

**EVALUACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO ORGÁNICO A BASE DEL EXTRACTO
ANTIOXIDANTE DE LA SEMILLA DE CHÍA PARA TUBERÍAS DE TRANSPORTE
DE AGUA DE PRODUCCIÓN PETROLERA**

**VANNESA NONSOQUE AGUDELO
TOMÁS ANDRÉS CORREDOR ORTIZ**

**Proyecto integral de grado para optar el título de
INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE PETRÓLEOS**

Orientadores

Adriana Milena Henao Bejarano

Geóloga MCs y PhD

Oscar Libardo Lombana Charfuelan

Ingeniero químico

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

BOGOTÁ D.C

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

Angie Tatiana Ortega Ramírez

Firma de la Directora

Nombre

Firma del Presidente Jurado

Oscar Silva Marrufo

Firma del Codirector

Nombre

Firma del Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Bogotá D.C. Agosto de 2021

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector de Claustro

Dr. Mario Posada García-peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrectora Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano de Facultad

Dr. Julio César Fuentes Arismendi

Director de Programa Ingeniería química

Dra. Nubia Liliana Becerra Ospina

Director de Programa Ingeniería de Petróleos

Dr. Juan Carlos Rodríguez Esparza

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado principalmente a Dios por haberme guiado en cada una de las diferentes etapas de mi carrera, dándome la sabiduría para resolver de la mejor manera todos los problemas que se presentaron a lo largo de este proceso y especialmente por permitirme culminar toda mi formación profesional.

A mis padres, Hernando Nonsoque y Marcela Agudelo, quienes a lo largo de toda mi vida me han apoyado y motivado en cada proyecto que he realizado, impulsándome a conseguir mis sueños y depositando su entera confianza en cada reto que me propusiera, sin dudar ni un solo momento de mis capacidades. Gracias al apoyo incondicional que me brindaron durante mi proceso de aprendizaje, es que pude cumplir el sueño de ser ingeniera química, porque sin ellos no hubiera sido posible llegar hasta este punto tan importante de mi vida.

A mis hermanos, Juan Esteban y Natalia, los cuales siempre han estado presente en cada caída y victoria que he tenido, aconsejándome y dándome el apoyo, cariño y comprensión que he necesitado en cada decisión tanto de mi vida personal como de mi carrera profesional; de igual manera a mi sobrino Santiago de quien quiero ser un ejemplo y motivación en cada uno de sus sueños.

A mi compañero de tesis, Tomás, por ser un gran apoyo durante este proceso, porque a pesar de las dificultades y obstáculos que se nos presentaron, logramos culminar de manera satisfactoria sin decaer en ningún momento; ya que siempre fue una persona que mantuvo la calma y me enseñó a ver las cosas de manera positiva.

Y finalmente a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron en el desarrollo de este trabajo de grado con aportes de gran importancia.

Vannesa Nonsoque Agudelo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios, por darme la sabiduría y la fortaleza para llevar a cabo cada uno de los objetivos planteados en mi vida, siempre siendo mi apoyo incondicional frente a las adversidades presentadas.

A mi madre, por siempre estar a mi lado, aconsejándome con amor y cariño, guiándome y brindándome su apoyo en cada uno de los momentos cruciales de mi vida.

A mi padre, por ser una persona incondicional, siempre inculcándome los mejores valores en mi formación, gracias por todo el apoyo durante estos años y en la realización de este proyecto.

A mi compañera, Vannesa, por todo el compromiso y entrega que le pusiste a este trabajo, por tus conocimientos y todo lo que me enseñaste en el desarrollo de esta tesis, gracias a esto y muchas cosas más culminamos exitosamente este proyecto.

A mi pareja, amigos, familiares y conocidos que fueron fundamentales para la realización de esta tesis, sin la ayuda de cada uno de ustedes este trabajo no sería lo que es hoy en día.

Tomás Andrés Corredor Ortiz

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo queremos agradecer a Dios por brindarnos la sabiduría y la fuerza necesaria de poder llegar hasta este punto de nuestra vida y ayudarnos a terminar de manera satisfactoria este proyecto de grado.

A nuestros padres por apoyarnos en este proceso de formación para poder culminar nuestra carrera profesional de forma exitosa; guiándonos en cada uno de nuestros objetivos, siempre con la mejor disposición, amor y valores para poder superar cada una de las dificultades.

A nuestra directora la ingeniera Angie Tatiana Ortega Ramírez, por apoyarnos con cada uno de sus conocimientos para la realización de este trabajo de grado, siempre siendo objetiva, profesional y colaborativa para lograr obtener los resultados esperados.

A nuestro codirector el ingeniero Oscar Silva Marrufo docente de la Universidad Tecnológica de Rodeo, Durango – México, por ayudarnos con una de las secciones más importantes de este proyecto y por su excelente disposición a la hora de resolver cualquier duda.

A los orientadores Oscar Lombana y Adriana Henao de los comités de ingeniería química e ingeniería de petróleos quienes nos brindaron absoluta colaboración en la retroalimentación de nuestra tesis, aportando comentarios de gran ayuda en la culminación de este proyecto.

Y a todas aquellas personas que contribuyeron en la elaboración y finalización de esta tesis de grado.

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	12
OBJETIVOS	13
Objetivo general	13
Objetivos específicos	13
INTRODUCCIÓN	14
1. MARCO TEÓRICO	17
1.1. Corrosión	17
1.2. Tipos de corrosión	17
1.2.1. Corrosión generalizada o uniforme	17
1.2.2. Corrosión localizada	18
1.2.3. Corrosión galvánica	19
1.2.4. Corrosión por fisuras o grietas	20
1.2.5. Corrosión por picaduras o pitting	21
1.2.6. Corrosión por cavitación	22
1.2.7. Corrosión por desaleación	23
1.2.8. Corrosión filiforme	24
1.2.9. Corrosión por oxidación	25
1.3. Equipos y tuberías de producción petrolera	26
1.3.1. Tuberías de transporte de agua de producción	26
1.3.2. Manifold	27
1.3.3. Jumpers	27
1.3.4. Risers	27
1.3.5. Separadores	28
1.4. Métodos de prevención y control de la corrosión	28
1.4.1. Inhibidor	28
1.4.2. Recubrimiento o revestimiento	29
1.4.3. Protección catódica	29
1.4.4. Protección anódica	29
1.5. Tipos de recubrimientos	29
1.5.1. Metálicos	29
1.5.2. Orgánicos	30
1.5.3. Inorgánicos	30

1.6.	Partes del recubrimiento	30
1.6.1.	<i>Pigmento</i>	30
1.6.2.	<i>Vehículo</i>	30
1.6.3.	<i>Aditivos</i>	31
1.7.	Salvia hispánica	31
1.7.1.	<i>Tallo</i>	31
1.7.2.	<i>Hoja</i>	32
1.7.3.	<i>Semilla</i>	32
1.8.	Métodos de extracción	33
1.8.1.	<i>Método de extracción asistida por ultrasonido</i>	33
1.8.2.	<i>Método de extracción por Soxhlet</i>	34
1.8.3.	<i>Método de extracción por fluidos supercríticos</i>	35
1.9.	Marco legal	35
2.	METODOLOGÍA Y DATOS	37
3.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	51
3.1.	Discusión y resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica de la semilla de chía	51
3.1.1.	<i>Prueba ABTS</i>	51
3.1.2.	<i>Prueba TROLOX</i>	55
3.2.	Discusión y resultados obtenidos de la formulación del recubrimiento anticorrosivo natural a partir del extracto de la semilla de chía	59
3.2.1.	<i>Extracción de compuestos antioxidantes mediante el equipo Soxhlet</i>	59
3.2.2.	<i>Fabricación del recubrimiento orgánico anticorrosivo</i>	62
3.3.	Discusión y resultados de la determinación de la eficiencia del recubrimiento	65
3.3.1.	<i>Pérdida de masa</i>	69
3.3.2.	<i>Velocidad de corrosión</i>	72
3.4.	Discusión y resultados para la determinación de los costos asociados a la fabricación del recubrimiento orgánico y la aplicación del mismo	80
4.	CONCLUSIONES	84
	BIBLIOGRAFÍA	87
	ANEXOS	93

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Representación de la corrosión uniforme	18
Figura 2. Representación de la corrosión localizada	19
Figura 3. Representación de la corrosión galvánica	20
Figura 4. Representación de la corrosión por grietas	21
Figura 5. Representación de la corrosión por picaduras	22
Figura 6. Representación de la corrosión por cavitación	23
Figura 7. Representación de la corrosión por desaleación	24
Figura 8. Representación de la corrosión filiforme	25
Figura 9. Representación de la corrosión por oxidación	26
Figura 10. Ideograma de la morfología de la Salvia hispánica L	32
Figura 11. Extracción asistida por ultrasonido	33
Figura 12. Extracción mediante el método Soxhlet	34
Figura 13. Extracción por fluidos supercríticos	35
Figura 14. Diseño metodológico	37
Figura 15. Montaje del proceso Soxhlet	43
Figura 16. Diagrama de proceso	46
Figura 17. Absorbancia (nm) vs Concentración (mM) en la prueba ABTS	54
Figura 18. Absorbancia (nm) vs Concentración (mM) en la prueba TROLOX	58
Figura 19. Recubrimiento orgánico a base del extracto antioxidante de la semilla de chía	65
Figura 20. Prototipos de tubería antes de ser expuestos a condiciones corrosivas	66
Figura 21. Prototipos de tubería después de ser expuestos a condiciones corrosivas	67
Figura 22. Prototipos de tubería pintados con un recubrimiento anticorrosivo	68
Figura 23. Prototipos de tubería afectados internamente por la corrosión	69
Figura 24. Inicio del proceso de pasivación	71
Figura 25. Formación de la capa de pasivación	72
Figura 26. Velocidad de corrosión en función del tiempo	79

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Preparación de la solución ABTS ($C_{18}H_{18}N_4O_6S_4$)	39
Tabla 2. Preparación de los reactivos necesarios para la prueba ABTS	40
Tabla 3. Preparación de la solución Trolox ($C_{14}H_{18}O_4$)	41
Tabla 4. Preparación del reactivo # 4 para la prueba TROLOX	42
Tabla 5. Datos para llevar a cabo el proceso de extracción de antioxidantes de la semilla de chía mediante el equipo Soxhlet	45
Tabla 6. Formulación del recubrimiento a base del extracto antioxidante de la semilla de chía	48
Tabla 7. Resultados prueba ABTS	52
Tabla 8. Concentración y absorbancia para la determinación de la capacidad antioxidante con ensayo ABTS	53
Tabla 9. Resultados prueba TROLOX	56
Tabla 10. Concentración y absorbancia para la determinación de la capacidad antioxidante con ensayo TROLOX	57
Tabla 11. Resultados de la extracción mediante el equipo Soxhlet	60
Tabla 12. Experimentación con la formulación comercial en una décima parte del volumen total (150 ml) para hallar la formulación final de la pintura anticorrosiva a base del extracto antioxidante de la semilla de chía	62
Tabla 13. Formulación final del recubrimiento anticorrosivo	63
Tabla 14. Resultados de la prueba de pérdida de masa	70
Tabla 15. Composición del prototipo de tubería usado	73
Tabla 16. Áreas afectadas por la corrosión	74
Tabla 17. Resultados obtenidos de la fuente de voltaje para la tubería No.1	76
Tabla 18. Resultados obtenidos de la fuente de voltaje para la tubería No.2	77
Tabla 19. Resultados obtenidos de la fuente de voltaje para la tubería No.3	77
Tabla 20. Resultados obtenidos de la fuente de voltaje para la tubería No.4	78
Tabla 21. Costos de cada uno de los elementos empleados para la fabricación del recubrimiento anticorrosivo	81

RESUMEN

En la industria de los hidrocarburos, la corrosión ha sido uno de los factores que más contratiempos ha presentado en el desarrollo de actividades; sin embargo, esta problemática requiere de muchos esfuerzos para ser controlada; es por esto que se han desarrollado diferentes maneras para mitigar la corrosión en los últimos años, una de ellas está fundamentada en la aplicación de un recubrimiento anticorrosivo sobre tuberías (elaboradas a partir de aleaciones) que disminuyan el impacto de un ambiente corrosivo sobre el metal a tratar; no obstante, dichas pinturas son fabricadas a base de pigmentos tradicionales como el Cromato de Zinc ($ZnCrO_4$) o el Fosfato de Zinc ($Zn_3(PO_4)_2$) [1], los cuales generan problemas ambientales y de salud en caso de acumulación.

A raíz de lo anteriormente mencionado, en esta investigación se desarrolló una propuesta de un recubrimiento orgánico a base del extracto antioxidante de la semilla de chía para tuberías de transporte de agua de producción provenientes de la industria petrolera con el fin de mitigar la corrosión; para la ejecución de este proyecto se realizaron dos pruebas (ABTS y TROLOX) para determinar la caracterización físico-química de la semilla de chía; de esta forma se tuvo mayor claridad para identificar detalladamente su composición y así poder realizar la extracción de los compuestos antioxidantes de la semilla de chía mediante el equipo Soxhlet.

Luego del proceso de aplicación, se obtuvieron velocidades de corrosión de 2218.14 mdd en el prototipo uno y 2487.91 mdd en el prototipo dos, mientras que en la segunda prueba se tuvo una de pérdida de masa de 2.013% en la tubería uno y un aumento de masa de 0.030% en la tubería dos a causa de la presencia de una capa de pasivación. Estos resultados demostraron que el recubrimiento anticorrosivo generó una adecuada protección en el exterior de la tubería, concluyendo así que el producto brindó una correcta efectividad.

Palabras Clave: Recubrimiento, corrosión, vehículo, resina, pigmento, Soxhlet, antioxidantes, agua de producción, semilla de chía.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la eficiencia de un recubrimiento orgánico a base del extracto antioxidante de la semilla de chía para tuberías de transporte de agua de producción petrolera.

Objetivos específicos

1. Caracterización fisicoquímica de la semilla de chía a escala laboratorio.
2. Formulación de un recubrimiento anticorrosivo natural a partir del extracto de la semilla de chía.
3. Determinar la eficiencia del recubrimiento orgánico mediante el cálculo de la velocidad de corrosión.
4. Determinar los costos asociados a la fabricación del recubrimiento orgánico y la aplicación del mismo.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años los problemas generados por la corrosión han demostrado un alto impacto económico y ambiental en las diferentes industrias; tanto en países del tercer mundo como en países industrializados, en donde estos últimos representan costos producidos por la corrosión que oscila entre 3% a 4% del producto interno bruto [2]. Estos daños ocasionados por la corrosión han causado que grandes estructuras como por ejemplo columnas de perforación tengan gran pérdida de masa del material; generando que la estabilidad y consistencia de la pieza pierda ciertas propiedades provocando rupturas en la misma. Un manejo tardío de este problema puede llegar a presentar un impacto más grande en las estructuras (inestabilidad, desplome, pérdida de tiempo por mantenimientos y reforzamientos, afectación de la fauna y flora, entre otros) y esto representaría un mayor riesgo para los trabajadores, para el proceso que se lleva a cabo y para el equipo, lo cual reflejaría un incremento de costos muy elevado; ejemplo de ello es el encontrado en Estados Unidos en donde el sector de transporte por ductos registran pérdidas a causa de la corrosión de hasta 8.6 billones de dólares al año [3].

Sin embargo, la industria petrolera ha venido presentando grandes pérdidas a causa de la corrosión llegando al punto de convertirlo en uno de los problemas que más puede afectar económicamente los diferentes proyectos que se llevan a cabo (perforación, producción, transporte y refinación). Según un informe de NACE (Asociación Nacional de Ingenieros de corrosión) en la industria petrolera la corrosión es la causa de más del 25% de las fallas; y el reparar o sustituir la tubería corroída cuesta más de US \$ 7.000 millones al año [4], todo esto sin tomar en cuenta los tiempos no productivos por trabajos de reparación y mejora. Adicionalmente no se tiene en cuenta todos los costos por derrames o fugas que se puedan llegar a dar por problemas en la integridad del metal por culpa de la corrosión, por lo que conllevaría a un gasto muy elevado para la industria del petróleo.

Por otro lado, hay factores como la composición del hidrocarburo, el tipo de tubería empleado para el transporte del producto y las condiciones ambientales que provocan un aumento de la corrosión. Es por esto que al seleccionar el tipo de tubería que se va a usar en determinados campos se debe tener en cuenta que existen compuestos

como Cloruros (Cl^-), Dióxido de Carbono (CO_2), Sulfuro de Hidrogeno (H_2S), Polisulfuros ($-\text{S}-\text{S}_n-\text{S}-$), Ácidos Orgánicos y Azufre elemental (S) que aumentan drásticamente la corrosión; por lo que si en la composición del hidrocarburo se encuentran presentes alguno de los anteriores compuestos, se debe seleccionar una tubería que provea una mayor protección contra la corrosión; debido a que en la industria usualmente se utilizan tuberías de Acero al carbón de baja aleación con el fin de reducir costos de producción [5]; sin embargo, dicho capital se perderá en especialistas para el control de la corrosión; y en caso de que la tubería no tenga algún tipo de reparación se tendría que sustituir la pieza, lo que implicaría mayores costos operacionales.

Es por esto que el principal objetivo de este trabajo es fabricar un recubrimiento anticorrosivo que mitigue la problemática de la corrosión, pero adicionalmente se busca que sea amigable con el medio ambiente; debido a que actualmente existen recubrimientos para controlar la corrosión que en su composición tienen pigmentos tóxicos, los cuales son a base de metales pesados como el cromo (Cr) y el plomo (Pb) [6], cabe aclarar que en la formulación de dichas pinturas el porcentaje de estos compuestos químicos vienen en una pequeña proporción; sin embargo, estas cantidades son suficientes para afectar el medio ambiente y en caso de generarse una acumulación de estas sustancias podrían causar problemas en cuerpos de agua deteriorando el ecosistema; adicionalmente, se pueden presentar problemas de salud en poblaciones aledañas a estas fuentes hídricas.

Con el fin de crear un producto que no genere impactos negativos en el medio ambiente, el proceso de fabricación del recubrimiento busca sustituir los compuestos de cromato de zinc (ZnCrO_4) o Fosfatos de Zinc ($\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$) por los antioxidantes (Aceite esencial) provenientes de la semilla de chía, la cual ha demostrado tener una gran capacidad de antioxidantes naturales que brindan múltiples beneficios anticorrosivos; de esta forma se protegería el metal con el que se fabrican las tuberías de transporte de agua de producción.

En el capítulo I, se abordan diferentes conceptos teóricos como: introducción a la corrosión, tipos de corrosión existentes, tipos de tuberías de transporte de agua de producción, métodos de prevención y control de la corrosión, tipos y partes del

recubrimiento, introducción a la *Salvia hispánica L.* y métodos de extracción de antioxidantes; todo esto ayudara al lector a comprender claramente cada una de las temáticas que se van a tratar durante el documento. Finalmente, el capítulo concluye con un marco legal que sustenta la fabricación del recubrimiento y su posible uso en la industria garantizando seguridad y confianza en el producto.

En el capítulo II, se explica paso a paso cada una de las etapas del proyecto con el fin de obtener el producto. Esto se desarrolla en base a los objetivos planteados al inicio del documento y de la siguiente forma se realiza la metodología: para el primer objetivo específico se reúne información bibliográfica de las características fisicoquímicas de la semilla de chía para el análisis de las diferentes pruebas; posteriormente se realiza la formulación del recubrimiento anticorrosivo a base de los antioxidantes provenientes de la semilla de chía culminando así el segundo objetivo; mientras que en el tercer objetivo se argumenta sobre la determinación de la eficiencia del recubrimiento orgánico mediante el cálculo de la velocidad de corrosión y pérdida de masa; por último el cuarto objetivo está enfocado en determinar los costos asociados a la fabricación del recubrimiento orgánico y la aplicación del mismo.

En el capítulo III, se analiza cada uno de los resultados obtenidos en relación a la eficiencia y eficacia del recubrimiento aplicado en un prototipo de tubería de transporte de agua de producción petrolera; de la misma forma se determina si el proyecto puede llegar a ser viable para futuras investigaciones. A partir de diferentes cotizaciones relacionadas a insumos necesarios para la extracción de los antioxidantes y la preparación del recubrimiento anticorrosivo; se realizará una estimación de costos del proyecto, con el fin de evaluar si el producto realizado a nivel laboratorio puede llegar a convertirse en un proceso industrial en futuras investigaciones.

Finalmente, el capítulo IV está enfocado en diversas conclusiones del proyecto (tanto en el ámbito experimental como en el económico); de esta forma se determina claramente si todos los objetivos se desarrollaron exitosamente y en caso de que alguno no obtuviera resultados satisfactorios, se dan recomendaciones de suma importancia que ayudan a futuras investigaciones a obtener un mejor rendimiento del producto.

1. MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo de este primer capítulo es importante la identificación de cada uno de los conceptos y su adecuada comprensión para llevar a cabo la parte práctica del proyecto; es por esto que a continuación se presenta cada uno de estos términos:

1.1. Corrosión

La corrosión se puede definir como el deterioro de un metal puro o aleación de estos, ya sea por ataque químico directo o por reacción electroquímica (entre el medio ambiente y los iones libres del metal); esto se da debido a que los metales buscan estabilizarse termodinámicamente [7], es decir el compuesto con mayor potencial se va a correr en primera instancia protegiendo al metal el cual tiene un estado energético de menor potencial [8]. Este fenómeno se presenta por factores como lo son la temperatura, la humedad del medio ambiente, el pH, los agentes oxidantes, la radiación solar, la velocidad de flujo, la concentración de oxígeno, las sales disueltas; entre otros.

1.2. Tipos de corrosión

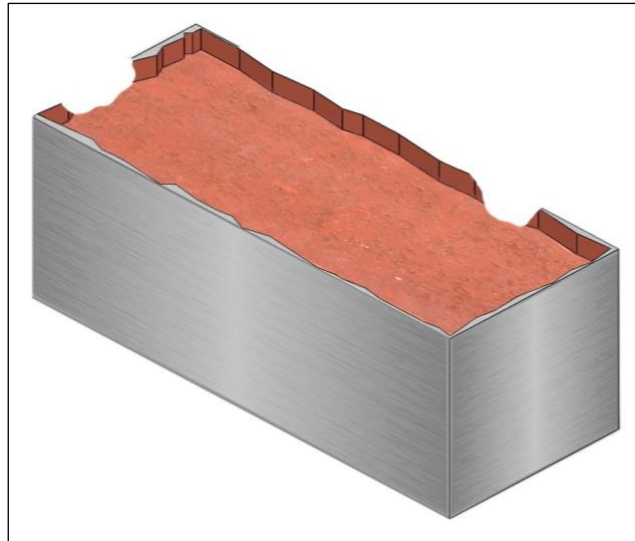
La corrosión se presenta de diferentes maneras dependiendo del tipo de metal o aleación que se utilice y las condiciones climatológicas extremas al que este expuesto [7]; es por esto que la corrosión se puede llegar a presentar de varias formas, como se describe a continuación:

1.2.1. Corrosión generalizada o uniforme

Este tipo de corrosión ocurre de forma homogénea sobre toda la superficie metálica; este proceso se da según las impurezas presentes en el material, las cuales incitan a una variación de energía provocando un aumento de la velocidad de corrosión; este tipo de corrosión es frecuente en metales a base de hierro no aleado con metales inoxidables como el níquel y el cromo [7]. Este tipo de corrosión es frecuente en los metales, y puede llegar a ser tratable de manera rápida debido a que es fácilmente visible; sin embargo, un tratamiento tardío provoca el deterioro total del material generando que la pieza corroída tenga que ser sustituida completamente. En la figura 1 se presenta un modelo de corrosión generalizada.

Figura 1.

Representación de la corrosión uniforme



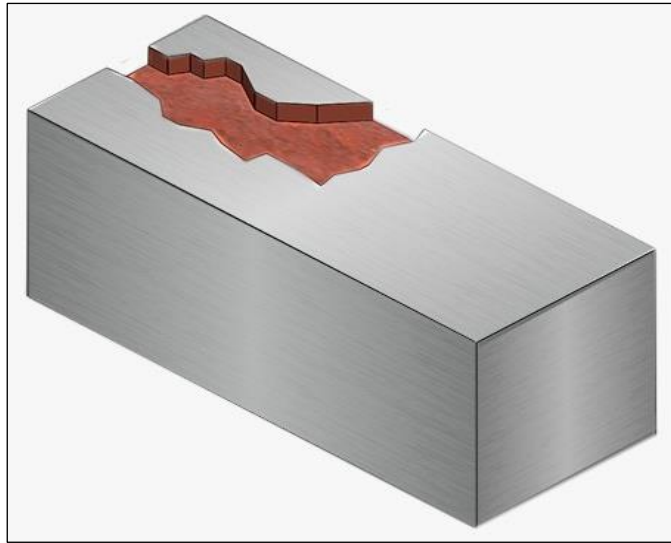
Nota. En la figura se observa una pieza metálica afectada por la corrosión uniforme.

1.2.2. Corrosión localizada

La corrosión localizada es más difícil de detectar en comparación a la corrosión generalizada, ya que como su nombre lo indica se presenta en determinadas áreas de la pieza expuesta; esto se da a causa de factores como lo son la naturaleza del material, las condiciones ambientales y la geometría del metal [7]. Un ejemplo de ello se puede observar en la siguiente figura:

Figura 2.

Representación de la corrosión localizada



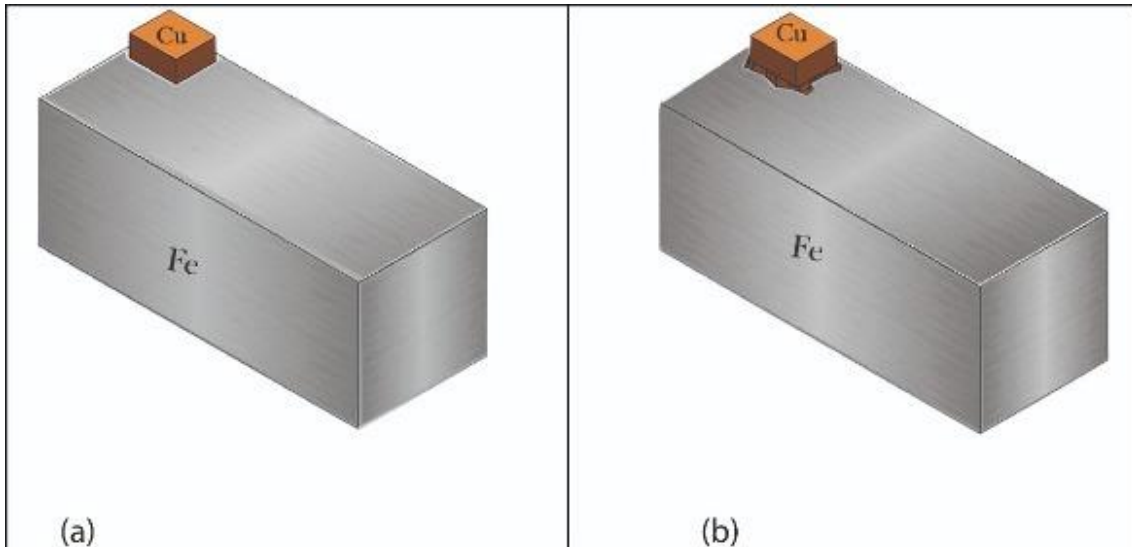
Nota. En la figura se observa una pieza de metal, donde en la parte izquierda superior representa la afectación por la corrosión localizada.

1.2.3. Corrosión galvánica

Es un proceso en el cual un metal entra en unión ya sea física o eléctrica con otro metal; estos dos forman una celda electroquímica y el material de menor potencial va a ser el que resulta corroído, un aspecto de gran importancia en este tipo de corrosión es el área de contacto entre ambos metales (al haber mayor contacto hay mayor posibilidad de desarrollar mayor corrosión) [7]. En la figura 3 se observa una representación gráfica de la diferencia que existe antes y después de la corrosión galvánica.

Figura 3.

Representación de la corrosión galvánica



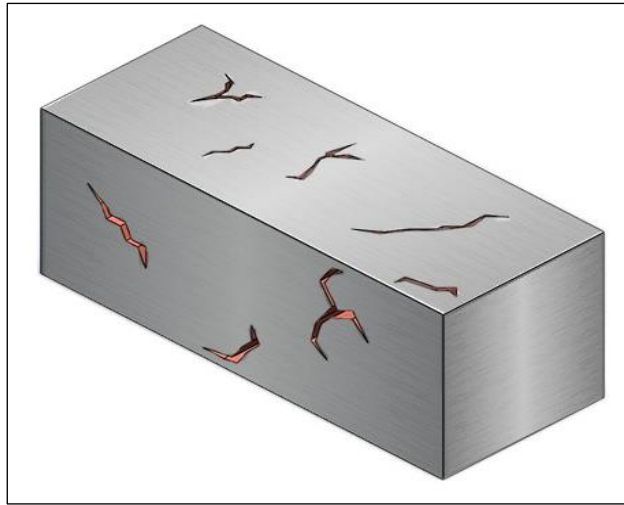
Nota. En la figura 3, sección (a) se observa una pieza nueva de hierro (Fe) en contacto con cobre (Cu); mientras que en la sección (b) se evidencia como con el transcurso del tiempo el material con mayor potencial que en este caso es el cobre (Cu) corroe la pieza de hierro (Fe), dando lugar a la corrosión galvánica.

1.2.4. Corrosión por fisuras o grietas

Es un proceso desarrollado en zonas estrechas donde la concentración de oxígeno es menor que en el resto del metal, generando que actúe como ánodo y de esta forma permitir el proceso de corrosión [7]. La figura 4 representa las zonas de menor concentración de oxígeno en comparación al resto del metal, dando paso a la corrosión por fisuras.

Figura 4.

Representación de la corrosión por grietas



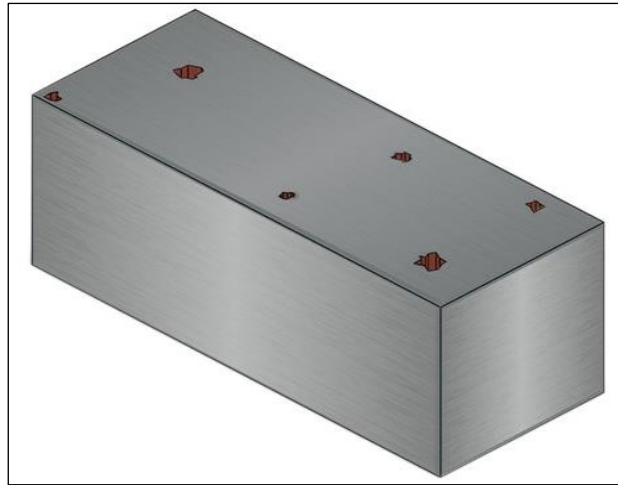
Nota. En la figura se observa diferentes grietas que generan que la pieza metálica este expuesta al medio ambiente, permitiendo que se lleve a cabo la corrosión por grietas.

1.2.5. Corrosión por picaduras o pitting

En la figura 5 se presenta un ejemplo de la corrosión por picaduras, la cual está presente mayormente en materiales pasivados en donde se da una acumulación de agentes oxidantes específicamente en un punto del metal, generando que se elimine la capa de pasivación y luego empiece a afectar el metal directamente [7].

Figura 5.

Representación de la corrosión por picaduras



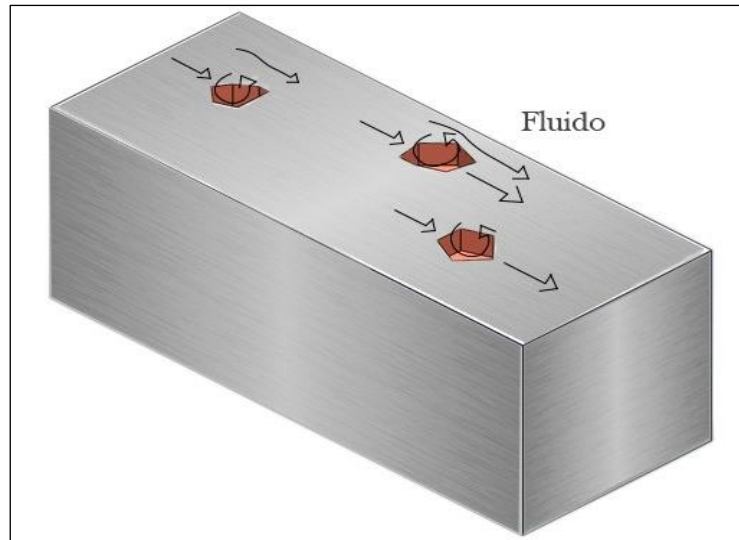
Nota. En la figura se observa la afectación de la corrosión por picaduras en la pieza metálica.

1.2.6. Corrosión por cavitación

Ocurre también en materiales pasivados, pero este tipo de corrosión está enfocado a metales que transportan líquidos, los cuales en cierto punto pueden llegar a tener flujo turbulento, generando burbujas de aire que subirán hasta la superficie del metal, afectando la capa de pasivación (en este caso la corrosión por cavitación genera más corrosión por área en comparación a la corrosión de picaduras) [7]. En la figura 6 se puede ver la representación gráfica de este tipo de corrosión.

Figura 6.

Representación de la corrosión por cavitación



Nota. En la figura se observa una sección metálica por donde se transporta un fluido turbulento, el cual al producir burbujas genera un tipo de picadura en el metal que con el paso del tiempo aumenta su tamaño debido al constante paso de flujo, generando la corrosión por cavitación.

1.2.7. Corrosión por desaleación

Este proceso se desarrolla principalmente en aleaciones metálicas (material compuesto por varios metales) como se observa en la figura 7; en donde uno de los metales tiende a separarse de la aleación, formando una nueva estructura no tan resistente, permitiendo el proceso de la corrosión [7].

Figura 7.

Representación de la corrosión por desaleación



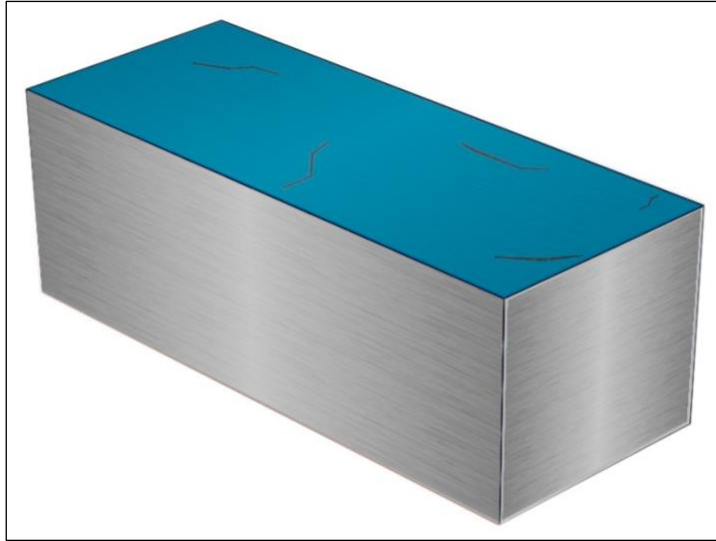
Nota. En la figura se observa un ejemplo de la corrosión por desaleación donde se evidencia la separación de la aleación.

1.2.8. Corrosión filiforme

Se presenta sobre todo en materiales que tienen recubrimientos orgánicos (pinturas), en donde al presentar rayones sobre el material, permite que se dé el proceso de la corrosión [7]. En la siguiente figura se evidencia como la corrosión filiforme afecta la pieza metálica recubierta con una pintura.

Figura 8.

Representación de la corrosión filiforme



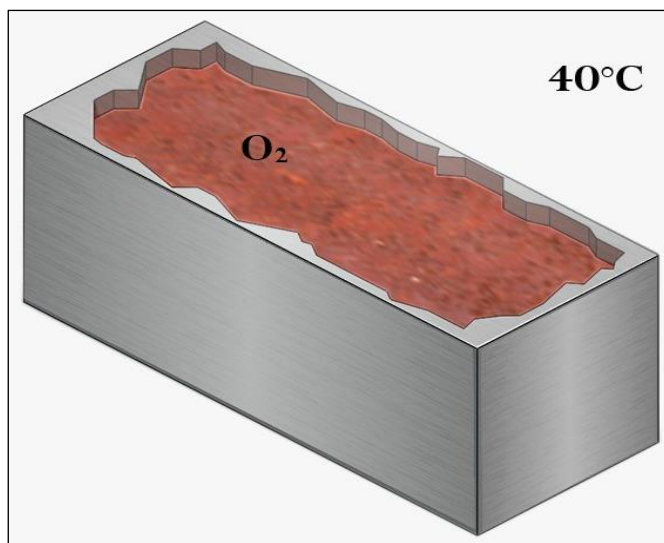
Nota. En la figura se observa como la pieza metálica (pintada de azul) sufre rayones que permite la corrosión filiforme.

1.2.9. Corrosión por oxidación

También conocida como corrosión seca, es un proceso que se da a altas temperaturas y en presencia de algún gas oxidante (oxígeno, azufre y elementos halógenos), en donde al reaccionar con el metal y con ayuda de las altas temperaturas, se genera un compuesto que se adhiere y permite la corrosión en el metal [7]. La figura 9 ejemplifica la corrosión dada por la oxidación.

Figura 9.

Representación de la corrosión por oxidación



Nota. En la figura se observa como el ambiente a altas temperaturas y en presencia de oxígeno, afecta drásticamente la pieza metálica; representando la corrosión por oxidación.

1.3. Equipos y tuberías de producción petrolera

La protección de los equipos y tuberías empleados en la producción de hidrocarburos ha sido uno de los grandes retos de la industria del petróleo; a continuación, se describen algunos equipos y tuberías que son afectados en gran medida a causa de la presencia de diferentes compuestos altamente corrosivos presentes en los fluidos transportados.

1.3.1. Tuberías de transporte de agua de producción

El Linepipe son tubos que se usan para el transporte de hidrocarburos y agua de producción usualmente fabricados en acero al carbono de alta resistencia y en acero inoxidable [9], los cuales deben estar soldados de manera que permitan un flujo continuo y adecuado del líquido, con el fin de evitar obstrucciones. Adicionalmente estas tuberías deben ser resistentes bajo ciertas condiciones de presión y temperatura que se puedan presentar durante el trayecto del fluido. Para la fabricación de este tipo de tubería existen dos procesos de realización presentados a continuación:

1.3.1.a. Tubería de agua producción sin costura. También conocida como tubería de acero estirado, estos tubos se fabrican mediante un cilindro de acero el cual pasa por un proceso de moldeo ya sea en caliente o en frío; cabe recalcar que el producto final obtenido es un tubo totalmente liso [10].

1.3.1.b. Tubería de agua de producción con costura. Los tubos de acero con costura o soldadura se fabrican mediante una lámina de acero la cual es doblada para obtener la forma deseada; al tener dicha forma se debe realizar un proceso de soldadura con el fin de unir ambos extremos. Hoy en día, gracias a los diferentes avances tecnológicos, estos tubos pueden ser aplicados en diferentes usos, de forma económica y eficiente [10].

1.3.2. *Manifold*

Es un equipo central utilizado en el desarrollo de campos petroleros (onshore y offshore), su principal función es recibir la producción (hidrocarburos, gas y agua de producción) de diferentes pozos; dependiendo de las condiciones y características de cada campo, este equipo también puede incluir accesorios como válvulas e instrumentos de monitoreo [11].

1.3.3. *Jumpers*

Es una tubería de conexión de flujos provenientes de la producción o la inyección de diferentes equipos; usualmente está constituida por una tubería rígida o flexible que en sus extremos tiene una terminación roscada, esto permite la fácil unión con los diferentes equipos para el transporte de fluidos [11].

1.3.4. *Risers*

Son tuberías flexibles empleadas principalmente en el transporte de fluidos costa afuera, su función está enfocada en conectar la tubería rígida del fondo marino con la plataforma o barco para la recolección y distribución de los diferentes fluidos producidos [11].

1.3.5. Separadores

Son equipos empleados en la separación de fluidos (hidrocarburos, gas y agua de producción) provenientes de pozos en tierra o costa afuera; a continuación, se explican los tipos de separación más usados en la industria.

1.3.5.a. Separador gravitacional. Su funcionamiento esta dado por la segregación gravitacional, la cual permite la separación de fases según su peso, es decir los compuestos más pesados quedaran al fondo del tanque, mientras que los menos pesados se ubicaran en la parte superior [11].

1.3.5.b. Separador centrifugo. Este separador está determinado por la rotación de un flujo multifásico, el cual genera la separación de fases según los diferentes pesos de los compuestos involucrados en la mezcla a lo largo del radio de rotación [11].

1.3.5.c. Separador ciclónico. Este tipo de separador está enfocado principalmente en la separación del gas en presencia de agua y/o aceite, en donde se genera un remolino de flujo supersónico que impulsa el fluido liquido hacia las paredes y el gas hacia el centro del equipo [11].

1.4. Métodos de prevención y control de la corrosión

Hoy en día existen diversos métodos para prevenir y controlar la corrosión, esta solución se da con el fin de evitar problemas en los diferentes materiales donde se puede llegar a presentar este tipo de afectación; dentro de los principales métodos se encuentran los inhibidores, los recubrimientos y la protección catódica o anódica descritos a continuación:

1.4.1. Inhibidor

Un inhibidor de corrosión es un material que fija o cubre la superficie metálica, proporcionando una película protectora que detiene la reacción corrosiva. Frecuentemente se utilizan recubrimientos temporales para prevenir la corrosión durante el almacenamiento y el embarque y entre operaciones de maquinado [12].

1.4.2. Recubrimiento o revestimiento

Es uno de los métodos más utilizados para el control de la corrosión, el cual se basa en crear una película o barrera entre la superficie sólida (metales) y el entorno que lo rodea, este método busca principalmente aislar el metal para evitar el contacto con el oxígeno y la humedad [13].

1.4.3. Protección catódica

Este método está enfocado principalmente en el contacto que se da entre el ánodo de sacrificio el cual es un metal más electronegativo en comparación al metal que quiere preservar. Este proceso se da cuando el ánodo de sacrificio cede sus cationes al metal menos electronegativo generando una protección, por lo que cuando el medio ambiente entra en contacto con el más electronegativo este será el que se va a corroer [14].

1.4.4. Protección anódica

La protección anódica o más conocida como la pasivación es un método en el cual se recubre el metal con una delgada capa de óxido, permitiendo que al entrar en contacto con el medio ambiente no se lleve a cabo la reacción química para el proceso de corrosión: en algunos metales como el aluminio al entrar en contacto con el aire son capaces de generar naturalmente la capa de óxido [14].

1.5. Tipos de recubrimientos

Los recubrimientos se clasifican en orgánicos, inorgánicos y metálicos, los cuales se explican más a detalle a continuación:

1.5.1. Metálicos

Estos recubrimientos se aplican mediante capas finas que separan el entorno corrosivo del metal que se quiere proteger, modificando algunas propiedades superficiales del material; su principal función está enfocada en salvaguardar el metal del proceso de corrosión, a partir de una capa metálica que actúa como ánodo de sacrificio (por ejemplo: los galvanizados) [13].

1.5.2. Orgánicos

Estos recubrimientos están basados en polímeros y resinas producidas natural o sintéticamente, se constituyen principalmente de forma líquida y luego durante su aplicación se realizan diferentes procesos de secado que permitirán la creación de la película fina sobre el metal (por ejemplo: las pinturas); cabe recalcar que estos recubrimientos no generan ningún tipo de modificaciones en la superficie del material, y gracias a su bajo costo es el más utilizado [13].

1.5.3. Inorgánicos

Este tipo de recubrimientos se producen principalmente por procesos químicos, de igual manera proporcionan acabados tersos y duraderos (por ejemplo: vidrio y cerámica) [13].

1.6. Partes del recubrimiento

Los recubrimientos constan de tres partes fundamentales, el pigmento, el vehículo (resina + solvente) y los respectivos aditivos, la descripción de estos se encuentra a continuación:

1.6.1. Pigmento

Está constituido por pequeñas partículas de sólidos que son insolubles en el vehículo y que además deben estar finamente divididos, estos compuestos se utilizan con el fin de brindar propiedades como color, opacidad, inhibición de la corrosión, etc. Se pueden encontrar diferentes tipos de pigmento, pero su clasificación más importante es según el índice de refracción el cual al ser elevado brinda opacidad a la película, mientras que, si son bajos estos índices, brinda películas transparentes [15].

1.6.2. Vehículo:

El vehículo está constituido principalmente por la resina y el disolvente, estos dos compuestos son los encargados de permitir que la pintura en estado líquido retenga el pigmento y los diferentes aditivos; adicional a esto es el que brinda la película protectora en el material donde se aplique el recubrimiento [15]. A continuación, se describen cada uno de los compuestos que conforman el vehículo:

1.6.2.a. Resina. Es uno de los principales componentes del vehículo, es la esencia del recubrimiento orgánico, este compuesto brinda la mayoría de las propiedades físico químicas, sin embargo, hay diferentes tipos de resinas como: epoxi, vinílicas, alquídicas y poliurtánicas [15].

1.6.2.b. Disolventes. Este componente del vehículo brinda más que todo la facilidad de aplicación en los metales. Por el lado de la química, este compuesto brinda control de la reactividad del sistema (que sucedan reactivos químicos antes y durante el proceso de la aplicación) [15].

1.6.3. Aditivos

Estos aditivos son adicionados en pequeñas cantidades, principalmente son agentes espesantes o tixotrópicos, antiespumantes, anticapa, secantes, etc. [15].

1.7. Salvia hispánica

La *Salvia hispánica L.* es una especie perteneciente al Reino Vegetal, División *Magnoliophyta*, Clase Magnoliopsida, Orden Lamiales, Familia Lamiaceae, Género *Salvia*. Cultivada sobre suelos ligeros, con escasa humedad; propio de la mayoría de salvias. Originaria de Mesoamérica (comprende la mitad meridional de México, Guatemala, El Salvador, Belice, el occidente de Honduras, Nicaragua y Costa Rica), siendo principalmente nativa del oeste y centro de México [16].

Esta semilla está constituida principalmente por proteínas, ácidos grasos (Omega 3 y Omega 6), fibra, vitaminas y minerales tales como: Calcio, Hierro, Magnesio, Zinc, Fosforo, Cobre, Vitamina A, Tiamina (B1) y Niacina; adicionalmente cuenta con antioxidantes como por ejemplo el ácido clorogénico, el ácido cafeico, miricetina, quercetina y los kaempferol flavonoles [16]. En la figura 10 se ven señaladas algunas de las partes que constituyen su morfología y son descritas a continuación:

1.7.1. Tallo

Son plantas que alcanzan una altura aproximada de hasta 1.5 m en donde sus tallos son de sección cuadrangular con diversas ramificaciones [16].

1.7.2. Hoja

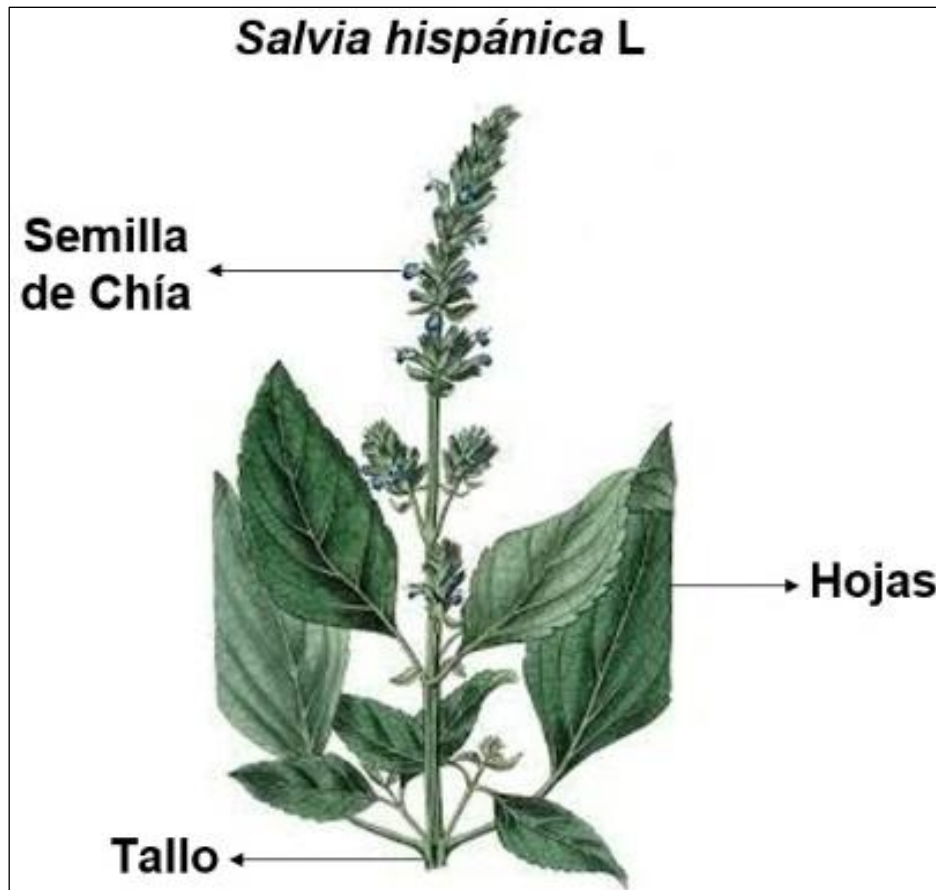
Hojas opuestas con una longitud de 0.8 m a 1 m por 0.04 m a 0.06 m de ancho, espesas y rugosas con bordes finamente dentados, recubiertas de pelusilla de color verde [16].

1.7.3. Semilla

Sus semillas son en forma ovalada y miden aproximadamente entre 0.015 m a 0.02 m de longitud; tienden a ser brillantes de color blanco o negro grisáceo [16].

Figura 10.

Ideograma de la morfología de la Salvia hispánica L



Nota. La figura representa la estructura morfológica de la Salvia hispánica L. En donde se identifican las partes más importantes descritas anteriormente. Tomado de: H. J. Zuñiga Sáez, "MONOGRAFÍA: BIOLOGÍA DE LA CHÍA (Salvia hispánica L.)," Universidad de Chile, 2014.

1.8. Métodos de extracción

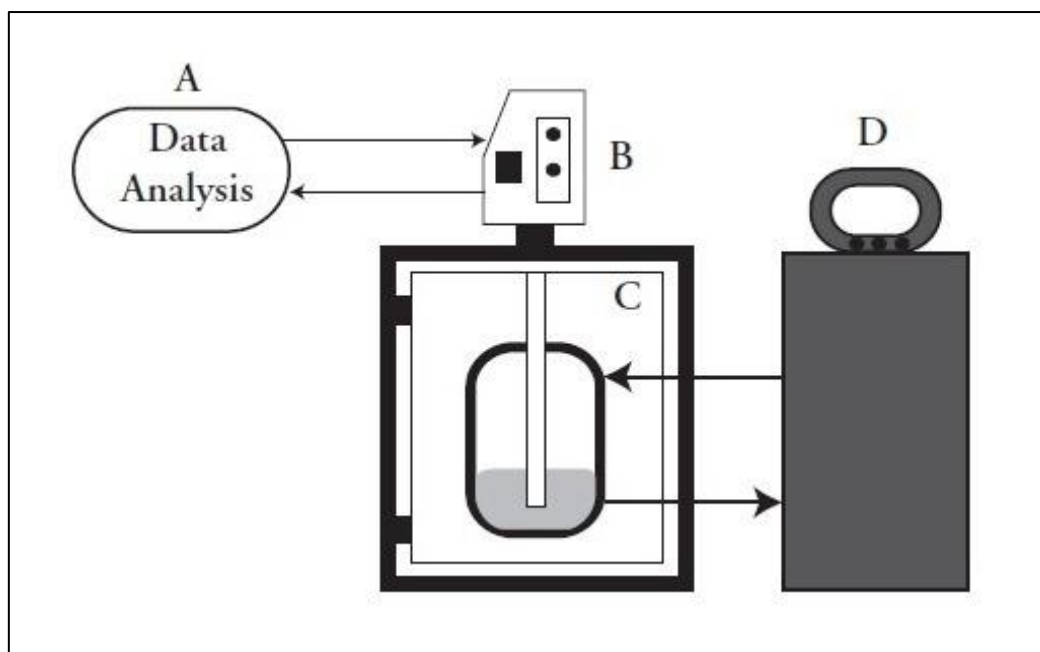
El procedimiento de extracción se basa en la separación de un compuesto orgánico proveniente de una fuente natural, a partir de diversos solventes que varían según las propiedades de los componentes utilizados en el proceso [17]; algunos métodos de extracción que existen actualmente son descritos a continuación:

1.8.1. Método de extracción asistida por ultrasonido

Para el desarrollo de este método de extracción se requiere la utilización de sonidos de alta frecuencia, que al entrar en contacto con la materia prima desprende el compuesto requerido. Esto se da debido a que las partículas sólidas y líquidas aumentan su velocidad debido a la acción ultrasónica; generando que el soluto pase rápidamente de la fase sólida al solvente [18]. En la siguiente figura se expone cada uno de los equipos involucrados en el proceso de extracción asistida por ultrasonido.

Figura 11.

Extracción asistida por ultrasonido

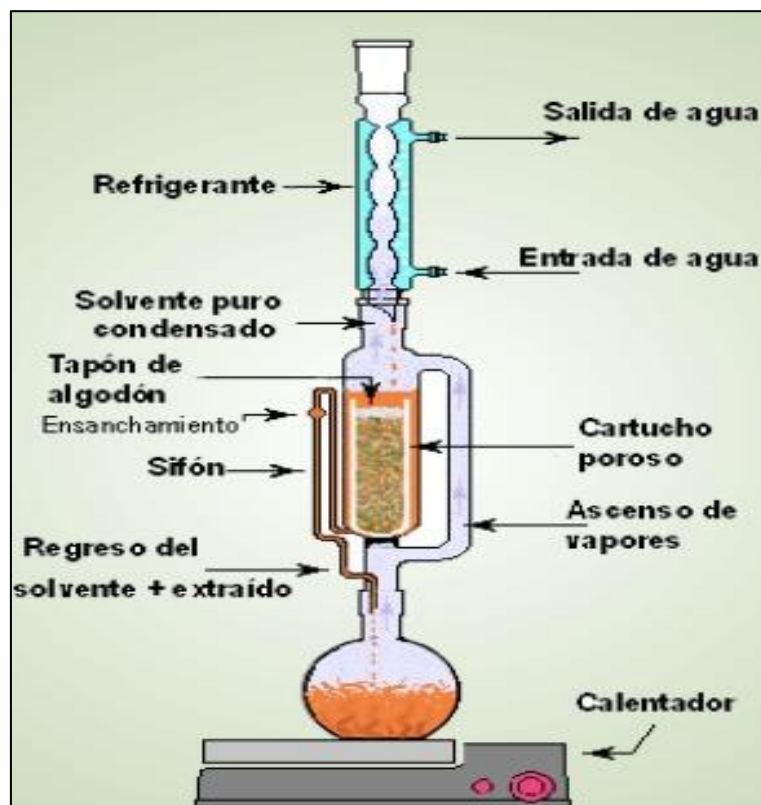


Nota. En la figura se muestra cada una de las secciones del método asistido por ultrasonido (A: computadora portátil, B: Sistema de sonda de ultrasonido, C: recipiente de extracción con camisa y D: enfriador). Tomado de: E. Corona Jiménez, N. Martínez Navarrete, H. Ruiz Espinosa, and J. Carranza Concha, "Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de semillas de chía (*Salvia hispanica* L.) y su actividad antioxidante," *Agrociencia*, vol. 50, no. 4, pp. 403–412, 2016, [Online]. Available: <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v50n4/1405-3195-agro-50-04-403.pdf>.

1.8.2. Método de extracción por Soxhlet

Para realizar esta extracción se utiliza un tipo de vidrio con naturaleza lipídica (sólido) el cual será agregado a un solvente para ser utilizado en el proceso de extracción. Este equipo está constituido por un extractor, un condensador especial de tipo bulbo y un matraz. El proceso se da de forma cíclica en donde inicia con la evaporación del solvente pasando al área de condensado y luego regresa a la cámara del solvente (durante este proceso se van separando los compuestos hasta llegar a la concentración deseada) [19]. En la figura 12 se evidencia el respectivo montaje del proceso Soxhlet.

Figura 12.
Extracción mediante el método Soxhlet



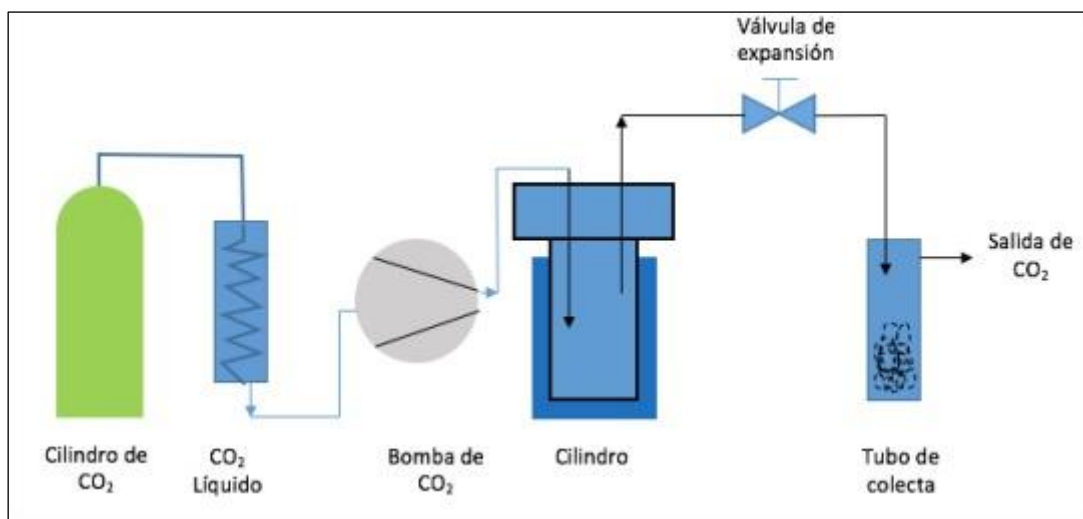
Nota. La figura representa cada sección que compone el método Soxhlet. Tomado de: C. Nuñez, "Extracción con Equipo Soxhlet," *Bioquímica y Biol. Mol.*, vol. 2, no. 3, p. 5, 2008, [Online]. Available: <http://www.cenunez.com.ar/archivos/39-extraccinconequiposoxhlet.pdf>.

1.8.3. Método de extracción por fluidos supercríticos

Para la extracción por este método se utiliza dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O) los cuales se encuentran a una temperatura y una presión por encima del punto crítico, al estar en estado supercrítico van a actuar como disolvente, lo que va a permitir disolver o extraer diferentes compuestos de acuerdo a las distintas propiedades del fluido [20]. A continuación, se representa el diagrama del proceso de la extracción por fluidos supercríticos.

Figura 13.

Extracción por fluidos supercríticos



Nota. Diagrama equipo de extracción por fluidos supercríticos. Tomado de: M. A. Román Páez *et al.*, "Guía de Extracción por Fluidos Super críticos: Fundamentos y Aplicaciones," *Tecnoparque*, vol. 1, p. 48, 2016, [Online]. Available: https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/4698/guia_extraccion_fluidos_supercriticos.pdf;jsessionid=396423A474B07ABE6D18FCE2C4CD08EC;jsessionid=396423A474B07ABE6D18FCE2C4CD08EC?sequence=1.

1.9. Marco legal

Dentro del marco legal se enuncian las normas, leyes, decretos y resoluciones vigentes respecto a las pinturas y materiales de recubrimiento que se tendrán en cuenta en el proyecto para el uso y control del producto a fabricar.

Norma Técnica Colombiana (NTC) 6018. "Etiquetas Ambientales Tipo I. Sello Ambiental Colombiano. Criterios Ambientales para Pinturas y Materiales de Recubrimiento" Esta norma fue planteada en Colombia el 18 de septiembre del 2013,

dentro de esta norma se especifica los requisitos ambientales que se deben tener en cuenta para las pinturas y los materiales del recubrimiento. Dentro de los requisitos pactados en la norma están dirigidos a los recubrimientos para la pared, barnices, recubrimientos anticorrosivos y recubrimientos reflectivos. El cumplimiento de los requisitos ambientales planteados dentro de la norma brinda al interesado el Sello Ambiental Colombiano (etiqueta ambiental tipo I) [21].

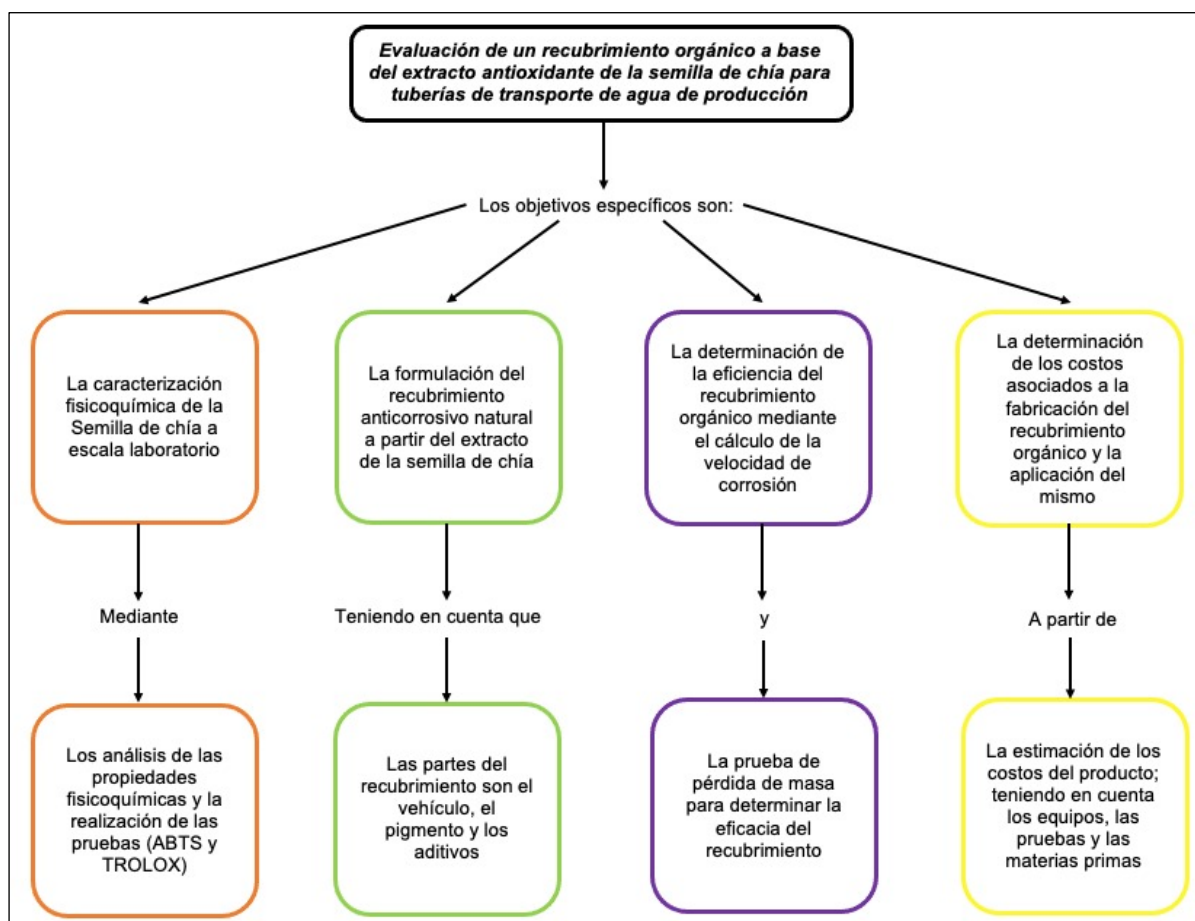
Guía Técnica Colombiana (GTC) 53-8. “*Guía para la Minimización de los Impactos Ambientales de los Residuos de Envases y Embalajes*”. Esta guía se desarrolló en Colombia el 26 de septiembre del 2007, donde se especifican diferentes directrices con el propósito de reducir el impacto ambiental generado por los residuos de envases y del embalaje, este documento está enfocado a cualquier tipo de material, en donde se evaluará aspectos relacionados a su minimización, reutilización y aprovechamiento [22].

2. METODOLOGÍA Y DATOS

En este capítulo se llevó a cabo el paso a paso de la metodología que se utilizó, con el fin de culminar cada uno de los diferentes objetivos planteados al inicio del proyecto; de igual manera se van a plasmar todos los datos que se tuvieron en cuenta para la realización de la parte experimental. En la figura 14 se puede observar una breve descripción del proceso llevado a cabo para el desarrollo de cada una de las actividades realizadas; dando así una visión general de lo abarcado en el presente documento (información más detallada en el ANEXO A).

Figura 14.

Diseño metodológico



Nota. En la figura se observa el resumen de la metodología mediante un cuadro conceptual para cada uno de los diferentes objetivos planteados.

Para el desarrollo de esta primera actividad de la metodología se realizó una búsqueda de bibliografía de artículos y tesis, relacionada con los tipos de corrosión

presentes en las tuberías de agua de producción petrolera; este estudio es vital dentro del proyecto, debido a que esta problemática genera grandes retrasos operacionales y por lo tanto grandes costos en la industria. Además, el desarrollo de este estudio pretendía transmitir información relevante con respecto a la representación de la afectación generada por los diferentes tipos de corrosión en los metales; de esta forma se tendría mayor conocimiento para la identificación de la corrosión.

La segunda parte se basó en la selección de la materia prima (Semilla de chía) más adecuada para la fabricación del recubrimiento; para esto se realizó una revisión bibliográfica en diferentes bases de datos que contienen artículos, tesis y documentos relacionados para la identificación de los principales tipos de semilla de chía que existen (Blanca o negra, también conocida como pinta) y cual contiene mayor porcentaje de antioxidantes en su composición. Mediante el análisis ABTS y TROLOX que se realizó en la tesis de grado “Composición nutricional, propiedades funcionales, componentes bioactivos y actividad antioxidante de dos variedades de semillas de chía (*Salvia hispánica L.*) De cultivo convencional y orgánico en el Perú” se pudo identificar que la que tenía mayor actividad antioxidante fue la semilla de chía negra o pinta, por lo que esta fue la semilla seleccionada para la parte experimental del proyecto.

Posteriormente se realizó una revisión bibliográfica de artículos y tesis acerca de los diferentes métodos de extracción de compuestos antioxidantes; brindando información de cada uno de los procesos; sin embargo, la extracción mediante el equipo Soxhlet fue seleccionada ya que era una técnica conocida y tanto la Universidad Tecnológica de Rodeo, Durango – México como la Universidad de América, Bogotá – Colombia tenían los equipos necesarios para la realización de este procedimiento. Seguido de esto se realizó una caracterización fisicoquímica para identificar todos los componentes presentes en esta semilla, en especial los antioxidantes, los cuales fueron de suma importancia para el desarrollo de este proyecto debido a que estos compuestos fueron usados en la preparación del pigmento para la formulación del recubrimiento orgánico.

Teniendo en cuenta toda la información recopilada descrita anteriormente, se procedió a ejecutar la parte experimental del proyecto; la cual inicio con la realización

de la caracterización de la semilla de chía, en colaboración con la Universidad Tecnológica de Rodeo, Durango – México y a cargo de los Profesores-Investigadores M.C. Oscar Silva Marrufo y el M.C. Rubén Iván Marín Tinoco se desarrollaron dos pruebas (ABTS y TROLOX). El primer paso para desarrollar dichas pruebas se basó en la extracción del aceite esencial de la semilla de chía mediante el equipo Soxhlet; en donde se utilizaron 5 g de semilla de chía previamente pulverizada en un cartucho Soxhlet, con 250 ml de solvente hexano a una temperatura de 250°C a 300°C, durante un periodo de 12 horas (la descripción del procedimiento realizado en esta prueba se explica más adelante).

La prueba ABTS consistió en preparar previamente la solución ABTS a una concentración de 20 mM como se observa en la tabla 1.

Tabla 1.

Preparación de la solución ABTS (C₁₈H₁₈N₄O₆S₄)

PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN PARA LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE			
Método	Compuestos químicos involucrados	Peso del soluto (g)	Volumen del disolvente (ml)
ABTS	2,2*-Azino-bis (3-ethylbezothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt, 98% (Soluta)	0.05	
	Agua destilada (Disolvente)		9.95

Nota. En la tabla se puede observar las cantidades tanto de soluto como de disolvente requerido para la preparación de la solución ABTS (el soluto fue pesado en una balanza SARTORIUS TE2145).

Posteriormente se prepararon las soluciones reactivas que se emplearon en esta prueba; a continuación, en la tabla número 2 se encuentra explicado cada una de las cantidades utilizadas para cada solución.

Tabla 2.

Preparación de los reactivos necesarios para la prueba ABTS

PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN # 1 - REGULADOR DE pH (PO₄)			
Reactivos	Compuestos químicos involucrados	Peso del soluto (g)	Volumen del disolvente (ml)
Reg (PO ₄)	Fosfato de Sodio Monobásico (NaH ₂ PO ₄) (Solute)	9.5960	
	Agua destilada (Disolvente)		490.4040
Reg (PO ₄)	Fosfato de Sodio Di básico (Na ₂ HPO ₄) (Solute)	1.4196	
	Agua destilada (Disolvente)		98.5804
PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN # 2 - PERÓXIDO (H₂O₂)			
Reactivos	Compuestos químicos involucrados	Volumen del soluto (ml)	Volumen del disolvente (ml)
Peróxido (H ₂ O ₂)	Peróxido (H ₂ O ₂) (Solute)	0.1140	
	Cloruro de Sodio (NaCl) (Disolvente)		9.90
DILUCIONES DE PERÓXIDO (H₂O₂)			
Dilución	Compuestos químicos involucrados	Volumen del soluto (ml)	Volumen del disolvente (ml)
1:10	Peróxido preparación anterior (H ₂ O ₂) (Solute)	1.00	
	Agua destilada (Disolvente)		9.00
2:10	Peróxido preparación anterior (H ₂ O ₂) (Solute)	2.00	
	Agua destilada (Disolvente)		8.00

Tabla 2. Continuación

PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN # 3 - PEROXIDASA (HRP)			
Reactivos	Compuestos químico involucrados	Peso del soluto (mg)	Volumen del disolvente (ml)
Peroxidasa	Peroxidasa de rábano (Horsereadish Peroxidase, HRP) (Soluta)	0.50	
	Agua destilada (Disolvente)		10.00

Nota. Las soluciones presentadas en esta tabla hacen referencia a las cantidades usadas en cada una de las diferentes preparaciones reactivas.

Los reactivos anteriormente mencionados fueron empleados para la preparación de los experimentos descritos en las tablas 7 y 9, en donde se emplearon pequeñas cantidades de cada uno de ellos en presencia de la solución ABTS o TROLOX; dichos reactivos cumplían con la función de regular el sistema (mezcla de reactivos, solución ABTS o TROLOX y aceite extraído de la semilla de Chía) a un pH de 6.0.

Para la realización de la prueba TROLOX es necesario la preparación de la solución TROLOX a una concentración de 100 mM, a continuación, en la tabla 3 se presentan las cantidades requeridas para la preparación de dicha solución.

Tabla 3.

Preparación de la solución Trolox (C₁₄H₁₈O₄)

PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN PARA LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE			
Método	Compuestos químico involucrados	Peso del soluto (g)	Volumen del disolvente (ml)
Trolox	Ácido-6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman- 2-carboxílico (C ₁₄ H ₁₈ O ₄) (Soluta)	0.0025	
	Etanol (C ₂ H ₅ OH) (disolvente)		9.9975

Nota. En la tabla se puede observar las cantidades tanto de soluto como de disolvente requeridas para la preparación de la solución TROLOX.

Cabe aclarar que en la preparación de la prueba TROLOX se emplearon los mismos reactivos utilizados en la prueba ABTS, sin embargo, se requirió un reactivo adicional que fue el ácido ascórbico (este reactivo se trató como la solución # 4). En la tabla número 4 se puede observar las cantidades requeridas para el desarrollo de esta solución.

Tabla 4.

Preparación del reactivo # 4 para la prueba TROLOX

PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN # 4 – ÁCIDO ASCÓRBICO (C₆H₈O₆)			
Método	Compuestos químico involucrados	Peso del soluto (g)	Volumen del disolvente (ml)
Ácido ascórbico	Ácido ascórbico (C ₆ H ₈ O ₆) (Solutos)	0.0004	
	Reg (PO ₄) (disolvente)		9.9996

Nota. Cantidades requeridas para la preparación del reactivo ácido ascórbico.

Al finalizar las diferentes soluciones empleadas en las pruebas ABTS y TROLOX, se añadieron 5 ml de aceite esencial extraído de la semilla de chía a cada una de los experimentos realizados en las tablas 7 y 9; de esta forma el sistema de ambos métodos estuvo listo para poder ingresarlos al espectrofotómetro de luz UV. Este equipo utiliza una técnica de absorción de radiación electromagnética mediante moléculas propias de la materia prima en estudio; dicha absorción arrojará un resultado que está directamente relacionado a la concentración de un compuesto específico de la materia prima [23]. El espectrofotómetro brindó datos necesarios para la realización de la curva de calibración de cada uno de ellos, de esta forma se tendrían resultados con respecto a la absorbancia del aceite de la semilla de chía, lo que indicó la capacidad antioxidante que contenía.

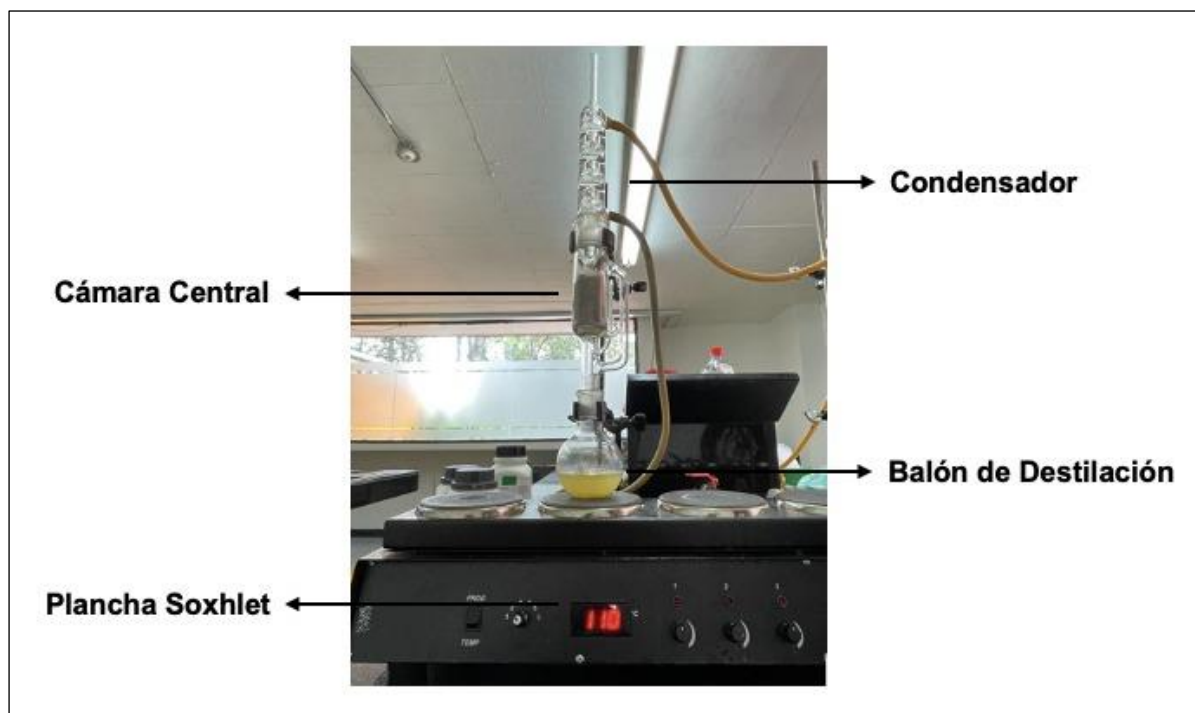
Una vez realizada la caracterización de la semilla de chía inició el proceso de extracción de los antioxidantes, los cuales fueron usados para la elaboración del recubrimiento anticorrosivo; este procedimiento se realizó en la Universidad de América, Bogotá – Colombia mediante el método Soxhlet en donde se utilizó como solvente éter de petróleo, el cual posee un punto de ebullición mayor a 50°C a una 1 atm (en Bogotá – Colombia su punto de ebullición es mayor a 36.84°C a 0.74 atm)

[24]; además se utilizó como materia prima la semilla de chía pulverizada (la cual fue sometida por un proceso de eliminación de impurezas) que paso previamente por un molino industrial. Durante este proceso ocurrieron 6 etapas fundamentales para la utilización del equipo Soxhlet.

La primera de ellas consistió en elaborar el cartucho de prueba (el cual hace referencia a un papel filtro que contenía previamente la semilla de chía pulverizada); la segunda etapa se basó en introducir el cartucho de prueba dentro de la cámara central (de 100 ml) del equipo Soxhlet, posteriormente, se agregó el éter de petróleo hasta generar el primer reflujo (es decir completar 100 ml), además se añadió 50 ml más para un volumen total de 150 ml de solvente, cabe recalcar que para llegar a este punto del proceso se debió tener todo el montaje correctamente armado (balón de destilación, cámara central y plancha Soxhlet) como se observa en la figura 15.

Figura 15.

Montaje del proceso Soxhlet



Nota. En esta figura se observa el montaje para la extracción de antioxidantes de la semilla de chía a partir del equipo Soxhlet en la Universidad de América, Bogotá – Colombia.

En la siguiente etapa se realizó la conexión de las mangueras en el condensador con el fin de tener un ciclo de agua continuo que mantuviera refrigerado el proceso (en

este punto el vapor del solvente entra en contacto con el ambiente frío permitiendo el cambio de fase a líquido en donde el fluido caerá gota a gota sobre el cartucho de prueba); luego se estableció la temperatura de la plancha, la cual tenía que ser superior a la temperatura de ebullición del solvente, debido a que no se tuvieron condiciones ideales durante los ciclos necesarios para la obtención del aceite (entre cinco y ocho ciclos); por último, se reemplazó la cámara central por una de 250 ml para realizar la destilación del éter de petróleo y el aceite de la semilla de chía. En la tabla 5 se puede observar las cantidades requeridas para el desarrollo de esta sección.

Tabla 5.

Datos para llevar a cabo el proceso de extracción de antioxidantes de la semilla de Chía mediante el equipo Soxhlet

EXTRACTO DE ANTIOXIDANTES PROVENIENTES DE LA SEMILLA DE CHÍA (<i>Salvia hispánica</i> L) MEDIANTE EL EQUIPO SOXHLET			
Experimento No.	Cantidad de semilla de Chía (g)	Cantidad de solvente éter de petróleo (ml)	Número de ciclos
1	25	150	5 – 8
2	25	150	5 – 8
3	25	150	5 – 8
4	25	150	5 – 8
5	25	150	5 – 8
6	25	150	5 – 8
7	25	150	5 – 8
8	25	150	5 – 8
9	25	150	5 – 8
10	25	150	5 – 8
11	25	150	5 – 8
12	25	150	5 – 8
13	25	150	5 – 8

Nota. Esta tabla está basada en datos teóricos previamente obtenidos en la tesis titulada “Optimización escalamiento y diseño de una planta piloto de extracción sólido líquido” tomado de: (12), el cual va a servir como ayuda en el proceso de extracción del aceite de semilla de Chía por el método Soxhlet.

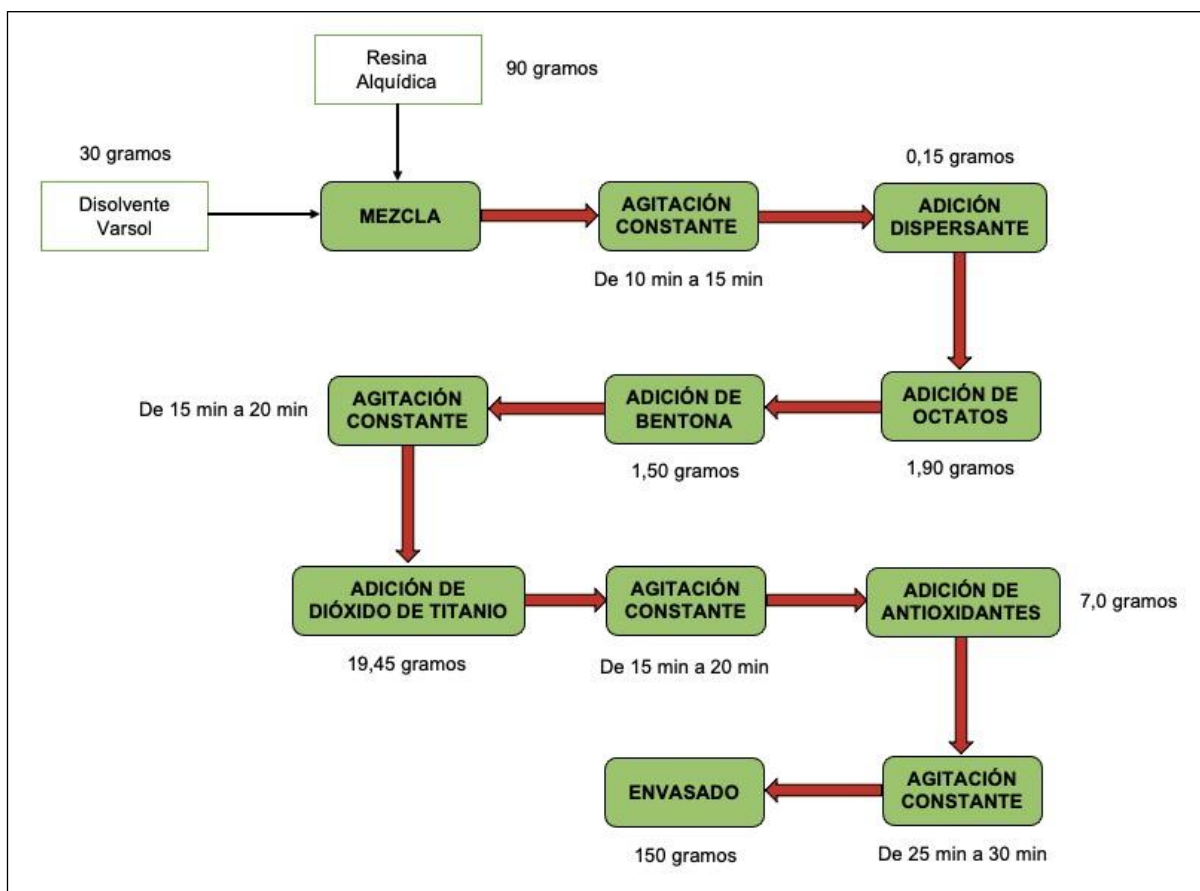
La formulación del recubrimiento anticorrosivo fue la tercera sección de esta metodología, en donde se analizó tres características fundamentales para la fabricación de este, las cuales fueron el vehículo, el pigmento y los respectivos aditivos. La preparación del vehículo se basó en dos partes (resina y solvente), la resina alquídica es un aglomerante que permite la mezcla entre el vehículo, el pigmento y los aditivos. Por otro lado, la función del disolvente Varsol es controlar la reactividad del sistema y brindar una fácil aplicación en los metales. El pigmento se

caracteriza por brindar propiedades como el color, la opacidad, la permeabilidad y la protección anticorrosiva (antioxidantes provenientes de la semilla de Chía); finalmente, los aditivos fueron compuestos químicos que le dieron características necesarias para obtener el producto final. Este recubrimiento fue aplicado en dos prototipos de tubería a los cuales se le realizó una prueba de velocidad de corrosión y pérdida de masa con el fin de evaluar su eficiencia.

Para la preparación del recubrimiento se llevaron a cabo una serie de etapas necesarias con el fin de que el producto elaborado cumpliera con cada uno de los requisitos establecidos y no se hubieran generado problemas en la formulación o aplicación del mismo. Estas etapas se pueden evidenciar mediante un diagrama de procesos en la figura 16.

Figura 16.

Diagrama de proceso



Nota. El diagrama de proceso evidenciado en la figura muestra cada una de los diferentes pasos que se requirieron para el desarrollo del recubrimiento anticorrosivo a base de la semilla de chía, en donde se incluye condiciones de operación en cada uno de estos y las respectivas cantidades empleadas.

El primer paso para la fabricación del recubrimiento consistió en disolver la resina alquídica con Varsol en un vaso de precipitado, esto con el fin de disminuir la viscosidad de la resina (este procedimiento se enfocó en reducir el tamaño de las partículas y de esta forma se obtuvo una mezcla más fácil de manejar). Seguido de esto, el recipiente se mantuvo en constante agitación para permitir la mezcla de las diferentes fases; en donde fue agregado el dispersante, luego los octoatos y por último la bentonita, los cuales son aditivos que brindan características fundamentales. Al transcurrir un tiempo de agitación continua se añadió el dióxido de titanio dando la propiedad del color; así mismo ayudo en la reología de la pintura. Para la protección anticorrosiva del recubrimiento, se agregaron los antioxidantes que fueron extraídos mediante el método Soxhlet; cabe recalcar que los antioxidantes provenientes de la semilla de chía fueron agregados muy lentamente y en constante agitación, de esta forma se permitió que las dos fases se conglomeraran de forma efectiva, evitando a futuro una posible separación. Finalmente, se mantuvo la mezcla en constante agitación por aproximadamente 30 minutos y se dio paso al proceso de envasado del producto final.

La formulación del recubrimiento a base del extracto antioxidante de la semilla de chía se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 6.*Formulación del recubrimiento a base del extracto antioxidante de la semilla de Chía*

FORMULACIÓN RECUBRIMIENTO A BASE DEL EXTRACTO ANTIOXIDANTE DE LA SEMILLA DE CHÍA	
Materias primas	Cantidades (g)
Resina Alquídica	90.00
Varsol	27.00 - 30.00
Dióxido de Titanio	19.45
Antioxidantes de la semilla de Chía	7.00 – 10.00
Secante (Octoatos)	1.90
Viscosificante (Bentonita)	1.50
Dispersante	0.15
Total	150.00

Nota. La formulación anteriormente descrita fue diseñada tomando como base una formulación genérica de la industria.

Para el desarrollo de este proyecto se elaboró un recubrimiento de 150 ml, el cual fue replicado con la misma formulación que se utilizó en el primer experimento; cada uno de estos recubrimientos fueron aplicados en un prototipo de tubería (1 y 2) de acero al carbono con un diámetro de 1.97 in y una longitud de 3.86 in simulando la tubería de un campo petrolero con agua de producción en su interior, esta agua fue sometida a una serie de pruebas que garantizo que sus propiedades fueran corrosivas (ver ANEXO C). Dicho recubrimiento fue aplicado bajo inmersión; este método de aplicación fue elegido con el fin de brindar una película más homogénea y consistente a través de toda la tubería (tanto en sus paredes internas como externas); de esta forma se puso a prueba la eficacia de esta pintura bajo ciertas condiciones de temperatura, humedad y salinidad en Carmen de Apicalá – Tolima. Esta ubicación cuenta con una temperatura máxima promedio de 35°C y una temperatura mínima promedio de 23°C; adicionalmente tiene una humedad máxima promedio de 97% y una humedad mínima promedio de 46%, permitiendo así simular un ambiente sumamente corrosivo de un campo petrolero en Colombia. Para evaluar el desempeño del recubrimiento al interior de la tubería se adiciono en cada extremo una tapa de PVC, las cuales fueron selladas herméticamente con silicona; esto

permitió que el agua de producción agregada (160 ml) no se derramara ni se evaporara por las condiciones de temperatura a las que fueron sometidas.

Con el fin de tener una base comparativa se establecieron dos experimentos adicionales, el primero de ellos consistió en aplicar una pintura anticorrosiva comercial en un prototipo de tubería (4) igual a los dos anteriores (aplicado bajo inmersión); de esta forma se identificó si la pintura fabricada a base de la semilla de chíá brindo mejores o peores resultados en comparación a la pintura comercial. El experimento número dos se basó en un mismo prototipo de tubería (3), pero sin ningún tipo de recubrimiento aplicado, esto permitió observar los cambios significativos con respecto a la corrosión entre una tubería con pintura y una sin pintura; de esta forma se culminó el segundo objetivo planteado en este documento.

Para evaluar la eficiencia y la eficacia del recubrimiento anticorrosivo sometido a ciertas condiciones de temperatura, humedad y salinidad se debieron realizar dos tipos de pruebas (estas se realizaron en los cuatro prototipos de tubería, sin embargo, se esperó tener resultados similares en las tuberías con el recubrimiento a base de semilla de chíá); la primera prueba se basó en calcular la velocidad de corrosión, esta prueba inició preparando una solución electrolítica a base de agua de producción y sal en donde se sumergieron cada una de las tuberías para identificar la intensidad de corriente eléctrica por medio de una fuente de voltaje que trabajo a diferentes tensiones eléctricas bajo la unidad de Voltios (este procedimiento se realizó en todas las tuberías luego de ser sometidas a las condiciones corrosivas).

La segunda prueba correspondió a la pérdida de masa; esta prueba inicio pesando cada una de las tuberías con pintura, en donde la uno y la dos correspondían a la pintura anticorrosiva a base del extracto antioxidante de la semilla de chíá, mientras que la tubería cuatro tuvo pintura anticorrosiva comercial y la tubería tres no tenía ningún tipo de pintura. Posteriormente de ser expuestas al ambiente corrosivo y al agua de producción fueron pesadas nuevamente y de esta forma se tuvo la diferencia del peso entre el antes y el después, obteniendo así los resultados de la pérdida de masa de la tubería.

Finalmente, para la determinación de los costos asociados a la fabricación y aplicación del recubrimiento anticorrosivo se tuvieron en cuenta cada una de los diferentes costos con respecto a los materiales requeridos como: Semilla de Chía, solvente éter de petróleo, Varsol, resina alquídica, pigmento, aditivos y envase. También se incluyeron los costos de las pruebas realizadas anteriormente como: molienda de la materia prima, prueba Soxhlet, prueba ABTS y prueba TROLOX. Adicionalmente se adiciono al presupuesto todo lo relacionado a la aplicación del recubrimiento, es decir el precio del prototipo de tubería que se usó. De esta forma se tenían todos los insumos necesarios para evaluar si el proyecto cumplió los objetivos establecidos al inicio del documento.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

De acuerdo a la metodología planteada anteriormente se obtuvieron resultados necesarios para determinar la eficiencia del recubrimiento orgánico a base del extracto antioxidante de la semilla de chía para tuberías de transporte de agua de producción petrolera. Es por esto que dichos datos son presentados a continuación según los objetivos específicos planteados al inicio de este documento; dando un orden claro que permita discutir los resultados obtenidos previamente.

3.1. Discusión y resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica de la semilla de chía

Después de haber sometido las muestras de ABTS y TROLOX en el espectrofotómetro de luz UV se obtuvieron datos necesarios para la construcción de la curva estándar según la prueba, que permitió establecer la línea de tendencia que mejor representaba los datos obtenidos; dicha línea brindo un dato relacionado a la capacidad antioxidante de la semilla de chía.

3.1.1. Prueba ABTS

Para la realización de la prueba número uno, se tomó en cuenta la preparación de una serie de soluciones reactivas; que permitieron la identificación de la capacidad antioxidante en el espectrofotómetro de luz UV en presencia de la solución ABTS. A continuación, se presenta la tabla 7 con los datos de cada una de las soluciones empleadas en esta prueba:

Tabla 7.*Resultados prueba ABTS*

Tubo No.	ABTS 1mM (ml)	H₂O₂ 1mM (μL)	Reg de fosfatos (PO₄) 0.1 M	HRP 500μg/ml (μL)
1	0.50	0	1.49	10
2	0.50	10	1.48	10
3	0.50	20	1.47	10
4	0.50	30	1.46	10
5	0.50	40	1.45	10
6	0.50	50	1.44	10
7	0.50	60	1.43	10
8	0.50	70	1.42	10
9	0.50	80	1.41	10
10	0.50	90	1.40	10
11	0.50	100	1.39	10

Nota. En esta tabla se puede identificar como se genera una variación en la concentración de peróxidos (H₂O₂), para la identificación de la absorbancia mediante el espectrofotómetro de luz UV.

Una vez realizados los diferentes experimentos en donde se varió la concentración de peróxidos, se procedió a introducir las muestras (tubos de ensayo) en el espectrofotómetro de luz UV, el cual arrojó resultados de la absorbancia a diferentes concentraciones; cómo se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 8.

Concentración y absorbancia para la determinación de la capacidad antioxidante con ensayo ABTS

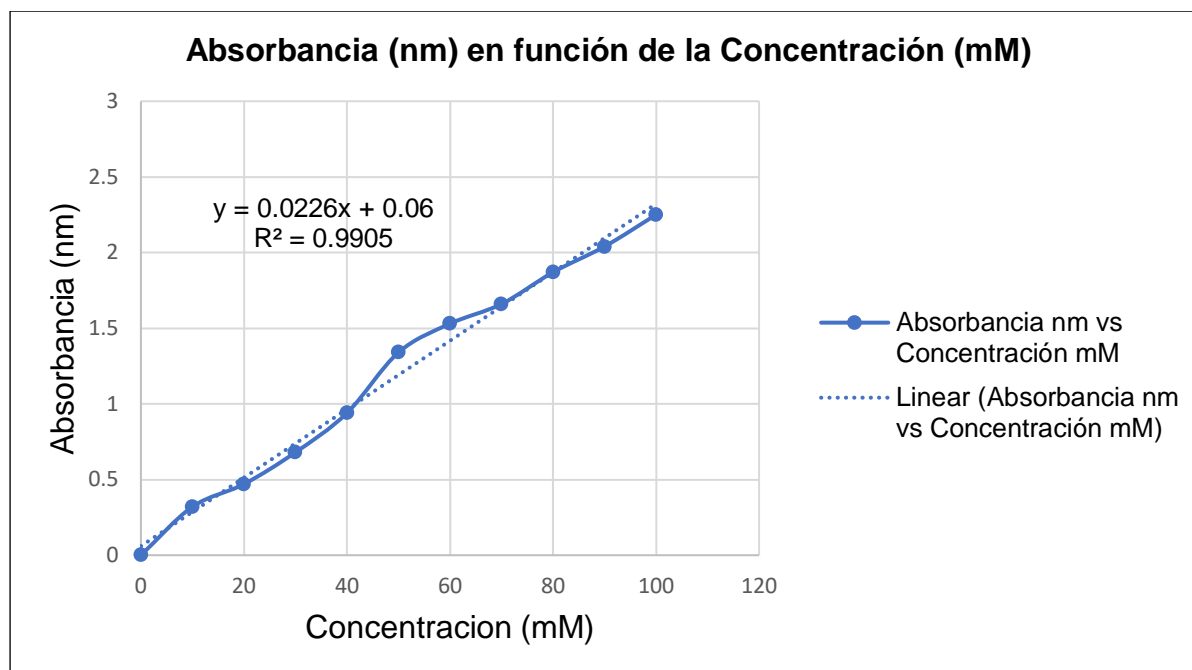
Concentración mM	Absorbancia nm
0	0.00
10	0.32
20	0.47
30	0.68
40	0.94
50	1.34
60	1.53
70	1.66
80	1.87
90	2.04
100	2.25

Nota. Datos utilizados para la elaboración de la curva estándar ABTS.

A partir de los datos anteriores se procedió a elaborar la curva estándar ABTS representada en la figura 17, agregando una línea de tendencia que permitió identificar la ecuación que mejor representaba dicha curva; obteniendo el valor de R^2 el cual es una medida estadística que determina que tan cerca están los resultados de la línea de tendencia con los de la curva estándar de calibración.

Figura 17.

Absorbancia (nm) vs Concentración (mM) en la prueba ABTS



Nota. Curva estándar ABTS utilizando una longitud de onda de 414 nm en el espectrofotómetro de luz UV; teniendo en el eje X las concentraciones de peróxido de hidrogeno en mM, mientras que el eje Y se manejan las absorbancias en nm.

La medida estadística (R^2) está relacionada directamente con la cantidad de radicales libres que determina la capacidad antioxidante del aceite esencial de la semilla de chía; sin embargo, este valor no debe ser mayor a 1 debido a que indicaría excesiva cantidad de radicales libres. Estas moléculas son mezcladas con las demás materias primas utilizadas en la fabricación de la pintura permitiendo la unión de compuestos y dando la estabilidad del recubrimiento, en caso de tener un $R^2 > 1$ se tendrán radicales libres sin reaccionar en la mezcla final, lo que conlleva a que estos puedan reaccionar con moléculas del ambiente corrosivo (agua, sal, oxígeno, etc.), permitiendo así una aceleración del proceso de corrosión. A partir de la figura 17 y mediante una línea de tendencia lineal se obtuvo un dato de R^2 (0.9905) que indica que por medio de este método el aceite esencial posee una excelente capacidad antioxidante y que puede ser utilizado para reemplazar los pigmentos tóxicos de las pinturas comerciales.

Adicionalmente, el proceso químico observado durante la experimentación de esta prueba se basa en la oxidación de la solución ABTS; la cual, al estar en presencia de

soluciones reactivas como los peróxidos y la peroxidasa de rábano, generan una serie de reacciones que permiten la formación de un intenso color verde-azul de la mezcla, identificando así la creación del radical catiónico ABTS^{*+} [25]. Una vez fue agregado el aceite esencial extraído de la semilla de chía, se evidenció una disminución en la intensidad del color, lo que representa la existencia de los compuestos antioxidantes propios de la especia natural, los cuales brindarán las diferentes absorbancias al ser ingresados en el espectrofotómetro de luz UV. Finalmente, estos resultados arrojados por el equipo son expresados en términos de inhibición y son llevados a una concentración relativa de Trolox, permitiendo así identificar la capacidad antioxidante propia del aceite esencial de la semilla de chía a causa de la oxidación de la solución ABTS [25].

3.1.2. Prueba TROLOX

La prueba número dos para la caracterización de la semilla de chía consistió en realizar una serie de soluciones reactivas en presencia de la solución TROLOX; dicho experimento se basó en generar variaciones de las cantidades y concentraciones del compuesto anteriormente mencionado. A continuación, en la tabla 9 se describen cada uno de los diferentes ensayos.

Tabla 9*Resultados prueba TROLOX*

Tubo No	TROLOX (mM)	μL de TROLOX	C₆H₈O₆ 1mM (ml)	REG (PO₄)	H₂O₂ 1mM (μL)	HRP 500 μg/ml (μL)
1	0	0	0.50	1.490	0	10
2	50	1	0.50	1.439	50	10
3	100	2	0.50	1.438	50	10
4	200	4	0.50	1.436	50	10
5	300	6	0.50	1.434	50	10
6	400	8	0.50	1.432	50	10
7	500	10	0.50	1.430	50	10
8	600	12	0.50	1.428	50	10

Nota. En esta tabla se observa los resultados obtenidos de las diferentes soluciones realizadas para la prueba TROLOX, en donde se fue modificando tanto la concentración como el volumen de TROLOX.

Luego de haber preparado cada uno de los diferentes ensayos, se procedió a ingresar el tubo de ensayo de cada experimento en el espectrofotómetro de luz UV, en donde se identificó la absorbancia a diferentes concentraciones, estableciendo en el equipo una longitud de onda de 414 nm; en la tabla 10 se observan los resultados obtenidos.

Tabla 10.

Concentración y absorbancia para la determinación de la capacidad antioxidante con ensayo TROLOX

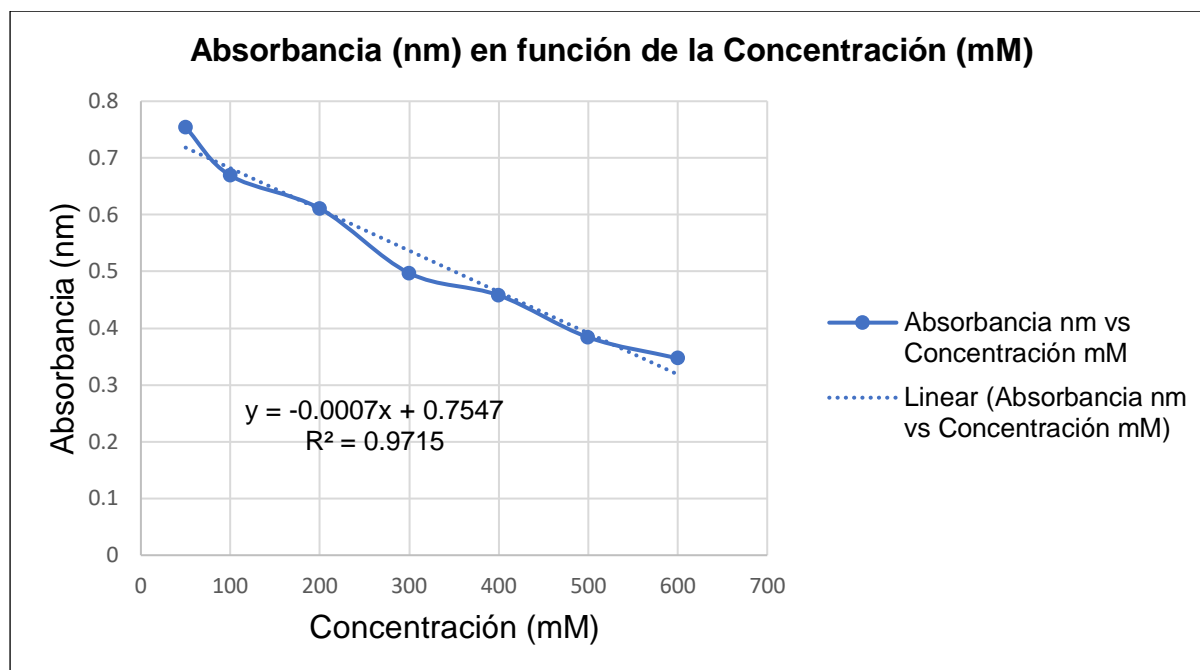
Concentración mM	Absorbancia nm
50	0.754
100	0.669
200	0.611
300	0.497
400	0.458
500	0.384
600	0.347

Nota. Datos utilizados para la elaboración de la curva estándar TROLOX.

A partir de los datos anteriormente descritos, se elaboró una curva estándar en donde se adiciono una línea de tendencia que ayudo a identificar la capacidad antioxidante de la semilla de chía mediante el dato de R^2 ; en la siguiente figura se observa el comportamiento de la curva.

Figura 18.

Absorbancia (nm) vs Concentración (mM) en la prueba TROLOX



Nota. Curva estándar TROLOX; teniendo en el eje X las concentraciones de la solución TROLOX en mM, mientras que el eje Y se manejan las absorbancias en nm.

En comparación al ensayo realizado mediante la solución ABTS se puede observar en la figura 18, como los datos se presentan de forma descendente, es decir a menor concentración de la solución TROLOX se obtiene una mayor cantidad de radicales libres; esto se da a causa de la presencia de la solución de peroxidasa (el volumen utilizado siempre fue de 10 ml) y la solución de ácido ascórbico (el volumen utilizado siempre fue de 0.50 ml) en la solución TROLOX. Esto se entiende a partir de que a menor volumen de solución TROLOX, el volumen de HRP y de $C_6H_8O_6$ será más representativo, indicando así mayor presencia de radicales libres; mientras que a mayor volumen de solución TROLOX, el volumen de HRP y de $C_6H_8O_6$ será menos representativo, lo que quiere decir que se encuentra menor cantidad de radicales libres. De acuerdo a lo mencionado anteriormente, se identifica en este método un R^2 de 0.9715 lo cual rectifica una excelente capacidad antioxidante del aceite esencial.

Finalmente, para la realización de estos experimentos es importante determinar la capacidad antioxidante de un compuesto por diferentes métodos, esto con el fin de obtener datos verídicos respecto a esta prueba; ya que en el caso en donde los resultados de los métodos dieran valores muy distantes, esto indicaría un error en el

procedimiento llevado a cabo y por lo tanto se tendría que repetir las pruebas para la obtención de datos verídicos; en pocas palabras, la realización de la prueba mediante diferentes métodos permite rectificar el valor real de la capacidad antioxidante de un compuesto. Es por esto que, para la caracterización de la semilla de chía, se realizaron dos pruebas (ABTS y TROLOX), en donde la diferencia de los R^2 de ambos métodos fue tan solo del 0.019, dando a entender que el aceite esencial proveniente de la semilla de chía si posee una excelente capacidad antioxidante.

3.2. Discusión y resultados obtenidos de la formulación del recubrimiento anticorrosivo natural a partir del extracto de la semilla de chía

Para la formulación de una pintura anticorrosiva es importante tener en cuenta los compuestos que brindan una capacidad antioxidante, es por esto que en este documento es esencial la extracción y el análisis de los antioxidantes provenientes de la semilla de chía; debido a que este aceite es fundamental en la preparación del pigmento. A continuación, se presentan cada una de las discusiones de los resultados obtenidos, tanto para el procedimiento de extracción de estos compuestos, como para la preparación del recubrimiento.

3.2.1. Extracción de compuestos antioxidantes mediante el equipo Soxhlet

Durante la extracción de los compuestos antioxidantes de la semilla de chía mediante el equipo Soxhlet, se tomaron datos referentes al número de ciclos, tiempo total y aceite extraído para cada uno de los experimentos; cabe recalcar que las cantidades empleadas de semilla de chía (25 g) y de éter de petróleo (150 ml) fueron las establecidas previamente en la metodología (ver tabla 5); sin embargo, el tiempo total de la destilación descrita en la tabla 11 es un rango aproximado, debido a que este proceso no se lleva a cabo en un tiempo determinado y depende de la observación por parte de los investigadores. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 11.*Resultados de la extracción mediante el equipo Soxhlet*

EXTRACTO DE ANTIOXIDANTES PROVENIENTES DE LA SEMILLA DE CHÍA (<i>Salvia hispánica</i> L) MEDIANTE EL EQUIPO SOXHLET				
Experimento No.	Número de ciclos	Tiempo total de los ciclos (horas)	Tiempo total de la destilación (horas)	Cantidad de aceite extraído (ml)
1	7	3.83	1 – 2	10.20
2	6	4.52	1 – 2	14.70
3	6	4.55	1 – 2	10.00
4	7	4.43	1 – 2	14.80
5	10	4.87	1 – 2	9.60
6	7	1.40	1 – 2	9.40
7	6	3.50	1 – 2	10.00
8	6	1.37	1 – 2	10.00
9	6	3.58	1 – 2	10.00
10	6	4.17	1 – 2	10.30

Nota. En esta tabla se observa la cantidad de aceite extraído por experimento para un total de 109 ml de aceite esencial de semilla de chía.

Según los resultados obtenidos del proceso de extracción de antioxidantes de la semilla de chía descritos en la tabla 11, se puede observar que los tiempos totales de cada experimento variaron en ciertos casos, en donde a pesar de tener el mismo número de ciclos de extracción se obtuvo diferencias significativas de tiempo. Cabe aclarar que estos experimentos se llevaron a cabo durante una semana completa (lunes a viernes) en la ciudad de Bogotá D.C – Colombia en donde se tiene una temperatura máxima promedio de 19°C y una temperatura mínima promedio de 7°C, esto significa que la temperatura ambiente durante la realización de la extracción no fue constante por lo que genero cambios en dichos resultados.

Por otro lado, el solvente empleado (éter de petróleo) para este proceso de extracción presenta una volatilidad importante debido a que en su composición contiene una mezcla de hidrocarburos con un punto de ebullición bajo (20-60°C) [26] lo que da a lugar a que se presenten perdidas de disolvente durante el proceso experimental;

generando así variaciones en el volumen inicial. Estas pérdidas están relacionadas de forma directa con el montaje realizado previamente, debido a que si no se seleccionan adecuadamente los equipos necesarios para el proceso Soxhlet no se tendría un sello totalmente hermético entre el balón de destilación, la cámara central y el condensador. Es por esto que se presentan pérdidas de solvente que provocarían un aumento del tiempo total para llevar a cabo los ciclos necesarios en cada uno de los experimentos.

A raíz de lo anteriormente mencionado se puede observar que el experimento número cinco se tardó 4.87 horas en completar diez ciclos continuos y al compararlo con los demás experimentos este fue el que más obtuvo, debido a que el resto de experimentos oscilan entre 6 a 7 ciclos. Lo que evidencia un error en el montaje o en la adición del solvente ya que al momento de medir los 150 ml necesarios se pudo agregar más de lo establecido, generando un mayor volumen y por lo tanto mayor cantidad de ciclos necesarios para la extracción completa del aceite de la semilla de chía. De igual manera se debe tener en cuenta el estado de la plancha Soxhlet debido a que se pueden presentar temperaturas que no concuerdan con las registradas en la pantalla indicadora, a causa del poco mantenimiento del equipo.

Adicionalmente, al iniciar el procedimiento de destilación (separación del éter de petróleo residual y aceite de semilla de chía) se pueden presentar problemas relacionados al tiempo requerido para la separación total de dichas fases; este problema se presenta ya que no existe un indicador que determine el tiempo exacto para la finalización del procedimiento. Esta destilación está sujeta a la observación por parte de los investigadores, generando que se hayan culminado los experimentos en un tiempo anticipado; es por esta causa que en algunos casos se obtuvo menor cantidad de aceite en comparación a los experimentos dos y cuatro, lo que conllevaría a tener trazas de aceite en el volumen de solvente separado; indicando así la falta de tiempo para dar por terminado el proceso de destilación.

Finalmente, se puede identificar que los experimentos seis y ocho obtuvieron resultados satisfactorios, debido a que se logró extraer una buena cantidad de aceite de semilla de chía, empleando el número de ciclos planteados en la metodología a partir de una referencia bibliográfica (ver tabla 5). Estos dos experimentos emplearon

un tiempo significativamente más corto en comparación al resto de montajes; dando a entender que fueron los procedimientos mejor realizados durante el desarrollo del proceso Soxhlet.

3.2.2. Fabricación del recubrimiento orgánico anticorrosivo

Para la fabricación del recubrimiento se tomó en cuenta la formulación descrita en la tabla 6, en donde se observa que los antioxidantes provenientes de la semilla de chía y el Varsol son los compuestos que variaron en la formulación de la pintura; debido a que estos componentes son determinantes en la estabilidad total del producto final. Es por esto que se realizaron cuatro experimentos de la décima parte del volumen total planteado en la formulación de la tabla 6, de esta forma se obtuvo la fórmula más adecuada para esta pintura. A continuación, en la tabla 12 se encuentran las cantidades empleadas de cada uno de los insumos utilizados en los diferentes experimentos.

Tabla 12.

Experimentación con la formulación comercial en una décima parte del volumen total (150 ml) para hallar la formulación final de la pintura anticorrosiva a base del extracto antioxidante de la semilla de chía

Experimentación practica para la determinación de la pintura anticorrosiva				
Experimento No.	1	2	3	4
Materias primas				
Resina Alquídica	9.000	9.000	9.000	9.000
Varsol	2.700	2.800	2.900	3.000
Dióxido de Titanio	1.945	1.945	1.945	1.945
Antioxidantes de la semilla de chía	1.000	0.900	0.800	0.700
Secante (Octoatos)	0.190	0.190	0.190	0.190
Viscosificante (Bentonita)	0.150	0.150	0.150	0.150
Dispersante	0.015	0.015	0.015	0.015
Total	15.00	15.00	15.00	15.00

Nota. En la tabla se puede observar las variaciones de los antioxidantes de la semilla de chía y del Varsol para la adecuada determinación de la formulación final de la pintura anticorrosiva.

Una vez realizadas cada una de las formulaciones descritas en la tabla 12 en vasos de precipitado de 50 ml, se procedió a sellar cada uno de estos con papel film transparente con el fin de evitar el ingreso de aire, contaminantes y humedad a la pintura, lo que podría generar problemas en la consistencia final de cada uno de los experimentos. Luego de tenerlos completamente sellados se dejaron en reposo en un cuarto con poca presencia de luz por 24 horas para poder identificar si ocurrió una separación de fases durante este tiempo.

Transcurridas las 24 horas se observó que los experimentos 1 y 2 tuvieron una separación total de fases; es decir se identificó una fase discontinua de aceite y otra fase continua con el resto de las materias primas empleadas (este resultado se conoce como “pintura cortada”); mientras que en el experimento 3 la separación de fases no fue total, debido a que únicamente se observaron ciertas trazas de aceite en la parte superior de la pintura. Y por último en el experimento 4 no se evidencio una separación de fases, lo que indico una estabilidad en el sistema y una correcta formulación de dicha pintura; la cual fue empleada para la producción del recubrimiento que fue aplicado en el prototipo de tubería. En la tabla 13 se observa la formulación final:

Tabla 13.

Formulación final del recubrimiento anticorrosivo

FORMULACIÓN RECUBRIMIENTO A BASE DEL EXTRACTO ANTIOXIDANTE DE LA SEMILLA DE CHÍA	
Materias primas	Cantidades (g)
Resina Alquídica	90.00
Varsol	30.00
Dióxido de Titanio	19.45
Antioxidantes de la semilla de Chía	7.00
Secante (Octoatos)	1.90
Viscosificante (Bentonita)	1.50
Dispersante	0.15
Total	150.00

Nota. En la formulación descrita anteriormente se observa que la cantidad de Varsol seleccionada fue de 30 gramos, mientras que la cantidad de antioxidantes de semilla de chía fue de 7 gramos.

Una de las etapas más importantes en la fabricación de pinturas base aceite, en donde está presente la fase continua y discontinua es la agitación constante de las diferentes materias primas que componen la mezcla. Este procedimiento es de suma importancia debido a que permitirá que las partículas de la fase discontinua se dispersen en las de la fase continúa generando una unión molecular estable para así evitar posibles separaciones en el producto final; un excelente proceso de agitación garantiza la estabilidad de la pintura a través del tiempo.

Sin embargo, el factor de la agitación no es la única limitante en el proceso de fabricación de una pintura; los aditivos también cumplen un papel fundamental pese a que en la formulación final su composición solo corresponde al 2.37%, esta pequeña cantidad brinda propiedades como un tiempo de secado óptimo, una buena reología de la pintura y ayuda a la homogenización de los diferentes componentes empleados. Al momento de realizar la aplicación bajo inmersión de ambas pinturas (comercial y recubrimiento a base de semilla de chía) en los diferentes prototipos de tuberías, se pudo observar que el proceso de secado de la pintura comercial fue menor en comparación al recubrimiento realizado; esta diferencia de tiempos de secado entre ambas pinturas se dio a causa de los antioxidantes de la semilla de chía (aceite esencial) incluidos en la formulación del recubrimiento.

Al sustituir los compuestos de cromatos de zinc o de plomo por compuestos antioxidantes de la semilla de chía en la fabricación del recubrimiento se produjo un aumento del tiempo de secado, debido a que el cromato de zinc o el plomo al reaccionar con la resina alquídica generaba una reacción acelerada que contribuía de manera favorable el secado rápido de la pintura [27]. De igual manera se sabe que el proceso de secado por oxidación (Octoatos) se da después de llevar a cabo la evaporación del disolvente empleado, es por esto que al haber cierto contenido de aceite disuelto en este solvente se prolongaría aún más este proceso [28]; ocasionando que el proceso de curado (resistencia final de la pintura) inicie más tarde [29].

Finalmente, es importante recalcar el buen comportamiento del recubrimiento a base del extracto antioxidante de la semilla de chía al exterior de la tubería uno y dos, debido a que se observa una disminución radical de la corrosión a pesar de tener

presencia de corrosión por picaduras en ciertas secciones de los prototipos de tubería. Sin embargo, al interior de la tubería el recubrimiento no fue tan eficiente como era previsto; debido a que al estar en contacto con agua de producción no se tuvo el comportamiento deseado y se empezó a destruir esta capa protectora, permitiendo así el aumento de la corrosión internamente. A continuación, en la figura 19 se puede observar el producto final (recubrimiento anticorrosivo a base del extracto antioxidante de la semilla de chía) en su respectivo envase.

Figura 19.

Recubrimiento orgánico a base del extracto antioxidante de la semilla de chía



Nota. En la presente imagen se observa el recubrimiento orgánico ECO-PAINT realizado en este documento; para ver más a detalle la etiqueta del producto ver ANEXO B.

3.3. Discusión y resultados de la determinación de la eficiencia del recubrimiento

Con el fin de determinar la eficiencia del recubrimiento anticorrosivo se establecieron dos pruebas que arrojaron datos con respecto a la velocidad de corrosión y pérdida

de masa de las tuberías; en la figura 20 se observan los prototipos externamente antes de su exposición al medio corrosivo.

Figura 20.

Prototipos de tubería antes de ser expuestos a condiciones corrosivas



Nota. En la figura anterior se evidencia como los cuatro prototipos de tubería no presentan ningún tipo de corrosión externamente.

Mientras que en la figura 21 se demuestra la afectación a causa de la corrosión en los diferentes prototipos de tubería.

Figura 21.

Prototipos de tubería después de ser expuestos a condiciones corrosivas



Nota. En esta figura se observa la afectación externa de la tubería por parte de la corrosión.

Por otro lado, en la figura 22 se evidencia el estado de los prototipos de tubería que tenían un recubrimiento anticorrosivo aplicado en su interior antes de ser expuestas al medio corrosivo.

Figura 22.

Prototipos de tubería pintados con un recubrimiento anticorrosivo

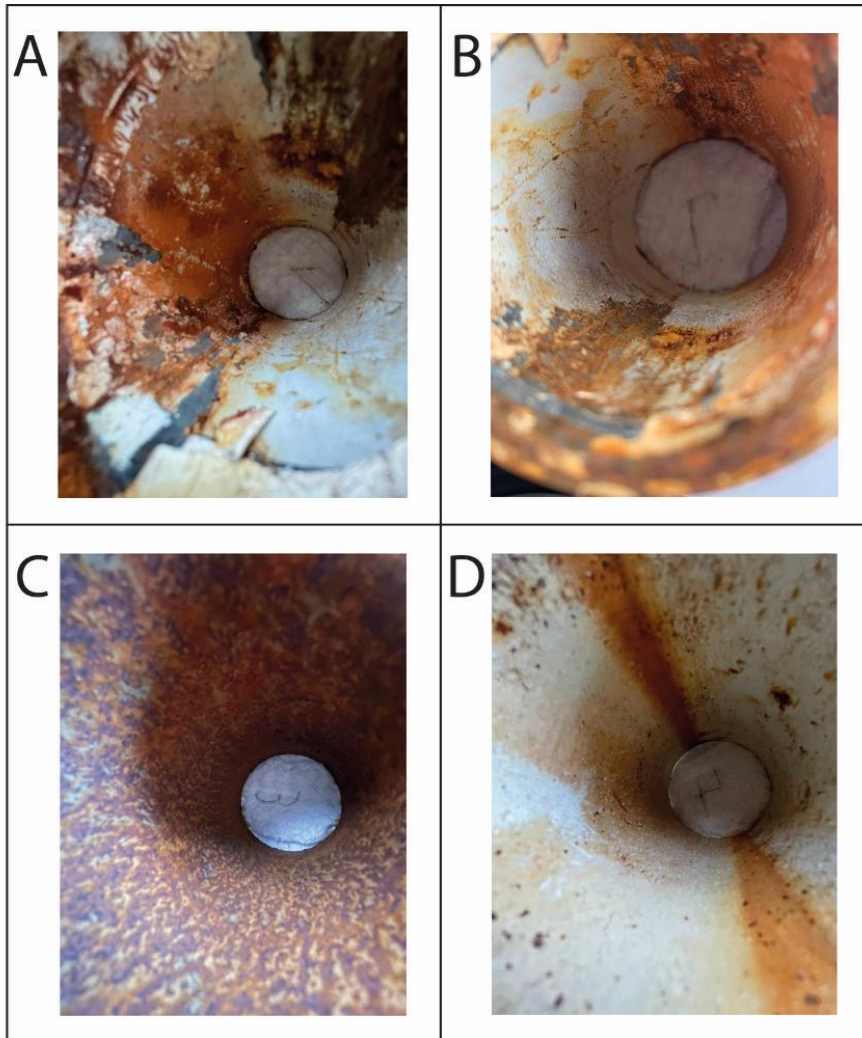


Nota. Cabe aclarar que las tuberías 1, 2 y 4 se pintaron con algún recubrimiento anticorrosivo (recubrimiento a base del extracto antioxidante de la semilla de chía o comercial) bajo inmersión, y por lo tanto todas estas quedaron como se observa en la imagen.

Finalmente, en la figura 23 se muestra la afectación a causa de la corrosión al interior de los cuatro prototipos de tubería.

Figura 23.

Prototipos de tubería afectados internamente por la corrosión



Nota. En la figura A y B se presenta la tubería 1 y 2 en donde se aplicó el recubrimiento anticorrosivo a base del extracto antioxidante de la semilla de chía, mientras que en la figura C se representa la tubería número 3 la cual no tenía ningún tipo de recubrimiento; por otro lado, la figura D expone la tubería 4 cuyo interior estaba pintado con un recubrimiento anticorrosivo comercial.

3.3.1. Pérdida de masa

Como se sabe la corrosión es la causante de la pérdida de masa del material expuesto a un ambiente corrosivo; este daño aumentará significativamente con el transcurso del tiempo, debido a que estas dos variables son directamente proporcionales, representándose en el deterioro de las propiedades del material [30]. A continuación, en la tabla 14 se representan los datos de la masa de los prototipos de tubería antes y después de ser sometidas a condiciones corrosivas.

Tabla 14.*Resultados de la prueba de pérdida de masa*

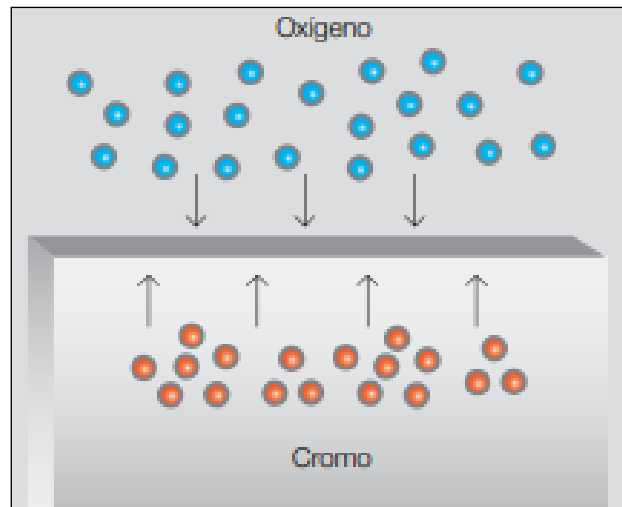
Tubería No.	Peso antes de someterse a condiciones corrosivas (g)	Peso después de someterse a condiciones corrosivas (g)	Diferencia de peso (g)
1	633.40	620.65	12.75
2	572.20	572.37	-0.17
3	474.00	473.53	0.47
4	457.60	458.15	-0.55

Nota. En la tabla se puede observar el peso de cada tubería antes y después de ser sometidas a condiciones corrosivas; de igual manera la diferencia de peso corresponde a la pérdida de masa que sufrió cada una de estas.

Según los resultados reportados en la tabla 14 se puede evidenciar que las tuberías número dos y cuatro generaron una capa de pasivación, la cual se presenta a causa de la separación de ciertos compuestos presentes en la aleación. Uno de los principales compuestos que conducen a que se lleve a cabo el proceso de la pasivación es el cromo; el cual al entrar en contacto con el oxígeno del medio ambiente da a lugar a que se inicie el proceso de pasivación como se observa en la figura 24.

Figura 24.

Inicio del proceso de pasivación

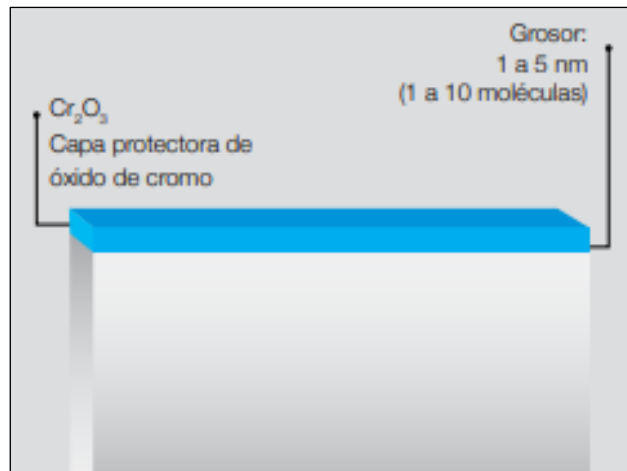


Nota. En esta figura se puede observar como las partículas de oxígeno y cromo van a generar una reacción sobre la superficie del metal, produciendo una capa de pasivación. Tomado de: Surfox, “Pasivación ¿Por qué es importante el proceso de pasivación?,” *Surfox*, p. 1, [Online]. Available: https://www.walter.com/documents/175001/1153924/Passivation_Mex.pdf/eafa0d0a-d7eb-43de-b147-e41b3b89874e.

Una vez entren en contacto las partículas de oxígeno y cromo, se genera una reacción química produciendo óxido de cromo; el cual será el componente fundamental para la conformación de la capa de pasivación, en la figura 25 se puede observar un ejemplo de ello. Es importante aclarar que en el análisis visual de los prototipos 2 y 4 se observó zonas ligeramente gruesas haciendo referencia a la presencia de una capa de pasivación.

Figura 25.

Formación de la capa de pasivación



Nota. La sección azul de la imagen representa la capa de pasivación del metal generada por el óxido de cromo. Tomado de: Surfox, “Pasivación ¿Por qué es importante el proceso de pasivación?,” *Surfox*, p. 1, [Online]. Available: https://www.walter.com/documents/175001/1153924/Passivation_Mex.pdf/eafa0d0a-d7eb-43de-b147-e41b3b89874e.

Finalmente, las tuberías uno y tres representaron una pérdida de peso del material (aleación de acero al carbono), debido a que sobre traspasaron la capa de pasivación, generando la pérdida de esta y empezando a afectar la superficie “real” de la tubería. Sin embargo, el resultado de la variación del peso de la tubería uno indicó una mayor pérdida de material en comparación a la tubería tres; esto ocurrió debido a que se tuvo una intromisión a raíz de una falla en el sello hermético de la tubería, dando paso al ingreso de las partículas de este gran oxidante (oxígeno (O_2)) proveniente del medio ambiente.

3.3.2. Velocidad de corrosión

Esta prueba consiste en determinar cuál es la intensidad de corriente de las diferentes tuberías, las cuales se sometieron a diferentes potenciales con ayuda de la fuente de voltaje. No obstante, para el cálculo de la velocidad de corrosión es de suma importancia el dato del peso molecular de la aleación de la tubería empleada en los cuatro prototipos usados. A continuación, en la tabla 15 se describe la composición de la aleación y el respectivo cálculo del peso molecular.

Tabla 15.*Composición del prototipo de tubería usado*

COMPOSICIÓN DE LA ALEACIÓN DE ACERO AL CARBONO			
Compuesto	Composición (Y)	Masa molecular (g/mol)	Y * M
Carbono (C)	0.00300	12.0107	0.0360
Silicio (Si)	0.00100	28.0855	0.0281
Manganeso (Mn)	0.00290	24.3050	0.0705
Fosforo (P)	0.00035	30.9738	0.0108
Azufre (S)	0.00035	32.0650	0.0112
Cromo (Cr)	0.00400	51.9961	0.2080
Molibdeno (Mo)	0.00150	95.9500	0.1439
Níquel (Ni)	0.00400	58.6934	0.2348
Cobre (Cu)	0.00400	63.5430	0.2542
Vanadio (V)	0.00080	50.9415	0.0407
Hierro (Fe)	0.97810	55.8450	54.6220
Peso molecular total de la tubería de acero al carbono (g/mol)			55.6602

Nota. El peso molecular hace referencia al conjunto de compuestos de la aleación descrita en esta tabla, la cual corresponde al prototipo de tubería fabricado. Tomado de: Aleación Tubos, "Tubo de acero al carbono A106," *Aleación Tubos*. <https://www.tubos-acero-aleacion.com/astm-a106-gr-b-c-tuberia-tubos-de-acero-al-carbono.html> (accessed Jun. 10, 2021).

Una vez calculado el peso molecular reflejado en la tabla anterior, se procede a hallar el área de las tuberías empleadas en la experimentación; se debe tener en cuenta que el área afectada por la corrosión hace referencia a un cilindro sin tapas, es decir, se calcula el área lateral tanto internamente como externamente; en la ecuación 1 se describen cada una de las variables involucradas para este cálculo.

Ecuación 1.*Área lateral del cilindro*

$$A_{cilindro} = 2\pi r_{Int} h + 2\pi r_{Ext} h$$

En donde: $A_{cilindro}$ = Área total del cilindro (cm²)

Pi (π) = Constante matemática Pi

h = altura del cilindro (cm)

r_{int} = Radio interno del cilindro (cm)

r_{Ext} = Radio externo del cilindro (cm)

En función de la ecuación descrita anteriormente, se calcula el área total afectada por la corrosión; se debe tener en cuenta que los cuatro prototipos de tubería tienen las mismas dimensiones, por lo que el área total es igual. En la tabla 16 se registran los datos necesarios para calcular el área.

Tabla 16.

Áreas afectadas por la corrosión

Áreas		
Datos requeridos	Área interna	Área externa
Diámetro (cm)	5.00	5.80
Radio (cm)	2.50	2.90
Altura (cm)	9.80	9.80
Área (cm²)	153.94	178.57
Área total (cm²)	332.51	

Nota. En la tabla se evidencia el área interna y externa afectada por la corrosión.

Los datos calculados anteriormente son requeridos para determinar la velocidad de corrosión descrita en la ecuación 4; para ello se debe partir de la ecuación 2 la cual indica la masa perdida en el electrodo.

Ecuación 2.

Masa perdida en el electrodo

$$\Delta m = \frac{I_{cor} * t * M}{n * F}$$

Siendo: Δm = Diferencia de masa perdida (g)

I_{cor} = Intensidad de corrosión (A)

t = tiempo (s)

M = masa molar del metal (g/mol)

n = número de electrones transferidos

F = constante de Faraday

Adicionalmente se requiere tener la ecuación de la velocidad de corrosión en términos de la variación de la masa, con el fin de realizar una sustitución de la ecuación 2 en la ecuación 3.

Ecuación 3.

*Velocidad de
corrosión a
partir de la
variación de la
masa*

$$V_{cor} = \frac{\Delta m}{A * t}$$

Siendo: V_{cor} = Velocidad de corrosión ($\text{g/cm}^2 * \text{s}$)

Δm = Diferencia de masa perdida (g)

t = tiempo (s)

A = Área expuesta (cm^2)

La velocidad de corrosión presentada en la ecuación 3, incluye la variable de la diferencia de masa perdida (Δm), la cual fue modificada mediante el reemplazo descrito anteriormente; esto con el fin de obtener la ecuación final (ecuación 4) que representa la velocidad de corrosión en términos de variables halladas en el laboratorio.

Ecuación 4.

*Velocidad de
corrosión*

$$V_{cor} = \frac{I_{cor} * M}{n * F * A}$$

Siendo: V_{cor} = Velocidad de corrosión ($\text{g/cm}^2 * \text{s}$).

I_{cor} = Intensidad de corrosión (A)

M = masa molar del metal (g/mol)

n = número de electrones transferidos

F = constante de Faraday

A = Área expuesta (cm²).

A partir de la ecuación 4 se procede a realizar el cálculo de la velocidad de corrosión para cada una de las tuberías, generando una variación en el potencial eléctrico. En la tabla 17 se observan los resultados de la velocidad de corrosión para la tubería número 1, en donde se requiere una conversión de las unidades para la representación de los datos (este procedimiento se realizó para cada una de las tuberías).

Tabla 17.

Resultados obtenidos de la fuente de voltaje para la tubería No. 1

Tubería No.1			
Potencial (V)	Intensidad de corrosión (A)	Velocidad de corrosión ($\frac{g}{cm^2 \cdot s}$)	Velocidad de corrosión (mdd)
1	0.08	6.9386×10^{-8}	599.49
2	0.15	1.3010×10^{-7}	1124.06
3	0.33	2.8622×10^{-7}	2472.94
4	0.40	3.4693×10^{-7}	2997.47
5	0.52	4.5101×10^{-7}	3896.73

Nota. Resultado de la velocidad de corrosión de la tubería 1.

De la misma manera se realizó la tabla 18 en donde se observan los resultados de la velocidad de corrosión para la tubería número 2.

Tabla 18.*Resultados obtenidos de la fuente de voltaje para la tubería No.2*

Tubería No.2			
Potencial (V)	Intensidad de corrosión (A)	Velocidad de corrosión ($\frac{g}{cm^2*s}$)	Velocidad de corrosión (mdd)
1	0.10	8.6733×10^{-8}	749.37
2	0.19	1.6479×10^{-7}	1423.79
3	0.35	3.0356×10^{-7}	2622.76
4	0.45	3.9030×10^{-7}	3372.19
5	0.57	4.9438×10^{-7}	4271.44

Nota. Resultado de la velocidad de corrosión de la tubería 2.

Asimismo, en la tabla 19 se observan los resultados de la velocidad de corrosión para la tubería número 3, la cual no tenía ningún recubrimiento.

Tabla 19.*Resultados obtenidos de la fuente de voltaje para la tubería No.3*

Tubería No.3			
Potencial (V)	Intensidad de corrosión (A)	Velocidad de corrosión ($\frac{g}{cm^2*s}$)	Velocidad de corrosión (mdd)
1	0.12	1.0410×10^{-7}	899.42
2	0.21	1.8214×10^{-7}	1573.69
3	0.38	3.2958×10^{-7}	2847.57
4	0.52	4.5101×10^{-7}	3896.73
5	0.59	5.1172×10^{-7}	4421.26

Nota. Resultados de la velocidad de corrosión de la tubería 3.

Finalmente, en la tabla 20 se encuentran los datos de la velocidad de corrosión para la tubería número 4, la cual se encontraba recubierta con la pintura comercial.

Tabla 20.*Resultados obtenidos de la fuente de voltaje para la tubería No.4*

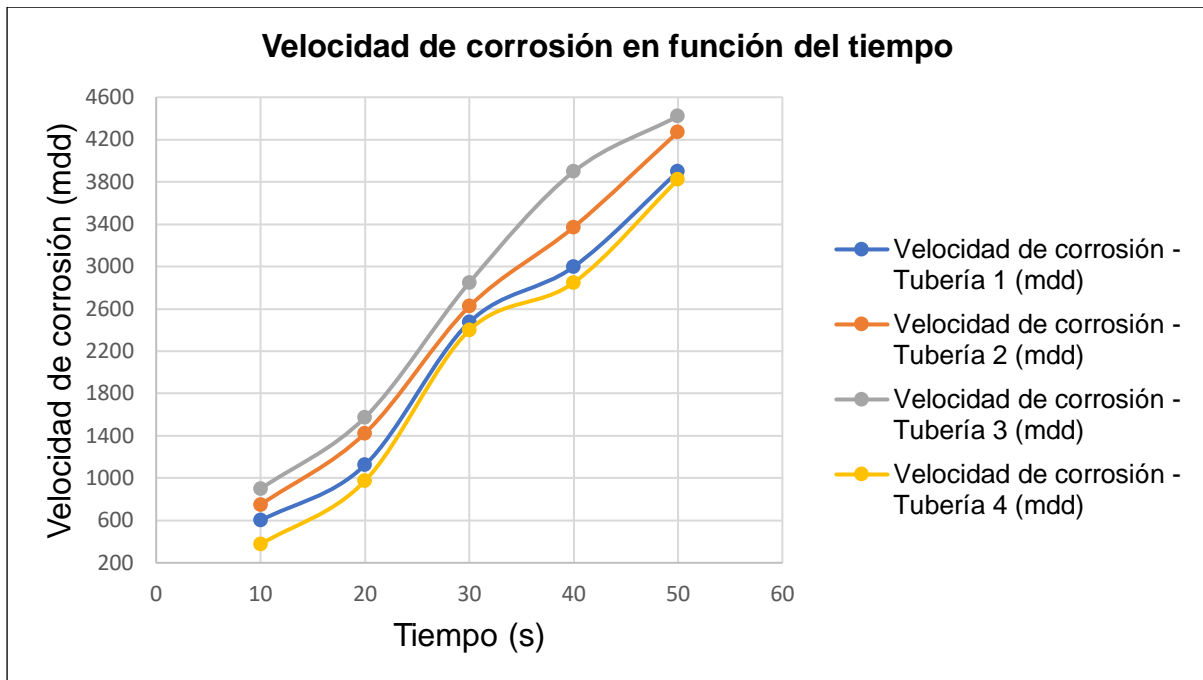
Tubería No.4			
Potencial (V)	Intensidad de corrosión (A)	Velocidad de corrosión ($\frac{g}{cm^2*s}$)	Velocidad de corrosión (mdd)
1	0.05	4.3366×10^{-8}	374.68
2	0.13	1.1275×10^{-7}	974.16
3	0.32	2.7754×10^{-7}	2397.95
4	0.38	3.2958×10^{-7}	2847.57
5	0.51	4.4234×10^{-7}	3821.82

Nota. Resultados de la velocidad de corrosión de la tubería 4.

A partir de los datos anteriormente calculados, se procedió a realizar una gráfica en donde se observaron las velocidades de corrosión para cada tubería; este parámetro se graficó en función del tiempo, el cual fue determinado de acuerdo a la toma de datos entre los diferentes potenciales; es decir cada 10 s se iba cambiando el valor del potencial con el fin de obtener diferentes intensidades de corrosión, que afectarían directamente el cálculo de la velocidad. En la figura 26 se representa lo explicado anteriormente.

Figura 26.

Velocidad de corrosión en función del tiempo



Nota. A medida que el tiempo transcurre se observa como la velocidad de corrosión aumenta; esto se da a causa de que estas dos variables son directamente proporcionales.

De acuerdo a la figura anterior, se puede interpretar que la tubería con mayor velocidad de corrosión corresponde al prototipo número tres, esto debido a que en su superficie tanto interna como externa no contaba con ningún tipo de recubrimiento, permitiendo un proceso natural de corrosión del metal al estar en contacto con el medio ambiente corrosivo y el agua de producción; causando una aceleración en la velocidad de corrosión y por lo tanto un mayor deterioro del material.

Todo lo contrario, ocurrió con la tubería número cuatro la cual demostró una excelente respuesta frente a la corrosión, puesto que este prototipo se encontraba recubierto mediante una pintura anticorrosiva comercial, dando resultados menores de velocidad en comparación a las demás tuberías; sin embargo, la tubería uno arroja resultados satisfactorios con el recubrimiento a base del extracto antioxidante de la semilla de chía, debido a que las velocidades de corrosión para este prototipo no están muy distantes de los resultados obtenidos en la tubería cuatro. No obstante, los resultados obtenidos en la tubería número uno, no llegaron a ser excelentes a causa de la poca eficiencia evidenciada por parte del recubrimiento a base del extracto antioxidante de la semilla de chía en presencia de agua de producción.

Finalmente, se observa que la tubería número dos presenta resultados regulares, debido a que su velocidad de corrosión es mayor en comparación a la tubería uno a pesar de que ambos prototipos estaban recubiertos con el recubrimiento formulado con los antioxidantes de la semilla de chía; esto indica que el material se va a desgastar más rápido y por lo tanto se presentara mayor actividad corrosiva en este prototipo de tubería. Lo anteriormente mencionado puede haberse dado a causa de una variación en el grosor de la capa protectora brindada por el recubrimiento durante el proceso de inmersión; dado a que este procedimiento no se realizó de forma industrial por lo que no se contaba con un equipo especializado en el control del grosor de la capa.

3.4. Discusión y resultados para la determinación de los costos asociados a la fabricación del recubrimiento orgánico y la aplicación del mismo

Para la determinación de los costos involucrados en la fabricación del recubrimiento a escala laboratorio es necesario tener en cuenta todos los recursos empleados en el proceso de producción, desde las materias primas hasta la obtención del producto final, cabe recalcar que este análisis se presentó para un total de 360 ml, en donde 60 ml fueron usados para llegar a la formulación final del recubrimiento. Es por esto que se deben plantear todos los costos detalladamente como se observa a continuación en la tabla 21.

Tabla 21.

Costos de cada uno de los elementos empleados para la fabricación del recubrimiento anticorrosivo

Ítem	Unidad	Valor de	Cantidad	Total
Talento Humano				
Operario	Hora	4.230	112	473.760
Total		473.760		
Equipos y pruebas				
Alquiler del Equipo Soxhlet	Día	60.000	2	120.000
Alquiler del Molino	Hora	18.000	0.5	9.000
Alquiler mezclador magnético	Día	15.000	1	15.000
Alquiler del mezclador	Día	20.000	1	20.000
Análisis de prueba ABTS	Prueba	360.000	1	360.000
Análisis de prueba TROLOX	Prueba	360.000	1	360.000
Total		884.000		

Tabla 21. Continuación

Materias primas				
Semilla de chía	G	36	100	3.600
Resina alquídica	G	240	225	54.000
Dióxido de titanio	G	23.2	55	1.276
Bentonita	G	10	5	50
Dispersante	G	50	2	100
Octoatos	G	110	5.5	605
Solvente éter de petróleo (Soxhlet)	ml	53.75	650	34.938
Varsol	ml	9	80	720
Total				95.289
Aplicación				
Aleación	Tubería	15.000	2	30.000
Envase	Envase	5.000	1	5.000
Total				35.000

COSTO

TOTAL, DEL **1.488.049**

PROYECTO

(Σ GASTOS)

Nota. Todas las cantidades de los elementos encontrados en la sección de “materias primas” se estimaron con un 5% adicional a lo presupuestado en un inicio; esto con el fin de tener material adicional en caso de algún tipo de imprevisto. Adicionalmente los costos encontrados en esta tabla se encuentran en pesos colombianos (COP).

A partir de los costos planteados anteriormente se puede identificar que la sección de “talento humano” está constituida por un operario, el cual va a desarrollar todo el proceso necesario para la obtención del producto final; sin embargo, este valor llega

a ser elevado debido a que el trabajador solo está realizando un ejemplar del producto, en caso de que este realizara más cantidades del producto dicho costo disminuiría sustancialmente.

De igual manera se observa un elevado costo en la sección de “equipos y pruebas” a causa de la realización de las dos pruebas (TROLOX y ABTS) necesarias para la caracterización de la semilla de chíá; debido a que estas pruebas están enfocadas en determinar la capacidad antioxidante, las cuales al arrojar un resultado favorable indican un excelente aporte de compuestos antioxidantes requeridos para la fabricación del recubrimiento. A pesar de que este costo se ve reflejado en la fabricación del prototipo de recubrimiento inicial, dicho valor sería eliminado del presupuesto en caso de continuar con la producción del producto; puesto que en el inicio del proceso se determinó dicha capacidad.

Finalmente, en la sección de “materias primas” se refleja un costo asociado no tan elevado en comparación a los demás parámetros que se tuvieron en cuenta dentro de la evaluación de los costos del proyecto. Teniendo en cuenta todas las secciones descritas en la tabla 21 se presenta un precio final de 1.488.049 pesos colombianos el cual es demasiado alto debido a que este producto se desarrolló de forma experimental a escala laboratorio; en caso de llevar este proyecto a escala industrial, los precios se reducirían significativamente.

4. CONCLUSIONES

El recubrimiento orgánico a base del extracto antioxidante de la semilla de chía, es un producto que brinda una adecuada protección anticorrosiva externa en los metales expuestos a un ambiente corrosivo, más específicamente en las tuberías de transporte de agua de producción; esto se determina a partir de los resultados obtenidos en las tuberías 1 y 2 en donde se registraron datos de velocidad de corrosión de 2218.14 mdd y 2487.91 mdd respectivamente, dichos datos son menores a la velocidad de corrosión calculada en la tubería 3 (2727.73 mdd), la cual no tenía ningún tipo de recubrimiento; indicando así una reducción importante en la velocidad de corrosión entre un rango de 239.82 mdd a 509.59 mdd en los prototipos que fueron pintados con el producto fabricado en el presente documento.

A partir de los resultados obtenidos en la prueba de pérdida de masa, en donde se registró un aumento del peso de 0.030% en la tubería 2 después de haberse expuesto a las condiciones corrosivas; se concluye que el recubrimiento orgánico a base del extracto antioxidante de la semilla de chía aplicado en dicha tubería, tuvo una apropiada protección en comparación a la pérdida de masa calculada en la tubería 3 la cual fue de 0.099%, demostrando así que el recubrimiento formulado en este documento protegió el metal de la extrema corrosión presentada en la tubería sin ningún tipo de pintura protectora; sin embargo, la situación dada en la tubería 2 no fue igual en la tubería 1, en donde se registró una pérdida de masa del 2.013%, la cual es mayor en comparación a la tubería 3; esto se dio a causa de un problema en el sellado hermético de las tapas permitiendo la fuga y evaporación total del agua de producción, generando que ingresara el oxígeno del medio ambiente y permitiera un aumento del proceso de la corrosión.

A pesar de que el recubrimiento orgánico a base del extracto antioxidante de la semilla de chía poseía una adecuada protección al exterior de los metales, se evidenció que dicha película protectora no tuvo el mejor comportamiento en presencia de agua de producción; debido a que este fluido contenía diferentes compuestos (cloruros, sulfuros, trazas de hidrocarburos, etc.) sumamente corrosivos que destruyeron fácilmente dicha protección, dando a entender que a pesar de que la semilla de chía

posee una gran capacidad antioxidante, no es lo suficientemente capaz de inhibir la corrosión en situaciones extremas.

Después de haber culminado toda la parte experimental propuesta en la metodología, se concluye que la extracción del aceite esencial de la semilla de chía es uno de los procesos más importantes y necesarios para llevar a cabo el desarrollo de este proyecto; sin embargo, el proceso realizado mediante el equipo Soxhlet puede llegar a ser muy largo (5 horas aproximadamente) debido a factores que no se encuentren dentro del rango óptimo de operación, causando un aumento del tiempo de extracción; dichos factores son, la temperatura tanto del proceso como del ambiente en donde se realice, la elección del solvente que mejores resultados brinde según la materia prima a tratar y el adecuado montaje de cada uno de los elementos que lo constituyen. Es por todo lo anteriormente dicho que este equipo a pesar de brindar buenos resultados (10 ml de aceite por cada 25 g de muestra) no es el más eficiente a la hora de extraer aceites esenciales.

Al finalizar el análisis de los datos arrojados para la caracterización del aceite esencial de la semilla de chía, se puede concluir que esta especia natural posee una gran cantidad de compuestos antioxidantes tales como el ácido clorogénico, el ácido cafeico, miricetina, quercetina y los kaempferol flavonoles, los cuales aportan una excelente capacidad antioxidante. A partir de las pruebas ABTS y TROLOX se pudo comprobar el excelente comportamiento antioxidante mediante los resultados obtenidos de la medida estadística ($R^2 = 0.9905$ para ABTS y $R^2 = 0.9715$ para TROLOX); dichos datos corroboran que los antioxidantes de la semilla de chía son adecuados para sustituir el cromato de zinc ($ZnCrO_4$) de las pinturas comerciales.

Teniendo en cuenta el valor final del producto obtenido (\$1.488.049) en la determinación de los costos, se concluye que la mayoría de los insumos involucrados en la fabricación del recubrimiento son elementos que hacen parte de los equipos y de las materias primas, los cuales son necesarios para la elaboración del producto; sin embargo, el costo relacionado a las pruebas para la caracterización de la semilla de chía son los recursos más costosos dentro del presupuesto (\$360.000 por cada una de ellas); no obstante, dichas pruebas solo son requeridas en una primera instancia de este proyecto por lo que dichos valores se eliminarían en la producción

de más ejemplares, arrojando así un valor comercial muy competitivo en comparación a los demás recubrimientos anticorrosivos que se puedan encontrar en el mercado.

Uno de los propósitos más importantes de este proyecto, es la reducción de la afectación por parte de la corrosión en las tuberías de transporte de agua de producción, mediante recubrimientos que en su formulación no tuvieran ningún tipo de pigmento tóxico que pudiera contaminar el medio ambiente; es por esto que se seleccionó la semilla de chía como el sustituyente de dichos compuestos contaminantes. A partir de los resultados plasmados en este documento se puede concluir que el recubrimiento a base del extracto antioxidante de la semilla de chía redujo sustancialmente el proceso de la corrosión en los prototipos de tubería uno y dos, a pesar de que en ciertos puntos de la tubería se evidenció presencia de corrosión por picaduras; sin embargo, esta presencia de corrosión no es representativa en comparación al resultado obtenido en la tubería que no poseía ningún tipo de recubrimiento; demostrando así una buena eficacia en la protección exterior de los metales.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. M. Cháves Rodríguez and G. Y. Campos Quinto, "Pintura Anticorrosiva a Partir De Los Residuos Del Proceso Fabril," Universidad Estatal de Guayaquil, 2011.
- [2] A. Sosa Dominguez, "Administración de la corrosión externa en ductos: estudio en laboratorio," Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, 2013.
- [3] A. Castellanos Vargas, "Estudio de la corrosión en estado transitorio en oleoductos mediante el uso de simulaciones basadas en elementos finitos.," Universidad de los Andes, 1981.
- [4] L. M. Del Sol Ortega, L. coral Garcés Baeza, R. A. Guarneros González, and N. G. Miranda Vargas, "Corrosión en Plataformas y equipos de perforación petrolera." Madero, p. 40, 2019, [Online]. Available: https://www.academia.edu/40260093/INFORME_DE_INVETIGACIÓN_CORROSION.
- [5] J. G. López Valdez, "Cisteína como inhibidor verde de la corrosión de un acero API-X52 en una salmuera sintética saturada con CO₂," Instituto Politécnico Nacional, 2015.
- [6] M. E. Noriega, S. E. Flores, and J. J. Caprari, "Formulación y comportamiento de pinturas anticorrosivas acrílicas base agua," *Rev. Química*, vol. 18, no. 1, pp. 3–6, 2004, [Online]. Available: <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/18659/18910>.
- [7] J. A. Salazar Jiménez, "Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales (Nota técnica)," *Rev. Tecnol. en Marcha*, vol. 28, no. 3, p. 127, 2015, doi: 10.18845/tm.v28i3.2417.
- [8] E. Navarrete, "Corrosión y degradación de los metales," Escuela Politécnica Nacional, 2007.
- [9] Crestwood Tubulars, "Line Pipe & Primary Grade Piping: Buy Steel Pipe for Pipelines," *Crestwood Tubulars*. <https://www.crestwoodtubulars.com/line-pipe.html> (accessed Jun. 02, 2021).
- [10] OCTAL, "Diferencias Entre la Tubería de Acero Sin Costura y el Tubo de Soldadura," *Octal*, 2018. <https://www.octalacero.com/diferencias-entre-tuberia-sin-costura-y-tubo-de-soldadura> (accessed Jun. 02, 2021).

- [11] F. J. Landon Mojica and L. G. Rodriguez Ramirez, "Sistemas Submarinos de Producción," Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, 2010.
- [12] J. A. Suarez Quintero, "Evaluación de inhibidores de corrosión aplicados en la industria mediante pruebas electroquímicas," Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2018.
- [13] J. M. de Vega Vega, "Mecanismos de protección anticorrosiva del aluminio mediante recubrimientos de pintura formulados con pigmentos de intercambio iónico," Universidad Complutense de Madrid, 2011.
- [14] M. Terrezas Guzmán, "Protección Catódica Con Ánodos de Sacrificio en un Prototipo de Intercambiador de Calor," Centro de Investigación en Materiales Avanzados, 2012.
- [15] L. María González Osorio and A. Salinas Barreto, "Propuesta de Mejora del Proceso Productivo en la Fabrica de Pinturas AICOR S.A.S," Fundación Universidad de América, 2016.
- [16] Y. Jaramillo Garcés, "La chía (salvia hispanica L.), una fuente de nutrientes para el desarrollo de alimentos saludables," Corporación Universitaria Lasallista, Colombia, 2013.
- [17] M. A. Román Páez *et al.*, "Guía de Extracción por Fluidos Super críticos: Fundamentos y Aplicaciones," *Tecnoparque*, vol. 1, p. 48, 2016, [Online]. Available:
https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/4698/guia_extraccion_fluidos_supercriticos.pdf;jsessionid=396423A474B07ABE6D18FCE2C4CD08EC;jsessionid=396423A474B07ABE6D18FCE2C4CD08EC?sequence=1.
- [18] E. Corona Jiménez, N. Martínez Navarrete, H. Ruiz Espinosa, and J. Carranza Concha, "Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de semillas de chía (Salvia hispanica L.) y su actividad antioxidante," *Agrociencia*, vol. 50, no. 4, pp. 403–412, 2016, [Online]. Available: <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v50n4/1405-3195-agro-50-04-403.pdf>.
- [19] C. E. Nuñez, "Extracción con Equipo Soxhlet," *Bioquímica y Biol. Mol.*, vol. 2, no. 3, p. 5, 2008, [Online]. Available: <http://www.cenunez.com.ar/archivos/39-extraccinconequipo Soxhlet.pdf>.
- [20] J. V. Pastrana Cotrina, "Diseño de una planta para la fabricación de derivados de cannabis en el mercado emergente colombiano y evaluación de eficiencia del layout propuesto," Universidad Militar Nueva Granada, 2020.

- [21] ICONTEC INTERNATIONAL, “Norma Técnica Colombiana (NTC) 6018 - Etiquetas Ambientales Tipo I. Sello Ambiental Colombiano. Criterios Ambientales Para Pinturas Y Materiales De Recubrimiento,” *Minist. Ambient.*, no. 571, p. 24, 2013, [Online]. Available: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Sello_ambiental_colombiano/NTC_6018_-_Etiquetas_Ambientales_Tipo_I.pdf.
- [22] ICONTEC INTERNATIONAL, “Guía Técnica Colombiana (GTC) 53-8 - Guía para la minimización de los impactos ambientales de los residuos de envases y embalajes,” no. 571, p. 10, 2007, [Online]. Available: <http://docplayer.es/83564794-Guia-tecnica-colombiana-53-8.html>.
- [23] N. Abril Diaz *et al.*, “Espectrofometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas,” *SAE Tech. Pap.*, pp. 1–8, 1984, doi: 10.4271/841496.
- [24] Merck Millipore, “Ficha de Datos de Seguridad - Éter de Petróleo,” no. 1907, pp. 1–15, 2021, [Online]. Available: https://www.merckmillipore.com/CO/es/product/msds/MDA_CHEM-101769?Origin=PDP.
- [25] R. Bohorquez Fajardo, “DETERMINACIÓN DE ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS DE HOJAS DE *Diplostephium phylloides* (Kunth) Wedd,” Universidad del Bosque, 2016.
- [26] Junta de Castilla y León, “Productos de destilación del petróleo crudo - Energía y Minería,” *Junta de Castilla y León*. <http://energia.jcyl.es/web/es/biblioteca/productos-destilacion-petroleo-crudo.html> (accessed Jun. 09, 2021).
- [27] J. Gonzáles, “La historia del aceite de linaza y otros aceites empleados en la pintura al óleo,” *Ttamayo*, 2019. <https://www.ttamayo.com/2019/10/aceite-de-linaza-pintura-al-oleo/> (accessed Jun. 09, 2021).
- [28] B. Ecenarro, “Pintura industrial: Tipos y Características al Detalle,” *Besa Lab*. <https://lab.bernardoecenarro.com/pintura-industrial-tipos-caracteristicas/> (accessed Jun. 09, 2021).
- [29] G. Artieda Pérez, “¿Por qué la pintura se seca más lento o más rápido en función del color?,” *El País*, 2018. https://elpais.com/elpais/2018/09/14/ciencia/1536915790_852817.html

- (accessed Jun. 09, 2021).
- [30] K. Padrón, M. Díaz, G. Velazco, and E. Solórzano, "Análisis de la corrosión por pérdida de masa en una aleación para amalgama de alto contenido de cobre (Estudio in Vitro)," *Cienc. Odontológica*, vol. 6, pp. 41–47, 2009, [Online]. Available:
<https://produccioncientificaluz.org/index.php/cienciao/article/download/33936/35710>.
- [31] H. J. Zuñiga Sáez, "MONOGRAFÍA: BIOLOGÍA DE LA CHÍA (Salvia hispanica L.)," Universidad de Chile, 2014.
- [32] M. R. Gutiérrez García and C. L. Miranda Rodríguez, "Composición nutricional, propiedades funcionales, componentes bioactivos y actividad antioxidantes de dos variedades de chía (Salvia Hispanica L.) de cultivo convencional y organico en el peru," Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019.
- [33] "Determinación del Contenido Graso de Leche en Polvo: Extracción Soxhlet," *System*, pp. 1–7, 2004, [Online]. Available:
https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/TAQ/curso0405/TAQP5_0405.pdf.
- [34] G. C. Cabello, "Desarrollo de Pinturas Anticorrosivas de Bajo Impacto Ambiental," Universidad Nacional de la Plata, 1998.
- [35] C. A. Giudice and A. M. Pereyra, *Tecnología De Pinturas Y Recubrimientos - Componentes, Formulación, Manufactura Y Control De Calidad*. 2009.
- [36] A. P. Caldas Avila, "Optimización escalamiento y diseño de una planta piloto de extracción sólido líquido," Universidad de Cuenca, 2012.
- [37] R. Azuola and P. Vargas, "Extracción de sustancias asistida por ultrasonido (EUA)," *Tecnol. en Marcha*, vol. 20, no. 4, pp. 30–40, 2007, [Online]. Available:
https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/449/377.
- [38] IPEN and Safinah, "Sustitución de secantes de plomo en pinturas decorativas alquílicas con base en disolventes," 2015, [Online]. Available:
https://rds.org.co/apc-aa-files/ba03645a7c069b5ed406f13122a61c07/111-ver-1_sustitucion-del-secador-de-plomo-en.pdf.
- [39] M. Mosquera Quelal, M. Reinoso García, and W. Vásquez Castillo, "Composición Lipídica y Caracterización de los Ácidos Grasos de la Semilla DE Chía (Salvia hispánica L.)," *Ind. Data*, vol. 20, no. 2, p. 15, 2017, doi: 10.15381/idata.v20i2.13952.

- [40] H. L. Muñoz Fernández, L. Á. González Mendoza, and D. Y. Peña Ballesteros, "Evaluación de la velocidad de corrosión-erosión en un acero API 5L grado 65 en un sistema salmuera-CO₂-SiO₂-aceite mineral, por medio de técnicas electroquímicas," *Ingeniería y Univ.*, vol. 13, no. 1, pp. 27–44, 2009, [Online]. Available: <http://www.scielo.org.co/pdf/inun/v13n1/v13n1a02.pdf>.
- [41] R. M. Carranza, C. M. Giordano, E. Sáenz, and D. R. Weier, "Corrosión del acero de tanques contenedores de residuos nucleares de alta actividad," pp. 1–23, [Online]. Available: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/37/052/37052858.pdf.
- [42] A. Xingú López, A. González Huerta, E. De La Cruz Torres, D. M. Sangerman Jarquín, G. Orozco de Rosas, and M. Rubí Arriaga, "Chía (*Salvia hispanica* L.), situación actual y tendencias futuras," *Rev. Mex. Ciencias Agrícolas*, vol. 8, no. 7, p. 1619, 2017, doi: 10.29312/remexca.v8i7.516.
- [43] C. S. Carrillo Gómez, M. Gutiérrez Cuevas, M. Muro Valverde, R. Martínez Horner, and O. Torres Bugarín, "La chía como súper alimento y sus beneficios en la salud de la piel," *El Resid.*, vol. 12, no. 1, pp. 18–24, 2017, [Online]. Available: <https://www.medigraphic.com/pdfs/residente/rr-2017/rr171c.pdf>.
- [44] "Generalidades sobre pinturas emulsionadas." pp. 3–12, [Online]. Available: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/452/Capitulo2.pdf>.
- [45] M. Alfaro and I. Alfaro, "Uso de la función Solver de Excel para el cálculo de la velocidad de corrosión de acero al carbono en una solución de NaCl al 3,5 % saturada de oxígeno, O₂ Un tutorial práctico," *Educ. Química*, vol. 29, no. 2, p. 17, 2018, doi: 10.22201/fq.18708404e.2018.1.63703.
- [46] Aleación Tubos, "Tubo de acero al carbono A106," *Aleación Tubos*. <https://www.tubos-acero-aleacion.com/astm-a106-gr-b-c-tuberia-tubos-de-acero-al-carbono.html> (accessed Jun. 10, 2021).
- [47] "Medición de la corrosión en plantas de proceso." pp. 55–86, [Online]. Available: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/917/Capitulo5.pdf>.
- [48] J. A. González Moreno, "Velocidad de Corrosión," México, 2016. [Online]. Available: https://miutj2.files.wordpress.com/2016/01/exp4_ens_destruc_vel_de_corrosion_imi_utj.pdf.
- [49] Surfox, "Pasivación ¿Por qué es importante el proceso de pasivación?," *Surfox*,

- p. 1, [Online]. Available:
https://www.walter.com/documents/175001/1153924/Passivation_Mex.pdf/eaf_a0d0a-d7eb-43de-b147-e41b3b89874e.
- [50] P. P. Torres Medina, "Pasividad de los metales y aleaciones," *Universidad Fransisco de Paula Santander*. pp. 1–7, 1996, [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5555304.pdf>.
- [51] R. M. Carranza, G. Duffo, and S. Farina, *Química de la degradación de los materiales*. Argentina, 2010.
- [52] J. Londoño Londoño, "Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad," *GRIAL*, pp. 129–162, [Online]. Available: http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/133/3/9_129-162.pdf.
- [53] Manual Estructuración del Trabajo de Grado. Fundación Universidad de América, 2021. [PDF].

ANEXOS

ANEXO A

RECOMENDACIONES

Una vez culminado el desarrollo de este proyecto se sugiere tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

Con el fin de obtener resultados más favorables respecto a la extracción del aceite esencial de la semilla de chía, se recomienda realizar dicho procedimiento utilizando las demás técnicas de extracción planteadas en el marco teórico del presente documento.

Para el mayor aprovechamiento de los antioxidantes naturales de un aceite esencial, se recomienda usar este aceite en la fabricación de resinas; debido a que, esta sección del recubrimiento está creada a base de un gran porcentaje de aceites esenciales, lo cual se representaría en mayor cantidad de antioxidantes presentes en el recubrimiento final y por lo tanto brindaría mayor protección contra la corrosión en los metales.

Durante la preparación del recubrimiento anticorrosivo a base del extracto antioxidante de la semilla de chía, se presentó una situación respecto al aumento del tiempo de secado final a raíz de la presencia de aceite en la formulación, a pesar de contener compuestos (octoatos) que acelerarían dicho proceso; es por ello que se recomienda agregar mayor cantidad de octoatos cuando se trabaja con pinturas base aceite, permitiendo así mejorar el tiempo de secado.

A partir de los resultados obtenidos en la determinación de costos de este proyecto, se recomienda realizar los respectivos diseños en una escala industrial para determinar la viabilidad técnico-financiera en otro proyecto encaminado con el mismo fin.

En caso de continuar a nivel industrial con la investigación planteada en este documento, se recomienda realizar paso a paso el escalonamiento de la producción desde cantidades a nivel laboratorio, hasta las cantidades requeridas a nivel industrial para evitar problemas en los equipos de mezcla de materias primas; de la misma forma se tendría el tiempo necesario de inspeccionar y

controlar cada uno de los procesos unitarios involucrados en la fabricación del recubrimiento anticorrosivo.

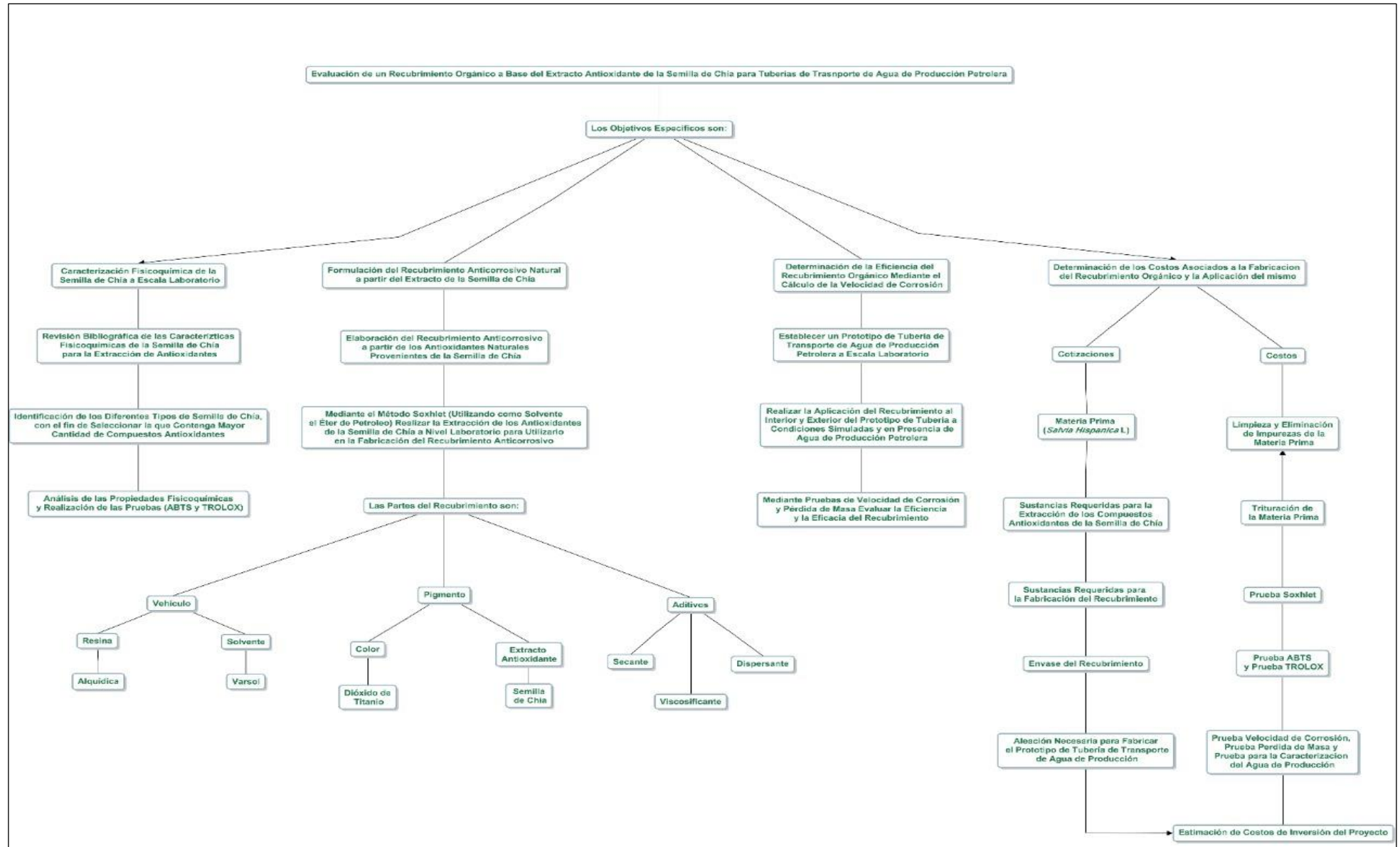
Para la implementación del recubrimiento orgánico fabricado a base del extracto antioxidante de la semilla de chía en la industria petrolera, se recomienda realizar una evaluación económica teniendo en cuenta los conceptos financieros de CAPEX y OPEX.

La eficiencia del recubrimiento es un factor importante a la hora de determinar su eficacia; es por esto que se recomienda poner a prueba el producto fabricado en este documento a procesos de corrosión mediado por bacterias sulfato reductoras u otro tipo de corrosión que se pueda presentar en condiciones anaeróbicas.

Finalmente, se recomienda realizar la prueba JAR TEST en condiciones variables de salinidad (iniciando con una baja concentración de sal, hasta llegar a una alta concentración) para determinar la eficiencia del producto en ambientes costa afuera.

ANEXO B

DISEÑO METODOLÓGICO



ANEXO C

ETIQUETA DEL PRODUCTO FINAL



PINTANDO EL MUNDO ECOLOGICAMENTE

*PINTURA ANTICORROSIVA NATURAL A BASE DEL EXTRACTO
ANTIOXIDANTE DE LA SEMILLA DE CHÍA*

CONT. NETO 150 ml

ANEXO D

INFORME REPORTE DE RESULTADOS LABORATORIO

INFORMACIÓN CLIENTE	
Empresa:	Tomas corredor
Dirección:	Universidad De America
Nit:	
Contacto:	Tomas Corredor
Teléfono:	3124333689
E: mail:	tomas.corredor@estudiantes.uamerica.edu.co
Departamento/Municipio:	Cundinamarca/Bogotá
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	
Muestra IMA No. :	4474
Matriz:	ARnD
Responsable de Muestreo:	Cliente
Plan de Muestreo IMA No. :	N.A.
Procedimiento de Muestreo:	N.E.
Tipo de Muestreo:	Puntual
Fecha y Hora de Toma:	18/3/2021
Fecha y Hora de Recep:	6/4/2021 17:00
Lugar de Muestreo:	AGUA DE PRODUCCION
Departamento/Municipio:	
Fecha de Análisis	7/4/2021

Resultado Analisis			
PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDAD	Resultado Muestra
alcalinidad	SM 2320 B	mg/L	30
dureza	SM 2340 C	mg/L	2522
cloruros	SM 4500 CI B	mg/L	16595
pH	SM 4500 H B	unidades	6,9
indice langelier	calculo	--	-0,3

S.M. :Standard Methods 2005 21st, N.A. : No Aplica, N.E. No Especifica

indice langelier corrosivo

OBSERVACIONES:

El resultado corresponde únicamente a la muestra analizada y bajo condiciones de prueba.
 SM Métodos Normalizados para el análisis de agua potable y residual. Prohibida la reproducción total o
 Parcial de este documento sin autorización del Laboratorio



Nelson Fernandez Barrero
 Director Laboratorio TP 4482 CPIQ



ANEXO E

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Versión 8.4

Fecha de revisión 27.03.2021

de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de impresión 29.03.2021

GENERIC EU MSDS - NO COUNTRY SPECIFIC DATA - NO OEL DATA

SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa**1.1 Identificadores del producto**

Nombre del producto : Éter de petróleo para desnaturalización

Referencia : 1.01769

Artículo número : 101769

Marca : Millipore

REACH No. : Este producto es una mezcla. Número de registro REACH véase sección 3.

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados : Producción química, Disolvente

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridadCompañía : MERCK S.A.
Av.Carrera 9a No. 101-67.Piso 5.Edificio NAOS. Oficina 501 A
110111 BOGOTA D.C
COLOMBIA

Teléfono : +57 3 425-4747

Fax : +57 3 425-5407

1.4 Teléfono de emergenciaTeléfono de Urgencia : Línea Salvavidas CISTEMA-SURA:
018000941414 / 018000511414
(Colombia) 4055911 (Bogotá) 01800-710
2151 (CHEMTREC)**SECCIÓN 2. Identificación de los peligros****2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla****Clasificación de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008**

Líquidos inflamables (Categoría 2), H225

Irritación cutáneas (Categoría 2), H315

Toxicidad para la reproducción (Categoría 2), H361f

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única (Categoría 3), Sistema nervioso central, H336

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas (Categoría 2), H373

Peligro de aspiración (Categoría 1), H304

Peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático (Categoría 2), H411



Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008

Pictograma



Palabra de advertencia Peligro

Indicación(es) de peligro

H225

Líquido y vapores muy inflamables.

H304

Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.

H315

Provoca irritación cutánea.

H336

Puede provocar somnolencia o vértigo.

H361f

Se sospecha que puede perjudicar la fertilidad.

H373

Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

H411

Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Declaración(es) de prudencia

P201

Solicitar instrucciones especiales antes del uso.

P210

Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.

P273

Evitar su liberación al medio ambiente.

P301 + P310

EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/ médico.

P303 + P361 + P353

EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua.

P331

NO provocar el vómito.

Declaración Suplementaria del Peligro ninguno(a)

Etiquetado reducido (<= 125 ml)

Pictograma



Palabra de advertencia Peligro

Indicación(es) de peligro

H304

Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.

H361f

Se sospecha que puede perjudicar la fertilidad.

Declaración(es) de prudencia

P201

Solicitar instrucciones especiales antes del uso.

P301 + P310

EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/ médico.

P331

NO provocar el vómito.

Declaración Suplementaria del Peligro ninguno(a)



2.3 Otros Peligros

Esta sustancia/mezcla no contiene componentes que se consideren que sean bioacumulativos y tóxicos persistentes (PBT) o muy bioacumulativos y muy persistentes (vPvB) a niveles del 0,1% o superiores.

SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

3.2 Mezclas

Componente	Clasificación	Concentración	
Hydrocarbons, C6, n-alkanes, isoalkanes, cyclics, n-hexane rich			
*	Flam. Liq. 2; Skin Irrit. 2; Repr. 2; STOT SE 3; STOT RE 2; Asp. Tox. 1; Aquatic Chronic 2; H225, H315, H361f, H336, H373, H304, H411	>= 50 - < 70 %	
pentano			
No. CAS No. CE No. Indice Número de registro	109-66-0 203-692-4 601-006-00-1 01-2119459286-30-XXXX	Flam. Liq. 2; STOT SE 3; Asp. Tox. 1; Aquatic Chronic 2; H225, H336, H304, H411 Límites de concentración: 20 %: STOT SE 3, H336;	>= 20 - < 25 %
Hydrocarbons, C6, isoalkanes			
No. CE No. Indice	295- 570-2 601-007-00-7 *	Flam. Liq. 2; Skin Irrit. 2; STOT SE 3; Asp. Tox. 1; Aquatic Chronic 2; H225, H315, H336, H304, H411	>= 20 - < 25 %
Hydrocarbons, C6-C7, n-alkanes, isoalkanes, cyclics,			
*	Flam. Liq. 2; Skin Irrit. 2; STOT SE 3; Aquatic Acute 1; Aquatic Chronic 3; H225, H315, H336, H400, H412 Factor-M - Aquatic Acute: 1	>= 2,5 - < 10 %	

*No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

SECCIÓN 4. Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios

Recomendaciones generales

Mostrar esta ficha de seguridad al doctor que esté de servicio.



Si es inhalado

Tras inhalación: aire fresco. Llamar al médico.

En caso de contacto con la piel

En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas. Aclararse la piel con agua/ ducharse. Consultar a un médico.

En caso de contacto con los ojos

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Consultar al oftalmólogo. Retirar las lentillas.

Por ingestión

Tras ingestión: cuidado con los vómitos. ¡Peligro de aspiración! Mantener libres las vías respiratorias. Posible obstrucción pulmonar tras aspiración del vómito. Llame inmediatamente al médico.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Los síntomas y efectos más importantes conocidos se describen en la etiqueta (ver sección 2.2) y / o en la sección 11

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

Sin datos disponibles

SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios**5.1 Medios de extinción****Medios de extinción apropiados**

Dióxido de carbono (CO₂) Polvo seco Espuma

Medios de extinción no apropiados

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Inflamable.

Prestar atención al retorno de la llama.

Los vapores son más pesados que el aire y pueden expandirse a lo largo del suelo.

En caso de incendio posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos.

Son posibles mezclas explosivas con el aire a temperaturas normales.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Permanencia en el área de riesgo sólo con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada .

5.4 Otros datos

Separar el recipiente de la zona de peligro y refrigerarlo con agua. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental**6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia**

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: No respirar los vapores, aerosoles. Evitar el contacto con la sustancia. Asegúrese una



ventilación apropiada. Manténgase alejado del calor y de las fuentes de ignición. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos. Equipo de protección individual, ver sección 8.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado. Riesgo de explosión.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames. Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10). Recoger cuidadosamente con agentes absorbentes de líquidos, p.ej. Chemisorb®. Añadir a residuos a tratar. Aclarar.

6.4 Referencia a otras secciones

Para eliminación de desechos ver sección 13.

SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Consejos para una manipulación segura

Trabajar bajo campana extractora. No inhalar la sustancia/la mezcla. Evítese la generación de vapores/aerosoles.

Indicaciones para la protección contra incendio y explosión

Mantener apartado de las llamas abiertas, de las superficies calientes y de los focos de ignición. Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.

Medidas de higiene

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo.

Ver precauciones en la sección 2.2

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Condiciones de almacenamiento

Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado. Manténgase alejado del calor y de las fuentes de ignición.

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.

7.3 Usos específicos finales

Aparte de los usos mencionados en la sección 1.2 no se estipulan otros usos específicos

SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

8.2 Controles de la exposición

Protección personal

Protección de los ojos/ la cara

Use equipo de protección para los ojos probado y aprobado según las normas gubernamentales correspondientes, tales como NIOSH (EE.UU.) o EN 166 (UE).

Gafas de seguridad



Protección de la piel

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: www.kcl.de)

Sumerción

Material: Caucho nitrilo

espesura mínima de capa: 0,40 mm

Tiempo de penetración: 480 min

Material probado: Camatril® (KCL 730 / Aldrich Z677442, Talla M)

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: www.kcl.de)

Salpicaduras

Material: Caucho nitrilo

espesura mínima de capa: 0,11 mm

Tiempo de penetración: 10 min

Material probado: KCL 741 Dermatril® L

Protección Corporal

Vestimenta protectora antiestática retardante de la flama.

Protección respiratoria

necesaria en presencia de vapores/aerosoles.

Nuestras recomendaciones sobre protección respiratoria se basan en las normas siguientes: DIN EN 143, DIN 14387 y otras normas relativas al uso de la protección respiratoria usada.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro AX (NE 371)

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Éstas medidas deben ser documentadas debidamente.

Control de exposición ambiental

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado. Riesgo de explosión.

SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

- | | |
|--|-----------------------------------|
| a) Aspecto | Forma: líquido
Color: incoloro |
| b) Olor | característico |
| c) Umbral olfativo | Sin datos disponibles |
| d) pH | Sin datos disponibles |
| e) Punto de fusión/
punto de congelación | Sin datos disponibles |
| f) Punto inicial de
ebullición e intervalo
de ebullición | > 50 °C a 1.013 hPa |



g)	Punto de inflamación	-31 °C
h)	Tasa de evaporación	Sin datos disponibles
i)	Inflamabilidad (sólido, gas)	Sin datos disponibles
j)	Inflamabilidad superior/inferior o límites explosivos	Límite superior de explosividad: 7,4 %(v) Límites inferior de explosividad: 1 %(v)
k)	Presión de vapor	Sin datos disponibles
l)	Densidad de vapor	Sin datos disponibles
m)	Densidad relativa	Sin datos disponibles
n)	Solubilidad en agua	a 20 °C inmiscible
o)	Coefficiente de reparto n-octanol/agua	Sin datos disponibles
p)	Temperatura de auto-inflamación	Sin datos disponibles
q)	Temperatura de descomposición	Sin datos disponibles
r)	Viscosidad	Viscosidad, cinemática: Sin datos disponibles Viscosidad, dinámica: Sin datos disponibles
s)	Propiedades explosivas	Sin datos disponibles
t)	Propiedades comburentes	Sin datos disponibles

9.2 Otra información de seguridad

Sin datos disponibles

SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

Los vapores pueden formar una mezcla explosiva con el aire.

10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (a temperatura ambiental).

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Posibles reacciones violentas con:

Ácido nítrico

Agentes oxidantes fuertes

Halógenos

10.4 Condiciones que deben evitarse

Calentamiento.

10.5 Materiales incompatibles

Caucho, plásticos diversos



10.6 Productos de descomposición peligrosos

En caso de incendio: véase sección 5

SECCIÓN 11. Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Mezcla

Toxicidad aguda

Corrosión o irritación cutáneas

Mezcla provoca irritación cutánea.

Lesiones o irritación ocular graves

Sin datos disponibles

Sensibilización respiratoria o cutánea

Sin datos disponibles

Mutagenicidad en células germinales

Carcinogenicidad

Sin datos disponibles

Toxicidad para la reproducción

Evidencia de daños a la fertilidad.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

La mezcla puede provocar somnolencia o vértigo.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas

Mezcla puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

Peligro de aspiración

Peligro de aspiración, Aspiración puede causar edema pulmonar y neumonía.

11.2 Información Adicional

sin datos disponibles

Las otras propiedades peligrosas no pueden ser excluidas.

Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad.



Componentes

Hydrocarbons, C6, n-alkanes, isoalkanes, cyclics, n-hexane rich

Toxicidad aguda

DL50 Oral - Rata - machos y hembras - 16.750 mg/kg
(Directrices de ensayo 401 del OECD)

Síntomas: Náusea

CL50 Inhalación - Rata - macho - 259,35 mg/l
(Directrices de ensayo 403 del OECD)

Síntomas: Irritaciones en las vías respiratorias., Su inhalación puede producir edemas en el tracto respiratorio.

DL50 Cutáneo - Conejo - 3.350 mg/kg
(Directrices de ensayo 402 del OECD)

Corrosión o irritación cutáneas

Lesiones o irritación ocular graves

Consecuencias posibles: Riesgo de turbidez en la córnea.

Sensibilización respiratoria o cutánea

Sin datos disponibles

Mutagenicidad en células germinales

Carcinogenicidad

Toxicidad para la reproducción

Se sospecha que puede perjudicar la fertilidad.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

Puede provocar somnolencia o vértigo. - Sistema nervioso central

Toxicidad oral aguda - Náusea

Toxicidad aguda por inhalación - Irritaciones en las vías respiratorias., Su inhalación puede producir edemas en el tracto respiratorio.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas

Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

Peligro de aspiración

Peligro de aspiración, Aspiración puede causar edema pulmonar y neumonía.

pentano

Toxicidad aguda

DL50 Oral - Rata - machos y hembras - > 2.000 mg/kg
(Directrices de ensayo 401 del OECD)

CL50 Inhalación - Rata - machos y hembras - 4 h - > 25,3 mg/l
(Directrices de ensayo 403 del OECD)

Observaciones:

(analogamente a compuestos similares)

El valor viene dado por analogía con las siguientes sustancias: Cyclopentane

Corrosión o irritación cutáneas

Piel - Conejo

Resultado: No irrita la piel - 4 h



(Directrices de ensayo 404 del OECD)

Lesiones o irritación ocular graves

Ojos - Conejo

Resultado: No irrita los ojos

(Directrices de ensayo 405 del OECD)

Sensibilización respiratoria o cutánea

Buehler Test - Conejillo de indias

Resultado: negativo

(Directrices de ensayo 406 del OECD)

Mutagenicidad en células germinales

Mutagenicidad (ensayo de células de mamífero): ensayo de aberración cromosómica.

células del ovario del hámster chino

Resultado: negativo

Prueba de Ames

Salmonella typhimurium

Resultado: negativo

Mutagenicidad (ensayo de micronúcleos)

Rata - machos y hembras - Médula

Resultado: negativo

Carcinogenicidad

Toxicidad para la reproducción

Sin datos disponibles

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

Puede provocar somnolencia o vértigo. - Sistema nervioso central

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas

Sin datos disponibles

Peligro de aspiración

Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias. Peligro de aspiración, Aspiración puede causar edema pulmonar y neumonía.

Hydrocarbons, C6, isoalkanes

Toxicidad aguda

DL50 Oral - Rata - > 2.000 mg/kg

Observaciones:

(Ficha de datos de Seguridad externa)

CL50 Inhalación - Rata - 4 h - > 5 mg/l

Observaciones:

(Ficha de datos de Seguridad externa)

(Reglamento (CE) No 1272/2008, Anexo VI)

DL50 Cutáneo - Conejo - > 2.000 mg/kg

Observaciones:

(Ficha de datos de Seguridad externa)

Corrosión o irritación cutáneas

Provoca irritación cutánea. Clasificado de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008, Anexo VI (Tabla 3.1/3.2)



Lesiones o irritación ocular graves

Sin datos disponibles

Sensibilización respiratoria o cutánea

Sin datos disponibles

Mutagenicidad en células germinales

Sin datos disponibles

Carcinogenicidad

Sin datos disponibles

Toxicidad para la reproducción

Sin datos disponibles

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

Puede provocar somnolencia o vértigo. - Sistema nervioso central

Observaciones:

Clasificado de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008, Anexo VI (Tabla 3.1/3.2)

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas

Sin datos disponibles

Peligro de aspiración

Peligro de aspiración, Aspiración puede causar edema pulmonar y neumonía.

Hydrocarbons, C6-C7, n-alkanes, isoalkanes, cyclics,**Toxicidad aguda**

DL50 Oral - Rata - machos y hembras - > 5.840 mg/kg

Observaciones:

(ECHA)

CL50 Inhalación - Rata - machos y hembras - 4 h - > 25,2 mg/l

Observaciones:

(ECHA)

DL50 Cutáneo - Rata - machos y hembras - > 2.800 mg/kg

Observaciones:

(ECHA)

Corrosión o irritación cutáneas

Piel - Conejo

Resultado: Irrita la piel.

(Directrices de ensayo 404 del OECD)

Lesiones o irritación ocular graves

Ojos - Conejo

Resultado: No irrita los ojos

Observaciones:

(ECHA)

Sensibilización respiratoria o cutánea

Prueba de Maximización - Conejillo de indias

Resultado: negativo

(Directrices de ensayo 406 del OECD)

Mutagenicidad en células germinales

Sin datos disponibles



Mutagenicidad (ensayo de células de mamífero): ensayo de aberración cromosómica.

hepatocitos de rata

Resultado: negativo

Observaciones:

(analogamente a compuestos similares)

Prueba de Ames

Escherichia coli/Salmonella typhimurium

Resultado: negativo

Observaciones:

(analogamente a compuestos similares)

Carcinogenicidad

Sin datos disponibles

Toxicidad para la reproducción

Sin datos disponibles

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

Puede provocar somnolencia o vértigo.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas

Sin datos disponibles

Peligro de aspiración

Peligro de aspiración

SECCIÓN 12. Información ecológica

12.1 Toxicidad

Mezcla

Sin datos disponibles

12.2 Persistencia y degradabilidad

Sin datos disponibles

12.3 Potencial de bioacumulación

Sin datos disponibles

12.4 Movilidad en el suelo

Sin datos disponibles

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

Esta sustancia/mezcla no contiene componentes que se consideren que sean bioacumulativos y tóxicos persistentes (PBT) o muy bioacumulativos y muy persistentes (vPvB) a niveles del 0,1% o superiores.

12.6 Otros efectos adversos

Efectos biológicos:

Peligro para el agua potable por filtración en suelos y acuíferos.

La descarga en el ambiente debe ser evitada.



Componentes

Hydrocarbons, C6, n-alkanes, isoalkanes, cyclics, n-hexane rich

pentano

Toxicidad para los peces	Ensayo estático CL50 - Oncorhynchus mykiss (Trucha irisada) - 4,26 mg/l - 96 h (Directrices de ensayo 203 del OECD)
Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos	Ensayo estático CE50 - Daphnia magna (Pulga de mar grande) - 2,7 mg/l - 48 h Observaciones: (ECHA)
Toxicidad para las algas	Ensayo estático CE50r - Selenastrum capricornutum (algas verdes) - 10,7 mg/l - 72 h (Directrices de ensayo 201 del OECD) Ensayo estático NOEC - Selenastrum capricornutum (algas verdes) - 7,51 mg/l - 72 h (Directrices de ensayo 201 del OECD)

Hydrocarbons, C6, isoalkanes

Sin datos disponibles

Hydrocarbons, C6-C7, n-alkanes, isoalkanes, cyclics,

Toxicidad para los peces	Ensayo semiestático LL50 - Oncorhynchus mykiss (Trucha irisada) - 11,4 mg/l - 96 h (Directrices de ensayo 203 del OECD)
Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos	Ensayo estático CE50 - Daphnia magna (Pulga de mar grande) - 0,64 mg/l - 48 h (Directrices de ensayo 211 del OECD)
Toxicidad para las algas	Ensayo estático EL50 - Pseudokirchneriella subcapitata (alga verde) - 30 - 100 mg/l - 72 h (Directrices de ensayo 201 del OECD)

SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

13.1 Métodos para el tratamiento de residuos

Producto

Consulte en www.retrologistik.com sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas.

SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

14.1 Número ONU

ADR/RID: 3295

IMDG: 3295

IATA: 3295



H225	Líquido y vapores muy inflamables.
H304	Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.
H315	Provoca irritación cutánea.
H336	Puede provocar somnolencia o vértigo.
H361f	Se sospecha que puede perjudicar la fertilidad.
H373	Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.
H400	Muy tóxico para los organismos acuáticos.
H411	Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
H412	Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Otros datos

La información indicada arriba se considera correcta pero no pretende ser exhaustiva y deberá utilizarse únicamente como orientación. La información contenida en este documento esta basada en el presente estado de nuestro conocimiento y es aplicable a las precauciones de seguridad apropiadas para el producto. No representa ninguna garantía de las propiedades del producto. La Corporación Sigma-Aldrich y sus Compañías Afiliadas, no responderán por ningún daño resultante de la manipulación o contacto con el producto indicado arriba. Dirijase a www.sigma-aldrich.com y/o a los términos y condiciones de venta en el reverso de la factura o de la nota de entrega. Copyright 2020 Sigma-Aldrich Co. LLC. Se autoriza la reproducción en número ilimitado de copias para uso exclusivamente interno.

La marca que aparece en el encabezado y/o el pie de página de este documento puede no coincidir visualmente con el producto adquirido mientras hacemos la transición de nuestra marca. Sin embargo, toda la información del documento relativa al producto permanece sin cambios y coincide con el producto solicitado. Para más información, póngase en contacto con mlsbranding@sial.com



ANEXO F

2013-09-18

ETIQUETAS AMBIENTALES TIPO I. SELLO AMBIENTAL COLOMBIANO. CRITERIOS AMBIENTALES PARA PINTURAS Y MATERIALES DE RECUBRIMIENTO



E: TYPE I ENVIRONMENTAL LABELS. COLOMBIAN ENVIRONMENTAL MARK. ENVIRONMENTAL CRITERIA FOR PAINTS AND COATINGS

CORRESPONDENCIA:

DESCRIPTORES: pintura; pintura - requisitos ambientales; recubrimientos - pared; recubrimientos - barnices; recubrimientos anticorrosivos; recubrimientos reflectivos; pinturas - pisos; Sello Ambiental Colombiano; etiqueta ambiental Tipo I.



I.C.S.: 87.000.00

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. (571) 6078888 - Fax (571) 2221435

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 6018 fue ratificada por el Consejo Directivo de 2013-09-18.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 78 Pinturas y productos afines.

ALFAGRES S.A.	MINISTERIO DE AMBIENTE Y
ANDERCOL S.A.	DESARROLLO SOSTENIBLE
AQUATERRA S.A.	PHILAAC LTDA
ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE	PINTURAS BLER S.A.
TÉCNICOS EN RECUBRIMIENTOS -	PINTURAS EVERY
ACTR-	PINTURAS M&D
BASF QUÍMICA COLOMBIANA S.A.	PINTURAS SÚPER
CÁMARA COLOMBIANA DE LA	PINTURAS TITO PABÓN
CONSTRUCCIÓN -CAMACOL-	PINTURAS TONNER
COLORQUÍMICA S.A.	PINTURAS Y ACABADOS 3P S.A.S.
COMPAÑÍA GLOBAL DE PINTURAS	PREFLEX S.A.
EASTMAN – MATHIESEN COLOMBIA S.A.S.	REVESTIMIENTOS DE COLOMBIA
ETERNIT COLOMBIANA S.A.	RECOL LTDA.
GMP ENNIS	SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE
HABA MADRINA	SENA
INVESA S.A.	SYGLA LTDA.
JUAN CORROSIÓN	

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

1ACABADOS	COLMENA VIDA RIESGOS PROFESIONALES
ABCDE MARPAV LTDA.	COLPINTURAS S.A.
ARQUITECTOS E INGENIEROS	CREA LTDA.
ASOCIADOS S.A.	DISPERCHEM LTDA.
CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN	HEXION QUÍMICA S.A.
MÁS LIMPIA	LUMOS LTDA.

MINISTERIO DE TRANSPORTE
ORGANIZACIÓN CORONA
PINTULACHER DE COLOMBIA
PINTUNAL S.A.
PINTURAS DUROCOLOR
PINTURAS MULTITONOS LTDA.
PINTURAS MUROTEX
PINTURAS TERINSA
PQUIM LTDA.
PRINCOLOR S.A.
PROCOQUINAL LTDA.

PRODUCCIONES GENERALES S.A. -
PROGEN-
QUIDISCOL LTDA.
R.K. S.A.
RECOLQUIM S.A.
SIKA COLOMBIA
SILQUIN LTDA.
SOCINTER S.A.
SUMICOLOR S.A.
TPD INGENIERÍA S.A.
UNIPINTURAS LTDA.

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales y otros documentos relacionados.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

CONTENIDO

	Página
0. INTRODUCCIÓN	i
0.1 GENERALIDADES	i
0.2 PRINCIPIOS DEL SELLO AMBIENTAL COLOMBIANO PARA PINTURAS Y MATERIALES DE RECUBRIMIENTO	ii
0.3 EL SELLO AMBIENTAL COLOMBIANO PARA PINTURAS Y MATERIALES DE RECUBRIMIENTO	iii
0.4 IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES DEL CICLO DE VIDA DE PINTURAS Y MATERIALES DE RECUBRIMIENTO	iv
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. DEFINICIONES.....	2
4. REQUISITOS	7
4.1 REQUISITOS LEGALES	7
4.2 REQUISITOS GENERALES.....	7
4.3 REQUISITOS PARA MATERIAS PRIMAS, COMPONENTES E INSUMOS.....	8
4.4 REQUISITOS PARA FABRICACIÓN.....	9
4.5 REQUISITOS AMBIENTALES DEL PRODUCTO	10
4.6 EMPAQUE Y EMBALAJE.....	12
5. INFORMACIÓN PARA EL MANEJO AL FINAL DE LA VIDA ÚTIL	12

	Página
6. ROTULADO DEL PRODUCTO	13
7. APTITUD PARA EL USO	13
 TABLAS	
Tabla 1. Límites de VOC	11
Tabla 2. Límites de VOC con colorante adicionado en el punto de venta	11
Tabla 3. Aptitud para el uso	13

**ETIQUETAS AMBIENTALES TIPO I.
SELLO AMBIENTAL COLOMBIANO.
CRITERIOS AMBIENTALES PARA PINTURAS
Y MATERIALES DE RECUBRIMIENTO**

0. INTRODUCCIÓN

0.1 GENERALIDADES

El propósito general de las etiquetas y declaraciones ambientales es promover la oferta y la demanda de productos y servicios que causen menor impacto en el ambiente, mediante la comunicación de información verificable, exacta y no engañosa, sobre aspectos ambientales de dichos productos y servicios, para estimular el mejoramiento ambiental continuo impulsado por el mercado.

La presente norma se enmarca en la implementación del esquema del Sello Ambiental Colombiano, cuya reglamentación de uso se estableció mediante la Resolución 1555 de octubre de 2005 de los Ministerios de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y de Comercio, Industria y Turismo.

Este Sello puede otorgarse a servicios prestados y productos elaborados, importados o comercializados en el país, que deseen portarlo y cumplan los criterios ambientales establecidos previamente como documentos referentes, frente a los que se certifican dichos productos.

Dentro de este contexto, los objetivos primordiales del Sello Ambiental Colombiano son:

- Crear una herramienta informativa y comercial para diferenciar los productos que presenten comparativamente un mejor desempeño ambiental.
- Incentivar el crecimiento del mercado nacional e internacional para este tipo de productos.
- Incentivar el crecimiento de la producción de bienes y servicios amigables con el ambiente.
- Promover un cambio hacia los productos ambientalmente amigables en las preferencias de compra de los consumidores.
- Facilitar el acceso al mercado y mejorar la imagen de los productos con un mejor desempeño ambiental.

- Promover el uso y desarrollo de procesos, técnicas y tecnologías limpias o sostenibles.

Para lograr estos objetivos, los criterios contenidos en esta norma se han desarrollado mediante un proceso que involucra la participación y la concertación con todas las partes interesadas.

Sobre esta base y como parte del diseño y el desarrollo del Sello Ambiental Colombiano, durante 2002, el entonces Ministerio del Medio Ambiente e ICONTEC acordaron desarrollar criterios piloto para otorgar el Sello Ambiental en Colombia, de carácter voluntario y aplicable a productos estratégicos, en el escenario de los mercados verdes. El objetivo principal de este trabajo ha sido contribuir a la reducción de los impactos ambientales asociados con productos o servicios, mediante la identificación de aquellos que se ajustan a los criterios de un programa específico para la preferencia ambiental.

La presente norma técnica se basa en los principios fundamentales de la NTC-ISO 14024 “Etiquetas y declaraciones ambientales. Etiqueta ambiental Tipo I. Principios y procedimientos” y tiene un enfoque integral de producto. Esto significa que cubre, según sea aplicable, desde la extracción del recurso natural o materia prima, el diseño, manufactura, ensamblaje, mercadeo, prestación de servicios, distribución, venta, uso y finalmente la disposición final.

Dada la complejidad y las limitaciones que se presentan a escala nacional para la formulación de un análisis completo del ciclo de vida del producto, se ha empleado un enfoque a criterios ambientales múltiples, obtenidos a partir de un balance ambiental, que resaltan varios atributos claves, tales como: disminución del uso y liberación de sustancias nocivas para el medio ambiente y la salud humana, uso eficiente de recursos en el proceso de producción, fomento de un uso más efectivo de los productos por parte de los clientes y consumidores, y fomento de recuperación, reutilización, reciclaje y disposición responsable de pintura no conforme y del empaque.

Adicionalmente, se espera que esta norma permita a los productores de pinturas, responder a requisitos ambientales y les permita demostrar que sus productos cumplen integralmente las exigencias de los mercados verdes.

Finalmente, es necesario considerar que los criterios y principios que se presentan en este documento implican una mejora continua de los niveles de exigencia para obtener y mantener una etiqueta ambiental.

0.2 PRINCIPIOS DEL SELLO AMBIENTAL COLOMBIANO PARA PINTURAS Y MATERIALES DE RECUBRIMIENTO

Los criterios ambientales establecidos en esta norma se han definido considerando los siguientes principios del ecoetiquetado:

- El producto o servicio debe hacer un uso sostenible de los recursos naturales que emplea como materia prima o insumo.
- El producto o servicio debe minimizar el uso de materias primas nocivas para el ambiente.
- Los procesos de producción o de prestación de los servicios deben utilizar menos cantidades de energía o hacer uso de fuentes de energía renovables o ambos.

- El producto o durante la prestación del servicio se deben utilizar menos materiales de empaque, preferiblemente reciclables, reutilizables o biodegradables.
- El producto debe ser fabricado o el servicio se debe prestar haciendo uso de tecnologías limpias o generando un menor impacto relativo sobre el ambiente.

0.3 EL SELLO AMBIENTAL COLOMBIANO PARA PINTURAS Y MATERIALES DE RECUBRIMIENTO

Esta norma busca ser un instrumento de competitividad para el sector de pinturas y materiales de recubrimiento; tiene un enfoque de ciclo de vida, es decir, se han identificado y propuesto diferentes medidas que permitan controlar y reducir los principales impactos ambientales generados desde la selección de materias primas hasta el fin de la vida útil de la pintura.

Durante la producción se usa una serie de sustancias nocivas para el medio ambiente, las cuales además pueden presentar riesgos específicos para la salud humana. Ejemplos de estas sustancias son:

- metales pesados;
- solventes, como hidrocarburos, solventes halogenados, etilenglicol y éteres de glicol;
- compuestos orgánicos volátiles, y
- sustancias que son o tienen la probabilidad de ser cancerígenas o de ocasionar mutaciones, o tienen otros riesgos tóxicos importantes para los humanos o efectos tóxicos en ambientes acuáticos.

Restringir y minimizar el contenido de estas sustancias en las pinturas y materiales de recubrimiento reduce el nivel de riesgo y la liberación de sustancias nocivas, durante su fabricación, uso y disposición final.

El proceso de manufactura, que incluye el de las materias primas usadas en la producción de pinturas y materiales de recubrimiento, puede involucrar uso significativo de recursos naturales como el agua y la energía, generación de vertimientos y emisiones. Implementar medidas de ecoeficiencia contribuye a reducir los impactos generados por los procesos de manufactura.

El material de empaque de pinturas y materiales de recubrimiento implica un potencial uso significativo de recursos y generación de residuos. Las medidas para asegurar que estos puedan ser reciclados y fomentar que sea incluido un contenido de reciclado en el empaque ayudan a reducir la demanda de materias primas y a evitar residuos en los vertederos.

El comportamiento del usuario es un aspecto importante que puede afectar el impacto ambiental de las pinturas y materiales de recubrimiento. Seleccionar los productos apropiados y aplicarlos correctamente ayuda a asegurar el uso eficiente de recursos. Almacenar y disponer correctamente los sobrantes de pintura, de acuerdo con la normativa ambiental vigente ayudará a reducir los impactos facilitando su reutilización y reciclaje, y evitando residuos en los sitios de disposición final.

0.4 IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES DEL CICLO DE VIDA DE PINTURAS Y MATERIALES DE RECUBRIMIENTO

Aspectos ambientales	Etapas del ciclo de vida					
	Extracción materias primas	Fabricación	Embalaje	Uso	Disposición final	Requisito correspondiente de la NTC
Uso y disponibilidad de recursos	X	X	X		X	4.2.1, 4.6
Consumo de energía	X	X	X	X	X	4.4
Emisiones al aire	X	X		X	X	4.3.2, 4.4, 4.5
Vertimientos al agua	X	X		X	X	4.4
Vertimientos al suelo	X	X		X	X	4.4
Generación de residuos	X	X	X	X	X	4.2.1, 4.4, 4.6, 5
Afectación de fauna y flora	X	X			X	4.3.2, 4.4,
Salud humana	X	X	X	X	X	4.3.2, 4.3.3

**ETIQUETAS AMBIENTALES TIPO I.
SELLO AMBIENTAL COLOMBIANO.
CRITERIOS AMBIENTALES PARA PINTURAS
Y MATERIALES DE RECUBRIMIENTO**

1. OBJETO

Esta norma especifica los requisitos ambientales para pinturas y materiales de recubrimiento. Los requisitos estipulados en esta norma están dirigidos a recubrimientos para pared, barnices, recubrimientos anticorrosivos y recubrimientos reflectivos, pinturas para pisos e imprimantes o pintura base.

Los requisitos estipulados en esta norma no están dirigidos a tintes, acabados base solvente, recubrimientos especiales (industriales, marinos o para automóviles), o pintura en aerosol.

El cumplimiento de los requisitos ambientales especificados en esta norma permite que el interesado obtenga el Sello Ambiental Colombiano, etiqueta ambiental Tipo I.

NOTA Existen algunos criterios adicionales incluidos en el Manual de Gestión y Uso del Sello Ambiental Colombiano, emitido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos normativos referenciados son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas, se aplica únicamente la edición citada. Para las no fechadas, se aplica la última edición del documento normativo referenciado (incluida cualquier corrección).

NTC 811, Método de ensayo para medir la adhesión de un recubrimiento mediante el ensayo de cinta.

NTC 1114, Método de ensayo para el efecto de las sustancias químicas domésticas en acabados orgánicos incoloros y pigmentados.

NTC 1335, Pinturas al agua tipo emulsión.

NTC 4974, Pinturas y barnices. Poder de recubrimiento. Determinación de la relación de contrastes - opacidad

NTC 5616, Rotulado o etiquetado general de pinturas, tintas y sus materias primas.

NTC 5828, Pinturas al agua tipo emulsión para uso exterior de alta resistencia.

GTC 53-8, Guía para la minimización de los impactos ambientales de los residuos de envases y embalajes.

GTC 86, Guía para la implementación de la gestión integral de residuos -GIR-.

NTC-ISO 14021, Etiquetas y declaraciones ambientales. Autodeclaraciones ambientales. Etiquetado ambiental Tipo II.

ASTM C1549, *Standard Test Method for Determination of Solar Reflectance Near Ambient Temperature Using a Portable Solar Reflectometer*

ASTM D1308, *Standard Test Method for Effect of Household Chemicals on Clear and Pigmented Organic Finishes.*

ASTM D2370, *Standard Test Method for Tensile Properties of Organic Coatings.*

ASTM D3359, *Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test.*

ASTM D4062, *Standard Test Method for Leveling of Paints by Draw Down Method.*

ASTM D4400, *Standard Test Method for Sag Resistance of Paints Using a Multinotch Applicator.*

ASTM D4827, *Standard Test Method for Determining the Unreacted Monomer Content of Latexes Using Capillary Column Gas Chromatography.*

ASTM D6083, *Standard Specification for Liquid Applied Acrylic Coating Used in Roofing.*

ASTM D6886, *Standard Test Method for Determination of the Individual Volatile Organic Compounds (VOCs) in Air Dry Coatings by Gas Chromatography.*

ASTM D7234, *Standard Test Method for Pull Off Adhesion Strength of Coatings on Concrete Using Portable Pull off Adhesion Testers.*

ASTM E408, *Standard Test Methods for Total Normal Emittance of Surfaces Using Inspection Meter Techniques.*

ISO 6504-3, *Paints and Varnishes. Determination of Hiding Power. Part 3: Determination of Contrast Ratio of Light-Coloured Paints at a Fixed Spreading Rate.*

ISO 11890-2, *Paints and Varnishes. Determination of Volatile Organic Compound (VOC) Content. Part 2: Gas-Chromatographic Method.*

3. DEFINICIONES

Para los propósitos de esta norma, son aplicables los siguientes términos y definiciones:

3.1 Acabado. Capa más externa de un sistema de pintura o recubrimiento.

3.2 Aspecto ambiental. Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente.

NOTA Un aspecto ambiental significativo tiene o puede tener un impacto ambiental significativo.

[ISO 14001:2004]

3.3 Barnices. Acabados transparentes o semi-transparentes, excluyendo lacas y selladores, formulados para secar por reacción química o por exposición al aire. Los barnices pueden contener pequeñas cantidades de pigmento para colorear la superficie o para controlar el brillo del acabado.

3.4 Brillo (*Gloss*). Propiedad óptica de una superficie, caracterizada por su capacidad para reflejar la luz de forma especular.

NOTA Ejemplos de grados de brillo son: alto brillo, brillante, semibrillante, semimate, y mate.

[NTC 5812, 2.37]

3.5 Cancerígeno. Un químico listado y clasificado como conocido, probable o posible cancerígeno humano por la International Agency for Research on Cancer (IARC) (Grupos 1, 2A y 2B).

3.6 Colorante (*Dyestuff*). Material que imparte el color requerido al material de recubrimiento en el cual está disuelto.

[NTC 5812, 2.50]

3.7 Combustibles limpios. Aquellos que al ser usados en sistemas de combustión, como los motores vehiculares, generan emisiones de contaminantes menores a los límites máximos que establezca la autoridad competente.

NOTA 1 La definición sólo es aplicable a sistemas de movilización y transporte de cargas,

[Resolución 180158 de 2007 de los Ministerios de Minas, de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.]

NOTA 2 La resolución 2604 del 24 de diciembre de 2009 de los Ministerios de Minas y Energía, de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial define que los combustibles limpios son los siguientes:

- a) hidrógeno,
- b) gas natural (GN),
- c) gas licuado de petróleo (GLP),
- d) diésel hasta de 50 ppm de azufre,
- e) mezclas de diésel con biodiesel (la mezcla no debe superar 50 ppm de azufre)
- f) gasolina hasta de 50 ppm de azufre y
- g) mezclas de gasolina con alcohol carburante o etanol anhidro desnaturalizado. La mezcla no debe superar 50 ppm de azufre.

3.8 Compuesto Orgánico Volátil (VOC). Es cualquier compuesto de carbono, excluyendo monóxido de carbono, dióxido de carbono, ácido carbónico, carburos y carbonatos metálicos y carbonato de amonio, que participe en reacciones atmosféricas fotoquímicas, excepto los designados por la EPA como exentos de VOC por tener reactividad fotoquímica despreciable que aparecen en la lista de exentos de VOC de la norma 40CFR 51.100.

[EPA 40 CFR 51.100]

3.9 Compuesto agotador de la capa de ozono. Compuesto con un potencial de destrucción de la capa de ozono superior a 0.01 (CFC 11=1) de acuerdo con lo establecido por la *Environmental Protection Agency – EPA –* de Estados Unidos en la lista de Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono de Clase I y Clase II.

3.10 Contaminante peligroso del aire. Cualquier compuesto listado por la *Environmental Protection Agency – EPA –* de Estados Unidos en la sección *Clean Air Act 112 (b)* como contaminante peligroso del aire.

3.11 Criterios ambientales de producto. Requisitos ambientales que debe cumplir el producto para que se le otorgue el Sello Ambiental Colombiano.

[Resolución 1555 de 2005]

3.12 Estucos y masillas. Material de recubrimiento para pared en pasta listo para aplicar, que permite preparar la superficie para dar el acabado final; puede ser aplicado en diferentes sustratos como pañetes, frisos, revoques, repellos, concreto, Dry-Wall y láminas de fibrocemento.

3.13 Etiqueta ambiental/declaración ambiental. Manifestación que indica los aspectos ambientales de un producto o servicio.

[NTC-ISO 14020]

3.14 Impacto ambiental. Cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización.

[ISO 14001:2004]

3.15 Imprimante o pintura base. Material de recubrimiento que es formulado y recomendado para uno o más de los siguientes propósitos: (i) proporcionar una unión firme entre el sustrato y el subsecuente recubrimiento; (ii) prevenir que un subsecuente recubrimiento sea absorbido dentro del sustrato; (iii) prevenir daño a un subsecuente recubrimiento a partir de materiales en el sustrato, y (iv) proporcionar una superficie lisa para la aplicación de un subsecuente recubrimiento.

3.16 Mate (*Flat*). Pintura o material de recubrimiento para pared, cuyo brillo especular es menor o igual a 10 unidades de brillo cuando se mide a 60°, de acuerdo con lo indicado en la NTC 1335.

3.17 Material de empaque recuperado. Material que ha sido recuperado, o que ha sido desviado del flujo de residuos generado después de un proceso de manufactura de material. El material recuperado puede incluir material post-consumo, cortes, recortes, inventarios obsoletos y existencias no usadas o rechazadas, pero no incluye material que puede ser reutilizado dentro del proceso que lo generó.

3.18 Material de recubrimiento (*Coating Material*). Producto en forma líquida, pasta o polvo que, cuando se aplica a un **sustrato**, forma una película que tiene propiedades protectoras, decorativas u otras propiedades específicas.

[NTC 5812, 2.145]

3.19 Material de recubrimiento anticorrosivo. Material de recubrimiento formulado y recomendado para la prevención de la corrosión de sustratos metálicos.

3.20 Medio ambiente. Entorno en el cual una organización (3.23) opera, incluidos el aire, el agua, el suelo, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones.

NOTA En este contexto, el entorno se extiende desde el interior de una organización hasta el sistema global.

[ISO 14001:2004]

3.21 Mutágeno. Químico que cumple los criterios para la Categoría 1, químicos conocidos por producir mutaciones hereditarias o son considerados como que inducen mutaciones hereditarias en las células germinales humanas, bajo el *Harmonized System for the Classification Of Chemicals Which Cause Mutations in Germ Cells (United Nations Economic Commission for Europe, Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals)*.

3.22 No mate (Non-Flat). Pintura o material de recubrimiento para pared, cuyo brillo especular es mayor a 10 unidades de brillo, cuando se mide a 60°, de acuerdo con lo indicado en la NTC 1335.

3.23 Organización. Compañía, corporación, firma, empresa, autoridad o institución, o parte o combinación de ellas, sean o no sociedades, pública o privada, que tiene sus propias funciones y administración.

NOTA Para organizaciones con más de una unidad operativa, una unidad operativa por sí sola puede definirse como una organización.

[ISO 14001:2004]

3.24 Pigmento (Pigment). Material colorante, generalmente en forma de partículas finas, que es prácticamente insoluble en el medio y que se utiliza debido a sus propiedades ópticas, protectoras, decorativas o ambas.

[NTC 5812, 2.166]

3.25 Pintura. Material de recubrimiento pigmentado que, cuando se aplica a un sustrato, forma una película opaca que presenta propiedades protectoras, decorativas o técnicas específicas.

[NTC 5812, 2.167]

3.26 Pintura para piso. Recubrimientos opacos que son formulados para o aplicados a superficies de suelo que tienen un espesor de película seca (DFT (*Dry Film Thickness*)) de 0,25 mm (10 mils) o menos y que son aplicados de manera mecánica o manual.

Para los propósitos de esta norma, la pintura para piso no incluye sistemas de pisos epoxi o uretano que incluyen agregados gruesos, partículas de color u hojuelas como parte de un sistema de piso de varias partes. La pintura para piso tampoco incluye acabados para piso que están definidos como cualquier producto que deja una cera protectora, polímero o recubrimiento de resina que está diseñado para ser removido periódicamente y reaplicado.

3.27 Programa de etiquetado ambiental Tipo I (Etiqueta ambiental Tipo 1). Programa voluntario, basado en criterios múltiples, de tercera parte, que autoriza el uso de etiquetas ambientales en productos; tales etiquetas indican la preferencia ambiental global de un producto dentro de una categoría de productos, sobre la base de consideraciones del ciclo de vida.

[NTC-ISO 14024]

3.28 Recubrimiento, revestimiento (Coating). Película continua que se forma por una sola aplicación o aplicaciones múltiples de uno o varios materiales de recubrimiento sobre un sustrato.

NOTA Es incorrecto el uso del término "recubrimiento" que se asocia al proceso de aplicación, por "material de recubrimiento" que se refiere a la pintura.

[NTC 5812, 2.192]

3.29 Recubrimientos elastoméricos reflectivos para pared. Material de recubrimiento diseñado para modificar las características de luz y radiación térmica, tiene propiedades elásticas y puede expandirse con el calor y regresar a su forma original sin daño cuando tiene un espesor de película seca, DFT, de 0,43 mm (17 mils) o mayor.

3.30 Recubrimientos no-elastoméricos reflectivos para pared. Látex y materiales de recubrimiento termoplásticos diseñados para modificar las características de luz y radiación térmica cuando tiene un espesor de película seca, DFT, de 0,127 mm (5 mils) o mayor.

3.31 Recubrimientos reflectivos para techo. Material de recubrimiento no-bituminoso etiquetado y formulado para aplicación en techo, con el propósito principal de reflejar la luz ultravioleta o reflejar la radiación solar.

3.32 Residuo. Cualquier objeto, material, sustancia, elemento o producto que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, cuyo generador descarta, rechaza o entrega porque sus propiedades no permiten usarlo nuevamente en la actividad que lo generó o porque la legislación o la normatividad vigente así lo estipula.

[Decreto 4741 DE 2005]

3.33 Residuo o desecho peligroso. Residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas, puede causar riesgo o daño a la salud humana y al ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

[Decreto 4741 DE 2005]

3.34 Sello Ambiental Colombiano. Marca de certificación reconocida por la Superintendencia de Industria y Comercio que puede portar un producto que cumpla los requisitos establecidos por la Resolución 1555 de 2005 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

[Resolución 1555 de 2005]

3.35 Unidad de producción. Unidad de medida base utilizada en la organización para cuantificar su producción. Para efectos de esta norma, se utiliza como unidad de producción el galón (0,003785 m³).

3.36 Vertimiento. Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido.

[Decreto 3930 de 2010]

4. REQUISITOS

4.1 REQUISITOS LEGALES

4.1.1 Cumplimiento de la legislación ambiental

4.1.1.1 La organización encargada de la fabricación de pinturas y materiales de recubrimiento debe establecer, implementar y mantener un procedimiento para identificar, tener acceso, cumplir y evaluar periódicamente el cumplimiento de la legislación ambiental que sea aplicable en todas las etapas de fabricación del producto.

4.1.1.2 Para las materias primas, insumos y actividades hechas por un tercero para la organización encargada de la fabricación de pinturas y materiales de recubrimiento (directamente relacionadas con las etapas fabricación), ésta debe solicitar un certificado que demuestre el cumplimiento de la legislación ambiental del país de origen que le es aplicable; para demostrarlo es válida la certificación, de acuerdo con la norma ISO 14001¹ (tercera parte); en caso contrario, es válida la certificación de primera parte con los soportes que la sustenten.

4.1.2 Cumplimiento de la legislación en gestión de la seguridad y salud en el trabajo

La organización debe contar con un sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo, de acuerdo con la legislación vigente.

4.2 REQUISITOS GENERALES

4.2.1 Gestión de proveedores

La organización debe incluir dentro de los criterios de compra, consideraciones ambientales que incluyan el compromiso de los proveedores con la protección ambiental y darles una ponderación importante dentro de la calificación del proveedor que sirva como elemento diferenciador.

La organización encargada de la producción de pinturas y materiales de recubrimiento debe:

- a) identificar los bienes y los servicios que adquiere o contrata para la fabricación de su producto y establecer criterios de compra que incluyan consideraciones ambientales, de acuerdo con la disponibilidad del mercado;

NOTA La gestión de proveedores de materias primas se detalla en el numeral 4.3.1

- b) dar prioridad a los proveedores que demuestren su compromiso con la protección del medio ambiente, y
- c) verificar la idoneidad y la legalidad de los proveedores que contrata.

La organización debe establecer, dentro de su política de compras, las siguientes exigencias a sus proveedores en materia de empaques:

- a) empleo de la menor cantidad de empaque y

¹ Se entiende que al cumplir la norma ISO 14001 se ha identificado y está comprometido con el cumplimiento de la legislación ambiental vigente en el país de origen.

- b) contar con un programa de recolección de empaques o emplear empaques biodegradables o que en la práctica se cuente con infraestructura para su recolección y aprovechamiento local.

NOTA Se recomienda consultar la GTC 53-8 Guía para la minimización de los impactos ambientales de los residuos de envases y embalajes.

4.3 REQUISITOS PARA MATERIAS PRIMAS, COMPONENTES E INSUMOS

4.3.1 Generalidades

4.3.1.1 La organización encargada de la fabricación de pinturas y materiales de recubrimiento debe identificar las materias primas e insumos que se adquieren. Con base en esta información, se deben definir cuáles de las materias primas empleadas generan impactos ambientales significativos, teniendo en cuenta al menos las siguientes etapas de su ciclo de vida: extracción de las materias primas, fabricación, uso y disposición final.

4.3.1.2 Para las materias primas e insumos asociados a impactos ambientales significativos identificados en el numeral 4.3.1.1, se deben establecer acciones que permitan prevenir, mitigar o controlar el impacto asociado.

Dentro de las posibles acciones a tomar se pueden considerar las siguientes:

- reemplazo de materias primas por otras menos contaminantes o que generan menor impacto ambiental, y
- definición de criterios ambientales de compra que exija a sus proveedores el uso de mejores prácticas, las cuales puedan ser verificadas por la organización.

Para demostrar cumplimiento de estos requisitos la organización debe suministrar la siguiente evidencia:

- 1) registros de los criterios de compra exigidos a sus proveedores, de acuerdo con lo especificado en esta norma, y
- 2) declaración del(los) proveedor(es) respecto al cumplimiento del(los) requisito(s) que apliquen y las fichas técnicas de las materias primas o productos.

4.3.2 Compuestos prohibidos

Los productos no pueden contener ningún material que sea cancerígeno (clasificación 1 y 2a, por la IARC), mutagénico, tóxico para la reproducción, contaminante peligroso del aire o que sea agotador de la capa de ozono; según se define en la sección 112 de los EE.UU. Ley de Aire Limpio.

Elementos que están presentes naturalmente en el agua y compuestos orgánicos clorados, que pudieran estar presentes como resultado de la cloración del suministro de agua, no son considerados compuestos prohibidos, si las concentraciones se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles en la legislación nacional vigente para agua potable.

4.3.3 Prohibiciones de compuestos específicos

El producto no debe contener los siguientes componentes o ser fabricado usando:

- 1,2-diclorobenceno;

- alquilfenoles etoxilados;
- donantes de formaldehído;
- metales pesados²,
- ftalatos;
- trifenilos y tributilos de estaño;
- metanol;
- emulsión con contenido máximo de monómeros libres de 0.5% (w/w), determinados mediante el método de ensayo ASTM D4827;
- sílice cristalina (cuarzo, CAS 14808-60-7)³.

4.4 REQUISITOS PARA FABRICACIÓN

La organización encargada de la producción de pinturas y materiales de recubrimiento debe cumplir con los siguientes requisitos.

4.4.1 Se debe definir e implementar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para todos los equipos empleados en la manufactura o para generar servicios de apoyo para la producción de pinturas y materiales de recubrimiento y dejar registros de los mantenimientos efectuados.

4.4.2 Los equipos empleados para la producción deben usar combustibles limpios (véase el numeral 3, de definiciones). En el caso de no poder usar combustibles limpios, se debe justificar esta situación y cumplir con la normativa vigente, en materia de emisiones atmosféricas.

4.4.3 Se debe mantener un registro mensual del consumo total de energía por unidad de producción. A partir de ello se debe diseñar, establecer e implementar un plan para el uso eficiente de energía en el cual debe establecerse claramente el objetivo, las metas, los periodos de tiempo para alcanzar estas metas y las actividades para su logro.

En caso de no cumplir las metas establecidas, se deberán analizar las causas, registrarlas y establecer e implementar las acciones correctivas.

4.4.4 Se debe mantener un registro mensual del consumo total de agua por unidad de producción y a partir de ello se debe diseñar, establecer e implementar un plan para el ahorro y uso eficiente de agua, en el cual se debe establecer claramente el objetivo, las metas de reducción, los periodos de tiempo para alcanzar estas metas y las actividades para su logro.

En caso de no cumplir las metas establecidas, se deben analizar las causas, registrarlas y establecer e implementar las acciones correctivas.

² Los metales pesados son compuestos prohibidos que no deben ser adicionados intencionalmente al producto como compuesto. Se acepta que los ingredientes puedan contener trazas de estos metales procedentes de las impurezas de las materias primas, en una concentración de hasta el 0,01 % (m/m).

³ La sílice cristalina es un compuesto prohibido y no debe ser adicionado intencionalmente al producto como compuesto. Esta restricción no se aplica a contaminación presente en materias primas como cargas minerales.

4.4.5 Se debe llevar un registro de la cantidad mensual y tipo de residuos que se generan por unidad de producción. A partir de estas mediciones se debe diseñar, establecer e implementar un plan de gestión integral de dichos residuos, el cual considere al menos: minimización, separación en la fuente, transporte interno, almacenamiento, presentación diferenciada, aprovechamiento y disposición de los residuos. Se recomienda consultar la GTC 86 sobre gestión integral de residuos. Se debe establecer una meta de minimización de cada tipo de residuo identificado, los periodos de tiempo para alcanzar estas metas y las actividades para su logro.

En caso de no cumplir las metas establecidas, se deben analizar las causas, registrarlas y establecer e implementar las acciones correctivas.

La organización debe gestionar los residuos peligrosos generados durante la etapa de producción y sus procesos de soporte, a través de empresas legalmente constituidas y autorizadas por la autoridad competente para realizar una disposición ambientalmente responsable de dichos residuos.

4.4.6 Se deben identificar y caracterizar las fuentes de contaminación atmosférica y auditiva resultantes de su actividad. A partir de esto, se debe establecer, implementar y mantener un programa para controlar la contaminación atmosférica y auditiva.

4.4.7 Se deben identificar y caracterizar los vertimientos de la organización y a partir de ello se debe diseñar, establecer e implementar un plan para su control, en el cual se deben establecer claramente metas que permitan mejorar la calidad ambiental del vertimiento, los periodos de tiempo para alcanzar estas metas, los responsables y las actividades para su logro.

En caso de no cumplir las metas establecidas, se deben analizar las causas, registrarlas y establecer e implementar las acciones correctivas.

4.4.8 Los solventes empleados para limpiar los equipos de producción no deben contener sustancias que afecten la capa de ozono (listadas en el Anexo A, B o C del protocolo de Montreal o cualquier corrección o enmienda posterior).

4.5 REQUISITOS AMBIENTALES DEL PRODUCTO

4.5.1 Contenido límite de compuestos aromáticos volátiles

El producto debe contener no más de 0,5 % en peso de la suma total de compuestos aromáticos volátiles. Se deben llevar a cabo pruebas para determinar la concentración de estos compuestos, si se determina que se encuentran presentes en el producto durante una revisión de las materias primas.

4.5.2 Contenido límite de compuestos orgánicos volátiles (VOC)

La concentración de compuestos orgánicos volátiles (VOC) del producto no debe exceder los límites establecidos en la Tabla 1 en gramos de VOC por litro de producto, determinados de acuerdo con la norma ASTM D6886.

El cálculo de VOC debe excluir agua, exentos y colorantes adicionados en el punto de venta.

Tabla 1. Límites de VOC

Tipo de producto	Nivel de VOC (g/L) a 250 °C
Pintura o material de recubrimiento mate	100
Pintura o material de recubrimiento no-mate	150
Imprimante o pintura base	200
Pintura para piso	250
Recubrimiento anticorrosivo	400
Recubrimiento reflectivo para pared	100
Recubrimiento reflectivo para techo	150
Barnices	350
Estucos y masillas	100

NOTA 1 Verificar el tipo de producto de acuerdo con lo consignado en el Anexo A (Informativo).

NOTA 2 Rangos sujetos a revisión cuando los recursos tecnológicos disponibles permitan rediseño en formulaciones para el logro de disminuciones en los niveles de VOC en cualquiera de las categorías.

Fuente: 40 CFR 59.402. http://www.epa.gov/region1/topics/air/sips/me/2006_ME_ch151.pdf, consultado el 3 de abril de 2013.

4.5.3 Colorante adicionado en el punto de venta, contenido límite de compuestos orgánicos volátiles (VOC)

La concentración de VOC del producto, incluyendo el colorante adicionado en el punto de venta, no debe exceder los límites establecidos en la Tabla 2 en gramos de VOC por litro de producto, determinados de acuerdo con los métodos indicados en el numeral 4.5.2.

En caso que el productor no cuente con la documentación del nivel de VOC de los colorantes, debe tomar un valor promedio de 70 g/L para cada colorante que se adicione a la pintura base. El valor total de VOC para la pintura coloreada se calculará teniendo en cuenta la cantidad adicionada y el aporte de VOC de cada colorante.

Tabla 2. Límites de VOC con colorante adicionado en el punto de venta

Tipo de producto	Nivel de VOC (g/L) a 250 °C
Pintura o material de recubrimiento mate con colorante adicionado en el punto de venta	150
Pintura o material de recubrimiento no mate con colorante adicionado en el punto de venta	200
Imprimante o pintura base con colorante adicionado en el punto de venta	250
Pintura para piso con colorante adicionado en el punto de venta	300
Recubrimiento anticorrosivo con colorante adicionado en el punto de venta	450
Recubrimiento reflectivo para pared con colorante adicionado en el punto de venta	150
Recubrimiento reflectivo para techo con colorante adicionado en el punto de venta	200

4.6 EMPAQUE Y EMBALAJE

4.6.1 La posibilidad de ahorrar recursos, reciclar materiales y reducir la cantidad de residuos se debe tener en consideración para el diseño del empaque del producto.

4.6.2 Los materiales empleados para el empaque y el embalaje de las pinturas y los materiales de recubrimiento deben ser reciclables o biodegradables; en caso de que las características necesarias para el empaque o embalaje no permitan que sea reciclable o biodegradable, la organización debe tener un programa de devolución del empaque y embalaje al productor.

4.6.3 El empaque debe contener un mínimo de 20 % de contenido de material recuperado. Se hará una excepción cuando la organización cuente con un programa en el que se retorne el empaque o embalaje a la organización.

4.6.4 Restricciones de metales pesados

Los metales pesados, incluyendo plomo, mercurio, cadmio y cromo hexavalente, no deben ser introducidos intencionalmente.

Adicionalmente, la suma de los niveles de concentración de estos metales presentes no debe exceder 100 partes por millón en peso (0,01 %); se permite una excepción para empaques que no excedan este máximo nivel sino por la adición de material recuperado.

La introducción intencional no incluye el uso de uno de estos metales como ayuda al proceso o como intermediario para impartir ciertos cambios físicos o químicos durante la producción, donde la retención incidental de un residuo de dicho metal en el empaque final o en un componente del empaque no es deseada o deliberada, si el empaque final o el componente del empaque cumple la restricción de concentración incidental de 100 ppm.

4.6.5 Otras restricciones

Se prohíbe la introducción intencional de ftalatos; se permite una excepción para empaques que no tengan ftalatos adicionados sino por la adición de material recuperado.

5. INFORMACIÓN PARA EL MANEJO AL FINAL DE LA VIDA ÚTIL

El productor debe proveer información, a través de medios escritos, en línea u otro medio accesible, que incluya:

- instrucciones para comprar la cantidad apropiada del producto requerido para un trabajo específico;
- instrucciones para una ventilación adecuada durante la aplicación de la pintura y el periodo de secado;
- instrucciones sobre el uso apropiado del producto;
- una declaración promoviendo la consulta con las autoridades locales acerca de la disposición adecuada o de oportunidades de reciclaje para producto sobrante y empaque;

- si el productor cuenta con un programa de devolución, instrucciones de la forma como el producto y el empaque pueden ser devueltos.

6. ROTULADO DEL PRODUCTO

El rótulo debe cumplir lo especificado en la NTC 5616 y adicionalmente debe incluir la siguiente información:

6.1 Una declaración para promover la consulta con las autoridades locales acerca de la disposición adecuada o de oportunidades de reciclaje para producto sobrante y empaque.

6.2 Instrucciones para compra de la cantidad adecuada, ventilación adecuada durante el tiempo de secado y uso apropiado del producto, o incluir una referencia a información de educación al consumidor por medio impreso, en línea u otro medio accesible.

6.3 Si el productor cuenta con un programa de devolución, instrucciones de la forma como el producto y el empaque pueden ser devueltos.

6.4 Los adhesivos y tintas empleados en el rotulado e instrucciones de los productos deben ser libres de metales pesados.

7. APTITUD PARA EL USO

Las pinturas y los materiales de recubrimiento que se tienen en esta norma deben cumplir los requisitos establecidos por una norma técnica internacional (como ISO), o norma técnica de reconocimiento internacional (como ASTM), o norma técnica colombiana (NTC) vigente, que garantice la aptitud para el uso.

Tabla 3. Aptitud para el uso

Categoría de recubrimiento	Propiedad	Norma Técnica Colombiana	Norma ASTM o ISO	Especificación
Pinturas para pared interior (1)	Todas las requeridas	NTC 1335		Las definidas en la norma
Pinturas para pared exterior (1)	Todas las requeridas	NTC 5828		Las definidas en la norma
Anticorrosivos (2)	Adhesión	NTC 811		Mínimo 4A
	Opacidad	NTC 4974	ISO 6504-3	Mínimo 80%
	Resistencia a la corrosión	NTC 1156	ASTM B117	150-200 h
Imprimantes o pinturas base	Adherencia	NTC 811 Método de ensayo A (En X)	ASTM D3359	Mínimo 4A
	Aplicabilidad		ASTM D4400	12 - 14 Mínimo
Recubrimientos reflectivos no elastoméricos para pared	Generales	NTC5828		Las definidas en la norma
	Reflectancia solar		ASTM C1549	Colores pastel $\geq 0,65$ Colores oscuros $\geq 0,40$
	Emitancia Térmica		ASTM E408	0.87 a 0.92

Continúa...

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 6018

Tabla 3. (Continuación)

Categoría de recubrimiento	Propiedad	Norma Técnica Colombiana	Norma ASTM ó ISO	Especificación
Recubrimientos elastoméricos reflectivos para pared	Generales	NTC5828		Las definidas en la norma
	Elongación y esfuerzo tensil		ASTM D2370	Mínimo 100% de elongación con mínimo 200 psi de esfuerzo tensil
	Reflectancia solar		ASTM C1549	Colores pastel $\geq 0,65$ Colores oscuros $\geq 0,40$
	Emitancia Térmica		ASTM E408	0,87 a 0,92
Recubrimientos reflectivos para techos	Generales		ASTM D6083	Las definidas en la norma
	Reflectancia solar		ASTM C1549	Colores pastel $\geq 0,65$ Colores oscuros $\geq 0,40$
	Emitancia Térmica		ASTM E408	0,87 a 0,92
Epóxicos y Poliuretanos para pisos	Adherencia		ASTM D7234	Mínimo 200 PSI
	Aplicabilidad		ASTM D4062	Min.7
	Poder cubriente	NTC4974	ISO 6504-3	Mín. 95
	Resistencia a la abrasión (Taber abraser)		ASTM D4060 (CS 10/1000/1000) (8 días / +23°C)).	35-45 mg pérdida
	Dureza Shore		ASTM D2240	76-82
Epoxicos y Poliuretanos para pared	Adherencia	NTC 811 Método de ensayo A (En X)	ASTM D3359	5A No hay peladura ni desprendimiento
	Flujo y nivelación		ASTM D4400	12 - 14 Mín.
	Poder cubriente	NTC 4974	ISO 6504-3	Mín. 95
	Resistencia al álcali	NTC 1114	ASTM D1308	No debe presentar cambios notorios de color, arrugamiento, ampollamiento o cualquier otro defecto visible a simple vista a las 4 h de exposición.
Preparadores de superficie (Estucos y masillas)	Adherencia del preparador sobre el sustrato	NTC 811 Método de ensayo A (En X)	ASTM D3359	Mínimo 4A
	Adherencia del acabado sobre el preparador	NTC 811 Método de ensayo A (En X)	ASTM D3359	Mínimo 4A

Tabla 3. (Final)

Categoría de recubrimiento	Propiedad	Norma Técnica Colombiana	Norma ASTM ó ISO	Especificación
Barnices para piso	Resistencia a la abrasión (Taber abraser)		ASTM D4060 (Disco CS10,1500 ciclos,1 kg de peso)	Pérdida máxima tolerable: 5 miligramos.
<p>(1) Para mate y no mate</p> <p>(2) El Comité 78 Pinturas y productos afines de ICONTEC actualizará la NTC 1651 (Segunda actualización), con el fin de incluir alquídico base agua, acrílico base agua, epóxico base agua. Cuando sea ratificada la NTC 1651 (Tercera actualización), se debe cumplir con las especificaciones de dicha norma.</p>				

ANEXO G

2007-09-26

**GUÍA PARA LA MINIMIZACIÓN DE LOS IMPACTOS
AMBIENTALES DE LOS RESIDUOS DE ENVASES
Y EMBALAJES**



E: GUIDE FOR THE MINIMIZATION OF THE
ENVIRONMENTAL IMPACTS OF PACKAGING WASTES

CORRESPONDENCIA:

DESCRIPTORES: envases, embalajes, residuos,
minimización de impactos
ambientales, gestión ambiental.

I.C.S.: 13.030.99

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. (571) 6078888 - Fax (571) 2221435

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La GTC 53-8 fue ratificada por el Consejo Directivo del 2007-09-26.

Esta guía está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta guía a través de su participación en el Comité Técnico 15 Gestión de residuos.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE	CONCALIDAD
INDUSTRIAS PLÁSTICAS -	CONSESIONARIA TIBITOC S.A.- ESP
ACOPLÁSTICOS-	ENLACE CONSULTORES EN GESTIÓN
AGA FANO FÁBRICA NACIONAL DE	EMPRESARIAL LTDA.
OXÍGENO S.A.	ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA
AJOVER S.A.	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESAS	G&S INGENIERÍA DE COLOMBIA
DE SERVICIOS PÚBLICOS	HOSPITAL DEPARTAMENTAL DE
DOMICILIARIOS Y ACTIVIDADES	VILLAVICENCIO
COMPLEMENTARIAS -ANDESCO-	HOSPITAL EL TUNAL
ASOCIACIÓN NACIONAL DE	MAC S.A.
INDUSTRIALES -ANDI-	O.I. PELDAR S.A.
AZUL K S.A.	SIKA COLOMBIA S.A.
CONSEJO EMPRESARIAL COLOMBIANO	SIEMENS S.A.
PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE	TETRA PAK LTDA.
-CECODES-	TRIMCO S.A.
SERTESA – CARVAJAL S.A.	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
CODENSA S.A.	

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

ACEITES Y GRASAS VEGETALES S.A.	ANÁLISIS AMBIENTAL LTDA.
ALPINA PRODUCTOS ALIMENTICIOS S.A.	ANDINA TRIM S.A.
ALUMINIO NACIONAL S.A.	ANHIDRIDOS Y DERIVADOS DE
AMBIENCOL LTDA.	COLOMBIA S.A.
AMERICANA DE CURTIDOS LTDA. Y CÍA	ASEO TÉCNICO DE LA SABANA S.A.
S.C.A.	E.S.P

ASEO URBANO S.A. E.S.P.
ASESORÍAS INGENIERÍA DE CALIDAD
EMAC LTDA.
ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE
EXPORTADORES DE FLORES
ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE
INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
ASOCIACIÓN COLOMBIANA POPULAR
DE INDUSTRIALES
BASF QUÍMICA COLOMBIANA S.A.
BAYER CROSCIENCE S.A.
BAYER S.A.
BONEM S.A.
CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN
MÁS LIMPIA Y TECNOLOGÍAS
AMBIENTALES
CHEVRON PETROLEUM COMPANY
CIBA ESPECIALIDADES QUÍMICAS S.A.
CIUDAD LIMPIA BOGOTÁ S.A. E.S.P.
COLOMBIANA DE EXTRUSIÓN S.A.
COMPAÑÍA COLOMBIANA AUTOMOTRIZ
S.A.
COMPAÑÍA NACIONAL DE CHOCOLATES
S.A.
COMPAÑÍA NACIONAL DE LEVADURAS
LEVAPAN S.A.
CONCALIDAD LTDA.
CONSEJO COLOMBIANO DE
SEGURIDAD
CONSULTOR: EDISON BENITEZ
SALAZAR
COOPERATIVA DE TRABAJO ASOCIADO
RECUPERAR
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL
DEL VALLE DEL CAUCA C V C
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL
PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE
BUCARAMANGA
CORPORACIÓN COLOMBIA
INTERNACIONAL
CORPORACIÓN DE CIENCIA Y
TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO
DE LA INDUSTRIA NAVAL, MARÍTIMA Y
FLUVIAL
CORPORACIÓN INSTITUTO NACIONAL
DE CONSULTORÍA EN CALIDAD
CORPORACIÓN PARA
INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
CORPORACIÓN PARA LA
INVESTIGACIÓN SOCIOECONÓMICA Y
TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DEL
MEDIO AMBIENTE

ECOPETROL S.A.
EMPAQUES CORRUGADOS S.A.
EMPAQUES INDUSTRIALES
COLOMBIANOS S.A.
EMPRESA COLOMBIANA DE SOPLADO E
INYECCIÓN S.A.
EMPRESA DE ACUEDUCTO Y
ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ E.S.P.
FEDERACIÓN NACIONAL DE
CAFETEROS DE COLOMBIA - FÁBRICA
DE CAFÉ LIOFILIZADO
FRIGORÍFICO GUADALUPE S.A.
HOCOL S.A.
HOJALATA Y LAMINADOS S.A.
HOLCIM COLOMBIA S.A.
INCAUCA REFINERIA DE COLOMBIA S.A.
INDUSTRIAS DEL MAÍZ S.A.
INGENIO DEL CAUCA S.A.
INGENIO LA CABAÑA S.A.
INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA
Y MINERÍA INGEOMINAS
INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO
IDU
INSTITUTO DE HIDROLOGÍA,
METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS
AMBIENTALES – IDEAM
LIMPIEZA METROPOLITANA S.A. E.S.P.
LLOREDA S.A.
LUMINEX S.A.
MERCK S.A.
METALCAST LTDA.
MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y
DESARROLLO TERRITORIAL
NESTLÉ DE COLOMBIA S.A.
PAPELES DEL CAUCA
PAPELES Y CARTONES S. A.
PAVCO S.A.
PETROQUÍMICA COLOMBIANA S.A.
PLEGACOL S.A.
PROCTER & GAMBLE COLOMBIA LTDA.
PRODUCTORA DE PAPELES S.A.
PRODUCTOS FAMILIA S.A.
PROYECTOS ENERGÉTICOS DEL
CAUCA S.A. E.S.P.
RESPONSABILIDAD INTEGRAL
COLOMBIA
SHELL COLOMBIA S.A.
SMURFIT CARTÓN DE COLOMBIA S.A.
TECNOLOGÍA EMPRESARIAL DE
ALIMENTOS S.A.
TUBOTEC S.A.

UNIDAD EJECUTIVA DE SERVICIOS
PÚBLICOS
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
UNIVERSIDAD DEL VALLE
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA
BOLIVARIANA
YENI HOLDING N.V. - TETRA PAK
ANDINA

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales y otros documentos relacionados.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

CONTENIDO

	Página
0. INTRODUCCIÓN	1
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. DEFINICIONES.....	2
4. ALTERNATIVAS DE MINIMIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS ENVASES Y EMBALAJES	2
4.1 GENERALIDADES	2
4.2 ALTERNATIVAS APLICABLES A LA FASE DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE ENVASES Y EMBALAJES	2
4.3 ALTERNATIVAS APLICABLES A LA FASE DE COMPRA Y SELECCIÓN DE ENVASES Y EMBALAJE.....	5
4.4 ALTERNATIVAS APLICABLES A LA FASE DE DISEÑO DE PRODUCTOS A SER ENVASADOS O EMPACADOS	5
4.5. ALTERNATIVAS RELACIONADAS CON LA REUTILIZACIÓN DE ENVASES Y EMBALAJE.....	6
5. ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE ENVASES O EMBALAJES	7
6. USO DE AUTODECLARACIONES PARA DESTACAR CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE LOS ENVASES Y EMBALAJES	7
7. EL CONCEPTO DE RESPONSABILIDAD EXTENDIDA.....	7

TABLA

Tabla 1. Directrices generales para la realización de las autodeclaraciones ambientales en los envases y embalaje	9
--	----------

ANEXOS

ANEXO A (Informativo) DOCUMENTOS NORMATIVOS RELACIONADOS CON TÉCNICAS DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS	10
ANEXO B (Informativo) REGLAMENTACIÓN RELACIONADA CON ENVASES Y EMBALAJES APLICABLE AL ÁMBITO DE ESTA NORMA	11
ANEXO C (Informativo) BIBLIOGRAFÍA.....	13

GUÍA PARA LA MINIMIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS RESIDUOS DE ENVASES Y EMBALAJES

0. INTRODUCCIÓN

Los envases y los embalajes deben cumplir con varios requisitos funcionales para responder con su papel principal de contener, proteger, almacenar, identificar y transportar los productos de manera segura.

La reciente preocupación por el ambiente y, específicamente, la gran incidencia que han demostrado tener los envases y embalajes en la cantidad de residuos sólidos generados, hace que este sector empiece a buscar el cumplimiento de requisitos funcionales y otros que permitan disminuir su impacto sobre el ambiente.

En este sentido, esta guía busca presentar directrices para lograr esta disminución, mediante la aplicación de un enfoque de ciclo de vida que considera desde el diseño, la fabricación del envase, selección, uso, aprovechamiento y disposición final.

No obstante lo anterior, cuando esta guía aborde los temas de reutilización y aprovechamiento debe tenerse en cuenta que deben prevalecer los criterios higiénicos, sanitarios y de seguridad a fin de no poner en riesgo la salud pública y los ecosistemas.

1. OBJETO

Esta guía presenta directrices para reducir el impacto ambiental de los residuos de envases y del embalaje, de cualquier material, mediante la consideración de los aspectos relacionados con su minimización, identificación con propósitos ambientales, reutilización y aprovechamiento.

Está dirigida a los fabricantes, comercializadores y usuarios de dichos envases o embalaje.

Esta guía debe ser aplicada, en conjunto con la reglamentación vigente en la materia y la GTC 86, Guía para la implementación de la gestión integral de residuos.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos normativos referenciados son indispensables para la aplicación de este documento normativo. Para referencias fechadas, se aplica únicamente la edición citada. Para referencias no fechadas, se aplica la última edición del documento normativo referenciado (incluida cualquier corrección).

GTC 86, Guía para la implementación de la gestión integral de residuos (GIR).

3. DEFINICIONES

Para efectos de esta guía, se aplican las definiciones de la GTC 86 y las siguientes:

3.1 Ciclo cerrado. Sistema antropogénico o industrial que es sostenible en el largo plazo puesto que ha evolucionado hacia el uso de recursos y residuos de manera indefinida. Consiste en que los residuos de un componente del sistema se convierte en recursos para otro.

3.2 Enfoque de ciclo de vida. Es una manera de abordar en forma sistémica un producto considerando todo su ciclo de vida.

3.3 Envase. Producto fabricado con cualquier material de cualquier naturaleza y que se utiliza para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancías, desde materias primas hasta artículos acabados y desde el fabricante hasta el consumidor final.

3.4 Embalaje o envase secundario. Es aquel que contiene uno o varios envases, para protegerlo a lo largo de su distribución comercial. Generalmente se desecha cuando el producto se utiliza o cuando se almacena en forma particular.

4. ALTERNATIVAS DE MINIMIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS ENVASES Y EMBALAJES

4.1 GENERALIDADES

En el ámbito de esta guía, la minimización se centra en la aplicación de alternativas que tiendan a disminuir o prevenir la generación de los residuos provenientes de envases y embalaje o los impactos derivados de su generación.

Este concepto puede involucrar, entre otros, el rediseño de los envases, embalaje o los productos que contienen, el mejoramiento de los procesos de fabricación, la limitación del uso de materias primas nocivas o el empleo de aquellas que no lo son.

Los envases y embalajes bien diseñados agregan valor gracias a sus funciones de protección, preservación y poder de venta. En cambio, los envases y los embalajes mal diseñados aumentan el impacto ambiental, porque desperdician parte del producto y de la materia prima del envase, con lo cual se aumentan además los costos de energía y de disposición.

En primera instancia, la minimización de residuos, en lo posible, se debería centrar en prevenir la generación de los mismos antes que en la búsqueda de su disminución.

4.2 ALTERNATIVAS APLICABLES A LA FASE DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE ENVASES Y EMBALAJES

4.2.1 Cantidad del envase o embalaje

En este contexto, esta reducción tiene como objetivo emplear el mínimo peso o volumen necesarios para garantizar que un determinado envase o embalaje cumpla los requisitos funcionales para los cuales se ha diseñado y genere un mínimo de residuos luego de su uso.

Para esto es importante que durante el diseño de los envases o embalajes se identifiquen los criterios de funcionalidad que limitan la posible reducción de peso o volumen evitando que se ponga en peligro tanto el producto que se contendrá como la seguridad de los usuarios. Esta identificación debería apoyarse en ensayos o estudios que permitan evaluar la validez de las posibles reducciones de peso o volumen.

Algunos de los criterios de funcionalidad que se deberían considerar son, entre otros, los siguientes:

- a) Protección del producto
- b) Procesos de obtención de materias primas, elaboración del envases o empaques, proceso de empaque, utilización y disposición
- c) Proceso de llenado / envasado
- d) Procesos relacionados con logística (transporte, almacenamiento y manipulación)
- e) Presentación del producto y *marketing* (identificación del producto estimulando su compra)
- f) Aceptación por parte del consumidor (conveniencia, tamaño unitario, ergonomía, inviolabilidad del cierre, etc. según sea aplicable)
- g) Información (sobre uso, conservación del producto y otra que pueda ser de utilidad)
- h) Seguridad (por ejemplo resistencia a prueba de manipulación por parte de los niños, inviolabilidad, apertura segura, materiales de fabricación, según sea aplicable)
- i) Legislación aplicable al tipo de producto que se va a envasar y al tipo de envase
- j) Factores económicos, sociales y ambientales

4.2.2 Reducción en el uso de sustancias peligrosas

Las organizaciones responsables de poner en el mercado un envase o embalaje determinado deberían poder demostrar que han utilizado en su fabricación la cantidad mínima de sustancias peligrosas para el ambiente, de tal manera que se minimizan los impactos ambientales y sociales durante su fabricación, reciclaje, tratamiento o disposición final.

Para determinar la sustancia por minimizar se deberían consultar las hojas de seguridad de todos las materias primas e insumos empleados, según sea aplicable, en la fabricación reciclaje, tratamiento o disposición final de los envases o embalajes comparándolas, por ejemplo, con:

- La legislación vigente nacional e internacional en materia de residuos peligrosos o manejo de mercancías peligrosas,
- Las recomendaciones para el transporte de mercancías peligrosas del Comité de Expertos de las Naciones Unidas en la materia (también conocido como Libro Naranja) disponible en <http://www.unece.org/trans/danger/publi/adr/adr2007/07ContentsE.html>,

- Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) (Libro púrpura de las Naciones Unidas). Véase en: http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev00/00files_s.html
- Las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CEE (Comunidad Económica Europea) relativas a sustancias peligrosas, con el fin de determinar su peligrosidad e identificar si es necesario emprender acciones para evitar o minimizar su uso.

Igualmente, el fabricante o transformador debería determinar, mediante la medición o cálculo, si existe la presencia de metales pesados (plomo, cadmio, mercurio y cromo hexavalente) en los componentes de los envases o embalajes, según se clasifica en la directiva 94/62/CEE, relativa a envases o embalajes y sus residuos, con el propósito de tomar las acciones necesarias para su eliminación o minimización.

4.2.3 Producción más limpia

Con el fin de disminuir los impactos ambientales de los envases y embalaje en la fase de fabricación se deberían considerar estrategias de producción más limpia, según sea aplicable, tales como:

- Al diseñar el envase, considerar la posibilidad de su posterior reutilización, reuso, recuperación o reciclado.
- Buscar que el envase o embalaje complete ciclos cerrados de materias primas, insumos y productos (véase el numeral 3.1).
- Mejorar la eficiencia energética en los procesos de fabricación.
- Considerar la posibilidad de que los diferentes componentes de los envases y embalajes sean del mismo material, con el fin de facilitar su reciclaje (tapa, etiqueta o cuerpo, entre otros).
- Usar materiales reciclables, reciclados o biodegradables o las tres.
- Usar materias primas e insumos de menor impacto ambiental.
- Controlar los desperdicios y el producto no conforme.
- Optimizar los procesos.
- Usar formas renovables de energía.
- Aumentar la eficacia en la distribución.

NOTA Cuando sea aplicable, se pueden emplear algunas prácticas para aumentar la eficacia de la distribución de los envases y embalajes tales como:

- Reducir la distancia total de transporte de un producto o de sus componentes.
- Reducir la urgencia del transporte, permitiendo que haya suficiente tiempo para programar el transporte de grandes cantidades a menor costo.
- Reducir el volumen del envío rediseñando la forma geométrica del envase, el volumen del embalaje o la configuración del apilamiento, de manera que se desperdicie menos espacio (véase por ejemplo la NTC2475 sobre dimensiones de embalajes rígidos rectangulares. Embalajes para transporte).
- Reducir los requisitos especiales de envío tales como temperatura, los cuales consumen mucha energía.

Los criterios para la selección de las diferentes estrategias de producción más limpia deberían considerar el no trasladar los impactos ambientales de una fase del ciclo de vida del envase o embalaje a otra.

Para información adicional sobre la integración de otros aspectos ambientales en el diseño de envases o embalaje se recomienda consultar la guía GTC-ISO/TR 14062¹.

4.3 ALTERNATIVAS APLICABLES A LA FASE DE COMPRA Y SELECCIÓN DE ENVASES Y EMBALAJE

La minimización de los impactos ambientales de los residuos de envases y embalajes en la etapa de selección incluye la definición, por parte del comprador, de criterios de compra o selección de envases y embalajes que involucren, entre otros, los siguientes aspectos, cuando sea aplicable:

- Compatibilidad entre el producto a contener y el material del envase para eliminar riesgos sobre el producto, la salud o los ecosistemas.
- Posibilidad de recuperación y reutilización de los residuos (incluye reutilización, reuso, recuperación o reciclado) (véase además numeral 5).
- Posibilidad de separación de materiales (tapa, etiquetas, entre otros).
- Posibilidad de que los diferentes componentes de los envases y embalajes sean del mismo material, con el fin de facilitar su reciclaje (tapa, etiqueta o cuerpo, entre otros), siempre y cuando no se ponga en riesgo el producto.
- Uso de menor cantidad de envase o embalaje.
- Uso de materiales reciclados siempre y cuando no se pongan en riesgo la salud pública y los ecosistemas.
- Preferencia por envases y embalaje elaborados con materiales renovables.

Adicionalmente, y para el caso de envases o empaque plásticos, se recomienda tener en cuenta los factores de incidencia relativos a la selección de empaques plásticos que se presentan en la NTC 3483².

4.4 ALTERNATIVAS APLICABLES EN LA FASE DE DISEÑO DE PRODUCTOS A SER ENVASADOS O EMPACADOS

Con el fin de disminuir los impactos ambientales de los envases y embalaje en la fase de fabricación de cualquier producto que requiera un envase, es aconsejable, desde su diseño tener en cuenta que éste requiera la menor cantidad de envases o embalaje, por ejemplo, aumentar la concentración de productos, con el fin de disminuir el tamaño del envase.

¹ GTC-ISO/TR 14062:2002 Gestión ambiental. Integración de aspectos ambientales en el diseño y desarrollo de productos.

² NTC 3483, Embalajes de plásticos. Guía para embalajes plásticos.

4.5 ALTERNATIVAS RELACIONADAS CON LA REUTILIZACIÓN DE ENVASES Y EMBALAJE

4.5.1 Envases y embalajes retornables

Para que un envase o embalaje pueda ser considerado como retornable, se deberían cumplir las siguientes condiciones:

- ser concebido desde su diseño como tal,
- cumplir con los criterios de funcionalidad mencionados en el numeral 4.2.1 incluyendo adicionalmente los requeridos para garantizar que el envase o embalaje mantiene sus características originales en un número de vueltas, rotaciones, adecuaciones o usos relacionados con su retorno.
- El diseño de todos los componentes del envase y el embalaje (por ejemplo: tapa, cuerpo, etiqueta) debería incluir consideraciones que faciliten las operaciones involucradas en el acondicionamiento del envase o embalaje para su reuso.
- La cadena de retorno debería ser impulsada tanto por el fabricante del envase o embalaje como por el del producto que contiene,
- Tener en cuenta la legislación vigente aplicable a mercancías y residuos peligrosos, cuando éstos contengan sustancias consideradas como peligrosas.

4.5.2 Envases y embalaje recargable / rellenable

Para que un envase o embalaje pueda ser considerado como recargable, reutilizable o rellenable, se deberían cumplir las siguientes condiciones:

- El diseño del envase o embalaje debería facilitar la recarga o relleno
- Se satisfacen los criterios de funcionalidad mencionados en el numeral 4.2.1
- El fabricante del producto que contiene el envase o embalaje debería garantizar la disponibilidad de unidades para realizar las actividades de recarga o llenado.
- El envase o embalaje puede ser vaciado / descargado sin que se dañe de manera significativa o irreparable.
- Todos los componentes del envase y el embalaje (por ejemplo: tapa, cuerpo, etiqueta) deberían incluir consideraciones que faciliten las operaciones involucradas en el acondicionamiento del envase o embalaje para su reuso o reutilización, siempre y cuando no se ponga en riesgo el producto.
- En el caso de envases o embalajes recargables o rellenables, el fabricante debería proporcionar la información necesaria para completar esta operación exitosamente.
- Los envases o embalajes deberían permitir o ser empleados para recarga, cuando no se ponga en riesgo la salud y seguridad del responsable de llevarlo a cabo o del ambiente.
- Cuando contengan sustancias consideradas como peligrosas, tener en cuenta la legislación vigente aplicable a mercancías y residuos peligrosos.

4.4.3 Envases o embalajes no retornables

Cuando los envases o embalajes sean no retornables, es recomendable que estos sean biodegradables, reusables, reciclables o elaborados con materiales reciclados.

5. ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE ENVASES O EMBALAJES

En el Anexo A se presenta un listado de Guías Técnicas Colombianas donde se describen técnicas de aprovechamiento para diferentes tipos de materiales que se emplean en la fabricación de envases y embalajes.

Cuando los residuos de envases o embalajes contengan sustancias consideradas como peligrosas, se debe tener en cuenta la legislación vigente aplicable a mercancías y residuos peligrosos. En el Anexo B se presenta un listado de reglamentación ambiental aplicable a envases y embalajes.

6. USO DE AUTODECLARACIONES PARA DESTACAR CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE LOS ENVASES Y EMBALAJES

Una autodeclaración ambiental busca fomentar la demanda y el suministro de los productos que causan menor daño sobre el ambiente. Las autodeclaraciones pueden tomar la forma de símbolos o enunciados explicativos.

Las autodeclaraciones deberían transmitir información que cumpla con las siguientes características:

- verificable
- exacta, y
- no engañosa.

La Tabla 1 presenta algunas directrices generales para la realización de las autodeclaraciones ambientales más comunes empleadas en los envases y embalajes, considerando las características presentadas. Sobre el uso de otras declaraciones se recomienda consultar la NTC-ISO 14021 Etiquetas y declaraciones ambientales. Autodeclaraciones ambientales (Etiquetado ambiental Tipo II).

7. EL CONCEPTO DE RESPONSABILIDAD EXTENDIDA

Una estrategia en el diseño de instrumentos para el manejo de envases y embalajes es la responsabilidad extendida (RE) la que se define como "la ampliación de las responsabilidades de los productores a la etapa posterior al consumo, en el ciclo de vida de un producto." Esta herramienta, si bien está dirigida a productores, requiere del concurso de todas las partes involucradas en el ciclo de vida del producto para ser una realidad.

La RE es una estrategia que está en proceso de adopción en el ámbito mundial, para transferir el manejo de la gestión de los residuos, incluyendo sus costos, desde las autoridades locales a los productores, como una manera de influir en el rediseño de aquellos productos que pueden tener un impacto ambiental negativo en la etapa posterior al consumo, debido a su volumen o

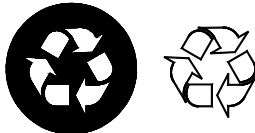
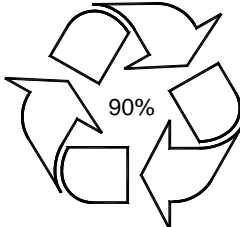
peligrosidad³ o ambas. En el caso particular de la gestión de residuos de envases y embalaje, esta estrategia tiene el propósito final de promover la prevención y minimización de dichos residuos.

La RE se debería implementar mediante estrategias que garanticen la gradualidad, teniendo en cuenta los impactos económicos implícitos.

El problema que significó en sus inicios la responsabilidad extendida, hoy en día se ha convertido en un desafío y una gran oportunidad para los diseñadores de envases y embalajes de proveer productos más innovadores y competitivos, los cuales entregan beneficios a todas las partes involucradas en la cadena de distribución.

³ La peligrosidad de una sustancia esta determinada por la legislación vigente.

Tabla 1. Directrices generales para la realización de las autodeclaraciones ambientales en los envases y embalaje

Declaración	Uso del término	Condiciones de uso	Símbolo / Declaración relacionada	Ejemplo
Reciclable	Característica de un envase o embalaje que puede separarse de la corriente de residuos para ser reincorporado a un ciclo productivo, de manera que sea procesado o aprovechado en forma de materias primas o productos.	Se debería emplear solamente cuando en la práctica se cuente con infraestructura para la recolección y aprovechamiento.	Cuando se haga una declaración de reciclable, el uso de símbolo es optativo. Si se emplea símbolo, éste debería ser de moebius loop ⁴ acompañado de la identificación del material ⁵ .	
Contenido de reciclado	Porción, en masa, del material reciclado en el envase o embalaje. Para realizar esta declaración sola se deberían considerar los materiales post-consumo ⁶ .	El reciclaje de material es solo una de las numerosas estrategias de valorización de residuos. La selección de una estrategia en particular depende de circunstancias y deberían tenerse en cuenta los diferentes impactos al tomar esta selección. Se debería considerar el hecho de que un alto porcentaje de contenido reciclado no implica, necesariamente, un menor impacto ambiental. Por esto, la declaración de contenido de reciclado, en particular debería utilizarse con discreción. Esta declaración debería acompañarse del porcentaje en masa de material reciclado empleado. Según sea aplicable, el porcentaje de material reciclado del producto y embalaje debería realizarse por separado sin causar confusión al consumidor.	Cuando se haga una declaración de contenido de reciclado el uso de símbolo es optativo. Si se emplea símbolo, éste debería ser de moebius loop ⁴ acompañado del porcentaje de material reciclado. El valor porcentual debería expresarse como un número entero acompañado del símbolo “%”. El valor debería colocarse en el interior del lazo o fuera del, pero inmediatamente adyacente. Si el porcentaje de contenido de reciclado es variable, puede expresarse con enunciados como “al menos x%” ó “mayor de x%”. El símbolo debería además acompañarse por la identificación del material ⁵ .	
Retornable / Recargable / rellenable o reutilizable y No retornable	Retornable: Característica de un envase o embalaje que ha sido concebido y diseñado para cumplir dentro de su ciclo de vida, un número de vueltas, rotaciones o usos con el mismo propósito que fue concebido. Recargable/rellenable: Característica de un embalaje que puede ser llenado con producto igual o similar más de una vez en su forma original y sin procesamiento adicional de retorno. No retornable: Característica de un envase o embalaje que ha sido concebido y diseñado para ser empleado una sola vez.	Ningún embalaje puede declararse como retornable o recargable a menos que exista un mecanismo para recolección y retorno o sea factible el relleno.	El envase o embalaje deberían rotularse indicando su condición de retornable, recargable o no retornable.	“Envase retornable”

⁴ Para uso correcto del símbolo *moebius loop* se recomienda consultar la NTC-ISO 14021 Etiquetas y declaraciones ambientales. Autodeclaraciones ambientales (Etiquetado ambiental Tipo II).

⁵ En el caso de envases de plástico consultar además la NTC 3205 Guía para plásticos. Sistemas de codificación. Para la identificación del material.

⁶ Material post-consumo: material generado en instalaciones domésticas, comerciales, industriales o institucionales en función de usuarios finales de un producto, el cual no se puede utilizar más para su propósito original, Esto incluye el retorno de material de la cadena de distribución.

ANEXO A
(Informativo)**DOCUMENTOS NORMATIVOS RELACIONADOS CON TÉCNICAS DE
APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS**

GTC 24, Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente y la recolección selectiva.

GTC 53-2, Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para el aprovechamiento de los residuos plásticos.

GTC 53-3, Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para el aprovechamiento de envases de vidrio.

GTC 53-4, Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para el reciclaje de papel y cartón.

GTC 53-5, Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para el aprovechamiento de los residuos metálicos.

GTC 53-6, Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para el aprovechamiento de residuos de papel y cartón compuestos con otros materiales.

GTC 53-7, Guía del aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos no peligrosos.

ANEXO B
(Informativo)

**REGLAMENTACIÓN RELACIONADA CON ENVASES Y EMBALAJES
APLICABLE AL ÁMBITO DE ESTA NORMA**

Este anexo presenta un listado de referencia, es decir, el conjunto de leyes, decretos y resoluciones vigentes a la fecha de publicación de esta guía; no se constituye en una lista exhaustiva.

Es responsabilidad del usuario de esta guía identificar la legislación vigente aplicable, incluida la reglamentación local.

- Ley 55 de 1993

Reglamenta el manejo de envases de elementos químicos y su disposición correcta.
- Ley 253 de 1996

Aprobación del Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación por parte de los países generadores.
- Resolución 2309 de 1986

Por la cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del Título III de la Parte 4a. del Libro 1° del Decreto-Ley N. 2811 de 1974 y de los Títulos I, III y XI de la Ley 09 de 1979, en cuanto a Residuos Especiales.
- Resolución 189 de 1994

Por la cual se dictan regulaciones para impedir la introducción al territorio nacional de residuos peligrosos.
- Ley 430 de 1998

Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.
- Resolución 970 de 2001

Por la cual se establecen los requisitos, las condiciones y los límites máximos permisibles de emisión, bajo las cuales se debe realizar la eliminación de plásticos contaminados con plaguicidas en hornos de producción de *clínker* de plantas cementeras.
- Decreto 1609 de 2002

Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.

- Decreto 4741 de 2005

Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.

- Resolución 693 de 2007

Por la cual se establecen criterios y requisitos que deben ser considerados para los Planes de Gestión de Devolución de productos posconsumo de plaguicidas.

ANEXO C
(Informativo)**BIBLIOGRAFÍA**

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Envases y embalajes. Requisitos para la utilización de las normas europeas en el campo de los envases y los embalajes y sus residuos. Madrid, 2005 15 p. (UNE-EN 13427).

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Envases y embalajes. Requisitos específicos para la fabricación y composición. Prevención por reducción en el origen. Madrid, 2005 27 p. (UNE-EN 13428).

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Envases y embalajes. Reutilización. Madrid, 2005 20 p. (UNE-EN 13429).

GOBIERNO DE CHILE. COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. Guía Técnica para la optimización y minimización de envases. Santiago de Chile, 2002.

INDUSTRIAL ECOLOGY, T.E. Graedel y B.R. Allenby. *Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey*. 1995.