



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS  
FÍSICAS Y QUÍMICA



**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**TEMA:**

**DETERMINACIÓN DE LA DEPOSICIÓN DE IONES CLORUROS Y COMPORTAMIENTO DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN ATMOSFÉRICA DEL ACERO BAJO EN CARBONO EN LA LÍNEA COSTERA DE LA PARROQUIA CRUCITA FASE 3**

**AUTORES:**

BRIONES ZEVALLOS LUIS VICENTE

SOLÓRZANO CARRANZA OLGER ALEXANDER

**MODALIDAD:**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**TUTOR:**

ING. JUAN CARLOS GUERRA

**PORTOVIEJO-ECUADOR**

2023

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación se lo dedico a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza de poder culminar uno de mis grandes anhelos más deseados.

A mis padres Vicente Armando Briones Menéndez y Rosa Leonor Zevallos Bailón, gracias por creer siempre en mis condiciones para poder cumplir mis logros, por su apoyo incondicional, por su amor, trabajo y sacrificio durante todos estos años, gracias a ellos he podido llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy hoy en día. Además, es para mí un orgullo y el privilegio ser hijo de grandes y maravillosos padres.

A mi esposa Lic. Kerly Xiomara Intriago Zevallos por apoyarme incondicionalmente cuando más lo necesitaba para así poder culminar uno de mis grandes sueños gracias mi vida por tu ayuda y fortaleza.

A mis hermanos Vicente, Jahir, Gregorio por ser fuente de motivación y apoyo para así superarme cada día más, y demás familiares por estar siempre presentes, por el apoyo moral, que me han brindado a lo largo de esta etapa de mi vida.

**Briones Zevallos Luis Vicente**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación se lo dedico a mis padres Vicenta Alexandra Carranza Moreira y Olger Manuel Solórzano Delgado, por creer siempre en mí, por su apoyo incondicional, por su amor, trabajo y sacrificio durante todos estos años, gracias a ellos he podido llegar hasta aquí y enseñarme que de la mano de Dios todo es posible.

A mis hermanos Karen, Damaris y Alejandro por ser fuente de motivación e inspiración para superarme cada día y demás familiares por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me han brindado a lo largo de esta etapa de la vida.

**Olger Alexander Solórzano Carranza**

## **AGRADECIMIENTO**

Primero, el agradecimiento a Dios y a nuestras familias por el apoyo hasta esta etapa de nuestras vidas y permitirnos estar aquí.

A la Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, en especial a la escuela de Ingeniería Civil y sus distinguidos catedráticos.

Finalmente queremos expresar nuestro más grande y sincero agradecimiento al Ing. Juan Carlos Guerra Mera, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

**Briones Zevallos Luis Vicente**

**Olger Alexander Solórzano Carranza**

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**CERTIFICADO DEL TUTOR**

Quien suscribe el presente señor Ing. Mg Juan Carlos Guerra Mera, Docente de la Universidad Técnica de Manabí, de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas; en mi calidad de tutor de titulación " **DETERMINACIÓN DE LA DEPOSICIÓN DE IONES CLORUROS Y COMPORTAMIENTO DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN ATMOSFÉRICA DEL ACERO BAJO EN CARBONO EN LA LÍNEA COSTERA DE LA PARROQUIA CRUCITA FASE 3**" desarrollada por los profesionistas: Briones Zevallos Luis Vicente y Solórzano Carranza Olger Alexander; en este contexto, tengo a bien extender la presente certificación en base a lo determinado en el Art. 9 del Instructivo de la Unidad de Integración Curricular aprobado el 29-04-2022, por el HCD de Facultad. habiendo cumplido con los siguientes procesos:

1. Se verificó que el trabajo desarrollado por las profesionistas cumple con el diseño metodológico y rigor científico según la modalidad de titulación aprobada.
2. Se asesoró oportunamente a los estudiantes en el desarrollo del trabajo de titulación.
3. Se confirmó la originalidad del trabajo de titulación.

Cabe mencionar que durante el desarrollo del trabajo de titulación las profesionistas pusieron mucho interés en el desarrollo de cada una de las actividades de acuerdo al cronograma trazado.

Particular que certifico para los fines pertinentes.

Portoviejo 11 de febrero de 2022



Ing. Juan Carlos Guerra Mera

## DECLARACIÓN SOBRE DERECHOS DE AUTOR



### UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

## DECLARACIÓN SOBRE DERECHOS DE AUTOR

Quienes firmamos la presente, **Briones Zevallos Luis Vicente** con cédula No. **131308648-8** y **Solorzano Carranza Olger Alexander** con cédula No. **131335963-8**, en calidadde autores del trabajo de titulación realizado sobre “DETERMINACIÓN DE LA DEPOSICIÓN DE IONES CLORUROS Y COMPORTAMIENTO DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN ATMOSFÉRICA DEL ACERO BAJO EN CARBONO EN LA LÍNEA COSTERA DE LA PARROQUIA CRUCITA FASE 3”, declaramos que:

El presente trabajo de titulación ha sido desarrollado en base a una exhaustiva investigación, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía, en consecuencia este trabajo de titulación es fruto de esfuerzo, entrega y dedicación de los autores, por la presente se autoriza a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ, hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen o de parte de los que contienen este proyecto, con fines estrictamente académicos o de investigación. Los derechos que como autores nos corresponden, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a nuestro favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6 ,8 ,19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento. Así mismo las conclusiones y recomendaciones constantes en este texto, son criterios netamente personales y asumimos con responsabilidad la descripción de las mismas

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Luis Briones'.

Briones Zevallos Luis Vicente  
AUTOR

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Olger Solorzano C'.

Solorzano Carranza Olger Alexander  
AUTOR

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	I
DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	IV
DECLARACIÓN SOBRE DERECHOS DE AUTOR .....	V
ÍNDICE DE TABLAS .....	VIII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	IX
ÍNDICE DE GRÁFICAS .....	X
RESUMEN .....	1
SUMMARY .....	2
CAPÍTULO I .....	3
1. TEMA .....	3
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
2.1. Descripción de la realidad de la problemática .....	3
3. ANTECEDENTES .....	4
4. JUSTIFICACIÓN .....	4
5. OBJETIVOS .....	5
5.1. Objetivo general .....	5
5.2. Objetivos específicos .....	5
CAPÍTULO II .....	6
6. MARCO TEÓRICO .....	6
6.1. Corrosión .....	6
6.2. Clasificación de los procesos de corrosión .....	6
6.3. Deposición de Iones cloruros .....	7
6.4. La corrosión atmosférica .....	8
6.5. Clasificación de la corrosión atmosférica .....	9
6.6. Atmósfera marina .....	11
6.7. Corrosión del acero en función de la contaminación .....	11
6.8. Acero de refuerzo .....	12
6.9. Acero al carbono .....	12
6.10. Aceros de bajo contenido de carbono .....	13
6.11. Aceros de medio contenido de carbono .....	13
6.12. Aceros de alto contenido al carbono .....	13

6.13.	Línea costera .....	13
6.14.	Protección de la línea costera.....	16
6.15.	Hormigón armado .....	17
6.16.	Técnicas aplicadas para la determinación de las categorías de corrosividad .....	27
7.	DESARROLLO METODOLÓGICO .....	29
7.1.	Hipótesis .....	29
7.2.	Variables.....	29
7.3.	Método de investigación.....	32
7.4.	Técnicas de investigación.....	32
7.5.	Definición y selección de muestra.....	32
7.6.	MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS .....	32
8.	MARCO CONTEXTUAL REGIONAL.....	34
8.1.	Línea costera del Ecuador.....	34
8.2.	Temperatura superficial del mar.....	34
8.3.	Marco contextual local. ....	35
8.4.	Temperatura.....	36
CAPÍTULO IV .....		37
9.	RECOLECCIÓN DE DATOS .....	37
9.1.	Deposición de iones cloruros.....	37
9.2.	Determinación de la velocidad de corrosión de aceros al carbono.....	40
9.3.	Factores que influyen en la deposición de iones cloruros y velocidad de corrosión. ....	46
10.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	59
10.2.	Ubicación de los soportes de madera.....	72
10.3.	Conclusiones.....	73
10.4.	Recomendaciones .....	73
10.5.	Presupuesto .....	74
11.	CRONOGRAMA.....	75
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	76
13.	ANEXOS.....	80



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categorías de corrosividad de la atmósfera .....	9
Tabla 2. Tasas de corrosión, para el primer año de exposición en las diferentes categorías de corrosividad.....	10
Tabla 3. Variable dependiente: Velocidad de corrosión .....	30
Tabla 4. Variable independiente: Deposición de iones cloruros.....	31
Tabla 5. Cálculos del noveno mes deposición de iones cloruros.....	38
Tabla 6. Cálculos del décimo mes deposición de iones cloruros.....	38
Tabla 7. Cálculos del décimo primer mes deposición de iones cloruros .....	39
Tabla 8. Cálculos del décimo segundo mes deposición de iones cloruros.....	39
Tabla 9. Muestras mensuales - marzo 2022 velocidad de corrosión.....	41
Tabla 10. Muestras mensuales - abril 2022 velocidad de corrosión. ....	42
Tabla 11. Muestras mensuales – mayo 2022 velocidad de corrosión.....	43
Tabla 12. Muestras mensuales - junio 2022 velocidad de corrosión .....	44
Tabla 13. Muestras novestrales – velocidad de corrosión. ....	45
Tabla 14. Muestras anuales – velocidad de corrosión.....	46
Tabla 15. Temperaturas extremas 7 marzo- 6 abril 2022.....	47
Tabla 16. Temperaturas extremas 7 abril – 9 mayo 2022 .....	48
Tabla 17. Temperaturas extremas 10 mayo – 6 junio 2022.....	49
Tabla 18. Temperaturas extremas 7 junio – 6 julio 2022.....	50
Tabla 19. Humedad relativa 7 marzo -6 abril 2022 .....	51
Tabla 20. Humedad relativa 7 abril – 9 mayo 2022.....	52
Tabla 21. Humedad relativa 10 mayo – 6 junio 2022.....	53
Tabla 22. Humedad relativa 7 junio – 6 julio 2022.....	54
Tabla 23. Velocidad del viento 7 marzo -6 abril 2022.....	55
Tabla 24. Velocidad del viento 7 abril – 9 mayo 2022 .....	56
Tabla 25. Velocidad del viento 10 mayo – 6 junio 2022.....	57
Tabla 26. Velocidad del viento 7 junio – 6 julio 2022.....	58
Tabla 27. Resultados de deposición de iones cloruros fase 3 $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ .....	59
Tabla 28. Resultados mensuales anuales de estudio de deposición de iones cloruros $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ..	60
Tabla 29. Resultados mensuales sobre velocidad de corrosión fase 3.....	63
Tabla 30. Resultados mensuales del año de estudios de velocidad de corrosión $\text{gr}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ .....	64
Tabla 31. Resultados trimestrales velocidad de corrosión .....	67
Tabla 32. Resultados semestrales velocidad de corrosión .....	68
Tabla 33. Resultados novestrales velocidad de corrosión.....	69
Tabla 34. Resultados anuales velocidad de corrosión.....	70
Tabla 35. Promedios de resultados máx. y min. (tp, hr y v) .....	71
Tabla 36. Coordenadas de la ubicación de los sitios de exposición.....	72
Tabla 37. Presupuesto. ....	74
Tabla 38. Cronograma de actividades.....	75

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ataque localizado ocasionado por cloruros sobre superficie de una armadura .....	8
Ilustración 2. Evolución de las costas rocosas .....	14
Ilustración 3. Estados morfodinámicos de las playas.....	15
Ilustración 4. Hormigón armado .....	17
Ilustración 5. Diagrama de flujo del proceso de mantenimiento preventivo de acero estructural.	22
Ilustración 6. Sistema de protección catódica .....	24
Ilustración 7. Placas de acero al carbono sumergidas en ácido clorhídrico .....	28
Ilustración 8. Aproximación de la morfología costera.....	34
Ilustración 9. Mapa de ubicación de Crucita.....	35
Ilustración 10. Ubicación de los sitios de exposición .....	72

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Curvas mensuales de deposición de iones cloruros fase 3 .....	59
Gráfica 2. Curvas del primer semestre de estudio deposición de iones cloruros .....	61
Gráfica 3. Curvas segundo semestre de estudio deposición de iones cloruros .....	62
Gráfica 4. Curvas de velocidad de corrosión mensuales fase 3 .....	63
Gráfica 5. Curvas segundo semestre de estudio de la velocidad de corrosión.....	65
Gráfica 6. Curvas segundo semestre de estudio de la velocidad de corrosión.....	66
Gráfica 7. Curvas de velocidad de corrosión trimestral .....	67
Gráfica 8. Curvas de velocidad de corrosión semestral .....	68
Gráfica 9. Curvas de velocidad de corrosión novestral.....	69
Gráfica 10. Curvas de velocidad de corrosión anual .....	70
Gráfica 11. Curvas de los factores en la deposición iones cloruros y velocidad de corrosión.....	71

## RESUMEN

Uno de los principales impactos ocasionados por el deterioro agresivo de las estructuras metálicas y de hormigón armado son los agentes atmosféricos corrosivos, nos dan una representación de la alta contaminación que existe en la parroquia Crucita del cantón Portoviejo.

Es por este motivo que se debe considerar los principales factores que influyen y afectan a las estructuras como son; temperatura, humedad relativa y velocidad del viento. Esta es la última fase del primer estudio anual realizado en la parroquia Crucita, cantón Portoviejo, en la que se pudo determinar que existe un alto nivel de agresividad corrosiva por la presencia de una atmósfera costera.

Para poder desarrollar este estudio se utilizó seis soportes de madera, el cual fueron construidos por los tesisistas de la fase 1, los soportes estaban constituidos al inicio por 15 placas de acero, en el transcurso de la investigación quedaron para el desarrollo de la fase 3 con 9 placas de acero al carbono donde nos ayudan a identificar como el ambiente marino afecta las propiedades físicas es decir nos permite mostrar el desgaste en las placas a causa de la oxidación y corrosión provocada por el aerosol marino.

Los captadores de la tela antiséptica fueron ubicado tres paños en cada soporte de madera, obteniendo los resultados de la deposición de iones cloruro mensuales que existe en cada sitio de exposición, estos elementos brindaron la información de la primera y segunda fase, se tomaron los datos de forma mensuales a cada uno de los captadores donde la fase 3 es la culminación del proyecto planificado a un año de estudio.

En la presente investigación se determinó la agresividad corrosiva de la atmosfera en la parroquia Crucita se encuentra en la categoría C5 (alta y muy alta) se evidenció que existe un alto grado de deposición de iones cloruros siendo abril el mes con mayor agresividad considerando los valores obtenidos en el año de estudio.

## SUMMARY

One of the main impacts caused by the aggressive deterioration of metallic and reinforced concrete structures are the corrosive atmospheric agents, which give us a representation of the high contamination that exists in the Crucita parish of the Portoviejo canton.

It is for this reason that we must consider the main agents that influence and affect the structures, such as temperature, relative humidity and wind speed. This is the last phase of the first annual study carried out in the Crucita parish, Portoviejo canton, in which it was determined that there is a high level of corrosive aggressiveness due to the presence of a coastal atmosphere.

In order to develop this study we used six wooden supports, which were built by the thesis students of phase 1, the supports were constituted at the beginning by 15 steel plates, in the course of the research were left for the development of phase 3 with 9 carbon steel plates which help us to identify how the marine environment affects the physical properties, i.e. allows us to show the wear on the plates due to oxidation and corrosion caused by the sea air.

The antiseptic fabric sensors were located three cloths for each wooden support, built previously, obtaining the results of the monthly deposition of chloride ions that exists in each exposure zone, these elements provided the information of the first and second phase of the work, the data were taken monthly to each one of the sensors where phase 3 is the culmination of the project planned for 1 year of study.

In the present investigation it was determined that the corrosive aggressiveness of the atmosphere in the Crucita parish is in the C5 category. It was also evidenced that there is a high degree of exposure of chloride ions, April being the month with the highest aggressiveness considering the values obtained in the year of study.

## CAPÍTULO I

### 1. TEMA:

Determinación de la deposición de iones cloruros y comportamiento de la velocidad de corrosión atmosférica del acero bajo en carbono en la línea costera de la parroquia Crucita fase 3.

### 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 2.1. Descripción de la realidad de la problemática

Ante algunas investigaciones de estudios en zonas costeras de Manabí y el Ecuador para determinar la velocidad de corrosión atmosférica y deposición de iones cloruros, es aún escaso establecer el grado de agresividad que sufren las estructuras.

El perfil costero del Ecuador consta de 640 km de extensión de playa colindante con el océano pacífico, de los cuales 350 km corresponden a la provincia de Manabí, siendo la parroquia Crucita el sitio de estudio de esta investigación en el noroeste de la provincia, la cual cuenta con una población de 14.050 habitantes (censo 2020). Esta parroquia posee un gran número de estructura de hormigón armado y metálica las mismas que son afectadas, se necesitará de un estudio de agresividad corrosiva atmosférica en un ambiente marítimo para la protección y así prolongar la vida útil de estructuras afectadas por este fenómeno de la corrosión.

#### 2.1.1. Formulación del Problema

¿De qué manera se pueden ver afectadas las estructuras de hormigón armado en relación a la velocidad de corrosión atmosférica debido a la presencia de deposición de iones cloruros en la línea costera de la parroquia Crucita, cantón Portoviejo?

#### 2.1.2. Espacial

El desarrollo de la investigación se realizó en la parroquia Crucita del cantón Portoviejo, en la línea costera cuya distancia aproximada es de 3 km.

#### 2.1.3. Temporal

Para el progreso de este proyecto se consideró la información existente y la realización de las muestras que se obtuvo en la fase 3 durante el periodo marzo – junio 2022, donde los resultados obtenidos de esta investigación están representados dentro del cronograma.

### 3. ANTECEDENTES

Diferentes casos de estudios sobre agresividad se han desarrollado en diversas partes de zonas costeras de Barranquilla en donde se puede determinar el grado de deterioro obtenido, según la ecuación de Brooks, mostró un resultado de 7,7 lo cual significa que los materiales metálicos expuestos en dicha zona tienden a tener un grado de deterioro alto, ubicando a las instalaciones de la Universidad de la Costa en una zona de alto riesgo por corrosión, y así mismo, están expuestas a condiciones atmosféricas que aceleran el proceso de corrosión de dichos materiales. (Romero Samper & Fuentes Gutierrez, 2019)

En la provincia de Manabí encontramos varios antecedentes de estudio en el cantón de Puerto López se determinó una deposición de iones cloruros máxima, de 270,69 mg/m<sup>2</sup>. d ; en el mes de enero de 2017 y se obtuvo una mayor pérdida de peso de 299,78 mg/m<sup>2</sup>.d (Basurto & Vélez, 2017).

En torno a este tema, el estudio realizado entre Bahía de Caráquez y San Vicente de la provincia de Manabí se determinó una concentración de iones cloruros máxima de 282,57 mg/m<sup>2</sup>. d en el mes de enero de 2017 (Briones & Cevallos, 2017).

Tal como lo señalan algunos autores:

La mayor incertidumbre que presenta la corrosión metálica ocasionados por el progresivo deterioro del medio ambiente son las composiciones químicas ya que es uno de los factores que determinan primariamente la intensidad de este fenómeno; componentes como el dióxido de azufre(SO<sub>2</sub>) y el cloruro de sodio (NaCl) son los agentes corrosivos más comunes de la atmósfera. Por su parte el (NaCl) se incorpora a la atmósfera desde el mar. (Salas, Guerrero, Torres, Palacios, & Castiblanco, 2016)

### 4. JUSTIFICACIÓN

Shewetzer (2010), citado por Viña, Castañeda, & Clemente, (2021) escribió: El fenómeno de la corrosión atmosférica, es el ataque electrónico que sufren los materiales metálicos expuestos a la atmósfera de forma directa e indirecta, provocando su deterioro de manera considerable. (p.122)

La necesidad de estudiar el comportamiento frente a la deposición de iones cloruros y velocidad de corrosión en estas diferentes condiciones constituye el planteamiento de este proyecto. El hormigón es afectado y a su vez penetrado por los iones cloruros debido a la propia naturaleza de material compuesto constituido principalmente por una fase sólida formada por

áridos, los cuales están envueltos en matrices porosas como la pasta de cemento, formando al reaccionar el agua y el cemento.

La corrosión representa muchas pérdidas, tanto directas como indirectas, no solo representa pérdidas económicas, sino también humanas, debido que, por el contenido de estos iones en este tipo de atmósfera, es muy común encontrar estructuras, equipos e instalaciones que pierden sus propiedades mecánicas y/o estructurales.

Debido a la carencia de estudios que relacionan la deposición de iones cloruros con la corrosión atmosférica en la parroquia de Crucita, surge la iniciativa de determinar sus respectivos valores en el sitio de estudio y de acuerdo a esto poder determinar diagnósticos que nos permitan dar soluciones antes de la construcción de cualquier edificación.

Esta investigación que corresponde a la fase 3 ayudo proporcionando un mejor entendimiento del fenómeno de la corrosión atmosférica sobre las edificaciones que presentan los sectores costeros, y en este caso la parroquia de Crucita, y con este proyecto se puede sugerir y establecer pautas como también ideas para el mantenimiento efectivo a las diferentes edificaciones, así como en ciertos sectores costeros de la provincia.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo general**

Determinar la deposición de iones cloruros para el estudio del comportamiento de la velocidad de corrosión atmosférica del acero bajo en carbono en la línea costera de la parroquia Crucita del cantón Portoviejo, fase 3.

### **5.2. Objetivos específicos**

- Comprender el comportamiento de la deposición de iones cloruros en el tiempo de exposición en diferentes captadores de la línea costera.
- Analizar el comportamiento de la velocidad de corrosión en el tiempo de la exposición en diferentes sitios.
- Determinar los factores que influyen en la deposición de iones cloruros y velocidad de corrosión en los sitios de exposición.
- Evaluar los niveles de agresividad corrosiva de la atmósfera en el sitio de estudio.



## CAPÍTULO II

### 6. MARCO TEÓRICO

#### 6.1. Corrosión

Según (Nieto Palomo, 2021) La corrosión es el fenómeno de ataque o destrucción de un material metálico, por la acción del medio en que se encuentre (agua, atmósfera, tierra). Este proceso se realiza mediante reacciones químicas y electroquímicas.

Así pues, la corrosión es la combinación del material metálico con un elemento o elementos del medio circundante, pasando de su estado elemental puro a un estado combinado, cómo se encuentran en la naturaleza. (pág. 251) “La corrosión es la unión del material metálico con un elemento o elementos del medio circundante, con la transición de su estado elemental puro a un estado combinado, como ocurre en la naturaleza”.

#### 6.2. Clasificación de los procesos de corrosión

El procedimiento de corrosión puede clasificarse de la siguiente manera:

- **Corrosión directa:** La corrosión directa aparece cuando el metal está en contacto con el oxígeno en ambiente seco. (Parrales, y otros, 2018)
- **Corrosión electroquímica:** En ella pueden tener lugar procesos electroquímicos con el paso de una corriente eléctrica. Si la celda electroquímica produce energía eléctrica, causada por el consumo de energía química, se dice que tenemos una celda galvánica o pila. Si, en cambio, la celda electroquímica consume corriente de una fuente de corriente externa, almacenando como consecuencia energía química, se dice que tenemos una celda electrolítica. Algunas celdas galvánicas reciben nombres especiales. Una celda de corrosión es una celda o pila galvánica en la cual las reacciones electroquímicas que tienen lugar conducen a la corrosión. Una celda de corrosión de dimensiones muy pequeñas (por ejemplo  $< 0.1$  mm) se conoce como celda de acción localizada o microcelda galvánica. Las celdas locales o micropilas se dan, por ejemplo, en aleaciones multifásicas o en metales con recubrimientos que presentan buena conductividad eléctrica o en inclusiones de óxidos, sulfuros, carbón, etc. La acción de estas celdas a menudo conduce a un ataque localizado, tal como picaduras o corrosión bajo tensión. (Aguilar Alvarez, Rubio Luna , & Gerson , 2021)

### **6.3. Deposición de Iones cloruros**

El hormigón es uno de los materiales más utilizados para la construcción y es evidente su resistencia y durabilidad, pero de igual forma es uno de los más afectados por la emisión de estos iones al ambiente. El hormigón es penetrado por los iones cloruros debido a su propia naturaleza de material compuesto constituido principalmente por una fase sólida, formada por áridos envueltos en una matriz porosa (pasta de cemento) que se forma al reaccionar el agua y el cemento. Así, la porosidad del hormigón se puede definir por la suma de los poros de gel, que son de pequeñísimas dimensiones y sin importancia para la corrosión, vacíos originados por el aire atrapado, que en general se evitan con una buena compactación; y los poros capilares, que se forman al evaporarse el agua.

Los cloruros son sales que resultan de la combinación del gas cloro (ion negativo) con un metal (ion positivo), como el cloro (Cl) ligado con el sodio (Na), lo que resulta en la tan conocida sal (Na Cl). El ion cloruro es uno de los iones inorgánicos encontrados en aguas naturales. (Bueno Risco, Velásquez Labrada, & Gagner Gordon, 2021)

#### **6.3.1. Corrosión ocasionada por acción de cloruros**

Los cloruros pueden afectar al hormigón tanto desde el interior de la masa como desde el exterior. Un factor probable, es la es la incorporación de cloruro cálcico como aditivo

Para acelerar el proceso de fraguado. Si los cloruros proceden desde el exterior, el recubrimiento poseerá una función protectora preponderante. En el caso de que el hormigón no esté fisurado, los cloruros libres son los únicos capaces de producir el ataque.

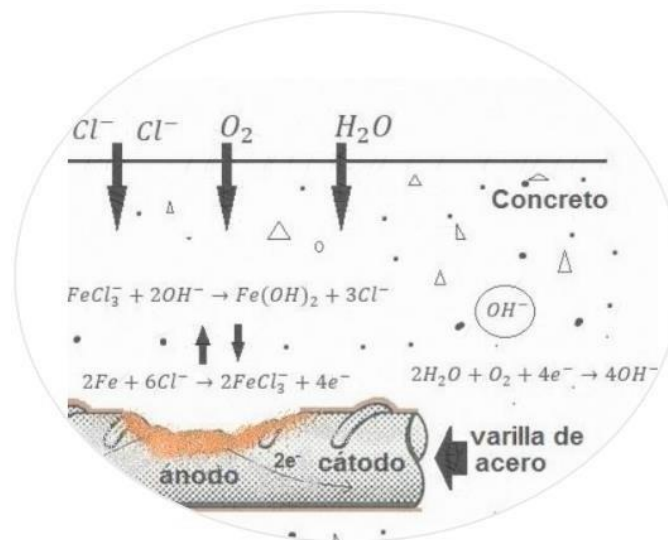
En el caso de la corrosión por cloruro, se generan picaduras, ya que la capa pasiva se disuelve únicamente en pequeñas zonas, de tal manera que coexiste pequeñas zonas anódicas y grandes áreas catódicas, provocando reducciones sustanciales de secciones de armaduras. Además, los iones cloruros actuaran como un catalizador en el orificio de la picadura y aceleraran la disolución del hierro al actuar anódicamente (Orler & Donini, 2016).

#### **6.3.2. Ataques de cloruro y su incidencia en el hormigón**

La durabilidad del hormigón armado en ambiente marino resulta dependiente de la resistencia del hormigón de recubrimiento al ingreso de cloruro. El ingreso de cloruro en el hormigón conduce a la despasivación localizada de armaduras. Cuando se alcanza un contenido suficiente de cloruro, contenido umbral, se produce la rotura localizada de la capa pasiva, tal como se puede apreciar en la ilustración 1. Entonces, la entrada de cloruro

en el hormigón define la duración del período de iniciación para la corrosión del acero de refuerzo. Sin embargo, parte del cloruro que ingresa en el hormigón puede ser retenido en la matriz de cemento y participar en el proceso de despasivación. Esto es de gran importancia, ya que solo los cloruros libres pueden continuar penetrando en el hormigón y es el cloruro libre el que potencialmente causa la ruptura de la capa pasiva. El ingreso de cloruro en hormigón es un tema de amplia importancia para la durabilidad del hormigón armado en ambiente marino y por lo tanto debe ser controlado. (Villagrán Zaccardi, Zega, & Pico, 2019)

**Ilustración 1. Ataque localizado ocasionado por cloruros sobre superficie de una armadura**



Fuente: (Rivera, 2022)

#### 6.4. La corrosión atmosférica

La corrosión atmosférica es la causa más frecuente de la destrucción de metales y aleaciones. La contaminación atmosférica, bien sea de origen natural (p. ej. el aerosol marino) o antropogénico (p. ej. el SO<sub>2</sub>) acelera el proceso de corrosión atmosférica.

La corrosión atmosférica en regiones costeras es un tema particularmente relevante debido a su gran trascendencia para la sociedad. Aproximadamente la mitad de la población mundial vive en regiones costeras y la industrialización de países desarrollados tiende a concentrar las plantas de producción próximas a la costa. (González, 2018, pág. 25)

La corrosión atmosférica es una de las causas comunes del deterioro de los metales, debido a diferentes factores naturales y más aún si se encuentra dentro de la zona costera.

### 6.5. Clasificación de la corrosión atmosférica

La corrosividad de la atmósfera se divide en seis categorías (Tabla 1).

*Tabla 1. Categorías de corrosividad de la atmósfera.*

Categoría de Corrosión	Tipo de Ambiente	
	Exterior	Interior
C1 – Muy bajo	-	Edificios con calefacción y atmósferas limpias
C2 – Baja	Atmósferas con bajos niveles de contaminación, área rural.	Edificios sin calefacción con posibles condensaciones.
C3 – Media	Atmósferas urbanas e industrial, con moderada contaminación de SO <sub>2</sub> , áreas costeras con baja salinidad	Naves de fabricación con elevada humedad y con alguna contaminación.
C4 – Alta	Áreas industriales y áreas costeras con moderada salinidad.	Industrias químicas y piscinas.
C5 – Muy alta (industrial)	Áreas industriales con elevada humedad con atmósfera agresiva.	Edificios o áreas con condensaciones casi permanentes y contaminación elevada
CX Extrema (marítima)	Área costeras y marítimas con elevada salinidad.	Edificio con áreas con condensaciones permanentes y contaminaciones elevada

**Fuente:** (Galbarro, 2018)

**Elaboración:** Luis Briones y Olger Solórzano

#### 6.5.1. Determinación de las categorías de corrosividad para las mediciones de la velocidad de corrosión en placas metálicas.

En la tabla 2 se presentan los valores numéricos correspondientes a la velocidad de corrosión del primer año de exposición como el acero, zinc, cobre y aluminio.

**Tabla 2. Tasas de corrosión, para el primer año de exposición en las diferentes categorías de corrosividad.**

Categoría de corrosividad	Tasa de corrosión de los metales				
	Unidad	Acero carbono	Zinc	Cobre	Aluminio
C1	g/(m <sup>2</sup> .a)	$r_{corr} \leq 10$	$r_{corr} \leq 0,7$	$r_{corr} \leq 0,9$	Despreciable
	μ m/a	$r_{corr} \leq 1,3$	$r_{corr} \leq 0,1$	$r_{corr} \leq 0,1$	-----
C2	g/(m <sup>2</sup> .a)	$10 < r_{corr} \leq 200$	$0,7 < r_{corr} \leq 5$	$0,9 < r_{corr} \leq 5$	$r_{corr} \leq 0,6$
	μ m/a	$1,3 < r_{corr} \leq 25$	$0,1 < r_{corr} \leq 0,7$	$0,1 < r_{corr} \leq 0,6$	-----
C3	g/(m <sup>2</sup> .a)	$200 < r_{corr} \leq 400$	$5 < r_{corr} \leq 15$	$5 < r_{corr} \leq 12$	$0,6 < r_{corr} \leq 2$
	μ m/a	$25 < r_{corr} \leq 50$	$0,7 < r_{corr} \leq 2,1$	$0,6 < r_{corr} \leq 1,3$	-----
C4	g/(m <sup>2</sup> .a)	$400 < r_{corr} \leq 650$	$15 < r_{corr} \leq 30$	$12 < r_{corr} \leq 25$	$2 < r_{corr} \leq 5$
	μ m/a	$50 < r_{corr} \leq 80$	$2,1 < r_{corr} \leq 4,2$	$1,3 < r_{corr} \leq 2,8$	-----
C5	g/(m <sup>2</sup> .a)	$650 < r_{corr} \leq 1500$	$30 < r_{corr} \leq 60$	$25 < r_{corr} \leq 50$	$5 < r_{corr} \leq 10$
	μ m/a	$80 < r_{corr} \leq 200$	$4,2 < r_{corr} \leq 8,4$	$2,8 < r_{corr} \leq 5,6$	-----
CX	g/(m <sup>2</sup> .a)	$1500 < r_{corr} \leq 5500$	$60 < r_{corr} \leq 180$	$50 < r_{corr} \leq 90$	$r_{corr} > 10$
	μ m/a	$200 < r_{corr} \leq 700$	$8,4 < r_{corr} \leq 25$	$5,6 < r_{corr} \leq 10$	-----

**Fuente:** (Standar, 2018)

**Elaboración:** Luis Briones y Olger Solórzano

- El criterio de clasificación se basa en los métodos de determinación de las tasas de corrosión de los especímenes estándar para la evaluación de la corrosividad (véase ISO 9226).
- Las tasas de corrosión, expresadas en gramos por metro cuadrado y año [ $\text{g} / \text{m}^2 \cdot \text{a}$ ], se recalculan en micrómetros por año ( $\mu\text{m} / \text{a}$ ) y redondeadas.
- Los materiales metálicos estándar se caracterizan por la norma ISO 9223.
- El aluminio experimenta una corrosión uniforme y localizada. Los índices de corrosión mostrados en esta tabla se calculan como una corrosión uniforme. La profundidad máxima del hoyo o el número de hoyos puede ser un mejor indicador del daño potencial. Depende de la aplicación final. La corrosión uniforme y la corrosión localizada no pueden evaluarse después del primer año de exposición debido a efectos de pasivación y disminución de las tasas de corrosión.
- Las tasas de corrosión superiores a los límites superiores de la categoría C5 se consideran extremas. La categoría de corrosión CX se refiere a ambientes marinos/ industriales específicos.

## **6.6. Atmósfera marina**

La atmosfera marina típica, además de oxígeno, nitrógeno y otros gases contiene componentes corrosivos como cloruros y sulfatos los cuales con la contribución de la humedad producen reacciones electroquímicas que corroen rápidamente al acero.

El acero al carbono y los metales en general en contacto con la atmosfera terrestre se corroen significativamente si la humedad relativa del ambiente es superior al 70%. (Villanueva , 2020)

La atmosfera marina tiene diversos gases y componentes que producen diferentes reacciones las cuales corroen más rápido los metales.

## **6.7. Corrosión del acero en función de la contaminación**

La presencia de algunos contaminantes en el acero y determinadas condiciones ambientales puede acelerar el proceso de corrosión, actuando como catalizadores. Los cloruros provenientes de aguas marinas o de anticongelantes aplicados al concreto y la presencia en el aire de óxidos y azufres en las reacciones de corrosión. Por otro lado, las condiciones ambientales húmedas proveen un medio electrolítico que favorece la corrosión. (Serna , 2018)

La existencia de ciertos contaminantes en el acero y las condiciones del medio ambiente puede precipitar el proceso de corrosión. Sin embargo, la humedad da un efecto electrolítico que beneficia la corrosión.

### **6.8.Acero de refuerzo**

El hierro es un material metálico, blando, dúctil, y de baja resistencia en sus condiciones de hierro puro tiene poca aplicación y además es costoso producirlo, y se encuentra en la naturaleza en forma de óxido de hierro, con una gran cantidad de impurezas que mejoraran algunas de sus características, tales como resistencia, ductilidad, haciéndolo apto para diferentes usos en la industria.

Los materiales ferrosos son principalmente aleaciones de hierro y en carbono que contienen pequeñas cantidades de azufre, fósforo, silicio, manganeso y aluminio. La presencia de manganeso aumenta la dureza y resistencia, pero dificulta la ductilidad, favorece la separación de azufre. Silicio es un agente desoxidante que disminuye la presencia de burbujas en los lingotes vaciados, aumentando la resistencia y el límite elástico sin disminuir la ductilidad.

El acero es una solución sólida de carbono y hierro, como el hierro a temperatura ambiente no retiene en solución más de 1,7% de carbono en peso, este valor es el valor máximo del contenido de carbono en el acero, sin embargo, los aceros comerciales raramente presentan más de 1,2% de carbono.

El hierro se presenta en diversas condiciones el cual contiene diversos compuestos químicos que le permiten dureza, resistencia y ductilidad; en su forma natural contiene óxido de hierro lo que le permite estar apto para diferentes industrias.

### **6.9.Acero al carbono**

El acero es el principal producto siderúrgico utilizado en la industria y el acero al carbono ocupa el 90% de la producción de acero y el 10% el acero aleado.

El acero al carbono como su principal componente es el carbono también se encuentra aleado con otros elementos como el hierro y el manganeso, la proporción de carbono y tratamiento térmico del acero son los que determinan sus propiedades, también es conocido como acero maleable, significa que es flexible y puede tomar cualquier forma. Está considerado como de alta resistencia y baja aleación.

De acuerdo a la cantidad de carbono que contenga es como se clasifican. Los aceros de bajo carbono, los aceros de medio carbono y los aceros altos en carbono contienen más de

0.51% de carbono. Los aceros que son denominados de bajo carbono no adquieren dureza durante el templado, solo se mejoran sus propiedades mecánicas, los de medio carbono adquieren mayor dureza y resistencia y los aceros de alto contenido de carbono se endurecen pero se hacen muy frágiles. (METALIUM, 2020)

Además, es fabricado en hojas con rodillos hasta que se consigue el espesor deseado una gran parte de la producción de este material es utilizada en la industria de la construcción civil.

#### **6.10. Aceros de bajo contenido de carbono**

Los aceros con un contenido de 0,1 a 0,3% en carbono se denominan como aceros bajo en carbono.

Es menos dúctil porque el carbono, al intercalarse entre los átomos del hierro, reduce el desplazamiento entre las capas de los átomos en el plano de deslizamiento.

El acero de bajo contenido de carbono se corroe con la oxidación, es de color gris y su temperatura de fusión es de 1.600 °C.

Se los denomina aceros bajos, debido a que tienen menos ductilidad, se corroen rápidamente y su color y temperatura se alteran.

#### **6.11. Aceros de medio contenido de carbono**

Los aceros de 0,3 a 0,7 % en carbono se denominan como aceros de contenido medio en carbono. Son mucho más duros y menos dúctiles que los aceros bajos en carbono, muy tenaces y tienen una resistencia a la tracción muy grande, su color es gris oscuro.

Los aceros con contenido en carbono a partir de 0,3% se pueden endurecer por medio de tratamientos térmicos, consiguiéndose de esta forma aceros específicos para la fabricación de elementos que deben resistir el desgaste.

#### **6.12. Aceros de alto contenido al carbono**

Los aceros con un contenido de 0,7 a 1,3 % en carbono se denominan como aceros de alto contenido en carbono. Estos aceros son muy duros y frágiles. La máxima dureza se consigue con tratamientos, térmicos para porcentajes de carbono de 0,7 a 0,8% y a partir del 1% se crean aceros más frágiles.

Se utilizan principalmente para la fabricación de herramientas cortantes y productos que deben resistir un gran desgaste. (García Castro & Fernández Bravo , 2022)

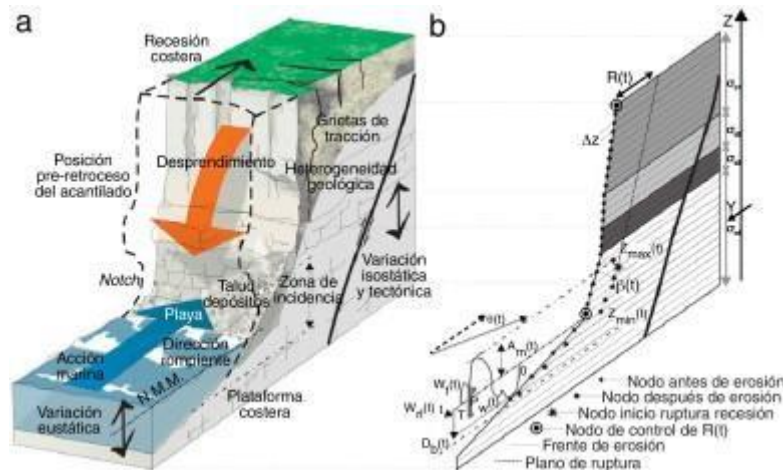
#### **6.13. Línea costera**

Las costas pueden clasificarse en tres tipos:



- **Costas Rocosas:** El 75% de las costas del mundo son de este tipo, son costas denominadas por procesos erosivos cuyo desarrollo está dado por las características tectónicas y geológicas, así como el clima de olas del mar (ilustración 2) adyacente, los diferentes tipos de rocas, configuraciones estructurales y climas de oleaje hacen que las costas rocosas sean variables, irregulares o regulares, estables o inestables. (García, 2017)

*Ilustración 2. Evolución de las costas rocosas.*



**Fuente:** (Paredes, Castedo, Llorente , & Laín, 2015)

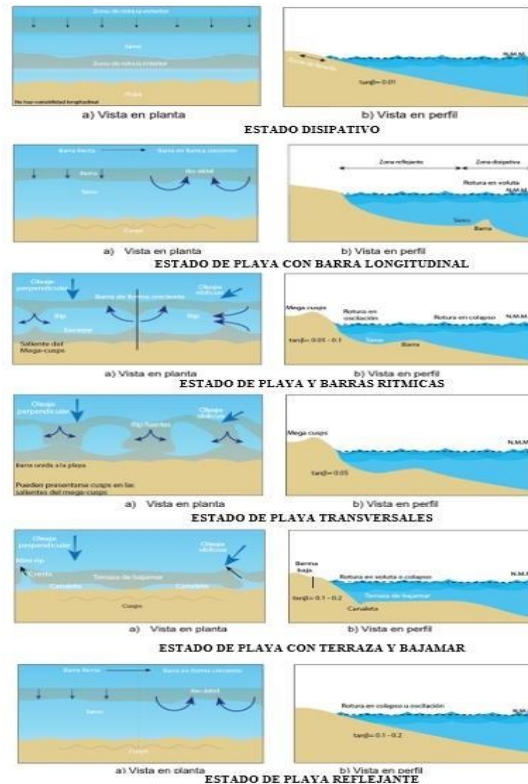
- **Costas de arena o de material no cohesivo.** Las partículas no tienden a juntarse ni adherirse, sus partículas son relativamente grandes, también llamados suelos granulares o fricciónarte. (gravas, arenas, limos)
- **Costas de material cohesivo.** Las costas de sedimento cohesivo son de partículas muy pequeñas donde predominan los efectos eléctricos y químicos superficiales. Las partículas tienden a juntarse con la interacción del agua y partículas suelos plásticos (Arcillas).

Entre estas dos últimas clasificaciones, es decir, material cohesivo o no cohesivo, es importante mencionar que se encuentran definidos desde el punto de vista de mecánica de suelos, en donde se asocia a las arenas, gravas y limos con suelos no cohesivos; y, a las partículas muy pequeñas como arcillas, que interactúan con el agua.

Sin embargo, para la comprobación de la cantidad de arcilla como factor determinante de cualidades cohesivas del suelo debe realizarse a través de diferencias texturales físicas como el tamaño, forma y disposición que compone el suelo, es decir, la cantidad. (Linares, 2017)

En la ilustración 3 se muestran los estados morfodinámicos de las costas, las mismas que van cambiando de acuerdo con interacción de acuerdo a la cantidad del material cohesivo y no cohesivo.

**Ilustración 3. Estados morfodinámicos de las playas.**



**Fuente:** (Berrio, 2018)

Las playas son acumulaciones de materiales no consolidados en zonas litorales y están sujetas a la acción del oleaje, las corrientes, los vientos y las mareas, razón por la que constituyen el medio sedimentario costero más dinámico en ambientes costeros, los temporales suponen la principal causa de alteración natural en las playas implicando procesos erosivos y sedimentarios como respuesta a los cambios en el régimen de oleaje.

En este sentido los procesos de erosión costera, entendiéndose como tal la modificación (retroceso) de la línea de costa preexistente con la consiguiente pérdida de sedimento, se pueden producir de forma natural (temporales de alta energía, subida del nivel del mar) o pueden ser inducidos entrópicamente.

Es importante señalar que a diferencia de los eventos de erosión a largo plazo (debidos al balance sedimentario negativo en la franja del litoral).

Los procesos erosivos ligados a fenómenos extremos de baja frecuencia y alta intensidad (temporales) puedan conllevar la erosión de importantes sectores de playa, pero los sedimentos erosionados, al menos en parte, retornan al sistema sedimentario litoral cuando finaliza el evento y cambian las condiciones hidrodinámicas que los controlan. (Pecino Barrios , 2017)

#### **6.14. Protección de la línea costera**

Las playas ecuatorianas, en determinadas épocas del año son sometidas a procesos de erosión y creación por acción directa del oleaje haciendo que la línea de costa presente variaciones. El retroceso costero derivado de procesos erosivos naturales o inducidos, entrópicamente, resulta una constante en varias zonas costeras del Ecuador y afecta a la actividad turística, con diversas repercusiones en su economía. (Ramos, Alvear, Andrade, & Cedeño, 2020)

Prevención de la línea costera:

- Prevenir erosión de playas
- Prevenir inundación por efecto del aumento del nivel freático
- Prevenir inundaciones de estuarios y otras zonas bajas debida al aumento del nivel medio del mar.
- Prevenir pérdida de biodiversidad.

Los mecanismos principales a través de los que proporcionan protección física son la mitigación de olas mediante fricción y rotura, y la retención de sedimento. Además, los ecosistemas modifican el paisaje de las costas, interactuando dinámicamente con los factores del clima y cambiando la batimetría y la topografía (ejemplos: dunas o arrecifes).

Es necesario diferenciar qué procesos costeros son los relevantes para cada ecosistema para determinar cuán eficaces son. Por ejemplo, los arrecifes afectan principalmente al oleaje, y se quiere conocer cómo modifican los patrones de refracción y difracción para proteger el litoral de forma efectiva. (G Reguero, W Beck, J Losada, & Narayan, 2017)

En diferentes etapas del año se somete las líneas costeras al proceso de erosión del oleaje lo cual presenta variaciones debido a los derivados erosivos naturales o inducidos, lo cual afecta a la actividad turística y la economía; por lo cual se debe de proteger y prevenir daños para lograr mejorar el clima y el ecosistema.

### 6.15. Hormigón armado

Este material se obtiene cuando se mezclan un par de elementos: el hormigón y acero (ilustración 4). Si se unen las características de cada uno de estos materiales, se puede observar los beneficios de la combinación: por un lado, el hormigón es un material que resiste bien la compresión; sin embargo, no es tan eficiente frente a la tracción. Por su parte, el acero puede resistir la compresión y tracción sin inconvenientes. Así pues, ya podemos visualizar las propiedades del hormigón armado una vez elaborado. (Structuralia, 2022)

- Resiste la compresión: Es decir, cuenta con la capacidad para soportar la carga de aplastamiento.
- Soporta la tracción: Nos referimos a que este material resiste a la rotura cuando está expuesto a un esfuerzo de tracción. (Structuralia, 2022)

#### *Ilustración 4. Hormigón armado*



**Fuente:** (Dehormigón, 2022)

Los elementos del hormigón son arena o grava, cemento y agua. Los componentes activos del material son el cemento y el agua, que se encargan de formar una piedra de cemento y de unir los granos agregados. Las barras de acero se encargarán de aportar refuerzos. La estructura del producto terminado será complementada con los aditivos del hormigón. Estos le proporcionarán al material la rigidez y resistencia requeridas. Para completar la fabricación del hormigón armado, se sumergen las barras de acero en el hormigón. Estas barras han sido tejidas juntas para crear soportes que sirve para la estructura de hormigón. Entre las aplicaciones del hormigón armado en la construcción, podemos destacar las siguientes.

- **Construcción de edificios:** Es adecuado para construir conjuntos residenciales y comerciales. Con él, se elaboran pisos, columnas y losas de techo, entre otros elementos de la estructura. Ofrece la garantía de que los elementos resistirán el deterioro con el paso del tiempo.

- **Elaboración de carreteras:** El uso del hormigón reforzado es necesario en las carreteras de tráfico pesado, donde se requiere una alta resistencia debido a las altas tensiones que soportan. También, el material es utilizado para construir pistas de aterrizaje y gradas para portaviones.
- **Construcción de puentes:** Provee una estructura superior a la que ofrecen los puentes de acero. No importa el tamaño del puente, el cemento armado no solo es ideal para darle estética a la edificación, sino también durabilidad y resistencia a un precio más económico que el de las estructuras metálicas.
- **Estructuras flotantes y marinas:** Se construyen muelles flotantes y cajones de hormigón. También faros, torres de vigilancia y muros de muelles, entre otros, con la seguridad de que resistirán la corrosión.

Además, es fácil distinguirlo en otras estructuras de obras prefabricadas, tuberías y conductos. El hormigón armado es un material altamente confiable, ya que contiene elementos de calidad superior como el cemento y el acero. Su resistencia, durabilidad, la fácil disponibilidad de sus componentes, la rapidez que ofrece para la ejecución de proyectos y otros beneficios le han dado un sitio de honor en la construcción.

Es la unión del hormigón y acero la cual permite la resistencia para los esfuerzos tanto de tracción como de compresión. El hormigón armado se puede construir en diferentes maneras tanto en edificios, carreteras, puentes y estructuras flotantes. Es fácil distinguirlo de obras prefabricadas tuberías o conductos debido a su resistencia y durabilidad y más que nada por la unión del hormigón y el acero.

### **6.15.1. Mantenimiento de estructuras**

El mantenimiento de una estructura es tan importante como la propia construcción del inmueble, ya que de nada vale tener un nuevo proyecto recién terminado con materiales y procesos constructivos de alta calidad, creado para soportar una vida de hasta 50 años, si no se cuenta con la planificación para sobrellevar ese tiempo y asegurar tanto el funcionamiento estructural como el servicio. Por esta razón es que se deben invertir recursos, tanto económicos como humanos, en atender las estructuras. (Acuña, 2018).

El mantenimiento en estructuras es una técnica basada en la confiabilidad, bajo una metodología de análisis sistemático, el cual se lo utiliza para determinar el desempeño óptimo de las tareas de mantenimiento, a determinadas frecuencias de intervención basándose en la implementación acertada de criterios de seguridad, operacionales, económicos y además del cuidado del medio ambiente.

Por tal motivo, el mantenimiento y durabilidad depende del tipo de estructura entre otros factores, como su capacidad de soportar condiciones físicas y químicas del lugar en donde se encuentre. (Ingenieros Asesores, 2022)

### **6.15.2. Mantenimiento de estructuras de hormigón armado**

Las estructuras de hormigón armado son proyectadas y construidas para satisfacer requisitos funcionales durante un cierto tiempo, sin que se produzcan costos inesperados por mantenimiento y reparaciones. Existen algunas recomendaciones y reglamentos que normalmente suponen una vida proyectada de servicio de 50 años para edificaciones y para obras de infraestructura de 80 a 100 años. Se deduce que el fin de la vida proyectada no implica la demolición de la estructura, sino que a partir de ese momento se incrementa el costo de mantenimiento por encima del considerado durante la vida proyectada. Sin embargo, durante su vida útil, las estructuras pueden manifestar variadas patologías que originan defectos, daños o deterioros, siendo algunas de ellas originadas por sus materiales componentes por su uso, por el ambiente, etcétera. (Guerra, Castañeda, & Howland, 2018).

El mantenimiento incluye, como primer paso, una inspección periódica de la estructura. El inspector debe estar familiarizado no sólo con el Hormigón como material, sino también con la acción estructural. Por ejemplo, si se observa agrietamiento, el inspector debe ser capaz de distinguir entre grietas debidas a la sobrecarga de una estructura apropiadamente diseñada o causadas porque la estructura es inadecuadamente fuerte, por un lado, y grietas inducidas por la corrosión del refuerzo o por la acción química -incluyendo la reacción álcali-agregado-, o por la formación retardada de letrinita, o por los efectos térmicos.

Es posible que las grietas observadas se deban a cambios en la temperatura o en la humedad, en combinación con una restricción de la deformación. Puesto que estos cambios continuarán ocurriendo en el futuro, llenar simplemente las grietas con un material rígido dará como resultado la aparición de nuevas grietas, probablemente justo en la cercanía de las antiguas.

Si la grieta es derecha y sigue el refuerzo, lo más probable es que se trate de agrietamiento por corrosión, y ésta es precisamente lo que hay que tratar, y no solamente la grieta en sí. En otras palabras, las reparaciones son inútiles si persisten las causas de la corrosión. Con esto quiero decir que, si hay cloruros cerca de la superficie del acero de refuerzo, la corrosión continuará a menos que se puedan inducir condiciones de sequedad. Inclusive es inútil reemplazar el concreto en la zona del recubrimiento si los cloruros pueden continuar ingresando hacia la superficie del acero.

### **6.15.2.1. Mantenimiento de estructuras de acero estructural**

Llevar a cabo un correcto mantenimiento de una estructura metálica es fundamental para alargar su vida útil y prevenir fallas o daños. A pesar de que las estructuras metálicas ofrecen gran resistencia y flexibilidad, razón por la que se utilizan tanto en obra civil, también son propensas a sufrir desgastes debido a condiciones externas o usos y esfuerzos no debidos, algo que puede derivar en la manifestación de patologías que pueden afectar a su durabilidad. (Asesores, 2022)

El paso de mantenimiento de una estructura metálica más básico es la inspección. Se recomienda realizar una inspección dos veces al año y también siempre que se lleve a cabo algún trabajo de renovación, construcción adicional o después de la acción intensa de un evento climático. Lo ideal es establecer un programa de mantenimiento regular. La mejor forma de garantizar el mantenimiento y la durabilidad de las estructuras metálicas es a través de ensayos no destructivos como los siguientes.

- Tintas de penetración.
- Ultrasonidos
- Radiografía industrial

Las estructuras metálicas están expuestas a la acción de agentes externos, los cuales con el paso del tiempo pueden desencadenar patologías como:

- Corrosión
- Fatiga
- Abrasión
- Holguras en uniones
- Impactos y sobrecargas accidentales.

Lo más importante para garantizar la correcta conservación de una estructura metálica es llevar a cabo un buen mantenimiento:

- Nunca realizar trabajos de soldadura o añadir elementos adicionales que puedan mermar la resistencia o modificar el estado de las cargas.
- Prevenir fugas que puedan ocasionar oxidaciones en las superficies.
- Mantener siempre limpias las estructuras para favorecer su durabilidad.

Por lo tanto, el mantenimiento de una estructura metálica es fundamental para alargar lo máximo posible su vida útil y evitar que aparezcan daños o fallas que puedan degradar su capacidad portante. Lo ideal es llevar a cabo un programa de inspecciones periódicas que tenga

bien definidos los principales puntos de control y, en caso de que fuera necesario, se desarrollarán planes de acción correctivos.

#### **6.15.2.2. Mantenimiento preventivo de estructura de acero estructural**

Este tipo de mantenimiento conlleva un conjunto de operaciones de inspección programada o planificada de forma periódica de las estructuras, para prever y evitar posibles fallos que conlleven a problemas de funcionamiento, además de ser una forma de mitigar el deterioro, prolongando la vida útil del inmueble. La principal finalidad del mantenimiento preventivo es encontrar y corregir deficiencias antes de que estas provoquen daños. También, se trata de una actividad destinada a evitar gastos mayores, ya que el costo de reparación o sustitución de elementos dañados tienen un valor más elevado.

Se puede definir mantenimiento preventivo como aquel que planifica los procedimientos, técnicos y administrativos, que se deben hacer para mantener en un estado óptimo una infraestructura y de esta forma asegurar su buen funcionamiento (Ilustración 5). Este mantenimiento tiene como objetivo anticiparse a cualquier deterioro que se pueda producir. (Brito, 2017)

El mantenimiento preventivo a su vez lo podemos clasificar en los siguientes grupos:

- El mantenimiento preventivo condicional, es aquel que está con superación de un umbral de referencia o predeterminado.
- El mantenimiento preventivo previsor, es aquel que analiza la evolución de un equipo o sistema de forma controlada.
- El mantenimiento preventivo normativo, es aquel que se realiza en función de la normativa obligatoria existente.

El proceso que debe emplearse para realizar el correspondiente mantenimiento preventivo es el que se presenta a continuación:



**Ilustración 5. Diagrama de flujo del proceso de mantenimiento preventivo de acero estructural.**



**Fuente:** (Fernández, 2018)

El mantenimiento preventivo se lo realiza con la finalidad de corregir deficiencias que provoquen daños a la larga y asimismo evitar gastos mayores.

### **6.15.2.3. Estudio y métodos de prevención de la corrosión en las armaduras de hormigón para aplicaciones portuarias.**

Hay muchas formas de evitar la corrosión del acero en estructuras de hormigón armado y pretensado, las más comunes son garantizar un buen recubrimiento de las armaduras, realizar controles minuciosos en obra, tomar medidas especiales de protección, como puede ser una buena impermeabilización, realizar mantenimientos periódicos en las estructuras, inyectando material tipo lechada en las fisuras. Estos procesos, tienen un inconveniente, y es que implican una gran cantidad de incertidumbres que pueden conllevar un comportamiento muy distinto al esperado. (Melet, 2021)

El hormigón es el medio ambiente, corrosivo protector, en el que se encuentra embebido el acero de las armaduras. Es corrosivo o protector en función de diversas circunstancias.

En general, el hormigón es un medio heterogéneo, con una cierta porosidad y permeabilidad, con un pH básico del orden de 12,5 si está hecho con cemento portland, o con cementos a base de Clinker portland, y con una reserva alcalina variable con el tipo de cemento y con la dosificación de conglomerante (kilogramos de cemento por metro cúbico de hormigón).

Los principales problemas que enfrenta la infraestructura portuaria son las condiciones adversas del ambiente, dado que están en contacto directo con el agua de mar o el agua salobre, y su uso inadecuado de los mismos por los operadores portuarios (sobre carga de la estructura) y la presencia de patologías de diseño y / o construcción; dichos problemas impactar directamente en el desempeño de la estructura, disminuyendo significativamente la vida útil de la misma. Lo cual hace necesaria la intervención periódica de dichas estructuras para reintegrar su operatividad. (Arreola Sánchez, 2021)

En un medio tan básico como el hormigón, el hierro se encuentra normalmente en estado pasivo, recubierto de una película continua y estable de óxidos e hidróxidos que lo mantienen protegido frente al oxígeno -aire- y al agua -humedad-, factores esenciales de toda acción corrosiva. Esta película continua de óxido adherente y estable se forma incluso sobre una armadura con herrumbre, introducida en hormigón: la herrumbre se desprende, y con el tiempo sus oxihidróxidos de color pardo se difunden a través del hormigón combinándose con la cal de hidrólisis del cemento y quedando el acero limpio y protegido.

Otros tratan de actuar sobre el hormigón o en el hormigón, dotándole de cualidades que lo hagan impermeable y resistente a la penetración y al ataque de los propios agentes y medios para que, en consecuencia, proteja mejor al acero; o también actuando en el seno del propio hormigón. Ambos tipos de métodos no se excluyen, sino que se complementan.

Métodos de protección que operan sobre el acero

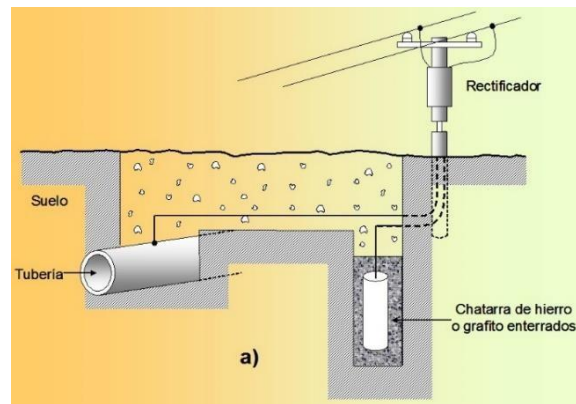
Cabe citar entre éstos los siguientes:

- a) La protección catódica;
- b) Las pinturas y los recubrimientos de materias plásticas;
- c) Los revestimientos metálicos y químicos;
- d) La galvanización, como caso particular de revestimiento metálico.

#### **6.15.2.4. Sistemas de protección catódica**

La protección catódica (CP) es una técnica para controlar la corrosión galvánica de una superficie de metal convirtiéndola en el cátodo de una celda electroquímica. El método más sencillo de aplicar la CP es mediante la conexión del metal a proteger con otro metal más fácilmente corrosivo al actuar como ánodo de una celda electroquímica (Ilustración 6). Los sistemas de protección catódica son los que se usan más comúnmente para proteger acero, el agua o de combustible el transporte por tuberías y tanques de almacenamiento, barcos, o una plataforma petrolífera tanto mar adentro como en tierra firme. (Lastra, 2019)

### **Ilustración 6. Sistema de protección catódica**



**Fuente:** (UPV, 2022)

La protección catódica ayuda a controlar la corrosión galvánica y se utiliza comúnmente para proteger el acero.

#### **6.15.2.5. Desalinización**

La desalinización o desalación, como también se le conoce, es un proceso de tratamiento que permite obtener agua potable a partir de agua salobre, marina o residual, que de otra forma no podría utilizarse. Esto se logra separando sales y otras sustancias del agua. El agua obtenida se puede utilizar en aplicaciones domésticas, municipales o industriales. Este proceso comenzó a desarrollarse por motivos bélicos en la Segunda Guerra Mundial, debido a que las tropas necesitaban agua pura en zonas donde no era fácil conseguirla o no existía del todo. Sin embargo, pronto se empezó a investigar su uso en aplicaciones civiles. En los años 80 la actividad se hizo completamente comercial y en los 90 el uso de esta tecnología se hizo extremadamente común.

Los sistemas desarrollados hasta la actualidad para la desalinización de agua salobre o de mar se pueden clasificar en dos tipos básicos: los que se basan en un proceso térmico, ya sea utilizando combustibles fósiles o energía solar para calentar el agua salada, y aquellos que utilizan membranas y alta presión para realizar un proceso de “filtrado” de las sales disueltas. (Valdez, Pandolfi, Villagra, & Andre, 2018)

Tal como lo explica la autora Valbuena:

El número de plantas desalinizadoras, así como el volumen de agua desalinizada ha crecido exponencialmente durante las últimas décadas, hasta haber cerca de unas 16.000 plantas de desalinización ubicadas en 177 países actualmente, en su mayoría países de altos ingresos y cuyo principal usuario es el sector municipal. Las primeras plantas de desalinización utilizaban predominantemente tecnologías térmicas (MSF y MED), aunque desde el año 2000 tanto el número como la capacidad de las plantas de ósmosis inversa

(RO) ha aumentado exponencialmente hasta representar el 69% del agua desalinizada producida globalmente. Esto se debe tanto a la mayor eficiencia de esta tecnología como a sus menores impactos ambientales asociados. (Valbuena, 2022)

Actualmente, el agua desalada se utiliza para consumo humano, en procesos industriales y en forma muy limitada (invernaderos de alta rentabilidad) para riego agrícola, pues los costos de desalinizar agua son relativamente altos para usar este líquido con los métodos tradicionales de riego; resulta más económico importar los productos agrícolas de aquellos países que cuentan con las condiciones climatológicas adecuadas para producirlas.

#### **6.15.2.6. Realcalinización del hormigón**

La realcalinización es una técnica de tratamiento del hormigón carbonatado y su objetivo es elevar el pH del hormigón para restablecer su alcalinidad. La realcalinización se puede realizar por técnicas electroquímicas o químicas. La realcalinización química se basa en la adsorción y disfunción de soluciones alcalinas a el interior del concreto. (Réus & de Medeiros, 2017)

Por tanto, son técnicas empleadas en la reparación de estructuras de hormigón armado dañadas por corrosión de armaduras, cuyo origen viene producido por una carbonatación del hormigón o por una contaminación por cloruros.

Si bien, pudiera pensarse que a priori es una técnica que puede emplearse en cualquier estructura de hormigón con refuerzos de acero pasivo, se hace notar que el uso de ambas técnicas es recomendable circunscribirlo exclusivamente a estructuras de hormigón armado, no siendo su uso recomendable en estructuras de hormigón pretensado con armadura pretesa o postesa.

La realcalinización ayuda el tratamiento del hormigón el objetivo es elevar el pH del hormigón para que tenga más alcalinidad y esto permite la reparación de estructuras de hormigón armado.

#### **6.15.2.7. Recubrimientos sobre la armadura y hormigón**

El hormigón representa una barrera física que separa el metal del contacto directo con la atmósfera. El espesor del recubrimiento y su permeabilidad son los factores esenciales que controlan la eficacia de esta barrera. La estructura porosa y la presencia de microfisuras hacen posible el ingreso de sustancias agresivas que alcanzan la capa pasiva del acero. Un hormigón compactado, de buena calidad, de adecuada dosificación y curado proporciona una buena protección del acero contra el ambiente (Oca, 2021).

Un problema recurrente en las construcciones de hormigón armado es el inadecuado recubrimiento de hormigón de las armaduras de acero. Antes de definir una solución al problema, se requiere una comprensión clara de las funciones y los requisitos del recubrimiento de hormigón. En el hormigón armado, el recubrimiento tiene principalmente tres objetivos distintos:

1. Durabilidad: La protección del acero de las armaduras contra la corrosión debido a ambientes agresivos (por Ejemplo, con carbonatación o ingreso de cloruros).
2. Estructural: Facilitar la transferencia de fuerza desde las armaduras que salte el recubrimiento.

### **6.15.3. Métodos de inspección de corrosión**

El método mediante el cual se caracterizan las principales fallas de corrosión en las estructuras de concreto armado, como efectos de los agentes agresivos del medio de exposición al que se encuentran expuestos, a través de una inspección visual, que en una primera fase puede ser preliminar y posteriormente una fase más detallada. En la inspección preliminar se recopila información acerca de todo lo referente a la edificación, fecha de la inspección, croquis del área de estudio, seguido de un registro fotográfico de la fachada principal y las sintomatologías de fallas observadas en la estructura, la extensión y gravedad de esta.

En la inspección detallada se presenta una información más precisa de cada uno de los elementos estructurales que conforman la edificación para constatar la existencia de falla por corrosión, como son: fisuras, grietas, sangrado del concreto, abombamiento del concreto, falta de recubrimiento, pérdida de este y disminución de la sección del acero de refuerzo. De estas fallas encontradas se especifican su ubicación dentro del elemento, extensión y espesores, todo ello acompañado de una representación gráfica del elemento afectado, identificando claramente la descripción y ubicación de la falla, su respectivo reporte fotográfico y el croquis de ubicación de las fallas en los elementos estructurales que conforman la edificación (Peña, Rodríguez, Salcedo, & Pereira, 2022).

El método de inspección de corrosión se caracteriza por verificar las principales fallas de corrosión en estructuras de concreto armado además para recopilar información acerca de todo lo que tenga que ver con la edificación, la fecha inspección, croquis, estudios fotográficos y sintomatología de fallas observadas. Esto ayudará a presentar una información más precisa sobre la inspección y que se pueda obtener un mejor informe el cual permita actuar de manera correcta.

## 6.16. Técnicas aplicadas para la determinación de las categorías de corrosividad

### 6.16.1. Desengrase

Tiene por objeto eliminar los aceites y grasa de la superficie para que no intervengan en las siguientes etapas. Las soluciones empleadas son normalmente alcalinas. Dependiendo del tipo de acabado se escogen soluciones fuertes o débiles. Las soluciones fuertemente alcalinas causan un efecto decapante en la superficie. Hay casos donde se utiliza desengrase con ácidos y su aplicación depende del tipo de aceite o grasa que está presente en la superficie del metal. A veces son empleados procesos más avanzados de desengrase tales como desengrase electrolítico y ultrasonido. Este proceso necesariamente debe ser precedido de un enjuague para remover la solución desengrasante de la superficie del metal y evitar contaminación de los baños siguientes: (Dávila Giraldo; Bayona Avella, 2018).

Para ello se utilizan tres tipos de desengrase considerando el tipo de grasa adherida en el material, tal como lo señala. (Dávila Giraldo; Bayona Avella, 2018):

- Limpieza con álcalis por inmersión o rociado: Consiste en la eliminación de grasas de la superficie del material mediante el uso de soluciones acuosas de álcalis fuertes.
- Desengrase electrolítico con álcalis: Procedimiento de desengrase. Mediante este método las piezas son desengrasadas en un electrolito alcalino con la ayuda de la corriente eléctrica, ejerciendo la mayor parte de las veces, la función de cátodo y rara vez la de ánodo. [...]. Para el desarrollo de esta etapa se utiliza energía eléctrica, desengrasantes alcalinos a base de cianuros. Como resultado se generan envases vacíos de los productos químicos utilizados, residuos de desengrasantes utilizados y compuestos orgánicos volátiles. (p.67)

Por lo general, en el desengrase se llevan a cabo dos operaciones básicas:

- **Macrodesengrase:** para remover grasa pesada. Utiliza principalmente solventes orgánicos o gasolina.
- **Microlimpieza:** para remover grasas que aún se encuentran en el metal. Se puede realizar por vía electrolítica con una acción mecánica de remoción física y por vía química, saponificando la grasa para convertirla en jabón

### 6.16.2. Decapado

El objetivo del decapado es eliminar las capas de óxido formadas en la superficie de las piezas metálicas debido al contacto entre éstas y la atmósfera, es un proceso que se realiza si el tipo de recubrimiento es de efecto protector. El decapado se realiza sumergiendo las piezas en una solución ácida. Las soluciones utilizadas pueden ser: ácido sulfúrico, clorhídrico, fluorhídrico, y su uso dependerá del tipo de metal que se esté limpiando. Las concentraciones de estas soluciones generalmente se encuentran al 50% de ácido debidamente inhibido para evitar un ataque excesivo a la pieza (Dávila Giraldo; Bayona Avella, 2018).

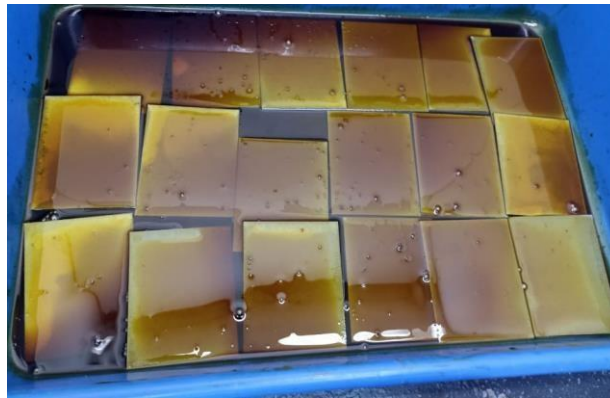
Entre los tipos de decapado se encuentran:

- **Decapado ácido:** La pieza es sumergida en una solución ácida con el fin de remover óxidos y otras impurezas presentes en la superficie de la pieza. Los óxidos se producen durante procesos previos, así como la corrosión producto del almacenamiento. Los ácidos que se pueden utilizar son el ácido sulfúrico o clorhídrico ( $H_2SO_4$  ó  $HCl$ ), sin embargo, el ácido sulfúrico es más nocivo, peligroso y tiene un alto costo energético por lo cual su utilización es prácticamente nula en el proceso de galvanizado (Dávila Giraldo; Bayona Avella, 2018).

Gonzalez (1984), citado por Herrera, (2019), escribió:

- **Decapado químico con ácido sulfúrico:** Debe ser utilizado en una concentración de 5 % a 25% en volúmenes, si se excede este rango se ve reducida la disolución de óxidos. La temperatura es un factor que influye en el proceso de decapado, disminuyendo el tiempo de residencia cuando se mantiene constante la cantidad de ácido que puede reaccionar en el baño, por lo que el ácido consumido deber ser constantemente repuesto. (p.5)
- **Decapado químico con ácido clorhídrico:** La principal ventaja de utilizar ácido clorhídrico industrialmente es que puede decapar a temperatura ambiente o elevar su temperatura a un máximo de  $40^{\circ}C$ , de lo contrario se puede producir ambientes tóxicos y corrosivos debido al desprendimiento de cloruro de hidrógeno generando corrosión localizado o pitting. La principal desventaja es la formación de cloruros sobre la superficie expuesta, que obliga a realizar procesos extras, como lavados y neutralización de ácido fosfórico (Gavidia Herrera, 2019) (Ilustración 7).

*Ilustración 7. Placas de acero al carbono sumergidas en ácido clorhídrico*



**Fuente:** Luis Briones y Olger Solorzano (2022)

El decapado ayuda a la eliminación de las capas de óxido formadas en las piezas metálicas debido al contacto con la atmósfera, las soluciones utilizadas pueden ser con diferentes tipos de ácidos para evitar un ataque excesivo a la pieza. Existen tres tipos de decapado los cuáles son decapado ácido, el decapado químico con ácido sulfúrico y el decapado químico con ácido clorhídrico y su función es proteger las capas de óxido que se hayan formado en el acero.

## **7. DESARROLLO METODOLÓGICO**

### **7.1.Hipótesis**

Al momento que se realizó la fase 3 de la investigación de la corrosión atmosférica nos permitió conocer las categorías de agresividad de la velocidad de corrosión y deposición de iones cloruros en la línea costera de la parroquia Crucita del cantón Portoviejo, fase 3.

### **7.2.Variables**

#### **7.2.1. Variable dependiente**

Velocidad de corrosión

#### **7.2.2. Variable independiente**

Deposición de iones cloruros

#### **7.2.3. Comprobación de hipótesis**

La hipótesis deposición de iones cloruro y velocidad de corrosión a través de la ubicación de los soportes de madera a distintas distancias del perfil costero de la parroquia Crucita que se determinaron por tres factores meteorológicos los cuales fueron:

- ❖ Temperatura (°C)
- ❖ Humedad relativa (%)
- ❖ Velocidad de viento (m/s)



#### 7.2.4. Operacionalización de las variables

*Tabla 3. Variable dependiente: Velocidad de corrosión*

<b>CONCEPTUALIZACIÓN</b>	<b>CATEGORÍAS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>TÉCNICAS</b>
Es el método de analizar y estudiar el deterioro producido por la corrosión atmosférica.	Análisis de corrosión atmosférica	Corrosión atmosférica	Aplicación de captadores atmosféricos.
	Estudio de la corrosión atmosférica.	Indicador por reparaciones.	Investigación bibliográfica sobre los diversos métodos aplicados.

**Elaborado por:** Luis Briones y Olger Solórzano (2022)

**Tabla 4. Variable independiente: Deposición de iones cloruros**

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	TÉCNICAS
<p>El ion cloruro, es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua, que penetra posteriormente en el concreto por difusión desde el exterior.</p>	<p>Ambientes corrosivos en el Ecuador</p>	<p>Contaminación atmosférica</p>	<p>Aplicación de captadores atmosféricos por el método de la Deposición de Iones Cloruros.</p>
	<p>Aplicación de calidad</p>	<p>Nivel de aplicación</p>	

**Elaborado por:** Luis Briones y Olger Solórzano (2022)

### **7.3. Método de investigación**

La presente investigación es de tipo cuantitativa, permite comprender el comportamiento mediante los métodos experimentales la deposición de iones cloruros, además de determinar la velocidad de corrosión en un tiempo estipulado de cuatro meses.

### **7.4. Técnicas de investigación**

Las técnicas que se desarrollaron para la deposición de iones cloruros ( $DC$ -en  $mg/m^2 \cdot d$ ) en las muestras de los captadores atmosféricos fueron:

- ✓ Vela seca.
- ✓ Diario de campo.
- ✓ Técnicas bibliográficas
- ✓ Norma ISO 9223, 9224, 9225, 9226.

### **7.5. Definición y selección de muestra**

Para el desarrollo de esta investigación las muestras fueron receptadas mensualmente desde los soportes atmosféricos correspondientes de cada sitio de la Parroquia Crucita, se realizaron tres métodos que son:

- El método de vela seca por medio de la titulación (cloruro) para los captadores contaminantes atmosféricos
- El método de desengrasado (velocidad de corrosión).
- El método del decapado para las placas de acero al carbono (velocidad de corrosión).

Para la selección de la ubicación de las distancias de los diferentes sitios de exposición se basó en la literatura internacional.

## **7.6. MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS**

### **7.6.1. Obtención de la deposición de iones cloruros**

#### **7.6.1.1. Materiales**

En este ensayo se requiere los siguientes materiales: Captadores de contaminantes atmosférica, papel aluminio, detergente, embudo, pipeta, bureta, soporte universal, vaso de precipitación, estufa, además se emplearon reactivos y sustancias tales como: Nitrato de plata (fórmula química) cromato de potasio agua destilada.

#### **7.6.1.2. Preparación general**

Diluir la tela antiséptica que contiene la muestra en 250 ml de agua destilada, posterior a ella se realiza una dilución escogiendo 10 ml de la muestra en un vaso de precipitación, se le agrega

de 4-5 gotas del reactivo indicador (Cromato de potasio  $K_2CrO_4$ ). En la bureta se coloca 25 ml del titulante (nitrato de plata  $AgNO_3$  a 0,01 N), luego de esto se procede a titular hasta que la muestra se torne rojo ladrillo, observamos el consumo del titulante y realizamos los correspondientes cálculos.

## **7.6.2. Determinar la velocidad de corrosión**

### **7.6.2.1.Limpieza de las placas de acero al carbono**

#### **7.6.2.1.1. Materiales**

En este ensayo se utilizó los siguientes materiales: placas de acero al carbono, pinzas, bandejas, gaza, papel aluminio, guantes, mandil, mascarilla, balanza analítica, desecador, además se emplearon reactivos y sustancias tales como: n-Hexano.

#### **7.6.2.1.2. Preparación general**

Se colocan las placas de acero al carbono en una bandeja. Se la ingresa a la cabina del laboratorio donde se le agrega n-Hexano, se deja actuar durante unos segundos. Después del tiempo estipulado se retira el reactivo con la ayuda de unas pinzas y se lo ingresa en otro recipiente que contiene agua con detergente, se retiran y se exponen en el chorro de agua directamente se flamea y se la seca con la ayuda de una toalla y luego con la secadora.

### **7.6.2.2.Decapado de las placas de acero al carbono**

#### **7.6.2.2.1. Materiales**

Se emplearon los mismos materiales que en desengrasado, adicionando el Ácido Clorhídrico (HCl).

#### **7.6.2.2.2. Preparación general**

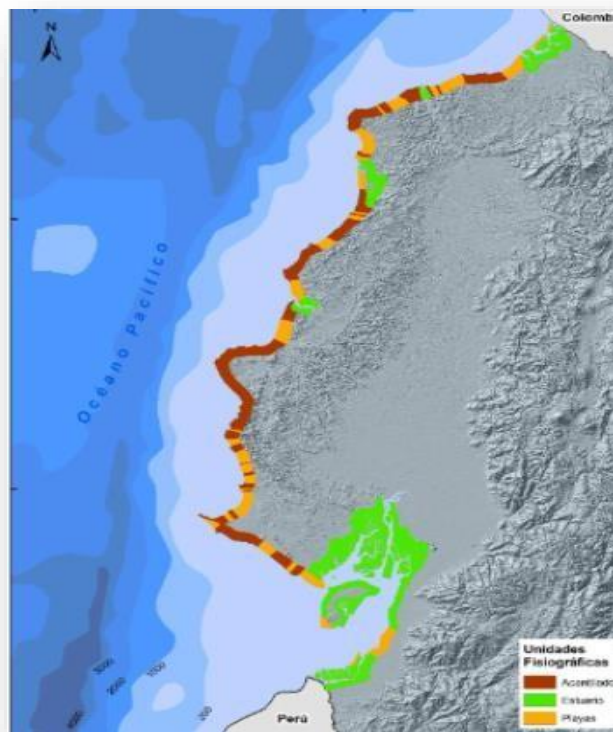
Se colocan las placas de acero al carbono en una bandeja. Se las ingresa a la cabina donde se le agrega el ácido clorhídrico se deja actuar durante unos minutos. Posteriormente del tiempo estipulado se retiran del ácido clorhídrico con la ayuda de unas pinzas y se lo expone en el chorro de agua directamente se flamea y se la seca con la ayuda de una toalla y luego con la secadora. Después de ello se lo traslada a la balanza y se le toman sus respectivos pesos. Luego de ser pesadas se las envuelve en papel aluminio y se las deja en el desecador hasta el día que son colocadas en el sitio de exposición.

## 8. MARCO CONTEXTUAL REGIONAL

### 8.1. Línea costera del Ecuador

Ecuador tiene una línea costera continental de 640 Km de longitud, que comprende las provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas, Santa Elena y El Oro. La línea costera tiene una variada conformación fisiográfica en donde se pueden apreciar playas, flechas y barras arenosas, zonas acantiladas y manglares. En la ilustración 8 se puede apreciar las unidades fisiográficas de la geomorfología costera, en donde se distingue acantilados (rojo), estuarios (verde) y playas (amarillo). (Naranjo Bautista , 2017)

*Ilustración 8. Aproximación de la morfología costera*



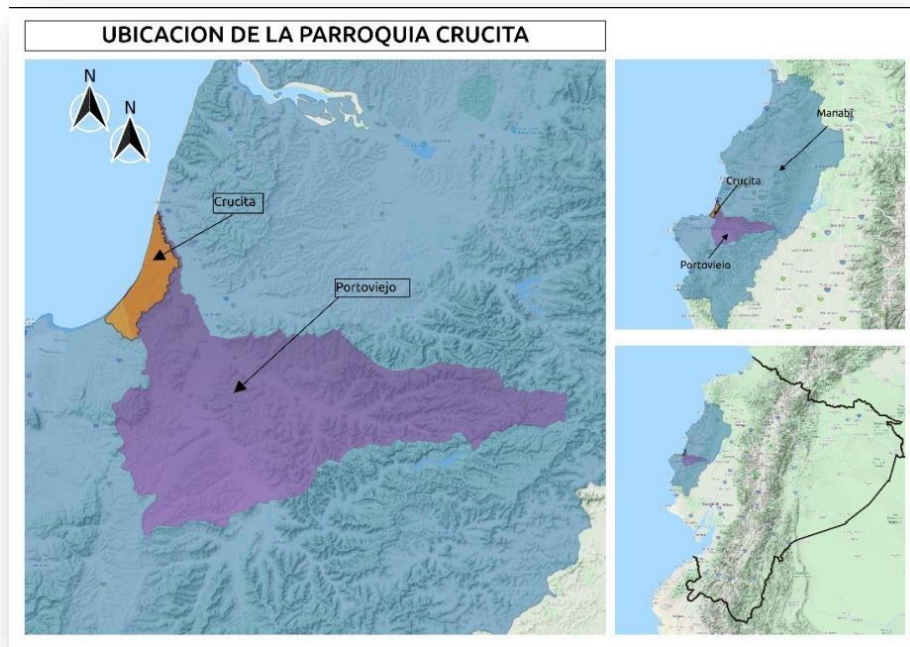
**Fuente.** (Naranjo Bautista , 2017)

### 8.2. Temperatura superficial del mar.

Ecuador está ubicado dentro de la Zona de Convergencia Intertropical, en la que confluyen un conjunto de corrientes del Pacífico Oriental Tropical, diferentes en temperatura y salinidad, entre las que destacan la corriente fría de Humboldt y la cálida de Panamá. Adicionalmente, también se conjuga el fenómeno recurrente de El Niño, el cual se debe al calentamiento de las masas oceánicas del oeste, las cuales provocan fuertes precipitaciones en la costa y elevación del nivel del mar de hasta 50cm. (Naranjo Bautista , 2017)

### 8.3. Marco contextual local.

*Ilustración 9. Mapa de ubicación de Crucita*



**Fuente:** (Delgado Cantos, 2019)

Crucita es una hermosa parroquia costera, perteneciente al cantón Portoviejo, provincia de Manabí (Ecuador). Se ubica en una de las salientes más occidentales de América del Sur, sobre el Océano Pacífico. Fue elevada a la categoría de parroquia el 24 de junio de 1978, mediante el decreto Supremo N: 2550, luego de pertenecer a la parroquia Charapotó, del cantón Sucre. Tiene fama mundial no solo por sus playas, sino por ser el sitio ideal para la práctica del parapente se lo considera como el segundo lugar en el mundo donde se puede practicar dicho deporte.

La partida es desde el sector la loma. Tiene también lugares para buceo en zonas semiprofundas; posee el bosque seco protector, el manglar La Boca y muchas áreas rurales que atraen a los turistas. (Gad Crucita, 2022)

Su privilegiada posición geográfica permite la realización de paseos por hermosos senderos y paisajes, pues posee un manglar con diversidad de flora y fauna, que permite disfrutar de la observación de diversas aves y plantas. Además, en la playa de Crucita se pueden realizar pesca deportiva, paseos en lancha y en cuatrimotos, natación y voleibol playero. Son famosos los eventos internacionales de estos deportes. (Gad Crucita, 2022)

Crucita cuenta con una población de 14.050 habitantes, de los cuales el 51% son hombres y el 49% mujeres. La proyección poblacional para 2020 señala que se tiene un total de 16.145 habitantes. (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010)

#### **8.4.Temperatura.**

Crucita se encuentra en un clima tropical o ecuatorial, cuya temperatura promedio anual se sitúa entre 26 y 30 °C. En el territorio se producen constantes precipitaciones de manera desigual durante todo el año, siendo los principales meses de lluvia entre diciembre y mayo. Manabí se encuentra dentro de la zona cálida fresca seca y lo que mitiga el calor es el viento del suroeste, frío y seco denominado viento de Chanduy, procedente del mar.

El término precipitación responde al acontecimiento de la caída del agua desde la atmósfera a la superficie terrestre. Las isoyetas marcan rangos de 237.0 – 551.2 mm., con un promedio mensual de 84.67 mm. (Gad Crucita, 2022)

## CAPÍTULO IV

### 9. RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 9.1. Deposición de iones cloruros

Para la tabulación de los datos de iones cloruro se trabajó con los datos obtenidos en campo, para el cálculo del método de la vela seca se empleó la fórmula:

$$V(\text{Cl}^{-1}) = \frac{(2 * a - b) * N * 35,5 * vt}{va * S * T}$$

Donde:

a = Volumen del consumo de la solución de nitrato de plata en ml.

b = Volumen de la solución de nitrato de plata utilizado en el blanco en ml.

35,5 = Peso atómico de  $\text{Cl}^{-1}$

vt = Volumen total de la muestra ml.

va = Volumen de la alicuota en ml.

S = Área del lienzo rectangular del captador atmosférico (10cm \* 15cm)cm<sup>2</sup>

T=Tiempo de exposición de los captadores atmosféricos en cada sitio de exposición en días.

Se determinó la deposición de iones cloruros presentes en las diferentes muestras por titulación a los 18 captadores de telas antisépticas ubicadas en los 6 soportes de madera que se encuentra expuestos en diferentes sitios de exposición en la Parroquia Crucita, obteniendo los siguientes datos en las tablas 5,6,7,8.



### 9.1.1. Cálculos de la deposición de iones cloruros noveno mes

**Tabla 5. Cálculos del noveno mes deposición de iones cloruros.**

Resultado de deposición de iones cloruros en mg/m <sup>2</sup> .d del mes de Marzo del 2022					
Sitios de exposición (SE)	$V(Cl^{-1}) = \frac{(2 * a - b) * N * 35.5 * vt}{(va * S * T)}$				mg/m <sup>2</sup> .d
SE #1	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 6,47 - 0,20ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10ml * 0,0150m^2 * 31}$	=	342,8498
SE #2	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 5,53 - 0,20ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10,00ml * 0,0150m^2 * 31}$	=	292,2566
SE #3	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 7,60 - 0,20ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10,00ml * 0,0150m^2 * 31}$	=	403,6694
SE #4	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 9,37 - 0,20ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10,00ml * 0,0150m^2 * 31}$	=	498,9353
SE #5	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 14,60 - 0,20ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10,00ml * 0,0150m^2 * 31}$	=	780,4274
SE #6	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 10,90 - 0,20ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10,00ml * 0,0150m^2 * 31}$	=	581,2839

Elaborado por: Luis Briones y Olger Solórzano (2022)

### 9.1.2. Cálculos de la deposición de iones cloruros décimo mes

**Tabla 6. Cálculos del décimo mes deposición de iones cloruros.**

Resultado de deposición de iones cloruros en mg/m <sup>2</sup> .d del mes de Abril del 2022					
Sitios de exposición (SE)	$V(Cl^{-1}) = \frac{(2 * a - b) * N * 35.5 * vt}{(va * S * T)}$				mg/m <sup>2</sup> .d
SE #1	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 8,37 - 0,90ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10ml * 0,0150m^2 * 33}$	=	400,4400
SE #2	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 7,76 - 0,90ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10,00ml * 0,0150m^2 * 33}$	=	369,5980
SE #3	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 13,33 - 0,90ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10,00ml * 0,0150m^2 * 33}$	=	651,2206
SE #4	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 12,80 - 0,90ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10,00ml * 0,0150m^2 * 33}$	=	624,4235
SE #5	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 16,50 - 0,90ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10,00ml * 0,0150m^2 * 33}$	=	811,4977
SE #6	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 13,63 - 0,90ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10,00ml * 0,0150m^2 * 33}$	=	666,3888

Elaborado por: Luis Briones y Olger Solórzano (2022)

### 9.1.3. Cálculos de la deposición de iones cloruros décimo primer mes

*Tabla 7. Cálculos del décimo primer mes deposición de iones cloruros.*

Resultado de deposición de iones cloruros en mg/m <sup>2</sup> .d del mes de mayo del 2022				
Sitios de exposición (SE)	$V(Cl^{-1}) = \frac{(2 * a - b) * N * 35.5 * vt}{(va * S * T)}$			mg/m <sup>2</sup> .d
SE #1	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 7,93 - 0,30ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10ml * 0,0150m^2 * 28}$	= 463,6046
SE #2	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 6,63 - 0,30ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10,00ml * 0,0150m^2 * 28}$	= 386,1386
SE #3	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 10,60 - 0,30ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10,00ml * 0,0150m^2 * 28}$	= 622,7080
SE #4	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 10,76 - 0,30ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10,00ml * 0,0150m^2 * 28}$	= 632,2423
SE #5	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 12,33 - 0,30ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10,00ml * 0,0150m^2 * 28}$	= 725,7975
SE #6	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 11,00 - 0,30ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10,00ml * 0,0150m^2 * 28}$	= 646,5438

Elaborado por: Luis Briones y Olger Solórzano (2022)

### 9.1.4. Cálculos de la deposición de iones cloruros décimo segundo mes

*Tabla 8. Cálculos del décimo segundo mes deposición de iones cloruros.*

Resultado de deposición de iones cloruros en mg/m <sup>2</sup> .d del mes de mayo del 2022				
Sitios de exposición (SE)	$V(Cl^{-1}) = \frac{(2 * a - b) * N * 35.5 * vt}{(va * S * T)}$			mg/m <sup>2</sup> .d
SE #1	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 7,93 - 0,30ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10ml * 0,0150m^2 * 28}$	= 463,6046
SE #2	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 6,63 - 0,30ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10,00ml * 0,0150m^2 * 28}$	= 386,1386
SE #3	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 10,60 - 0,30ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10,00ml * 0,0150m^2 * 28}$	= 622,7080
SE #4	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 10,76 - 0,30ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10,00ml * 0,0150m^2 * 28}$	= 632,2423
SE #5	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 12,33 - 0,30ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10,00ml * 0,0150m^2 * 28}$	= 725,7975
SE #6	V(Cl <sup>-1</sup> )	=	$\frac{(2,00 * 11,00 - 0,30ml) * 0,0141 * 35,50 * 250ml}{10,00ml * 0,0150m^2 * 28}$	= 646,5438

Elaborado por: Luis Briones y Olger Solórzano (2022)

## 9.2. Determinación de la velocidad de corrosión de aceros al carbono

En las tablas 9,10,11,12 se muestran los datos obtenidos durante los meses que fueron expuestas las placas de acero al carbono en la Parroquia Crucita.

Para llevar a cabo la obtención de los siguientes resultados se emplearon las siguientes fórmulas:

Para obtener la velocidad de corrosión la fórmula:

$$V = \frac{k * \text{Prom}}{\text{total de horas expuestas}}$$

Para obtener el valor de K se emplea las siguientes fórmulas

$$k = \frac{P. \text{ inicial} - P. \text{ final}}{\text{area total placa}}$$

$$k. \text{ Prom} = \frac{k_1 + k_2 + k_3}{\text{total de las muestras expuestas}}$$

Dónde:

k = velocidad de corrosión mensual

K. Prom = promedio de cada sitio de exposición

V = velocidad de corrosión por hora

Área total m <sup>2</sup>
0,0075
Horas expuestas (h)
744
Factor
1,114

Es de notar que en las horas expuestas está considerado el tiempo de exposición en el cual han estado sometido los captadores.

### 9.2.1. Determinación de la velocidad de corrosión noveno mes

En la tabla 9 se muestran los datos generales que se le realizaron a las placas de acero al carbono, para de esta manera obtener el peso promedio de las misma desde el 7 de marzo del 2022 hasta el 6 de abril del 2022, expuestas durante 31 días en la parroquia Crucita del cantón Portoviejo y poder determinar la velocidad de corrosión.

**Tabla 9. Muestras mensuales - marzo 2022 velocidad de corrosión.**

Muestras mensual 7 de marzo - 6 de abril 2022									
Sitios de exposición (SE)	#. PLACA	P. Inicial	P. Final	K (gr/m <sup>2</sup> )	Prom (gr/m <sup>2</sup> )	V(gr/m <sup>2</sup> h)	Prom (gr/m <sup>2</sup> h)	V. (mm/año)	Prom. (mm/año)
SE #1	A1	55,77	54,50	169,68	173,08	0,23	0,23	0,25	0,26
	A2	59,08	57,76	176,57		0,24		0,26	
	A3	59,83	58,53	172,99		0,23		0,26	
SE #2	B1	56,43	55,39	138,04	143,24	0,19	0,19	0,21	0,21
	B2	55,51	54,45	142,25		0,19		0,21	
	B3	56,70	55,57	149,44		0,20		0,22	
SE #3	C1	58,22	56,78	192,29	194,12	0,26	0,26	0,29	0,29
	C2	58,25	56,75	199,64		0,27		0,30	
	C3	57,08	55,65	190,43		0,26		0,29	
SE #4	D1	56,92	55,20	230,00	229,68	0,31	0,31	0,34	0,34
	D2	55,32	53,59	231,31		0,31		0,35	
	D3	56,29	54,58	227,75		0,31		0,34	
SE #5	E1	56,11	53,95	287,64	294,32	0,39	0,40	0,43	0,44
	E2	54,88	52,69	292,05		0,39		0,44	
	E3	56,51	54,24	303,27		0,41		0,45	
SE #6	F1	55,88	54,39	198,91	222,86	0,27	0,30	0,30	0,33
	F2	55,28	53,61	222,81		0,30		0,33	
	F3	56,08	54,23	246,85		0,33		0,37	

Elaborado por: Luis Briones y Olger Solórzano (2022)

Área total	Hora expuestas	Factor
0,0075	744	1,1140

### 9.2.2. Determinación de la velocidad de corrosión décimo mes

En la tabla 10 se muestran los datos generales que se le realizaron a las placas de acero al carbono, para de esta manera obtener el peso promedio de las misma desde el 7 de abril del 2022 hasta el 9 de mayo del 2022, expuestas durante 33 días en la parroquia Crucita del cantón Portoviejo y poder determinar la velocidad de corrosión.

**Tabla 10. Muestras mensuales - abril 2022 velocidad de corrosión.**

Muestras mensual 7 de abril - 9 de mayo 2022									
Sitios de exposición (SE)	#.PLACA	P. Inicial	P. Final	K (gr/m <sup>2</sup> )	Prom (gr/m <sup>2</sup> )	V(gr/m <sup>2</sup> h)	Prom (gr/m <sup>2</sup> h)	V. (mm/año)	Prom. (mm/año)
SE #1	A1	56,76	55,52	166,44	180,42	0,21	0,23	0,23	0,25
	A2	56,50	55,07	191,59		0,24		0,27	
	A3	56,40	55,03	183,23		0,23		0,26	
SE #2	B1	54,51	53,37	152,28	159,42	0,19	0,20	0,21	0,22
	B2	53,95	52,72	163,56		0,21		0,23	
	B3	55,97	54,75	162,41		0,21		0,23	
SE #3	C1	55,52	53,95	208,43	223,52	0,26	0,28	0,29	0,31
	C2	52,56	50,92	219,01		0,28		0,31	
	C3	55,93	54,11	243,12		0,31		0,34	
SE #4	D1	53,95	52,12	243,68	184,96	0,31	0,23	0,34	0,26
	D2	53,94	52,18	234,19		0,30		0,33	
	D3	54,16	53,58	77,00		0,10		0,11	
SE #5	E1	56,01	53,88	282,88	252,10	0,36	0,32	0,40	0,35
	E2	53,15	50,76	317,76		0,40		0,45	
	E3	54,79	53,63	155,67		0,20		0,22	
SE #6	F1	54,71	52,72	265,55	272,19	0,34	0,34	0,37	0,38
	F2	52,9392	50,92	269,88		0,34		0,38	
	F3	57,35	55,24	281,13		0,35		0,40	

Elaborado por: Luis Briones y Olger Solorzano (2022)

Área total	Hora expuestas	Factor
0,0075	792	1,1140

### 9.2.3. Determinación de la velocidad de corrosión décimo primer mes

En la tabla 11 se muestran los datos generales que se le realizaron a las placas de acero al carbono, para de esta manera obtener el peso promedio de las misma desde el 10 de mayo del 2022 hasta el 6 de junio del 2022, expuestas durante 28 días en la parroquia Crucita del cantón Portoviejo y poder determinar la velocidad de corrosión.

**Tabla 11. Muestras mensuales – mayo 2022 velocidad de corrosión**

Muestras mensual 10 de mayo - 6 de junio 2022									
Sitios de exposición (SE)	#.PLACA	P. Inicial	P. Final	K (gr/m <sup>2</sup> )	Prom (gr/m <sup>2</sup> )	V(gr/m <sup>2</sup> h)	Prom (gr/m <sup>2</sup> h)	V. (mm/año)	Prom. (mm/año)
SE #1	A1	54,50	53,45	139,63	151,78	0,21	0,23	0,23	0,25
	A2	57,76	56,61	153,44		0,23		0,25	
	A3	58,53	57,31	162,28		0,24		0,27	
SE #2	B1	55,39	54,52	116,59	130,56	0,17	0,19	0,19	0,22
	B2	54,45	53,46	132,01		0,20		0,22	
	B3	55,57	54,51	143,07		0,21		0,24	
SE #3	C1	56,78	55,42	181,08	198,39	0,27	0,30	0,30	0,33
	C2	56,75	55,25	200,44		0,30		0,33	
	C3	55,65	54,05	213,65		0,32		0,35	
SE #4	D1	55,20	53,50	226,49	240,19	0,34	0,36	0,38	0,40
	D2	53,59	51,84	233,09		0,35		0,39	
	D3	54,58	52,62	260,97		0,39		0,43	
SE #5	E1	53,95	51,36	345,03	315,27	0,51	0,47	0,57	0,52
	E2	52,69	50,60	279,47		0,42		0,46	
	E3	54,24	51,83	321,31		0,48		0,53	
SE #6	F1	54,39	52,34	274,05	273,78	0,41	0,41	0,45	0,45
	F2	53,61	51,62	265,28		0,39		0,44	
	F3	54,23	52,11	282,00		0,42		0,47	

Elaborado por: Luis Briones y Olger Solorzano (2022)

Área total	Hora expuestas	Factor
0,0075	672	1,1140

### 9.2.1. Determinación de la velocidad de corrosión décimo segundo mes

En la tabla 12 se muestran los datos generales que se le realizaron a las placas de acero al carbono, para de esta manera obtener el peso promedio de las mismas desde el 7 de junio del 2022 hasta el 6 de julio del 2022, expuestas durante 30 días en la parroquia Crucita del cantón Portoviejo y poder determinar la velocidad de corrosión.

**Tabla 12. Muestras mensuales - junio 2022 velocidad de corrosión**

Muestras mensual 7 de junio - 6 de julio 2022									
Sitios de exposición (SE)	#.Placa	P. Inicial	P. Final	k (gr/m <sup>2</sup> )	Prom (gr/m <sup>2</sup> )	V (gr/m <sup>2</sup> .h)	Prom (gr/m <sup>2</sup> .h)	V. (mm/año)	Prom. (mm/año)
SE #1	A1	54,75	53,77	131,19	140,94	0,18	0,20	0,20	0,22
	A2	53,81	52,70	147,05		0,20		0,23	
	A3	53,73	52,65	144,57		0,20		0,22	
SE #2	B1	52,28	51,43	113,16	123,13	0,16	0,17	0,18	0,19
	B2	53,48	52,52	128,41		0,18		0,20	
	B3	51,81	50,84	127,83		0,18		0,20	
SE #3	C1	52,36	51,20	155,47	177,47	0,22	0,25	0,24	0,27
	C2	51,88	50,63	165,85		0,23		0,26	
	C3	50,38	48,79	211,09		0,29		0,33	
SE #4	D1	50,39	48,81	211,91	223,07	0,29	0,31	0,33	0,35
	D2	54,97	53,21	234,77		0,33		0,36	
	D3	54,40	52,73	222,52		0,31		0,34	
SE #5	E1	53,52	48,85	622,44	235,51	0,86	0,33	0,96	0,36
	E2	52,40	51,77	83,25		0,12		0,13	
	E3	50,64	50,63	0,83		0,00		0,00	
SE #6	F1	52,95	51,37	210,49	217,36	0,29	0,30	0,33	0,34
	F2	55,25	53,64	214,95		0,30		0,33	
	F3	54,75	53,05	226,65		0,31		0,35	

Elaborado por: Luis Briones y Olger Solorzano (2022)

Area total	Horas expuestas	Factor
0,0075	720	1,1140

### 9.2.2. Cálculos novestrales de la velocidad de corrosión.

En la tabla 13 se muestran los datos generales que se le realizaron a las placas de acero al carbono, para de esta manera obtener el peso promedio de las misma desde el 9 de julio del 2021 hasta el 6 de abril del 2022, expuestas durante 275 días en la parroquia Crucita del cantón Portoviejo y poder determinar la velocidad de corrosión.

**Tabla 13. Muestras novestrales – velocidad de corrosión.**

Muestras novestrales velocidad de corrosión									
Sitios de exposición (SE)	#.PLACA	P. Inicial	P. Final	K (gr/m <sup>2</sup> )	Prom (gr/m <sup>2</sup> )	V(gr/m <sup>2</sup> h)	Prom (gr/m <sup>2</sup> h)	V. (mm/año)	Prom. (mm/año)
SE #1	A10	62,38	54,39	1065,19	1038,55	0,16	0,16	0,18	0,18
	A11	64,46	56,36	1079,11		0,16		0,18	
	A12	64,24	56,96	971,35		0,15		0,16	
SE #2	B10	63,93	59,57	582,08	598,44	0,09	0,09	0,10	0,10
	B11	64,26	59,72	606,04		0,09		0,10	
	B12	64,46	59,91	607,21		0,09		0,10	
SE #3	C10	64,54	56,63	1054,00	1087,93	0,16	0,16	0,18	0,18
	C11	64,22	56,01	1094,07		0,17		0,18	
	C12	64,21	55,84	1115,73		0,17		0,19	
SE #4	D10	64,45	55,76	1158,61	1127,39	0,18	0,17	0,20	0,19
	D11	64,44	55,42	1201,99		0,18		0,20	
	D12	64,16	56,51	1021,57		0,15		0,17	
SE #5	E10	63,31	54,72	1143,68	1160,83	0,17	0,18	0,19	0,20
	E11	63,18	54,21	1196,73		0,18		0,20	
	E12	63,27	54,71	1142,08		0,17		0,19	
SE #6	F10	63,86	54,41	1260,67	1201,84	0,19	0,18	0,21	0,20
	F11	62,98	54,19	1171,61		0,18		0,20	
	F12	64,26	55,46	1173,24		0,18		0,20	

**Elaborado por:** Luis Briones y Olger Solorzano (2022)

Área total	Horas expuestas	Factor
0,0075	6600	1,1140

### 9.2.3. Cálculos anuales sobre la velocidad de corrosión

En la tabla 14 se muestran los datos generales que se le realizaron a las placas de acero al carbono, para de esta manera obtener el peso promedio de las mismas desde el 9 de julio del 2021 hasta el 6 de julio del 2022, expuestas durante 363 días en la parroquia Crucita del cantón Portoviejo y poder determinar la velocidad de corrosión.



**Tabla 14. Muestras anuales – velocidad de corrosión**

**9.3. Factores que influyen en la deposición de iones cloruros y velocidad de corrosión.**

En las siguientes tablas anexadas se muestran las temperaturas, humedad relativa y velocidad del viento que se presentaron durante el tiempo de haber estado expuestos los captadores en los soportes atmosféricos en la parroquia Crucita, cantón Portoviejo.

Muestras Anual velocidad de corrosión									
Sitios de exposición (SE)	#.PLACA	P. Inicial	P. Final	K (gr/m <sup>2</sup> )	Prom (gr/m <sup>2</sup> )	V(gr/m <sup>2</sup> h)	Prom (gr/m <sup>2</sup> h)	V. (mm/año)	Prom. (mm/año)
SE #1	A13	64,48	53,41	1476,52	1293,36	0,17	0,15	0,19	0,17
	A14	64,36	55,45	1189,15		0,14		0,15	
	A15	64,43	55,32	1214,40		0,14		0,16	
SE #2	B13	64,10	59,16	658,53	708,98	0,08	0,08	0,08	0,09
	B14	63,80	58,52	703,83		0,08		0,09	
	B15	63,90	58,16	764,57		0,09		0,10	
SE #3	C13	64,01	54,44	1275,99	1259,69	0,15	0,58	0,16	0,65
	C14	61,01	51,82	1223,53		0,14		0,16	
	C15	64,24	54,64	1279,55		1,46		1,63	
SE #4	D13	64,16	54,87	1238,95	1303,52	0,14	0,15	0,16	0,17
	D14	64,43	52,14	1638,67		0,19		0,21	
	D15	63,60	55,85	1032,93		0,12		0,13	
SE #5	E13	63,08	52,92	1354,73	1267,12	0,16	0,15	0,17	0,16
	E14	63,22	52,94	1370,51		0,16		0,18	
	E15	63,08	55,01	1076,12		0,12		0,14	
SE #6	F13	64,18	53,44	1431,43	1412,93	0,16	0,16	0,18	0,18
	F14	64,41	53,60	1441,52		0,17		0,18	
	F15	61,14	50,89	1365,84		0,16		0,17	

Elaborado por: Luis Briones y Olger Solorzano (2022)

Área total	Horas expuestas	Factor
0,0075	8712	1,1140

### 9.3.1. Datos sobre la temperatura mensuales.

En la tabla 15 se muestran los datos de temperatura desde el 7 de marzo del 2022 hasta el 6 de abril del 2022, durante 31 días de exposición de las muestras, en la parroquia Crucita, cantón Portoviejo.

**Tabla 15. Temperaturas extremas 7 marzo- 6 abril 2022**

<b>Humedad relativa 7 de marzo hasta el 6 de abril del 2022</b>	
<b>Días</b>	<b>Promedio</b>
7	75
8	84
9	83
10	82
11	79
12	79
13	81
14	78
15	76
16	85
17	83
18	86
19	86
20	80
21	89
22	83
23	88
24	88
25	89
26	90
27	83
28	86
29	88
30	86
31	86
1	84
2	85
3	86
4	84
5	85
6	86
<b>Total</b>	<b>2603</b>
<b>Promedio</b>	<b>83,97</b>
<b>Días de muestras</b>	<b>31</b>

**Nota:** Datos obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología Hidrología (INAMHI- Portoviejo)

**Elaborado por:** Luis Briones y Olger Solórzano (2022)

En la tabla 16 se muestran los datos de temperatura desde el 7 de abril al 9 de mayo del 2022, durante 33 días de exposición de las muestras, en la parroquia Crucita, cantón Portoviejo.

**Tabla 16. Temperaturas extremas 7 abril – 9 mayo 2022**

<b>Temperaturas extremas 7 abril hasta el 9 de mayo del 2022</b>			
<b>Días</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Media</b>
7	33,4	22,6	28,0
8	32,5	22,4	27,5
9	33,0	22,0	27,5
10	30,5	22,6	26,6
11	32,3	22,8	27,6
12	30,6	22,6	26,6
13	31,0	22,1	26,6
14	31,0	22,0	26,5
15	34,5	21,6	28,1
16	32,5	21,6	27,1
17	32,5	22,0	27,3
18	33,9	22,3	28,1
19	31,8	22,0	26,9
20	28,2	23,4	25,8
21	32,6	22,6	27,6
22	32,0	22,1	27,1
23	31,5	21,6	26,6
24	32,0	22,2	27,1
25	32,0	23,4	27,7
26	32,0	23,8	27,9
27	33,4	22,1	27,8
28	28,1	22,8	25,5
29	32,0	23,0	27,5
30	32,5	21,0	26,8
1	30,5	21,6	26,1
2	31,5	22,2	26,9
3	29,7	22,8	26,3
4	30,2	21,7	26,0
5	33,5	21,7	27,6
6	30,5	22,0	26,3
7	30,3	23,0	26,7
8	29,0	21,0	25,0
9	32,8	21,8	27,3
<b>Total</b>	<b>1043,8</b>	<b>734,4</b>	<b>889,1</b>
<b>Promedio</b>	<b>31,6</b>	<b>22,3</b>	<b>26,9</b>
<b>Días de muestras</b>	<b>33,0</b>	<b>33,0</b>	<b>33,0</b>

**Nota:** Datos obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología Hidrología (INAMHI- Portoviejo)

**Elaborado por:** Luis Briones y Olger Solórzano (2022)

En la tabla 17 se muestran los datos de temperatura desde el 10 de mayo al 6 de junio del 2022, durante 28 días de exposición de las muestras, en la parroquia Crucita, cantón Portoviejo.

**Tabla 17. Temperaturas extremas 10 mayo – 6 junio 2022**

<b>Temperaturas extremas del 10 de mayo hasta el 6 junio del 2022</b>			
<b>Días</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Media</b>
<b>10</b>	27,0	22,0	24,5
<b>11</b>	32,5	21,8	27,2
<b>12</b>	30,5	23,0	26,8
<b>13</b>	30,8	23,0	26,9
<b>14</b>	30,5	22,2	26,4
<b>15</b>	30,0	22,0	26,0
<b>16</b>	30,6	21,6	26,1
<b>17</b>	30,0	23,0	26,5
<b>18</b>	29,0	22,0	25,5
<b>19</b>	32,0	21,2	26,6
<b>20</b>	30,0	22,2	26,1
<b>21</b>	29,2	22,0	25,6
<b>22</b>	30,0	22,0	26,0
<b>23</b>	30,0	21,0	25,5
<b>24</b>	30,5	21,2	25,9
<b>25</b>	31,0	21,8	26,4
<b>26</b>	28,4	21,4	24,9
<b>27</b>	28,0	22,4	25,2
<b>28</b>	32,0	20,0	26,0
<b>29</b>	31,5	20,0	25,8
<b>30</b>	28,9	21,6	25,3
<b>31</b>	31,1	21,4	26,3
<b>1</b>	33,7	20,9	27,3
<b>2</b>	33,6	20,0	26,8
<b>3</b>	27,0	20,2	23,6
<b>4</b>	26,7	20,6	23,7
<b>5</b>	31,0	20,0	25,5
<b>6</b>	26,1	20,8	23,5
<b>Total</b>	841,6	601,3	721,5
<b>Promedio</b>	30,1	21,5	25,8
<b>Días de muestras</b>	28,0	28,0	28,0

**Nota.** Datos obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología Hidrología (INAMHI- Portoviejo)

**Elaborado por:** Luis Briones y Olger Solórzano (2022)

En la tabla 18 se muestran los datos de temperatura desde el 7 junio del 2022 hasta el 6 de julio del 2022, durante 30 días de exposición de las muestras, en la parroquia Crucita, cantón Portoviejo.

**Tabla 18. Temperaturas extremas 7 junio – 6 julio 2022**

<b>Temperaturas extremas del 7 de junio hasta el 6 julio del 2022</b>			
<b>Días</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Media</b>
<b>7</b>	28,8	20,8	24,8
<b>8</b>	26,2	20,4	23,3
<b>9</b>	29,2	21,0	25,1
<b>10</b>	29,2	22,2	25,7
<b>11</b>	29,6	21,2	25,4
<b>12</b>	30,5	21,6	26,1
<b>13</b>	27,2	21,8	24,5
<b>14</b>	26,7	21,8	24,3
<b>15</b>	30,4	21,2	25,8
<b>16</b>	32,5	19,6	26,1
<b>17</b>	27,6	20,8	24,2
<b>18</b>	29,5	21,0	25,3
<b>19</b>	32,0	20,0	26,0
<b>20</b>	30,2	21,4	25,8
<b>21</b>	26,2	20,4	23,3
<b>22</b>	26,3	20,8	23,6
<b>23</b>	31,0	20,8	25,9
<b>24</b>	30,5	20,0	25,3
<b>25</b>	32,0	20,5	26,3
<b>26</b>	27,0	20,6	23,8
<b>27</b>	27,0	20,6	23,8
<b>28</b>	29,2	20,6	24,9
<b>29</b>	29,0	20,6	24,8
<b>30</b>	26,0	20,7	23,4
<b>1</b>	28,5	19,6	24,1
<b>2</b>	29,7	21,0	25,4
<b>3</b>	26,8	20,0	23,4
<b>4</b>	28,7	20,2	24,5
<b>5</b>	31,4	20,2	25,8
<b>6</b>	27,5	21,7	24,6
<b>Total</b>	<b>866,4</b>	<b>623,1</b>	<b>744,8</b>
<b>Promedio</b>	<b>28,9</b>	<b>20,8</b>	<b>24,8</b>
<b>Días de muestras</b>	<b>30,0</b>	<b>30,0</b>	<b>30,0</b>

**Elaborado por:** Luis Briones y Olger Solórzano (2022)

Datos obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología Hidrología (INAMHI- Portoviejo)

### 9.3.2. Datos sobre la Humedad relativa mensual

En la tabla 19 se muestran datos de temperatura desde el 7 de marzo hasta el 6 de abril del 2022, durante 31 días de exposición de las muestras, en la parroquia Crucita, cantón Portoviejo.

**Tabla 19. Humedad relativa 7 marzo -6 abril 2022**

<b>Humedad relativa 7 de marzo hasta el 6 de abril del 2022</b>	
<b>Días</b>	<b>Promedio</b>
7	75
8	84
9	83
10	82
11	79
12	79
13	81
14	78
15	76
16	85
17	83
18	86
19	86
20	80
21	89
22	83
23	88
24	88
25	89
26	90
27	83
28	86
29	88
30	86
31	86
1	84
2	85
3	86
4	84
5	85
6	86
<b>Total</b>	<b>2603</b>
<b>Promedio</b>	<b>83,97</b>
<b>Días de muestras</b>	<b>31</b>

**Nota:** Datos obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología Hidrología (INAMHI- Portoviejo)

**Elaborado por:** Luis Briones y Olger Solorzano (2022)

En la tabla 20 se muestran los datos de temperatura desde el 7 abril hasta el 9 de mayo del 2022, durante 33 días de exposición de las muestras, en la parroquia Crucita, cantón Portoviejo.

**Tabla 20. Humedad relativa 7 abril – 9 mayo 2022**

<b>Humedad relativa 7 de abril hasta el 9 mayo del 2022</b>	
<b>Días</b>	<b>Promedio</b>
7	84
8	83
9	82
10	85
11	83
12	85
13	82
14	88
15	81
16	81
17	85
18	80
19	84
20	91
21	85
22	82
23	85
24	85
25	84
26	85
27	82
28	85
29	85
30	83
1	86
2	86
3	86
4	85
5	80
6	86
7	88
8	89
9	81
<b>Total</b>	<b>2782</b>
<b>Promedio</b>	<b>84,30</b>
<b>Días de muestras</b>	<b>33</b>

**Nota.** Datos obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología Hidrología (INAMHI- Portoviejo)

**Elaborado por:** Luis Briones y Olger Solorzano (2022)

En la tabla 21 se muestran los datos de temperatura desde el 10 de mayo del 2022 hasta el 6 de junio del 2022, durante 28 días de exposición de las muestras, en la parroquia Crucita, cantón Portoviejo.

**Tabla 21. Humedad relativa 10 mayo – 6 junio 2022**

<b>Humedad relativa 10 mayo hasta 6 de junio del 2022</b>	
<b>Días</b>	<b>Promedio</b>
<b>10</b>	85
<b>11</b>	83
<b>12</b>	86
<b>13</b>	86
<b>14</b>	88
<b>15</b>	85
<b>16</b>	85
<b>17</b>	87
<b>18</b>	86
<b>19</b>	84
<b>20</b>	86
<b>21</b>	92
<b>22</b>	84
<b>23</b>	84
<b>24</b>	83
<b>25</b>	82
<b>26</b>	85
<b>27</b>	90
<b>28</b>	84
<b>29</b>	84
<b>30</b>	85
<b>31</b>	84
<b>1</b>	80
<b>2</b>	81
<b>3</b>	90
<b>4</b>	85
<b>5</b>	81
<b>6</b>	87
<b>Total</b>	2382
<b>Promedio</b>	85,1
<b>Días de muestras</b>	28

**Nota:** Datos obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología Hidrología (INAMHI- Portoviejo)

**Elaborado por:** Luis Briones y Olger Solórzano (2022)



En la tabla 22 se muestran los datos de temperatura desde el 7 junio al 6 de julio del 2022, durante 30 días de exposición de las muestras, en la parroquia Crucita, cantón Portoviejo.

**Tabla 22. Humedad relativa 7 junio – 6 julio 2022**

<b>Humedad relativa 7 junio hasta 6 de julio del 2022</b>	
<b>Días</b>	<b>Promedio</b>
7	84
8	91
9	86
10	83
11	83
12	80
13	84
14	85
15	84
16	82
17	84
18	83
19	79
20	83
21	89
22	88
23	82
24	78
25	81
26	88
27	86
28	85
29	87
30	87
1	84
2	79
3	83
4	83
5	81
6	86
<b>Total</b>	<b>2518</b>
<b>Promedio</b>	<b>83,9</b>
<b>Días de muestras</b>	<b>30</b>

**Nota:** Datos obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología Hidrología (INAMHI- Portoviejo)

**Elaborado por:** Luis Briones y Olger Solórzano (2022)

### 9.3.3. Datos sobre la velocidad del viento mensual

La tabla 23 muestra los datos de temperatura desde el 7 de hasta el 6 de abril del 2022, durante 31 días de exposición de las muestras, en la parroquia Crucita, cantón Portoviejo.

**Tabla 23. Velocidad del viento 7 marzo -6 abril 2022**

<b>Velocidad del viento (m/s) 7 de marzo hasta el 6 de abril del 2022</b>	
<b>Días</b>	<b>Promedio - viento m/s</b>
7	2
8	1
9	3
10	2
11	2
12	1
13	1
14	1
15	1
16	2
17	1
18	2
19	1
20	2
21	1
22	1
23	1
24	1
25	1
26	1
27	2
28	2
29	2
30	1
31	1
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	1
<b>Total</b>	<b>42</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,35</b>
<b>Días de muestras</b>	<b>31</b>

**Nota:** Datos obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología Hidrología (INAMHI- Portoviejo)

**Elaborado por:** Luis Briones y Olger Solórzano (2022)

En la tabla 24 se muestran los datos de temperatura desde el 7 abril del 2022 hasta el 9 de mayo del 2022, durante 33 días de exposición de las muestras, en la parroquia Crucita, cantón Portoviejo.

**Tabla 24. Velocidad del viento 7 abril – 9 mayo 2022**

<b>Velocidad del viento (m/s) 7 de abril hasta el 9 de mayo del 2022</b>	
<b>Días</b>	<b>Promedio - viento m/s</b>
7	2
8	1
9	1
10	3
11	1
12	1
13	2
14	1
15	1
16	2
17	1
18	1
19	2
20	1
21	2
22	2
23	2
24	3
25	1
26	2
27	2
28	1
29	2
30	2
1	1
2	2
3	1
4	1
5	2
6	1
7	1
8	1
9	2
<b>Total</b>	<b>51</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,55</b>
<b>Días de muestras</b>	<b>33</b>

**Nota:** Datos obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología Hidrología (INAMHI- Portoviejo)

**Elaborado por:** Luis Briones y Olger Solórzano (2022)

En la tabla 25 se muestran los datos de temperatura desde el 10 de mayo del 2022 hasta el 6 de junio del 2022, durante 28 días de exposición de las muestras, en la parroquia Crucita, cantón Portoviejo.

**Tabla 25. Velocidad del viento 10 mayo – 6 junio 2022**

<b>Velocidad del viento (m/s) 10 mayo hasta el 6 de junio del 2022</b>	
<b>Días</b>	<b>Promedio - viento m/s</b>
<b>10</b>	1
<b>11</b>	2
<b>12</b>	1
<b>13</b>	1
<b>14</b>	1
<b>15</b>	2
<b>16</b>	2
<b>17</b>	1
<b>18</b>	1
<b>19</b>	2
<b>20</b>	3
<b>21</b>	1
<b>22</b>	2
<b>23</b>	2
<b>24</b>	2
<b>25</b>	2
<b>26</b>	2
<b>27</b>	1
<b>28</b>	3
<b>29</b>	2
<b>30</b>	1
<b>31</b>	2
<b>1</b>	2
<b>2</b>	2
<b>3</b>	1
<b>4</b>	1
<b>5</b>	2
<b>6</b>	2
<b>Total</b>	47
<b>Promedio</b>	1,7
<b>Días de muestras</b>	28

**Nota:** Datos obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología Hidrología (INAMHI- Portoviejo)

**Elaborado por:** Luis Briones y Olger Solórzano (2022)

En la tabla 26 se muestran los datos de temperatura desde el 7 junio hasta el 6 de julio del 2022, durante 30 días de exposición de las muestras, en la parroquia Crucita, cantón Portoviejo.

**Tabla 26. Velocidad del viento 7 junio – 6 julio 2022**

<b>Velocidad del viento (m/s) 7 junio del 2022 hasta el 6 de julio del 2022</b>	
<b>Días</b>	<b>Promedio - viento m/s</b>
7	2
8	2
9	1
10	1
11	1
12	1
13	1
14	2
15	1
16	1
17	3
18	2
19	2
20	2
21	1
22	1
23	1
24	2
25	2
26	2
27	1
28	1
29	1
30	2
1	2
2	2
3	1
4	1
5	2
6	2
<b>Total</b>	<b>46</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,5</b>
<b>Días de muestras</b>	<b>30</b>

**Elaborado por:** Luis Briones y Olger Solórzano (2022)

Datos obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología Hidrología (INAMHI- Portoviejo)

## 10. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 10.1.1. Resultados de deposición de iones cloruros fase 3

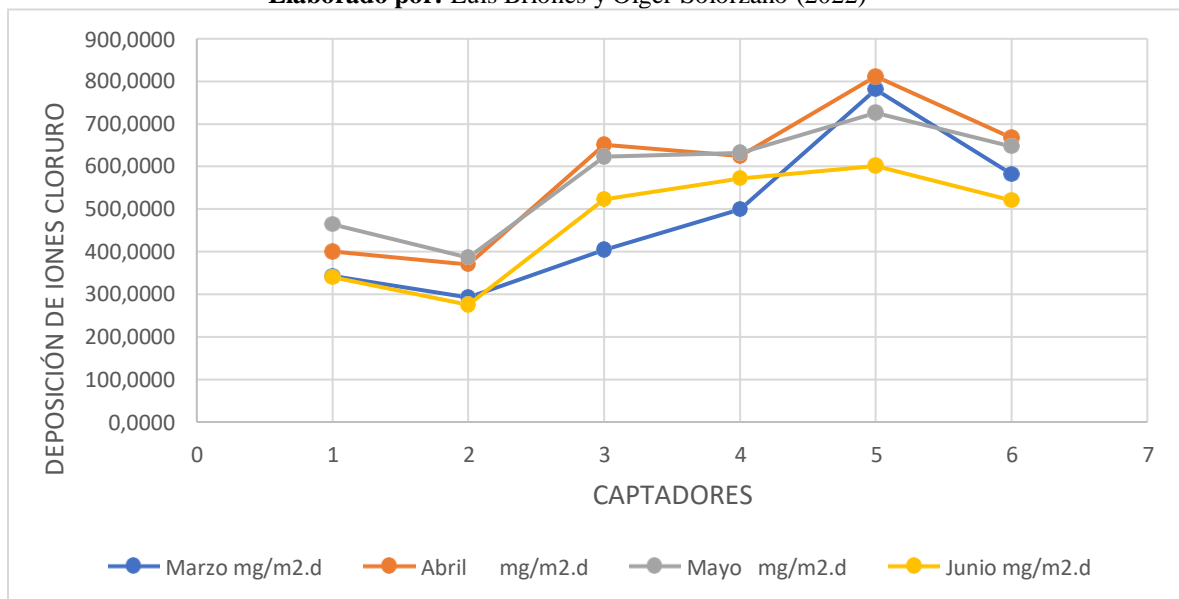
*Tabla 27. Resultados de deposición de iones cloruros fase 3 mg/m<sup>2</sup>. d*

RESULTADOS DE LOS 4 MESES DE ESTUDIO				
Sitios de exposición	Marzo mg/m <sup>2</sup> .d	Abril mg/m <sup>2</sup> .d	Mayo mg/m <sup>2</sup> .d	Junio mg/m <sup>2</sup> .d
1	342,849	400,440	463,604	339,817
2	292,256	369,598	386,138	275,302
3	403,669	651,220	622,708	523,352
4	498,935	624,423	632,242	593,986
5	498,935	811,497	725,797	506,667
6	796,574	666,388	646,543	520,015

Elaborado por: Luis Briones y Olger Solorzano (2022)

*Gráfica 1. Curvas mensuales de deposición de iones cloruros fase 3*

Elaborado por: Luis Briones y Olger Solórzano (2022)



En la gráfica 1 se muestra los diferentes sitios de exposición de la deposición de iones cloruros a determinadas distancias de la zona de estudio en la parroquia Crucita, cantón Portoviejo, expuestas durante los meses de marzo, abril, mayo y junio del 2022, obteniendo una mayor deposición de iones cloruros durante el mes de abril.

Se puede observar en el gráfico, que los meses de abril y mayo sobrepasan en los puntos comparado con los meses de marzo y junio, ya que en los meses donde hay más cantidades de iones cloruros son afectados por la humedad relativa que se lo describe como uno de los agentes corrosivos atmosférico.

### 10.1.2. Resultados mensuales del año de estudio de deposición de iones cloruros

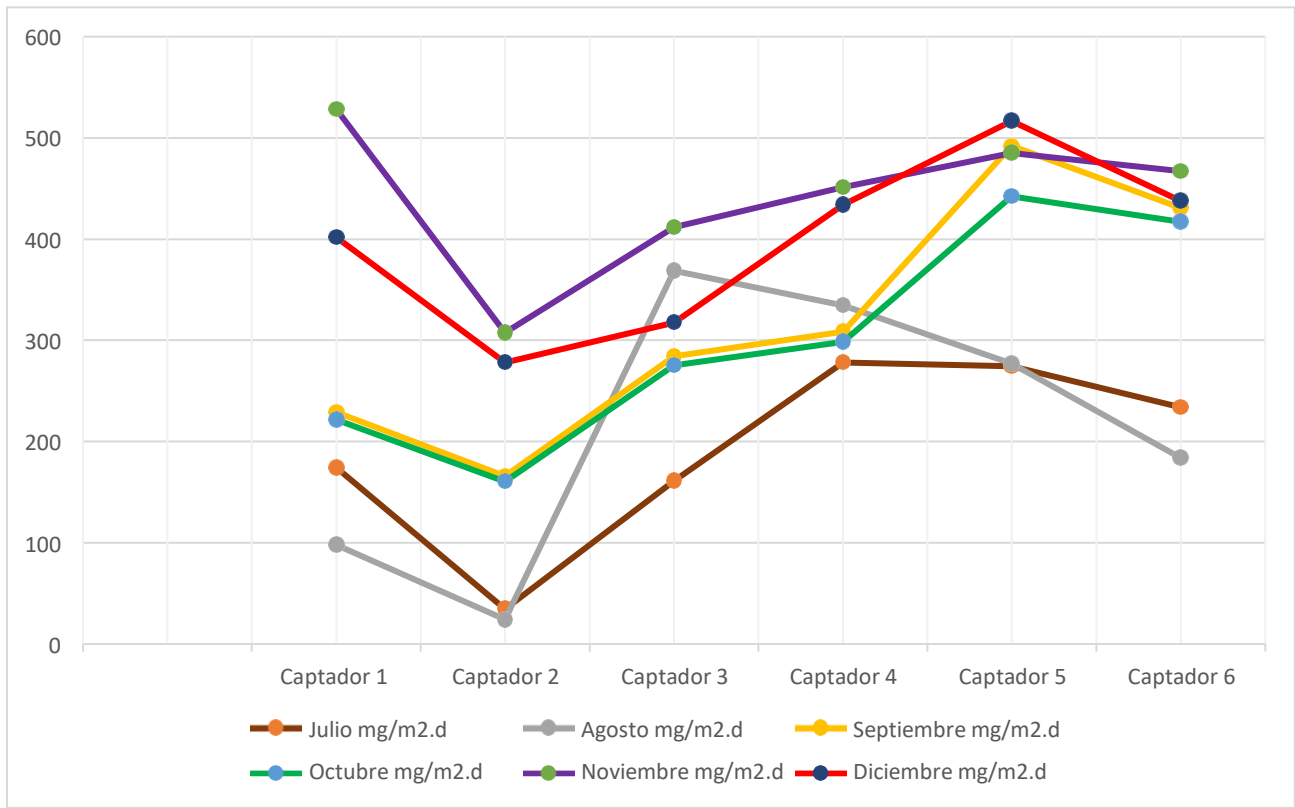
*Tabla 28. Resultados mensuales anuales de estudio de deposición de iones cloruros mg/m<sup>2</sup>. d*

<b>Resultados de los 12 meses de la deposición de iones cloruros</b>						
<b>Meses de estudio (mg/m<sup>2</sup>.d)</b>	<b>SE # 1</b>	<b>SE # 2</b>	<b>SE # 3</b>	<b>SE # 4</b>	<b>SE # 5</b>	<b>SE # 6</b>
Julio 2021	174,33	34,52	161,10	278,06	274,27	233,99
Agosto	97,78	24,22	368,68	334,60	277,19	183,89
Septiembre	228,96	165,92	284,57	308,67	492,21	431,03
Octubre	221,57	160,57	275,39	298,72	442,24	417,13
Noviembre	528,36	307,69	411,74	451,21	485,30	467,36
Diciembre	401,88	278,08	317,55	434,17	516,70	437,76
Enero 2022	279,01	201,15	345,75	362,44	377,27	380,97
Febrero	422,69	309,60	485,72	457,91	337,41	608,08
Marzo	342,85	292,26	403,67	498,94	780,43	581,28
Abril	400,44	369,60	651,22	624,42	811,50	666,39
Mayo	463,60	386,14	622,71	632,24	725,80	646,54
Junio	339,82	275,30	523,35	571,74	601,22	520,02

Se llevó a cabo este estudio la deposición de iones cloruros en tres fases lo cual constaba de cuatro meses de estudio por cada fase. La fase uno realizo los estudios desde el mes de julio hasta octubre del 2021, la fase dos realizo los estudios desde el mes de noviembre del 2021 hasta el mes de febrero del 2022 y la fase tres que nos correspondían la realizamos desde el mes de marzo hasta junio del 2022.

Obteniendo así los resultados anteriormente mostrados en la tabla 28 donde podemos observar cada uno de sus valores de la deposición de iones cloruros con su respectivo mes y zona de estudio en la línea costera de la parroquia Crucita.

**Gráfica 2. Curvas del primer semestre de estudio deposición de iones cloruros**



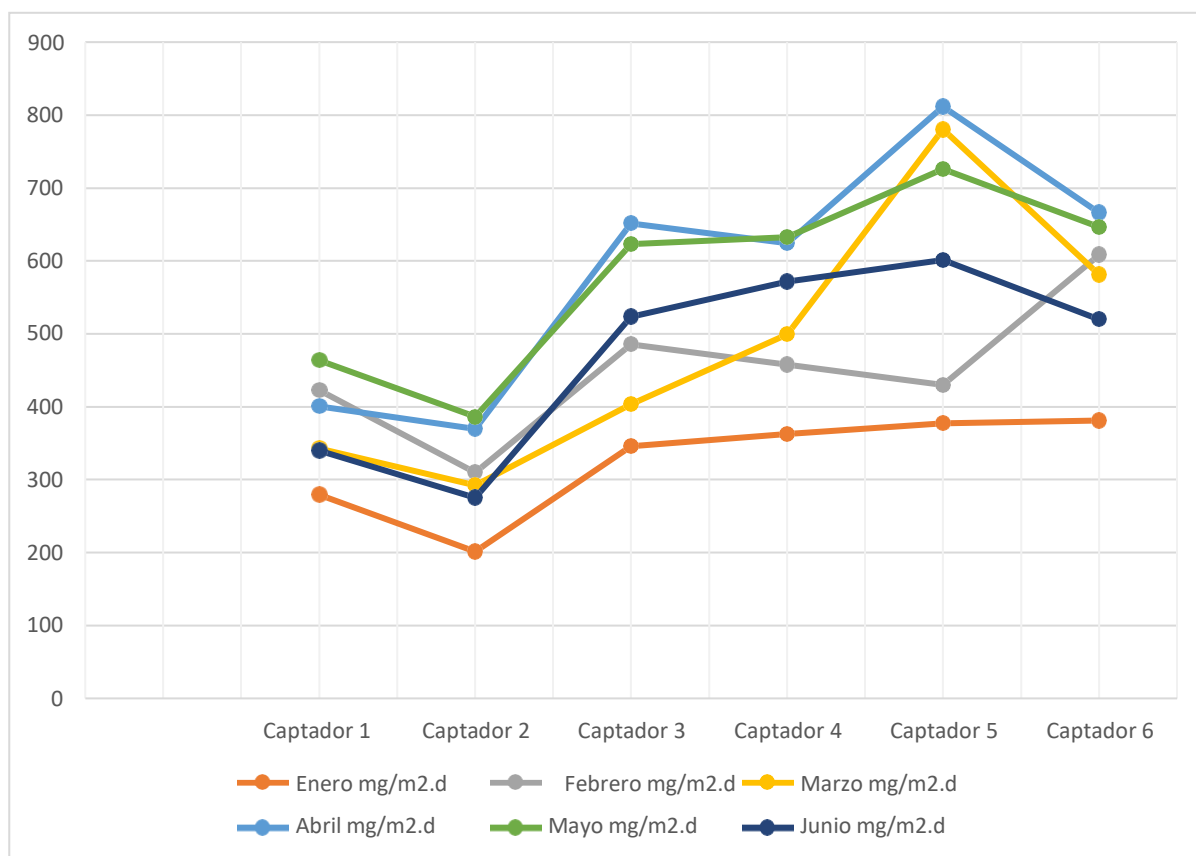
**Elaborado por:** Luis Briones y Olger Solórzano (2022)

En la gráfica 2 expuesta en la parte superior se detallan los diferentes sitios de exposición para la deposición de iones cloruros a determinadas distancias de la zona de estudio en la parroquia Crucita, cantón Portoviejo, expuestas durante los meses de julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre, y diciembre del 2021, obteniendo un mayor número de iones cloruros durante el mes de noviembre.

Como se puede observar en el gráfico hay un cambio brusco en la deposición de iones cloruro en los captadores 3, 4 y 5, que es afectado por la humedad relativa que se lo describe como uno de los agentes corrosivos atmosféricos, pero podemos determinar que el mes de noviembre tuvo un fuerte impacto en la zona.



**Gráfica 3. Curvas segundo semestre de estudio deposición de iones cloruros**



**Elaborado por:** Luis Briones y Olger Solórzano (2022)

En la gráfica 3 presentada en la parte superior se muestra los diferentes sitios de exposición de la deposición de iones cloruros a determinadas distancias de la zona de estudio en la parroquia Crucita, cantón Portoviejo, expuestas durante los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio del 2022, obteniendo un mayor número de deposición de iones cloruros durante el mes de abril.

Se puede observar en el gráfico, que los meses de abril y mayo sobrepasan en los puntos comparado con los meses de enero, febrero, marzo y junio, ya que en los meses donde hay más cantidades de iones cloruros son afectado por la humedad relativa que se lo describe como uno de los agentes corrosivos atmosférico, podemos determinar que en los meses de abril y mayo tuvo un fuerte impacto en la zona.

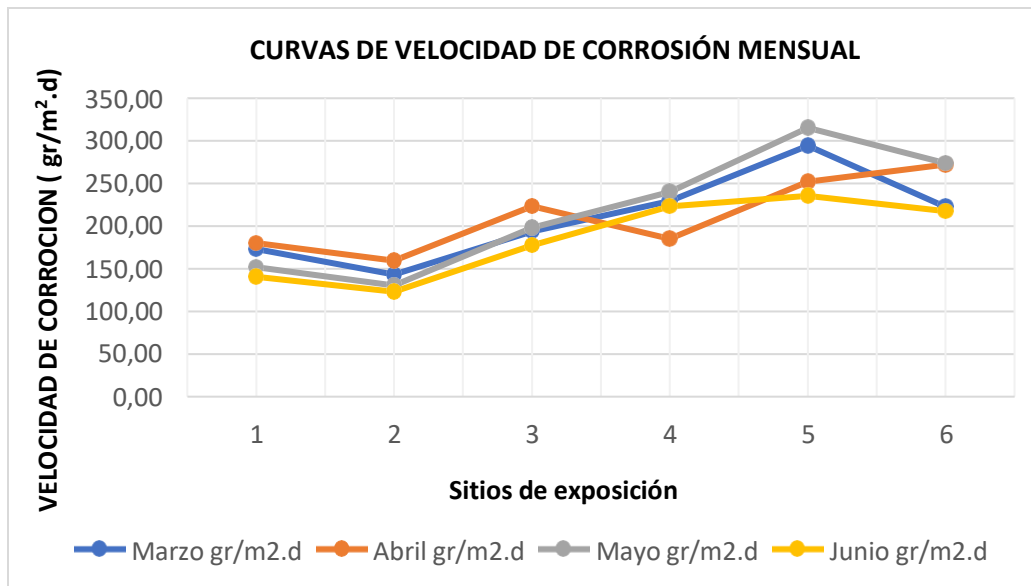
### 10.1.3. Resultados mensuales sobre la velocidad de corrosión fase 3

Tabla 29. Resultados mensuales sobre velocidad de corrosión fase 3

Resultados mensuales sobre la velocidad de corrosión				
Sitios de exposición	Marzo gr/m <sup>2</sup> .d	Abril gr/m <sup>2</sup> .d	Mayo gr/m <sup>2</sup> .d	Junio gr/m <sup>2</sup> .d
1	173,08	180,42	151,78	140,94
2	143,24	159,42	130,56	123,13
3	194,12	223,52	198,39	177,47
4	229,68	184,96	240,19	223,07
5	294,32	252,10	315,27	235,51
6	222,86	272,19	273,78	217,36

Elaborado por: Luis Briones y Olger Solorzano (2022)

Gráfica 4. Curvas de velocidad de corrosión mensuales fase 3



Elaborado por: Luis Briones y Olger Solórzano (2022)

En la gráfica 4 se muestra los diferentes sitios de exposición de la velocidad de corrosión a determinadas distancias de la zona de estudio en el cantón Portoviejo, parroquia Crucita durante los meses de marzo, abril, mayo y junio del 2022, obteniendo una mayor velocidad de corrosión durante el mes de mayo en el soporte atmosférico 5, debido a la afectación directa de los factores tales como: la humedad relativa, velocidad del viento y temperatura.

#### 10.1.4. Resultados mensuales del año de estudio de velocidad de corrosión

*Tabla 30. Resultados mensuales del año de estudios de velocidad de corrosión gr/m<sup>2</sup>. d*

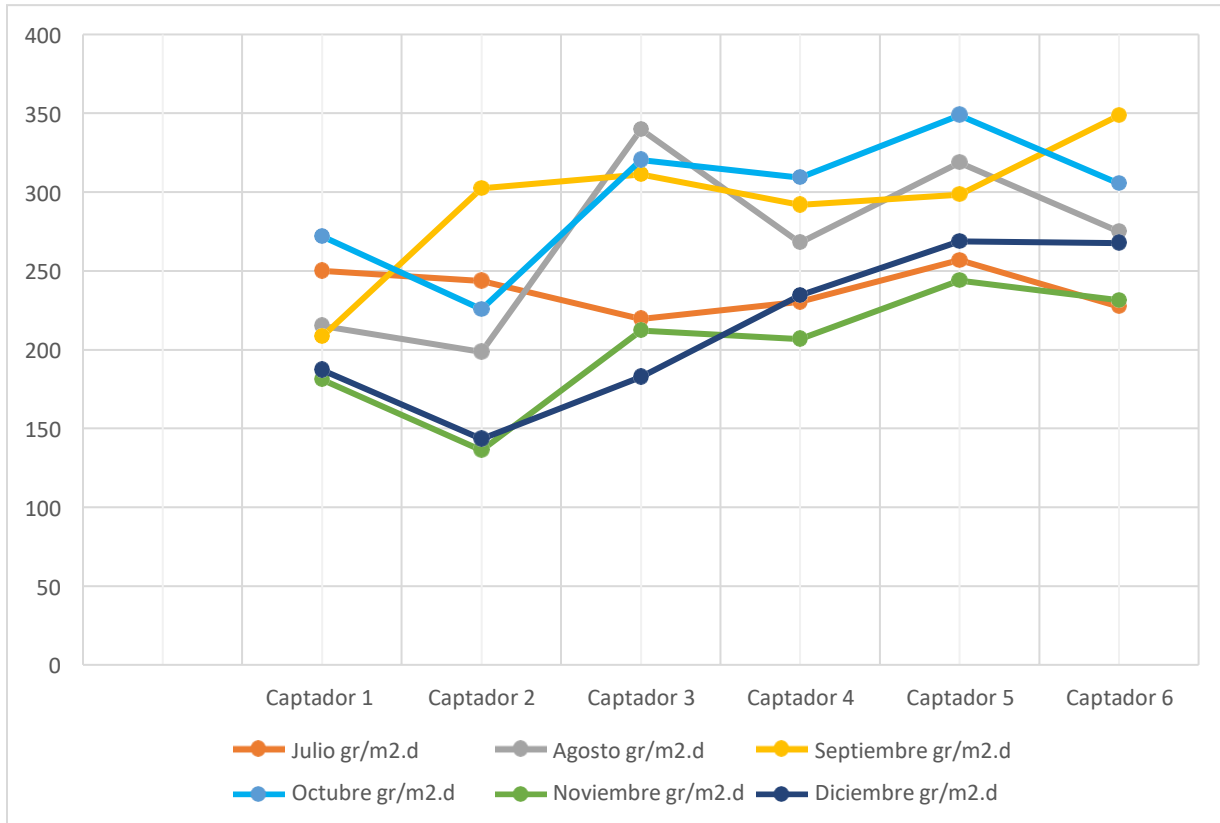
Resultados de los 12 meses de estudio de la velocidad de corrosión						
Meses de estudios ( gr/m <sup>2</sup> .d)	SE # 1	SE # 2	SE # 3	SE # 4	SE # 5	SE # 6
Julio 2021	250,11	243,37	219,36	230,40	256,79	227,37
Agosto	215,17	198,57	339,75	267,82	318,72	274,83
Septiembre	208,21	302,36	311,14	291,90	298,50	348,54
Octubre	271,96	225,62	320,18	309,11	348,64	305,52
Noviembre	181,02	136,09	212,08	206,52	243,80	231,45
Diciembre	186,87	143,28	182,74	234,44	268,65	267,57
Enero 2022	140,86	112,92	180,60	211,96	260,29	258,72
Febrero	137,66	142,01	150,57	157,71	202,48	170,74
Marzo	173,08	143,24	194,12	229,68	294,32	222,86
Abril	180,42	159,42	223,52	184,96	252,10	272,19
Mayo	151,78	130,56	198,39	240,19	315,27	273,78
Junio	140,94	123,13	177,47	223,07	235,51	217,36

**Elaborado por:** Luis Briones y Olger Solórzano (2022)

Se llevó a cabo este estudio de la velocidad de corrosión en 3 fase lo cual constaba de cuatro meses de estudio por cada fase. La fase 1 realizo los estudios desde el mes de julio hasta octubre del 2021, la fase 2 realizo los estudios desde el mes de noviembre del 2021 hasta el mes de febrero del 2022 y la fase 3 que nos correspondían la realizamos desde el mes de marzo hasta junio del 2022.

Obteniendo así los resultados anteriormente mostrado en la tabla 30 donde podemos observar cada uno de sus valores de la velocidad de corrosión con su respectivo mes y zona de estudio en la línea costera de la parroquia Crucita.

**Gráfica 5. Curvas segundo semestre de estudio de la velocidad de corrosión**

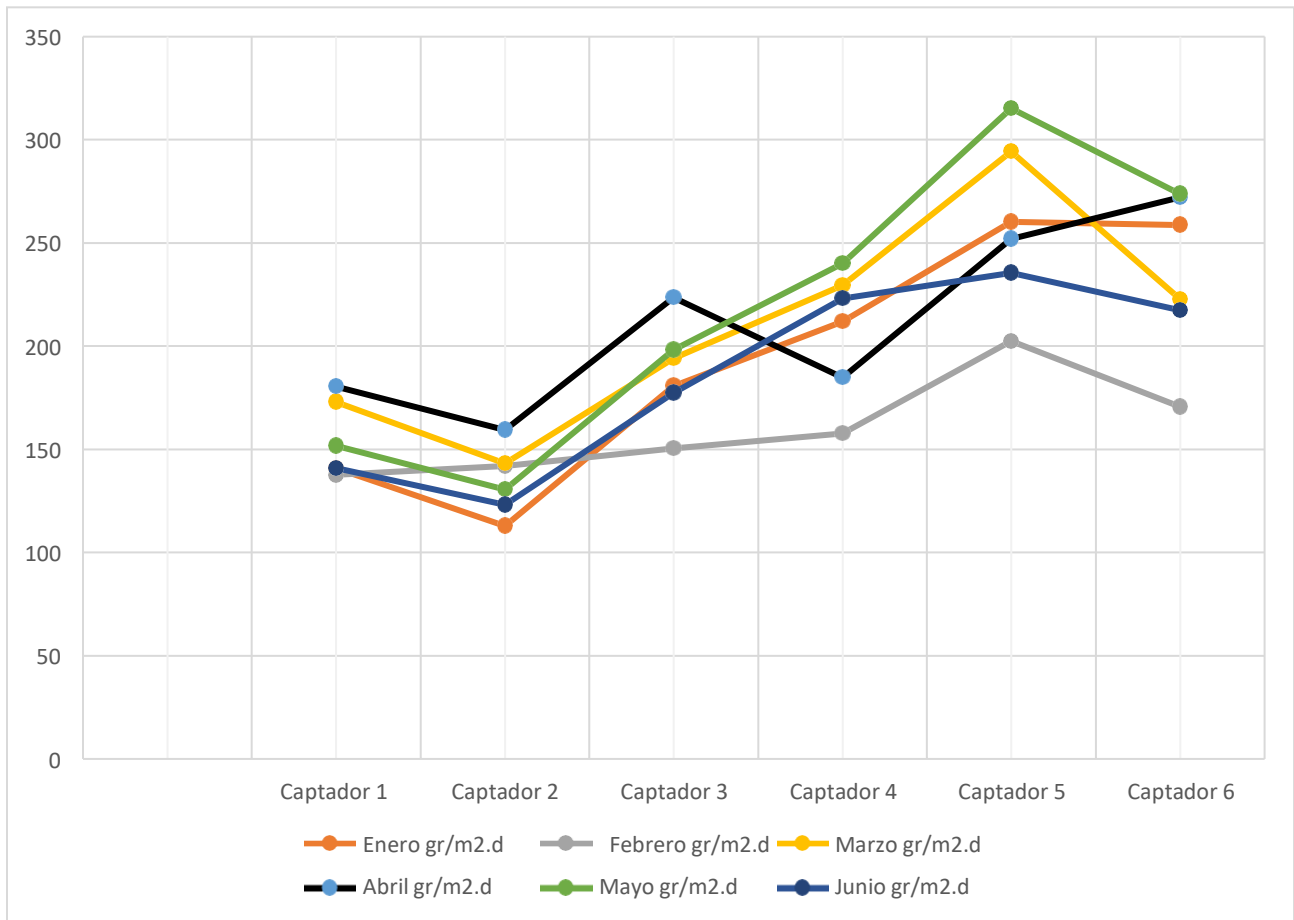


**Elaborado por:** Luis Briones y Olger Solórzano (2022)

En la gráfica se muestra los diferentes sitios de exposición de la velocidad de corrosión a determinadas distancias de la zona de estudio en el cantón Portoviejo, parroquia Crucita durante los meses de julio, agosto y septiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2021, obteniendo una mayor velocidad de corrosión durante el mes de septiembre en el sitio de exposición 6, debido a la afectación directa de los factores tales como: la humedad relativa, velocidad del viento y temperatura.

Comparado con la gráfica 2 de la obtención de la deposición de iones cloruros, la gráfica 5 de la velocidad de corrosión muestra un comportamiento similar, donde podemos observar que en tres de los seis meses se presenta el cambio brusco en los sitios de exposición 3, 4 y 5.

**Gráfica 6. Curvas segundo semestre de estudio de la velocidad de corrosión**



**Elaborado por:** Luis Briones y Olger Solórzano (2022)

En la gráfica se muestra los diferentes sitios de exposición de velocidad de corrosión a determinadas distancias de la zona de exposición en el cantón Portoviejo, parroquia Crucita durante los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio del 2022, obteniendo una mayor velocidad de corrosión durante el mes de mayo en el sitio de exposición 5, Debido a la afectación directa de los factores tales como: la humedad relativa, velocidad del viento y temperatura.

Comparado con la gráfica 3 de la obtención de iones cloruros, la gráfica 6 de la velocidad de corrosión muestra un comportamiento similar, donde podemos observar que en tres de los seis meses se presenta el cambio brusco en los sitios de exposición 3, 4 y 5.

### 10.1.5. Resultados trimestrales de la velocidad de corrosión

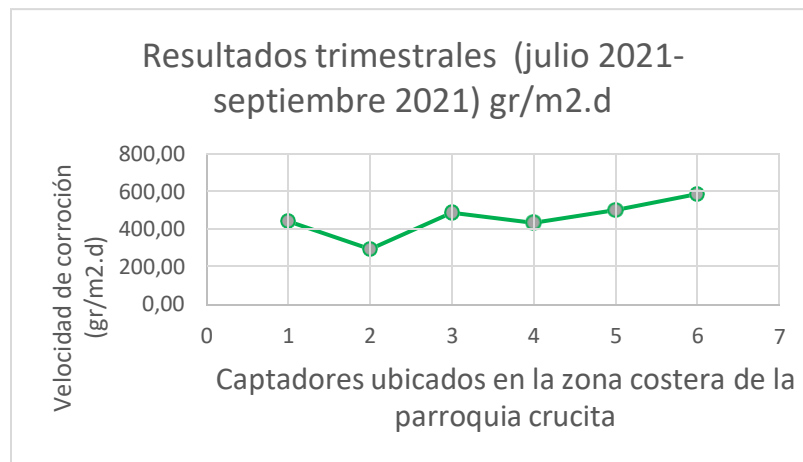
**Tabla 31. Resultados trimestrales velocidad de corrosión**

Resultados trimestrales velocidad de corrosión	
Sitios de exposición	Resultados trimestrales (julio 2021-septiembre 2021) gr /m <sup>2</sup> .d
1	440,76
2	291,64
3	486,39
4	430,91
5	499,89
6	584,64

**Elaborado por:** Bryan Alcivar y Luis Vera (2021)

En la tabla 31 se muestran los valores del primer trimestre de estudio de la velocidad de corrosión desde el mes de julio hasta el mes de septiembre, comparando los datos con la tabla 2 de la categoría de corrosividad llegamos a la conclusión que en la parroquia Crucita se encuentra en la categoría C4-alta, esta tiene un tipo de ambiente exterior de áreas industriales y áreas costeras con moderada salinidad.

**Gráfica 7. Curvas de velocidad de corrosión trimestral**



**Elaborado por:** Bryan Alcivar y Luis Vera (2021)

En la gráfica 7 se muestran los diferentes valores de velocidad de corrosión a determinadas distancias de la zona de exposición en el cantón Portoviejo, parroquia Crucita en un lapso de tres meses desde el 9 de julio hasta el 6 de octubre del 2021, obteniendo una mayor velocidad de

corrosión en el sitio de exposición 6, es decir que en la zona donde está ubicado el soporte atmosférico que se encuentra en las coordenadas -0.8822143,-80.5459961, presenta una mayor velocidad de corrosión.

### 10.1.6. Resultados semestrales de la velocidad de corrosión

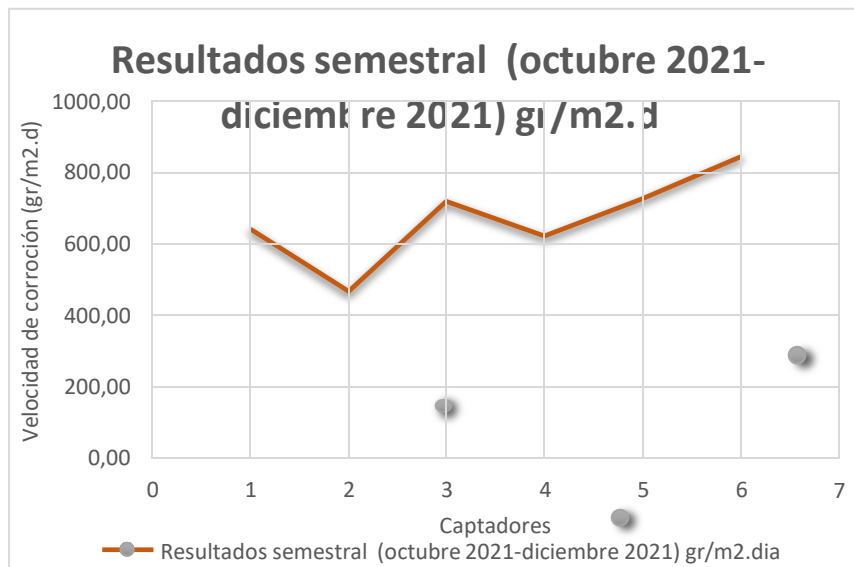
**Tabla 32. Resultados semestrales velocidad de corrosión**

Resultados semestrales velocidad de corrosión	
Sitios de exposición	Resultados semestrales (octubre 2021-diciembre 2021) gr/m <sup>2</sup> .d
1	641,23
2	466,66
3	719,12
4	621,66
5	727,26
6	844,08

**Elaborado por:** André Arteaga y José Barre (2022)

En la tabla 32 se puede observar los valores del segundo trimestre de estudio de la velocidad de corrosión desde el mes de octubre hasta el mes de diciembre 2021, comparando a los datos de la tabla 2 de la categoría de corrosividad, llegamos a la conclusión que en la parroquia Crucita se encuentra en la categoría C4 y C5 (alta y muy alta), teniendo en cuenta los valores obtenidos en el primer trimestre de estudio.

**Gráfica 8. Curvas de velocidad de corrosión semestral**



**Elaborado por:** André Arteaga y José Barre (2022)

En la gráfica 8 podemos observar los diferentes valores que se representan en cada punto sobre la velocidad de corrosión a determinadas distancias de la zona de exposición en la parroquia Crucita, cantón Portoviejo en un lapso de seis meses desde el 9 de julio hasta el 6 de diciembre del 2021, obteniendo una mayor velocidad de corrosión en el punto 6.

### 10.1.7. Resultados novestrales de la velocidad de corrosión

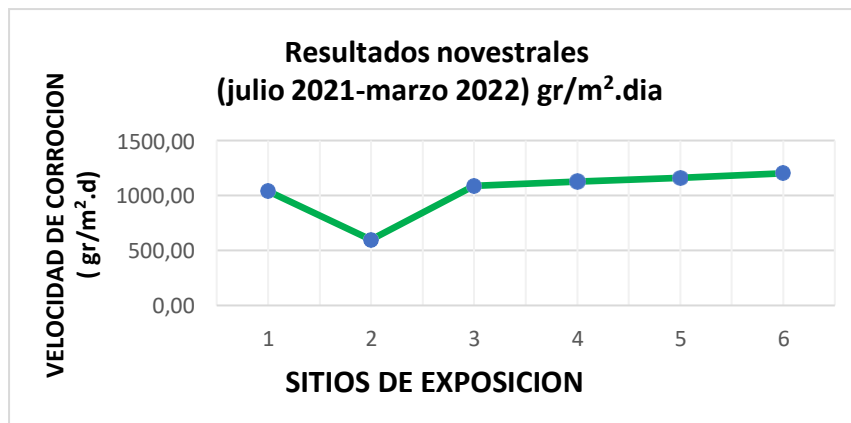
**Tabla 33. Resultados novestrales velocidad de corrosión**

Resultados novestrales velocidad de corrosión	
Sitios de exposición	Resultados novestrales (julio 2021-marzo 2022) gr/m <sup>2</sup> .d
1	1038,55
2	598,44
3	1087,93
4	1127,39
5	1160,83
6	1201,84

**Elaborado por:** Luis Briones y Olger Solórzano (2022)

En la tabla 33 expuesta en la parte superior se muestran los valores novestrales de estudio de la velocidad de corrosión desde el mes de julio del 2021 hasta el mes de marzo del 2022, comparando los datos de la tabla 2 de la categoría de corrosividad, llegamos a la conclusión que en la parroquia Crucita se encuentra en la categoría C4 y C5, teniendo en cuenta los valores obtenidos en el primer trimestre y segundo trimestre de estudio. En el punto 2 se obtuvo un valor menor de velocidad de corrosión, debido a la altura de los soportes de madera.

**Gráfica 9. Curvas de velocidad de corrosión novestral**



**Elaborado por:** Briones Luis y Olger Solórzano (2022)



En la gráfica 9 se observa los diferentes valores de velocidad de corrosión que se representa en cada punto a determinada distancia de la zona de exposición en la parroquia Crucita, cantón Portoviejo en un lapso de nueve meses desde el 9 de julio del 2021 hasta el 6 de marzo del 2022, obteniendo una mayor velocidad de corrosión en el sitio de exposición 6.

### 10.1.8. Resultados anuales de la velocidad de corrosión

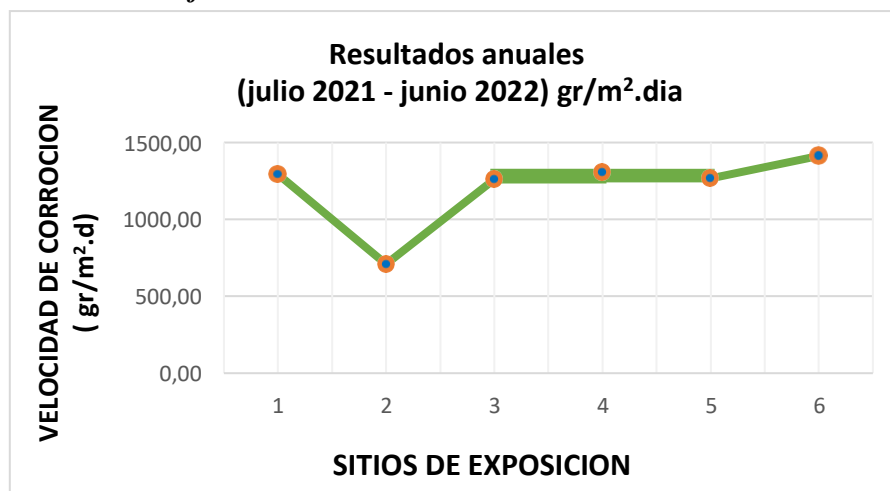
**Tabla 34. Resultados anuales velocidad de corrosión**

Resultados anuales velocidad de corrosión	
Sitios de exposición	Resultados anuales (julio 2021-junio 2022) gr/m <sup>2</sup> .dia
1	<b>1293,36</b>
2	<b>708,98</b>
3	<b>1259,69</b>
4	<b>1303,52</b>
5	<b>1267,12</b>
6	<b>1412,93</b>

Elaborado por: Briones Luis y Olger Solórzano (2022)

En la tabla 34 expuesta en la parte superior se muestran los valores anuales de estudio de la velocidad de corrosión desde el mes de julio del 2021 hasta el mes de junio del 2022, comparando los datos de la tabla 2 de la categoría de corrosividad, llegamos a la conclusión que en la parroquia Crucita se encuentra en la categoría C4 y C5, teniendo en cuenta los valores obtenidos en el primer trimestre, segundo trimestre y tercer trimestre de estudio. En el sitio 2 se obtuvo un valor menor de velocidad de corrosión, debido a la altura del soporte de madera.

**Gráfica 10. Curvas de velocidad de corrosión anual**



Elaborado por: Briones Luis y Olger Solórzano (2022)

En la gráfica 10 se observa los diferentes valores de velocidad de corrosión que se representa en cada punto a determinada distancia de la zona de exposición en la parroquia Crucita, cantón Portoviejo en un lapso de un año desde el 9 de julio del 2021 hasta el 8 de julio del 2022, obteniendo una mayor velocidad de corrosión en el sitio de exposición 6.

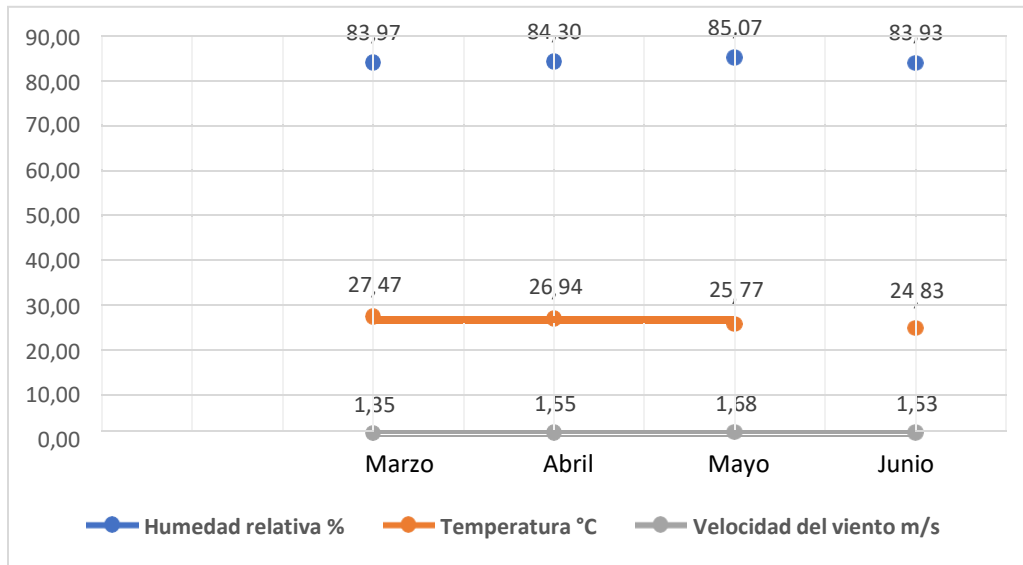
**10.1.9. Factores que influyen en la deposición de iones cloruros y velocidad de corrosión**

*Tabla 35. Promedios de resultados máx. y min. (tp, hr y v)*

Parámetros meteorológicos	Humedad relativa %	Temperatura °C	Velocidad del viento m/s
<b>Marzo</b>	83,97	27,47	1,35
<b>Abril</b>	84,30	26,94	1,55
<b>Mayo</b>	85,07	25,77	1,68
<b>Junio</b>	83,93	24,83	1,53

Elaborado por: Briones Luis y Olger Solórzano (2022)

*Gráfica 11. Curvas de los factores en la deposición iones cloruros y velocidad de corrosión.*



Elaborado por: Briones Luis y Olger Solórzano (2022)

En la gráfica 11 se muestran los parámetros meteorológicos que influyen directamente en el estudio, durante los meses de marzo, abril y mayo y junio del 2022 de la parroquia Crucita cantón Portoviejo, obteniendo un número significativo de elevada humedad relativa en el mes de mayo, temperatura en el mes de marzo y velocidad de viento nuevamente en el mes de mayo.

## 10.2. Ubicación de los soportes de madera

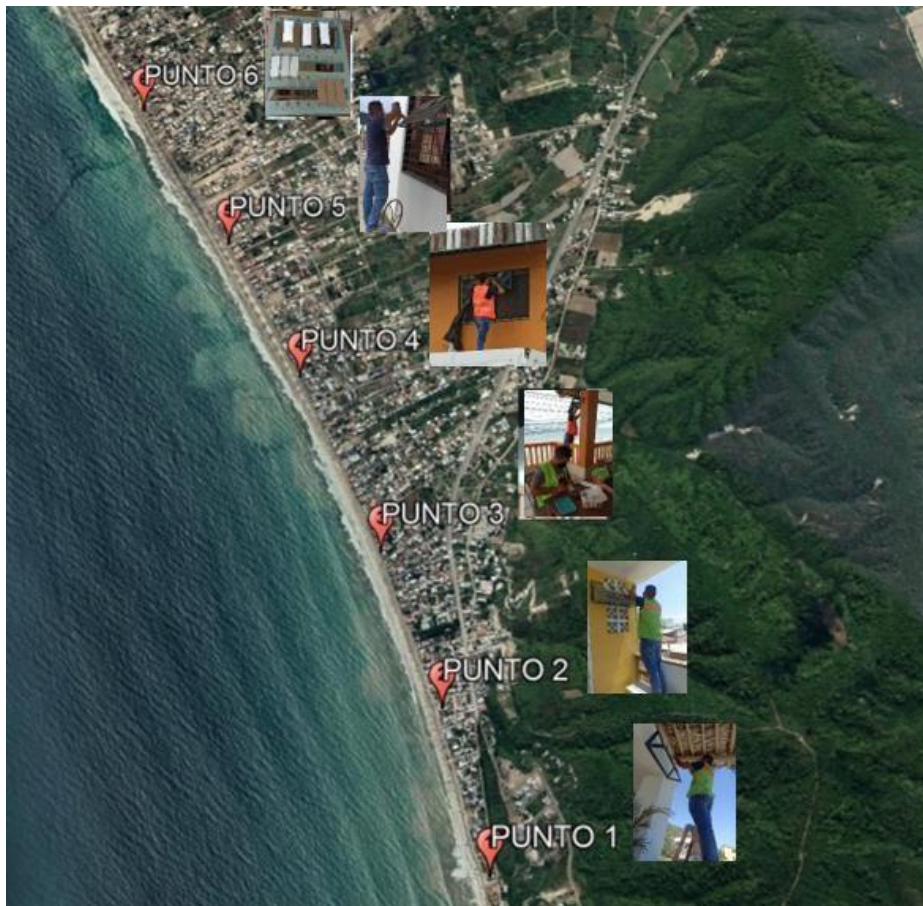
Los soportes de madera están ubicados en las siguientes coordenadas.

*Tabla 36. Coordenadas de la ubicación de los sitios de exposición*

SE	Coordenadas	Distancias	Altura
1	-0.8822143,-80.5459961	20 m	2.5 m
2	-0.8774938,-80.5432611	25 m	9 m
3	-0.8727431,-80.5411002	18 m	4.5 m
4	-0.8662893,-80.5386069	16 m	3.6 m
5	-0.8616994,-80.5370969	20 m	2 m
6	-0.8561495,-80.5355416	15 m	4.1 m

Elaborado por: Briones Luis y Solórzano Olger (2022)

*Ilustración 10. Ubicación de los sitios de exposición*



Elaborado por: Briones Luis y Solórzano Olger (2022)

### **10.3. Conclusiones**

- En el presente trabajo investigativo podemos observar el comportamiento de la deposición de iones cloruros a lo largo de su tiempo de estudio en las diferentes sitios de exposición, lo que demuestra que en el perfil costero de Crucita existe un alto grado de la deposición de iones cloruros como se demostró en la tabla 28, siendo abril como el mes con mayor agresividad.
- Se pudo constatar que en las diferentes zonas en donde están instalados los soportes atmosféricos, se logró estimar una velocidad de corrosión más elevada en el soporte 6, que se ubica en la zona de arenales – Crucita, con sus respectivas coordenadas de -0.8561495, -80.5355416 y un valor menor en el sitio de exposición 2 debido a la altura del soporte atmosférico.
- Los factores que se encuentran en el ambiente como la humedad relativa, el viento y la temperatura son influyente directamente en el proceso de deposición de iones cloruro y la velocidad de corrosión.
- El problema de la corrosión se puede evaluar como un fenómeno que afecta directamente a las estructuras metálicas, en donde podemos concluir que con los resultados obtenidos se define a la parroquia Crucita, como una zona de nivel C5 ( muy alta).

### **10.4. Recomendaciones**

- En base a los resultados obtenidos en la investigación de estudio, es recomendable que a la hora de la ejecución de una obra civil se siga rigurosamente las normativas vigentes para que no se vean afectadas las estructuras tanto metálicas como de hormigón armado ante agentes que puedan afectar sus propiedades físicas, químicas y que influyan en su durabilidad.
- Se recomienda que para futuras construcciones se tomen en cuenta estudios de velocidad de corrosión y deposición de iones cloruros como ha sido desarrollado en esta investigación y así implementar las debidas medidas de seguridad necesarias para cualquier obra civil a ejecutarse en perfiles costeros.
- Es importante saber las alteraciones bruscas que se dan a lo largo del tiempo debido a los cambios climáticos que influyen en el procedimiento de la deposición de iones cloruros y la velocidad de corrosión, para dar una mejor seguridad a las estructuras metálicas cuando dichos agentes se encuentren en su capacidad máxima.

## 10.5. Presupuesto

*Tabla 37. Presupuesto.*

Rubros	Valores
Elaboración y entrega del anteproyecto	\$ 10.00
Uso de internet	\$ 60.00
Investigación de parte teórica	\$ 20.00
Impresiones	\$ 30.00
Materiales de laboratorio	\$ 80.00
Reactivos	\$ 300.00
Alimentos	\$ 80.00
Transporte	\$ 50.00
Corrección y presentación de avance del trabajo de titulación.	\$ 10.00
Varios	\$ 50.00
Entrega del informe final	\$ 10.00
Total	\$ 680.00

**Elaborado por:** Briones Luis y Solórzano Olger (202

## 11. CRONOGRAMA

Tabla 38. Cronograma de actividades.

Actividad	PRIMER MES				SEGUNDO MES				TERCER MES				CUARTO MES			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ELECCIÓN DEL TEMA																
SELECCIÓN DE FUENTES BIBLIOGRÁFICAS																
INVESTIGACIÓN DEL MARCO TEÓRICO																
EJECUCIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO																
PRESENTACIÓN DEL PROYECTO FINAL AL TUTOR Y REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN																
SUSTENTACIÓN																

## 12. BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, M. F. (2018). *Plan de mantenimiento de las estructuras del Polideportivo de Cartago*. Obtenido de [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/11226/plan\\_mantenimiento\\_estructuras\\_polideportivo\\_cartago.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/11226/plan_mantenimiento_estructuras_polideportivo_cartago.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Aguilar Alvarez, M. E., Rubio Luna, V., & G. A. (2021). *Influencia de la Densidad de Corriente y de la Dosificación de Hipoclorito de Sodio sobre la Velocidad de Corrosión y el Potencial Electroquímico del Par Galvánico Acero Inoxidable 304 y Bronce SAE 64 en contacto con agua de mar natural*. Peru.
- Arreola Sánchez, M. (2021). *Desempeño de concreto reforzado en estructuras marinas: análisis de las propiedades del índice de durabilidad y predicciones de tiempo de iniciación de la corrosión*. Obtenido de [bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB\\_UMICH/5753](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/5753)
- Asesores, I. (03 de 04 de 2022). *Ingenieros Asesores*. Obtenido de Arquitectura y edificación: <https://ingenierosasesores.com/actualidad/mantenimiento-estructura-metalica/>
- Basurto, R., & Vélez, J. (2017). *Determinación de la deposición de iones cloruros en el comportamiento de la velocidad de corrosión atmosférica a diferentes distancias del perfil costanero en el cantón Puerto López. fase I*.
- Berrio, Y. (2018). *EVALUACIÓN MORFODINÁMICA CON ESQUEMAS DE PROTECCIÓN COSTERA EN LAS PLAYAS DE RIOHACHA, LA GUAJIRA*. BARRANQUILLA. Obtenido de <https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/8206/133149.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Briones, K., & Cevallos, C. (2017). *Estudio de la deposición de iones cloruros para conocer el comportamiento de la velocidad de corrosión entre Bahía de Caráquez y San Vicente. Manabí – Ecuador. Fase III*.
- Brito, A. (2017). *Diseño de un plan de mantenimiento para infraestructuras viales en la Republica Dominicana*. Obtenido de [hdl.handle.net/10251/103062](http://hdl.handle.net/10251/103062)
- Bueno Risco, K., Velásquez Labrada, Y., & Gagner Gordon, L. (2021). *Influencia de los iones cloruros en las viviendas tipología II de la zona costera Siboney en Santiago de Cuba. ciencia en su pc*, 16. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/1813/181368034004/html/#:~:text=En%20el%20proceso%20de%20levantamiento,presencia%20de%20los%20iones%20cloruros.>
- Coluccio Leskow, E. (28 de 7 de 2022). *"Ductilidad"*. Obtenido de "Ductilidad": <https://concepto.de/ductilidad/>
- Dávila Giraldo; Bayona Avella, B. A. (2018). *Diagnóstico del Tratamiento del Efluente de una Empresa de Galvanoplastia*. Escuela colombiana de ingeniería julio garavito. Obtenido de <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/861/D%c3%a1vila%20Giraldo%20c%20Beatriz%20Andrea%20-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dehormigón*. (2022). Obtenido de <https://dehormigon.com.ar/>
- Delgado Cantos, A. (2019). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO DE LA PARROQUIA CRUCITA*. Portoviejo: CCF CONSULTORES Cía. Ltda.

- Fernández, M. (Diciembre de 2018). *Plan de mantenimiento de las estructuras del Polideportivo de Cartago*. Obtenido de [https://repositorio.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/11226/plan\\_mantenimiento\\_estructuras\\_polideportivo\\_cartago.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/11226/plan_mantenimiento_estructuras_polideportivo_cartago.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- G Reguero, B., W Beck, M., J Losada, I., & Narayan, S. (2017). Uniendo ingeniería y ecología: la protección. *Ribagua*, 45. doi:doi.org/10.1080/23863781.2017.1332824© 2017 The Author(s). Published by Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group on behalf of the International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR) This is an Open Access article di
- Gad Crucita. (2022). *Crucita la Bella*. Obtenido de <https://gadcrucita.gob.ec/index.php/crucita/informacion-general>
- Galbarro, H. R. (2018). *Ingemeccánica*. Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn103.html>
- García Castro, J. M., & Fernández Bravo, P. U. (2022). *Mecanizado Básico*. España: Ediciones paraninfo, S.A.
- García, J. (18 de julio de 2017). *Slideshare*. Obtenido de slideshare: <https://es.slideshare.net/jackgarcia10/1-costas-rocosas>
- Gavidia Herrera, C. G. (2019). *Determinación de la concentración óptima de inhibidor en soluciones de ácido clorhídrico para decapado de metales ferrosos*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18784/1/T-UCE-0017-IQU-044.pdf>
- González, J. A. (2018). *Corrosión atmosférica Marina de acero al carbono*. MADRID.
- Guerra, Castañeda, & Howland. (2018). Importancia del estudio del desempeño por durabilidad del puente del río Chone, provincia de Manabí, Ecuador. *Revista Cubana de Ingeniería Vol. IX, No. 1, IX(1)*, 57-66. Obtenido de <https://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/view/466>
- Ingenieros Asesores. (20 de 10 de 2022). *Vida útil de una Construcción según su tipo*. Obtenido de Ingenieros Asesores: <https://ingenierosasesores.com/actualidad/mantenimiento-y-durabilidad-de-las-estructuras/>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010). *Resultado del censo 2010, Fascículo Provincial de Manabí*. Quito: INEC. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/manabi.pdf>
- Lastra, R. (2019). *PROPUESTA DE NUEVA MALLA A TIERRA DE ZINC EN ESTACIÓN DE BOMBEO PS4 PARA COMPATIBILIZAR CON PROTECCIÓN CATÓDICA DE DUCTOS EN EL SISTEMA DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS*. AREQUIPA - PERU.
- Linares, J. (23 de 4 de 2017). *Slideshare*. Obtenido de Slideshare: <https://es.slideshare.net/linareju2013/mecanica-de-suelos-i-eslage-17-18-1>
- Melet, L. (2021). *Comportamiento en estado límite último de cortante de vigas de hormigón pretensadas con FRP*. Barcelona: Escola de camins. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2117/358561>
- METALIUM. (2020). *METALIUM*. Obtenido de METALIUM: <https://metalium.mx/acero-al-carbono>



- Naranjo Bautista , S. (2017). *Plan de Ordenamiento Del Espacio Marino Costero-POEMC*. ECUADOR: Secretaria Nacional De Planificación Y Desarrollo.
- Nieto Palomo, J. (2021). *Instalaciones de fontanería*. MADRID: Paraninfo,SA. Obtenido de <https://www.paraninfo.es/catalogo/9788413664910/instalaciones-de-fontaneria-2-a-edicion>
- Oca, M. M. (2021). *Aplicación de técnicas ultrasónicas no lineales a la detección de la fisuración por corrosión del acero en hormigón*. Universitat d'Alacant - Universidad de Alicante.
- Orler, R., & Donini, H. (2016). *Análisis de las Patologías en las Estructura de Hormigón Armado*. Argentina: Diseño.
- Paredes, C., Castedo, R., Llorente , M., & Laín, L. (2015). Un Modelo Predictivo De La Evolución de las Costas Rocosas. *ELSEVIER DOYMA*, 255. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0213131512000508>
- Parrales, G., Moreno , L., Alvarez , M., Cordero , M., Peralta, J., Zavala, C., . . . Carvajal, D. (2018). *CONSERVACIÓN DE EDIFICACIONES* .
- Pecino Barrios , M. (2017). *Caracterización morfológica y respuesta ante los temporales en la playa de el carmen (Barbate, Cádiz)*. Obtenido de <https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/19254/Trabajo%20de%20Fin%20de%20Grado%20%28Definitivo%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Peña, D., Rodriguez, J., Salcedo, D., & Pereira, M. S. (2022). ESTIMACIÓN DE DAÑOS OCASIONADOS POR LA CARBONATACIÓN EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO EN LA CIUDAD DE NIRGUA. *Gaseta Tecnica 23(2)*, 88-106. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5703/570371887007/html/>
- Ramos, I., Alvear, E., Andrade, G., & Cedeño, J. (2020). Evaluación y Diseño de Estructuras Costeras para Generación de playa, mediante el uso de Modelos Numéricos Caso de Estudio: La Entrada, santa Elena, Ecuador. *18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Tecnology*, 6.
- Réus, G. C., & de Medeiros, H. M. (2017). APLICAÇÃO DE SOLUÇÃO COMERCIAL ALCALINA PARA REALCALINIZAÇÃO QUÍMICA DE CONCRETOS CARBONATADOS. *Revista Tecnico - Científica*. Obtenido de <https://revistatecie.crea-pr.org.br/index.php/revista/article/view/285/166>
- Rivera, J. (2022). Obtenido de [https://www.researchgate.net/figure/Factores-que-influyen-en-la-carbonatacion-e-inicio-de-la-corrosion-Andrade-et-al\\_fig14\\_317993953](https://www.researchgate.net/figure/Factores-que-influyen-en-la-carbonatacion-e-inicio-de-la-corrosion-Andrade-et-al_fig14_317993953)
- Romero Samper , n. P., & Fuentes Gutierrez, I. M. (2019). *ESTIMACIÓN DE LA VELOCIDAD DE DEPOSICIÓN DE CLORUROS EN LA ZONA NORESTE DE LA CIUDAD DE BARRANQUILLA*. Barranquilla.
- Salas, Guerrero, Torres, Palacios, & Castiblanco. (2016). Electrochemical evaluation of the corrosion behaviour for structural steel SAE 1005 exposed to two different atmospheres (urban and industrial) and comparison with atmospheric corrosion gravimetric measurements. *IOP Science*, 1-4.
- Serna , E. (2018). *Desarrollo e Innovación en ingeniería*. Medellín: Instituto Antioqueño de Investigación. doi:<http://doi.org/10.5281/zenodo.3387679>

- Standar, I. (2018). CORROSIÓN DE METALES Y ALEACIONES CORROSIVIDAD DE ATMÓSFERAS CLASIFICACIÓN, DETERMINACIÓN Y ESTIMACIÓN. *ISO 9223*, 10.
- Structuralia*. (16 de 05 de 2022). Obtenido de <https://blog.structuralia.com/caracteristicas-de-hormigon-armado-usos-en-la-construccion>
- UPV. (2022). Obtenido de [https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm12/pfcm12\\_5\\_5.html](https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm12/pfcm12_5_5.html)
- Valbuena, M. V. (2022). Impactos ambientales de la desalinización de agua del mar. *MoleQla: Revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide*(44), 1-3. Obtenido de <https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/Numero44/N44-Moleqla.pdf>
- Valdez, J., Pandolfi, D. R., Villagra, & Andre, N. (2018). Red de sensores inteligentes para adquisición de datos de una planta de desalinización de agua. *Informe Científico Técnico UNPA*, X(2), 83-95. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6618651>
- Villagrán Zaccardi, Y., Zega , C., & Pico, C. (2019). Incidencia Del Árido Reciclado Sobre la Durabilidad Del Hormigón Armado Frente a la Corrosión. *Researchgate*. doi:<http://dx.doi.org/10.21041/CONPAT2019/V3REC385CMP>
- Villanueva , J. (2020). *Niveles de Protección Anticorrosiva en Atmósfera marina proporcionada por Recubrimientos de Bajo Impacto Ambiental*. Nuevo Chimbote.

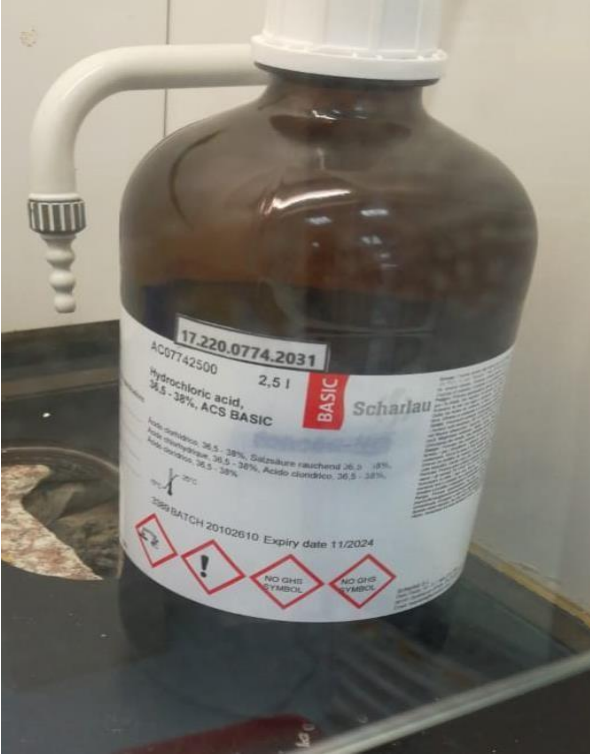
### 13. ANEXOS



**Anexo1.** Decapado de las placas de acero al carbono en presencia de nuestro tutor



**Anexo 2.** Eliminación de residuos ácido clorhídrico



**Anexo 3.** Ácido clorhídrico



**Anexo 4.** Placas de acero al carbono afectada por la corrosión



**Anexo 5.** Toma del peso e identificación de las placas del acero al carbono



**Anexo 6.** Mantenimiento de las placas y telas antisépticas en la zona de estudio 1



**Anexo 7.** Mantenimiento de las placas y telas antisépticas en la zona de estudio 2



**Anexo 8.** Mantenimiento de las placas y telas antisépticas en la zona de estudio 3



**Anexo 9.** Mantenimiento de las placas y telas antisépticas en la zona de estudio 4



**Anexo 10.** Mantenimiento de las placas y telas antisépticas en la zona de estudio 5



**Anexo 11.** Mantenimiento de las placas y telas antisépticas en la zona de estudio 6

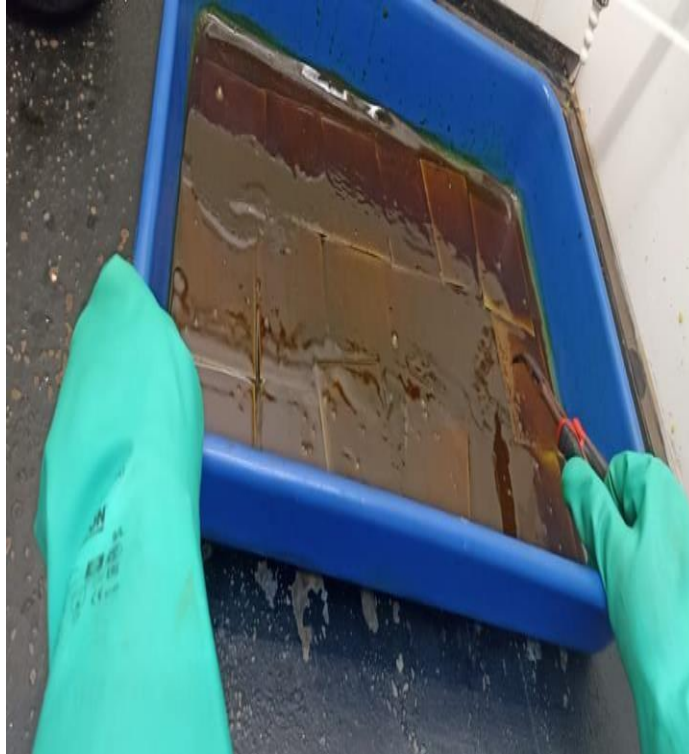


**Anexo 12.** Desangrado y decapado de las placas de acero al carbono



**Anexo 13.** Eliminación de los residuos





**Anexo 14.** Placas de acero al carbono sumergidas en ácido clorhídrico



**Anexo 15.** Placas de acero al carbono listas para ser pesadas



**Anexo 16.** antes y después de las limpiezas de las placas del acero al carbono



**Anexo 17.** Afectos de la corrosión en Placa de acero al carbono expuesto al ambiente marino en un tiempo de estudio de 1 año



**Anexo 18.** dilución de las telas antisépticas en agua destilada



**Anexo 19.** Titulación de iones cloruros



**Anexo 20.** Colocación de cromato de plata para las diluciones de los captadores atmosféricos



**Anexo 21.** Transición con los compañeros y tutor de la tesis de la Fase II a Fase III del trabajo