



**FACULTAD DE ESTUDIOS EN AMBIENTES VIRTUALES
SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN
INFORME TÉCNICO FINAL DE INVESTIGACIÓN**

TÍTULO DE PROYECTO

**ESTUDIO DE TRANSFORMACIÓN DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN PINTURA
ECOLÓGICA COMO RECUBRIMIENTO EN ESTRUCTURAS METÁLICAS DEL
SECTOR INDUSTRIAL EN BARRANQUILLA.**

AUTOR(ES)

KAROL JOHANNA BELTRÁN CALDERÓN

**ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE SISTEMAS Y TECNOLOGIA DE LA
INFORMACIÓN EN LA EMPRESA**

FRANCY LORENA GIL

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS

JOSÉ CARLOS RIBÓN MURGAS

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROCESOS DE CALIDAD E INNOVACIÓN

LUIS JAVIER SOLANO RODRÍGUEZ

**ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE SISTEMAS Y TECNOLOGIA DE LA
INFORMACIÓN EN LA EMPRESA**

ASESOR TÉCNICO

GABRIEL PELUFFO MARTINEZ

ESPECIALISTA EN MANEJO DE MATERIALES COMPUESTOS

TUTOR

LADY JOHANA RIVERA FORERO

BOGOTÁ, D.C., MAYO 17 DE 2020

Tabla de contenido

AGRADECIMIENTOS.....	5
1. RESUMEN.....	6
2. INTRODUCCION.....	6
3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	7
3.1. Justificación.....	9
3.2. Objetivos.....	9
3.2.1. Objetivo General.....	9
3.2.2. Objetivos específicos.....	9
4. MARCO TEÓRICO.....	10
4.1. Antecedentes.....	10
4.2. Reciclaje de Poliestireno Expandido para Pintura Anticorrosiva.....	11
4.2.1. Alternativas de Reciclaje del Poliestireno Expandido.....	11
4.2.2. Pintura, Tipos de Pintura y Características.....	11
4.2.3. Poliestireno Expandido – Disolvente.....	12
4.3. Impacto del reciclaje del poliestireno expandido.....	13
4.3.1. Situación ambiental del sector de plásticos en Colombia.....	14
4.3.2. Reutilización y transformación de EPS.....	14
4.4. Caracterización de propiedades físicas de las concentraciones obtenidas entre soluto y solventes.....	14
4.5. Estado del Arte.....	17
5. DISEÑO METODOLÓGICO.....	18
5.1. Enfoque De Investigación.....	18
5.2. Ciclo de vida del proyecto.....	19
5.2.1. Inicio.....	19
5.2.2. Planificación.....	20
5.2.3. Ejecución.....	21
5.2.4. Control.....	22
5.2.5. Cierre.....	22
5.3. Fases Para El Desarrollo Del Proyecto.....	22
5.4. Mediciones e Instrumentos.....	23
5.5. Procedimientos.....	23
5.6. Hipótesis.....	24
5.6.1. Identificación de objetos de estudio a partir de la hipótesis.....	24

6.	DEFINICIÓN DE INSTRUMENTOS Y VARIABLES.....	25
6.1.	Instrumentos: lista de chequeo de laboratorio y formato de recolección de datos de laboratorio.....	25
6.1.1.	Definición de variables.....	25
6.1.2.	Población.....	26
6.1.3.	Muestra.....	26
6.2.	Instrumento: cuestionario aceptación en el uso de pintura ecológica.....	27
6.2.1.	Definición de variables.....	27
6.2.2.	Población.....	28
6.2.3.	Muestra.....	28
7.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	29
7.1.	Recolección de información.....	29
7.1.1.	Recolección instrumentos “Lista de chequeo laboratorio” y “Formato de recolección de datos de laboratorio”.....	29
7.1.2.	Resultado Instrumento “cuestionario aceptación en el uso de pintura ecológica” ..	30
7.2.	Análisis de resultados y discusión.....	30
8.	CONCLUSIONES.....	35
9.	RECOMENDACIONES.....	37
10.	GLOSARIO.....	37
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

Tabla de Ilustraciones

<i>Ilustración 4-1 Clasificación Pintura</i>	12
<i>Ilustración 4-2 Tipos de Pintura</i>	12
<i>Ilustración 5-1 Aplicación de herramienta PMBOK - Ciclo de Vida a la Investigación</i>	19
<i>Ilustración 5-2 Cronograma</i>	20
<i>Ilustración 5-3 Identificación de Recursos</i>	21
<i>Ilustración 5-4 Procedimientos Diseño metodológico</i>	24
<i>Ilustración 7-1 Procedimiento laboratorio transformación EPS</i>	29
<i>Ilustración 7-2 Concentración Soluta - Solvente</i>	31
<i>Ilustración 7-3 Componentes y porcentajes para elaboración de pintura</i>	31
<i>Ilustración 7-4 Importancia del medio ambiente para las organizaciones</i>	32
<i>Ilustración 7-5 Ponderación de atributos de pinturas para recubrimiento de estructuras metálicas</i>	33
<i>Ilustración 7-6 Variables Nominales Dicotómicas del cuestionario</i>	34

Lista de Tablas

<i>Tabla 1 Norma EN 13 300</i>	15
<i>Tabla 2 Valores aplicados en diferentes periodos</i>	16
<i>Tabla 3 Ensayo de adherencia</i>	17
<i>Tabla 4 Matriz de riesgos</i>	21
<i>Tabla 5 Definición de objetos de estudio</i>	24
<i>Tabla 6 Definición de variables Instrumentos Objeto de estudio 1</i>	25
<i>Tabla 7 Definición de variables Instrumento Objeto de estudio 2</i>	27

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad EAN por el proceso de formación integral y cultura de investigación en proyectos sostenibles como elementos de liderazgo y emprendimiento personal y grupal.

Gracias a nuestra tutora Lady Johana Rivera F. por incentivarnos, apoyarnos y guiarnos en todo el proceso de investigación.

Agradecimiento a nuestro asesor de investigación el señor Gabriel Peluffo Martinez, Especialista en Manejo de Materiales Compuestos, quien nos orientó con su experiencia y conocimiento en temas técnicos y académicos, adicional con el uso de laboratorio para pruebas y ensayos correspondientes.

Al equipo de trabajo quienes fueron fundamentales desde sus diferentes aportes profesionales y personales para una exitosa culminación de esta investigación.

1. RESUMEN

La finalidad de esta investigación es poder diseñar, proponer, construir y exponer los resultados sobre la puesta en marcha de la transformación del poliestireno expandido EPS, donde fue utilizado principalmente el marco de referencia basados en los lineamientos planteados por la guía Project Management Body of Knowledge (Project Management Institute, 2017) que son los más aplicables para el proceso de investigación de la universidad EAN para las especializaciones relacionadas de gerencia y gestión de proyectos.

El presente proyecto que se realizó bajo la asesoría del señor Gabriel Peluffo teniendo a disposición el laboratorio de materiales compuestos de la Escuela Naval de Suboficiales ARC Barranquilla donde se elaboró un diagnóstico inicial de la transformación del poliestireno expandido en pinturas para material metálico y el reconocimiento de las novedades en el reciclaje del EPS al alargar su ciclo de vida, aprovechando las características útiles que tiene después de ser desechado. Se propone la aplicación de residuos de poliestireno expandido en nuevos productos de más larga duración, como son las pinturas para estructuras metálicas.

2. INTRODUCCION

La preocupación por el impacto ambiental ha llevado adelantar múltiples investigaciones orientadas a reusar o transformar elementos como el EPS (Poliestireno Expandido), comúnmente llamado “icopor” y así contribuir de manera positiva al medio ambiente. El uso del poliestireno expandido, particularmente en la elaboración de envases para almacenar alimentos, ha sido fuertemente cuestionado en los últimos años debido a los riesgos que representa no sólo para el medio ambiente, sino para la salud humana, por un compuesto denominado estireno, el cual ha sido declarado como cancerígeno para animales. A lo anterior se suma el amplio volumen que ocupa el icopor en el sistema de basuras y rellenos sanitarios y es 0% biodegradable.

Según el ministerio de medio ambiente se han encontrado nuevos usos a partir de la transformación de este elemento: obtener subproductos tales como adhesivos, aprestos, emulsiones, impermeabilizantes y asfaltos modificados.

Este trabajo tiene como objetivo de investigación la transformación del poliestireno expandido en pintura ecológica para la aplicación en estructuras metálicas en la ciudad de Barranquilla; dado que es un polímero lineal de celdas muy cerradas el cual proporciona una

película de pintura resistente a la absorción de agua y a la humedad proporcionando propiedades anticorrosivas al ser aplicadas en estructuras metálicas. Caracterizar las propiedades físicas de las diferentes concentraciones obtenidas entre icopor y solventes que permitan obtener la mejor relación de mezclas para la fabricación de la pintura ecológica, por medio de las diferentes pruebas de laboratorio, aplicando técnicas electroquímicas, buscando cumplir con los requisitos mínimos de aceptación del mercado, tales como adherencia, costo, rendimiento y durabilidad; llegando a generar un producto mínimo viable para el uso en estructuras metálicas, como base de pintura ecológica anticorrosiva, facilitando la adherencia de las pinturas de acabados. Con el apoyo de la Escuela Naval de Suboficiales se recopilará información técnica del proceso de transformación que permita identificar los registros de producción.

Para las realizar las anteriores valoraciones se generan dos instrumentos, uno correspondiente al registro de las pruebas de laboratorio y el otro para la identificación del grado de aceptación de la pintura ecológica por parte de las industrias en la ciudad de Barranquilla y contra maestres de la Armada Nacional; generando los respectivos registros y análisis de las diferentes variables de tipo cuantitativas y cualitativas contenidas en los instrumentos, por medio de la aplicación de fórmulas estadísticas, como fundamento para una discusión técnica y concluyendo en el impacto que tiene sobre el estudio realizado.

3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Actualmente es posible, y necesario, realizar investigaciones sobre procesos que permitan aprovechar desechos contaminantes, y reducir su impacto al medio ambiente. Dentro de los residuos que más se consumen en Colombia, y que son altamente contaminantes, está el poliestireno expandido, comúnmente llamado el icopor.

Según un estudio de la Universidad de Manizales en Colombia un 13% del total de los desechos sólidos por año corresponde a los plásticos y sus derivados, entre los que está el icopor (Quintero Peña C. H., 2013). También a través de un informe, la organización Clean Wáter advirtió que el material contiene un monómero llamado estireno que, se ha demostrado, es cancerígeno en animales (Action, 2011).

De igual manera, uno de los grandes problemas que afronta el icopor es su poco atractivo para el reciclaje. Según la Ingeniera ambiental Ángela Gayón (ESPUSATO E.S.P., 2017), de la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos, este material no se está reciclando en la

ciudad, porque la cadena de valor para su recuperación no se encuentra ampliamente desarrollada en las diferentes ciudades de Colombia.

El poliestireno expandido es además un residuo sólido derivado del petróleo. La contaminación generada por este tipo de residuos sólidos es una preocupación mundial, por lo que diferentes gobiernos han estructurado planes de mitigación que permitan forjar una cultura ambientalista especialmente en el sector industrial. Sin embargo, en las últimas décadas se han proliferado el aumento de residuos sólidos que contaminan los ríos y océanos “afectando los ecosistemas, sus especies y también generando consecuencias negativas para la salud humana”.

Desde Colombia se han adelantado gestiones para mitigar el impacto ambiental; apoyándose en la ley, se busca radicar en la secretaría del congreso de la república un proyecto de ley que sancione la producción y comercialización del poliestireno expandido, pero con un amplio periodo de transición de 10 años para que el sector industrial empiece a producir materiales sostenibles. No obstante, los índices de contaminación siguen aumentando y este material sigue sin ser reciclado. Y es que en Colombia no hay un método que, mediante la transformación del poliestireno expandido, permita derivar un subproducto de recubrimiento ecológico de características y propiedades industriales. Sin embargo, sí existen transformaciones del poliestireno en diferentes productos, utilizado como agente modificador dentro de otro polímero, como plástico, cables, tuberías, mallas, entre otros. En esta investigación se pretende realizar la transformación para obtener un insumo de pintura para ser aplicada en estructuras metálicas, aprovechando que éste es un polímero lineal de celdas muy cerradas, lo que produciría una película de pintura resistente a la absorción de agua y humedad proporcionando propiedades anticorrosivas. Es entonces relevante visibilizar este tipo de investigación, analizar la temática y sentar las bases que abran este camino en el sector industrial (Sostenible, 2019).

De acuerdo a lo anterior, es preciso realizar este estudio descriptivo y transversal, para levantar información cuantitativa respecto a este tipo de pintura o recubrimiento ecológico, teniendo en cuenta que en la actualidad no hay investigaciones respecto a esta práctica, que permita la creación de un producto mínimo viable a partir del poliestireno expandido. Inicialmente, la observación será realizada en el sector industrial de la ciudad de Barranquilla.

Se pretende entonces responder a la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las condiciones que permiten la transformación del poliestireno expandido en subproducto para una pintura ecológica de uso industrial para acabados y aplicación en estructuras metálicas en la ciudad de Barranquilla?

3.1. Justificación

La más reciente Cumbre de Naciones Unidas sobre el cambio climático comprometió a los países a la reducción de las emisiones contaminantes. Por esto, son valiosos los proyectos que piensen en la generación de materias primas de segundo ciclo, y que además representen alguna ventaja competitiva para las industrias que los implementen (López & Pérez Mora, 2019).

A pesar de que el poliestireno expandido actualmente es considerado un material no reutilizable (ESPUSATO E.S.P., 2017), hay investigaciones que han encontrado procesos de transformación a este material usado, para que pueda ser reutilizado, y así reducir su impacto contaminante. A través de este proyecto de investigación se encontrará un proceso de reutilización para este material, agregando además valor a un sector industrial específico a partir de la creación de una pintura ecológica adecuada para el recubrimiento de metales.

Este estudio permitirá contribuir a una investigación para lograr la reutilización y uso innovador de un material altamente contaminante: el poliestireno expandido. “Uso innovador” es la clave para que 3 disciplinas confluyan para brindar, desde cada perspectiva, aportes valiosos sobre el proceso de investigación, experimentación y validación para este emprendimiento: la creación de una pintura en la que este material se convierte en un insumo. Este proyecto es entonces un modelo de innovación para la sostenibilidad ligado además a 3 Objetivos de Desarrollo Sostenible: trabajo decente y crecimiento económico, industria innovación e infraestructura y producción y consumo responsable.

3.2. Objetivos

3.2.1. Objetivo General

Desarrollar un estudio del proceso de transformación de poliestireno expandido en pintura ecológica como recubrimiento de acabado en estructuras metálicas para un el sector industrial en la ciudad de Barranquilla.

3.2.2. Objetivos específicos

- Formular el diseño metodológico del proyecto gestionado a partir de las buenas prácticas del PMBOK.
- Elaborar el marco teórico con relación al reciclaje del poliestireno expandido en la elaboración de pintura que permita determinar las características de las mismas, el efecto de

los tipos de pinturas que podrán ser producidas y la relación poliestireno expandido-solvente para su elaboración y el impacto que tiene en las propiedades finales del producto.

- Elaborar estudio ambiental sobre el impacto que genera el reciclaje del poliestireno expandido en la ciudad de Barranquilla.
- Caracterizar las propiedades físicas de las diferentes concentraciones obtenidas entre soluto (icopor) y solventes que permitan obtener la mejor relación de mezclas para la fabricación de la pintura ecológica.
- Generar un producto mínimo viable de pintura ecológica con la concentración óptima que reúna las características similares a las existentes en el mercado.
- Presentar el producto mínimo viable listo para usar y aplicar.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes

La historia de la pintura se remonta a la era de las cavernas donde se decoraban cuevas con figuras, algunas por motivos religiosos y místicos. Las pinturas rupestres datan aproximadamente del siglo XV a.c. y los pigmentos con los cuales fueron hechas se componían de minerales, hojas, flores y algunas mezclas orgánicas que se mezclaban a mano. Con el tiempo, se comenzaron a usar los pigmentos para pintar sus edificaciones. Las pirámides egipcias, los templos griegos, los edificios chinos y las construcciones mayas gozaron de la pintura desde muchos siglos antes de nuestra era. A partir del siglo XIX se agregaron componentes químicos y sintéticos y la comercialización se expandió a todo el sector industrial y arquitectónico.

La apertura de los mercados y la globalización han sido estímulos para que empresas productoras de pinturas y recubrimientos decidan buscar de nuevos mercados mediante inversiones directas. Por la dificultad en la exportación de pinturas, las empresas de esta industria han avanzado en el proceso de internacionalización (con adquisiciones, fusiones y alianzas) en busca de obtener tecnologías y «know-how» para producir localmente. Sin embargo, los segmentos en los que la pintura es un tipo de producto con un alto grado de especialización por los insumos y la tecnología, la barrera del transporte tiene menor peso relativo lo que hace que las empresas las importen sólo para negocios específicos.

4.2. Reciclaje de Poliestireno Expandido para Pintura Anticorrosiva

4.2.1. Alternativas de Reciclaje del Poliestireno Expandido

Reciclaje en el proceso de producción: reutilización en el proceso de producción con material virgen que consiste en despedazar mecánicamente el material para luego formar nuevas piezas con material reciclado. **Compostaje y aireación del suelo:** El compostaje consiste en la transformación de los residuos y materiales orgánicos en un sustrato denominado compost que posteriormente se utiliza como fertilizante para los suelos en diversos cultivos. **Obtención de Pegamento y Barniz:** El Poliestireno expandido es sensible a los disolventes, una disolución a bajas concentraciones se puede utilizar como un recubrimiento común o barniz para papel, cartón o madera. **Losetas de EPS.** La obtención de Losetas para colocar en el suelo, aéreas de juego o como un material antigolpes. (Arriola Lara, 01/08/2013, pág. 95)

Según Arcila y Giraldo, en Colombia se están utilizando los siguientes métodos para el reciclado del Poliestireno Expandido (Arcila, 2016, pág. 37): **Reciclaje Directo:** es la recuperación de los residuos generados por la propia industria, se trata de un reciclado de residuos limpios, no contaminados. **Reciclaje químico:** se basa en la solubilidad del material en diferentes solventes de acuerdo con su característica de polaridad usando un solvente con la misma característica. (GARCÍA, GRACIA, DUQUE, & DE LUCAS, 2009, pág. 7). **Reciclaje mecánico:** el tratamiento de residuos urbanos se tiene el reciclado mecánico nos informa sobre base de la operación es la reducción de tamaño mediante la aplicación de una serie de fuerzas.

4.2.2. Pintura, Tipos de Pintura y Características

La pintura es un producto basado en ligantes, pigmentos y aditivos. Al aplicarla sobre un sustrato produce una película cohesiva, relativamente impermeable al agua (no absorbente), protectora y decorativa. (Gabriel Angel González Restrepo A. y., 2008-11-30)

La *Ilustración 4-1* presenta la clasificación de pintura según González.

Ilustración 4-1 Clasificación Pintura

Clasificación Según Naturaleza		
Estado	Líquido	Con disolvente, Sin volátil, Agua
	Polvo	
Aglutinante	Secado Físico	Resinas naturales, Nitrocelulosa, Caucho clorado, Acrílicas no reticulables, En disolvente, En emulsión Vinílica, Caucho cíclico, Breas - Asfaltos, Hidrocarburos, Siliconas, Polímeros fluorados, Poliuretano
	Curado Químico	Aceite secante, Alquídicas, Fenólicas, Amídicas, Silicatos, Epoxi éster, 2 componentes, Epoxi, Poliuretanos
Pigmentos	Anticorrosivos	Inhibidores: Minio (Pb), Cromatos (Zn, Sr), Tetraoxicromatos (Zn), Fosfatos (Zn, Zn+Fe), Metaborato (Ba) Colorantes: Orgánicos, Inorgánicos
	Inertes	Impermeabilizantes: Óxido de hierro sintético, Mica laminar, Óxido hierro micáceo, Aluminio laminar Biológicamente activos: Óxido cuproso, Derivados orgánicos del estaño

Fuente: (Gabriel Angel González Restrepo A. y., 2008-11-30, pág. 4)

De acuerdo con su composición, uso, tipo de secado y otras características, las pinturas o recubrimientos se dividen de la siguiente forma:

Ilustración 4-2 Tipos de Pintura

TIPOS DE PINTURA		
Vinilos y pinturas acrílicas: Pinturas base agua	Esmaltes: Pinturas arquitectónicas base aceite	Barnices: Son pinturas transparentes, con o sin brillo
Lacas: Son pinturas coloreadas o incoloras, transparentes, brillantes, semibrillantes o mates, que secan por evaporación de los componentes volátiles	Estucos: Son pastas preparadas con extendedores o cargas y resinas base agua, que se aplican sobre muros, techos y cielos rasos interiores	Masillas: Su oficio consiste en resanar las grietas, agujeros pequeños, rayas y otros defectos que afectan negativamente el acabado definitivo
Texturizados: Son productos de altos sólidos y de alta viscosidad, que se basan en cargas gruesas (granos de cuarzo)	Imprimantes: Son resinas o ligantes que penetran los poros de una superficie y sirven como sellantes de los mismos	Tapaporos: Su oficio es rellenar los poros de las maderas cuando se quiere obtener acabados de "Poros cerrados".
Tintes: Son soluciones de colorantes en agua u otros solventes. Se emplean básicamente para colorear las maderas igualando su color o imitando otras especies	Bases anticorrosivas: Se emplean para proteger la superficie del objeto y facilitar la adherencia de las pinturas de acabado. En la industria de la construcción su aplicación principal está en objetos metálicos	Removedores de pinturas: Se utilizan cuando se quiere suprimir pinturas deterioradas o cuando, estando en buenas condiciones, se quieren cambiar por otras incompatibles con las anteriores
Selladores: Estos productos preparadores de las maderas cubren el poro sin rellenarlo, obteniendo con ello acabados decorativos de "Poros abiertos"	Acondicionadores de metales lisos: El aluminio, antimonio, cromo, estaño, galvanizados en frío y caliente, hojalatas, acero muy pulidos y el zinc por su pulimento (poros extremadamente pequeños), dificulta la adherencia de las bases anticorrosivas	Transformadores de óxido residual: Usados para metales ferrosos, estos preparadores facilitan la remoción de óxido que ha penetrado tan adentro del metal que resulta difícil de eliminar por medios manuales (espátula, cepillo de alambre, lija) o mecánicos (cepillos eléctricos, esmeriladores)

Fuente: (Gabriel Angel González Restrepo A. y., 2008-11-30, pág. 5)

4.2.3. Poliestireno Expandido – Disolvente

El usar solventes orgánicos se considera la mejor opción para la solubilidad del EPS, debido a que en las hojas de seguridad de las propiedades físicas y químicas muestra que el poliestireno expandido tiene la compatibilidad con disolventes aromáticos, halogenados, cetonas y de tal forma es insoluble en agua y alcoholes (Antonio de Jesús Alvarado José, 2019).

En prueba de compatibilidad de diferentes solventes con el poliestireno expandido, en dilución, denotó que el poliestireno es de fácil dilución en solventes orgánicos no polares. No obstante, presentó problemas en solventes comerciales que son mezclas de ellos, viéndose este caso en el solvente mineral. Es posible que esta incompatibilidad se haya dado debido a que el solvente mineral contenga un alcohol u otro solvente ligeramente polar en la mezcla. (Salazar, 2015).

D-limoneno es una molécula mono-terpénica que es el componente principal de las cáscaras de los cítricos, debido a que el poliestireno expandido es un polímero que no es polar, será atacado más fácilmente por solventes que muestren esta misma característica. El solvente se escoge teniendo en cuenta que el d-limoneno tiene una solubilidad parecida a la del tolueno a temperatura ambiente y es capaz de reducir el volumen del poliestireno expandido en una relación de 1/20 en volumen sin alterar el peso molecular gracias a su capacidad antioxidante durante el proceso de degradación. (Lombana, 2017).

4.3. Impacto del reciclaje del poliestireno expandido

La producción del poliestireno expandido en Colombia, hace parte de la industria del plástico. La industria del plástico tiene en Colombia un crecimiento promedio del 7% anual, con un aporte total a la producción industrial del país de un 4%, representando al año 2000 ingresos aproximados de 1.061 millones de dólares (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004).

Según (Vega, Rodríguez, Varela, & Benavides Herrán, 2017), Colombia no produce EPS, por lo que debe importarlo. Un número importante de industrias realizan fabricación de productos a partir de esta materia prima. Al 2016 ingresaron a Colombia 16716 toneladas de poliestireno, de las que 932 toneladas, aproximadamente, llegaron al departamento del Atlántico. Los países con mayor número de exportaciones de EPS hacia Colombia son China, México, EEUU y Brasil.

El ciclo de vida útil del EPS es corto, pues es un producto de principalmente un uso, que es desechado rápidamente, especialmente por el volumen que ocupa (98% aire). Es entonces llevado a los rellenos sanitarios, sin procesamiento alguno (como trituración o compactación). “El consumo de EPS ha aumentado desde 10 Mton/mes en 1978 hasta 60 Mton/mes en el 2000 de los cuales el 50% corresponde a USA y el resto se reparte por igual entre Europa y Japón, sin

tener en cuenta los países latinoamericanos” (Quintero Peña C. , 2013). De acuerdo a (Jaramillo & Zapata Márquez, 2008) para Colombia el EPS descartado hace parte del 13% de los plásticos desechados en rellenos sanitarios, lo que representa 3400 toneladas diarias de desechos o 102000 toneladas mensuales, aproximadamente.

4.3.1. Situación ambiental del sector de plásticos en Colombia

A pesar de que el estado colombiano ha dispuesto mecanismos para promover la correcta clasificación de los plásticos desechados, esto no sucede en la práctica. Existe la Política de manejo integral de residuos Sólidos, la resolución 1045 de 2003 y el decreto 1713 de 2002 presentan disposiciones generales para la separación desde la fuente de residuos sólidos. Sin embargo, la falta de regulación y control, y el escaso desarrollo tecnológico, dificultan la tarea.

Es urgente ahondar esfuerzos para disponer de mejor manera de estos materiales desechados, teniendo en cuenta que los productos hechos a base de EPS, tienen una vida de largo plazo. Esto quiere decir que están hechos para durar desde 1 hasta 50 años (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004, pág. 18).

4.3.2. Reutilización y transformación de EPS

Dada la preocupación por el impacto ambiental, se han adelantado múltiples investigaciones orientadas a reusar o transformar elementos como EPS y así reducir su impacto ambiental. Según el ministerio de ambiente se han encontrado nuevos usos a partir de la transformación: obtener subproductos tales como adhesivos, aprestos, emulsiones, impermeabilizantes y asfaltos modificados (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004, pág. 76).

4.4. Caracterización de propiedades físicas de las concentraciones obtenidas entre soluto y solventes

Las normas UNE 48243 y en 13 300 definen las categorías de las pinturas por su gran resistencia a la abrasión en húmedo. También definen el grado de brillo y poder cubriente de las pinturas, es perentorio tener estas normas para desarrollar nuevas formulaciones. La resistencia a la abrasión de la película de pintura se define con el número de ensayos y el espesor de aplicación en micrones, utilizando como método de desgaste un cepillo de fieltro de Nylon, como se muestra a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1 Norma EN 13 300

Definición según la Norma EN 13 300	
Clase 1	Desgaste de < 5 µm con 200 pasadas
Clase 2	Desgaste de < 5 µm hasta 20 µm con 200 pasadas
Clase 3	Desgaste de 20 µm hasta 70 µm con 200 pasadas
Clase 4	Desgaste de > 70 µm con 40 pasadas
Clase 5	Desgaste de 70 µm con 40 pasadas

Fuente: elaboración propia

Las pinturas industriales que cumplen con la norma anterior tienen unos costos muy altos compensados por la buena calidad (Carbonell, 2011, pág. 211).

Es importante tener en cuenta el ratio de evaporación de los solventes a utilizar, debido a que su tiempo de evaporación es esencial para el tiempo de secado y disolución de la película de pintura, dentro de la investigación realizada por Carbonell, J. C. (2011) pudo caracterizar la velocidad de evaporación de los siguientes disolventes mediante la siguiente formula:

$$\text{Ratio de evaporación de } X = \frac{\text{Tiempo de evaporación AB}}{\text{Tiempo de evaporación de } X}$$

De lo que se obtiene resultados como los siguientes:

Acetato de etilo 4,1	Tolueno 1,9	Acetato de n-butilo 1,0	Xileno 0,7	Isobutanol 0,6
----------------------	-------------	-------------------------	------------	----------------

Estableciendo que el acetato de etilo tiene una velocidad de evaporación comparándolo con glicoles y el xileno (Carbonell, 2011, pág. 86).

La concentración en volumen de pigmento “PVC” es la concentración del pigmento activo o inactivo el cual se determinada por la siguiente formula, así:

$$PVC = \frac{\text{volumen } P + \text{volumen } E}{\text{volumen } P + \text{volumen } E + \text{volumen } L} \times 100[\%]$$

Donde:

$P = \text{Pigmento Activo}, E = \text{Extendore (Pigmento inactivo)}, L = \text{Liganteo o RESINA(sólido)}$

Cuando en una pintura la concentración del ‘PVC’ está en el 100% la pintura tiene baja concentración del vehículo aglutinante siendo esta una pintura de bajo costo (González Restrepo, Olarte, & Castro Nieto, Resinas "ultracryl®". La Estrella, 2008).

En el proceso de dilución del EPS con un disolvente orgánico (limonelo), fue sometido a un proceso de agitación de 300 a 500 rpm en un equipo mezclador y en rangos de temperatura de 30 a 60 °, mediante un diseño factorial de 4: 1 a 2: 2. Se obtuvieron las cantidades de

combinaciones necesarias para la investigación como se cita en (Peluffo & Espinoza, 2019, pág. 333).

Siendo el fenómeno de la corrosión un proceso de naturaleza electroquímica, es posible modelarla y predecir su comportamiento con técnicas electroquímicas. La espectroscopia de impedancia electroquímica es una técnica no destructiva que permite, con pequeñas perturbaciones eléctricas aplicadas a la muestra, evaluar su comportamiento frente a la corrosión. Esta técnica es particularmente útil para la evaluación de recubrimientos. Dentro de la investigación realizada a una pintura poliuretano modificada con el poliestireno expandido y, sometida un film de la película a ensayos prolongados en tiempos de 1 hora, 7 y 15 días con el método de impedancia electroquímica, se pudo establecer por las curvas de impedancia en el diagrama (Nquiz) que las características y propiedades de la pintura ofrecen mayor resistencia al fenómeno electroquímico a la corrosión, la muestras de las pinturas fueron aplicadas en sustratos de acero desnudo y acero Galvanizado (Peluffo & Espinoza, 2019, págs. 332-336). Como se muestra en la Tabla 2 de RP.

Tabla 2 Valores aplicados en diferentes periodos

MUESTRA	PERIODO		
	1 HORA	7 DÍAS	15 DÍAS
M13	0,3 (GOhm.cm ²)	25 (MOhm.cm ²)	25 (MOhm.cm ²)
M16	2,5 (GOhm.cm ²)	0,17 (MOhm.cm ²)	0,07 (MOhm.cm ²)
M16	0,3 (MOhm.cm ²)	0,13 (MOhm.cm ²)	0,15 (MOhm.cm ²)
M24	0,13 (Gohm.cm ²)	1,6 (MOhm.cm ²)	1,4 (MOhm.cm ²)

Fuente: (Peluffo & Espinoza, 2019, págs. 332-336)

El ensayo de determinación de adherencia mediante norma ASTM D4541: “Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers”; este método permite determinar la interface de fuerza adhesión entre el sustrato y la película de pintura. En la investigación realizada a una pintura poliuretano modificada con el 1% de adición del poliestireno expandido en la formulación, se pudieron establecer valores significativos del film de la película modificada en ventaja con las formulaciones comerciales. El hallazgo está en la Tabla 3:

Tabla 3 Ensayo de adherencia

<i>MUESTRA</i>	<i>Valor (Psi)</i>					<i>Promedio (Psi)</i>
<i>ACERO GALVANIZADO</i>	100	200	300	100	250	190
	Adhesiva	Adhesiva	Adhesiva	Adhesiva	Adhesiva	
<i>ACERO DESNUDO</i>	1100	500	1300	1100	1000	1000
	Adhesiva	Adhesiva	Adhesiva	Cohesiva	Cohesiva	

Fuente (*Peluffo & Espinosa-Fuentes, 2018*)

Concluyendo que, a mayor porcentaje de poliestireno expandido en la formulación de la pintura modificada, mayor será la fuerza de desprendimiento de la película de pintura aplicada en un sustrato de acero al desnudo (*Peluffo & Espinosa-Fuentes, 2018*).

4.5. Estado del Arte

En el mercado mundial de pinturas se presentan las siguientes tres tendencias:

a) Producción enfocada en la optimización del desempeño ambiental. En Latinoamérica no se habían adoptado buenas prácticas ambientales en procesos productivos dada la debilidad en legislación ambiental y poco control. Actualmente, gracias a una mayor conciencia sobre el impacto contaminante de esta industria, se han adoptado tecnologías limpias.

b) Entrada de multinacionales por medio de fusiones con empresas locales, para producir a mayor escala y poder competir con precios. Así como las pequeñas empresas están en busca de las grandes con el objeto de establecer alianzas, las multinacionales también buscan a las pequeñas firmas que tengan cierta participación en mercados locales. «Las grandes compañías como DuPont e ICI están buscando oportunidades para aumentar su crecimiento mediante la adición de servicios en nichos de mercado con un crecimiento potencial». Lo anterior ha aumentado la concentración tanto de la industria como en los canales de distribución.

c) Adopción del modelo de integración vertical en el segmento de pinturas arquitectónicas, mediante la adquisición de empresas que proveen materias primas e insumos, como estrategia para suplir la necesidad permanente de reducir costos de importación y logística. Para este segmento se espera que el valor global de pinturas y recubrimientos se incremente debido a la exigencia de productos de mayor calidad. (*Ramírez R., 2004*)

Si se comparan los materiales que el hombre utiliza para proteger y decorar los objetos y ambientes que rodean, se encuentra que ninguno ofrece tantas y tan variadas posibilidades como las pinturas. Esto se explica por los siguientes motivos:

- Hay pinturas para todo tipo de superficies: muros, maderas, metales, pisos, plásticos, pavimentos, cueros, y otros, sin importar tamaño, forma o uso dado al objeto pintado.
- Según el tipo de pintura, resiste los más variados ambientes: interiores, exteriores, en el aire, en el agua o bajo tierra. Sometida al frío, calor, abrasión, golpes, dilataciones y al ataque de productos químicos diversos.
- Son económicas, durables, de variados colores, diversos acabados, fáciles de conseguir y para todos los presupuestos; generalmente se aplican sin dificultad siguiendo instrucciones muy sencillas. Protegen, decoran y valorizan los objetos pintados. Se pueden cambiar sin problema. Una pintura se define según la ASTM D 16-47, como “Una composición líquida o sólida pigmentada que se convierte en película sólida y opaca después de su aplicación en capa fina”. Es un producto basado en ligantes, pigmentos y aditivos, que cuando se aplica sobre un sustrato produce una película cohesiva, relativamente impermeable al agua (no absorbente), protectora y decorativa (Gabriel Angel González Restrepo A. O.).

5. DISEÑO METODOLÓGICO

Este estudio cuenta con el siguiente procedimiento para analizar la información que se recopilará y analizará, para determinar así sus conclusiones cuantitativas y cualitativas.

Con el apoyo de La Escuela Naval de Suboficiales se recopilará información técnica del proceso que permita identificar los registros de pruebas de estos residuos en la funcionalidad de uso de las pinturas; cabe aclarar que nuestro estudio está enfocado a la transformación de Poliestireno Expandido en pintura ecológica como recubrimiento en estructuras metálicas del sector industrial en Barranquilla. Esto mediante matrices y evaluación establecidas para registrar, controlar y analizar los resultados de observación del laboratorio, mientras se revisa con algunos clientes la pertinencia del producto. De acuerdo a lo anterior, el seguimiento deberá ser desde el proceso productivo como la llegada de materia prima (EPS reciclado), el análisis de la disposición que tiene el mercado respecto al producto y si este es pertinente para atender a alguna necesidad del sector industrial, que el producto esté listo para su uso y la prueba de los materiales del uso de la pintura.

5.1. Enfoque De Investigación

La presente investigación es cuantitativa para determinar la viabilidad de la creación de un producto (pintura ecológica) con unas características y propósito específico. El enfoque

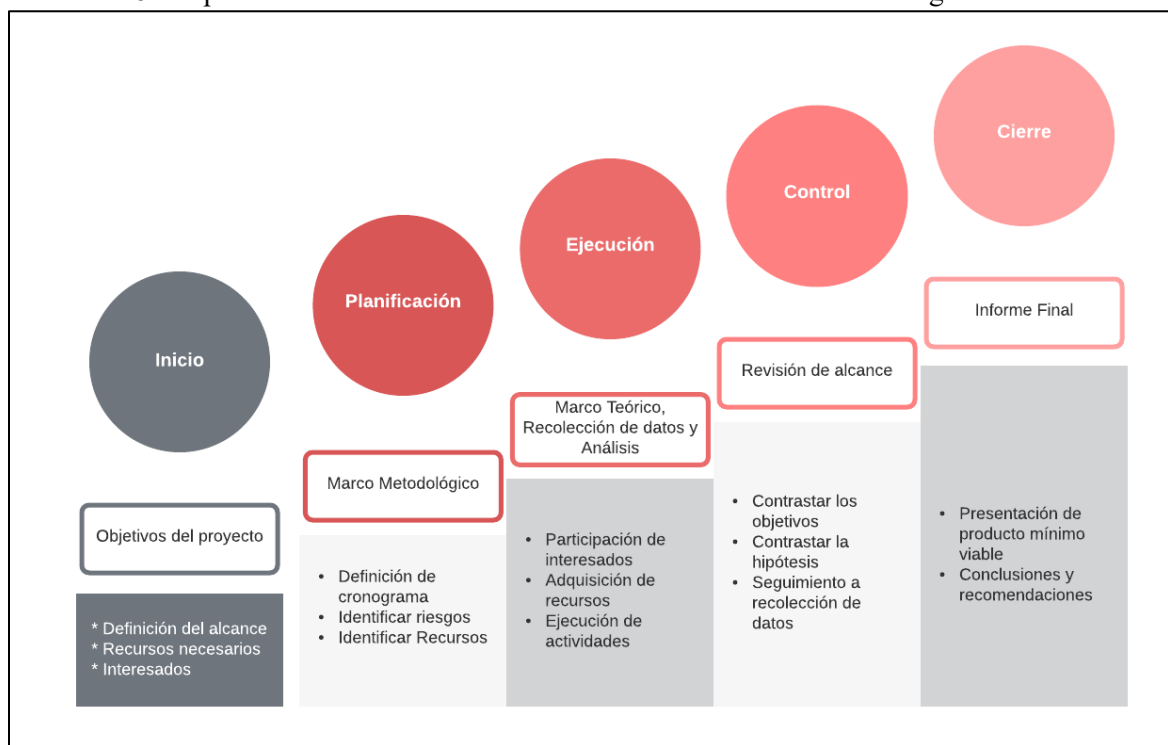
metodológico se enmarca bajo un tipo de investigación observacional y transversal.

Observacional, de carácter descriptivo, analíticos y experimental. Transversal, porque el proceso de observación de la transformación del material y la producción de una pintura que lo use como insumo, será realizada en un periodo de tiempo y sobre una población específica.

5.2. Ciclo de vida del proyecto

Incorporar el ciclo de vida del proyecto de acuerdo con lineamientos de la herramienta PMBOK al estudio de transformación el EPS, da una guía clave para obtener el resultado esperado de la pintura, creación de un producto mínimo viable para su aplicación en estructuras metálicas, desde el inicio de la investigación hasta el cierre, en la Ilustración 5-1 se referencian los apartes aplicados en la investigación de esta metodología.

Ilustración 5-1 Aplicación de herramienta PMBOK - Ciclo de Vida a la Investigación



Fuente: elaboración propia

5.2.1. Inicio

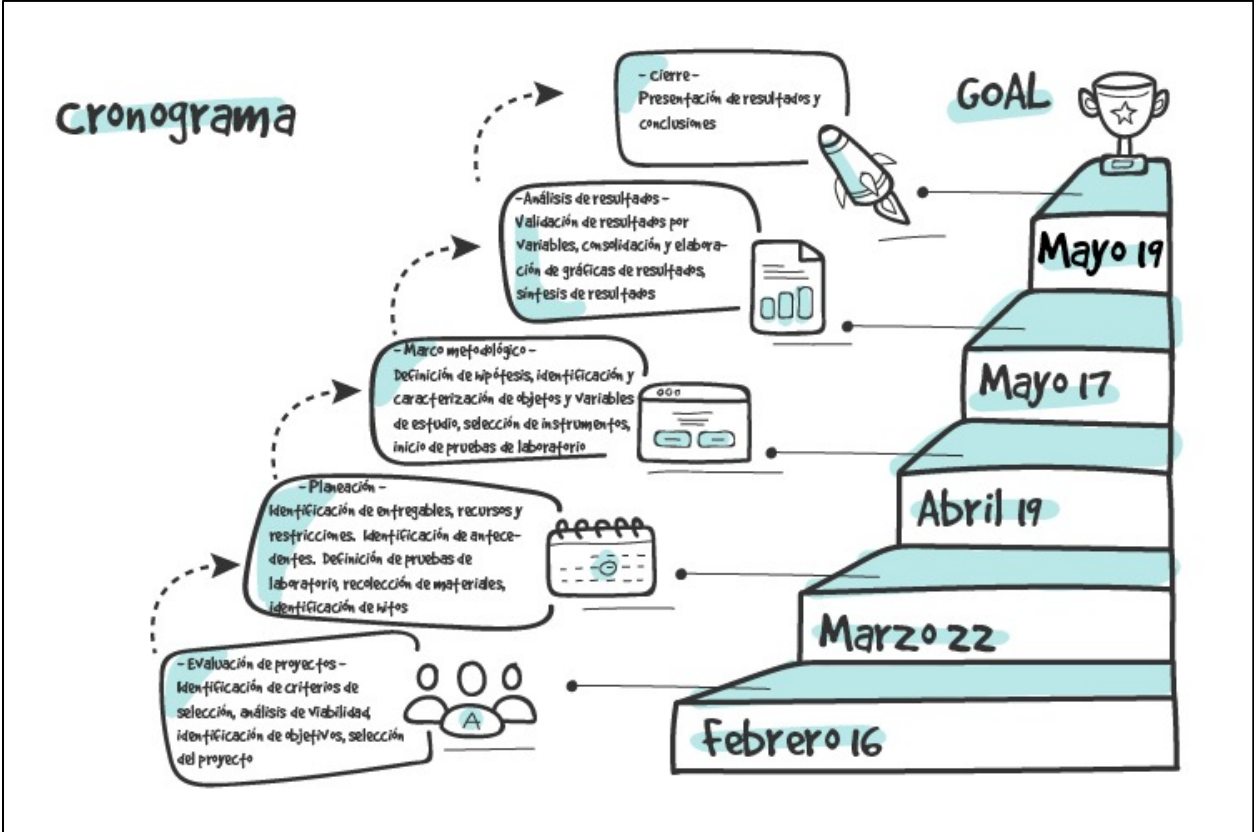
En esta fase se definen los objetivos de la investigación, se determina el alcance de manera concreta, los recursos necesarios a utilizar en los procedimientos de ensayo para las diferentes muestras requeridas de laboratorio e identifican los interesados a nivel de personas u

organizaciones a las que se les aplica instrumento de investigación para conocer el grado de aceptación positiva o negativa de la transformación del EPS en pintura ecológica.

5.2.2. Planificación

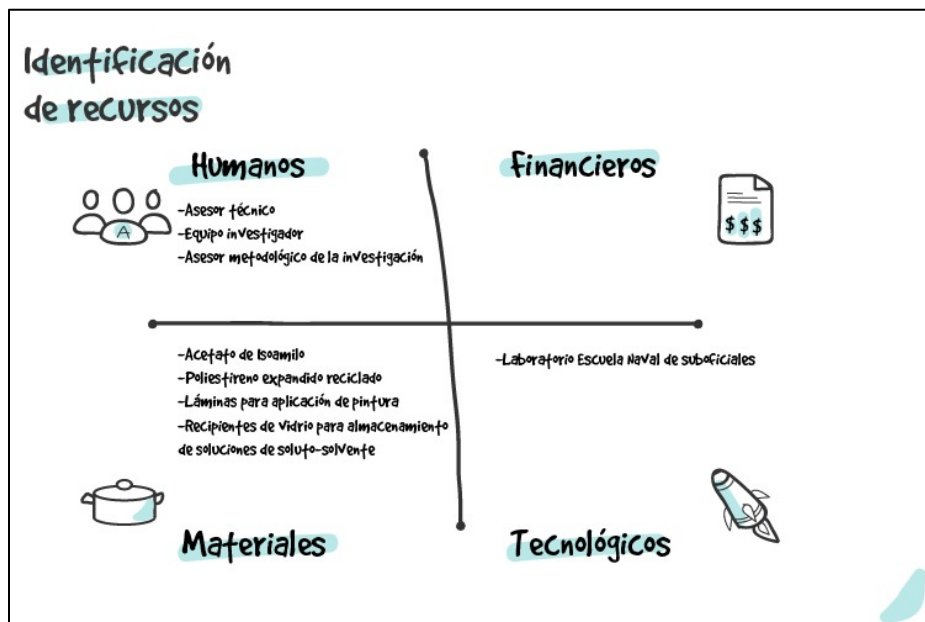
En la etapa de planificación fueron identificadas las necesidades, tareas, riesgos y recursos, una vez fue diseñada y aprobada la viabilidad del proyecto. Teniendo en cuenta la dimensión del proyecto, en la planificación fueron definidos: el cronograma del proyecto, que se encuentra en la Ilustración 5-2; los principales recursos, presentados en la Ilustración 5-3, y finalmente algunos de los riesgos más importantes, disponibles en la Tabla 4.

Ilustración 5-2 Cronograma



Fuente: elaboración propia

Ilustración 5-3 Identificación de Recursos



Fuente: elaboración propia

Tabla 4 Matriz de riesgos

Rn	Riesgo	Consecuencias	Categoría	Probabilidad	Impacto	Criticidad	Estrategia
R1	Disponibilidad del laboratorio limitada	Retrasos en la ejecución de pruebas de laboratorio	Tecnología	0,8	5	Alto	Mitigar
R2	Indisponibilidad del asesor técnico	Retrasos en el cronograma	Recurso Humano	0,9	5	Alto	Mitigar
R3	Indisponibilidad de materiales	Retrasos en la ejecución de pruebas de laboratorio	Otros	0,6	4	Medio	Evitar
R4	Lograr asociación con terceros en la recolección de EPS usado	Reducción de tiempos en el cronograma	Otros	0,5	4	Medio	Intensificar
R5	Protestas, huelgas o desórdenes públicos	Retrasos en la ejecución de pruebas de laboratorio	Orden Público	0,5	5	Alto	Evitar
R6	Pandemia	Retrasos en la ejecución de pruebas de laboratorio	Otros	0,1	5	Bajo	Aceptar

Fuente: elaboración propia

5.2.3. Ejecución

En esta etapa el equipo realiza todas las actividades propuestas para generar el alcance propuesto, se trata entonces de la adquisición de recursos, seguimiento paso a paso de los ítems propuestos en el procedimiento, recolección de datos y análisis y validación de resultados.

La ejecución del proyecto en su fase de campo se desarrolla con apoyo de la Escuela Naval de Suboficiales quien facilita la instalación del laboratorio y equipos para la realización de ensayos hasta llegar al producto mínimo viable, donde se realizaron las siguientes pruebas:

- Desarrollo de las diferentes concentraciones en EPS
- Pruebas de espesor de película húmeda

- Pruebas de espesor de película seca
- Pruebas de adherencia en la película
- Validación de resultados y aprobación de la película

Con lo expuesto anteriormente, se determina si la película de pintura está dentro de los parámetros establecidos y características mínimas que una pintura debe tener.

5.2.4. Control

Monitorear y controlar el trabajo de un proyecto fue el proceso que permitió revisar los objetivos de la investigación y contrastar que todo el avance estuviera acorde a lo que se estaba buscando; durante el proceso fue necesario que devolverse en algunos temas para contrastar esos objetivos. Ahora bien, la hipótesis era importante hacerle un seguimiento y control que permitiera concluir si era viable o no y esto hacía que los beneficios claves de este proceso permitiesen a los interesados comprender, y para el equipo investigador aceptar, la hipótesis.

Por esto, la recolección de los datos de los instrumentos seleccionados, fue pieza fundamental para que en esta etapa fueran controladas las preguntas, el instrumento y el fin para que se obtuvieran resultados pertinentes para un análisis.

5.2.5. Cierre

Cerrar un proyecto o fase, si fuera el caso, es el proceso de finalizar todas las actividades e investigación. En esta etapa se logró la presentación de un producto mínimo viable y el desarrollo de las conclusiones, en las que se determinó que este producto sería un pionero en el mercado de material metálico y sobre todo con un alto potencial para los interesados en este proceso de investigación. De este cierre y, basado en las buenas prácticas, fue posible determinar los recursos, la alineación del proyecto de investigación, el correcto uso de herramientas, los requisitos de calidad y criterios de aceptación, y algunos puntos importantes que se deberán tener en cuenta al iniciar un proyecto de este estilo.

5.3. Fases Para El Desarrollo Del Proyecto

1. Indagación bibliográfica. Hemos recolectado más de 30 referencias bibliográficas relacionadas con el poliestireno expandido que nos ha permitido determinar temas de transformación, entradas, salidas y definición de variables y mediciones del proyecto.

2. Análisis documental. Esta fase permite la selección de los postulados teóricos relevantes para el proyecto de investigación, sin ambigüedades.
3. Estructuración conceptual. Elaborar una jerarquización de los conceptos teóricos seleccionados para la investigación longitudinal.
4. Búsqueda de la experiencia. Indagación de diferentes prácticas y experiencias para seleccionar la más adecuada, según el análisis, para implementar la investigación retrospectiva.
5. Trabajo de campo. Se harán los laboratorios del Buque Cabo Tiburón para recopilar todas las evidencias de este trabajo químico y sacara el resultado esperado.
6. Análisis de los resultados. Análisis de los resultados y a su interpretación, para proceder a las conclusiones acerca de nuestro proyecto de investigación.

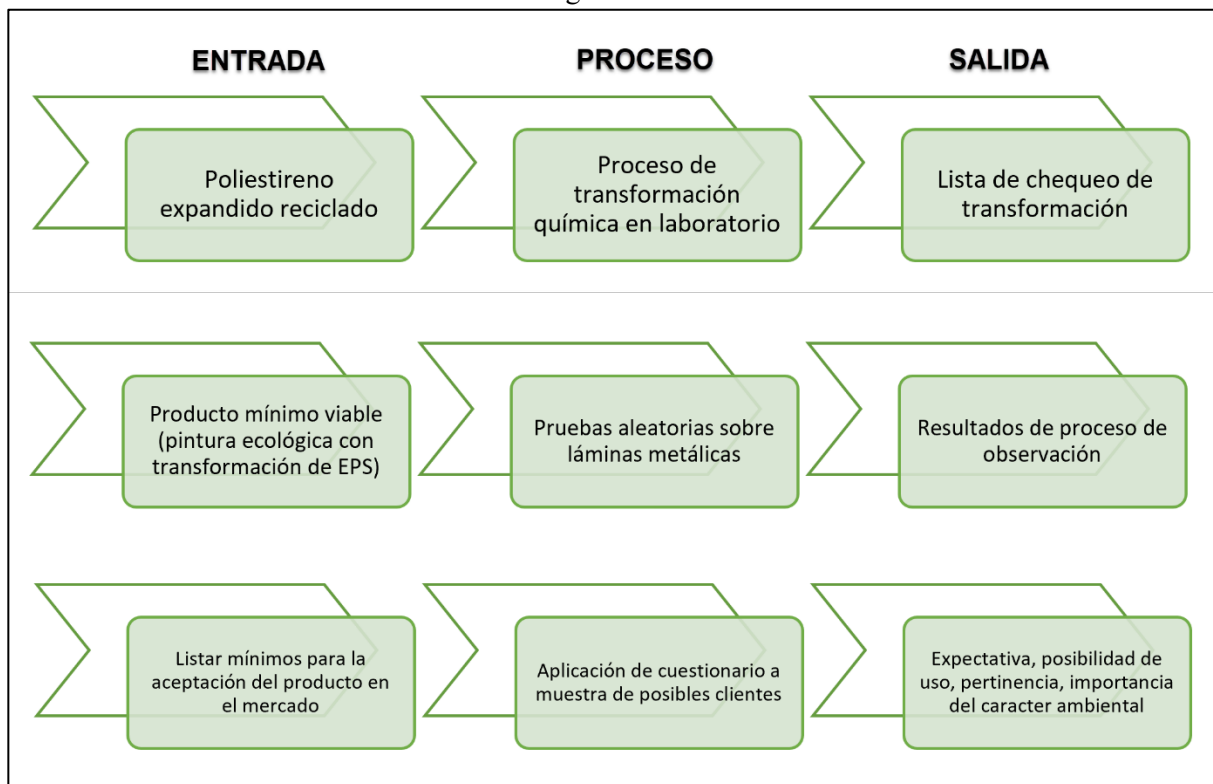
5.4. Mediciones e Instrumentos

Los instrumentos y fuentes que se emplearán para desarrollar la investigación serán: observación, cuestionarios con posibles clientes, trabajo de campo, ficha técnica del producto, registro de las sesiones en video y fotos para el análisis de la experiencia, proceso de transformación de la pintura, el resultado de las pruebas para el siguiente paso de la producción.

5.5. Procedimientos

La Ilustración 5-4 presenta los procedimientos que serán llevados a cabo durante la presente investigación. Esto es, una presentación de manera resumida de los pasos que se realizarán para la recolección de datos, teniendo presente que se tienen 2 frentes: por un lado, la revisión de la disposición del mercado a la adquisición del producto, y por el otro, la elaboración y validación en laboratorio del diseño del producto.

Ilustración 5-4 Procedimientos Diseño metodológico



Fuente: elaboración propia

5.6. Hipótesis

La aplicación del proceso propuesto de transformación del poliestireno expandido en una pintura ecológica permite que ésta presente características que la hacen viable como recubrimiento de acabado en estructuras metálicas para el sector industrial en la ciudad de Barranquilla.

5.6.1. Identificación de objetos de estudio a partir de la hipótesis

A partir de la hipótesis se identifican 2 grandes objetos de estudio, que reúnen las variables que serán presentadas en numerales posteriores (ver secciones 6.1.1 y 6.2.1). Se consideró importante diferenciar los 2 grandes constructos que determinan la causalidad de la hipótesis, y que además agrupan las variables de acuerdo a los instrumentos que serán utilizados para la recolección de datos. Los objetos de estudio se encuentran descritos en la Tabla 5.

Tabla 5 Definición de objetos de estudio

Objeto de estudio	Definición	Instrumento
-------------------	------------	-------------

Objeto de estudio 1 (independiente): Proceso de transformación del poliestireno expandido.	Para la transformación del poliestireno Expandido existen diferentes métodos. Para este proyecto se usará la transformación química a través del uso de solventes, de acuerdo lo presentado en 4.2.3. Este proceso se llevará a cabo en el laboratorio en el que se controlarán tanto el proceso y las variables necesarias para obtener el resultado óptimo.	Instrumentos: - Lista de chequeo de laboratorio - Formato de recolección de datos de laboratorio
Objeto de estudio 2 (dependiente): Aceptación en el uso de pintura ecológica.	1. Acción y efecto de aceptar. 2.f. Aprobación, aplauso. 3. f. Der. Acto o negocio mediante el que se asume la orden de pago contenida en una letra de cambio o en un cheque (Real Academia). El propósito es determinar la necesidad y la oportunidad que tiene el mercado para el producto, y su disposición para invertir, fabricar y comprar.	Instrumento: Cuestionario

Fuente: elaboración propia

6. DEFINICIÓN DE INSTRUMENTOS Y VARIABLES

6.1. Instrumentos: lista de chequeo de laboratorio y formato de recolección de datos de laboratorio

El objetivo de estos instrumentos es realizar, registrar y validar la transformación del poliestireno expandido EPS (objeto de estudio 1), factor importante para determinar el éxito de la producción de la pintura para el uso en materiales metálicos. Para esto, se entregará una lista de chequeo de laboratorio y el análisis de las pruebas del laboratorio en video y fotos.

6.1.1. Definición de variables

La Tabla 6 presenta el detalle de las variables que serán analizadas para el objeto de estudio Proceso de transformación del poliestireno expandido.

Tabla 6 Definición de variables Instrumentos Objeto de estudio 1

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO	NIVELES DE MEDICIÓN	VALORES POSIBLES
Variación de la solución con respecto a la cantidad de poliestireno expandido	Se realizará una solución saturada adicionando diferentes cantidades de masa del poliestireno expandido en un volumen determinado de solvente	Es necesario especificar a través de una tabla auxiliar, especificar el número de gramos de soluto puro disueltos por cada 100 ml de solución	Cuantitativa	Intervalar o numérica	Medidas de dispersión

La cantidad de gramos de poliestireno disueltos y su relación con la adhesión de la película en el sustrato metálico	Se refiere a las diferentes proporciones de masa (M.M) de poliestireno disueltas en el solvente.	Es importante conocer la capacidad de desprendimiento de la película de poliestireno, obtenida en la elaboración de cada solución, con el propósito de identificar la interface dada entre la película aplicada y el sustrato metálico	Cuantitativa	Intervalar o numérica	Megapascal o Psi. Magnitud de dispersión
La concentración de volumen de pigmento y su afectación a la tensión superficial de la película de poliestireno	Está relacionado con la dureza de la película seca del poliestireno expandido aplicada en un sustrato metálico.	Una de las primeras características de una pintura de resistencia a la corrosión, es su dureza de su película seca la cual en ver afectada por los volúmenes inadecuados de pigmento.	Cualitativa	Ordinal	Buena Mala
El rendimiento de la película de poliestireno y su relación con los porcentajes de sólidos por volumen.	Este fenómeno está relacionado con la diferencia de volumen de espesores húmedo y seco de la película de poliestireno obtenida en las diferentes soluciones.	Es importante conocer el consumo final de la película de poliestireno expandido, para ello, se debe analizar por cada solución obtenida la diferencia de volumen de película seca y el de aplicación, con el propósito de conocer porcentajes de sólidos por volumen asociados al rendimiento.	Cuantitativa	Intervalar o numérica	% Volumen Magnitud de dispersión M2
Volumen crítico de disolvente en la relación de mezcla y su influencia en la fluidez y cubrimiento	Se refiere a las proporciones de disolvente para un desempeño eficiente en la aplicación la película de poliestireno	Es de gran interés determinar y conocer las proporciones de disolvente aplicado a las diferentes soluciones obtenidas, con el propósito de analizar su eficiencia durante su aplicación al sustrato, en especial la fluidez y cubrimiento.	Cualitativa	ordinal	Bueno Malo

Fuente: elaboración propia

6.1.2. Población

Se harán 20 pruebas para la generación de la muestra.

6.1.3. Muestra

A continuación, cálculo del tamaño de la muestra según población establecida, utilizando calculadora de muestra (Netquest, 2020):

$$n = \frac{z^2(p \cdot q)}{e^2 + \frac{z^2(p \cdot q)}{N}}$$

n = Tamaño Muestra
 z = 95 (Nivel de Confianza)
 p = 80 (Proporción de la población con característica deseada)
 q = 20 (Proporción de la población sin la característica deseada)
 e = 8 (Nivel de error)
 N = 20 (Tamaño de la población)

De acuerdo con la ecuación de estadística de proporciones poblaciones el tamaño de la muestra es de 17; significa que el 95% de las veces la aceptación de la pintura ecológica estará en el $\pm 8\%$ respecto al dato que se encuentre en las observaciones realizadas en el laboratorio.

6.2. Instrumento: cuestionario aceptación en el uso de pintura ecológica

El objetivo de este instrumento recolectar información sobre pintura ecológica para validar su aceptación para el uso en estructuras metálicas (objeto de estudio 2), factores relevantes para su adquisición y contribución de las empresas con el medio ambiente.

6.2.1. Definición de variables

La Tabla 7 presenta el detalle de las variables que serán analizadas para el objeto de estudio Aceptación en el uso de pintura ecológica.

Tabla 7 Definición de variables Instrumento Objeto de estudio 2

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO	NIVELES DE MEDICIÓN	VALORES POSIBLES
Importancia protección del medio ambiente	Está relacionada con la preocupación de la organización por considerar el impacto que cualquiera de sus actividades o procesos tienen sobre la calidad del ecosistema, y en general todo su desempeño ambiental (International Organization for Standardization, 2015)	Teniendo en cuenta que el carácter ecológico es un atributo importante de la pintura, es importante conocer si esto es o no un factor determinante para las organizaciones. Para esto, se preguntará a las organizaciones, por medio de una escala, qué importancia tiene la conservación ambiental para su organización.	Cualitativa	Politómicas ordinal	- No es una actividad principal - Primera actividad principal - 2 actividades principales - 3 actividades principales - 10 actividades principales
Uso del producto	El uso del producto ayuda a determinar no sólo la disposición de la población para utilizar productos como el que se está desarrollando, sino además qué tanta penetración de mercado tienen los productos sustitutos. (Malhotra, 2004, pág. 381)	Se preguntará a los posibles clientes si en el pasado, han utilizado o no pintura ecológica en recubrimiento de estructuras metálicas, y así identificar la existencia de productos sustitutos.	Cualitativa	Nominal dicotómica	SI NO
Disposición a la evaluación del producto	Hace referencia a la validación de qué tan dispuesta está la población a participar en el proceso de investigación y desarrollo del producto (Iglesias, Jambrino, & De las Heras, 2012)	Ya que este es un producto en desarrollo, es importante saber si existen o no organizaciones y/o personas de la población que estén dispuestas a participar en la fase de evaluación y validación del producto.	Cualitativa	Nominal dicotómica	SI NO
Relevancia de los atributos del producto	Categorización de atributos del producto, importantes en la fase de investigación del mercado (Malhotra, 2004, pág. 220)	Se desea caracterizar el orden de relevancia de los atributos que busca la población en productos como el que se está elaborando.	Cualitativa	Politómicas nominales	- Rendimiento - Precio - Resistencia a las condiciones ambientales - Protección a substratos metálicos.

					- Contribución al medio ambiente
Reconocimiento de productos sustitutos	Análisis del entorno a partir de la identificación de productos sustitutos (Wheelen, (2013), pág. 120)	Se preguntará a los posibles clientes si en el pasado, han utilizado o no pintura ecológica en recubrimiento de estructuras metálicas, y así identificar la existencia de productos sustitutos.	Cualitativa	Nominal dicotómica	SI NO
Disposición a la inversión	Determinar qué tan posible es que la población invierta en el producto que se está desarrollando.	Habiendo presentado las características del producto, y sabiendo que este se encuentra en su fase de diseño, y que para llegar a la producción se requieren inversiones importantes, se desea validar con la población qué tan viable es su eventual participación como inversionista en el desarrollo del producto.	Cualitativa	Nominal dicotómica	SI NO

Fuente: elaboración propia

6.2.2. Población

La población del instrumento serán los posibles clientes del producto que corresponden: a las 40 empresas del sector industrial de Barranquilla y 20 Contraмаestres de cargo (líderes de mantenimiento de estructura de los buques de la Armada), que se encuentran en formación en La Escuela Naval de Suboficiales colombiana durante el primer semestre del 2020.

6.2.3. Muestra

A continuación, cálculo del tamaño de la muestra según población establecida, utilizando calculadora de muestra (Netquest, 2020):

$$n = \frac{z^2(p \cdot q)}{e^2 + \frac{z^2(p \cdot q)}{N}}$$

n = Tamaño Muestra
 z = 95 (Nivel de Confianza)
 p = 30 (Proporción de la población con característica deseada)
 q = 70 (Proporción de la población sin la característica deseada)
 e = 7 (Nivel de error)
 N = 60 (Tamaño de la población)

De acuerdo con la ecuación de estadística de proporciones poblaciones el tamaño de la muestra es de 45; significa que el 95% de las veces la aceptación de la pintura ecológica estará en el $\pm 7\%$ respecto al dato que se encuentre en el cuestionario.

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Partiendo de los instrumentos seleccionados y diseñados para cada objeto de estudio, se muestran a continuación los resultados obtenidos durante el proceso de recolección de datos. Se presenta posteriormente el análisis cualitativo o cuantitativo, según sea el caso, de los datos recolectados que son contrastados con los resultados obtenidos en investigaciones anteriores, para finalmente determinar los resultados de la actual investigación.

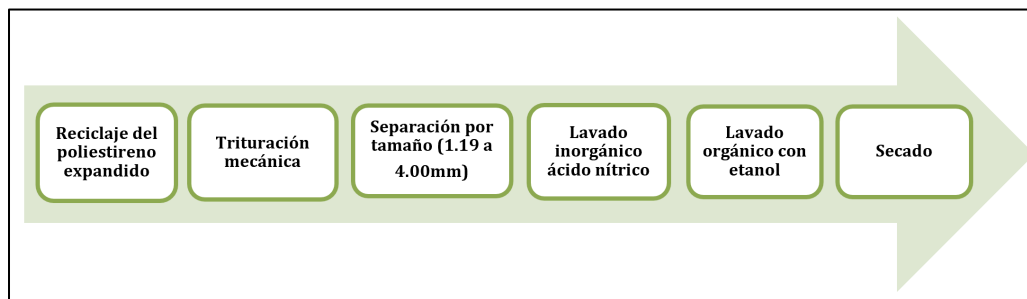
7.1. Recolección de información

Según lo señalado en los numerales 6.1 y 6.2, fueron aplicados los instrumentos en las poblaciones definidas. A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada instrumento.

7.1.1. Recolección instrumentos “Lista de chequeo laboratorio” y “Formato de recolección de datos de laboratorio”

En el siguiente cuadro se presenta un resumen del proceso de preparación del EPS previo al proceso de transformación:

Ilustración 7-1 Procedimiento laboratorio transformación EPS



Fuente: elaboración propia

Para dar mayor claridad al proceso llevado a cabo, se anexan los documentos “Lista de chequeo laboratorio” y “Formato de recolección de datos de laboratorio” que detallan cada uno de los pasos que fueron realizados en el laboratorio; es decir, la preparación, verificación y transformación del EPS, para posteriormente crear el producto mínimo viable.

En el anexo “Resultados proceso observacional” se encuentra el detalle del procedimiento realizado y de los resultados obtenidos en el laboratorio.

7.1.2. Resultado Instrumento “cuestionario aceptación en el uso de pintura ecológica”

A través de la herramienta de encuestas SurveyMonkey se diseñó y aplicó el instrumento correspondiente, que se encuentra disponible en <https://es.surveymonkey.com/r/CJ8HRKX>. Adicionalmente, el instrumento puede ser consultado en el anexo “Instrumento Cuestionario”.

Al 5 de mayo, la encuesta había sido atendida por un total de 23 empresas y Buques de la Armada Nacional. Los resultados se encuentran en el anexo “Recolección Datos – Instrumento Cuestionario”.

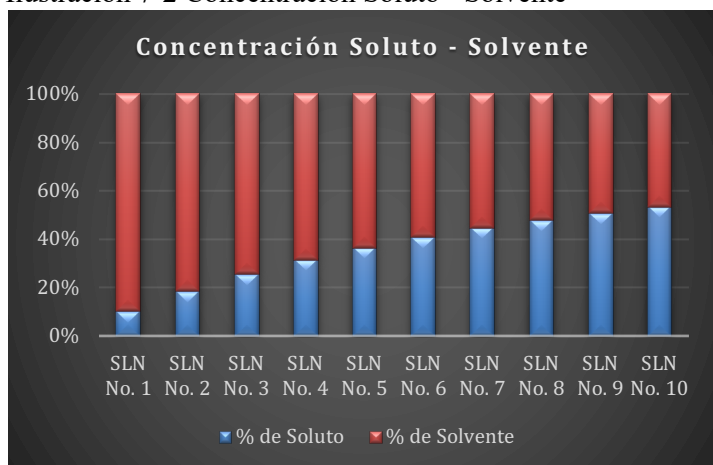
7.2. Análisis de resultados y discusión

El análisis de resultados generados por cada uno de los instrumentos suministra las bases para comprender las tendencias, frecuencias o varianzas, que se presentaron en la aplicación o desarrollo de las diferentes muestras; las fórmulas estadísticas aplicadas partieron de la identificación de variable cualitativa o cuantitativa y con lo anterior realizar la validación de la hipótesis.

El primer objeto de estudio a ser analizado, es el que está relacionado con la transformación del EPS y todo el proceso de laboratorio requerido, no sólo para la transformación, sino también para la creación de la pintura. De acuerdo al cálculo de la muestra para los instrumentos “lista de chequeo de laboratorio” y “formato de recolección de datos de laboratorio”, estos debían ser aplicados a 17 muestras; sin embargo, fueron realizadas 10 observaciones, ya que por las restricciones de movilidad actuales causadas por la cuarentena, no se tuvo acceso al laboratorio con la frecuencia esperada. Esto nos da un nivel de confianza del 70% con un margen de error de $\pm 10\%$, de los datos recolectados. De las 10 observaciones realizadas, fue seleccionada 1 con las mejores propiedades.

En este proyecto de investigación se logró la transformación del poliestireno expandido mediante el proceso de dilución en un solvente (acetato de isoamilo) variando su concentración másica hasta la saturación de la solución. Durante este experimento se pudo establecer diferentes soluciones, y mediante los cálculos de su índice de viscosidad, se categorizó la de mejor propiedad física, para ser utilizada como polímero de formación de una película de pintura. La Ilustración 7-2 muestra la concentración de soluto en relación al solvente en las diferentes muestras realizadas. Los resultados de laboratorio evidenciaron que la mejor relación de viscosidad está relacionada con la SLN No. 10.

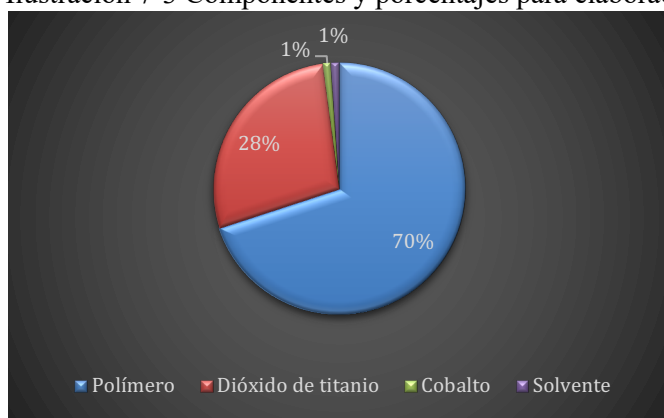
Ilustración 7-2 Concentración Soluto - Solvente



Fuente: elaboración propia

La mejor concentración que reúne la característica como polímero de formación de película de pintura es la SLN No. 10, debido además a que con la adición de dióxido de titanio y un secante (sales de cobalto) le proporcionaron a la resina o al polímero obtenido de la transformación del poliestireno expandido, la característica importante de formador de película para ser utilizado en la elaboración de recubrimientos. La Ilustración 7-3 muestra los componentes y proporciones finales utilizadas en el producto mínimo viable creado.

Ilustración 7-3 Componentes y porcentajes para elaboración de pintura



Fuente: elaboración propia

De igual manera, se realizó la aplicación de polímero transformado en forma de película de pintura en un sustrato metálico, el cual permitió conocer su característica de adhesión, porcentaje de sólidos por volumen, espesor película húmeda, espesor de película seca y su rendimiento, como características importantes de un polímero en la conformación de películas de

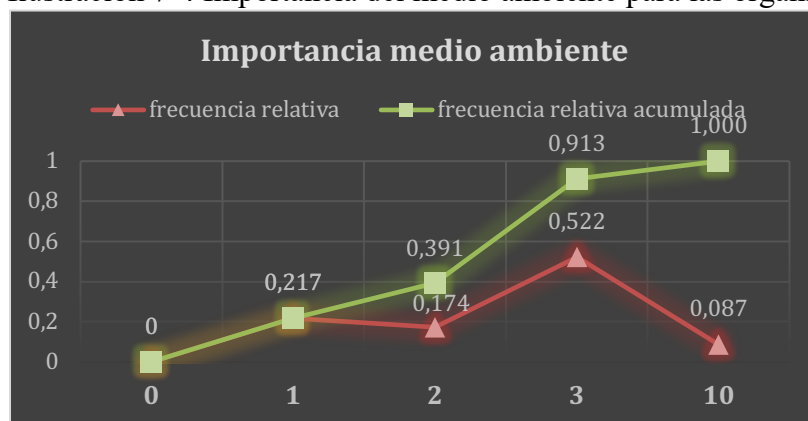
pintura. Se tiene un registro fotográfico que muestra lo descrito anteriormente, y se encuentra disponible en el Anexo “Resultados proceso observacional”. También se cuenta con un registro videográfico que contiene la validación de algunas características de la pintura (Anexo “Video Adhesión y Secado” y Anexo “Video Resistencia Pintura”).

El segundo objeto de estudio está relacionado con la validación del grado de aceptación que podría tener el producto en la industria señalada. El análisis detallado está disponible en el Anexo “Análisis de resultados detallado cuestionario aceptación”.

De acuerdo al cálculo de la muestra para el instrumento “cuestionario aceptación en el uso de pintura ecológica”, éste debió ser aplicado a 45 muestras; sin embargo, fue aplicado sólo a 23 organizaciones y contra maestres. Debido a la compleja situación actual causada por la COVID-19, varias organizaciones tuvieron que detener sus operaciones, lo que no hizo posible aprovechar los contactos comerciales pre establecidos. Esto nos da un nivel de confianza del 80% con un margen de error de $\pm 10\%$, de los datos recolectados.

Los datos del cuestionario, muestran que uno de los factores importantes de las organizaciones está relacionado con el medio ambiente, ya que el 91,2% tiene dentro de sus tres principales objetivos estratégicos la protección del medio ambiente. Al ser ésta una pintura ecológica, tendría entonces un porcentaje importante de aceptación dado que se alinea con las estrategias organizacionales. La Ilustración 7-4 presenta dichos resultados.

Ilustración 7-4 Importancia del medio ambiente para las organizaciones

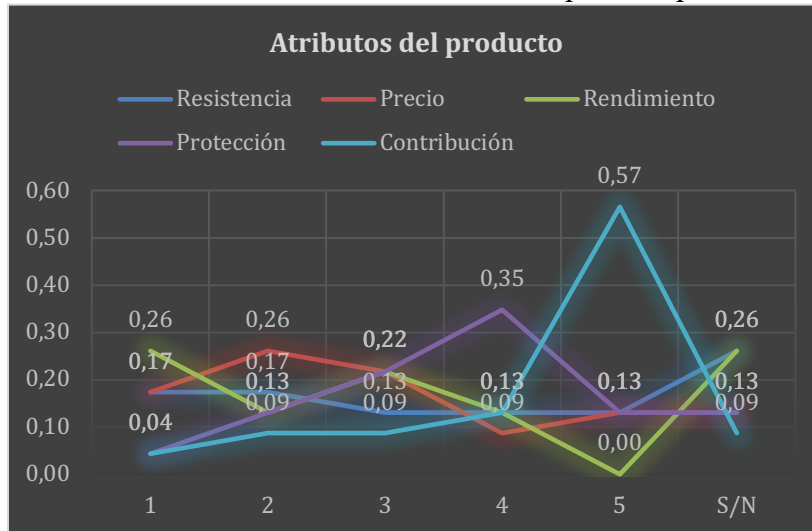


Fuente: elaboración propia.

La Ilustración 7-5 presenta los resultados obtenidos en cuanto a los atributos del producto. El 57% considera muy importante la contribución al medio ambiente que tienen las pinturas de recubrimiento para estructuras metálicas; para el 35% es importante la protección a

substratos metálicos, y el 26% considera importante la resistencia a las condiciones ambientales. En contraste, al 43% le es indiferente el precio y el 39% considera poco importante el rendimiento del producto, mientras este cumple con los atributos de mayor relevancia.

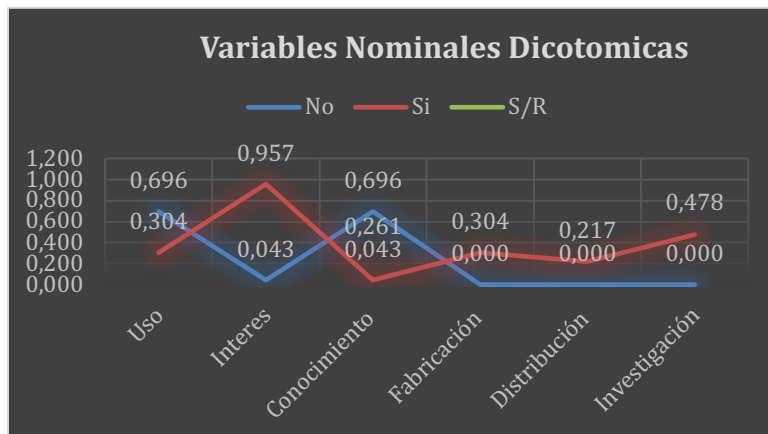
Ilustración 7-5 Ponderación de atributos de pinturas para recubrimiento de estructuras metálicas



Fuente: elaboración propia

A pesar de que tan solo el 30% ha utilizado pinturas similares, el 95,7% de las organizaciones o contramaestres que participaron en el cuestionario han manifestado su interés en conocer los aspectos y características de la pintura y a su vez en participar en proyectos de investigación con una proporción del 47%, como se ve en la Ilustración 7-6. Lo anterior demuestra la relevancia del producto que en la presente investigación se está desarrollando. A pesar de que tan solo el 4,3% tiene conocimiento sobre este tipo de productos, el interés y la investigación harían que, hacia el futuro, se presentara un incremento del uso de pinturas ecológica para recubrimiento de estructuras metálicas.

Ilustración 7-6 Variables Nominales Dicotómicas del cuestionario



Fuente: elaboración propia

De acuerdo a todo el análisis expuesto anteriormente, es posible constatar que la hipótesis planteada tiene validez, pues el resultado de la transformación del poliestireno que fue utilizado como insumo para la creación de una pintura ecológica, y a su vez, la validación de la muestra obtenida como producto para el recubrimiento de estructuras metálicas, demostró que ésta cumple con las características deseables y mínimas para productos de este tipo. Adicionalmente, el grado de aceptación que tienen los interesados, deja ver el interés y la potencialidad que puede tener este producto en el mercado, para el sector industrial en la ciudad de Barranquilla, que a su vez manifiesta su responsabilidad y compromiso corporativo con la conservación del medio ambiente.

Lo anterior concuerda con estudios previos que destacan las propiedades y usos del EPS como insumo para la creación de pintura, por sus múltiples propiedades entre esas su capacidad anticorrosiva. “Los resultados confirman el potencial del polímero reciclado como resina aplicable para tratamientos anticorrosivos” (Parada Rivera, Cárdenas Valencia, Palmay Paredes, Borja Mayorga, & Ramos Flores, 2019). Así mismo, de acuerdo a otros estudios realizados, se ha comprobado que el recubrimiento obtenido a partir de poliestireno expandido “es una alternativa para controlar la corrosión y conservar el medio ambiente” (Antonio de Jesús Alvarado José, 2019).

La principal limitación que se encontró durante el desarrollo de esta investigación fue la falta de recursos físicos y económicos, lo que limitó directamente la ejecución de replicas para cada una de las pruebas realizadas a nivel de laboratorios certificados, no solo para validar

formulaciones, sino también para otros ensayos pertinentes de polímeros formadores de películas de pintura, esto con el propósito de reducir los errores experimentales.

8. CONCLUSIONES

- El diseño metodológico de la presente investigación estuvo basado en las recomendaciones y buenas prácticas del PMBOK que, a partir de sus herramientas, permitió alinear el proyecto, definiendo su alcance, entendiendo los recursos necesarios y disponibles, delimitando las restricciones de tiempo, los requisitos de calidad y criterios de aceptación, y definiendo algunos lineamientos de seguimiento y control. Es importante mencionar que, por la pequeña dimensión y corta duración del proyecto, no fue necesario el uso estricto de las herramientas sugeridas para cada etapa, pero si fue clave para la ejecución de éste seguir esta estructuración, pues permitió una mejor ejecución del proyecto, cumpliendo sobre todo con las restricciones definidas inicialmente, y algunas más añadidas luego dada la situación de cuarentena actual del país, de manera organizada y consistente, contando siempre con la participación constante de las partes interesadas.
- La exploración teórica y la construcción del estado del arte, permitió conocer y considerar de antemano las necesidades de reciclaje del EPS, las condiciones y elementos necesarios para su transformación química a través de solventes y las características de las pinturas para recubrimientos metálicos. Todo esto facilitó, por un lado, la planeación y ejecución de manera acertada del proceso de observación en el laboratorio. Adicionalmente, destacó la pertinencia de una pintura ecológica, dada la preocupación que tiene en general el mercado por el desempeño ambiental de este tipo de productos, para que contribuyen de manera positiva al medio ambiente.
- De acuerdo a la concentración de EPS requerida para la generación del producto mínimo viable, se tiene que, por cada galón de pintura, se requiere aproximadamente 1.5 kg de EPS. Lo anterior significa que, con la producción de un galón de pintura, se está reduciendo en 1.5 Kg la contaminación causada por el EPS, y que actualmente no es aprovechado.
- A partir del proceso de transformación de EPS, se encontró que, entre mayor cantidad de EPS contenida en la solución, mayor será el índice de viscosidad. Esto incrementa el rendimiento del producto al aumentar su capacidad para ser diluido. Durante el desarrollo experimental de la transformación del poliestireno expandido, se pudo identificar una propiedad física en cada

solución relacionada con su apariencia viscosa, estrechamente ligada con la cantidad de masa pura de poliestireno, siendo esto, una característica directamente proporcional al porcentaje del soluto (poliestireno expandido) en cada solución. Para esto, se adicionó masa pura de soluto (poliestireno expandido) en valor ascendente de 10 gramos como variable independiente y 100 ml de solvente (acetato de isoamilo) como variable dependiente en cada solución, obteniendo como mejor relación de masa pura (100 gr de poliestireno - 100ml de isoamilo) y en relación % de mezcla (53,51-46,49). La viscosidad de cada una de las soluciones depende de la concentración de poliestireno expandido diluido en cada una de ellas.

- Se demostró en el desarrollo experimental, que la mejor concentración que reúne la característica como polímero de formación de película de pintura es la SLN No. 10, debido a que tiene las mejores propiedades de índice de viscosidad característica importante determinante para seguir avanzado en la conformación de un recubrimiento. La pintura creada tiene entonces la siguiente composición: 70% polímero, 28% Dióxido de titanio y 1% de Cobalto y Solvente. Sumado a esto, y teniendo en cuenta que el 57% de la muestra de potenciales clientes (Organizaciones y Contra maestres) considera importante que las pinturas de recubrimiento para estructuras metálicas busquen la protección del medio ambiente, que para el 35% es importante la protección a sustratos metálicos, que el 26% considera importante la resistencia a las condiciones ambientales, y que en general el 91,2% tiene dentro de sus tres principales objetivos estratégicos la protección del medio ambiente, la muestra obtenida se convierte en un producto con un potencial importante de comercialización para este tipo de industrias.
- A partir del proceso se obtuvo, en una primera fase de análisis, un producto que cumple en un 55% con las características esperadas con los sólidos por volumen de la película de pintura, mostrando un rendimiento de 57.1 lt para pintar 100m² a un espesor de 4.6 mils o 116.84 micrones adhesión del 90% al sustrato aplicado en espesor de película seca, creando el producto mínimo viable, listo para su aplicación como recubrimiento en estructuras metálicas.

9. RECOMENDACIONES

En la primera fase se obtuvo un producto mínimo viable listo para la aplicación en estructuras metálicas de acuerdo con el objetivo planteado; sin embargo, se hacen las siguientes recomendaciones:

- Proceso de observación: realizar un proceso continuo en el tiempo de observación sobre el comportamiento de la pintura ecológica aplicada sobre las estructuras metálicas, a nivel de resistencia, brillo, protección, dureza y catalización.
- Continuar el proceso de pruebas de laboratorio con un grado mayor de especialización, para determinar factores adicionales que fortalezcan las características de la pintura.
- Línea posterior de investigación: de acuerdo con los resultados del proceso de observación se recomienda generar una línea de investigación para despejar aquellas incógnitas que hayan presentado en las características de la pintura ecológica al aplicarlo sobre estructuras metálicas.

10. GLOSARIO

Ver Anexo “Glosario”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Action, C. W. (2011). Facts about Styrofoam® Litter (Expanded Polystyrene Foam). California, EUA. Obtenido de https://www.cleanwater.org/files/publications/ca/cwa_fact_sheet_polystyrene_litter_2011_03.pdf
- ALVARADO, A. E. (s.f.). BOVEDILLAS DE EPS (POLIESTIRENO EXPANDIDO): UNA ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCION DE LOSAS PREFABRICADAS. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/bmfic675b/doc/bmfic675b.pdf>
- Anchaluisa Parra, L. M. (2018). *Determinación de los parámetros de calidad de tratamientos superficiales de acuerdo con las normas ASTM D 3363, ASTM D 4138, ASTM D 3359 en los estribos y roll bars de vehículos, y los factores que inciden dentro de los procesos productivos de la empresa*. Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Annual, A. S. T. M. (1992). *Method ASTM D 3363-05: Standard Test Method for Film Hardness*. Pencil Test.
- Antonio de Jesús Alvarado José, A. H. (2019). Reformulación de una pintura a base de poliestireno expandido reciclado. IA-07.
- Arcila, I. C. (2016). *EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PINTURA A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO UTILIZANDO UN SOLVENTE AMIGABLE CON EL AMBIENTE*. UNIVERSIDAD EAFIT ESCUELA DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PROCESOS MEDELLÍN.
- Argüello Olarte, H. G. (2006). *RESINAS “ULTRACRYL” UNA MIRADA TÉCNICA A LA FABRICACIÓN DE PINTURAS ARQUITECTÓNICAS BASE AGUA*. La Estrella: Colorquímica.
- Arias, E., Suau, P., & Liesa, F. (marzo de 1991). *Pinturas Bactericidas y antiincrustantes: preparación y ensayos de calidad de algunas preparaciones* (Vol. 161). Barcelona, España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Arriola Lara, E. A. (01/08/2013). *Evaluación técnica de alternativas de reciclaje de poliestireno expandido (EPS)*. UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.
- Benítez Contreras, I. D., & Vélez Díaz, J. A. (2013). *OBTENCIÓN DE UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO A PARTIR DE POLIESTIRENO EXPANDIDO RECICLADO*. Cartagena, Colombia: UNIVERSIDAD DE CARTAGENA. FACULTAD DE INGENIERÍA. PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA.
- Betancourt S., D. J., & Solano M., J. K. (2016). *SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE LA MEZCLA POLIPROPILENO-POLIESTIRENO EXPANDIDO (ICOPOR) RECICLADO COMO ALTERNATIVA PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AUTOPARTES*. (U. d. Caldas, Ed.) *Revista Luna Azul*, 286-310.
- Cámara Chilena de la Construcción. (Enero de 2014). *Manual de Pinturas y Revestimientos*. Chile.
- Carbonell, J. (2011). *Pinturas y recubrimientos.: Introducción a su tecnología*. (D. d. Santos, Ed.) Obtenido de

- https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=sH3K_xGpHggC&oi=fnd&pg=PR9&dq=ENSAYO+DE+BRILLO+A+PINTURAS&ots
- Cárdenas, J., & Fonseca, E. (2009). MODELACIÓN DEL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE ASFALTO CONVENCIONAL Y MODIFICADO CON POLÍMERO RECICLADO, ESTUDIADA DESDE LA RELACIÓN VISCOSIDAD-TEMPERATURA. *Revista EIA, núm. 12*, 125-137.
- Casis, N. (2006). SÍNTESIS, CARACTERIZACIÓN Y MODELADO MATEMÁTICO DEL POLIESTIRENO DE ALTO IMPACTO. Buenos Aires, Argentina: Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química.
- Dávila Martin, J. M. (2017). LA UTILIZACIÓN DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN OBRAS DE GEOTECNIA. *UNIVERSIDAD DE SEVILLA*.
- Dziurka, D., Mirski, R., Dukarska, D., & Derkowski, A. (2015). *POSSIBILITY OF USING THE EXPANDED POLYSTYRENE AND RAPE STRAW TO THE MANUFACTURE OF LIGHTWEIGHT PARTICLEBOARDS* (Vol. 17). (U. d. Bío, Ed.) Concepción, Chile: Maderas. Ciencia y Tecnología.
- Espasa-Calpe. (2005). Diccionario de la lengua española.
- ESPUSATO E.S.P. (Septiembre de 2017). Porque el icopor es un material NO aprovechable? Manizalez, Colombia. Obtenido de <http://espusato.gov.co/co/inicio/blog/33-porque-el-icopor-es-un-material-no-aprovechable>
- Gabriel Angel González Restrepo, A. O. (s.f.). Resinas "ultracryl®". La Estrella, Colombia: Colorquímica.
- Gabriel Angel González Restrepo, A. y. (2008-11-30). *Una mirada técnica a la fabricación de pinturas arquitectónicas base agua*. La Estrella, en Colombia: Colorquímica.
- GARCÍA, M. T., GRACIA, I., DUQUE, G., & DE LUCAS, A. y. (2009). *Study of the solubility and stability of polystyrene wastes in a dissolution recycling process*. Ciudad Real, España. Vol. 29 No. 6, p. 1814.
- Garrido, C. (2005). *APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA AL ESTUDIO DE LA PINTURA*. Madrid: Museo del Prado.
- Giudice, C. A., & Pereyra, A. M. (2009). *TECNOLOGÍA DE PINTURAS Y RECUBRIMIENTOS COMPONENTES, FORMULACIÓN, MANUFACTURA Y CONTROL DE CALIDAD*. Buenos Aires: EduTecNe.
- Gómez-Arias, E., Andaverde, J., Santoyo, E., & Urquiza, G. (2009). Determinación de la viscosidad y su incertidumbre en fluidos de perforación usados en la construcción de pozos geotérmicos: aplicación en el campo de Los Humeros. *Revista mexicana de ciencias geológicas, 26(2)*, 516-529. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1026-87742009000200018&lng=es&tlng=es
- González Acevedo, M., Rivada Vázquez, M. L., & del Castillo Serpa, A. (Agosto de 2017). Factores que afecta la adherencia del sistema impermeabilizante de cubiertas con espuma rígida de poliuretano expandido con densidad de 45kg/m3. *Revista de Arquitectura e Ingeniería, vol. 11, núm. 2,* 1-17.
- González Restrepo, G., Castro Nieto, A., & Castro Nieto, M. (2008). *Resinas "ultracryl®"*. Bogotá, Colombia: Colorquímica.
- González Restrepo, G., Olarte, A., & Castro Nieto, M. (2008). *Resinas "ultracryl®"*. La Estrella. (Colorquímica, Ed.) Obtenido de <https://isbn.cloud/co/autor/gabriel-angel-gonzalez-restrepo/>

- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cualitativa, cuantitativa y mixta*. Ciudad de México: Mc Graw-Hill.
- Icontec Internacional. (18 de 03 de 2015). *Norma Técnica Colombiana NTC 1335*. Obtenido de Icontec: https://members.wto.org/crnattachments/2016/TBT/COL/16_0285_00_s.pdf
- Iglesias, P., Jambrino, C., & De las Heras, C. (2012). LA PARTICIPACIÓN DEL CONSUMIDOR EN EL DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS EN EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA. Obtenido de <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/400/IGLESIAS,%20JAMBRINO%20y%20DE%20LAS%20HERAS.pdf>
- International Organization for Standardization. (2015). *Gestión ambiental. Evaluación del desempeño ambiental. Directrices. (ISO 14031:2013)*. ISO.
- Jaramillo, G., & Zapata Márquez, M. (2008). *APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN COLOMBIA*. Bogotá.
- Kita, Y. &. (2013). Estudio químico para la identificación del aglutinante en muestras arquitectónicas prehispánicas. . *13 SIACOT Valparaiso Chile*.
- Lombana, O. L. (2017). *EVALUACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE UN RECUBRIMIENTO CON RESINA A BASE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO RECICLADO A NIVEL LABORATORIO*. Bogota: Lumieres - Repositorio institucional Universidad de América .
- López, L. A., & Pérez-Mora, W. (2019). Alternativas de bajo impacto ambiental para el reciclaje del poliestireno expandido a nivel mundial. *Informador Técnico*, Informador Técnico. Obtenido de http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/1638
- López, L., & Pérez Mora, W. (06 de 2019). *Alternativas de bajo impacto ambiental*. Obtenido de Alternativas de bajo impacto ambiental: http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/1638
- Madariaga, F. J. (s.f.).
- Malhotra, N. (2004). *Investigación de mercados. Un enfoque aplicado*. Mexico D.F.: Pearson Education.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004). *Sector Plásticos. Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y Manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo*. Bogotá: Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible.
- Moreira-Persegona,, M. F., Blumenschein, R. N., Ferrari-Tomé., M. V., Moretti, E., Moreira-Persegona., A. L., & Dias., L. F. (2010). GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO PARA EL DESARROLLO LOCAL: EL OBSERVATORIO DE LA CADENA DE RESIDUOS RECICLABLES Y REC ICLADOS LINE FROM THE FEDERAL DISTRICT OF BRAZIL. (C. d. Cuba, Ed.) *Ciencia en su PC.*, 58-64.
- Mujica, M. (03 de 2007). *Las variables de un estudio*. Obtenido de Wordpress: <https://mmujica.files.wordpress.com/2007/03/material-2-de-investigacion.pdf>
- Netquest. (2020). *Netquest*. Obtenido de Calculadora de muestra: <https://www.netquest.com/es/gracias-calculadora-muestra>
- Parada Rivera, M., Cárdenas Valencia, T., Palmay Paredes, P., Borja Mayorga, D., & Ramos Flores, M. (2019). EVALUACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO A BASE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO RECICLADO. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*, 22 - 2, 42-48.

- Peluffo, G. K., & Espinosa-Fuentes, E. (2018). Synthesis of High Performance Polyurethane Films. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(4), (págs. 1874-1878).
- Peluffo, G., & Espinoza. (2019). Synthesis of a Modified Polyurethane Paint with Better Properties of Corrosion Resistance Applicable to Vessels and Naval Artifacts. En CARRASCAL -VEGA, J. S. En T. M.–C. 2019 (Ed.). (págs. 321-333). Springer Nature Switzerland AG 2020.
- Perdomo González, L., Queiroz Bracarense, A., Quintana Puchol, R., Caires Pereira, E., Rodríguez Pérez, M., & Duffus Scott, A. (2012). Perspectiva de uso del poliestireno expandido, como alternativa de impermeabilizante, para electrodos empleados en la soldadura subacuática mojada. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, núm. 62, 103-113.
- Pinturas Villada SKC. (15 de 05 de 2020). *Quienes somos*. Obtenido de Pinvisa Coatings: <http://pinturasvillada.net/empresa/quienes-somos/>
- Project Management Institute. (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*. Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- Quintero Peña, C. (2013). *Reciclaje termo - mecánico del Poliestireno expandido (Icopor), como una estrategia de mitigación de su impacto ambiental en rellenos sanitarios*.
- Quintero Peña, C. H. (2013). *Reciclaje termo - mecánico del poliestireno expandido (Icopor), como una estrategia de mitigación de su impacto ambiental en rellenos sanitarios*. Manizales, Colombia. Obtenido de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/55503281/TESIS_CARLOS_QUINTERO.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DReciclaje_termo_mecanico_del_poliestire.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20
- Ramírez R., C. E. (2004). Pintuco se internacionaliza en el mercado andino. *Estudios Gerenciales*, (93),115-140.
- Real Academia, E. (s.f.). *Diccionario*. Obtenido de <https://dle.rae.es/aceptaci%C3%B3n>
- Salazar, G. S. (2015). *EVALUACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE RESINA DE RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL MEDIANTE RECICLAJE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO*. Guatemala: Licenciatura thesis, Unviersidad de San Carlos de Guatemala.
- Soares, V. d. (2006). Controle estatístico do processo em pintura industrial. *Acta Scientiarum. Technology. Vol 28*, 225-232.
- Sostenible, S. (2019). Con ley buscarán prohibir el uso del icopor en Colombia. (R. Semana, Ed.) Colombia. Obtenido de <https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/radicaran-ley-para-prohibir-el-icopor-en-colombia/45043>
- STATGRAPHICS® Centurion XVII. (2014). *Recursos - Manuales de usuario*. Obtenido de Statgraphics: <https://statgraphics.net/wp-content/uploads/2015/03/Centurion-XVII-Manual-Principal.pdf>
- Twilight Instrumentos de medición industrial. (30 de 03 de 2020). *Detector de Porosidad PW-789*. Obtenido de Twilight : <https://twilight.mx/manuales/PW-789-81-PW-789.pdf>
- Twilight Instrumentos de medición Industrial. (30 de 03 de 2020). *Medidor de Adhesión PosiTest*. Obtenido de Twilight : <https://twilight.mx/manuales/DF-ATM-47-DF-ATM%20.pdf>
- UAESP. (2013). *Proyecto de Estudio del Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos en Bogotá, D.C.* Bogotá D.C.: UAESP.

- Vega, A., Rodríguez, J., Varela, J., & Benavides Herrán , A. (2017). Re-diseño de un proceso que permita el reciclaje del poliestireno expandido EPS. (U. J. Cali, Ed.) Cali, Colombia. Obtenido de http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/10926/Rediseno_proceso_reciclaje.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Wheelen, T. &. ((2013)). *Administración estratégica y política de negocios*. Pearson.
- Y.Ortega. (2006). Prueba de impacto: ensayo Charpy. *REVISTA MEXICANA DE FÍSICA E52*, 51-57. Obtenido de https://rmf.smf.mx/pdf/rmf-e/52/1/52_1_51.pdf