormente se desarrollaron estrategias que puedan permitir la continuación del proyecto a pesar de que estos sucesos ocurran.

12. PRUEBAS

Se realizaron dos tipos de pruebas para verificar el cumplimiento de los requerimientos del sistema, y su funcionalidad. El primer tipo, son las pruebas unitarias; se aplicaron dos pruebas unitarias para las funciones principales creadas en Arduino. La primera función es el arranque o encendido del motor, y la función se llama ‘Adelante’. La prueba se realizó por medio de la salida de pulsos por los pines escogidos y declarados como variables desde el código fuente.

```
20 void Adelante(){  
21     digitalWrite(IN3 = HIGH);  
22     digitalWrite(IN4 = LOW);  
23 }
```

Ilustración 33 Prueba de la Función Adelante. Autores. 2023.

Se evidenció la salida de pulsos por los pines escogidos, ya que estos son la conexión digital con los pines entrantes al modulo puente H, el cual es el encargado de controlar y aplicar un jumping de la polaridad del motor. Y al ejecutar o iniciar el Arduino, se evidenció la función con el arranque del motor.

Así mismo, con la segunda función, la de ‘Parar’, la cual se encarga de detener el motor, se evidencia la correcta funcionalidad de la función, ya que, al ejecutar el Arduino, se cumplen ambas funciones, por medio de delays, es decir, ambas funciones se ejecutan después de unos segundos.

```
25 void Parar(){  
26     digitalWrite(IN3 = LOW);  
27     digitalWrite(IN4 = LOW);
```

Ilustración 34 Prueba de la Función Parar. Autores. 2023.

El segundo tipo de prueba aplicada al prototipo, son las pruebas del sistema. Se aplicaron un total de 3 pruebas en la fase de construcción de la herramienta, en distintos momentos. Un primer momento es con la construcción de la base flotante. Se realizaron dos pruebas en esta primera instancia, una de flotabilidad y otra de carga.

Es decir, la base flotante, se llevo a un espacio con un cuerpo de agua para demostrar su flotabilidad, la cual se evidenció exitosamente de la siguiente forma:



Ilustración 35 Prueba de Flotabilidad. Autores. 2023.

Posteriormente, se realizó la prueba de carga, agregando un aproximado de 10kg de peso sobre la base flotantes, para poder determinar su capacidad y la fuerza a requerir por parte del motor. Efectivamente se procedió con la prueba, y se evidencia que si logró tener la capacidad tanto de flotabilidad y de carga con el peso agregado.



Ilustración 36 Prueba de Flotabilidad. Autores. 2023.

Para finalizar con las pruebas realizadas, se determina una prueba del funcionamiento en la fase de despliegue del prototipo, en la cual se evalúa el despliegue y la validación del correcto funcionamiento de la herramienta.

Se realiza la prueba en otro escenario con un cuerpo de agua, y un número de 20 residuos flotantes, los cuales recogió el prototipo en un tiempo estimado de 1 hora. A continuación, la evidencia del test realizado.



Ilustración 37 Prueba Funcional del Prototipo. Autores. 2023.

13. RECOMENDACIONES

- Ampliar la muestra: Se recomienda ampliar el tamaño de la muestra en futuras investigaciones para fortalecer la validez y generalización de los resultados obtenidos. Esto permitirá obtener conclusiones más sólidas y confiables basadas en una muestra más representativa.
- Realizar estudios longitudinales: Se sugiere llevar a cabo estudios longitudinales que permitan realizar un seguimiento de las variables en el tiempo. Esto proporcionará una perspectiva más completa y permitirá analizar la evolución y posibles cambios en las variables a lo largo del tiempo. Estos estudios pueden brindar una comprensión más profunda de los fenómenos estudiados.
- Explorar variables adicionales: Se recomienda considerar la inclusión de variables adicionales en futuras investigaciones. Esto permitirá examinar posibles factores influyentes que no fueron considerados en el presente estudio y enriquecerá el análisis de los resultados. La inclusión de variables adicionales puede proporcionar una visión más completa y precisa del tema investigado.

14. CONCLUSIONES

Para finalizar, se concluye lo siguiente:

- En el desarrollo del proyecto se logró identificar que el río Bogotá presenta variedad de residuos flotantes, los más comunes son los residuos plásticos ya que se pueden ver botellas, colillas, toallas húmedas entre otros. Pero también flotan otros residuos sólidos como: la madera, el caucho, el vidrio, metal, y residuos orgánicos. Si bien una parte del origen de estos residuos corresponde a los habitantes de la ribera, la gran mayoría de estos residuos provienen de las industrias ubicadas a lo largo del río y de los desechos generados por la ciudad de Bogotá.
- Gracias a la recolección de datos realizada en el presente proyecto, se evaluó cuáles efectos ambientales y sociales provoca la contaminación del río Bogotá, concretamente a lo que corresponde con la desembocadura del mismo. Esta problemática tiene un impacto negativo en la fauna, la flora y a los habitantes de la ribera, ocasionando una especie de efecto dominó, donde lo todo el ecosistema se ve afectado. Por ejemplo:
 - El agua contaminada del río es utilizada para regar los cultivos cercanos a la ribera y la acumulación de basuras afecta el crecimiento de las plantas.
 - Los agentes contaminantes no permiten que los peces habiten en la zona y aquellos que si lo hacen absorben dichos agentes.
 - Los habitantes de la ribera en su mayoría dependen de la pesca por lo que la contaminación afecta su modo de sustento, además la población con menos recursos tiene que utilizar el agua del río, así esté contaminada, lo que les genera problemas de salud.
- En cuanto al aspecto de las energías verdes o renovables de las cuales se puedan sustentar el diseño de la herramienta, se determina inconclusa aún por efectos de tiempo, dado a que se requiere analizar el presupuesto de los componentes para así mismo determinar el consumo energético de la herramienta, para así determinar la mejor opción de energía renovable a complementar.
- Respecto al análisis de los componentes de hardware en Arduino que toleren la humedad y la presión, se determinó que exceptuando algunos de estos componentes, no están disponibles aquellos que tengan estas características. Por lo cual, como parte de la investigación, se establece una espera en este objetivo para realizar un análisis con expertos respecto a este ítem.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ProQuest LLC. (2022). Más de 140 millones de toneladas de plásticos contaminan ya los ríos, océanos y lagos del planeta. ContentEngine LLC, a Florida limited liability company. ID: 2632717186. URUGUAY. Rescatado de: <http://ezproxy.unipiloto.edu.co/newspapers/más-de-140-millones-toneladasplásticos/docview/2632717186/se-2?accountid=50440>

[2] Fiore, Ludovica. Serranti, Silvia. Mazziotti, Cristina. Riccardi, Elena. Benzi, Margherita. Bonifazi, Giuseppe. (2022). Classification and distribution of freshwater microplastics along the Italian Po river by hyperspectral imaging. Springer Nature B. V. ISSN: 09441344. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18501-x>. Rescatado de: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11356-022-18501-x.pdf>

[3] CAR. (2018). Problemática Información General Río Bogotá. Rescatado de: https://www.car.gov.co/rio_bogota/vercontenido/5

[4] Fernandez, L. (15 de 11 de 2020). Puno: La aventura de sobrevivir en medio del Lago Titicaca. La República; Lima, pág. 1. Obtenido de <http://ezproxy.unipiloto.edu.co/newspapers/puno-la-aventura-de-sobrevivir-en-medio-del-lago/docview/2469144693/se-2?accountid=50440>

[5] Geographic, N. (09 de 08 de 2018). National Geographic En Español. Obtenido de <https://www.ngenespanol.com/traveler/los-uros-el-pueblo-flotante-del-lago-titicaca/>

[6] Luna, P. (12 de 07 de 2022). Los plásticos causan daños y muerte en el Titicaca. La Razón; La Paz, pág. 1. Recuperado el 23 de 08 de 2022, de <http://ezproxy.unipiloto.edu.co/newspapers/los-plásticos-causan-daños-y-muerte-en-el/docview/2688549549/se-2?accountid=50440>

[7] Salazar, M. (2022). Mongabay.com - spanish - mongabay: La invasión del plástico: Las micropartículas también se acumulan en sedimentos de los ríos. Singer Island: Newstex. Retrieved from <http://ezproxy.unipiloto.edu.co/blogs-podcasts-websites/mongabay-com-spanish-la-invasión-del-plástico-las/docview/2646985335/se-2>

[8] Lozano Sierra, José F. (2020). Bases Del Plan De Desarrollo Girardot es de Todos. Rescatado de: <https://potgirardot.com/wp-content/uploads/2021/02/Acuerdo-N%C2%B0003-de-2020-Plan-de-Desarrollo-1.pdf>

[9] Naciones Unidas. (2021). Tecnologías digitales para un nuevo futuro. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. SANTIAGO. Rescatado de:

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&cd=&ved=2ahUKEwje0P6CtoH6AhXHmYQIHdDoAfcQFnoECBMQAQ&url=https%3A%2F%2Frepositorio.cepal.org%2Fbitstream%2Fhandle%2F11362%2F46816%2F1%2FS2000961_es.pdf&usg=AOvVaw2NLVYutl2Lc_9b0aybl9JK

[10] Castellanos Gutiérrez, S. (2017). Análisis de Ciclo de Vida para los biorresiduos sólidos urbanos generados en la ciudad de Bogotá D.C, Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/63078>

[11] Rodríguez Grimón, R. (2020). Imposex para el diagnóstico de la contaminación por compuestos orgánicos de estaño en la costa del Caribe colombiano. Rescatado de: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78560>

[12] Martínez Calderón, A. Mutis Ortega, C. Moreno Rodríguez, O. (2019). Definición de una alternativa técnica para minimizar el impacto de la contaminación en el río “Río Negro”, producto de las aguas residuales del área urbana del municipio de Rionegro, Antioquia. Rescatado de: <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/6320>

[13] Peña Salamanca, E, Cantera Kintz, J y Muñoz, E. (2017). Evaluación de la contaminación en ecosistemas acuáticos: un estudio de caso en la laguna de Sonso, cuenca alta del río Cauca. Rescatado de: <http://hdl.handle.net/10893/10367>

[14] Ruiz Espinoza, María José. (2019). Entre mares de plástico y ríos de espuma: gestión de residuos sólidos y cooperación internacional en Guatemala y Honduras. Pontificia Universidad Javeriana. Rescatado de: <http://hdl.handle.net/10554/46937>

[15] Ortega Herrera, A y Peña Coronado, A. (2020). Evaluación del riesgo a la salud humana asociado al consumo de peces contaminados por metales pesados en el embalse del Guájaro, Atlántico-Colombia. Corporación Universidad de la Costa. Rescatado de: <https://hdl.handle.net/11323/7836>

[16] Artuz, L. A., Martínez, M. S., & Morales, C. J. (2011). Las industrias curtiembres y su incidencia en la contaminación del río Bogotá. *Isocuanta*, 1(1), 43-53. Rescatado de: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/4973/Contaminaci%C3%B3?sequence=1>

[17] Tobajas, M. C. (2018). Energía solar fotovoltaica. Murcia, Spain: Cano Pina. ISBN: 9788417119065. Recuperado de: <https://elibro.net/es/lc/unipiloto/titulos/45047>

[18] Cicerone, D. (2007). Contaminación y medio ambiente. Buenos Aires, Argentina, Eudeba. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/unipiloto/101411?page=72>

[19] Ribas Lequerica, J. (2016). Arduino para jóvenes y no tan jóvenes. 1. Madrid, Difusora Larousse - Anaya Multimedia. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/unipiloto/217135?page=18>.

[20] Euroinnova. (2022). International Online Education. Maracena, Granada. Obtenido de <https://www.euroinnova.edu.es/blog/que-son-las-herramientas-informaticas-y-para-que-sirven#:~:text=Las%20herramientas%20inform%C3%A1ticas%20son%20el,de%20dise%C3%B1o%2C%20redes%20de%20telecomunicaciones%2C>

[21] del Castillo, C. C. y Olivares Orozco, S. (2014). Metodología de la investigación. México D.F, México: Grupo Editorial Patria. Recuperado de <https://elibro.net/es/lc/unipiloto/titulos/39410>

[22] Martínez Ruiz, H. (2012). Metodología de la investigación. México, D.F, México: Cengage Learning. Recuperado de <https://elibro.net/es/lc/unipiloto/titulos/39957>

[23] Suasnavas Flores, D. F. (2017). *Degradación de materiales plásticos “PET” (polyethylene terephthalate), como alternativa para su gestión*. Quito: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

[24] José César Lenin Navarro Chávez (2015). Epistemología y metodología. México D.F, Mexico: Grupo Editorial Patria. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/unipiloto/39400?page=36>.

[25] Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (2017). Protocolo de Atención y Servicio al Ciudadano. Bogota.D.C. Recuperado de <https://www.car.gov.co/uploads/files/5adfa2bdc3a15.pdf>

[26] Serrano Pérez, J. y Moreno Pérez, J. C. (2015). Fundamentos del hardware. Madrid, Spain: RA-MA Editorial. Recuperado de: <https://elibro.net/es/ereader/unipiloto/62457?page=16>.

[27] Pérez Carvajal, R. J. (2016). *Mantenimiento del software (UF1894)*. IC Editorial. <https://elibro.net/es/lc/unipiloto/titulos/44523>

[28] Vázquez Fernández-Pacheco, A. S. Ramos de la Flor, F. y Fernández Rodríguez, R. (2015). Robótica educativa. Paracuellos de Jarama, Madrid, RA-MA Editorial. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/unipiloto/106572?page=15>.

[29] Giraldo Vallejo, A. E., Casanova Ortiz, Ángel E., Bermúdez Hernández, J. D., Bautista Herrera, J. E., & Jiménez Oliveros, P. A. (2019). MODELO DE OCUPACIÓN SOSTENIBLE DEL TERRITORIO EN LA CIUDAD DE GIRARDOT: CASO DE ESTUDIO, COMUNA II. *Encuentro Internacional De Educación En Ingeniería*. <https://doi.org/10.26507/ponencia.220>

[30] Martínez, J. (2013, March 29). *Metodología de Diseño de Sistemas Robóticos*. JaU el Ingeniero. <https://jauelingeniero.wordpress.com/2013/03/29/metodologia-de-diseno-de-sistemas-roboticos/>

[31] Martínez Verdú, J. Sabater Navarro, José M. (2012). Guía Docente para el Diseño de Robots de Servicio. PRIMERA EDICIÓN. AIDICO – UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE. Rescatado de: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=Z291bWgudW1oLmVzfGhpZG1hfGd4OjVmN2VhODVhYzYzYTAxNGY>

[32] Silveira Donaduzzi, D. S. D., Colomé Beck, C. L., Heck Weiller, T., Nunes da Silva Fernandes, M., & Viero, V. (2015). Grupo focal y análisis de contenido en investigación cualitativa. *Index de enfermería*, 24(1-2), 71-75.

[33] Calvente, M. G., & Rodríguez, I. M. (2000). El grupo focal como técnica de investigación cualitativa en salud: diseño y puesta en práctica. *Aten Primaria*, 25, 181-186.

[34] Canales Cerón, M. (2006). El grupo de discusión y el grupo focal. *Metodologías de investigación social*. *Introducción a los oficios*, 265-287.

[35] Sanz Osorio, J. F. (2016). *Energía hidroeléctrica* (Vol. 2a.ed.). Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza. Obtenido de <https://elibro.net/es/lc/unipiloto/titulos/44824>

[36] Tobajas Vázquez, M. C. (2014). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Cerdanyola del valle: Cano Pina. Obtenido de <https://elibro.net/es/lc/unipiloto/titulos/43053>

[37] Ley 99 de 1993. por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los

recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.

[38] REPUBLICA DE COLOMBIA MINISTERIO DE AGRICULTURA. (1978). *Decreto Ley 1541 de 1978*. Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto – Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973.

[39] PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. (1974). *Decreto Ley 2811 de 1974*. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente

[40] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Resolución Ministerial 1280 del 7 de julio de 2010. Por la cual se establece la escala tarifaria para el cobro de los servicios de evaluación y seguimiento de las licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y demás instrumentos de manejo y control ambiental para proyectos cuyo valor sea inferior a 2115 SMMV y se adopta la tabla única para la aplicación de los criterios definidos en el sistema y método definido en el artículo 96 de la Ley 633 para la liquidación de la tarifa”

[41] Resolución 2202 de 2006 [Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial]. Por la cual se adoptan los Formularios Únicos Nacionales de Solicitud de Trámites Ambientales. 29 de diciembre de 2006.

[42] Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2020). La poderosa máquina que promete salvar al río Bogotá. GOV.CO. Bogotá. Rescatado de: <https://www.car.gov.co/saladeprensa/la-poderosa-maquina-que-promete-salvar-al-rio-bogota>

[43] EL TIEMPO. (1994). CUÁNTOS DESECHOS VAN AL RÍO BOGOTÁ. Cas Editorial. Rescatado de: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-201395#:~:text=Se%20calcula%20que%20el%20r%C3%ADo,de%20desechos%20s%C3%B3lo%20por%20d%C3%ADa>.

[44] Vivanco Font, E. (2020). *Energías renovables y no renovables. Ventajas y desventajas de ambos tipos de energía*. Chile: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

[45] SOTO MOYA, J. F. (2018). *EVALUACIÓN DE LA AFECTACIÓN DEL RÍO BOGOTÁ CAUSADA POR EL VERTIMIENTO GENERADO EN UN PROCESO DE CURTIDO DE PIELES, TRAMO VILLAPINZÓN – RÍO TEJAR*. BOGOTÁ D.C.: FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA.

[46] Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas, Santiago: CEPAL de las Naciones Unidas.

[47] Alterum. (s/f). *INTRODUCCIÓN A LA RESPONSABILIDAD CIVIL 1. LA RESPONSABILIDAD CIVIL. CONCEPTOS INTRODUCTORIOS*. Weebly.com. Recuperado el 2 de junio de 2023, de https://faviofarinella.weebly.com/uploads/8/7/8/2/878244/responsabilidad_civil_1.pdf

[48] Carroll, K. C. (2016). *Jawetz, Melnick y Adelberg Microbiología médica.Ciencia Ergo Sum*. (s/f). Redalyc.org. Recuperado el 2 de junio de 2023, de <https://www.redalyc.org/pdf/104/10401504.pdf>

[49] de Ingeniería, D. I. Q. y. A. E. T. S. (s/f). *PARA LA GESTIÓN DE BIORRESIDUOS*. Biblus.us.es. Recuperado el 2 de junio de 2023, de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/91032/fichero/Gu%C3%ADa+para+la+gesti%C3%B3n+de+Biorresiduos+TFG+IngQu%C3%ADmica.pdf>

[50] de Japón, M. del M. A. (s/f). *Enseñanzas de la Enfermedad de Minamata y el Manejo del Mercurio en Japón*. Env.go.jp. Recuperado el 2 de junio de 2023, de <https://www.env.go.jp/content/900414990.pdf>

[51] *Enfoques Nomotético e Idiográfico*. (s/f). Scribd. Recuperado el 2 de junio de 2023, de <https://es.scribd.com/document/370694846/Enfoques-Nomotetico-e-Idiografico>

[52] Estrada, J. C. G. (s/f). *Principios de acuicultura*. Uco.es. Recuperado el 2 de junio de 2023, de http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/27_12_06_1-35.pdf

[54] allas, J. (s/f). *CONCEPTOS BÁSICOS DE CARTOGRAFÍA*. Edu.uy. Recuperado el 2 de junio de 2023, de <https://pim.udelar.edu.uy/wp-content/uploads/sites/14/2019/07/CONCEPTOS-B%C3%81SICOS-DE-CARTOGRAF%C3%8DA.pdf>

[55] Fidel, M., & Morales, B. (s/f). Telurium.net. Recuperado el 2 de junio de 2023, de <https://www.telurium.net/PDF/holistica.pdf>

[56] igueres, J. M. (s/f). *La investigación hemerográfica en Cataluña Estado de la*

cuestión (1879-2013). Uab.cat. Recuperado el 2 de junio de 2023, de https://ddd.uab.cat/pub/poncom/2013/123826/concencom_a2013m8.pdf

[57] Introducción, I. (s/f). Tdx.cat. Recuperado el 2 de junio de 2023, de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/1523/1.INTRODUCCION.pdf?sequence=3>

[58] Ortiz, V. H. S., & Mendoza, M. G. (s/f). *LA CONSCIENCIA MORAL DEL IMPACTO ANTROPOGÉNICO. UNA ESTRATEGIA GEOPOLÍTICA*. Unam.mx. Recuperado el 2 de junio de 2023, de <https://ru.iiec.unam.mx/4706/1/4-044-Salazar-Gensollen.pdf>

[59] Riancho, J. A. (2004). Osteomalacia y raquitismo. *Revista Española de Enfermedades Metabólicas Óseas*, 13(4), 77–79. <https://www.elsevier.es/es-revista-reemo-70-articulo-osteomalacia-raquitismo-13065898>

[60] Rodríguez-Gómez, D. (2020). Biopolímeros: de principio a fin. En *Mujeres en la Ciencia Biología* (pp. 107–129). ECORFAN.

[61] (S/f-a). Ingenieroambiental.com. Recuperado el 2 de junio de 2023, de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/curtiembre.pdf>

[62] (S/f-b). Ucm.es. Recuperado el 2 de junio de 2023, de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/465-2013-08-22-E5%20GASTEROPODOS.pdf>