

PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE LOS RECUBRIMIENTOS  
ANTICORROSIVOS UTILIZADOS EN ESTRUCTURAS OFFSHORE SEGÚN PRINCIPIOS  
DE SOSTENIBILIDAD

ANA SOFIA GALINDO CASTRO

PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EN GESTIÓN AMBIENTAL

DIRECTOR

OSCAR LIBARDO LOMBANA CHARFUELAN  
MAESTRIA EN INGENIERA AMBIENTAL

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL  
BOGOTÁ D.C

2022

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Nombre del director

Firma del Director

---

Nombre

Firma del presidente Jurado

---

Nombre

Firma del Jurado

---

Nombre

Firma del Jurado

Bogotá, D.C. septiembre de 2022

## **DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Vicerrector Académico de Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano Facultad de Ingenierías

Dra. Naliny Patricia Guerra Prieto

Directora Programa

Ing. Nubia Liliana Becerra Ospina

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.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>10</b>
<b>OBJETIVO</b>	<b>11</b>
<b>Objetivo general</b>	<b>11</b>
<b>Objetivos específicos</b>	<b>11</b>
<b>1. TIPOS DE PLATAFORMAS OFFSHORE</b>	<b>13</b>
<b>1.1 Plataformas marinas</b>	<b>12</b>
<b>1.2 Plataformas sumergibles y autoelevables</b>	<b>12</b>
<i>1.2.1 Plataformas sumergibles</i>	<i>12</i>
<i>1.2.2 Barcazas piloteadas sumergibles</i>	<i>13</i>
<i>1.2.3 Plataforma Sumergible Tipo Botella</i>	<i>14</i>
<i>1.2.4 Plataforma Sumergible Tipo Ártico</i>	<i>14</i>
<i>1.2.5 plataforma autoelevable (jack-up)</i>	<i>15</i>
<b>1.3 Unidades Flotantes</b>	<b>16</b>
<i>1.3.1 plataformas semisumergibles.</i>	<i>16</i>
<i>1.3.2 Barcos perforadores</i>	<i>17</i>
<i>1.3.3 Plataformas TLP</i>	<i>18</i>
<b>2. TIPOS DE CORROSIÓN PRESENTES EN LAS PLATAFORMAS</b>	<b>19</b>
<b>2.1 ¿Qué Es La Corrosión?</b>	<b>19</b>
<i>2.1.1 Corrosión General O Uniforme</i>	<i>19</i>
<i>2.1.2 Corrosión Galvánica</i>	<i>20</i>
<i>2.1.3 Corrosión Por Erosión</i>	<i>21</i>
<i>2.1.4 Corrosión Cavernosa</i>	<i>23</i>
<i>2.1.5 Corrosión Por Picaduras</i>	<i>24</i>
<i>2.1.6 Corrosión Intergranular</i>	<i>25</i>
<i>2.1.7 Fisuración Asistida Por El Entorno</i>	<i>26</i>
<i>2.1.8 Corrosión Por Fatiga</i>	<i>27</i>
<i>2.1.9 Corrosión Microbiológica</i>	<i>28</i>
<b>2.2. Zonas De Exposición A La Corrosión</b>	<b>29</b>
<i>2.2.1 Zona atmosférica</i>	<i>30</i>

2.2.2 Zona de chapoteo	30
2.2.3 Zona de mareas	30
2.2.4 Zona sumergida	31
2.2.5 Zona de subsuelo	31
<b>2.3 Factores Que Afectan La Tasa De Corrosión Atmosférica Marina</b>	<b>31</b>
2.3.1 Humedad relativa:	31
2.3.2 Temperatura:	31
2.3.3 Velocidad del viento	32
2.3.4 Salinidad:	32
<b>2.4 Métodos Activos Contra Los Tipos De Corrosión</b>	<b>32</b>
<b>2.5 Métodos Pasivos</b>	<b>38</b>
2.5.1. Sistemas de recubrimiento	38
2.5.2. Métodos de control de la corrosión	44
2.5.3 Inhibidores de corrosión	44
2.5.4 Inhibidores de corrosión en aguas profundas	44
2.5.5 Selección de inhibidores de corrosión	45
<b>3. ANTOCORROSIVOS, DAÑOS Y MANEJO AMBIENTAL</b>	<b>47</b>
<b>3.1. Propiedades de anticorrosivos</b>	<b>47</b>
3.1.1. Pile shield system	47
3.1.2. Pile Inner Wrap	48
3.1.3 Pile Shiled	48
3.1.3 Sistema Syntho Shield	49
3.1.4 Sistema Fx-70	50
<b>3.1.5 Sistema de Shaic &amp; stopaq</b>	<b>51</b>
3.1.5 Advanced pile encapsulation -APE (Sistema de encapsulamiento avanzado de pilotes)	53
3.1.6 Sistema Stopaq	55
3.1.7 sistema riseclad	56
<b>3.2 Matriz CONESA</b>	<b>57</b>
<b>3.3 Plan de manejo ambiental</b>	<b>62</b>
<b>3.4 Objetivos Para El Plan De Manejo Ambiental</b>	<b>63</b>
3.4.1 Objetivo plan ambiental cambio climático	63

<i>3.4.2 objetivo del plan ambiental del agua</i>	63
<i>3.4. Objetivo plan ambiental del ecosistema</i>	63
<i>3.4.4 Objetivo plan ambiental del aire</i>	63
<b>3.5 Plan De Manejo</b>	<b>64</b>
<i>3.5.1 Almacenamiento.</i>	64
<i>3.5.2 Uso de equipo de protección</i>	64
<i>3.5.3 Procedimiento Para Derrames</i>	65
<i>3.5.4 Consecuencias ambientales en entornos marítimos</i>	65
<b>3.6 Actividades Correctivas Para Apoyar El Plan De Manejo Ambiental</b>	<b>66</b>
<i>3.6.1 actividades correctivas plan ambiental cambio climático</i>	66
<i>3.6.2 actividades por el agua</i>	67
<i>3.6.3 actividades para del ecosistema</i>	67
<i>3.6.4 actividades por el aire</i>	67
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>68</b>

## LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1 Plataformas sumergibles	13
Figura 2 Piloteadas sumergibles	13
Figura 3 Plataforma sumergible tipo botella	14
Figura 4 Plataforma sumergible tipo ártico	15
Figura 5 Plataforma autoelevables	16
Figura 6 Plataformas semisumergibles	17
Figura 7 Barcos perforadores	18
Figura 8 Plataformas TLP	18
Figura 9 Corrosión uniforme	19
Figura 10 Corrosión galvánica	20
Figura 11 Corrosión por erosión	22
Figura 12 Esquema del mecanismo de remolino turbulento en la corrosión por erosión.	22
Figura 13 Sección transversal de una grieta	24
Figura 14 Corrosión por picadura en diferentes metales.	25
Figura 15 Corrosión intergranular	26
Figura 16 Tubo de revestimiento de acero es estructura offshore	33
Figura 17 Sistema de protección catódica por ánodo de sacrificio en agua marina	36
Figura 18 Resistencia electrolítica	37
Figura 19 Clasificación tipos de recubrimientos	38
Figura 20 Sección transversal de un cable de acero con Zinc, Benzinal® y Benzinal 3000	42



## **RESUMEN**

Esta investigación cuyo objetivo es diseñar un plan de manejo ambiental de los recubrimientos anticorrosivos utilizados en estructuras offshore, haciendo un análisis de los tipos plataformas con afectaciones en el entorno marino, examinado específicamente sus tipos de corrosión y como son tratados, concluyendo que estas sustancias afectan de manera indirecta el nicho ambiental y es necesaria una intervención. Se propone un plan de manejo ambiental cuyas características son reducir los impactos ambientales generados por el uso de estas sustancias en este tipo de actividades, con diferentes consejos a utilizar.

**Palabras claves:** Offshore, plan de manejo ambiental, anticorrosivo.

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación tiene como factor principal conocer y analizar todos los factores de riesgo que implican las plataformas *Offshore* en el medio ambiente con el fin de minimizar estos riesgos, por lo tanto, la importancia de este proyecto radica en poder proporcionar una posible solución a los factores de riesgo que atacan al medio natural.

La finalidad de esta investigación es conocer el riesgo e impacto que tienen las plataformas *Offshore* en el medio ambiente, por ese motivo es importante definir el término corrosión que es “el desgaste o la alteración de un metal o aleación, ya sea por ataque químico directo o por reacción electroquímica. Existen varios tipos básicos, que describiremos a continuación, los cuáles pueden darse por sí solos o combinados.” (Pelayo, 2018) Esto se debe al contacto de la naturaleza produciendo “un fenómeno electroquímico provocado por un flujo masivo generado por las diferencias químicas entre las piezas implicadas. Una corriente de electrones se establece cuando existe una diferencia de potenciales entre un punto y otro. Cuando desde una especie química se ceden y migran electrones hacia otra especie, se dice que la especie que los emite se comporta como un ánodo y se verifica la oxidación, y aquella que los recibe se comporta como un cátodo y se verifica la reducción” (Nicolas, 2020). Todo lo anterior permite acercarse a la posibilidad de encontrar una manera de minimizar el impacto que tienen estas plataformas en el medio ambiente. Con el conocimiento del papel de varios micro y macroorganismos que pueden influir en el comportamiento de la corrosión de los materiales, la definición debe ampliarse aún más para incluir factores de influencia microbiana. El agua de mar a veces se describe como un medio vivo y se considera que es el más corrosivo de los entornos naturales siendo los iones cloruro el constituyente más agresivo (Nicolas, 2020).

## **OBJETIVO**

### **Objetivo general**

Proponer un plan de manejo ambiental de los recubrimientos anticorrosivos utilizados en estructuras *offshore* según principios de sostenibilidad.

### **Objetivos específicos**

- Describir el estado actual y proyecciones de uso de las estructuras *Offshore* en el contexto internacional.
- Establecer los principales efectos ambientales del uso de recubrimientos anticorrosivos en estructuras *offshore*.
- Estructurar la secuencia de acciones encaminadas a la reducción de los efectos derivados del uso de recubrimientos anticorrosivos en estructuras *offshore*

## **1. TIPOS DE PLATAFORMAS *OFFSHORE***

Primero se abarca temas básicos para la comprensión del artículo en desarrollo, es por esto que se realiza una introducción acerca de los diferentes tipos de plataformas marinas.

### **1.1 Plataformas marinas**

Las plataformas marinas están conformadas por estructuras de hierro que se utilizan para la explotación de hidrocarburos de los lechos marinos a partir del año 1946, la primera plataforma en ser instalada está ubicada en las costas de Louisiana y posteriormente en las costas de California, simultáneamente se instalaron en el golfo pérsico. Hoy en día la estructura de acero o plataforma marina que más se utiliza es la de tipo Jacket. (Garcia & Roca , 2003)

### **1.2 Plataformas sumergibles y autoelevables**

Las plataformas sumergibles y las plataformas auto elevables tienen anclaje directo con el suelo marino mientras se encuentran en actividad, es decir, perforando. La parte ligera de la plataforma de la estructura sumergible reposa sobre el suelo marino. En cambio, el caso de las plataformas auto elevables, la sección que tiene contacto con el fondo marino solo son las piernas. (Garcia & Roca , 2003)

#### ***1.2.1 Plataformas sumergibles***

Las columnas son las que tienen sostén en el fondo del mar y estas anteriormente mencionadas integran las plataformas sumergibles, son sólidas y firmes al ser remolcadas, uno de sus mayores inconvenientes es que son poco sostenibles en economía al tener que transportarlas sobre todo cuando se cubren distancias amplias. Se suelen utilizar este tipo de plataformas para aguas con

poca profundidad que generalmente tienen 50 metros de profundidad aproximadamente esto sería en el caso de los ríos y/o bahías (García & Roca , 2003)

**Figura 1**

*Plataformas sumergibles*



*Nota.* Este es utilizado en los casos de los ríos y/o bahías.

### ***1.2.2 Barcazas piloteadas sumergibles***

Esta plataforma está conformada por una cubierta y postes de acero que sostienen el equipo de perforación. actualmente no se utilizan ya que su tecnología quedó obsoleta teniendo en cuenta que su máxima capacidad sumergible es de 9 metros de profundidad. (Pelayo, 2018)

**Figura 2**

*Piloteadas sumergibles*



*Nota.* Este tipo de plataforma fue la primera en ser utilizada en la industria.

### ***1.2.3 Plataforma Sumergible Tipo Botella***

A partir de la necesidad de tener más capacidad en las plataformas de sumergirse los arquitectos navales diseñaron las “sumergibles tipo botella”, estas plataformas tienen la característica de tener cuatro cilindros altos de acero, los cuales se llaman botellas, en cada esquina de la estructura, la otra parte que la conforma es la cubierta principal que está siendo apoyada por una estructura de soportes de acero, donde se encuentra el equipo y otros dispositivos. Cuando se inundan las botellas, es decir que el nivel del agua, supera el nivel máximo de profundidad de éstas, la plataforma se sumerge al fondo marino. (Dasca Ibanca & Morera Pros, 2014)

**Figura 3**

*Plataforma sumergible tipo botella*



*Nota.* Este tipo de plataformas son las más comunes por su costo de construcción

### ***1.2.4 Plataforma Sumergible Tipo Ártico***

Este tipo especial de plataformas tienen cascos reforzados, algunas de ellas con concreto reforzado, este tipo de plataformas por lo general suelen encontrarse en el océano ártico y deben tener un reforzamiento especial ya que frecuentemente tienen que soportar los bloques de hielo en movimiento con los cuales tienen contacto. (Dasca Ibanca & Morera Pros, 2014)

**Figura 4**

*Plataforma sumergible tipo ártico*



*Nota.* Suelen encontrarse en el océano Ártico

### ***1.2.5 plataforma autoelevable (jack-up)***

Este tipo de plataforma especial tiene diferentes usos como lo son la perforación y reparación de pozos. Cuenta con una cubierta que tiene la característica de posicionarse a la elevación que se requiera según la necesidad. Esta plataforma es autoportante del equipo necesario para lograr su actividad a realizar. Para soportarse en el lecho marino, está cubierta se encuentra apoyada comúnmente por tres columnas con sección circular o triangular con la cimentación en el fondo que es un sistema de “zapatas aisladas” o “losa de cimentación”. (Anayansi Fong & de Ruiz, 2000) Estas plataformas tienen la capacidad de perforar en agua de 120 metros de profundidad y son capaces de perforar pozos de más de 10.000 metros.

Estas plataformas se dividen en dos grupos:

Plataformas auto elevables con piernas independientes, son aquellas que pueden operar en cualquier área, pero usualmente se utilizan donde existen fondos con suelos firmes, arrecifes o fondos marinos irregulares. (Anayansi Fong & de Ruiz, 2000).

Plataformas auto elevables con plancha de apoyo: son aquellas que es diseñada para áreas que presentan cizallamiento en su suelo, donde el nivel de asentamiento en el suelo es bajo.

**Figura 5**

*Plataforma autoelevables*



**Nota** Estas plataformas suelen utilizarse para perforación, pero en suelos irregulares también se utilizan de producción

Se suele considerar estas características para elegir el tipo de plataforma auto elevable:

- Criterio ambiental y profundidad del agua.
- Resistencia y tipo del suelo marino.
- Nivel de profundidad de perforación planeada.
- Cantidad de pérdidas de tiempo al desplazarse.
- Remolque de la unidad y limitaciones operacionales.

### **1.3 Unidades Flotantes**

Son barcos perforadores con sistema portante que consiste en piernas tensionadas TLP, por lo general se presenta un diseño de plataforma con soportes más estables que los barcos perforadores. (Anayansi Fong & de Ruiz, 2000)

#### ***1.3.1 plataformas semisumergibles***

Estas plataformas están conformadas por dos o más pontones sobre los cuales flotan. Estos pontones se encuentran sumergidos lo que permite que la estructura soporte su peso y evite la



resonancia o movimientos con el oleaje. El nombre de estas plataformas se debe a que cuando están en perforación no suelen tener contacto con el fondo del mar o al hecho que nada más que su sistema de anclaje, estas son capaces de perforar en aguas muy profundas con la capacidad de llegar a profundidades de 2.500 m y son las estructuras más grandes que se han fabricado para esta industria. (*Anayansi Fong & de Ruiz, 2000*)

**Figura 6**

*Plataformas semisumergibles*



*Nota.* Este tipo de plataforma es el más grande fabricado para esta industria

### ***1.3.2 Barcos perforadores***

Este tipo de plataforma poseen gran movilidad ya que son autopropulsados por cascos aerodinámicos análogos a los de un buque común, los más recientes pueden perforar pozos de 12.000m m de profundidad a partir del lecho marino, estos emplean anclas que le permiten emplazarse en el yacimiento a perforar, los barcos son más variables en cuanto a perforación marina y movilidad, en la actualidad se utilizan para perforar las aguas más profundas (Gil Villamer, 2015)

**Figura 7**

*Barcos perforadores*



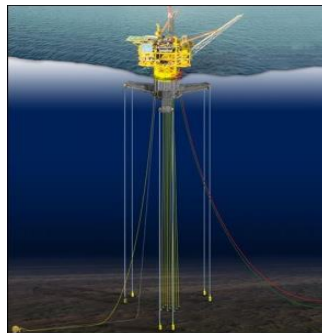
*Nota.* Actualmente se utilizan para perforaciones en grandes profundidades

### ***1.3.3 Plataformas TLP***

Este tipo de plataformas se utilizan en aguas con profundidades mayores a 600 m. su sistema portante mediante cables de ancla clavados en el fondo marino y se conservan en la cabida mediante columnas flotantes. Su montaje es muy sencillo y tiene gran firmeza en condiciones meteorológicas adversas. (Medina Rodríguez, 2014).

**Figura 8**

*Plataformas TLP*



*Nota.* Casi todas las plataformas TPL que existen están en el golfo de México

## 2. TIPOS DE CORROSIÓN PRESENTES EN LAS PLATAFORMAS

### 2.1 ¿Qué Es La Corrosión?

La corrosión se define como nexo fisicoquímico entre un metal y su entorno que da como efecto el cambio en las propiedades del metal y que puede dar como resultado a un deterioro significativo de la función del metal, sus principios activos, el medio ambiente o el sistema técnico del que forman parte” (Momber,2011). Así como lo interpreta el autor anterior son cambios físicos y químicos que tiene una superficie expuesta más específicamente el metal.

La corrosión se divide en dos grupos como se pueden clasificar: 1. a partir de su apariencia 2. agente causante. Según esta clasificación podemos encontrar 8 tipos de corrosión los cuales son:

#### 2.1.1 Corrosión General O Uniforme

Cuando se produce corrosión, ya sea electroquímica o química, se manifestará uniformemente en toda la superficie del metal, la marca puede ser húmeda o seca. El daño por corrosión uniforme es fácil de medir y cuantificar, por lo que solo las inspecciones regulares de los materiales pueden evitar fallas inesperadas. Por lo general el daño por corrosión uniforme se percibe como una afectación estética más que funcional. (Pelayo, 2018)

**Figura 9**

*Corrosión uniforme*



**Nota:** Generalmente, el daño de corrosión uniforme se expresa en términos de pérdida de masa por unidad de área y/o por unidad de tiempo o pérdida de espesor del metal corroído a lo largo del tiempo.

Dado que la corrosión se produce uniformemente en toda la superficie de la pieza metálica, en realidad se puede detener o defender mediante protección catódica, utilizando pintura anticorrosiva o simplemente especificando la tolerancia a la corrosión. La tardanza, demora o pausa de la aplicación del sistema de revestimiento protector en la estructura a menudo ocasiona a esta forma de corrosión. Sin embargo, esta no es una forma peligrosa de corrosión, porque el pronóstico de la tasa de adelgazamiento puede percatarse mediante diferentes técnicas de corrosión electroquímica o ingravidez (Popov, 2015)

### ***2.1.2 Corrosión Galvánica***

La corrosión galvánica es aquella que se pueden encontrar muy comúnmente en presencia de electrolitos, este es un proceso electroquímico concomitante con el movimiento de electrones entre regiones con diferentes potenciales electroquímicos y se produce cuando materiales con potencial de electrodo desigual están en contacto en presencia de un electrólito por lo general para evitar este tipo de corrosión se eligen elemento con diferencia de potencial no superior a 0.2V (Pelayo, 2018).

La celda de corrosión especifica esquemáticamente la corrosión oxidativa, similar al caso en el que dos metales diferentes en una batería están acoplados a través de un electrolito (Pelayo, 2018).

**Figura 10**

*Corrosión galvánica*



**Nota:** La corrosión galvánica es aquella que se pueden encontrar muy comúnmente en presencia de electrolitos.

El metal con la tasa de corrosión más alta, es decir, la más inestable figura la parte negativa de la batería y ejerce como ánodo. El segundo metal con una tasa de corrosión más baja, es decir, el metal más estable ejerce como la parte positiva de la batería, el cátodo. cuando hay corrosión electroquímica, se generan óxidos metálicos a medida que los electrones brotan desde el ánodo al cátodo a través del electrolito. El electrolito es el fluido en relacionado directamente con el ánodo y el cátodo. El agua [H<sub>2</sub>O] presente en la superficie del acero [Fe<sup>0</sup>] expelle electrones para formar hierro ferroso Los iones [Fe<sup>2+</sup>] y los iones de hierro [Fe<sup>3+</sup>] trabajan como ánodos en la analogía de nuestra batería. Los electrones liberados fluyen al cátodo, donde el óxido de hierro [FeO] y el trióxido de hierro [Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>] se forman (en presencia de oxígeno) se oxidan o precipitan (Pelayo, 2018).

El subproducto de la respuesta en el cátodo es el ion hidróxido [OH<sup>-</sup>], que ejerce acción con el Fe<sub>2+</sub> disuelto y Forma hidróxido de hierro Fe(OH)<sub>2</sub>. Los metales se pueden reseñar en términos de las tendencias del ánodo o cátodo organizadas en la secuencia de galvanoplastia (Asrar, y otros, 2016)

### **2.1.3 Corrosión Por Erosión**

La corrosión por erosión es aquella en donde la aceleración de la velocidad de corrosión del metal se produce debido al movimiento relativo del fluido corrosivo de la superficie del metal. Asimismo, si se pausa una "x" cantidad de partículas sólidas en el fluido, esta tiende a incrementar el efecto corrosivo que provoca el deterioro del metal ( (Aperador, Ramirez, Martin, & Bautista ruiz, 2011).

La interrelación entre estos dos procesos de corrosión y erosión se suele llamar "efecto sinérgico". Habitualmente, la sinergia se alude a la diferencia entre el daño causado por los efectos combinados de la corrosión y además la suma del daño relacionado con la contribución relacionada con la corrosión y la corrosión pura. La sinergia generalmente ocurre en las uniones de la tubería como lo son las curvas, contracciones de la tubería y otras estructuras que modifican la dirección o la velocidad del flujo. (Nitty Gritty, 2016).

**Figura 11**

*Corrosión por erosión*

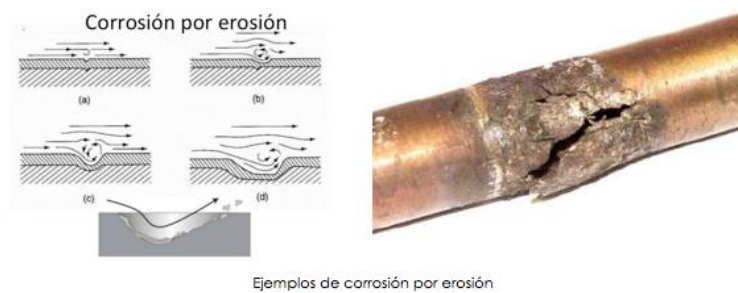


*Nota:* esta corrosión, aparece de manera frecuente en bombas, mezcladores y tuberías, particularmente en curvas y codos.

Últimamente se han concretado cruciales avances en la investigación acerca de la erosión de partículas sumergidas en el medio acuático. La complejidad del proceso de corrosión se imputa principalmente a una variedad de razones que pueden promover la corrosión (Nitty Gritty, 2016)

**Figura 12**

*Esquema del mecanismo de remolino turbulento en la corrosión por erosión.*



*Nota:* La corrosión por erosión prospera en condiciones de alta velocidad, turbulencia, choque, etc.

El producto de la abrasión mecánica conduce a un daño pasivo de la película o capa protectora, lo que provoca la exposición de superficies desnudas frescas a medios corrosivos. Esto incrementa la velocidad del proceso de corrosión, que a su vez dirige al desarrollo de una nueva película de

pasivación, que eventualmente se afectará por una acción mecánica adicional. Además, las partículas abrasivas de alta velocidad desfiguran significativamente el metal y a causa del trabajo realizado forma una capa dura. La capa endurecida por trabajo tiene una alta actividad química y a causa de la diferencia de deformación con la región adyacente de baja deformación se puede formar microporos primarios, lo cual acelera el proceso de disolución del metal ( (Rashidi, Alavi-Soltani, Seyed, & Asmatulu, 2007).

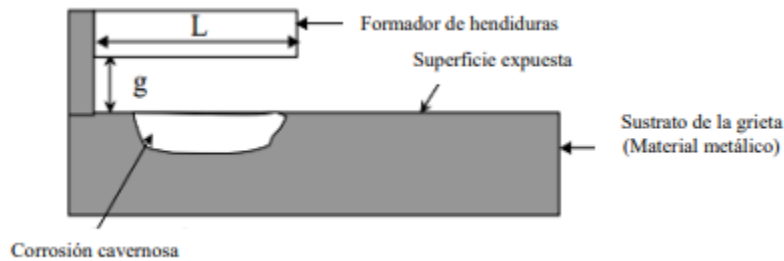
En una investigación antigua se pudo concluir que la deformación plástica y la fractura son los mecanismos que jerarquizan el proceso durante el desarrollo de corrosión por erosión (Pelayo, 2018).

#### ***2.1.4 Corrosión Cavernosa***

Esta corrosión está localizada en grietas o superficies de blindaje llenas de solución. Asimismo, este tipo de corrosión es una de las que más afectan una estructura, que acontece en aleaciones que generalmente tienen una resistencia perfecta a la corrosión (como el acero inoxidable) y en áreas que no son inmediatamente visibles (Sedriks, 1996). por consiguiente, este tipo de corrosión más específicamente” la de esponja” puede generar una falla súbita y destructiva del metal durante el uso. El ambiente químico creado por la grieta es diferente del área expuesta libremente y, de modo que, se acelera la corrosión. El entorno mantiene la humedad, obtiene los contaminantes, centraliza los productos de corrosión y descarta el oxígeno (Rashidi, Alavi-Soltani, Seyed, & Asmatulu, 2007) Actualmente, se ha avanzado en el estudio de una variedad de métodos para prever la corrosión de las esponjas, incluida el uso de inhibidores y pinturas anticorrosión y la protección catódica. No obstante, las investigaciones y estudios sobre este tipo arrasador de corrosión aún siguen en pie (Xiaoyan, Robert G, Jason , & Reed, 2011).

**Figura 13**

*Sección transversal de una grieta*



**Nota:** El entorno mantiene la humedad, obtiene los contaminantes, centraliza los productos de corrosión y descarta el oxígeno

### **2.1.5 Corrosión Por Picaduras**

La corrosión por picaduras es aquella en la que se crean cavidades o "agujeros" en la estructura. al ser la corrosión por picadura tan difícil de detectar, prever y diseñar esta misma se convierte en la corrosión más grave que la uniforme. ( (AMPP NACE Store, 2018).

El trascurso de los efectos de la corrosión por picadura generalmente se modela en torno a anulaciones pasavantes como en el acero inoxidable y otras anulaciones resistentes a la corrosión (CRA2). El contexto puede verse fácilmente en la siguiente sucesión de eventos: (AMPP NACE Store, 2018).

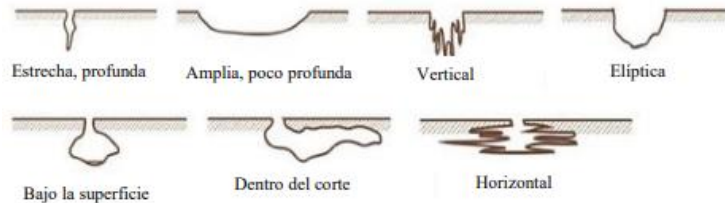
- Nucleación de las picaduras: esto comprende la descomposición de películas pasivas/productos de corrosión carbonosa también conocido como evento de Iniciación.
- Propagación de la picadura: abyecto a la etapa de crecimiento de la picadura es un crecimiento metaestable que podría verse como una transformación entre el inicio de la picadura y el crecimiento de la picadura estable este es el siguiente evento llamado proceso de crecimiento.
- La re-pasivación de las picaduras es factible en algunos materiales sobre todo en los pasivos y también dependiendo de las variables del entorno; entre ellas la temperatura, el pH, la química de la solución y otras.



En los metales la corrosión por picadura se presenta de diferentes formas:

**Figura 14**

*Corrosión por picadura en diferentes metales.*



*Nota.* Se crean cavidades o "agujeros" en la estructura y a ser tan difícil de encontrar esta se convierte en la corrosión más grave que la uniforme.

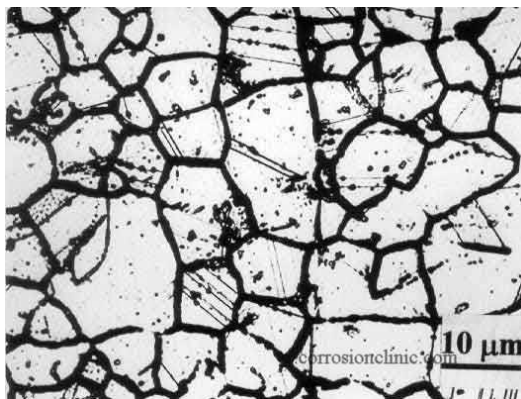
### **2.1.6 Corrosión Intergranular**

En esta corrosión suele suceder que la microestructura de metales y aleaciones se compone de granos, apartados por límites de grano. La IGC3 sucede a lo largo de los límites del grano, o inmediatamente adyacente a ellos. Los límites de grano son siempre las áreas prioritarias en los que se producen tanto la segregación como la precipitación de composición en las aleaciones. De todas maneras, las particularidades mecánicas de la estructura portante se ven seriamente afectadas cuando este tipo de corrosión tiene lugar (AMPP NACE Store, 2018).

Los carburos Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub> pueden arrojar regionalmente debido a tratamientos térmicos o métodos de soldadura con una temperatura de sensibilización que pueden variar entre 550 y 850°C, todo dependiendo de la composición química del acero. En general, se considera que las aleaciones con fases o compuestos Inter metálicos con altos niveles dispuestos a la corrosión intergranular (AMPP NACE Store, 2018). Esta situación puede acontecer en aleaciones persistentes a la corrosión, cuando los toques de grano de los elementos inhibidores de la corrosión como puede ser el cromo, se agotan por algún mecanismo (Pelayo, 2018).

**Figura 15**

*Corrosión intergranular*



**Nota** La microestructura de metales y aleaciones se compone de granos, apartados por límites de grano

### ***2.1.7 Fisuración Asistida Por El Entorno***

La corrosión ambiental es un tipo de corrosión especialmente (EAC4). las aleaciones comerciales y Los metales, como el acero al carbono, el acero inoxidable y las superaleaciones a base de níquel, a menudo descubren este tipo de afectaciones de agrietamiento y generan que los componentes de ingeniería erren. Durante años, el programa de la EAC se ha analizado extensa y profundamente en el procesamiento químico, las industrias dedicadas a la industria del petróleo y a la industria del gas también las que se dedican a la industria de la generación de energía nuclear. Este tipo de corrosión parece que es la consecuencia por la fragilidad del hidrógeno a lo largo de los topes de los granos, lo que conduce a grietas y crecimiento posterior. Estas grietas particularmente inician en agujeros u otras localizaciones donde se almacena la tensión y generalmente se esparce en un plano perpendicular a la dirección de este mismo ST5. Esta manifestación está relacionada con la composición química de la aleación, más específicamente a la alta relación magnesio / zinc y el bajo contenido de cobre. La fractura frágil se ha extendido en el laboratorio y se concluido que el agrietamiento es a causa de la exposición temporal o el envejecimiento y no está relacionado con la fatiga, aunque no se puede eliminar una mayor propagación de grietas bajo carga de trabajo.

Solo puede suceder cuando se cumplen las siguientes condiciones puede suceder (European Aviation Safety Agency, 2018):

- En materiales susceptibles presenta aleación
- En dirección ST aplicar un esfuerzo continuo
- Que en un entorno típico se presente envejecimiento

Es muy poco probable que al descartar una de estas condiciones se presenten este tipo de agrietamientos EAC.

### ***2.1.8 Corrosión Por Fatiga***

La atención repetida de tensiones o deformaciones en materiales metálicos causa cambios en sus propiedades mecánicas que generan fisuración e incluso a la fisura del material para datos contables de la tensión inferiores a los que se necesitan cuando se trata de cargas monótonas. Este fenómeno, se conoce como fatiga y es el responsable de la mayoría de las roturas que se producen en piezas de maquinaria y componentes estructurales (Pelayo, 2018). Cuando el material está sometido a cargas oscilantes en presencia de un entorno con factores externos extremos que afectan la estructura, se habla de corrosión por fatiga, y el efecto global es más perjudicial que la simple adición de los efectos generados a la fatiga mecánica y a la corrosión química por cada parte. Se trata de unos pasos muy complejos en el que interaccionan todos unos puntos variables químicos, mecánicos y microestructurales, lo que dificulta sobremanera su análisis (Ruiz Hervias, 2002).

La corrosión por fatiga no especifica para cada material un elemento particular, sino que se presenta en cualquier medio corrosivo, en especial si se produce un ataque enfocado. Estas peculiaridades específicas solo se presenta en este tipo de corrosión. (Salazar Jimenez, 2015):

- En cuanto actúe durante un tiempo necesario, no existe un entorno específico para cada material que provoque el agrietamiento.
- No se produce únicamente en aleaciones, sino también en metales puros.
- La aceleración del ataque producido cambia en función de la agresividad del entorno de forma similar al desarrollo de un proceso de corrosión.

El proceso de aparición de grietas por corrosión puede aumentarse bajo cargas de corrosión por fatiga, debido a la relación sinérgica de las cargas cíclicas aplicadas y el influjo de los ambientes corrosivos. Por ejemplo, los mecanismos que pueden ocurrir en las estructuras en alta mar a causa de la carga cíclica a la que se ve subyugado en los extremos y rígidos entornos marinos (Oyewole, Feargal, & Athanasios, 2016)

Singularmente, las piezas soldadas son muy recelosas al agrietamiento causadas por la corrosión por fatiga, generalmente debido a la centrificación de esfuerzos y tensiones residuales, así como a fallas microestructurales y heterogeneidades instigadas por discontinuidades interconectadas con la aplicación de la soldadura. Además, un diseño incompleto puede aumentar su susceptibilidad al agrietamiento por fatiga y aumentar la concentración de tensiones y (Pelayo, 2018).

### ***2.1.9 Corrosión Microbiológica***

Esta corrosión es aquella que es conocida como corrosión provocada microbiológicamente o biocorrosión se determina como un desarrollo electroquímico entre la presencia y participación de microorganismos cuenta con la capacidad de iniciar, facilitar o acelerar una reacción de corrosión sin realizar cambios en su lectura electroquímica (Medina, Ortiz Prado, Schouwenaars, & Armendariz, 2009).

De los sectores de la industria uno de lo que más se ven afectado es el del petróleo, se estima que entre el 20% y el 30% del dallo es causado por la corrosión microbiológica en las tuberías que trasportan hidrocarburos ya que afecta los muros internos y externos de las caras interiores de la tubería. Debido a esto es que anualmente se emplean millones de dólares en biocidas tratando de combatir este tipo de corrosión, procedimientos que además de ser costosos, ocasionan un efecto negativo en la vida humana y el medio ambiente. (Medina, Ortiz Prado, Schouwenaars, & Armendariz, 2009).

La manifestación de destrucción en el que los microorganismos actúan primordialmente utilizando el metal como sustrato se abarca por la corrosión microbiológica o secundariamente por conexión de las sustancias provenientes de su metabolismo. Es concluyente el componente químico del

medio, así como la composición de azufre, puesto que este elemento que en el ambiente celular se conoce como integrante de las estructuras proteicas y contribuye en el transporte de Hidrógeno durante el metabolismo rédox; se haya como un contaminante jerarquizante a consecuencia de la putrefacción generada por sí misma de la vegetación marina y en las evacuaciones de los desperdicios industriales (GOMEZ GUZMAN, 2018).

Uno de los factores más específicos la velocidad de incremento en la corrosión por presencia de agentes como el S<sup>2</sup> en cantidades tan bajas como 0.01 ppm, es suficiente para incrementar la contaminación del agua marina. (GOMEZ GUZMAN, 2018)

La bio-transformación y velocidad de crecimiento de los agentes externos, pueden dar claridad por qué ciertas interconexiones metal/solución pueden incrementar significativamente las velocidades de corrosión que se perciben (Treseder, 1991). Los sucesos metabólicos de los microorganismos son explicados por reacciones químicas para la creación de energía, por medio de la interpretación de nutrientes que se hayan en el entorno circundante. Según Videla este desarrollo influye en la conducta de la corrosión de los materiales metálicos, incluyendo y/o aumentando la diversidad del área metálica por medio de la:

- Devastación de capas protectoras de los materiales metálicos.
- Creación de entornos ácidos generalizados.
- Generación de almacenes de corrosivos.
- Variación de reacciones anódicas y catódicas.
- Intromisión en métodos para prever la corrosión (Medina, Ortiz Prado, Schouwenaars, & Armendariz, 2009).

## **2.2. Zonas De Exposición A La Corrosión**

Cuando las estructuras son utilizadas fuera de costa se pueden ser expuestas a cinco zonas de corrosión que las podrá afectar, y estas son:

### ***2.2.1 Zona atmosférica***

Dentro de esta zona se encuentran características que condicionan la tasa de corrosión como, por ejemplo:

- la altura sobre el nivel del mar desde 13 metros de altura
- la velocidad es de 0,4 mm / año y aumenta a 0,7 mm / año a medida que se acerca al nivel del mar, siendo este un parametro fijo.

Esto se genera a causa del cloruro de sodio (NaCl) almacenado en el aire también por los vientos marinos son guardados sobre el metal debido a la fuerza contraria del viento. A mayor material almacenado de metal será mucho más rápido la corrosión en este mismo. (Pelayo, 2018).

### ***2.2.2 Zona de chapoteo***

En esta zona la corrosión es más alta que otras a causa de:

- una velocidad de 0,95 mm / año

Lo anterior mencionado se genera a causa de un alto nivel o de cloruro y oxígeno que se ocasiona cuando las olas se estrellan con la superficie metálica de la estructura, llegando a ocasionar daños a cualquier capa protectora que se haya aplicado en el recubierto de la superficie. (Pelayo, 2018)

### ***2.2.3 Zona de mareas***

Esta zona está compuesta por dos regiones:

- Marea alta.
- Marea baja.

En la primera región: las tasas de corrosión pueden variar de 0,65 a 0,35 mm / año. En la segunda región: se mantiene una tasa de corrosión de 0, 15 mm / año y esto se debe al diferencial de las

celdas entre dichas regiones, también pasa que cuando las áreas de acero que están expuestas a la atmósfera, el óxido de hierro (FeO), los productos de corrosión, sus niveles de oxidación varían a niveles más altos, lo que resulta en un potencial de corrosión más noble. (Farias, 1994)

#### ***2.2.4 Zona sumergida***

En esta zona solo se mantiene un nivel de corrosión de 0,35 mm al año. Por causa de la velocidad de corrosión está dada por . (Farias, 1994)

#### ***2.2.5 Zona de subsuelo***

En esta zona está controlada por la disponibilidad de oxígeno en el suelo y depende si el suelo se considera alterado y no alterado, también se ve afectado por actividades microbianas. Esta zona tiene una tasa de corrosión de 0,03 mm / año si el suelo no está perturbado.

### **2.3 Factores Que Afectan La Tasa De Corrosión Atmosférica Marina**

#### ***2.3.1 Humedad relativa***

Esto se debe ya que la humedad genera una transformación en los niveles de corrosión. Estos niveles pueden variar entre un 65% y 85% dependiendo de donde se encuentre la maquinaria, como consecuencia de que la tasa de corrosión aumenta.

#### ***2.3.2 Temperatura***

En el día las temperaturas pueden variar y alcanzar hasta los 30°C y esto ocasiona que la humedad en el ambiente y el punto de rocío aumenten, por consiguiente, la temperatura en el ambiente aumenta la tasa de corrosión. (Farias, 1994)

### ***2.3.3 Velocidad del viento:***

Los vientos que traen humedad son aquellos que afectan las diferentes regiones costa afuera además estos vienen cargados de sal que se almacena del rocío del océano. El polvo y las gotas de sal se incrustan en las áreas metálicas que se ubican en la trayectoria del viento.

### ***2.3.4 Salinidad***

Para poder traspasar rápidamente la capa protectora de la estructura se necesita que la salinidad del agua tenga altos niveles entendiendo esto es importante resaltar que el agua de mar tiene un contenido de cloruro de 3,7%. (Farias, 1994)

## **2.4 Métodos Activos Contra Los Tipos De Corrosión**

Los siguientes métodos pueden considerarse métodos activos de protección contra la corrosión:

- a) Selección de materiales resistentes a la corrosión

La comprobación de la corrosión es sólo una de las características que actúan en la selección del material. Cuando se llega a una conclusión o decisión de selección se debe tener en cuenta una serie de causantes, como las mecánicas del material y propiedades físicas, la facilidad de trabajo, la disponibilidad y la resistencia a la corrosión, también los aspectos sostenibles en enfoque económico, todo esto previendo en pensar en el material en sí mismo. (Ballestas, 2012)



**Figura 16**

*Tubo de revestimiento de acero es estructura offshore*



*Nota.* En otras situaciones se suelen usar metales como aluminio, cuyo precio se ajusta mejor al presupuesto.

En cambio, por razones de economía, las estructuras están hechas fundamentalmente de aceros de construcción perceptibles a la corrosión. Por consiguiente, las estrategias de protección contra la corrosión discutidas en las siguientes secciones tienen los papeles más fundamentales.

Entre los metales generalmente usados en aleaciones de aceros se encuentran: el cromo, el cobre, el níquel y el molibdeno. En otras situaciones se suelen usar metales como aluminio, cuyo precio se ajusta mejor al presupuesto (Ballestas, 2012).

Materiales inusualmente utilizados como el tantalio y titanio se destinan únicamente en condiciones negativas extremas. Para situaciones oxidantes se utilizan aleaciones que contengan cromo. Las partes cerámicas poseen mejor fortaleza a las altas temperaturas y a la corrosión, pero llegan a ser débiles ante fuerza que causen roturas, su manejo se ciñe a procesos que no incluyan peligros.

#### b) Tolerancia de corrosión

La permitividad de corrosión son partes de material que se permiten corroerse sin transformar la función ya sea de seguridad, estabilidad o resistencia de la estructura. Este punto de vista se puede cavilar cuando se espera que suceda corrosión en total y, en específico para la construcción. OWs

12, se recomienda la tolerancia a la corrosión principalmente para la zona de salpicaduras. (Masy, Matteucci , Tacq, & Balbao, 2018).

El valor preciso para una permisividad a la corrosión varia del material, la tolerancia de fuerza mecánica que se supone, así como del grupo de corrosión y el área de corrosión. (Pelayo, 2018) usualmente, se aconseja juntar la permisividad a la corrosión con la superficie aplicada, para tener una construcción más confiable, pero también por razones económicas.

#### c) Diseño constructivo apropiado

Existen diferentes formas de diseñar elementos constructivos de poca corrosión en plataformas offshore. Las concordancias se pueden diseñar de manera que se rehúya el contacto con entornos corrosivos; lo que minimizara el peligro a la corrosión. La finalidad de diseñar una plataforma es consolidar que sea adecuada para su necesidad, incluya una estabilidad, durabilidad adecuada y resistencia que el valor económico sea aceptable y que la visualización de esta sea agradable (ISO, 1999):

- Secciones para proteger y buen acceso de las partes
- conexiones superpuestas y evitar huecos, uniones
- La acumulación de electrolitos y precaución contra los depósitos
- Tratamiento de los límites
- Manejo de cordones de soldadura y defectos superficiales
- Diseño oportuno de anclajes con pernos
- Diseño oportuno de entallas y refuerzos
- Preparativo de acciones que eviten la corrosión galvánica
- Manipulación, transporte y montaje moderado de las partes a proteger.

#### d) Modificación del medioambiente

Las variables de entorno son fundamentales para la comprobación de la corrosión. El cambio del entorno se puede alcanzar eficientemente excluyendo el oxígeno disuelto o también a partir de la

inclusión en el entorno extremadamente agresivo de ciertas sustancias conocidas como inhibidores (Avila & genesca, 1983), entre otras.

A continuación, se muestran algunas formas de reducir los efectos del medio sobre la corrosión (Villarica Viñes, Garcia, & Huerta, 2014):

- Disminuyendo la temperatura del entorno baja la velocidad de corrosión. En cambio, una de las excepciones es cuando pasa con el agua de mar, que en ebullición es menos corrosiva que cuando está a baja temperatura. Esto debido a que la solubilidad del oxígeno baja al subir la temperatura.
- Bajar la velocidad del fluido, se minimiza la velocidad de corrosión.
- Bajando o sustituyendo el oxígeno en las disoluciones ya que a más concentración de oxígeno más velocidad de corrosión en las disoluciones acuosas.
- Bajando la concentración de los iones extremos. Sobre todo con los aceros inoxidable disminuyendo la concentración del ion  $[Cl^-]$  en una composición salina, implica una disminución de la corrosión.
- Añadiendo al electrolito soluciones que demoren o bloqueen las reacciones, estos agentes se conocen como inhibidores de la corrosión.

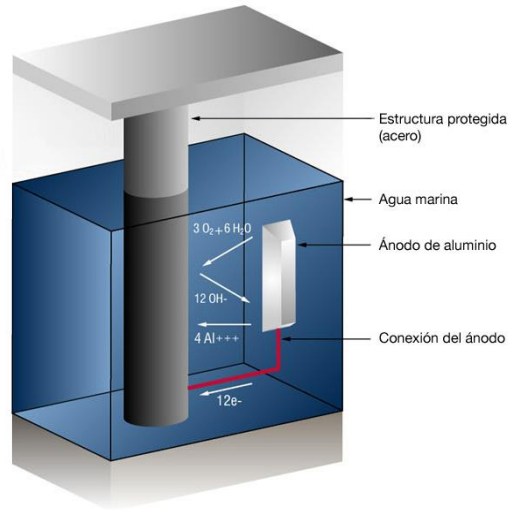
#### e) Protección catódica contra la corrosión

Los métodos de protección catódica se utilizan ampliamente para prevenir sucesos de corrosión en plataforma offshore. La protección catódica se basa en el movimiento de los electrones (corriente) desde un ánodo externo hasta el equipo que se está protegiendo, que ejerce como cátodo (Pelayo, 2018). El cátodo y el ánodo suelen ubicarse en el mismo electrolito y estar unidos eléctricamente (Schlumberger, 2016). La protección catódica viene en dos variables:

- Por ánodos de sacrificio.
- Por corrientes impresas.

**Figura 17**

*Sistema de protección catódica por ánodo de sacrificio en agua marina*



**Nota:** El cátodo y el ánodo suelen ubicarse en el mismo electrolito y estar unidos eléctricamente.

El método de protección catódica por ánodos de sacrificio es un sistema de protección donde los metales con una virtud electroquímico perjudicial que la construcción que se debe proteger se ubica en el área metálica cumpliendo el papel de ánodo. Hoy, en la CP se utilizan elementos de sacrificio creados con aluminio, cinc y magnesio para preservar el acero de las construcciones grandes y las redes de tuberías (Pelayo, 2018).

En otro contexto, el método de protección catódica por corrientes impresas generalmente una provisión de alimentación de corriente continua externa a la cual se asocia el ánodo a la terminal positiva y el cátodo, a la terminal negativa que a su vez aumenta el tope de potencial del área de protección y, en consecuencia, se minimiza la corrosión (Baeckmann & Richter, 1997). Se emplea fundamentalmente en aquellos sucesos en los que la resistencia electrolítica está en un nivel superior y cuando se encuentra fácilmente de una provisión de corriente constante. (Pelayo, 2018)

**Figura 18**

*Resistencia electrolítica*

Característica	Ánodos de sacrificio	Corrientes impresas
Mantenimiento	Prácticamente no	si
Coste de instalación	Medio	Alto
Peso del ánodo	Alto	Bajo
Número de ánodos	Grande	Pequeño
Vida	Limitada	Alta
Corriente de salida	Limitada, autorregulable	Controlada (manual o automático)
Distribución de la corriente	Con muchos ánodos-Bien	Menos bueno con pocos ánodos
Daños en la propiedad	Generalmente ningún revestimiento cerca de ánodos	Sí, son necesarias medidas especiales de protección
Costes de funcionamiento	Favorable con objetos pequeños	Favorable con objetos grandes
Vida usual	Sobre 10 años	Superior a 20 años

**Nota:** Tanto el acero como el cobre, plomo y bronce son unos de los pocos de los metales que suelen ser defendidos de la corrosión por este proceso.

La defensa catódica se compone sin duda en el componente jerárquico de todos los métodos empleados para evitar la corrosión de construcciones metálicas con pilotaje o cimentación en el suelo o sumergidas en lechos marinos o acuosos. Tanto el acero como el cobre, plomo y bronce son unos de los pocos de los metales que suelen ser defendidos de la corrosión por este proceso. (Pelayo, 2018)

Una gran porción de datos está envuelta en la elección del método de defensa en contra de la corrosión y el acopio de la corriente de defensa. Singularmente, para nuevas localizaciones de estructuras fijas de producción, el saber, por ejemplo, el contenido de oxígeno, la temperatura del agua, la velocidad de flujo, la actividad biológica, la conductividad, la composición química, y la abrasión por arena es útil. (Ballestas, 2012)

La superficie submarina de construcciones marinas también abarcar ítems mecanizados de metales no ferrosos o de acero inoxidable. Estos elementos estructurales se deben relacionar en una forma adecuada para que se observen los topes de potencial de defensa (Ballestas, 2012).

## 2.5 Métodos Pasivos

El proceso más utilizado de defensa pasiva en contra de la corrosión en el campo laboral es la colocación de métodos de recubrimiento para dividir el material a defender del entorno corrosivo. No únicamente es fundamental escoger un obstáculo conveniente para satisfacer las necesidades en un estado dado, sino que es de igual valor anotar la preparación del área. Por eso se puede decidir una amplia diversidad de materiales, procedimientos y enfoques (Ballestas, 2012)

### 2.5.1. *Sistemas de recubrimiento*

La defensa para el recubrimiento forma el método de protección contra la corrosión más utilizado en la práctica, esto determinado por su efectividad siendo esto aplicado correctamente, por su economía, y su facilidad de aplicación (Camejo, Dominguez, & Marrero, 2018). Estos se pueden clasificar en:

**Figura 19**

*Clasificación tipos de recubrimientos*

TIPOS DE RECUBRIMIENTOS	Recubrimientos Orgánicos	Pinturas, barnices y lacas.
	Recubrimientos Metálicos	Capa de zinc, aleación de zinc/aluminio, aleación de zinc/silicio o aluminio puro.
	Recubrimientos Inorgánicos	Esmaltes vítreos, revestimientos de vidrio, esmaltes de porcelana, recubrimientos de cementos y recubrimientos obtenidos por transformaciones químicas.

*Nota:* este método es el más utilizado en la práctica de esta industria

Recubrimientos relativamente finos de materiales metálicos e inorgánicos pueden proporcionar una barrera satisfactoria entre el metal y su entorno. Los recubrimientos metálicos se pueden aplicar por electrodeposición, pulverización a la llama, revestimiento, inmersión en caliente o deposición de vapor. Sin embargo, los compuestos inorgánicos se aplican o se forman por pulverización, difusión o conversión química (Pelayo, 2018).

Los recubrimientos orgánicos involucran una barrera muy delgada entre el sustrato y el medio ambiente. Adicional de la aplicación adecuada, los tres factores a considerar son recubrimientos orgánicos que se ponen en un orden de importancia, así como la preparación de la superficie, el tipo de imprimación o capa de imprimación y la selección de la capa o capas de acabado. (Popoola & Olorunniwo, 2014)

Los elementos cerámicos son materiales atractivos debido a sus características de alta resistencia química, resistencia al desgaste, resistencia térmica y resistencia a la corrosión. Los elementos cerámicos a granel se pueden encontrar en materiales refractarios, baldosas de cerámica, cerámica avanzada como cerámica cocida a baja temperatura, pero también los recubrimientos cerámicos tienen un rendimiento único. Los revestimientos cerámicos y esmaltes están creados por una mezcla de vidrio fundido y variedad de aditivos. Estos pueden alterarse mediante la añadidura de materiales en bruto como cuarzo, óxido de titanio, silicato de zirconio o pigmentos cerámicos para ajustarse al tipo de metal y al producto de aplicación final, el uso de esmalte cerámico para preservar estructuras metálicas con estado limitado por muchos factores (Garcia, Trueba, Vega, & Madariaga, 2018)

#### a) Recubrimientos orgánicos

la mayoría son de tipo polimérico como plásticos y elastómeros, también se incluyen otros no poliméricos como grasas, aceites, ceras para la protección temporal. En la realidad muchas pinturas muestran en su composición algunos componentes de naturaleza inorgánica pero los orgánicos constituyen el elemento fundamental en casi todos los casos. las pinturas de recubrimiento más importantes y el tipo de protección contra la corrosión de mayor aplicación. (Camejo, Dominguez, & Marrero, 2018)

El sistema de aplicación de recubrimiento implementado en la industria marina acata a las siguientes fases:

- Acondicionamiento del área

Esta fase busca preparar tanto el lugar de trabajo, como las herramientas necesarias para ejecutar las actividades, incluyendo el equipo de seguridad, como la protección del área a usar, estructuras, equipos y accesorios (Pelayo, 2018).

- Reparación de la superficie

La reparación de una superficie consta en ejecutar las actividades necesarias para conseguir una uniformidad superficial de lo que se desea recubrir. Esencialmente es soldar, remediar huecos y grietas. Para esto es necesario el buen desempeño para prolongar la vida de los recubrimientos, esto se da gracias a que la superficie se encuentre uniforme, que no tenga bordes ni puntos críticos que puedan afectar en un futuro que el sistema de protección se dañe, dando paso a la corrosión. Para esto se debe asegurar que la superficie se encuentre limpia de huecos, grietas y bordes de soldadura (Pelayo, 2018).

b) Preparación de la superficie

La preparación de la superficie reside en eliminar cualquier elemento contaminante del área a aplicar con el propósito de obtener una adherencia máxima. La utilidad de los recubrimientos esta proporcionalmente relacionada con el grado de preparación de la superficie, esto indica que la superficie debe permanecer libre de polvo, grasa, óxido, moho, recubrimientos viejos y/o cualquier otro contaminante mientras se da la aplicación (Ballestas, 2012).

c) Aplicación de la capa imprimación

Es la capa de recubrimiento que está en relación con la superficie, su objetivo principal es afirmar que la adherencia de la capa posterior de recubrimiento, así como tapan la porosidad en materiales en mayor o menor medida para proteger a el área del medio ambiente (Ballestas, 2012).

d) Aplicación de capa de acabado o superior

Se entiende por acabado a la última capa esto implica a los recubrimientos sobre la superficie. Esta se encuentra en contacto permanente con el medio ambiente y brinda protección y durabilidad (Ballestas, 2012).



e) Recubrimientos metálicos

Los principales grupos de recubrimientos que se pueden aplicar son recubrimientos de zinc por baño en caliente y recubrimientos por pulverización térmica (Pelayo, 2018).

f) Recubrimientos de Zinc por inmersión en caliente

La construcción del acero se sumerge en un baño caliente de zinc. Depende del tiempo de baño, el espesor de zinc será más alto. El espesor del recubrimiento galvanizado se ve alterado por diversos factores, como lo son el tamaño y el grosor de la pieza de trabajo además de la preparación de la superficie del acero. Los aceros y aceros gruesos que se han limpiado con un baño abrasivo tienden a producir recubrimientos relativamente gruesos. Además, la composición del acero tiene un dominio sobre el recubrimiento producido (Pelayo, 2018).

La capa galvanizada tiene varias subcapas con un contenido de hierro y una dureza creciente hacia el sustrato. Esta propiedad es importante al momento de la resistencia de abrasión en comparación con otros revestimientos. Algunos aspectos del diseño de las estructuras de acero deben tener en cuenta el proceso de galvanización, particularmente en lo que respecta a la viabilidad del llenado, ventilación y drenaje y la probabilidad de distorsión. (Pelayo, 2018)

El beneficio del zinc es su naturaleza anódica hacia el hierro proporciona la denominada protección sacrificial o catódica. En la mayoría de los casos, estas estructuras de acero galvanizado están pintadas, para aumentar su resistencia de forma sinérgica. (Pelayo, 2018)

El recubrimiento por baño en caliente no solo se realiza con zinc puro. Sino por las capas de baño en caliente que contiene aluminio y magnesio también se aplican. Esto da ventajas en las propiedades mecánicas como en resistencia a la corrosión. (Masi, Matteucci, Balbo , & Tacq, 2018)

**Figura 20**

*Sección transversal de un cable de acero con Zinc, Benzinal® y Benzinal 3000*



*Nota:* cambio de las propiedades del material con el anticorrosivo

El alambre de acero galvanizado se emplea en muchas aplicaciones marinas y en alta mar, incluidas las cuerdas de pesca, cuerdas de elevación mar adentro, cables y cuerdas para estructuras suspendidas. Incluso cuando los cables están bañados en polímeros, a menudo se galvanizan para suministrar una capa adicional de protección en caso de que se dañe el revestimiento del polímero (Masi, Matteucci, Balbo , & Tacq, 2018).

#### g) Recubrimientos por pulverización térmica

La pulverización térmica es la más aplicada para recubrimientos metálicos en estructuras de acero en el sector offshore. Particularmente usado para proteger elementos que son demasiado grandes para sumergirlos en un baño de galvanización. (Hudson, 2000).

En cuanto a los metales rociados, la técnica se denomina metalización. Esta técnica, se encuentra descrita en la norma UNE-EN ISO 2063:2005 [35] (ISO, 2005), que consiste en rociar partículas de metal que se calientan a temperaturas cercanas o superiores al punto de fusión, sobre una superficie. Los materiales convenientes para la pulverización térmica son metales puros, aleaciones, materiales cerámicos, plásticos y resinas compuestas (Pelayo, 2018).

Los materiales no solo se pulverizan sino pueden dar una forma de alambre, ya que estos se calientan a un estado fundido o semi-fundido y se preparan hacia sustratos en forma de partículas de tamaño micrométrico. Por lo general, la eficacia del recubrimiento se refuerza al aumentar la

velocidad de las partículas. Los métodos de pulverización térmica más comunes son a través de arco eléctrico o plasma, también se pueden encontrar otros métodos (Masi, Matteucci, Balbo , & Tacq, 2018):

- Trituración por pistola de detonación
- Plasma de arco transferido (PTA15)
- Trituración con llama
- Trituración de combustible-oxígeno de alta velocidad (HVOF16)
- Trituración térmica de alta velocidad gas-aire (HVAF17)
- Trituración en frío

#### a) Recubrimientos Inorgánicos

Este tipo de recubrimiento se divide en dos grupos:

- Cerámicos o Silíceos

Este material pertenece a los cerámicos de construcción llamadas cerámicas blancas usualmente (químicas), esmaltes vítreos, rojas, masillas inorgánicas antiácido o y cementos resistentes a los agentes químicos y usualmente las porcelanas.

Estos recubrimientos son aquellos que usualmente tienen una muy alta inercia química, repeliendo a la mayoría de los reactivos químicos acreditados. Su debilidad más fuerte es el ácido fluorhídrico y derivados ya que esta combina el óxido de silicio [SiO<sub>2</sub>], que es el esencial constituyente de estos materiales (Pelayo, 2018).

#### b) De conversión química

La diferencia de estos materiales es que no se aplican como los anteriormente mencionados, en cambio, se originan a través de un proceso químico o electroquímico del mismo metal a untar a partir de soluciones apropiadas (Pelayo, 2018).

### ***2.5.2. Métodos de control de la corrosión***

A consecuencia de que no siempre es viable excluir totalmente la corrosión, existen otras maneras de controlarla. Estos planteamientos de control dependen del entorno corrosivo y atmosférico, el área de interés, vida útil proyectada y costos de fabricación y mantenimiento.

A continuación, se presentan los métodos de control más comunes de acuerdo a sus características.

### ***2.5.3 Inhibidores de corrosión***

Los inhibidores de corrosión son un agregado químico que se aplica en pocas cantidades sobre las áreas metálicas y crea un manto protector que apacigua y reprime su deterioro. Su intención es obstruir en las resistencias de corrosión, la resistencia del ánodo o cátodo, o ambas. Así, minimiza las agresiones corrosivas sobre las estructuras de acero, conductos, maquinaria industrial y equipos metálicos de uso frecuente: tornillos, alicates, etc, (Lopez, 2020).

El fundamento de los inhibidores es obstaculizar el proceso electroquímico que da forma la celda de corrosión entre el metal y los líquidos de su alrededor, adicional a esto un método flexible y económico (Lopez, 2020).

En la explotación y producción de gas y petróleo en aguas profundas y ultra profundas aparecen varios retos que asumir, uno de ellos son las incrustaciones que producen problemas de limitación de flujo y de erosión, esto genera dificultades de corrosión que ocasiona la minimización de producción. Los procedimientos adoptados para la separación como para la inhibición de incrustación es el uso de la inyección de ácidos inorgánicos (HCl) u orgánicos como lo son el ácido acético, por ende, el uso de los ácidos está conducido por la presencia de inhibidores de corrosión en altas concentraciones que generan altos costos (Asrar, y otros, 2016).

### ***2.5.4 Inhibidores de corrosión en aguas profundas***

Los planes de las áreas de aguas profundas simbolizan los duelos únicos del control de la corrosión presente, ya que porque los límites habitualmente se localizan en el fondo del mar y el flujo debe

regir hacia la superficie o de retorno a la costa. El recorrido de la producción de las aguas profundas traspasa aguas frías, a lo que esto somete los fluidos calientes a un enfriamiento rápido. Por otro lado, la inyección de inhibidores sea más compleja para realizar a través de líneas primordiales a las que se tienen que adaptar varios cambios de temperatura presentes por los cabezales de pozos ya sean submarinos o de superficie. La inyección de inhibidores tiene más problemas debido a las presiones de flujo que se asocian a la alta producción de aguas profundas (Asrar, y otros, 2016)

### ***2.5.5 Selección de inhibidores de corrosión***

Para entender las variables que afectan el desequilibrio de los objetivos primero se debe evaluar la mitigación de la corrosión. Con esto se tiene que conocer cuáles son los métodos para manejar los casos de corrosión y así distinguir los métodos asequibles y los procesos aptos para la instalación de estudio.

Una vez conocido esto se comienza aclarando las consideraciones de diseño de dicha instalación, aquí es donde entra: la selección de materiales, modificación de caudal de entrada y de salida, tamaños, forma, grosor y ubicaciones; con el objetivo de suministrar una aleación apropiada obteniendo el tiempo de vida de la instalación, también es importante reconocer los procesos, instrumentos y medidas erróneas para dicha instalación ya que esto influye en la selección de materiales y más aspectos en el diseño.

Cada diseño permite que se controlen variables como presión, temperatura, velocidad, caudal, y demás variables con el fin de mitigar el proceso que genere más corrosión de la instalación. Comúnmente es el acero al carbono el material más utilizado en equipos e instalaciones industriales.

Seguido a esto, se debe realizar un mantenimiento a la instalación ya que la remoción de depósitos, líquidos o capas generadas y acumuladas reduce el proceso de corrosión, y finalmente se utiliza un tratamiento químico con inhibidores de corrosión siendo el método más utilizado y universales contra la corrosión.

El uso de estos métodos viene dado en función de su naturaleza tanto química como electroquímica y se emplean en mezclas con otras sustancias para complementar su efectividad anticorrosiva o para que presenten un rendimiento elevado como inhibidor.

En pocas palabras el diseño tiene que ser un análisis enfocado identificando los problemas que pueden ser resueltos a través de inhibidores, en el aspecto económico comparar la pérdida que generó la corrosión, el gasto de la implementación de inhibidores, el mantenimiento y sistemas requeridos. Finalmente se determina la compatibilidad de dicho inhibidor con el sistema donde se utiliza (Balseca, 2012).

Otros criterios manejados para la selección de un inhibidor son la capacidad de evitar la corrosión presente y la compatibilidad con el proceso y condiciones de operación del medio, la capacidad de suministro y el precio (Sandoval, 2017) .

### 3. ANTOCORROSIVOS, DAÑOS Y MANEJO AMBIENTAL

#### 3.1. Propiedades de anticorrosivos

Para lograr entender los daños del medio ambiente causados por los anticorrosivos se debe estudiar cuales son los más presentes en las plataformas para así poder llegar a comprender y crear un plan de manejo ambiental.

##### 3.1.1. *Pile shield system*

Este sistema es un enchaquetado que este compuesto por dos capas de revestimiento con inhibidores de corrosión, como lo son (*pile Primer* y *Pile pinner wrap*, además posee una protección mecánica.

El *pile primer* es un compuesto de cera de petróleos microcristalina, que actúa como inhibidor de corrosión este se aplica manualmente y desliza la humedad. Como propiedades cuenta: (Moscol, 2013)

- una resistencia dieléctrica de 100 [volt/mil] esta de método de prueba de ASTM D149
- punto de flecheo a 177 °C con método de prueba ASTM D42
- gravedad especifica de 0,9 °C hasta los 25°C estos se están tomando como métodos de pruebas ASTM D3505
- Color de referencia café
- Temperatura para la aplicación varia entre -18°C y 38°C
- Temperatura de servicio -29°C a 52°C

### **3.1.2. Pile Inner Wrap**

Adicional a esto se tiene cinta que se combina con los inhibidores de corrosión creando una barrera anticorrosiva a la estructura, esta cinta consta de una cera de petróleo como propiedades cuenta: (Moscol, 2013)

- Resistencia dieléctrica de 170 [volt/mil] evaluada y tomada como métodos de prueba ASTM D1499
- Espesor de 50 [mil] (1.27 [mm] ) evaluada en método de prueba ASTM D1000
- Fuerza de ruptura 3940 [N/m]
- Peso 1,35 Kg/m<sup>2</sup>
- Punto de flacheo con temperatura de 149°C y método de prueba ASTM D92
- Color café
- Temperatura de aplicación -18°C hasta 52°C
- Temperatura de servicio -73°C hasta 52°C

### **3.1.3 Pile Shiled**

Esta es una chaqueta de polietileno de alta densidad que brinda una protección mecánica a la cinta y esta es mas distinguida por ser mas resistente a los rayos UV (Moscol, 2013).

Las propiedades de este son:

- Espesor de 100 [mil] 2,5 [mm]
- Fuerza de ruptura 400 [Lb/in]
- elongación de ruptura 700%
- resistencia para rajarse 29.5 [Kg]
- menor temperatura quebradizo -80°C
- resistencia a la perforación 59 [kg]
- Temperatura de aplicación -1°C hasta 52°C
- Temperatura de servicio -80°C hasta 52°C



### 3.1.3 Sistema Syntho Shield

Consiste en una cinta de vidrio que tiene capacidades mecánicas y de corrosión, un recubrimiento de cinta de petrolato que tiene brinda más garantía contra la corrosión a largo plazo (Moscol, 2013).

Propiedades:

- Primer Denso es una cera pastosa, que tiene una composición que hace repelar la humedad produciendo que este tenga una mejor facilitando la mejor conexión con la cinta de petrolato
- Cinta de petrolato es una tela que está unida por varias cargas silíceas inerte y petrolatos esta cuenta con:
  - espesor de 1,15 mm
  - resistencia a la ruptura 22, 5 Lbf/ in
  - transmisión de vapor de agua 0,006 perms promedio
  - alargamiento a la ruptura 10%
  - tensión disruptiva 16 kV min
  - resistencia al desplazamiento catódico 0,28 in<sup>2</sup>
- *Syntho glass* es una tela de fibra de vidrio con resina activable con agua fresca o salada, lo cual aumenta la dureza de la cinta como reacción de un componente termostático, la dureza de la resina permite una gran fuerza en la dirección circunferencial de la estructura, tiene propiedades como: (Moscol, 2013)
  - Resistencia a la tracción 36000 psi
  - Resistencia a la cizalladura 900 psi
  - Resistencia a la flexión 26100 psi
  - Resistencia a la dieléctrica 16000 volts
  - Resistencia al impacto 123 ft.lb

### 3.1.4 Sistema Fx-70

Este sistema consiste en restaurar las estructuras marinas, pilares, plataformas pilares de puentes entre otros.

Es una chaqueta diseñada según la geometría de la superficie las cuales se colocan permanentemente alrededor de pilotes, el sistema se puede aplicarse tanto la atmosfera o bajo el agua para construcciones nuevas o en mantenimiento.

Chaqueta tiene un espesor de 1/8" puede ser gris o translúcida está hecha de materiales en resina polimérica y fibra de vidrio, la parte interna es rugosa así nos ayuda a tener mejor adherencia a la lechada, este mantiene el nivel de adherencia entre las chaquetas y la estructura

Las chaquetas tienen un diseño para que se realice el empalme de su correcta ejecución esto también gracias a las propiedades. (Moscol, 2013)

- Absorción de agua máximo 1%
- Resistencia a la tracción 15000 psi
- Resistencia a la flexión 25000 psi
- Módulo de elasticidad 700000 psi

Epoxy hidro es una resina multifuncional, compatible con el agua, tiene una adherencia al concreto y al acero húmedo, así como a la chaqueta tiene una gran adherencia, la resistencia de compresión del producto mezclado y curado es de 8.00 psi (Moscol, 2013)

Sello es elaborado de polipropileno, se utiliza para cubrir el espacio libre entre el soporte y la parte interna de la chaqueta y así evitar fugas de lechada en la parte inferior (Moscol, 2013)

Masilla *epoxy hydro*: es una combinación entre dos compuestos insensibles al agua así formando un pegamento que se utiliza para sellar los extremos de la cubierta dando mejor adherencia a las terminaciones. (Moscol, 2013)

Correa: es un tipo de zuncho con cabeza metálica y manija de caucho, es empleada para asegurar las chaquetas sobre los pilares y evitar se desprendan longitudinalmente. (Moscol, 2013)

### **3.1.5 Sistema de *Shaic & stopaq***

Son materiales elaborados principalmente por petrolato, tanino, sílice inerte, carbonato de calcio y otros agentes anticorrosivos especiales. Este tienen diferentes presentaciones dependiendo el uso, pueden ser en pasta, mastiques y cintas para la instalación manuales (Moscol, 2013)

Pasta de petrolato es un imprimante anticorrosivo hecho por el petrolato ya que este posee una gran barrera contra la corrosión estas tienen unas propiedades. (Moscol, 2013)

- Polibutano 15 – 20%
- Aceite aromático 20 – 25 %
- Parafina 30 – 35%
- Litio 5 – 10%
- CaCO<sub>3</sub> 15 – 20%
- Apariencia pasta marron
- Olor graso
- Gravedad especifica 1.2
- Temperatura de inflamación 100°C
- Peso específico 25°C
- Temperatura de goteo 58°C
- Contenido de petrolato 77,9%
- Resistencia a la penetración 19.5 mm
- Cinta para pilotes es una cinta de petrolato de uso marino especialmente para tubería y pilotes de acero tiene una apariencia de pasta marron y como propiedades (Moscol, 2013)
- Una gravedad especifica de 1,25
- espesor de 1.1 mm
- resistencia dieléctrica 7.87 kV/mm
- resistencia a la rotura 45 N/cm

- elongación 40%
- temperatura a la inflamación 162 °C
- transmisión de vapor de agua 0,72 ng/Pa.s.m<sup>2</sup>
- Transmisión a la humedad 0.03%
- Resistencia eléctrica  $2.6 \times 10^2 \Omega \text{cm}$
- Contenido petrolatum 68,8%
- Temperatura de goteo saturante 84%
- Resistencia al calor 60°C
- Resistencia a la penetración del saturante 9,4 mm
- Espesor de la cinta 1.25 mm
- Ancho de la cinta 300 mm
- Longitud 10 m
- Parafina 25%
- Aceite amatico 30%
- Polibutano 30%
- CaCo<sub>3</sub> 15%
- Cinta PT-320 es una cinta que posee un adhesivo por un lado, este sirve para mantener la protección a la cinta de petrolato en la cual mejora el aislamiento (Moscol, 2013)
- Cloruro de polivinilo 65%
- Resina de petróleo 20%
- Caucho natural 15%
- Espesor de la cinta 0,2 mm
- Ancho de la cinta 100 mm
- Longitud de la cinta 30 m
- Solubilidad en agua, insoluble
- Espesor 0.2 mm
- Resistencia a la tracción 38 N/cm
- Elongación 210%
- Resistencia al desprendimiento 5 N/cm
- Transmisión de vapor de agua 0,25 perms
- Resistencia dieléctrica 50 kV/mm

- Resistividad eléctrica  $10^2 \Omega\text{cm}$
- Temperatura de operación  $60^\circ\text{C}$

### ***3.1.5 Advanced pile encapsulation -APE (Sistema de encapsulamiento avanzado de pilotes)***

Es un proceso que consiste en la remoción de incrustaciones marinas o remoción de otros recubrimientos aplicados anteriormente, para luego poner la chaqueta reforzada con fibra de vidrio. Esto diseñado para mantener el equipo libre de factores externos provocando altos niveles de corrosión.

Chaqueta traslucida es elaborada en polímero con fibra de vidrio, siendo traslucida permitiendo un monitoreo desde la parte exterior, la camisa está formada por un laminado de polímero reforzado con fibra de vidrio de grado marino, además tiene una matriz de poliéster que establece los rayos UV.

La camisa exterior posee una resistencia y espesor adecuada para proporcionar fuerza y esfuerzos para el manejo de instalación e inyección.

Las chaquetas son fabricadas por secciones, cada una de las secciones tiene longitudes distintas para asegurar una resistencia y esfuerzo en la instalación este tiene propiedades de resistencia y dureza (Moscol, 2013)

- Resistencia máxima a tensión 15000 psi
- Resistencia al impacto IZOD 1066 J/m
- Dureza Barcol 35
- Absorción de agua 1%

*Grout epoxico* es diseñado mediante un método pluricomponente es colocado sobre y debajo del nivel del agua. Es versátil en las estructuras que sea necesario, la temperatura de curado es de  $13^\circ\text{C}$  cuenta con una vida de 12 meses como mínimo siempre y cuando sea almacenado en envases originales y bien cerrados y una temperatura de  $10^\circ\text{C}$  y  $49^\circ\text{C}$ .

Es elaborado por tres materiales que son la resina epoxica, endurecedor epóxico y dióxido de silicio en polvo. (Moscol, 2013)

Como compuestos y relación de mezcla tenemos

- resina epoxica: endurecedor epóxico 1:1 volumen
- resina epoxica: endurecedor epóxico con un bombero de 3.38:1 por peso
- Método pluricomponente ilimitado
- Después de la mezcla se tiene como bombeo de 1 hora a 25°C
- La viscosidad de la resina y del agente curado permite inyectarse sin causar una ruptura de la misma, la viscosidad permite que se llene por completo los espacios entre la camisa y el pilote

Las propiedades de físicas como mínimas de la lechada o mezcla de los compuestos son:

- Resistencia a la compresión 7 días 48.3 MPa o 2000 psi
- Resistencia a la tensión 7 días 13.8 MPa 2000 psi
- Contracción linear 14 días menos de 0.06%
- Resistencia a adherencia/ corte 7 días 150 psi
- Contracción 7 días 0.07 % máximo
- Absorción de agua 7 días 0.45% máximo
- Valores de resistencia mínima a la adhesión
- Lechada epóxico en superficie madera 50 psi
- Lechada epoxico en superficie acero 50 psi
- Lechada epoxica en superficie de concreto 50 psi

Pasta epoxica marina: es un compuesto para unir costuras de las chaquetas, la proporciones de la resina y el endurecedor son 1:1 en base de volumen, para el uso debajo del agua en caso de no poder retirar se recomienda mantener por 10 a 15 segundos una adhesión segura. (Moscol, 2013)

- Vida útil a 25 °C 15 minutos mínimo
- Resistencia a la compresión 7 dias 55MPa 8000 psi
- Resistencia 7 días 25 MPa 37000 psi
- Absorción de agua 7 días 0.5 %

### 3.1.6 Sistema Stopaq

*Stopaq subsea wrappingband* este es aplicado bajo el nivel del agua, es un compuesto no tóxico, viscoelástico, impermeable. Se adhiere fácilmente a superficies secas, concreto, PVC, esta cinta requiere una mínima preparación de la superficie que se va a poner, tiene una densidad de 1.3 – 1.4 g/cm<sup>3</sup> y la temperatura adecuada para la operación debe estar entre -20°C y 50°C. (Moscol, 2013)

*(Stopaq Wrappingband CZH)*: es un recubrimiento químico, inerte y amorfo, tiene una viscosidad constante dentro de la temperatura de -45°C y 70°C no es tóxico, tiene baja permeabilidad y resistente al agua consta de: (Moscol, 2013)

- espesor de 1.8mm y 2.22 mm
- densidad de 1.4-1.6 g/cm<sup>3</sup>
- resistencia eléctrica de  $10^8 \Omega \times m^2$
- elongación 100%
- permeabilidad 0.2 g/m<sup>2</sup>/ día
- absorción de agua 0.03% máximo

Yellow Outerwrap PVC cinta usada para ajustar zonas sobre el nivel de agua y zonas sumergidas dando protección mecánica (Moscol, 2013)

Outerglass Shield XT24): es una cinta de fibra de vidrio con resina de poliuretano que reacciona con agua fresca o salada, este se utiliza como una protección de capa sólida. Las propiedades de esta

- Espesor de 0.65 mm
- Empaque abierto 30 – 40 minutos a 25 °C
- Curado inicial 30 – 60 minutos a 25 °C
- Curado final 7 días a 25°C
- Resistencia de dureza 90 D
- Resistencia de tensión 321 MPa

### ***3.1.7 Sistema Riseclad***

Es una protección anticorrosiva que tiene la utilización de fibra de vidrio y resina epóxica adhesiva, esta chaqueta hace que la penetración de los rayos UV se dispersen y así disminuir el daño mecánico. (Moscol, 2013)

*Riserbond* adhesivo epóxico son polímeros epoxi y poliaminas alifáticas, las sustancias dependen de las condiciones de aplicación

- Vida de la mezcla 45 minutos a 25°C
- Tiempo exacto 1 hora
- Temperatura de aplicación 5°C a 45°C
- Temperatura de servicio 0°C a 93°C
- Resistencia a la compresión 7383 psi
- Resistencia a la flexión 4548 psi
- Punto de inflamación 93°C
- Absorción de agua 1%
- Resistencia a la temperatura 93°C

*Riserclad*: es un tipo de revestimiento de vidrio reforzado, se fabrica, mediante mandriles que representa el diámetro de la estructura, estos poseen resina, inhibidores de rayos UV, adicional adhesivo epóxico que proporciona más protección contra la corrosión, estas chaquetas son utilizadas como conductores de líneas de flujo, tuberías correspondientes y zonas de salpicadura, conta con propiedades físicas de: (Moscol, 2013)

- Resistencia a la temperatura 93°C
- Rendimiento a la tracción 12800 psi
- Rendimiento a la compresión 7000 psi
- Rendimiento a la flexión 6100 psi



Abrazaderas de compresión son estructuras de pinzas hechas en metal metal galvanizado, como objetivo fijar y ajustar la fibra de vidrio a la superficie (Moscol, 2013)

Espaciadores de neopreno son colocados en la superficie interior de la chaqueta cuyo objetivo es sostener el espesor uniforme en toda la chaqueta. (Moscol, 2013)

### **3.2 Matriz CONESA**

Se realizó la matriz Conesa como método analítico capaz de asignar la importancia (I) a cada impacto ambiental posible en la ejecución de un proyecto, obra o actividad específica. A continuación, se expone la explicación de estos conceptos:

Signo (+/ -) el signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.

Intensidad (i) este término se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en el que actúa. El rango estará comprendido entre 1 y 12, en el que 12 expresará una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto y el 1 una afección mínima.

Extensión (EX) se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del Proyecto dividido el porcentaje del área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto.

Momento (MO) el plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción ( $t_0$ ) y el comienzo del efecto ( $t_j$ ) sobre el factor del medio considerado.

Persistencia (PE) se refiere al tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras.

Reversibilidad (RV) se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el Proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que aquella deja de actuar sobre el medio.

Recuperabilidad (MC) se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del Proyecto, es decir la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctoras).

Sinergia (SI) este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. El componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea.

Acumulación (AC) este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.

Efecto (EF) este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción.

Periodicidad (PR) la periodicidad se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo).

Finalmente se presenta la matriz general evaluada en la aplicación de anticorrosivo para evitar oxidación de material metálico en plataformas offshore, un valor por debajo de 25 puntos en la importancia (I) se considera irrelevante, un valor  $25 \geq I < 50$  es moderado, donde, la afectación del mismo, no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas. Si esta entre  $50 \geq I < 75$  es severo, donde, la afectación de este, exige la recuperación de las condiciones del medio a través de medidas correctoras o protectoras. El tiempo de recuperación necesario es en un periodo prolongado. Si  $I \geq 75$  es crítico, en la cual, la afectación del mismo, es superior al umbral aceptable y se produce

una pérdida permanente de la calidad en las condiciones ambientales., por lo tanto, no hay posibilidad de recuperación alguna.

**Tabla 1**

Matriz CONESA

MATRIZ DE EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL				Criterios de evaluación													
PROCESOS	ASPI	FARI	IMPACTO	Naturaleza	Extensión	Persistencia	Sinergia	Efecto	Recuperabilidad	Intensidad	Momento	Reversibilidad	Acumulación	Periodicidad	Importancia	Calificación	
	ACCIONES	COMPONENTE AMBIENTAL															
USO DE ANTICORROSIVO EN PLATAFORMAS OFFSHORE	Transporte de los productos anticorrosivos	Agua	Cierta cantidad se diluye en el agua	-	4	2	4	4	4	8	2	2	4	4	38	Moderado	
		Aire	Generación de olores	-	4	2	4	4	4	4	8	2	2	4	4	38	Moderado
			Generación de gases efecto invernadero	-	4	2	4	4	4	4	8	4	2	4	4	40	Moderado
			Riesgo a la salud por contaminación externa	-	4	2	4	4	4	4	4	4	2	4	4	36	Moderado
	Recepción del producto anticorrosivo	Agua	Alteración de los parámetros fisicoquímicos del agua	-	4	4	4	4	4	4	8	4	4	4	4	44	Moderado
			Contaminación hídrica por aceites e hidrocarburos del automotor	-	4	4	4	4	4	4	8	4	4	4	4	44	Moderado
		Aire	Generación de olores y gases del automotor	-	4	2	2	4	4	4	8	4	2	4	4	38	Moderado
		Demográfico	Proliferación de vectores	-	4	2	4	4	4	4	8	4	2	4	4	40	Moderado
		Demográfico	Riesgo a la salud por contaminación o mal manejo de la recepción	-	4	2	4	4	4	4	8	4	2	4	4	40	Moderado
		Paisaje	Contaminación por residuos inorgánicos	-	4	2	4	4	4	4	8	4	4	4	4	42	Moderado
	Contaminación por residuos orgánicos		-	4	2	4	4	4	4	4	4	2	1	4	33	Moderado	
	Limpieza y arreglo de los productos	Agua	Alteración de los parámetros fisicoquímicos del agua por cargas	-	4	2	4	4	4	4	8	4	4	4	4	42	Moderado
		Aire	Generación de olores, gases, ruido y polvo por el manejo de los	-	4	2	4	4	4	4	2	4	2	4	4	34	Moderado
		Paisaje	Contaminación por residuos inorgánicos	-	4	2	4	4	4	4	8	4	4	4	4	42	Moderado
			Contaminación por residuos orgánicos	-	4	2	2	4	4	4	4	4	2	4	4	34	Moderado
	Aplicación anticorrosivos	Aire	Generación de partículas tóxicas por el manejo de los anticorrosivos	-	4	1	2	4	4	4	1	4	2	4	4	30	Moderado
			Generación de gases tóxicos	-	4	2	2	4	4	4	1	4	1	4	4	30	Moderado
		Paisaje	Contaminación por residuos inorgánicos	-	4	4	4	4	4	4	8	4	4	4	4	44	Moderado
Contaminación por residuos orgánicos			-	4	2	4	4	4	4	4	4	2	4	4	36	Moderado	
Demográfico		Generación contaminantes dispersados	-	4	2	4	4	4	4	4	4	2	4	4	36	Moderado	

**Nota:** se realizó la matriz donde calculamos los riesgos e impactos de los usos anticorrosivos

La valoración obtenida en la matriz de evaluación general se estableció como moderado donde el componente ambiental representativo de sufrir impacto fue el agua, aire y demográfico, en la generación de gases tóxicos que pueden infligen cambios en los procesos metabólicos de diversos organismos marinos y terrestres. Según la Occupational Safety and Health Administration (OSHA), organismo público de los Estados Unidos, el cromato de zinc, sustancia utilizada en las pinturas anticorrosivas más vendidas puede causar cáncer al pulmón, esófago, estómago, intestino y páncreas; además de irritación y ulceración de la piel. Por eso, países como EE.UU y toda la Unión Europea han restringido su uso.

La Unión General de Trabajadores de Castilla y León evidenciaron los riesgos potenciales que tiene las resinas epóxicas tanto en la piel, vías respiratorias y ojos; trayendo complicaciones de salud, aumentando las incidencias de cáncer, enfermedades cardio vasculares, obesidad y diabetes. La industria reconoce que las resinas epoxi son causas de la dermatitis de contacto por sensibilización de diferentes ámbitos laborales, está siendo una de las más presentes, pero también reportan otras como irritación en las vías respiratorias incluso asma por los vapores generados durante el proceso. (Unión General de Trabajadores de Castilla y León, 2020)

De igual forma, es importante destacar los posibles impactos que se pueden generar posteriormente al uso de la aplicación de anticorrosivos, ya que dichos recipientes vacíos deben ser almacenados y dispuestos adecuadamente en un relleno sanitario, el cual implica un gasto de combustible para el transporte desde la planta al relleno o entidad encargada de manejar los residuos de este tipo. Dichos procesos de transporte conllevan a estar en contacto con los vapores o fluidos que podrían escapar a otras instalaciones o hábitats por un manejo inadecuado, por otro lado, los gastos de equipamiento de seguridad como guantes y mascarillas especiales pueden generar posteriormente deben ser ubicados en un relleno cuando su vida útil se agote.

### 3.3 Plan De Manejo Ambiental

Para realizar el plan de manejo ambiental se observó la matriz y se seleccionó las condiciones y las problemáticas ambientales.

CONDICIÓN AMBIENTAL	PROBLEMÁTICA
DESEQUILIBRIO ASOCIADO AL USO DE LOS ANTICORROSIVOS	ACUMULACION DE SUSTANCIAS TANTO EN EL AIRE COMO EN EL MANTO MARINO, SUSTANCIAS QUE SON ACOMULATIVAS Y DE DIFÍCIL DESCOMPOSICION
ACIDIFICACIÓN DE LAS AGUAS MARINAS POR SUSTANCIAS DESCONOCIDAS EN EL AGUA	RIESGO A LOS ANIMALES MARINOS ENTRE ESTOS LOS MÁS AFECTADOS SON: CANGREJOS, LANGOSTAS, ALMEJAS, OSTRAS ENTRE OTRAS
AFECTACION DE LA VIDA MARINA	CONTAMINACION CAUSADA POR EL METALES PESADOS
EUTROFIZACIÓN	IMPACTOS NEGATIVOS DE LOS METALES PESADOS EN EL LECHO MARINO

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE ANTICORROSIVOS

### **3.4 Objetivos Para El Plan De Manejo Ambiental**

#### ***3.4.1 Objetivo plan ambiental cambio climático***

Mantener como empresas empleadoras de anticorrosivos una reducción de huella de carbono a través de varios métodos que se puedan emplear para disminuir el aumento de la temperatura global. Por ellos implementar acciones que permitan la disminución de emisiones de carbono, así convirtiéndose en un consumidor sostenible, generando transformaciones en el cambio climático.

#### ***3.4.2 objetivo del plan ambiental del agua***

Los proyectos de las empresas alrededor del mundo se han dirigido entorno a la gestión del agua, ayudando a garantizar el acceso de agua potable a todo el mundo como meta de este objetivo de desarrollo sostenible que se tiene un periodo hasta el 2030 por varios países de América Latina y el Caribe, por eso las empresas empleadoras de materiales anticorrosivos sobre el nivel del mar deben contribuir de una manera ambiental y sostenible los recursos hídricos, implementando proyectos que generen acciones en el clima, economía circular y agua.

#### ***3.4. Objetivo plan ambiental del ecosistema***

Con las acciones correctivas y preventivas se busca tener un efecto positivo sobre la biodiversidad y los ecosistemas, por eso se analiza la jerarquía para la mitigación dando una reducción a los impactos de la biodiversidad, generando así factores positivos en los ecosistemas y la biodiversidad para esto los pasos llevados a cabo para la mitigación de impacto ambiental son: I) Evitar. II) Minimizar III) resultados investigativos.

#### ***3.4.4 Objetivo plan ambiental del aire***

Para el mundo como empresas se debe aportar unos patrones que ayuden en la mitigación de la contaminación del aire así progresando en tener mejor calidad de vida, esto se busca alcanzar con el objetivo 15 de desarrollo sostenible que se tiene un periodo hasta el 2030 por varios países de América Latina y el Caribe, esto llevándose a cabo el lograr impulsar por medio de influencias los

niveles de calidad de aire, implementando auxilios al planeta por medio de actividades que ayuden a la conservación de un aire más limpio.

### **3.5 Plan De Manejo**

Se presenta este Plan de Manejo Ambiental para dar cumplimiento a las directrices y objetivos señalados en este proyecto.

#### ***3.5.1 Almacenamiento.***

Para el uso de los anticorrosivos se debe emplear acciones para un uso correcto como:

Guardar por separado las sustancias combustibles y reductoras, los oxidantes fuertes, las bases fuertes y los metales.

Conservar en un ambiente con buena ventilación que sea fresco y seco.

Evitar al máximo agentes externos, para esto los contenedores deben estar herméticos y no exceder el tiempo de almacenamiento después del primer uso (12 meses)

Evitar el contacto de estas sustancias anticorrosivas con materiales, como Cobre, Bronce, hierro galvanizado, Zinc, Estaño, Agentes Oxidantes, Materiales Combustibles (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial , 2003)

#### ***3.5.2 Uso de equipo de protección***

- El personal debe estar capacitado para el uso de EPP (Elementos de Protección Personal) como lo pueden ser ropa protectora impermeable, guantes en buen estado neopreno, caretas, máscaras de gases y otros materiales de protección dependiendo la actividad a realizar
- Se debe tener un espacio adecuado y provisto de instalaciones para un lavado de cuerpo completo en caso de emergencia, también un lavaojos cercano al área de trabajo.
- en caso de que la ropa se impregne de estas sustancias debe ser removida en ese instante, descontaminada antes de ser usada nuevamente o en caso contrario desechada. El agua



destinada para la descontaminación de dichos elementos, se le hará un tratamiento para su reutilización provisto de un sistema de calentamiento y un sistema de extracción de gases.

- la empresa debe dotar a sus empleados de gafas de seguridad donde estos desempeñen actividades con riesgo de salpicadura. (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial , 2003)

### **3.5.3 Procedimiento Para Derrames**

Siempre que existan derrames de sustancias anticorrosivas, se debe proceder de esta manera:

- Limitar el área del derrame
- En caso de derrame de las sustancias anticorrosivas en el entorno marítimo debe ser recuperado por un material con propiedades absorbentes, almacenados en contenedores herméticos para proseguir con su debida disposición final.
- La vía de eliminación más rápida en el agua de estas sustancias es la volatilización a la atmósfera, es decir, la evaporización del agua.
- Se presenta como alternativa de remediación la volatilización forzada *in situ* del contaminante esta posibilita la descontaminación del entorno marítimo mediante técnicas no destructivas, a pesar de que no existen descripciones detalladas del procedimiento. Debido a las condiciones singulares del emplazamiento de las plataformas y las propiedades características de las sustancias anticorrosivas
- Se crean condiciones propicias para que se den los fenómenos de desorción en las sustancias anticorrosivas presentes en el entorno marino, Se deben almacenar los vapores en un tanque de confinamiento, se cuenta con un sistema de calentamiento del agua y son impulsados hacia un sistema de depuración de gases. (Sánchez, Sierra, & Millan, 2013)

### **3.5.4 Consecuencias ambientales en entornos marítimos**

Al utilizar sustancias anticorrosivas en plataformas *offshore*, se producen escapes en pequeñas cantidades debido a su método de aplicación y en grandes cantidades en caso de fuga o derrames.

- Estos derrames tienen impactos en el agua y en su nicho ambiental, debido a la presencia de sustancias químicas nocivas que alteran el pH del agua, donde se espera tenga efecto directo en especies microbianas específicas.
- Estas sustancias químicas de las cuales están compuestos los anticorrosivos, son más densos que el agua y poco solubles; por lo tanto, al momento de un derramamiento de estas sustancias van a hundirse y estancarse en el fondo del mar impactando de manera indirecta el ecosistema.
- En diferentes estudios se ha encontrado la presencia de estas sustancias nocivas en diferentes especies (tabla 2) en que se evidencia su efecto es estos.

**Tabla 2**

*Ecotoxicidad en ambiente marino*

<i>Especies</i>	<b>Cantidad mínima</b>	<b>Tiempo</b>
<i>Peces</i>	21.4 mg/l	96 horas
<i>Algas</i>	10,5 mg/l	24 - 48 horas
<i>invertebrados</i>	3,5,g/l	48 horas

*Nota:* se presenta la ecotoxicidad en el ámbito marico, estudiando los mas expuestos

### **3.6 Actividades Correctivas Para Apoyar El Plan De Manejo Ambiental**

#### ***3.6.1 actividades correctivas plan ambiental cambio climático***

Se debe realizar una medición de la huella de carbono para detectar el nivel que se encuentra presente en el entorno para poder realizar un plan de acción correctivo específico.

El plan de acción correctivo se puede tomar como la compensación de la huella de carbono, tomando la determinación de estimular la reforestación y la separación de los residuos.

Concientización a los trabajadores, familiares y comunidad en general para la participación de manera asertiva al apoyo del cambio de actividades generando reducción de huellas de carbono.

(utilización de transporte público, compartir transporte, reducción de energía, cuidado de fuentes hídricas)

### ***3.6.2 actividades por el agua***

Primero se debe analizar que uso se le está dando al agua y observar que cantidades se está consumiendo de manera desproporcionada para tomar así acciones correctivas.

Limitar el uso de jabones, detergentes y sustancias químicas contaminantes, por ejemplo: ácidos, óxidos, hidróxidos y epóxidos.

### ***3.6.3 actividades para del ecosistema***

Estudiar cuales son las principales fuentes de contaminación ya sea por residuos generados o aguas negras desechadas

Poner en práctica el segundo uso de los materiales, separación de residuos y disponiendo de terceros para dar el uso a todos los desechos así no hacen parte de rellenos contaminantes.

Concientización a los trabajadores, familiares y comunidad en general para la participación de manera positiva con el apoyo del cambio de actividades como puede ser el reciclaje, separación de residuos y dejando a disposición de terceros estos residuos para dar un uso de vida más largo que lleguen a zona de relleno o contaminación.

### ***3.6.4 actividades por el aire***

- Calcular la cantidad de co2 y huella de carbono generada por la empresa
- Reducción de uso de energía no necesaria, implementando energías renovables en caso de plataformas uso de energía solar
- Implementación de actividades que generen reforestación.
- Concientización a los trabajadores, familiares y comunidad en general para la participación de siembra de árboles cerca al sector de contaminación para la limpieza de la atmosfera y la reducción del CO2 no solo de la empresa sino también de la población.

## BIBLIOGRAFÍA

- AMPP NACE Store. (2018). *AMPP*. Pitting corrosion. <https://www.nace.org/Pitting-Corrosion/>
- AMPP NACE Store. (2018). *AMPP*. Intergranular corrosion. <https://www.ampp.org/resources/impact/corrosion-basics/group-2/intergranular-corrosion>
- Anayansi Fong, I., & de Ruiz, A. (2000). *El petroleo y su proceso de refinacion*. Panamá: Universidad tecnologica de Panamá.
- Aperador, W., Ramirez, C., Martin, C., & Bautista ruiz, J. (2011). Sinergia entre la corrosión erosión del acero 1045 recubierto por multicapas de TiN/TiAlN. *Revista Mexicana de física*, 1-6.
- Asrar, N., MacKay, B., Birkertveit, O., Stipaničev, m., Jackson, J., Jenkins, A., . . . Vittonatto, J. (2016). *La corrosión: La lucha más extensa*. Estador Unidos.
- Avila, J., & genesca, J. (1983). Más allá de la herrumbre. *Fondo de cultura economica*.
- Baeckmann, V., & Richter, B. (1997). *Handbook of CATHODIC CORROSION PROTECTION*. Estados Unidos: Elsevier Science.
- Ballestas, M. (octubre de 2012). *Análisis de la protección contra la corrosión de estructura jacket*. <https://core.ac.uk/download/pdf/60425268.pdf>
- Balseca, D. (2012). *Diseño de un sistema de tratamiento químico para el control y monitoreo de la corrosión interna en las líneas de gas YPF-SPF*. Riobamba.
- Baxter, R., & Britton, J. (2021). *Protección Catódica Costa Fuera*. Obtenido de <https://www.cathodicprotection101.com/proteccion-catodica.htm>
- Camejo, J., Dominguez, J., & Marrero, R. (2018). *Apuntes sobre corrosión y protección contra la corrosión*. Cuba.
- Dasca Ibanca, i., & Morera Pros, M. (2014). *Diseño y calculo de una plataforma petrolifera en el mar del norte*. Cataluña: Facultad de nautica de Barcelona.
- ECOPETROL. (2021). *Norma para la Estrategia Ambiental*. Bogotá: ECOPETROL.
- European Aviation Safety Agency. (2018). *Safety Information Bulletin*. Europa: European Action Plan for the Prevention of Runway Excursions.
- Farias, I. G. (1994). *Corrosión*. Cataluña: Ingenieria de materiales.
- Fundación Global Nature. ( 2016). *La Jerarquía de Mitigación como buena práctica en la gestión empresarial de la biodiversidad*. España: CONAMA.

- Garcia , N., & Roca , J. (2003). introducción a las plataformas offshore. en n. garcia, & j. a. roca, *investigacion de los materiales de una plataforma offshore* (págs. 3 -10). Barcelona: Universitat politecnica de Catalunya.
- Garcia, S., Trueba, A., Vega, L. M., & Madariaga, E. (2018). «Ceramic coating solution for offshore structures». En *Progress in maritime technology and engineering* (pág. 6).
- Gil Villamer, P. L. (2015). *Plataformas petrolíferas y procesos para la extraccion del petroleo*. Tenerife: escuela politecnica superior de ingenieria.
- GOMEZ GUZMAN, N. B. (2018). *Evaluación de inhibidores de la corrosión derivados del bagazo de café para el acero X-70 en salmuera con CO2*. Cuernavaca: Universidad Autónoma del Estado de Morelos .
- Hudson, R. (2000). Coating for the Protection of Structural Steelwork. En *Natl. Phys. Lab. Dep. Trade Ind. UK* (págs. 1-16). Reino Unido.
- Imbert, C. A., Ragoonath , D., & Lewis, G. (s.f.).
- ISO. (1999). *Pinturas y barnices Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores-Parte 3: Consideraciones sobre el diseño*.
- ISO. (2005). *Proyección térmica. Recubrimientos metálicos y otros recubrimientos inorgánicos. Cinc, aluminio y sus aleaciones*. ISO.
- Lopez, N. (2020). *Estudio de las propiedades de los poli-líquidos iónicos a base de imidazolato como inhibidores de la corrosión del acero API 5LX52 en agua congénita*. Zaragoza: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Masi, G., Matteucci, F., Balbo , A., & Tacq, J. (2018). *State of the Art Study on Materials and Solutions against Corrosion in Offshore Structures North Sea Solutions for Innovation in Corrosion for Energy*. Nessie.
- Masy, G., Matteucci , F., Tacq, J., & Balbao, A. (2018). State of the Art Study. *NESSIE*, 93.
- Medina Rodríguez, J. C. (2014). *Criterios Metoceánicos para la operación de Risers en plataforma semisumergible de perforación en aguas profundas*. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México UNAM. .
- Medina, O., Ortiz Prado, A., Schouwenaars, R., & Armendariz, V. (2009). *Corrosión microbiológica en aceros de bajo carbono*. Ciudad de mexico.
- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial . (2003). *Guías para manejo seguro y gestion ambiental de 25 sustancias quimicas* . Bogotá: Republica de Colombia.

- Moscol, T. (2013). *Mejoras para la protección anticorrosiva en la zona splash de los pilotes en el muelle del Terminal Bayóvar*. Peru: Universidad de Piura.
- Nicolas, C. (2020). Universidad tecnologica de Bolivar. bolivar, colombia.
- Nitty Gritty. (2016). *Nitty Gritty*. Corrosion y erosión://www.nitty-gritty.it/corrosion-erosion/?lang=en.
- Oyewole, A., Feargal, B., & Athanasios, K. (2016). corrosion fatigue in offshore structures: Present status and challenges in the offshore wind sector. En K. Lawrenze L, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (págs. 141-154). Elsevier.
- Pelayo, L. (10 de 2018). *Escuela Tecnica Superior Nautica*. Marine **Corrosion** in Offshore Structures.<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/15457/Pelayo%20Ruiz%2C%20Laura.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Popoola, A., & Olorunniwo, o. (2014). Corrosion Resistance Through the Application of Anti-Corrosion Coatings. En *INTECH* (pág. Capitulo 12). Estados Unidos.
- Popov, B. N. (2015). *Corrosion Engineering: Principles and Solved Problems*. Elseiver.
- Rashidi, N., Alavi-Soltani, A., Seyed, R., & Asmatulu, R. (2007). Crevice corrosion theory, mechanisms and prevention methods. *Proceedings of the 3rd Annual GRASP Symposium, Wichita State University, 2007*, 215-216.
- Ruiz Hervias, J. (2002). *Corrosión-fatiga en aleaciones ligeras de Al-Zn-Mg*. Madrid: Universidad Complutense De Madrid.
- Salazar Jimenez, J. A. (2015). Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales. En J. A. Salazar Jimenez, *Ingeniería en Materiales, Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales* (págs. 127-136). Costa Rica: Ingeniería en Materiales, Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales.
- Sánchez, L., Sierra, M., & Millan, R. (2013). *Aplicabilidad de Técnicas de Volatilización Controlada de Mercurio en el Cerco Minero de Almadenejos*. Madrid: ministerio de economia y competitividad.
- Sandoval, H. (2017). *Estudio del inhibidor de corrosión para protección de líneas de procesamiento de hidrocarburos*. Mexico DF.
- Schlumberger. (2016). La corrosión: La lucha más extensa. En *Oilfield Review* (págs. 13-14). Estados Unidos de America.

Sedriks, J. (1996). *Corrosion of Stainless Steels*. the Electrochemical Society, Corrosion of Stainless Steels.

Unión General de Trabajadores de Castilla y León. (Enero de 2020). *Salud laboral, prevención de riesgos laborales* . <http://www.saludlaboral.ugtcyl.es/riesgos-en-la-manipulacion-de-resinas-epoxidas>

Villarica Viñes, J., Garcia, R., & Huerta, C. (2014). *Estudio de las soluciones de pintura en estructuras offshore para eólica y de las posibles nuevas variantes de protección superficial*. España.

Xiaoyan, W., Robert G, K., Jason , L., & Reed, M. (2011). Microfabrication of Crevice Corrosion Samples. En *Proceedings library archive* (pág. 31). masachusetts: MRS.