



Uso del poliuretano, para la absorción de compuestos contaminantes con base a la bioinspiración de la esponja de mar para mitigar el impacto ambiental en las fuentes hídricas de la localidad de Barrios Unidos de la ciudad de Bogotá

Elaborado por:

Luis Carlos Alfonso Ramírez – Ingeniería Ambiental

Diana Lorena Guzmán Lee – Ingeniería Ambiental

Miguel Ángel López Molina – Ingeniería Ambiental

Monitor Académico

Diana Figueroa Hernández

Universidad EAN

Facultad de Ingeniería

Proyecto de Grado

Agosto, 2022

Bogotá, D.C.

TABLA DE CONTENIDO

1	OBJETIVOS	11
1.1	OBJETIVO GENERAL.....	11
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	12
3	JUSTIFICACIÓN	13
4	ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS	15
4.1	ESPECIFICACIONES.....	15
4.2	FICHA TÉCNICA	15
5	MARCO DE REFERENCIA	17
5.1	ANTECEDENTES	17
5.2	MARCO TEÓRICO	18
5.2.1	<i>Contaminación del agua</i>	18
5.2.2	<i>Contaminación por hidrocarburos</i>	18
5.2.3	<i>Fuentes hídricas en Bogotá</i>	19
5.2.4	<i>Polímeros</i>	20
5.2.5	<i>Poliuretano</i>	21
5.2.6	<i>Poliol</i>	22
5.2.7	<i>Isocianato</i>	23
5.2.8	<i>Estructura de la Esponja</i>	23
5.2.9	<i>Material sorbente</i>	24
5.2.10	<i>Síntesis de infiltración secuencial</i>	25
6	ANÁLISIS DE RESTRICCIONES.....	26
6.1	RESTRICCIONES AMBIENTALES.....	26
6.1.1	<i>Fichas de seguridad</i>	26
6.1.2	<i>Normativas</i>	26
6.2	RESTRICCIONES ECONÓMICAS	28

6.3	RESTRICCIONES SOCIOCULTURALES	28
6.4	OTRAS RESTRICCIONES.....	29
7	METODOLOGÍA	30
7.1	EFFECTO DE LA CONTAMINACIÓN EN BARRIOS UNIDOS	30
7.1.1	<i>Diseño de Investigación</i>	<i>31</i>
7.1.2	<i>Definición de Variables</i>	<i>31</i>
7.1.3	<i>Población y Muestra</i>	<i>32</i>
7.1.4	<i>Análisis de las encuestas.....</i>	<i>33</i>
7.1.5	<i>Metodología particular.....</i>	<i>33</i>
7.2	MATERIAL POLIMÉRICO INSPIRADO EN LA ESPONJA DEL MAR.....	33
7.2.1	<i>Diseño experimental</i>	<i>34</i>
7.2.2	<i>Definición de variables.....</i>	<i>37</i>
7.2.3	<i>Estudio del caso</i>	<i>38</i>
7.3	PROTOTIPO DE ARTEFACTO PARA LA DESCONTAMINACIÓN	40
8	ANÁLISIS DE COSTOS.....	42
8.1	COSTOS A NIVEL EXPERIMENTAL.....	42
8.2	COSTOS DE NIVEL HIPOTÉTICO.....	43
9	CONCLUSIONES	46
	BIBLIOGRAFÍA	49
	ANEXOS.....	55
	<i>Anexo A. Ficha de seguridad: Polirol convencional</i>	<i>55</i>
	<i>Anexo B. Ficha de seguridad: Isocinato.....</i>	<i>55</i>
	<i>Anexo C. Instrumento para la recolección de datos.....</i>	<i>55</i>
	<i>Anexo D. Entrevista con el docente.....</i>	<i>55</i>
	<i>Anexo E. Simulador Financiero.....</i>	<i>55</i>

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Delimitación de las principales cuencas hidrográficas, ríos y quebradas de Bogotá D.C. Fuente: (Camelo, s.f.)	20
Ilustración 2. Materiales Poliméricos Fuente: (Burlando, Loayza, Aponte, Calizaya, & Quispe, 2018).....	21
Ilustración 3. Estructura de la esponja de mar Fuente: (Menéndez, 2005).....	24
Ilustración 4. Diagrama de pasos para la recolección de información. Fuente: Elaboración propia	30
Ilustración 5. Obtención del Poliuretano. Fuente: Elaboración propia	34
Ilustración 6. Materias primas del poliuretano: Polio e isocianato. Fuente: Elaboración propia	36
Ilustración 7. Mezcla del polioli e isocianato. Fuente: Elaboración propia	36
Ilustración 8. Elaboración del poliuretano. Fuente: Elaboración propia	37
Ilustración 9. Gráfico peso vs. tiempo, absorción del poliuretano en aceite. Fuente: Elaboración propia	40
Ilustración 10. Prototipo de dispositivo de recolección de agentes contaminantes. Fuente: Elaboración propia	41
Ilustración 11 Resultados del Análisis Financiero	44

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Ficha técnica del producto.	16
Tabla 2. Representación de las variables más importantes en la investigación. Fuente: Elaboración propia	32
Tabla 3. Tiempo de absorción del poliuretano en el aceite. Fuente: Elaboración propia..	39
Tabla 4 Costos a nivel experimental	42
Tabla 5 Costo de materia prima, planta y equipo.....	43
Tabla 6 Costo de muebles y enseres	43
Tabla 7 Costo de equipo de oficina.....	43
Tabla 8 Nomina inicial anual para el servicio.....	44

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Reacción Isocianato con Polioliol	36
---	----

RESUMEN

Los daños ambientales que han generado los compuestos contaminantes en extensiones de suelos, mar, ríos y quebradas en diferentes zonas del país, especialmente en Tumaco, zonas del bajo Cauca y Santander, han sido significativos (Galindo, 2015). Sin embargo, al final, sea cual sea el origen, los agentes contaminantes se desplazan y afectan la seguridad alimentaria de las comunidades locales, generan enfermedades y ponen en riesgo la fauna y flora de la región, alterando significativamente la cadena trófica que presenta el ecosistema. Teniendo en cuenta que son agentes contaminantes no biodegradables, sus efectos dependen del lugar, el momento, tipo de contaminante, corrientes de aire, corrientes oceánicas, temperatura del ambiente, cantidad y exposición.

El presente proyecto se basa en bioinspiración de la esponja de mar, cuyo cuerpo está formado por un sistema de poros y canales los cuales le permite absorber alimentos y obtener oxígeno, con base a esto, se pretende crear un producto de poliuretano el cual se obtiene a partir de la reacción de un poliol con un diisocianato o un isocianato polimérico, con la finalidad de absorber o retener diferentes contaminantes encontrados en algunas fuentes hídricas de la localidad de Barrios Unidos en Bogotá; y a partir de este material crear un prototipo de dispositivo capaz de permanecer a flote y contener el polímero que absorberá el contaminante.

Lo anterior se realizó en dos etapas, la primera consistió en recolectar información cualitativa a través de una encuesta de la población de Barrios Unidos, con esto se identificó que existe una problemática asociada a la contaminación, que se pretende resolver con un diseño experimental realizado en laboratorio, donde el poliuretano absorbió aceite quemado de carros demostrando su eficacia.

Se concluyo que el prototipo realizado, es capaz de absorber contaminantes agregados a una fuente de agua, lo cual demuestra que se puede llegar a ayudar a la recuperación de ecosistemas ligados a fuentes hídricas contaminadas.

INTRODUCCIÓN

El propósito de este estudio de investigación está enfocado en proponer un prototipo de esponja de poliuretano que permita absorber compuestos contaminantes de fuentes hídricas y que éstas puedan ser reutilizadas, tomando como ejemplo la contaminación que existe en las fuentes hídricas de la localidad de Barrios Unidos. Este estudio se basa en la investigación realizada por científicos del Laboratorio nacional de Argonne, de la Universidad de Chicago y el departamento de Energía de los Estados Unidos, donde desarrollaron una esponja (similar a la esponja de mar) la cual es un bloque de hule de espuma, y puede absorber fácilmente el petróleo en derrames acuáticos, la idea parte de la necesidad de remover contaminantes de un flujo de agua contaminada. (Argonne National Laboratory, 2017). Se toma como referencia este proyecto, ya que el objetivo es similar, los autores usan una tela que absorbe el petróleo, que se adhiere para eliminarlo o reusarlo de forma efectiva, presentando unos costos menores en comparación con materiales tradicionales.

Se busca simular las propiedades de absorción de la esponja de mar con un prototipo que cumpla con los parámetros técnicos para poder utilizarlo como un método de limpieza simple en el cual se sumerge en el agua y luego se exprimen los hidrocarburos que se recogen en contenedores para una posible reutilización o eliminación segura. Después de escurrir los contaminantes de la esponja se puede volver a utilizar.

En Latinoamérica se está implementado el poliuretano como material en el sector industrial por sus características físicas y químicas (Domínguez, 2014), es apropiado mencionar que, en Colombia, más específicamente en la ciudad de Bogotá, se realizaron investigaciones para la implementación de este material para la fabricación de salvavidas o láminas acrílicas para captar

emisiones, combinado con caucho reciclado de neumáticos, además es posible generar un compuesto capaz de absorber sustancias nocivas para los ecosistemas acuáticos y las poblaciones aledañas. Dichos materiales principalmente constituidos con propiedades físicas y mecánicas óptimas, gracias a las características que aportan cada uno de sus compuestos (Rangel, y otros, 2007).

Como se menciona al principio, el propósito de este estudio, aparte de diseñar el prototipo, también busca conocer la afectación que tienen las personas de Barrios Unidos, en cuanto a la contaminación de las fuentes hídricas cercanas y los problemas ambientales que esto genera.

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

Proponer un prototipo de poliuretano reutilizable inspirado en la bioinspiración de la esponja de mar capaz de absorber compuestos contaminantes como los hidrocarburos, que afectan las principales fuentes hídricas de Colombia, especialmente los cuerpos de agua de la localidad de Barrios Unidos de Bogotá.

1.2 Objetivos Específicos

- Determinar los problemas ambientales, que generan los hidrocarburos como compuestos contaminantes en las fuentes hídricas.
- Conocer el grado de afectación que tiene la contaminación de los cuerpos de agua en la población de la localidad de Barrios Unidos de Bogotá, para poder mostrar las ventajas que tendría el poliuretano en cuanto a la absorción de compuestos contaminantes.
- Realizar una propuesta usando el poliuretano basado en la bioinspiración de la esponja de mar como solución a la contaminación de las fuentes hídricas de la localidad de Barrios Unidos.
- Diseño y validación de un prototipo, mediante la consulta a un experto en materiales poliméricos aplicados a la descontaminación.

2 Definición del problema

Un ejemplo que genera la contaminación del río Bogotá son los vertimientos industriales de las curtiembres de Villapinzón Cundinamarca, ubicadas a 5 kilómetros del nacimiento del río, además de la falta de plantas de tratamiento de agua que hagan un manejo eficiente de sus aguas domésticas y no las viertan en mal estado al río incluida Bogotá generando el 80% de la contaminación. 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 4/10 y cuando recibe la primera descarga del río Salitre en la calle 80 cambia a nivel 8/10 manteniéndose así en su recorrido (CAR, 2006).

Otra de las principales causas de fuentes hídricas contaminadas son las talas de árboles, las captaciones de agua ilegales, el depósito de residuos domésticos e industriales que llegan al río Bogotá, la disposición de basuras, residuos industriales con metales pesados, y la falta de interés por manejar eficiente y responsablemente las aguas del río, lo convierten en un referente de suciedad y contaminación en la ciudad de Bogotá. Por lo que en este proyecto se busca una forma para descontaminar los cuerpos de agua, por medio de la propuesta del uso del poliuretano basado en la estructura de la esponja de mar para en la absorción de agentes contaminantes como solución a esta problemática (Gil, Soto, Usma|, & Gutiérrez, 2012).

Basado en lo anterior, se plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo se puede utilizar el poliuretano basado en la bioinspiración de la esponja de mar, para mitigar el impacto ambiental y la propagación de agentes contaminantes en diferentes fuentes hídricas?

3 Justificación

Con esta investigación, se pretende demostrar la importancia que tiene la implementación de los materiales poliméricos como el poliuretano, utilizándolo como material absorbente de los compuestos contaminantes de las fuentes hídricas del país, como lo son los hidrocarburos, basado en la bioinspiración de la esponja de mar, ya que esta cuenta con propiedades absorbentes por su porosidad y sus fibras; centrándose en la necesidad e importancia que existe hoy en día por cuidar y aprovechar las fuentes hídricas. Los estudios realizados han demostrado que una esponja es capaz de absorber en ocasiones hasta 30 veces más que su tamaño y una retención del 90% de aceites o hidrocarburos en agua (Nandwana, y otros, 2020).

Se sabe que los compuestos contaminantes afectan el aire, el suelo y el agua, los cuales son considerados soportes vitales; si alguno de estos se ve alterado terminará afectando de cierto modo la salud de cualquier ser vivo. En el caso de los hidrocarburos, estos generan daños al medio ambiente en casi su totalidad; pues se ven afectados los ecosistemas marinos y terrestres, la flora, el suelo fértil, las aguas subterráneas y la salud humana, todo esto debido al uso industrial que se le está dando, puesto que los hidrocarburos abarcan una amplitud de derivados como: el petróleo, los aceites, combustibles fósiles, parafinas, queroseno, entre otros.

A nivel de contaminación de los cuerpos de agua, este compuesto puede llegar a ser transportado por medio de escorrentía donde sus condiciones fisicoquímicas se alteran en cuanto a la disminución del oxígeno disuelto; a causa de que el oxígeno se reduce por la transferencia que existe entre la fase atmósfera - agua, causando un aumento en la demanda bioquímica del agua, generando que se creen condiciones anóxicas, afectando la vida de los ecosistemas acuáticos, otro factor que daña los cuerpos de agua es la inhibición de crecimiento de ciertas

especies por la falta de luz solar debido a una capa que se forma entre el agua y los hidrocarburos, lo cual genera disminución en la fijación de nutrientes (Jiménez Buitrago, 2006).

Es por esto que la investigación también aborda indirectamente la creación de conciencia ambiental en los habitantes de la localidad de Barrios Unidos de Bogotá, en cuanto al manejo de los residuos sólidos y la forma correcta de la disposición de compuestos contaminantes, buscando aportar a la mitigación, separación y descontaminación de las fuentes hídricas. A través de encuestas se recolectarán datos cuantitativos para identificar la causa de la contaminación de las fuentes hídricas de esta población y así poder implementar las ventajas que tiene el poliuretano, velando por un ambiente saludable y contribuyendo al mejoramiento de las condiciones de vida.

De acuerdo con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), el objetivo 6: Agua limpia y saneamiento, informa que los recursos hídricos sostenibles son esenciales para la salud humana, la sostenibilidad del medio ambiente y la prosperidad económica (United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2017), sin embargo, este recurso está siendo amenazado por el mal uso y manejo que el ser humano le está dando, no solo afectándose así mismo; sino también a los ecosistemas acuáticos.

Basándose en la importancia que tienen los ODS y de acuerdo con la investigación que se realiza, el beneficio que se quiere tener es reducir la contaminación y el impacto negativo que hay en los cuerpos de agua de la localidad de Barrios Unidos. Conociendo las causas de contaminación de esta zona, se pretende desarrollar la esponja de poliuretano con el fin de recuperar la calidad del agua y su aprovechamiento sostenible, favoreciendo a la población no solo de esta localidad sino también a nivel general, dejando un campo abierto de aplicación.

4 Análisis de Requerimientos

4.1 Especificaciones

La tecnología implementada tomará las principales propiedades de filtración que tienen las esponjas de mar, el dispositivo está construido con base a la misma esponja tratando de emular las falanges que tiene para la adherencia de partículas mayores, dentro del dispositivo irá un compuesto llamado “PMC (PROWEBST Marine Cleaner)”, este compuesto está hecho principalmente de resinas naturales, es decir, sustancias sólidas no contaminantes que permiten fijar el hidrocarburo para que no drene. El dispositivo está cubierto por una capa de células fotovoltaicas, y una cinta transportadora cubierta de nano cables. Las células fotovoltaicas generan suficiente electricidad para mantener la flota en movimiento durante varias semanas y proporcionan la energía para impulsar los vehículos hacia adelante. A medida que la cabeza se mueve a través del agua, la cinta transportadora gira constantemente y absorbe la contaminación. La correa cubierta de nano cables se comprime para eliminar el aceite. A medida que la parte limpia de la correa sale de la cabeza, inmediatamente comienza a absorber el aceite, haciendo que el proceso de recolección sea fluido y eficiente. Luego de colocar el dispositivo en el agua, sobre el contaminante, se extrae todo con la ayuda de redes o mallas que están fijadas en los compartimentos de entrada y salida, dejando el agua casi totalmente limpia. Una de las ventajas del dispositivo es que su acción es rápida, y eso detiene la expansión del crudo.

4.2 Ficha técnica

En la Tabla 1. Se especifica la ficha técnica del producto, son sus principales características como el lugar de elaboración, composición química, presentación, requisitos normativos y peligros.

Tabla 1 Ficha técnica del producto.

	FICHA TÉCNICA DE PRODUCTO TERMINADO	FACULTAD DE INGENIERÍA
POR:	Miguel Ángel López Molina Diana Lorena Guzmán Lee Luis Carlos Alfonso Ramírez	2022
NOMBRE DEL PRODUCTO	ECO-CLEANIG	
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO (falta describir la cubierta y el dispositivo)	<p>El dispositivo cuenta con panel solar una carcasa de plástico, una cabeza de aluminio anodizado, cubierta con una capa de células fotovoltaicas y un cinturón de nano fibras, una rejilla de separación de fibra de vidrio y una cinta transportadora recubierta con poli sombra, sus medidas serán de 100 centímetros de extenso por 26 centímetros de ancho.</p> <p>El producto se compone principalmente de poliuretano generado por medio de la reacción química entre el diol e isocianato, generando un material capaz de absorber sustancias de alta densidad. El material, mediante la reacción 1 a 1, puede solventar la contaminación del área afectada, dependiendo del tamaño de la afectación.</p>	
LUGAR DE ELABORACIÓN	Producto elaborado en la planta comercial DOUX FACTORY, adecuada para la y comercialización del material polimérico. Los laboratorios cuentan con adecuaciones circunstanciales (Conjunto de modificaciones para llevar a cabo la terminación del producto)	
COMPOSICIÓN QUÍMICA	Diol	5 ml – 50%
	Isocianato	5 ml – 50%
	Material aislante	65%
PRESENTACIÓN	Células fotovoltaicas	
	Cinta transportadora	
	Correa de nano cables	
	Cámara de absorción	
CARACTERÍSTICAS		
REQUISITOS	PROYECTO DE LEY 116 DE 2013	
	PROYECTO DE LEY 105 DE 2017	
PELIGROS		

5 Marco de Referencia

5.1 Antecedentes

Los derrames de petróleo y la contaminación por hidrocarburos cada vez han tomado más fuerza a nivel mundial, es claro que estos compuestos pueden llegar a ser parte fundamental de la vida cotidiana del ser humano, ya que gracias a ellos se obtiene energía; pero así mismo tienen un gran impacto ambiental creando consecuencias a largo y corto plazo, esto depende del sitio donde se genere el derrame, si es en acantilados el proceso puede tomar unas cuantas semanas, ya que la acción de las olas favorecen la desaparición de este compuesto, pero si la contaminación ocurre en fondos blandos donde el compuesto persiste y es retenido por el sedimento, puede durar hasta varios años (ITOPF, s.f.).

A raíz de estos derrames de petróleo y más exactamente por el derrame de Deepwater Horizon producido en el Golfo de México en el 2010, el cual provocó la muerte de once trabajadores, de miles de animales marítimos y el vertido de casi 800 millones de litros de crudo al mar a lo largo de 87 días (Bordino, 2021); científicos del Laboratorio Nacional de Argonne, de la universidad de Chicago y el departamento de Energía de los Estados Unidos, desarrollaron una esponja (similar a la esponja de mar) la cual es un bloque de hule de espuma, que puede absorber fácilmente el petróleo en derrames acuáticos. Esta tecnología está compuesta por poliuretano común, del tipo utilizado para confecciones de muebles y de una técnica llamada síntesis de infiltración secuencial, (Argonne National Laboratory, 2017).

De acuerdo con los inventores, esta tecnología ofrece ventajas claves sobre las técnicas que se vienen utilizando para eliminar las acumulaciones en la superficie del agua y las llamadas

plumas, que son dispersiones subacuáticas de petróleo y derivados petrolíferos, que se producen después de un derrame o de una fuga en una tubería (Argonne National Laboratory, 2017).

Además de recuperar diferentes tipos de aceite encima o debajo del agua, los líquidos recuperados pueden ser purificados para un uso futuro. La óleo-esponja tiene una capacidad de absorción sin precedentes (BEZOS, 2016).

Se considera que este material puede volver a utilizarse repetidamente, después de retorcerlo para extraer el petróleo recuperado que contiene y depositarlo en un tanque de retención, lo cual reduce en gran medida los residuos resultantes del proceso de limpieza de vertidos y permite mitigar derrames enormes con una pequeña cantidad de material absorbente.

5.2 Marco Teórico

5.2.1 Contaminación del agua

La contaminación hídrica se entiende como la acción de introducir algún material en el agua alterando su calidad y su composición química. Según la Organización Mundial de la Salud, el agua está contaminada “cuando su composición se haya modificado, de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso, al que se le hubiera destinado en su estado natural”. Porque es fuente de salud y bienestar, necesaria para llevar a cabo las actividades del ser humano, ya que compone $\frac{3}{4}$ partes del organismo. El ser humano necesita agua, pero irónicamente, aunque el planeta está cubierto en un 70% de agua, solo 1% de esta agua sirve para el consumo humano. Existe una escasez generalizada de agua y se debe ser consciente de la importancia de su cuidado (Rojas, 2015).

5.2.2 Contaminación por hidrocarburos

La contaminación del agua se da por factores climáticos y antropogénicos, en cuanto a los factores antropogénicos está la contaminación por hidrocarburos, los cuales generan cambios en

las características organolépticas del agua, ocasionando un efecto negativo en ámbitos como: la salud, la agricultura, la pesca, entre otros, y en los ecosistemas acuáticos, no solo afectando a las especies que habitan en ellos sino también afectando a los productos que se obtienen de ellos mismos (Prieto Díaz & Martínez de Villa, 1999). Se conoce que la contaminación por hidrocarburos se debe a los derrames o vertidos que pueden ser intencionales o accidentales, generando una amenaza para el medio ambiente cada vez más grande y que hasta el momento pareciera no acabar a corto plazo por más medidas preventivas que se estén tomando para minimizar su impacto negativo (Al-Majed, Adebayo, & Hossain, 2012), factores como el incremento de la demanda del petróleo debido al crecimiento poblacional, aumento de transporte y prospecciones petrolíferas en aguas oceánicas, hacen que este problema de contaminación no tenga una solución fácil (Rodríguez, 2017).

5.2.3 Fuentes hídricas en Bogotá

El río Bogotá recorre el Distrito Capital en su cuenca media a lo largo del costado occidental de su área urbana, y esta cuenca está conformada por múltiples cauces y canales de drenaje, provenientes de los cerros orientales. En esta cuenca media se identifican las siguientes subcuencas en el perímetro urbano de Bogotá: los ríos Torca, Salitre, Fucha y Tunjuelo, como se presenta en el plano de la Ilustración 1 (PID Amazonía, 2019), representa las delimitaciones de las cuencas hidrográficas, que se encuentran en la ciudad de Bogotá, para entender donde se encuentran las fuentes hídricas contaminadas. En la ilustración 1, estas cuencas están representadas por los colores: café, verde, azul claro y verde aguamarina.

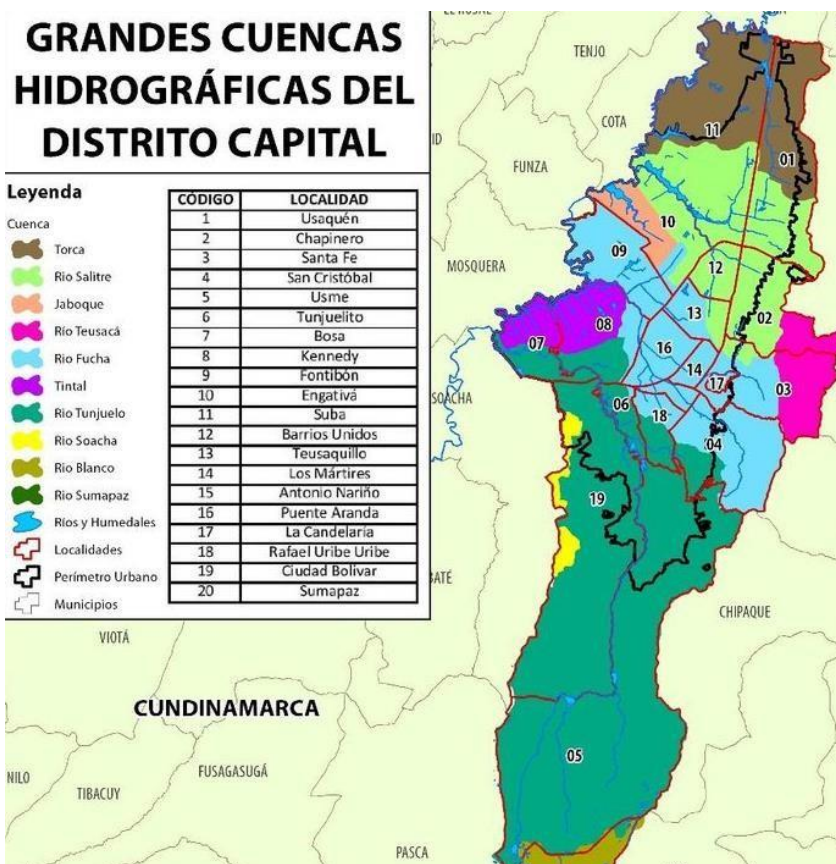


Ilustración 1. Delimitación de las principales cuencas hidrográficas, ríos y quebradas de Bogotá D.C. Fuente: (Camelo, s.f.)

5.2.4 Polímeros

Los polímeros, presentes en gran cantidad de accesorios para múltiples usos a nivel mundial, han ido formando parte de nuestro entorno, siendo unidades que, gracias a sus cualidades mecánicas y su alto peso molecular, en la actualidad han sido incluidos como materiales para la construcción; sus propiedades lo han destacado como una adición liviana, resistente al impacto, a la humedad, a ácidos y sustancias alcalinas. Se le denomina polímero debido a que es una macromolécula de masa molecular, conformada, básicamente, por la repetición múltiple de unidades derivadas de otras moléculas, las cuales, se conocen como

monómeros, unidades también compuestas por moléculas aún más pequeñas; la consolidación de un polímero a través de monómeros se conoce como polimerización (Calvo Flores & Isac, 2012).



Ilustración 2. Materiales Poliméricos Fuente: (Burlando, Loayza, Aponte, Calizaya, & Quispe, 2018)

Los polímeros aportan gran utilidad a la industria en todo el planeta, representando el 5% del uso total anual del petróleo y gas empleado para la producción de plástico, como se observa en la ilustración 2, cuantificados porcentualmente de la siguiente manera (Garcia, 2018):

- Materiales para empaque en general 36%
- Construcción de edificaciones 16%
- Fabricación de textiles 14,5%
- Consumo en productos y bebidas 10-3%
- Transportación 6,6%
- Artículos eléctricos, electrónicos y para medicina 4,4%
- Maquinaria industrial 0,7%
- Otros usos 11,5%

5.2.5 Poliuretano

El poliuretano fue descubierto en el año 1937 por el químico alemán Otto Bayer, gracias a las investigaciones que realizó en cuanto a encontrar una fibra sintética similar a la poliamida que había sido descubierta en Estados Unidos. Considerando como grupo reactivo el diisocianato y el diol, su producción industrial empezó en el año 1940 y su implementación en la

segunda guerra mundial como sustituto de cartuchos, refuerzo en recubrimiento para aviones, batallones y hasta ropa, la implementación se dio hasta ese año debido a que no existían máquinas suficientes para procesarlo y su producción fue muy lenta (Aponte Ramírez & Peña González, 2015).

Las materias primas del poliuretano “proceden de dos productos: petróleo y azúcar, para obtener después de un proceso químico de transformación, dos componentes básicos, llamados genéricamente Isocianato y Polioliol. La mezcla en las condiciones adecuadas de estos dos componentes nos proporcionará, según el tipo de cada uno de ellos y los aditivos que se incorporen, un material macizo o poroso, rígido o flexible, de celdas abiertas o cerradas, etc.” (ATEPA, 2010).

Actualmente, el poliuretano se encuentra en muchas áreas de la vida diaria. Sus aplicaciones son diversas. Además de tener una mayor versatilidad que otros análogos, también se destaca por su resistencia a los efectos de los solventes químicos, lo que le permite ser utilizado en una variedad de procesos de fabricación.

5.2.6 Polioliol

El Polioliol es un alcohol que contiene dos o más grupos hidroxilos, su fórmula química es: $C_nH_{2n+2}O_n$, los polioles tienen distintos usos, se utilizan en la industria farmacológica, como principios activos y como excipientes, en la industria alimentaria, como endulzantes, en la química de los polímeros debido a los múltiples grupos funcionales oxidrilos que se encuentran disponibles en las reacciones orgánicas, y en la producción de poliuretanos los cuales se obtienen a partir de la condensación de di bases oxidrílicas combinadas con di isocianatos (Torresi, 2013).

5.2.7 Isocianato

El Isocianato es un compuesto orgánico que contiene el grupo funcional $R-N=C=O$ formados a partir de la amina y el fosgeno ($O=CCl_2$), son compuestos altamente reactivos, lo que hace que sean útiles para varios productos químicos como la obtención del poliuretano, los cuales son un tipo de polímero sintético y se utilizan como esponjas rígidas, lacas, elastómeros e insecticidas. Su aplicación se da en la industria, medicina, agricultura, entre otras (Amin, 2016).

5.2.8 Estructura de la Esponja

Las esponjas son parazoos sin tallo cuyas células son en su mayoría pluripotentes y tienen tres capas de células: la coroides (capa externa), el mesodermo (una capa intermedia cuyo grosor varía según la especie) y el coanodermo (capa interna). Se alimentan al filtrarse a través del sistema acuífero, el cual está conformado por: los poros dermales (en el pinacodermo) por donde ingresa el agua al interior de la esponja, la cual luego es pasada por los coanocitos (células flageladas del coanodermo) al sistema acuífero que también les permite eliminar los desechos y liberar gametos. Son capaces de reproducción tanto sexual como asexual, además “su estado larvario es móvil y autótrofo” (Low Pfeng & Peters, 2012).

Como se puede observar en la ilustración 3, la estructura de las esponjas tiene una serie de organismos que son muy importantes para los ecosistemas marinos porque: son filtros de agua, brindan sustrato para la instalación de otros organismos, participan en el reciclaje de sustancias de nutrición y hábitat para algunos individuos, entre otros. Por su rol en estos ecosistemas, es importante conocer sus comunidades y monitorearlas, para ello permite perfeccionar el conocimiento del estado de conservación del área de interés (Torruco & González, 2011).

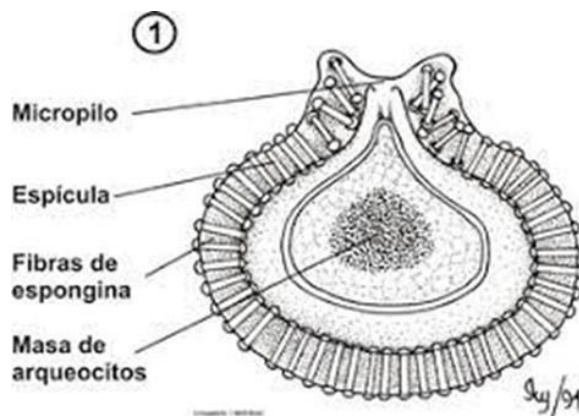


Ilustración 3. Estructura de la esponja de mar Fuente: (Menéndez, 2005)

5.2.9 Material sorbente

Son materiales principalmente oleofílicos que atraen aceites o hidrófobos que repelan el agua; estos materiales se utilizan para la absorción, adsorción o combinación de ambos para la remoción de contaminantes. Existen sorbente minerales inorgánicos, orgánicos sintéticos y orgánicos naturales. Estos cuentan con propiedades humectantes o mecanismos selectivos por el hidrocarburo, permitiendo una mayor adherencia sobre la superficie y el área superficial, la cual debe conservar una alta relación de volumen para que los hidrocarburos penetren en el material (Castillo Velandia, 2017).

Aparte de estas propiedades y mecanismos, los materiales sorbentes para que sean apropiados en los procesos de absorción y adsorción de hidrocarburos, deben tener ciertas características como: alta capacidad de absorción en diferentes tipos de crudos, alta hidrofobicidad, alta capacidad de retención, resistencia mecánica a la compresión, todo esto para evitar que el compuesto a absorber se derrame en la fase de recuperación del sorbente usado y que se facilite su reutilización o eliminación (Silos Rodríguez, 2008).

5.2.10 Síntesis de infiltración secuencial

Es una técnica que surge a partir de la necesidad de cultivar materiales híbridos, ya sean orgánicos o inorgánicos y así poder fabricar más rápido películas inorgánicas estructuradas; consiste en infundir una capa extremadamente fina de óxido metálico (un material inorgánico) en los rincones y los recovecos del polímero, permitiendo el crecimiento de nuevos materiales híbridos inorgánicos de polímeros, materiales inorgánicos porosos y dispositivos a nano escala para aplicaciones tecnológicas (Chem, 2019).

Para esta tecnología, se tomó el óxido metálico como pegamento, el cual se depositó en las zonas superficiales de la esponja, recubriendo las moléculas oleófilas que quiere decir las moléculas que atrapan y retienen el aceite, en este caso el petróleo.

6 Análisis de restricciones

El análisis de restricciones del proyecto busca identificar todas aquellas restricciones (normativas nacionales, factores económicos, factores ambientales, implicaciones en la salud, mantenimiento del dispositivo, seguridad y factor sociocultural), las cuales pueden llegar a limitar el uso del dispositivo con polímero en las fuentes hídricas a nivel nacional.

6.1 Restricciones ambientales

Para la elaboración del poliuretano, se relaciona la normativa nacional e internacional para el almacenamiento, transporte y uso de sustancias químicas, de igual manera se consideran aquellas normativas para los residuos posconsumo, se tendrá en consideración que el material resultante una vez cumpla su ciclo de vida, sea reutilizado o reciclado para otros procesos.

6.1.1 Fichas de seguridad.

Las fichas de seguridad es un documento el cual brinda información detallada de un producto o sustancia y se compone de: propiedades físicas y químicas, información sobre la salud, seguridad, fuego y riesgos de medio ambiente que el producto químico puede causar.

En el apartado de anexos se encuentra las Fichas de Seguridad de los productos necesarios para la obtención del polímero.

- Anexo A. Ficha de Seguridad: Polioli convencional.
- Anexo B. Ficha de Seguridad: Isocianato.

6.1.2 Normativas

- El Convenio de Basilea tiene como objetivo reducir al mínimo la generación de desechos peligrosos y su movimiento transfronterizo, así como asegurar su manejo ambientalmente

racional, para lo cual promueve la cooperación internacional y crea mecanismos de coordinación y seguimiento.

- En la Constitución Política de Colombia, en su artículo 8 dice que “Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la nación.”, de igual manera, en su artículo 79 dice “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo”.
- En 2016 se emite el Conpes 3868 “Política de gestión del riesgo asociado al uso de sustancias químicas” que establece los elementos técnicos y normativos para la gestión del riesgo asociado al uso de sustancias químicas de uso industrial, para la prevención de accidentes mayores asociado al uso de sustancias químicas.
- La resolución 0773 de 2021, tiene como objeto definir las acciones que se deben desarrollar para la clasificación y comunicación de peligros de productos químicos.
- Ley 1259 de 2008. Por medio de la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones.
- Ley 430 de 1998. Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.

Para el cumplimiento de la normativa presentada, los elementos usados para la elaboración de la esponja tendrán un adecuado manejo (transportes, almacenamiento, rotulados, entre otros), teniendo en cuenta las consideraciones presentadas en las fichas de seguridad de los productos, de igual manera los residuos generados en todo el proceso de la elaboración del

producto se les hará una correcta disposición de estos teniendo en cuenta si este puede ser aprovechable.

Se tendrá en consideración que la esponja estará elaborada con la finalidad de ser reutilizada las veces que sea posible, en el caso de que el producto ya sea eficaz para lo que en principio fue elaborada se le realizará una caracterización para indicar si es posible utilizar en otros procesos o debe ir a una adecuada disposición final del producto.

6.2 Restricciones económicas

Los costos de la elaboración del poliuretano varían dependiendo de la cantidad y tamaño del producto final, de igual forma el dispositivo que contiene el producto tendrá variaciones en los costos para su elaboración, dependiendo de los materiales y tamaño. Se tiene en consideración que, a mayor tamaño y cantidad, el costo de la elaboración final del producto aumenta. Los costos para la elaboración de la esponja y el dispositivo serán asumidos por las personas relacionadas en el proyecto; el costo en el mercado nacional de los productos (Poliol – Isocinato), oscilan entre los 30 y 50 pesos colombianos por mililitro (mL), una de las restricciones que se pueden tener a lo largo del proyecto es la variación de costos por parte de los productores de los productos.

6.3 Restricciones socioculturales

Las restricciones socioculturales para el presente proyecto están basadas en el comportamiento y costumbres de las personas que habiten el sector donde se implementaría el producto con la esponja, pueden incluir factores como su nivel de educación, la forma en que está diseñada su comunidad y la edad promedio de la comunidad.

6.4 Otras restricciones

Otras restricciones para tener en consideración al momento de realizar el producto son las condiciones de manufactura y de proceso, las cuales se relacionan a continuación.

- La disponibilidad de los productos químicos a nivel nacional.
- Las condiciones climáticas para la elaboración de la esponja, ya que su reacción puede variar debido a las condiciones de temperatura, así mismo la posibilidad de una contaminación cruzada por su mal manejo.
- La caducidad de los productos químicos.
- La capacidad del dispositivo para permanecer a flote, dependiendo de las dimensiones requerían para su desarrollo.

7 Metodología

Para el presente estudio se manejan dos diseños metodológicos: El primero corresponde al mecanismo de recolección de información de la población aledaña a los cuerpos de agua de Barrios Unidos respecto a su percepción del efecto de contaminación que hay en ellos. El segundo está relacionado con el proceso para la obtención del poliuretano y su incorporación en un prototipo.

7.1 Efecto de la contaminación en Barrios Unidos

En esta parte de la investigación, se recolectan datos cuantitativos por medio de la aplicación de encuestas a una muestra representativa de personas que vivan cerca a fuentes hídricas contaminadas en la localidad de Barrios Unidos, para expandir los puntos de opinión acerca de la afectación de los cuerpos de agua y profundizar en las principales causas de dichas afecciones, mediante las encuestas previamente ya realizadas.

La ilustración 4 representa el diagrama de pasos que se realizó para emplear la encuesta y para la recolección de información con las variables a estudiar.

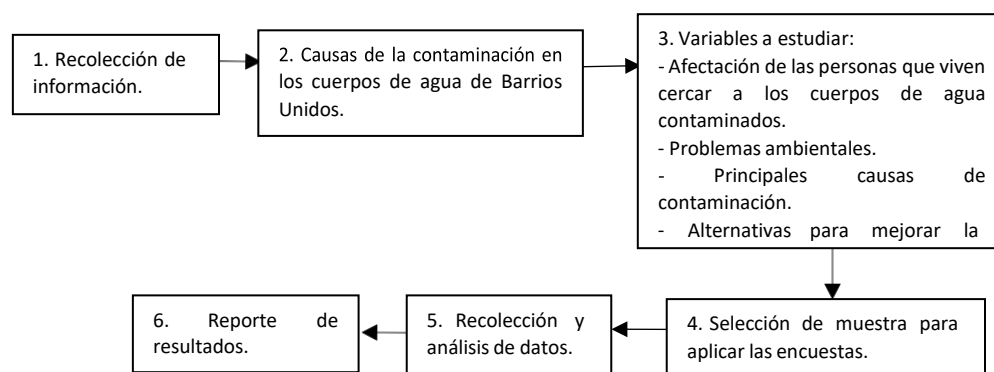


Ilustración 4. Diagrama de pasos para la recolección de información. Fuente: Elaboración propia

7.1.1 Diseño de Investigación:

Se ha optado por un diseño no experimental debido a que se hará una función de recolección de información en primer contacto para saber que tan afectada se encuentra la población por la contaminación, antes de generar un tipo de respuesta a la afectación en los cuerpos de agua.

7.1.2 Definición de Variables

Variable	
Afectación de las personas que viven cerca a fuentes hídricas contaminadas	
Definición conceptual	La población aledaña a las fuentes hídricas sufre directamente del estado en que se encuentra el cuerpo de agua, debido a las sustancias contaminantes que pueden causar mal olor o hasta producir enfermedades respiratorias en la comunidad.
Definición Operacional	A partir de la implementación de una encuesta de selección múltiple de índole cuantitativa, se podrá definir las principales afectaciones que viven las personas que habitan cerca del cuerpo de agua.
Variable	
Problemas ambientales de las fuentes hídricas contaminadas	
Definición conceptual	La contaminación en fuentes hídricas, la vuelve impropia o peligrosa para el consumo, la mayor parte de la contaminación actual proviene de actividades humanas. Se da por la liberación de residuos y contaminantes que drenan a las escorrentías y luego son transportados hacia ríos, penetrando en aguas subterráneas o descargando en lagos o mares. Por derrames o descargas de aguas residuales, eutrofización o descarga de basura.
Definición Operacional	Con base en las encuestas cuantitativas aplicadas a una población afectada, se dará a conocer cuáles son los principales problemas ambientales y socioculturales que afectan a dichas poblaciones.
Variable	
Uso de materiales poliméricos (Poliuretano) para la absorción de aguas sucias	
Definición conceptual	El uso de materiales poliméricos se utiliza en varios aspectos de la absorción de contaminantes y como el estudio de este se puede proponer una alternativa sobre la limpieza de fuentes hídricas.
Definición Operacional	A partir de la implementación de una pregunta de selección múltiple en la encuesta cuantitativa, se definirán las cualidades positivas y negativas de la implementación de materiales poliméricos con base en la opción más elegida por los encuestados.
Variable	

Principales Causas en la contaminación de fuentes hídricas	
Definición conceptual	lo habitual es que el deterioro del agua proceda de las actividades humanas y sus consecuencias, que detallamos a continuación: <ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento global • Deforestación • Actividades industriales, agrícolas y ganaderas <ul style="list-style-type: none"> • Basuras y vertidos de aguas fecales • Derrames de combustible
Definición Operacional	Con base en la encuesta cuantitativa aplicada a una población determinada, se compararán los diferentes resultados, y sacar conclusión de cuáles son las principales causas de contaminación en las fuentes hídricas
Variable	
Cualidades de la implementación de materiales poliméricos en una sustancia contaminada	
Definición conceptual	Rasgo, diferenciado y distintivo de los materiales poliméricos en comparación con los materiales convencionales para la absorción de contaminantes.
Definición Operacional	Con base en la encuesta cuantitativa aplicada, se hará un juicio a dos expertos sobre los temas relacionados de la implementación de materiales poliméricos en una sustancia contaminada.

Tabla 2. Representación de las variables más importantes en la investigación. Fuente: Elaboración propia

Variables:

- Afectación de las personas que viven cerca a fuentes hídricas contaminadas (Variable cuantitativa discreta).
- Problemas ambientales de las fuentes hídricas contaminadas (Variable cualitativa).
- Uso de materiales poliméricos (Poliuretano) para la absorción de aguas sucias (Variable cuantitativa continua).
- Principales Consecuencias en la contaminación de fuentes hídricas (Variable cualitativa).
- Cualidades de la implementación de materiales poliméricos en una sustancia contaminada (Variable cualitativa ordinal).

7.1.3 Población y Muestra

En este caso de estudio se utilizó la encuesta como medio de recolección de datos cuantitativos, se tomó solamente una muestra debido a la gran población que vive en la ciudad,

se tuvo en cuenta la población de la localidad Barrios Unidos por la proximidad que tienen a cuatro cuerpos de agua cercanos, los cuales son: los canales Salitre, Brazo Salitre, río Negro y La Castellana. De la totalidad de la población de Barrios Unidos que asciende a un número de 273.396 habitantes (Bogotá, 2020), se tomó en cuenta un tamaño de muestra de 20 personas, las cuales habitan cerca a los cuerpos de agua para un nivel de confianza del 90%, donde se tiene un margen de error del 14%.

7.1.4 Análisis de las encuestas

Mediante la recolección de encuestas hechas a los habitantes de la localidad de Barrios Unidos, se pudo determinar el punto de vista de las personas que residen cerca del cuerpo de agua (los canales Salitre), el cual se seleccionó una muestra de 20 personas dependiendo de la cercanía.

7.1.5 Metodología particular

El instrumento de recolección de datos utilizado en esta parte del estudio es por medio de encuestas, para realizar análisis de las variables establecidas y abarcar el porcentaje descrito en población y muestra, se empleó una encuesta para recolectar información de las variables previstas. Ver Anexo C.

7.2 Material polimérico inspirado en la esponja del mar

En su mayoría, los sistemas de materiales poliméricos no son muy conocidos en la población del común, por lo tanto, con este segundo diseño metodológico se procura establecer el conocimiento de este tipo de materiales para identificar oportunidades de implementación del

poliuretano como material en un sistema mitigación, así como también la cantidad de material a utilizar.

Posteriormente, con base a la información recolectada mediante las encuestas realizadas, se obtuvo la percepción de las personas frente a la contaminación de los cuerpos de agua, para estimar la afectación a los predios que se ubican cerca de las fuentes hídricas. Además, se indaga si con la implementación del poliuretano por medio de una nueva tecnología, tiene la posibilidad de mitigar la expansión de contaminación por hidrocarburos o lixiviados. De la misma manera, se da una aproximación al costo generado en la implementación de un sistema autónomo de recolección de contaminantes en las fuentes hídricas.

En la ilustración 5 se especifica el proceso de obtención del material en un entorno de laboratorio, con las cantidades usadas de cada uno de los reactivos y su fórmula química.

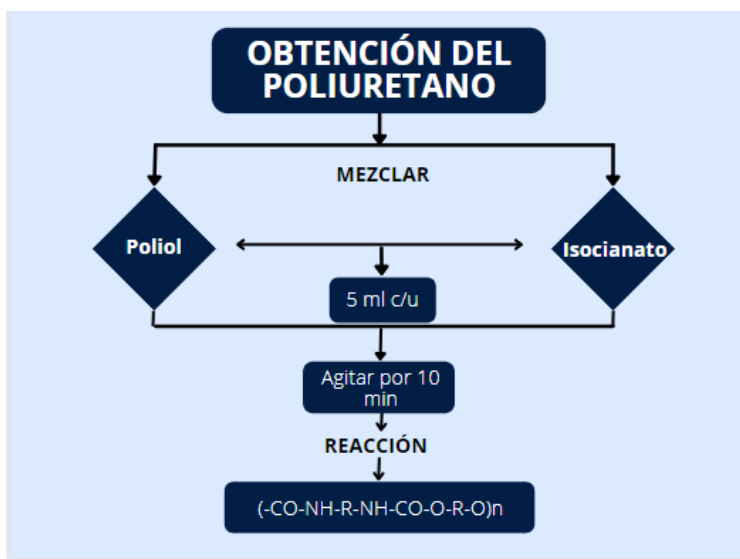


Ilustración 5. Obtención del Poliuretano. Fuente: Elaboración propia

7.2.1 Diseño experimental

Esta investigación principalmente es de tipo experimental, ya que no hay información referente o estudios relacionados con el uso del poliuretano como material absorbente, es un

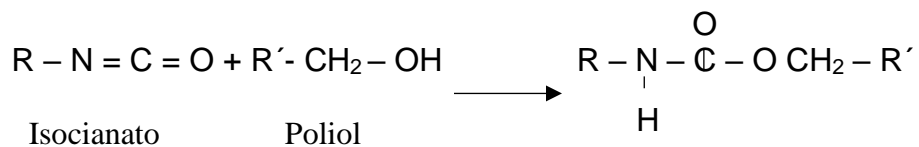
concepto que no se ha desarrollado a profundidad, lo cual escasea proyectos que puedan dar sustentabilidad al tema. El objetivo de la iniciativa es dar el primer paso para generar un estudio de los materiales sintéticos que principalmente podrían ayudar a reducir las posibilidades de expansión de componentes contaminantes en las fuentes de la ciudad de Bogotá.

Lo ideal para hacer uso del material, es brindar la información a los habitantes de Barrios Unidos, de cómo se implementaría dicho dispositivo con materiales poliméricos (poliuretano), para la recolección de agentes contaminantes en las fuentes hídricas, el primer paso es elaborar un prototipo como se observa en la ilustración 6, donde se permita introducir el poliuretano. Cabe recordar cómo se hace este polímero, se obtiene a partir de la reacción de un polioli (alcohol polihídrico con distintos grupos de hidroxilo) con un disocianato o un isocianato polimérico (estos son compuestos fundamentales del poliuretano), su forma dependerá de la variedad de los polímeros y todo ello recae en la interacción del polioli con isocianato como se muestra en la ilustración 5, en este caso se produjo una reacción 1 a 1, la misma cantidad de volumen para el polioli como para el isocianato, exactamente se utilizó 5 ml de cada sustancia. El tiempo necesario para que reaccionen estos dos componentes depende de la cantidad de volumen y concentración que se necesite, como en la práctica se utiliza 5 ml para generar la reacción, el tiempo el cual se empieza a generar la espuma fue luego de 5 minutos de revolver los compuestos, la reacción completa se generó a los 10 minutos como se muestra en la ilustración 7, así obteniendo el poliuretano como se observa en la ilustración 8 (Kapps & Buschkamp, 2004).



Ilustración 6. Materias primas del poliuretano: Polio e isocianato. Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 6 se puede identificar los compuestos utilizados en la elaboración del poliuretano, la sustancia de color negra es isocianato y la traslúcida es polioli. Para la elaboración se utilizaron 5 ml de cada compuesto, que se mezclaron tal como se aprecia en la ilustración 7.



Ecuación 1. Reacción Isocianato con Polioli

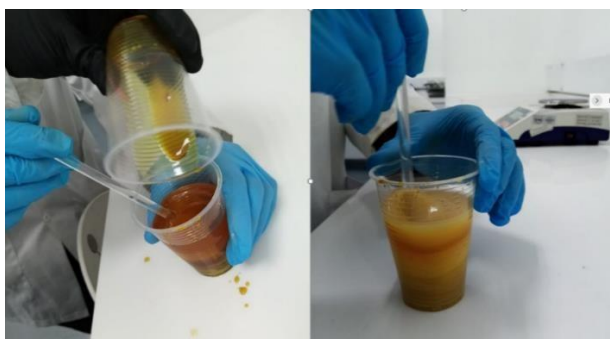


Ilustración 7. Mezcla del polioli e isocianato. Fuente: Elaboración propia

El tiempo en el cual se empieza a generar la espuma fue luego de 5 minutos de revolver los compuestos, la reacción completa se generó a los 10 minutos.



Ilustración 8. Elaboración del poliuretano. Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 8 se refleja la elaboración del poliuretano mediante la reacción que genera al combinar los materiales, se aclara que esta elaboración no fue la espuma utilizada para realizar las pruebas de absorción.

7.2.2 Definición de variables

Para este experimento se tomaron variables experimentales de tipo independiente y dependiente.

Las variables de tipo independientes a tener en cuenta son las variables de aspecto físico como el color, tamaño y forma.

Las variables de tipo dependientes tenidas en cuanto son:

- Latencia: Tiempo en el que el experimento comienza hasta obtener la respuesta necesaria, en este caso el tiempo que se demora el poliuretano en absorber el hidrocarburo.
- Duración: Tiempo que se necesita para completar la absorción una vez haya empezado.
- Frecuencia: El número de veces que ocurre la absorción.

- Medida: Unidad con la que se va a comparar el peso del compuesto solo y ya absorbido.

7.2.3 Estudio del caso

Esto lleva a desarrollar una investigación del uso del poliuretano,, principalmente para relacionar la estructura biomolecular de la esponja de mar para poder generar una tecnología que sea capaz de suplir la función bacteriana que tiene dicha especie.

De hecho, se busca recuperar desechos contaminantes para utilizarlos posteriormente en diferentes procesos, la idea central es depurar los materiales contaminantes mediante un mecanismo sencillo como el poliuretano.

La creación de una tecnología capaz de recolectar contaminantes, en comparativa con los materiales que hoy en día se comercializan, tiende hacer una opción económica, por lo que se puede reutilizar varias veces, no tiene un grado de afectación al medio ambiente y, por el contrario, se estaría aprovechando para combatir una problemática social y ambiental.

Se realizó un experimento en el laboratorio donde se elaboró el procedimiento acerca de la absorción del aceite en poliuretano, la práctica consistió en colocar en un vaso precipitado la solución del aceite, este aceite se compone principalmente de hidrocarburos (oxigenados o no oxigenados), pero también puede contener trazas de compuestos como azufre o nitrógeno. Después del procesamiento, se agregan aditivos al llamado aceite mineral para motores, se agregaron 200 ml de aceite, que se encontraba a temperatura ambiente, se introduce el poliuretano en la solución y se determina en cuánto tiempo alcanza el punto máximo de absorción, en la tabla 3 se observa el peso en que fue incrementando el poliuretano mientras absorbía el aceite hasta llegar a su punto máximo de absorción el cual fue a los 15 minutos, a partir de ese punto no se absorbió más aceite.

Tiempo en Contacto	Peso de Aceites	Peso Aceite En poliuretano (Peso inicial-peso final)
0 min	281,63 gr	281,63 gr-0 gr (0 gr)
5 min	281,63 gr	281,63 gr-264.60 gr (17.03 gr)
10 min	281,63 gr	281,63 gr-253.08gr (28.55 gr)
15 min	281,63 gr	281,63 gr-249.73 gr (31.9 gr)

Tabla 3. Tiempo de absorción del poliuretano en el aceite. Fuente: Elaboración propia

La ilustración 9 muestra la cantidad de aceite que se absorbió el poliuretano durante quince minutos, se visualiza que la gráfica en los primeros cinco minutos tiende a una línea exponencial. Estos sistemas siguen un modelo de la forma $y = y_0 e^{kt}$ donde y_0 representa el estado inicial del sistema y k es una constante positiva, denominada constante de crecimiento, cuanto más material de poliuretano haya, más rápido será la capacidad de absorción del compuesto contaminante. Después del minuto ocho tiende a aplanarse por lo que en ese momento llega a su punto de absorción, evidenciando la forma en la cual se realizó la medición en cuanto a la capacidad de absorción del poliuretano, el eje Y representa los datos del peso del aceite en gramos y el peso que toma el material poliuretano a medida que absorbe el contaminante, y el eje X representa el tiempo que se requirió para generar la absorción del aceite. La curva tiene una tendencia ascendente, es decir que a mayor tiempo en contacto con el aceite mayor porcentaje de absorción del material. Se recurrió a realizar una medición cada 5 minutos durante el desarrollo de la práctica.



Ilustración 9. Gráfico peso vs. tiempo, absorción del poliuretano en aceite. Fuente: Elaboración propia

Para finalizar el estudio de caso, se tuvo en cuenta la opinión del docente Julien Gwendal Chenet en cuanto al uso de los materiales poliméricos y el experimento realizado, donde informó de acuerdo con sus conocimientos el avance que se puede llegar a tener con estos materiales en cuanto a su uso y a las tecnologías. Ver Anexo D

7.3 Prototipo de artefacto para la descontaminación

Finalmente, el poliuretano generado se adapta a un prototipo que luego se introduce a la fuente hídrica contaminada de la localidad de Barrios Unidos, se deja este dispositivo actuando durante un periodo de tiempo, donde pueda atrapar los agentes contaminantes, esto debido a que la función de absorción que tiene el poliuretano es por medio de la diferencia de densidades que tiene el agua con otras sustancias presentes en el fluido que están en los cuerpos de agua, ya que este fluido fluye por medio del poliuretano reteniendo los componentes más densos que el agua, y de esta forma ayudaría a purificarla.

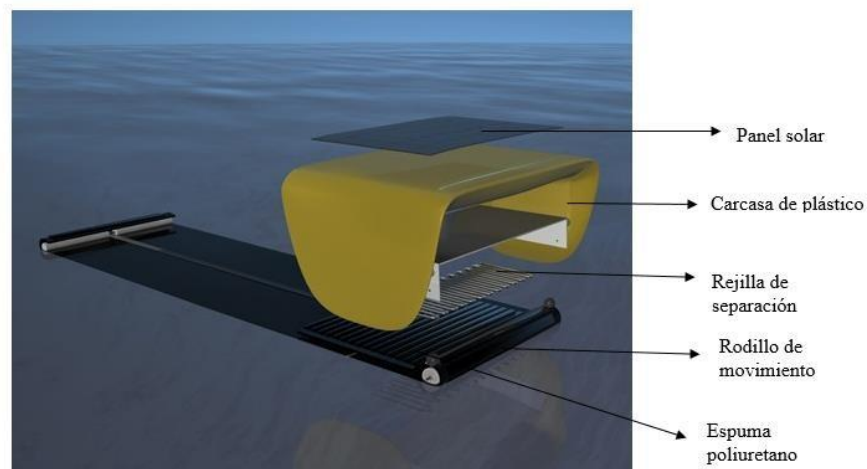


Ilustración 10. Prototipo de dispositivo de recolección de agentes contaminantes. Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 10 se detalla el diseño del prototipo el cual se creó por medio del software SolidWorks. El dispositivo será alimentado por medio de un panel solar el cual brindara la energía necesaria para su funcionamiento, estará cubierto por una carcasa de plástico, una cabeza de aluminio anodizado, cubierta con una capa de células fotovoltaicas y un cinturón de nano fibras, tendrá una rejilla de separación de fibra de vidrio y una cinta transportadora recubierta con poli sombra, sus medidas serán de 100 centímetros de extenso por 26 centímetros de ancho; estas medidas pueden variar dependiendo del área donde funcionará el dispositivo.

El artefacto funcionará a medida que la cabeza se mueva por el agua, una vez se encuentre en movimiento la cinta transportadora, empezará a girar y a absorber los contaminantes presentes en la fuente hídrica afectada, cuando la parte limpia de la cinta sale de la cabeza del dispositivo, empezará a aspirar los vertidos de hidrocarburos, por lo cual el proceso de recolección resulta eficiente y continuo.

8 Análisis de Costos

Por medio de este análisis, se da a conocer los recursos necesarios tanto de mano de obra, equipo y elementos necesarios para la producción de la espuma de poliuretano fabricado a partir de un Polioliol e Isocinato dividido en dos casos; el primer caso demuestra el costo real de la producción un nivel de escala experimental, es decir los gastos reales para la elaboración de la espuma de poliuretano. El segundo caso es de nivel hipotético, donde se ofrece un servicio con el producto, donde se estiman costos tanto de mano de obra, materias primas, planta y equipo necesario para iniciar con el servicio.

8.1 Costos a nivel experimental

En la tabla 4 se relacionan los costos reales para la elaboración de la espuma, estos fueron se basan en la compra de los materiales básicos para su producción.

PROPIEDAD PLANTA Y EQUIPO			
Descripción	Cantidad	P/U	Total
Insumos (Polioliol-Isocinato) Litro	1	\$ 39.000	\$ 39.000
Vaso precipitado	1	\$ 28.888	\$ 28.888
Molde para espuma	1	\$ 10.000	\$ 10.000
Total			\$ 77.888

Tabla 4 Costos a nivel experimental.

Como se identifica, los materiales necesarios para la elaboración de la espuma de poliuretano son el Polioliol e Isocinato, los cuales en el mercado Online están en un valor de \$39.000 para un litro de cada producto, se tiene en consideración que para la prueba de laboratorio se consumió un aproximado de 50 ml de cada producto quedando un remanente del producto; el vaso precipitado se utiliza para tomar una medida exacta de la cantidad de producto, en cuanto al molde se tomó un precio estimado del mercado ya que este puede ser elaborado de manera artesanal.

8.2 Costos de nivel hipotético

Se realizó un análisis en el caso hipotético de introducir el servicio en el mercado donde se relacionan costos relacionados a la manufactura, mano de obra, materias primas y materiales y equipos. Los costos relacionados en las siguientes tablas son los relacionados a una inversión inicial para la fabricación de la espuma de poliuretano.

MATERIA PRIMA PLANTA Y EQUIPO			
Descripción	Cantidad	P/U	Total
Insumos (Poliol Isocinato) 7L	4	\$ 285.000	\$ 1149.000
Vaso precipitado	25	\$ 28.888	\$ 722.200
Molde para espuma	50	\$ 10.000	\$ 500.000
Total			\$ 2.362.200

Tabla 5 Costo de materia prima, planta y equipo.

MUEBLES Y ENSERES			
Descripción	Cantidad	P/U	Total
Mesas escritorio	1	\$ 170.000	\$ 170.000
Sillas de escritorio	1	\$ 180.000	\$ 180.000
Total			\$ 350.000

Tabla 6 Costo de muebles y enseres.

EQUIPO DE OFICINA			
Descripción	Cantidad	P/U	Total
Computador	1	1200000	1200000
Total			1200000

Tabla 7 Costo de equipo de oficina.

De igual manera se relacionan todos los costos asociados a nóminas o personal necesario para la elaboración de la espuma, los cuales se representan en la tabla 7. Los costos reflejados equivalen al salario anual representado en pesos colombianos, teniendo en cuenta el SMLV para el año 2022.

Teniendo en cuenta los costos directos, costos fijos, gastos generales y costo del producto se deben establecer un mínimo de 327 servicios al año para obtener un punto de equilibrio del producto.

En el análisis financiero está establecido para ofrecer un mínimo de 500 servicios al año, donde al realizar el análisis de inversión inicial, gastos fijos entre otros, se obtiene una recuperación de la inversión, en un periodo de 2,94 años, con una tasa interna de retorno del 36,75%, es decir arroja una rentabilidad positiva dando la posibilidad de una introducción al mercado.

9 Conclusiones

- La contaminación en la localidad de Barrios Unidos ha llegado a convertirse en un problema crítico para la comunidad, afectando el medio ambiente de la zona, produciendo olores fuertes debido al estado en que se encuentran las fuentes hídricas; es por esto que el proyecto busca mediante el prototipo de poliuretano ayudar a la absorción de contaminantes de alta viscosidad en los cuerpos de agua de la localidad, por ende el poliuretano puede llegar a convertirse en un gran aliado para ciertos casos de contaminación.

- Basándose en el primer objetivo, se determinó cuáles son los problemas ambientales generados por compuestos contaminantes como los hidrocarburos mediante investigaciones, mostrando que este problema ambiental es de gran amplitud y que son muy pocas las soluciones que existen para ayudar a erradicarlo.

- De acuerdo con el segundo objetivo, la localidad de Barrios Unidos se ve afectada por la contaminación en los cuerpos de agua, ya que recibe gran parte de los canales o vertimientos que se depositan en los caños, ocasionando daños ambientales a sus alrededores. Por medio de las encuestas realizadas se pudo indagar el grado de afectación que tienen en su vida diaria esta clase de contaminación, sin embargo, al saber los factores contaminantes, la población mostró poco interés en la apropiación y cuidado que se debe tener para mantener las fuentes hídricas en un estado óptimo de conservación.

- Al realizar las encuestas a la población, se pudo poner en práctica el tercer objetivo de realizar una propuesta basada en materiales poliméricos, en este caso el poliuretano donde se evidenció su capacidad para absorber compuestos contaminantes en las fuentes hídricas; indagando a las personas en que tan de acuerdo están en implementar el uso del poliuretano como método de ayuda a la limpieza de las fuentes hídricas contaminadas, se obtuvo una acogida positiva

frente al uso de este material, ya que se les mostró como esto puede mejorar el medio ambiente y los problemas que se desencadenan por la contaminación hídrica.

- Se realizó una validación referente al uso de los materiales poliméricos con el docente Julien Gwendal Chenet, teniendo en cuenta que el docente posee conocimientos en el tema e interés en nuevas investigaciones relacionadas con el tema medioambiental, de acuerdo con su punto de vista el uso del poliuretano como material descontaminante para las fuentes hídricas, es ingenioso e innovador; al generar nuevas soluciones como es el uso de la bioinspiración muestra que es un camino positivo para los avances científicos y los proyectos que se puedan generar por medio de estas ideas, bien sea a nivel nacional como internacional.

-Para finalizar, el presente proyecto se pone a consideración del lector y la comunidad educativa para seguir realizando investigaciones sobre otros aspectos relacionados con el cuidado de las fuentes hídricas contaminadas, donde se implementen nuevas herramientas para generar soluciones futuras para la contaminación de este recurso y sobre las afectaciones que tiene sobre los ecosistemas y a la salud de los seres vivos. Por otra parte, se alienta a los lectores interesados en el proyecto a perfeccionar el prototipo con más distribuciones de latencia y demanda, e incluir más agregaciones en el proceso de optimización de costos para la compra, sabiendo los resultados positivos que se producen; al igual se realizan algunas recomendaciones específicas en cuanto al proyecto:

1. Extender los estudios expuestos en este proyecto al cuidado del medio ambiente y protección de fuentes hídricas, disminuyendo su contaminación y pérdida, implementado así nuevas ideas en cuanto al cuidado y la descontaminación.
2. Realizar análisis del comportamiento del poliuretano, en la absorción del agua contaminada y del tiempo necesario que este llegue a su absorción total.

3. Ampliar y analizar los beneficios de la bioinspiración para el desarrollo de nuevas herramientas en cuanto al cuidado del medio ambiente, de acuerdo con la sugerencia del docente.

Bibliografía

- Al-Majed, A., Adebayo, A., & Hossain, M. (2012). A sustainable approach to controlling oil spills. *Journal of Environmental Management*, 113, 213-227. Obtenido de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0301479712004033?token=502F29F6EA6C0CEDB7F68B64637DE610036966663E4F75B4C06385A667EDDCF79A04A5201B181CDB369507B62B4D9E8E&originRegion=us-east-1&originCreation=20221102182557>
- Amin, R. (2016). *PROCESOS PARA LA SÍNTESIS DE POLIURETANOS EN BASE ACUOSA: MODELADO, VALIDACIÓN Y SIMULACIÓN*. Bahía Blanca. Obtenido de <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/2638/Tesis%20Doctoral%20RCA%20Amin%20Ferril.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aponte Ramírez, A. F., & Peña González, J. D. (2015). *ESPUAFAR DESARROLLO DE POLIURETANOS COMO ELEMENTOS ESTRUCTURALES A COMPRESIÓN*. Bogotá, Colombia. Obtenido de https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/3134/ESPUAFAR_desarrollo_poliuretanos.pdf?sequence=1
- Argonne National Laboratory*. (2017). Obtenido de <https://www.anl.gov/partnerships/oleo-sponge>
- ATEPA, A. T. (2010). *Guía de ventajas y soluciones de espuma rígida de poliuretano proyectado para aislamiento térmico, acústico e impermeabilización, conforme al CTE*. (Vol. 3.2). Madrid. Obtenido de www.atepa.org

BASF, C. (17 de 08 de 2020). Hoja de Seguridad LUPRANATE 227 ISOCYANATE.

Obtenido de https://polyurethanes.basf.us/download-file?material=00000000030111926&language=es&sbgv=SDS_GEN_US&salesOrg=US01&title=Lupranate%20227

BEZOS, G. (2016). Poliuretano: Propiedades y aplicaciones. ACH. Obtenido de

<https://panelesach.com/blog/poliuretano-propiedades-aplicaciones/>

Bogotá. (2020). Obtenido de Bogotá: <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/localidades/barrios-unidos>

Bordino, J. (2021). *Ecología Verde*. Obtenido de

<https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-del-petroleo-causas-consecuencias-y-como-evitarla-3600.html>

Burlando, S., Loayza, A., Aponte, A., Calizaya, E., & Quispe, R. (2018). Polímeros.

Obtenido de <http://blog.pucp.edu.pe/blog/qm2-202-131/2018/04/22/polimeros/>

Calvo Flores, F., & Isac, J. (2012). *Introducción a la química de los polímeros biodegradables: una experiencia para alumnos de segundo ciclo de la ESO y Bachillerato*. España: Real Sociedad Española de Química.

Camelo, M. (s.f.). *Observatorio Ambiental de Bogotá*.

CAR. (2006). PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA. Bogotá, Colombia.

Castillo Velandia, A. E. (2017). ADSORBENTES NATURALES EN LA MITIGACIÓN DEL

IMPACTO ADVERSO CAUSADO POR DERRAMES DE CRUDO EN FUENTES

HÍDRICAS. Bogotá, Colombia. Obtenido de

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11185/Documento%20Final%202018.pdf?sequence=1>

- Chem, J. (2019). The chemical physics of sequential infiltration synthesis—A thermodynamic and kinetic perspective. Obtenido de <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.5128108>
- Domínguez, C. (2014). Evaluación in-vitro de la actividad antibacteriana, estimulante y citotóxica de los extractos orgánicos y acuosos de esponjas marinas, colectadas en el islote el pelado Ayangué - provincia de Santa Elena. Ecuador.
- Dos Santos Baldán, V. J. (2015). Desarrollo y placas de características Polymer producidos a partir de reciclaje de residuos industriales termoestables de poliuretano. Sao Carlos, Brasil.
- Galindo, M. D. (2015). *Derecho Ambiental en Colombia, Incidencia de los grupos guerrilleros en los daños ambientales. Universidad Católica de Colombia.* Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15124/1/Derecho%20Ambient al%20en%20Colombia%2C%20Incidencia%20de%20los%20grupos%20guerrille ros%20en%20los%20da%C3%B1os%20ambientales.pdf>
- García, S. (2018). Polímeros y plásticos II. *El Financiero*. Obtenido de <https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/salvador-garcia-linan/polimeros-y-plasticos-ii/>
- Gil, M. J., Soto, A. M., Usma, J. I., & Gutiérrez, O. D. (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción + Limpia*, 22.
- ITOPF. (s.f.). Obtenido de <https://www.itopf.org/knowledge-resources/documents-guides/fate-of-oil-spills/>

Jiménez Buitrago, D. L. (2006). Estudio de impacto ambiental generado por un derrame de hidrocarburos sobre una zona estuarina, aledaña al terminal de Ecopetrol en Tumaco. Bogotá, Colombia. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/563

Kapps, M., & Buschkamp, S. (2004). *Fabricación de espuma rígida de poliuretano (PUR)*. Bayer Material Science.

Low Pfeng, A., & Peters, E. (2012). *Invertebrados marinos exóticos en el pacífico mexicano*. México: Geomare, A. C., INE-SEMARNAT.

Menéndez, J. L. (2005). Reproducción de las esponjas. *Asturnatura*, 30. Obtenido de <https://www.asturnatura.com/articulos/porifera/reproduccion.php>

Nandwana, V., Ribet, S., Reis, R., Kuang, Y., More, Y., & Dravid, V. (2020). OHM Sponge: A Versatile, Efficient, and Ecofriendly Environmental Remediation Platform. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 59(23). Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/paper/OHM-Sponge%3A-A-Versatile%2C-Efficient%2C-and-Ecofriendly-Nandwana-Ribet/e1fd93c626d92bdffe2262080a9e78a85de79675>

PID Amazonía. (01 de 04 de 2019). Obtenido de Plataforma de información y diálogo para la Amazonía Colombiana: <https://pidamazonia.com/content/las-fuentes-h%C3%ADdricas-en-zonas-urbanas-y-el-papel-de-las-comunidades-en-su-conservaci%C3%B3n>

Prieto Díaz, V., & Martínez de Villa, A. (1999). LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS POR HIDROCARBUROS: UN ENFOQUE PARA ABORDAR SU ESTUDIO.

- Revista Cubana Hig. Epidemiol*, 37(1). Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v37n1/hie03199.pdf>
- Química Comercial Andina SAS, Q. (24 de 12 de 2020). Ficha de Datos de Seguridad Poliol Convencional. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://qca.com.co/wp-content/uploads/2019/12/FDS.-POLIOL-CONVENCIONAL-QCA.pdf>
- Rangel, N., De Alva, H., Romero, J., Rivera, J., Álvarez, A., & García, E. (2007). *SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES REFORZADOS ("COMPOSITES") DE POLIURETANO POROSO/HIDROXIAPATITA*. *Revista Iberoamericana de Polimeros*.
- Rodríguez, A. (2017). *BIORREMEDIACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS CON HIDROCARBUROS MEDIANTE SISTEMAS BIO-ABSORBENTES*. Granada. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10481/48759>
- Rojas, V. (2015). Contaminación del agua. Obtenido de <https://contaminacion-agua.org/causas-contaminacion-agua/>
- Silos Rodríguez, J. M. (2008). *Manual de Lucha Contra la Contaminación por Hidrocarburos* (1 ed.). España: Universidad de Cádiz. Obtenido de https://books.google.com.co/books?id=kU90SzZc_TAC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Torresi, P. (2013). *VALORIZACION DE POLIOLES MEDIANTE REACCIONES DE DESHIDROGENACION Y DESHIDRATAACION*. Obtenido de <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/852/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Torruco, D., & González, A. (2011). *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán*.

Obtenido de <https://www.cicy.mx/sitios/biodiversidad-y-desarrollo-humano-en-yucatan>

United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2017). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2017*.

ANEXOS

Anexo A. Ficha de seguridad: Polirol convencional.

A continuación, se relaciona el enlace donde se encuentra la ficha de seguridad.

Enlace: [FDS.-POLIOL-CONVENCIONAL-QCA.pdf](#)

Tomado de (Química Comercial Andina SAS, 2020).

Anexo B. Ficha de seguridad: Isocinato.

A continuación, se relaciona el enlace donde se encuentra la ficha de seguridad.

Enlace: [HOJA DE SEGURIDAD ISOCIANATO.pdf](#)

Tomado de (BASF, 2020).

Anexo C. Instrumento para la recolección de datos

A continuación, se relaciona el enlace del formato generado para las entrevistas y los respectivos resultados.

Enlace de encuesta: <https://forms.gle/d4J8xiGP4oV6tj8r8>

Enlace de resultados: [Resultados.pdf](#)

Anexo D. Entrevista con el docente

A continuación, se relaciona el enlace de la entrevista realizada al docente Julien Gwendal Chenet.

Enlace: [Entrevista con el docente.pdf](#)

Anexo E. Simulador Financiero

A continuación, se relaciona el enlace del simulador financiero.

Enlace: [Simulador Financiero.xlsx](#)

Anexo F. Carta de cesión derechos de autor

A continuación, se relaciona el enlace de la Carta de cesión derechos de autor

Enlace: [CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR \(1\).pdf](#)

