UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIEROS QUÍMICOS
MODALIDAD INVESTIGACIÓN

TEMA:

"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 I"

AUTORES:

DELGADO ANCHUNDIA JOHANNA MARIANELA
ZAMBRANO MOREIRA MARÍA DANIELA

TUTOR:

ING. JUAN CARLOS GUERRA MERA

REVISOR:

ING. GISELA LATORRE CASTRO

PORTOVIEJO-MANABÍ-ECUADOR
2017

DEDICATORIA

Las palabras nunca alcanzan cuando lo que hay que decir desborda el alma.

A Dios por guiarme cada paso que doy y por poner en mi camino a aquellas personas durante todo el periodo de estudio.

A mi padre Tito Delgado quien ha sido mi ángel guardián y sé que desde el cielo me protege.

Mi madre Jacqueline Anchundia por ser un pilar fundamental durante mi vida, por apoyarme, confiar, creer en mí y nunca abandonarme, gracias por darme una carrera para mi futuro. Mi hermana Jhósselyn Delgado quien ha sido fundamental en mi vida por estar siempre conmigo, mi abuelo, mis tíos Héctor y Monserrate Anchundia Marín quienes nunca me abandonaron y siempre conté con su apoyo.

A mis amigas que siempre hubo una palabra de aliento en los momentos difíciles, en especial a Daniela Zambrano mi hermana, amiga, compañera de tesis quien me ha brindado su apoyo en cada instante de mi vida y saber que podré contar siempre con su apoyo. Y a todos aquellos que me ayudaron a culminar este paso de la vida.

Johanna Marianela Delgado Anchundia

DEDICATORIA

Todo lo que somos es el resultado de lo que hemos pensado; está fundado en nuestros pensamientos y está hecho de nuestros pensamientos.

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a mi querido esposo Ronald Alcívar por su sacrificio y esfuerzo, por darme una carrera para nuestro futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome su comprensión, cariño y amor.

A mis padres Milton Zambrano y Elena Moreira que fueron mi mayor bendición durante toda mi carrera a mis hermanas y mi bella sobrina que siempre han estado para mí en todo lo que he necesitado, a mis bellas amigas que las considero mi gran apoyo en especial a Johanna Delgado mi mejor amiga, hermana y compañera de tesis que me ha demostrado que en esta etapa de la vida se encuentras a las personas que vas a conservar de por vida.

Por último y más importante a Dios que siempre ha estado guiándome y dándome fortalezas y fuerzas para luchar por lo que siempre me proponga.

María Daniela Zambrano Moreira

AGRADECIMIENTO

Dicen que todos nacemos para estar agradecidos a alguien, y hemos sido tan afortunadas de estar agradecidas a tantas personas que han podido aportar un granito de algo a lo largo de nuestra carrera.

Nuestra gratitud a la mejor institución que es la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ que nos acogió en las aulas de la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas, a Dios quien le damos las gracias por darnos la dicha de conocernos y de llevarnos hasta aquí donde podemos compartir el hecho de ser compañeras de tesis, hermanas y amigas, a nuestras bellas familias que fueron un pilar muy importante en nuestra vida y en esta nueva etapa que estamos por culminar, que sin ellos no tendríamos la dicha de ser quienes somos, a nuestras amigas que con ellas hemos luchado incansablemente por ser cada vez mejores y sobre todo los docentes que nos compartieron una gran cantidad de sus conocimientos y que gracias a ellos podemos decir que estamos preparados para enfrentar lo que la vida de ingenieras nos depare. También tenemos la dicha de darle las gracias a nuestro tutor el Ing. Juan Carlos Guerra Mera que se ha mantenido a nuestro lado dándonos consejos y guiándonos en cada paso que dábamos desde el inicio y hasta el final de nuestro proyecto, a nuestra revisora y docente la Ing. Gisela Latorre Castro quien con sus conocimientos nos encamino para alcanzar lo deseado. Sé que estas palabras no son suficiente para demostrar la felicidad que sentimos por estar rodeados de tantas personas importantes para nosotras solo espero que sigan igual y que nunca olviden lo agradecidas que estamos por formar parte de sus vidas nos despedimos no sin antes decir GRACIAS.

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Quien suscribe la presente señor Ing. Juan Carlos Guerra Mera, Docente de la Universidad Técnica de Manabí, de la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Química; en mi calidad de Tutor del trabajo de titulación **"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 I"** desarrollada por los profesionistas: Srta. Delgado Anchundia Johanna Marianela y Zambrano Moreira María Daniela; en este contexto, tengo a bien extender la presente certificación en base a lo determinado en el Art. 8 del reglamento de titulación en vigencia, habiendo cumplido con los siguientes procesos:

- Se verificó que el trabajo desarrollado por los profesionistas cumple con el diseño metodológico y rigor científico según la modalidad de titulación aprobada.
- Se asesoró oportunamente a los estudiantes en el desarrollo del trabajo de titulación.
- Presentaron el informe del avance del trabajo de titulación a la Comisión de Titulación Especial de la Facultad.
- Se confirmó la originalidad del trabajo de titulación.
- Se entregó al revisor una certificación de haber concluido el trabajo de titulación.

Cabe mencionar que durante el desarrollo del trabajo de titulación los 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

Ing. Juan Carlos Guerra Mera

TUTOR DEL TRBAJO DE TITULACIÓN

INFORME DE REVISOR TRABAJO DE TITULACIÓN

INFORME DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Luego de haber realizado el trabajo de titulación, en la modalidad investigativa y que lleva por el tema: **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 I** desarrollado por las señoritas **Delgado Anchundia Johanna Marianela** y **Zambrano Moreira María Daniela** cédulas de ciudadanía N° 131139696-2 y N° 131495293-6 respectivamente, previo a la obtención del título de Ingenieras Químicas, bajo la tutoría y control del señor Ing. Juan Carlos Guerra Mera, docente de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas y cumpliendo con todos los requerimientos del nuevo reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica de Manabí, aprobado por el H. Consejo Universitario, cumplo con informar que en la ejecución del mencionado trabajo de titulación, el autor:

- Han respetado los derechos de autor correspondiente a tener menos del 10% de similitud con otros documentos existentes en el repositorio.
- He aplicado correctamente el Reglamento General de Titulación de la Universidad Técnica de Manabí del Ecuador.
- Las conclusiones guardan estrecha relación con los objetivos planteados.
- El trabajo posee suficiente argumento técnico científico, evidencia en el contenido bibliográfico consultado.
- Mantiene rigor científico en las diferentes etapas de su desarrollo.
- Sin más que informar suscribo que este documento NO VINCULANTE para los finar legales pertinentes.

Ing. Gisela Beatriz Latorre Castro

REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN SOBRE LOS DERECHOS DEL AUTOR

Las autoras, DELGADO ANCHUNDIA JOHANNA MARIANELA y ZAMBRANO MOREIRA MARÍA DANIELA, egresadas de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí.

DECLARAMOS QUE:

Las ideas expuestas en el presente trabajo titulado: **"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 I."**, son absoluta responsabilidad de las autoras del trabajo de titulación.

DELGADO ANCHUNDIA JOHANNA
AUTORA

ZAMBRANO MOREIRA MARÍA
AUTORA

ÍNDICE DEL CONTENIDO

DEDICATORIA.....II

DEDICATORIA..... III

AGRADECIMIENTO..... IV

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....V

INFORME DE REVISOR TRABAJO DE TITULACIÓN..... VI

DECLARACIÓN SOBRE LOS DERECHOS DEL AUTOR.....VII

ÍNDICE DEL CONTENIDO VIII

ÍNDICE DE FIGURAS.....XII

ÍNDICE DE TABLAS XIII

RESUMEN..... XIV

SUMMARY XVI

1. TEMA..... 1

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA 2

2.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA..... 2

2.2.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL 2

2.2.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL..... 2

2.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... 2

3. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO 3

3.1. Antecedentes..... 3

3.2. Justificación 4

3.3. Marco teórico..... 5

3.3.1. Contaminación atmosférica 5

3.3.2. Tipos de contaminación..... 6

3.3.3. Agresividad corrosiva de la atmósfera 10
3.3.4. Comportamiento de la agresividad corrosiva 12
3.3.5. El ion cloruro 13
3.3.6. Acción de los iones cloruros 13
3.3.7. Efecto del ión cloruro en la atmósfera 14
3.3.8. Factores que influyen en la deposición de los iones cloruros 16
3.3.9. Descripción de los factores puntuales que influyen en el comportamiento de la deposición de sales de cloruros 16
3.3.10. Los cloruros en el proceso de corrosión 18
3.3.11. Corrosión atmosférica 19
3.3.12. Corrosión por agua 22
3.3.13. Factores que influyen en la corrosión 23
3.3.14. Efecto del régimen de vientos en la salinidad atmosférica 26
3.3.15. Comportamiento de la agresividad corrosiva marina 26
3.3.16. Influencia del aerosol marino en la corrosión 28
3.3.17. Características de los ambientes corrosivos en el Ecuador 28
3.3.18. Influencia de los contaminantes en la agresividad corrosiva 29
3.3.19. Comportamiento del acero en distintos tipos de atmósfera 31
3.3.20. Corrosión en solución neutra alcalina 31
4. VISUALIZACIÓN DE ALCANCE DE ESTUDIO 33
5. ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS Y DEFINICIÓN DE VARIABLES 34
5.1. HIPÓTESIS 34
5.2. VARIABLES Y SU OPERACIONALIZACIÓN 34
5.2.1. Variable independiente 34
5.2.2. Variable dependiente 34
5.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES 35
6. DISEÑO DEL DESARROLLO DE INVESTIGACIÓN 37

6.1. Objetivos 37
6.1.1. Objetivo general 37
6.1.2. Objetivos específicos 37
6.2. Campo de acción 37
6.3. Diseño metodológico 37
6.3.1. Tipo de investigación 37
6.3.2. Métodos de investigación 38
6.3.3. Técnicas de investigación 38
7. DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DE MUESTRA 38
7.1. Medidas del soporte atmosférico 38
7.2. Análisis del ion cloruro por el método de vela seca 38
7.3. Desengrasado de las probetas de acero al carbono 40
7.4. Decapado de las probetas de acero al carbono 40
8. RECOLECCIÓN DE DATOS 41
8.1. Determinación de iones cloruros 41
8.1.1. Cálculos del ion cloruro del primer mes 42
8.1.2. Cálculos del ion cloruro segundo mes 43
8.1.3. Cálculos del ion cloruro tercer mes 44
8.2. Determinación de corrosión probetas aceros al carbono 45
8.2.1. Cálculos del primer mes sobre la velocidad de corrosión 46
8.2.2. Cálculos del segundo mes sobre la velocidad de corrosión 48
8.2.3. Cálculos del tercer mes sobre la velocidad de corrosión 50
8.2.4. Cálculos trimestrales sobre la velocidad de corrosión 52
8.3. Cálculos sobre los factores que influyen en la deposición de iones cloruros y velocidad de corrosión 54
8.3.1. Cálculos sobre temperatura mensual 54
8.3.2. Cálculos sobre humedad relativa mensual 57

8.3.3. Cálculo sobre velocidad del viento mensual 61

9. ANÁLISIS DE DATOS 65

9.1. Resultados de iones cloruros 65

9.2. Resultados de velocidad de corrosión 66

9.3. Resultados de factores que influyen en la deposición de iones cloruros y velocidad de corrosión 67

10. ELABORACIÓN DEL REPORTE DE LOS RESULTDOS 68

11. CONCLUSIONES 70

12. RECOMENDACIONES 71

PRESUPUESTO 72

CRONOGRAMA 73

BIBLIOGRAFÍA 77

ANEXOS 82

..... 86

ÍNDICE DE FIGURAS

Pg.

Gráfica 1. Curvas mensuales de deposición de ion cloruro 65

Gráfica 2. Curvas de velocidad de corrosión 66

Gráfica 3. Curvas de los factores en la deposición ion cloruro y velocidad de corrosión 67

ÍNDICE DE TABLAS

Pg.

Tabla 1. Clasificación de la contaminación por Cloro 12
Tabla 2. Muestras mensuales Septiembre 2016 Velocidad de corrosión 47
Tabla 3. Muestras mensuales Octubre Velocidad de corrosión 48
Tabla 4. Muestras mensuales Noviembre 2016 Velocidad de corrosión 50
Tabla 5. Datos de las muestras trimestrales de Septiembre- Noviembre del 2016 52
Tabla 6. Datos temperaturas extremas Septiembre 2016 54
Tabla 7. Datos temperaturas extremas Octubre 2016..... 55
Tabla 8. Datos temperaturas extremas Noviembre 2016 56
Tabla 9. Datos humedad relativa Septiembre 2016..... 57
Tabla 10. Datos humedad relativa Octubre 2016 58
Tabla 11. Datos humedad relativa Noviembre 2016..... 60
Tabla 12. Datos velocidad del viento Septiembre 2016..... 61
Tabla 13. Datos velocidad del viento Octubre 2016 62
Tabla 14. Datos velocidad del viento Noviembre 2016 63
Tabla 15. Resultados de deposición de iones cloruros mg/m2.d..... 65
Tabla 16. Resultados trimestrales sobre velocidad de corrosión..... 66
Tabla 17. Promedios de resultado máx. Y min. (Tp, Hrp y V) 67
Tabla 18. Presupuesto..... 72

RESUMEN

El deterioro anticipado de las estructuras de hormigón armado y las construidas con los materiales metálicos más usados en la industria de la construcción, constituye actualmente un problema social de la ciencia y la tecnología muy difícil de solucionar. Los costos en los trabajos de mantenimiento y reparación de las estructuras a nivel mundial han sido económicamente muy significativos, sobre todo en países del primer mundo.

Precisamente, como herramienta fundamental que permite prever el deterioro anticipado están los estudios basados en la evaluación de la agresividad corrosiva de la atmósfera, o lo que es lo mismo, la evaluación del impacto del ambiente agresivo sobre las estructuras. Se realizó un estudio preliminar para estimar la agresividad corrosiva de la atmósfera, llevándose a cabo entre Bahía de Caráquez y San Vicente, de la provincia de Manabí. Para aquello se seleccionaron siete sitios de exposición, los cuales se dividieron en tres en la ciudad de Bahía de Caráquez, tres en la ciudad de San Vicente y uno en el puente los Caras, en cada uno de los sitios se colocaron soportes de madera con captadores de contaminación atmosféricas y probetas de acero al carbono, para la medición de la velocidad de corrosión y deposición de ion cloruros.

Este estudio tiene un lapso de tres meses, para ello se tomaron las muestras al tercer mes de ser expuestas, durante los meses Septiembre, Octubre y Noviembre del 2016. Se analizaron los resultados obtenidos que fueron datos mensuales de iones cloruros; datos trimestrales y mensuales de las probetas de acero al carbono, lo que demostraron un incremento de velocidad de corrosión en los diferentes puntos expuestos y en el tercer mes existió un mayor porcentaje de corrosión, con relación a los iones cloruros su mayor porcentaje de deposición del mismo fue durante el tercer mes de exposición.

En la zona de estudio se puede examinar que mantiene un elevado nivel de agresividad corrosiva por la presencia de una atmósfera costera. Por otro lado se analizó, la influencia de los factores meteorológicos como el viento, la temperatura, la humedad relativa los cuales inciden en la deposición de iones cloruros, que se lo describe como un agente de agresividad principal.

Este es el segundo estudio que se realiza en la Ciudad de Bahía de Caráquez para evaluar su comportamiento de corrosión, de acuerdo a los datos bibliográficos

investigados de la deposición de iones cloruros en los captadores atmosféricos, sin antes mencionar que en este caso se empleó un nuevo método como es el de las probetas de acero al carbono y que su tiempo de exposición fue mayor al de estudios anteriores.

Los resultados obtenidos en ambos métodos serán presentados en gráficas realizadas en Origin Pro 6.1 que demuestran la velocidad de exposición de iones cloruros DCL- en mg/m^2d Vs las distancias de exposición de los soportes que están los captadores.

Los resultados obtenidos facilitarán la toma de medidas y decisiones ingenieriles, con el fin de incrementar la durabilidad y vida útil de las estructuras, no solo de hormigón armado, sino de las construidas con los materiales metálicos más usados en la industria de la construcción.

SUMMARY

The anticipated deterioration of reinforced concrete structures and those built with the most commonly used metal materials in the construction industry is now a very difficult social problem of science and technology. The costs of maintaining and repairing structures worldwide have been very economically significant, especially in first world countries.

Precisely, as a fundamental tool that allows predicting the anticipated deterioration are studies based on the evaluation of the corrosive aggressiveness of the atmosphere, or what is the same, the evaluation of the impact of the aggressive environment on the structures. A preliminary study was carried out to estimate the corrosive aggressiveness of the atmosphere, taking place between Bahía de Caráquez and San Vicente, in the province of Manabí. For that, seven exhibition sites were selected, which were divided into three in the city of Bahía de Caráquez, three in the city of San Vicente and one in the bridge the Caras, in each of the sites were placed wooden supports with Atmospheric pollutants and carbon steel probes for the measurement of corrosion rate and chloride ion deposition.

This study has a period of three months, for which samples were taken at the third month of being exposed, during the quarter of September, October and November of 2016. The results obtained were monthly data of chloride ions; Monthly and quarterly data of the carbon steel specimens, which showed an increase of the corrosion rate in the different exposed points and in the third month there was a greater percentage of corrosion, in relation to the chloride ions its greater percentage of deposition of the Same was during the third month of exposure.

In the study area it can be seen that it maintains a high level of corrosive aggressiveness of the atmosphere and the presence of a coastal atmosphere. On the other hand we analyzed the influence of meteorological factors such as wind, temperature and relative humidity which affect the deposition of chloride ions, which is described as a main aggressive agent.

This is the second study that is carried out in the city of Bahía de Caráquez to evaluate its corrosion behavior, according to the bibliographical data investigated the deposition of chloride ions in the atmospheric sensors, without mentioning that in this case a New method such as that of carbon steel specimens and that their exposure time was higher than that of previous studies.

The results obtained in both methods will be presented in graphs made in Origin Pro 6.1 which demonstrate the chloride chloride ion exposure rate in mg / m ^ 2 d Vs the exposure distances of the carriers being the sensors.

The results obtained will facilitate the taking of measures and engineering decisions, in order to increase the durability and useful life of the structures, not only of reinforced concrete, but of those built with the most used metallic materials in the construction industry.

1. TEMA

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 I

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El perfil costanero del Ecuador hacia el Océano Pacífico cuenta con una extensión territorial de 640 km. De estos, 350 km pertenecen a la provincia de Manabí para un 54,6%. De ahí, la importancia de realizar estudios basados en la evaluación de la agresividad corrosiva de la atmósfera en dicha zona de elevado potencial constructivo. Precisamente en zonas aledañas al puente los Caras, de la ciudad de Bahía de Caráquez y San Vicente en la provincia de Manabí, existen un gran número de estructuras principalmente de hormigón armado que son muy afectadas por el fenómeno de la corrosión atmosférica del acero de refuerzo. Y de alguna manera contribuir con estrategias para disminuir o retardar dicho fenómeno para las nuevas inversiones constructivas del País.

2.2.DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

2.2.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL

La investigación de este trabajo se realizará en los sectores de Bahía de Caráquez y San Vicente, específicamente en áreas cercanas al mar.

2.2.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL

Para el desarrollo de este proyecto se considerará información existente de investigaciones pasadas y su desarrollo estará en base a un cronograma valorado.

2.3.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera la corrosión atmosférica influye en las estructuras de hormigón armado de acuerdo al comportamiento de la velocidad de corrosión y deposición de iones cloruros entre Bahía de Caráquez y San Vicente?

3. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO

3.1.Antecedentes

Los trabajos investigativos realizados no se han enfocado en los niveles o categorías de agresividad corrosiva de la atmósfera, obtenidos para los principales materiales metálicos (acero al carbono, cobre, cinc y aluminio), pueden ser tenidos en cuenta para el acero de refuerzo embebido en el hormigón armado, como una herramienta o guía segura y eficaz que permita prevenir el deterioro en las estructuras en zonas costeras de elevado potencial constructivo.

Primero que todo, es de notar con los países del continente donde más se han realizado estudios de corrosión atmosférica. En este caso se destacan: México, Brasil, Chile y Cuba. No se encontraron reportes de los países faltantes que pertenecen a la región de América Latina en cuanto a estudios de corrosión atmosférica.

Por otra parte, es de apreciar como la mayoría de los sitios de exposición han sido ubicados en zonas costeras del Océano Atlántico (84). Las regiones costeras del Golfo de México y el Mar Caribe también han sido de gran objeto de estudio (75 entre las ambas situaciones geográficas). Llama la atención, como el litoral costero del Océano Pacífico con una gran extensión, compuesto por 10 países en América Latina, no ha sido muy explotado en estudios de agresividad corrosiva de la atmósfera o corrosión atmosférica, con la excepción de Chile. [1]Se han podido apreciar estudios similares en los cuales destacan los siguientes:

Determinación de la velocidad de corrosión de la barra de refuerzo del hormigón armado mediante técnicas electroquímicas [2]

Caracterización y comparación de la velocidad de corrosión del acero de refuerzo determinada por ruido electroquímico y diferencia de espesor bajo la influencia de iones cloruro.[3]

Estudio preliminar de la agresividad corrosiva de la atmósfera en el puente de los Caras, Manabí, Ecuador[4]

---

[1] Mera, J. C., Castañeda Valdes, A., & Howland Albear, J. J. (2016). Estudio preliminar de

[2] Castañeda, a., corvos, F., & Meitín, J. (2014). Determinación de la velocidad de corrosión. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, vol. 35, N°3.

[3] Castañeda, A., & Corvo, F. (2008). Caracterización y comparación de la velocidad. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, vol.39 N°2.

Otro estudio realizado según Abel, (2013) determino el Estudio de la corrosión atmosférica del acero de refuerzo embebido en el hormigón armado en La Habana.

En la actualidad no se registran estudios efectuados determinando la agresividad corrosiva marina en la zona costera de la ciudad de Bahía de Caráquez ya que el objetivo de este estudio es el puente "Los Caras" el mismo que está inmerso en un ambiente marino, en el cual se determinará la velocidad de corrosión y deposición de iones cloruros.

3.2. Justificación

La corrosión atmosférica del acero de refuerzo, es el fenómeno que más influye en el deterioro de las estructuras de hormigón armado, principalmente en las construidas en zonas costeras.[5]

La zona costera de la Ciudad de Bahía de Caráquez es de gran auge turístico originando inversiones en las construcciones de grandes edificaciones de hormigón armado siendo estas afectadas por el deterioro progresivo la agresividad corrosiva como acción de la salinidad.

Es por esta razón que surge la necesidad de realizar un estudio evaluando el comportamiento de la agresividad corrosiva en la zona costera de la Ciudad de Bahía de Caráquez considerando los factores que aceleran aún más este fenómeno como es: la temperatura, tiempo, humedad relativa, tipos de construcciones, ubicaciones de las mismas, dirección del viento.

Todo lo visto anteriormente refleja claramente, la necesidad de establecer los requisitos por durabilidad y vida útil en dicha zona seleccionada de un elevado potencial constructivo, a partir de la ejecución de estudios de corrosión atmosférica.

Entre las ciudades costeras está la de Bahía de Caráquez ubicada en la provincia de Manabí, Ecuador. Es una ciudad ecuatoriana de la región geográfica costanera perteneciente al cantón Sucre, en la jurisdicción de la provincia de Manabí. Está

---

[4] Mera, J. C., Castañeda Valdes, A., & Howland Albear, J. J. (2016). Estudio preliminar de la agresividad corrosiva de la atmósfera en el puente de los Caras, Manabí, Ecuador. *Revista CENIC Ciencias Químicas.*, vol 47.

[5] Valdes, M. A. (2013). Estudio de la corrosión atmosférica del acero de refuerzo. *Centro Nacional de Investigaciones Facultad de Ingeniería Química*, 1.

situada en la desembocadura del río Chone, y posee una reconocida infraestructura turística que la ubica como cabecera cantonal.

Para la realización de este estudio se utilizara el método de vela seca en los captadores de contaminación atmosférica, desengrasado y decapado en las probetas de acero al carbono, los mismo que estarán evaluados por medio de siete soportes atmosféricos ubicados en puntos estratégicos entre la ciudad de Bahía de Caráquez y San Vicente de la Provincia de Manabí, con el fin de cumplir este estudio y la evaluación de las muestras durante un periodo comprendido entre septiembre a noviembre del año 2016.

Este estudio genera la realización de diagnósticos antes de construir una obra y a su vez evita grandes pérdidas económicas en la reparación de la misma.

3.3.Marco teórico

3.3.1. Contaminación atmosférica

Se puede definir la contaminación atmosférica como "la presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgos, daños o molestias graves para las personas y bienes de cualquier naturaleza." [6]

Los contaminantes atmosféricos de mayor importancia son: partículas suspendidas totales, ozono, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre. La lucha contra la contaminación del aire, de las aguas continentales y marítimas, del suelo, así como la defensa del paisaje, la restauración y mejora de las zonas de interés natural y artístico, la protección de la fauna y de la flora, el tratamiento y eliminación de los residuos, la defensa de las zonas verdes y espacios libres, la reinstalación de industrias fuera de las zonas urbanas, la congestión del tráfico urbano, la lucha contra el ruido y tantas otras cuestiones, no son sino aspectos parciales e interrelacionados que han de tenerse en cuenta al abordar acciones o programas de actuación para la defensa del medio ambiente.[7]

[6] Ataz, E. M., & Díaz de Mera Morales , Y. (2004). Contaminación Atmosférica. Introducción histórica. En *Contaminación atmosférica* (pág. 17). Cuenca: IV. Series de la Universidad de Canastilla-La Mancha .

[7] Marcano, J. (2003). *Educación ambiental* . Recuperado el 22 de Diciembre de 2016, de http:/www.jmarcano.com/recursos/index.html

3.3.2. Tipos de contaminación

3.3.2.1.Contaminación y contaminantes del aire

La contaminación del aire debido a agentes dañinos en la atmósfera es un problema antiguo y extendido. El alcance de la contaminación atmosférica varía enormemente, puede ocurrir en una escala muy pequeña en forma de contaminación del aire en interiores. Un ejemplo de esta contaminación es la causada por las cocinas alimentadas con leña o madera y pobremente ventiladas. Los contaminantes atmosféricos que causan el deterioro de la atmósfera consisten en una gran variedad de gases, vapores y partículas. Algunos de los contaminantes más comunes del aire, consisten en gases inorgánicos, especialmente óxidos de nitrógeno, azufre y carbono. Vapores orgánicos de varios tipos, constituyen una clase importante de contaminantes atmosféricos, como por ejemplo los responsables del neblumo o smog fotoquímico. Las partículas atmosféricas emitidas directamente a la atmósfera o formadas por procesos químicos atmosféricos que ocasionan importantes problemas de contaminación. Además de gases y vapores, los contaminantes atmosféricos pueden consistir en partículas.[8]

3.3.2.2.Contaminantes atmosféricos primarios y secundarios

Los contaminantes primarios en la atmósfera son aquellos que se emiten directamente. Un ejemplo de contaminante primario es el dióxido de azufre (SO_2), que daña directamente la vegetación y es un irritante pulmonar. De importancia mayor en la mayoría de los casos son los contaminantes secundarios, que se forman por medio de procesos químicos atmosféricos que actúan sobre los contaminantes primarios o incluso sobre especies no contaminantes en la atmósfera. Generalmente los contaminantes secundarios son producidos por la tendencia natural de la atmósfera a oxidar los gases traza en ella. El ácido sulfúrico, H_2SO_4, que es un contaminante secundario, se genera por oxidación del contaminante primario SO_2, mientras que el, contaminante secundario NO_2 se produce cuando se oxida el contaminante primario NO. Uno de los contaminantes secundarios más importantes en la tropósfera es el ozono, O_3, para el que la materia prima es el oxígeno atmosférico, O_2. En la tropósfera se producen niveles contaminantes de ozono por medio de procesos fotoquímicos en presencia de hidrocarburos u otros compuestos carbonados y NO_X ($NO+NO_2$). Otro tipo importante de contaminante secundario

consiste en la materia particulada generada por reacciones químicas atmosféricas que operan sobre los contaminantes primarios gaseosos.[8]

3.3.2.3.Gases contaminantes de la atmósfera

Desde los años 1960, se ha demostrado que los clorofluorocarbonos (CFC, también llamados "freones") tienen efectos potencialmente negativos: contribuyen de manera muy importante a la destrucción de la capa de ozono en la estratósfera, así como a incrementar el efecto invernadero. El protocolo de Montreal puso fin a la producción de la gran mayoría de estos productos.

- Utilizados en los sistemas de refrigeración y de climatización por su fuerte poder conductor, son liberados a la atmósfera en el momento de la destrucción de los aparatos viejos.
- Utilizados como propelente en los aerosoles, una parte se libera en cada utilización. Los aerosoles utilizan de ahora en adelante otros gases sustitutivos, como el CO2.[9]

3.3.2.4.Monóxido de carbono

El monóxido de carbono, CO, es un constituyente natural de la atmósfera y un contaminante cuando está presente por encima de las concentraciones normales de fondo (Novelli, 2003). Este contaminante causa problemas en los casos de concentraciones localmente altas, debido a su toxicidad. La concentración atmosférica global de monóxido de carbono es de aproximadamente 0,1 ppm, lo que corresponde a una cantidad total en la atmosfera terrestre de, aproximadamente, 500 millones de toneladas métricas de CO con un tiempo medio de residencia que va de 36 a 110 días. La mayoría de este CO está presente como intermediario en la oxidación del metano por el radical hidroxilo. El contenido de metano de la atmósfera es aproximadamente 1.6 ppm, más de 10 veces la concentración de CO. Por consiguiente, cualquier proceso de oxidación de metano que produzca monóxido de carbono como intermediario, es evidente

---

[8] Bazúa, D. e. (2006). Contaminación del aire . En S. E. Manahan, *Introducción a la Química Ambiental* (págs. 401- 408). España : Reverte ediciones, S.A. de C.V. y Editorial reverte, S.A. .

[9] Manahan, S. E. (2007). *Introduccion a la química ambiental.* Recuperado el 08 de Enero de 2017, de Contaminación atmosférica: http://www.agro.uba.ar/users/semmarti/Atmosfera/contatmosf.pdf

que contribuye sustancialmente a la cantidad de monóxido de carbono global, probablemente alrededor de dos tercios del CO total.[10]

3.3.2.5.Dióxido de carbono

La concentración de CO_2 en la atmósfera está aumentando de forma constante debido al uso de carburantes fósiles como fuente de energía y es teóricamente posible demostrar que este hecho es el causante de producir un incremento de la temperatura de la tierra-efecto invernadero [11.]

La amplitud con que este efecto puede cambiar el clima mundial depende de los datos empleados en un modelo teórico, de manera que hay modelos que predicen cambios rápidos y desastrosos del clima y otros que señalan efectos climáticos limitados. La reducción de las emisiones de CO_2 a la atmósfera permitiría que el ciclo total del carbono alcanzara el equilibrio a través de los grandes sumideros de carbono, como son el océano profundo y los sedimentos.[11]

3.3.2.6.Monóxido de nitrógeno

Los óxidos de nitrógeno forman un importante grupo de gases contaminantes. Aunque hay diversos, los más importantes, en cuanto a sus efectos contaminantes, son el dióxido de nitrógeno, NO_2 y el óxido nítrico, NO. La importancia del resto es menor ante estos dos. Los óxidos de nitrógeno se generan a causa de las altas temperaturas que se producen en los procesos de combustión. Las altas temperaturas permiten la combinación directa del oxígeno y el nitrógeno de la atmósfera y se produce óxido nítrico. Este gas se oxida posteriormente y da dióxido de nitrógeno. En las zonas de gran aglomeración de tránsito, los automóviles llegan a producir cerca del 60% del total de óxidos de nitrógeno. Últimamente la industria del automóvil hace un importante esfuerzo en el sentido de instalar, en sus modelos, catalizadores que aceleren la descomposición del ácido nítrico en sus componentes originales, nitrógeno y oxígeno, para rebajar la emisión de este contaminante. Estos gases originan la disminución de la visibilidad, la corrosión de materiales y la disminución en el crecimiento de

---

[10] Manahan, S. E. (2007). Monoxido de carbono. En D. e. Durán-Domínguez-de-Bazúa, *Introduccion a la quimica ambiental* (pág. 408). Mexico : Editorial Reverté, S.A.

[11] Tenerife, S. C. (2005). *Gases contaminantes de la atmósfera* . Recuperado el 26 de Enero de 2017, de http://www.canarina.com/gases-contaminantes.htm

algunas especies vegetales de importancia agrícola, son los efectos principales producidos por estos compuestos.[12]

En una primera reacción, los óxidos de nitrógeno se transforman, en la atmósfera en ácido nítrico o nitratos. Este ácido, muy corrosivo, es arrastrado por el agua de lluvia y llega a ser uno de los constituyentes de las lluvias ácidas. Los óxidos de nitrógeno intervienen también en la destrucción de la capa de ozono. Aunque actúen sólo como catalizadores, pequeñas cantidades de óxido pueden destruir grandes cantidades de ozono hasta que no son eliminados de la estratósfera por un lento proceso natural. En el caso de la aviación, los reactores inyectan los óxidos de nitrógeno directamente a la estratósfera y agravan de esta manera el efecto.[12]

3.3.2.7.Óxido de azufre

Se producen al quemar azufre o combustibles que lo contienen, como el carbón y el petróleo. El más importante de éstos es el dióxido de azufre SO_2, que luego se oxida en la atmósfera, formando trióxido de azufre (SO_3).

Los SO_X son irritantes que afectan el sistema respiratorio del hombre. También provocan daños en la calidad y rendimiento de las cosechas y participan directamente en la formación de la lluvia ácida.[13]

3.3.2.8.Ozono (troposférico)

Es un constituyente natural del aire que respiramos. Es un gas azulado, de olor agradable, compuesto por tres átomos de oxígeno: O_3 que se forma de una manera natural en la estratósfera. A este ozono le llamamos y es el constituyente de la "capa de ozono". Tiene efectos muy positivos y beneficiosos al protegernos de las radiaciones de alta intensidad emitidas por el sol.[14]

Pero este mismo ozono se forma por la presencia de luz solar y precursores de ozono como los óxidos de nitrógeno y otros compuestos orgánicos volátiles, emitidos de forma natural en los volcanes, los incendios o las tormentas, pero también derivados del tráfico o los procesos industriales. Como efectos sobre el ser

---

[12] Ambientum. (2015). *Los contaminantes atmosféricos* . Recuperado el 26 de Enero de 2017, de http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/atmosfera/Los-contaminantes-atmosfericos.asp#

[13] Jubel, M. (2008). *Gases contaminantes del aire* . Recuperado el 26 de Enero de 2017, de Química 2 : http://iiquimica.blogspot.com/2010/02/gases-contaminantes-del-aire.html

humano, el aparato respiratorio es el principal perjudicado. Cuando la concentración de ozono en el aire es alta, (aproximadamente 0,18 Kg/m3), se producen síntomas como: tos, dolor de cabeza, náuseas, dolores pectorales al inspirar profundamente o acortamiento de la respiración.[14]

Pero, si supera el nivel de 0,24 Kg/m3, pueden darse procesos más serios con deterioro de la función pulmonar. La época de mayor concentración se produce en verano ya que la síntesis de ozono se ve favorecida por la presencia de la luz solar, produciéndose las máximas concentraciones a primeras horas de la tarde, en días despejados, localizándose en las poblaciones cercanas a zonas en las que se produzca contaminación, porque tendrán en su atmósfera más productos susceptibles de formar moléculas de ozono.[14]

3.3.2.9.Metales pesados

Los metales pesados son elementos químicos que generalmente se hallan presentes en la atmósfera en muy bajas concentraciones por lo que su origen procede en su gran mayoría de fuentes antrópicas. Las emisiones de metales pesados se originan fundamentalmente en grandes instalaciones de combustión, industria de calcinación y síntesis de minerales metálicos, fundiciones, acerías y otras instalaciones metalúrgicas, industria de producción de cemento y vidrio e instalaciones de incineración de residuos urbanos y sanitarios. Una de las características más peligrosas de los metales tóxicos en el ambiente es que no son degradados, ni química ni biológicamente, por la naturaleza. Entre los metales tóxicos más importantes por sus efectos sobre la salud del ser humano están el mercurio (Hg) y el plomo (Pb), aunque también se encuentran en la atmósfera otros metales como cadmio, níquel, cobre, cromo o arsénico.[15]

3.3.3. Agresividad corrosiva de la atmósfera

La agresividad corrosiva de la atmósfera es un factor de gran importancia cuando se proyectan y construyen nuevas edificaciones, se realizan investigaciones

[14]Ceuta. (2016). *Los contaminantes atmosféricos* . Recuperado el 26 de Enero de 2017, de Sustancias contaminantes en la atmósfera: http://www.lineaverdeceutatrace.com/lv/consejos-ambientales/los-contaminantes-atmosfericos/sustancias-contaminantes-en-la-atmosfera.asp#

[15] Asturia. (2006). *Conceptos generales de contaminación atmosférica*. Recuperado el 26 de Enero de 2017, de Principales contaminantes atmosféricos: https://www.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnextoid=daca2ae109539210VgnVCM10000097030a0aRCRD&vgnextchannel=761ab1cc11b6a110VgnVCM1000006a01a8c0RCRD&i18n.http.lang=es

sobre métodos de protección y se proyectan sistemas de recubrimiento, entre otras aplicaciones. [16]

Los principales factores que operan en la corrosión atmosférica son:

- Factores externos, meteorológicos y de contaminación del aire.
- Condiciones de exposición que permitan el libre acceso del medio corrosivo a la superficie expuesta a la atmósfera, almacenamiento en caseta o bajo abrigo ventilado, en las cuales el metal sólo se humidifica por el rocío o el contacto accidental con la lluvia.

El SO_2 es un contaminante comúnmente encontrado en atmósferas urbanas e industriales y presente en la lluvia ácida, siendo responsable de los altos niveles de corrosión encontrados en sitios en combinación con la humedad relativa o precipitación pluvial altas. Para el acero el incremento de la corrosión es casi inmediato en presencia del contaminante, hasta alcanzar un valor en el que el incremento es poco significativo y la corrosión alcanza un nivel estacionario. En cambio para el cinc, la corrosión es independiente de la contaminación hasta que alcanza un valor crítico en el cual la corrosión se incrementa dramáticamente.[17]

Para clasificar las atmósferas de acuerdo con los contaminantes presentes se considera el SO_2 y aerosoles de agua de mar. Estos dos tipos de contaminantes son representativos de atmósferas tales como: rural, urbana, industrial, marina y costera o una combinación de ellas. Los otros tipos de contaminantes se consideran añadidos. La clasificación ISO de la contaminación por aerosoles salinos, representados por el nivel de cloruro de sodio (NaCl) tiene que ver en general con atmósferas medios ambientales marinos. La clasificación propuesta se presenta en la siguiente tabla.[17]

---

[16] Echeverria Lage, D. (2003). *Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"*. Recuperado el 22 de Diciembre de 2016, de Corrosión atmosférica del acero en la Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos": http://monografias.umcc.cu/monos/2003/Mono19.pdf

[17] Rodríguez, L. M., Llongueras, J. G., Uruchurtu Chavarin, J., & Salvador Hernández, L. (1999). Agresividad atmosférica. En D. L. Rodríguez, *Corrosividad atmosférica* (págs. 28-33). México: Plaza y Valdés, S.A. de C.V. .

Tabla 1. Clasificación de la contaminación por Cloro

CATAEGORÍA	VELOCIDAD DE DEPÓSITO DE Cl
	Mg/m2dia
S0	$S \geq 3$
S1	$3 < S \geq 60$
S2	$60 < S \geq 300$
S3	$300 < S \geq 1500$

Autor: (Rodríguez, Llongueras, Uruchurtu Chavarin, & Salvador Hernández, 1999)

Una gran cantidad de metales que se encuentran en contacto directo con el medio ambiente, tienden a formar un sistema termodinámicamente inestable. Existiendo excepciones como los metales nobles, el resto todo se convierten en óxido, teniendo en cuenta que todos estos materiales pueden ser usados de acuerdo a que la velocidad de su deterioro sea considerablemente baja.[18]

3.3.4. Comportamiento de la agresividad corrosiva

La acción agresiva tiene origen en la formación y en el transporte del aerosol marino, donde el viento ejerce un papel importantísimo. Los cloruros, parte integrante de este aerosol, son transportados por el desplazamiento de las masas de aire y se depositan en la superficie del concreto. A partir de este punto, se transportan para su interior por medio de mecanismos que involucran convección y difusión.[19]

El movimiento de las brisas marinas, producidas especialmente en las áreas costeras, y que son ocasionadas por una disparidad de la temperatura y llevadas por la fuerza de la presión en la superficie del mar y la tierra. La corrosión en las estructuras se fija de manera más intensa precisamente en las partes bajas. Lo que se debe especialmente a que las sales de iones cloruro generalmente presentan un efecto gravitatorio, lo que significa que se depositan exactamente en los lugares más bajos, sitio donde ocurre la corrosión marina, ya que las aguas condensadas se depositan en la superficie metálica. Las sales de iones de cloruro se encuentran en

[18] H., G. (2010). ASTM.STP.435. *Metal corrosion in the atmosphere*.

[19] Bazerra, P. R., C, M., Almeida, O. R., & Carvalho, P. S. (2011). Clasificación de la agresividad costera de recife en función del nivel de contaminación por cloruros. *Revista Académica de la FIUADY*, 19-26.

el aerosol marino con una concentración de 5 a 10%, en las que dichas sales representan hasta el 95% de la masa, siendo consideradas como las que más pesan y que dan origen a su efecto gravitatorio.[20]

3.3.5. El ion cloruro

El ion es un átomo o grupo de átomos cagados eléctricamente, muchos iones metálicos se combinan con los iones cloruros para formar iones complejos. Los iones positivos no son los únicos que forman iones complejos, así el ion sulfato se hidrata en agua, un ion complejo se forma por la combinación de un ion simple con una o más moléculas neutras, o con uno o más iones sencillos de carga opuesta. [21]

El ion cloruro, Cl^-, es un elemento electronegativo y rico en electrones. Resulta obvio que el agua puede dar un enlace de hidrógeno con dicho ion, del mismo modo en que puede formarlo con otra molécula de agua. Puesto que el ion cloruro puede aceptar más de un enlace de hidrógeno, un cierto número de moléculas de agua se orientarán con sus átomos de hidrógeno hacia el ion cloruro electronegativo, al cual solventarán de este modo, este tipo de interacciones suelen denominarse interacciones ion-dipolo.[22]

En el agua puede haber tres formas de cloro: cloro elemental (Cl_2), que es un oxidante muy potente; ácido hipocloroso (HOCl); e ion hipoclorito (OCl_2). El cloro puede ejercer su efecto mediante la oxidación irreversible de los grupos sulfhidrilo (SH) de enzimas esenciales.[23]

3.3.6. Acción de los iones cloruros

Una vez que los iones cloruros entran en el hormigón se pueden clasificar en tres formas, de acuerdo a su interés para la corrosión: solubles o libres, enlazados o combinados y totales.[24]

Las sales basadas en cloruro son unas de las sustancias más nocivas a la que el hormigón pueda estar expuesto ya sea cuando estén mezcladas en el hormigón

---

[20] Uruchurtu, J., & Malo, M. (2011). *Técnicas de monitoreo y control de la corrosi´n* . IMICORR.

[21] Cane, B., & Sellwood, J. (1994). Elementos y compuestos . En B. Cane, & J. Sellwood, *Química elemental basica-2* (pág. 203). Barcelona: REVERTÉ, S. A.

[22] Casellas, D. M. (2007). Experimental Organic Chemistry. En G. W. Gokel, *Química Orgánica Experimental* (pág. 118). Puerto Rico, Rio Piedras: REVERTÉ, S. A.

[23] Delgado, D. A., & García, I. (2013). Ion cloruro Student Consult. En D. A. Delgado, & I. García, *Microbiologia médica* (pág. 14). España: DRK Edición.

[24] P.Castro. (1998). *Corrosión en estructuras de concreto armado.* Recuperado el 22 de Diciembre de 2016, de http:/www.redalyc.org/pdf/181620511008.pdf

fresco o salpicado sobre la superficie de la estructura, a través del cual puedan penetrar en él. El cloro quien es el mayor responsable de la corrosión del acero, destruye el film inactivo y activa así el proceso de corrosión. Algunos dicen que los cloruros aceleran la corrosión debido a que hacen que el agua se convierta en un buen conductor de la electricidad, incluso por encima del pH 10 si las soluciones de cloruro llegan al acero, es por ello que consideran como un alto riesgo la presencia de éstos iones y mucho mayor si la cantidad de agua confinada en el concreto es elevada.[25]

3.3.7. Efecto del ión cloruro en la atmósfera

Los iones cloruro presentes en el aerosol marino son los principales responsables de la magnitud de la corrosión atmosférica. Lo anterior lo corroboran las correlaciones que se obtienen entre la velocidad de deposición de iones cloruro y la velocidad de corrosión. La corrosión atmosférica es mayor cuando la concentración de dióxido de azufre en la atmósfera es más elevada y la mayor deposición de compuestos de azufre corresponde a estaciones costeras e industriales.[26]

La penetración de iones cloruros en el hormigón armado depende de las condiciones de exposición a la cuales pudieran estar sometidas las estructuras, las más comunes son: el aerosol marino y el contacto directo con el agua de mar. Los efectos de la penetración de estos iones constituyen una de las causas fundamentales en el deterioro de las estructuras, debido a que al llegar a la barra de refuerzo aceleran de manera considerable el proceso de corrosión.[27]

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, los que están 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 pequeñísimas 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

---

[25] Bernal, I. J. (2005). Vigas . En I. J. Bernal, *Estudio de las vigas de hormigón* (págs. 273-274). Buenos Aires- Nobuko : Bibliografica de Voros S. A. .

[26] Corvo, F. (2008). Corrosion Science . *CNIC*, 2.

[27] Castañeda, A., Días Brito, N., Gonzáles Mellor, E., Martínez Hernández , M., & Corvo Pérez , F. (2005). Influencia de la penetración de Iones Cloruros en el Hormigón Armado a diferentes relaciones . *CENIC Centro Nacional de Investigaciones Científicas* , 1-2 .

agua de laborabilidad, que es aquella que excede al agua necesaria para la hidratación.[28]

Los cloruros contenidos en el salitre son los grandes responsables del gran nivel de corrosión de los materiales metálicos en ambientes marinos ya que:

Los productos de corrosión formados entre el metal y el ión cloruro son muy solubles en agua en comparación con la herrumbre formada sin iones cloruros. Lo anterior indica que la capa de productos de corrosión formadas en ambientes salinos NO tenderá a proteger al metal ya que tiende a disolverse con la humedad condensada y/o el agua presente, exponiendo metal fresco al medio ambiente respectivo.

- El cloruro de sodio y otras sales son sustancias muy higroscópicas, es decir, muy absorbentes de agua. Esta característica conduce a una mayor retención del agua (de la humedad condensada) sobre las superficies metálicas cuando hay sales o salitres depositados sobres las estructuras, equipos y materiales expuestos a medios marinos. Mientras mayor es el tiempo de contacto entre la humedad y el material metálico, mayor es la corrosión atmosférica.[29]
- Finalmente, la presencia de cloruros en una solución acuosa disminuye la resistividad de dicha solución lo cual promueve la conducción eléctrica (iones y electrones) y facilita el contacto entre las diversas micro-zonas anódicas y las micro-zonas catódicas del material metálico, lo cual, unidos al hecho de una capa húmeda de mayor permanencia sobre dicho material, conduce a una mayor corrosión que la observada en el caso de no existir salitre.[29]

Cada día es transportada una cantidad enorme de sal desde el mar hacia tierra adentro. Dicha cantidad disminuye rápidamente mientras mayor es la distancia de separación a la costa o playa respectiva. Investigaciones realizadas en varios sitios marinos muestran que la corrosión es varias veces mayor a cero metros de la playa en comparación de la medida a 500 metros.[29]

---

[28] Días Brito, N., Gonzáles Mellor, E., Martínez Hernández, M., & Castañeda, A. (2005). Departamento de corrosión . *CENIC ciencias quimicas*, 3-6.

[29] Medina, D. (20 de Diciembre de 2015). *corrocion atmosferica*. Obtenido de http://corrosionatmosfericaingenieria.blogspot.com/2015/12/factores-que-influencia-la-corrosion-de.html

3.3.8. Factores que influyen en la deposición de los iones cloruros

Casi todo el cloruro de la tierra es altamente soluble y se encuentra predominadamente disuelto en el agua de la tierra. El cloruro se encuentra en el suelo como un ion de cloruro. Siendo un anión, es completamente móvil excepto donde se mantiene en lugares de intercambio de aniones de la tierra. En áreas donde la pluviosidad es relativamente alta y el drenaje interno del suelo se considera bueno, puede ser extraído por lixiviación del corte del suelo.[30]

Además, puede ocurrir deficiencia de cloruro donde el fertilizador con muriato potásico no se aplica con frecuencia. La deposición del cloruro atmosférico tiene la tendencia a ser bastante alta a lo largo de las regiones costeras y se disminuyen al progresar al exterior. El cloruro, el nitrato, el sulfato, el borato, el molibdato, son todos aniones en sus formas disponibles, y de esa manera son antagonistas entre sí. Por lo tanto, el exceso de uno puede disminuir la disponibilidad del otro.[30]

3.3.9. Descripción de los factores puntuales que influyen en el comportamiento de la deposición de sales de cloruros

3.3.9.1.Sales solubles

Son generalmente cloruros y sulfatos de calcio, magnesio y sodio que no pueden ser visibles al ojo de los seres humanos y necesitan de un análisis para ser vistos. A pesar de su nombre no son muy solubles, teniendo en consideración el siguiente criterio: todos los nitratos y cloruros son solubles, a excepción del cloruro de plata, el de mercurio y el de plomo que son difíciles de solubilizar; la mayoría de los sulfatos son solubles excepto el bario y los sulfatos del plomo que son difíciles de solubilizar, así también están todos los carbonatos, hidróxidos y sulfuros que son insolubles con algunas excepciones.[31]

Las sales solubles son causantes de la acción osmótica que atrae el líquido a través del recubrimiento. Los pigmentos de plomo que son incorporados con las primeras adherencias han amortiguado la corrosión insolubilizando los sulfatos y los cloruros, que son los iones preponderantes, disminuyendo la gravedad osmótica

---

[30] Technologies, T. (Julio de 2004). *Cloruro un elemento esencial*. Recuperado el 22 de Diciembre de 2016, de www.tetrachemicals.com/getFile.asp?File_Content_ID=962

[31] Flores, S., Simancas, J., & Morcillo, M. (2006). Métodos de muestreo y análisis Solubles en superficies de acero:un estudio comparativo. En *Diario de Revistas y Revestimientos* (págs. 76-83).

y deteniendo de manera considerable la actividad corrosiva dañina de estos aniones. [32]

3.3.9.2.La temperatura

No tiene una tan decisiva importancia como la humedad relativa, pero un aumento o disminución de ésta influye directamente sobre la humedad relativa ambiental, reduciendo o aumentando el tiempo de humectación de la superficie metálica. También influye en la solubilidad del oxígeno que se disuelve en la capa de electrolito superficial. Además un aumento de temperatura trae consigo que se sequen los productos de corrosión que recubren el metal, resquebrajándose en ocasiones produciendo pilas de aireación diferencial. Otro punto importante, es que a temperaturas menores a 0ºC, se paraliza totalmente el proceso por solidificación del electrolito. La temperatura influye sobre la velocidad de corrosión, ya que tiene un efecto moderado, mucho menor que la que provocan los contaminantes, como la humedad relativa y la cantidad de electrolito superficial.[33]

3.3.9.3.Radiación solar

La radiación solar provoca un aumento considerable de la temperatura, además de deteriorar los recubrimientos orgánicos que se aplican a los metales, haciendo que empiece la corrosión del metal. Este tipo de factor meteorológico influye en las reacciones fotoquímicas complejas, transformando el SO_2 en SO_4H_2, proceso que interviene de manera directa en la corrosión.[34]

3.3.9.4.Papel del pH en la rotura de la pasividad

La garantía de la dureza de una estructura de hormigón armado está unidad al mantenimiento del estado pasivo y éste a la permanencia de un pH fuertemente alcalino, característico del medio. Una disminución de pH es la principal consecuencia del fenómeno de la carbonatación, convirtiéndose en la razón de que

[32] Munger, C. (2004). Protección contra la corrosión. En *Protective Coatings* (pág. Capitulo 8).
[33] L., E., & Sáchez , A. (1995). *Influencia de la lluvia ácida en la corrosión de los metales.* Recuperado el 2 de Enero de 2017, de Departamento de ingenieria quimica: http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/9421/CC_017_art_8.pdf?sequence=1
[34] Callister, J. (2010). *Introducción a la ciencia e ingenieria de los materiales* . Reverté.

actúa como factor desencadenante. La consecuencia del cloruros y oxígeno culminan en una acidificación local que desencadena el proceso de corrosión.[35]

3.3.9.5.Limitaciones del contenido de iones cloruro

Los distintos componentes del hormigón, cemento, agua, árido y aditivos tienen sus respectivas limitaciones parciales, la recomendación del hormigón estructural determina que la cantidad total de ion cloruro resultado de la mezcla de estos elementos no debe exceder el 0.2% en peso del cemento para hormigones pretensados ni un 0.4% del cemento para hormigón armado o en masa, conteniendo armaduras que servirán para el control de la fisuración.

La contaminación originada por cloruros del hormigón son causados frecuentemente por la corrosión de las armaduras de acero. Los códigos de diseño modernos para estructuras de hormigón armado y pretensados imponen restricciones a la cantidad de cloruros que pueden ser incluidos desde las materias primas que contengan una significativa cantidad de cloruro.[36]

3.3.10. Los cloruros en el proceso de corrosión

Uno de los primeros efectos de los cloruros es bajar la resistividad de la disolución electrolítica en el hormigón. Los iones de cloruro son higroscópicos, teniendo una concentración elevada en el hormigón, este retiene una gran cantidad de agua, aumentando el riesgo de corrosión del acero al bajar la resistividad eléctrica del hormigón. Otro de los efectos de los iones cloruro logra ser visible en la superficie metálica que da inicio al proceso de corrosión.[37]

Una vez que ha iniciado la corrosión, se vuelve un ambiente de gran agresividad dentro de las picaduras. Por lo que la corriente que fluye de las zonas anódicas hacia las zonas catódicas circundantes consigue aumentar el contenido de cloruro (los cloruros, al ser iones cargado negativamente, migran hacia la región anódica) y

---

[35] Castañeda, A., Yarelys, M., Corvo , F., Valdés , C., González, E., Pérez, J., y otros. (2007). Influencia de diferentes factores ambientales en la corrosión de metales empleados en la construcción de equipos electrónicos en Cuba. *CENIC Ciencias Químicas* , 219-225.

[36] Llorca, M. Á., Gardés Terradillos, P., & Zornoza Gómez, E. (2008). Limitación del contenido de iones cloruros. En *Corrosión de armaduras en estructuras de hormigón armado* (pág. 13). Cottolengo 25- San Vicente (Alicante): ECU (Editorial Club Universitario).

[37] Ávila, J., & Genescá, J. (2005). Más allá de la herrumbre. *FCE-SEP-CONACYT*, 110.

disminuye la alcalinidad, producida por la hidrólisis de productos de corrosión dentro de las picaduras.[38]

Finalmente la propagación de la corrosión da inicio por una concentración de iones cloruro del 0.4% en peso en relación al del cemento, o bien, 0.05-0.1% con relación al peso de hormigón. La velocidad de corrosión es entonces sensiblemente proporcional a la cantidad de sales añadidas hasta el 2% en cloruros (en relación al peso del cemento)

3.3.11. Corrosión atmosférica

Uno de los factores que determina primariamente la intensidad del fenómeno corrosivo en la atmósfera es la composición química de la misma. El $S0_2$ y el NaCl son los agentes corrosivos más comunes de la atmósfera. El NaCl se incorpora a la atmósfera desde el mar.[39]

La corrosión atmosférica es la causa más recuente de la destrucción de los metales y aleaciones. El mecanismo de corrosión es de naturaleza electroquímica. El electrólito es una capa de humedad sobre la superficie del metal cuyo espesor varía desde capas muy delgadas (invisibles) hasta capas que mojan perceptiblemente el metal. La duración del proceso de corrosión depende principalmente del tiempo durante el cual la capa de humedad permanece sobre la superficie metálica. Como el mecanismo de corrosión es electroquímico, su característica principal es la presencia de un proceso anódico y uno catódico, con un electrólito de resistencia óhmica determinada. En el proceso anódico el metal se disuelve en la capa del electrólito, en la que la concentración se eleva hasta la precipitación de un compuesto poco soluble. En el proceso catódico, bajo la capa de humedad, la mayoría de los metales expuestos a la atmósfera se corroen por el proceso de reducción de oxígeno. La resistencia óhmica entre las zonas anódica y catódica de las minúsculas pilas de corrosión que se distribuyen sobre el metal es grande cuando el espesor de la capa de humedad es pequeño.[40]

La acción conjunta de los factores de contaminación y los meteorológicos determinan la intensidad y naturaleza de los procesos corrosivos, y, cuando actúan

---

[38] UNAM. (2004). *Mapa iberoamericano de Corrosión atmosférica.* México: Facultad de quimica.

[39] G.Lamar. (20 de Junio de 2011). *Corrosión.* Recuperado el 3 de Enero de 2017, de Elementos de metalurgia : http://elementosdemetalurgia.blogspot.com/2011/06/corrosion-atmosferica.html

simultáneamente aumentan sus efectos. Aunque también es importante mencionar otros factores como son: condiciones de exposición, composición del metal y propiedades del óxido formado. Combinados entre sí influyen en los procesos de corrosión. La característica atmosférica más importante que se relaciona directamente con el proceso de corrosión es la humedad, que como ya se mencionó, es el origen del electrólito necesario en el proceso electroquímico. A espesores pequeños la corrosión no existe, pues la resistencia óhmica de la capa del electrólito sobre la superficie metálica es muy grande y la disolución del metal es difícil.[40]

A espesores crecientes, disminuyen la resistencia de la capa del electrólito y la polarización catódica, lo que origina un aumento en la velocidad de corrosión hasta que pasa por un máximo, disminuyendo después con el aumento del espesor. En esta zona, la reacción catódica es determinante en el proceso de corrosión; el factor óhmico y la polarización anódica pierden importancia, pues la difusión de oxígeno a la superficie metálica es muy lenta y por tanto determinante del proceso global.[40]

Con el análisis de lo mencionado antes se puede comprobar la importancia del conocimiento de las causas y los factores que influyen en la formación de películas de humedad sobre la superficie metálica. La causa más importante es la precipitación atmosférica (en forma de lluvia o niebla). Existe también la condensación de humedad que se origina cuando la humedad relativa de la atmósfera sobrepasa el 100%. Es importante mencionar también, la condensación por adsorción, la condensación capilar y la condensación química. Cuando se alcanza el nivel de humedad necesario para la formación de pilas de corrosión comienza a ser importante un segundo factor: la contaminación atmosférica.[40]

Como ya se ha mencionado el NaCl y el SO_2, son los principales contaminantes corrosivos de la atmósfera. La correlación entre los niveles de concentración de SO_2 o NaCl y la velocidad de corrosión es alta. De todos estos contaminantes se presta especial atención al efecto del SO_2 por su especial relevancia en los procesos de corrosión atmosférica y su incidencia directa en la velocidad de corrosión de los metales expuestos a la atmósfera. Los metales no ferrosos consumen el SO_2 en las reacciones de corrosión, dando como productos principales los sulfatos metálicos,

mientras que en la oxidación del hierro y del acero los sulfatos son hidrolizados formando óxidos y generando el ácido sulfúrico.[40]

El proceso de corrosión atmosférica es la causa más frecuente de la destrucción de los metales y aleaciones. El mecanismo de corrosión es de naturaleza electroquímica. El electrolito es una capa de humedad sobre la superficie del metal cuyo espesor varía desde capas muy delgadas (invisibles) hasta capas que mojan perceptiblemente el metal. La duración del proceso de corrosión depende sobre todo del tiempo durante el cual la capa de humedad permanece sobre la superficie metálica. Como el mecanismo de corrosión es electroquímico, su característica principal es la presencia de un proceso anódico y otro catódico, con un electrólito de resistencia óhmica determinada. En el proceso anódico el metal se disuelve en la capa del electrolito, en la cual la concentración se eleva hasta la precipitación de un compuesto poco soluble. En el proceso catódico, bajo la capa de humedad, la mayoría de los metales expuestos a la atmósfera se corroen por el proceso de reducción de oxígeno. La resistencia óhmica entre las zonas anódica y catódica de las minúsculas pilas de corrosión que se distribuyen sobre el metal es grande cuando el espesor de la capa de humedad es pequeño. [41]

3.3.11.1. Factores que afectan los procesos de corrosión atmosférica

La acción conjunta de los factores de contaminación y los meteorológicos determinan la intensidad y naturaleza de los procesos corrosivos, y cuando actúan simultáneamente, aumentan sus efectos. También es importante mencionar otros factores como las condiciones de exposición, la composición del metal y las propiedades del óxido formado, que combinados entre sí influyen en los procesos de corrosión.[41]

---

[40] Rodríguez, L. M., Llongueras, J. G., Uruchurtu Chavarin, J., & Salvador Hernández, L. (1999). Agresividad atmosférica. En D. L. Rodríguez, *Corrosividad atmosférica* (págs. 28-33). México: Plaza y Valdés, S.A. de C.V. .

[41] Genescá, J. (2000). *Corrosión y medio Mbiente.* Recuperado el 3 de Enero de 2017, de Corrosión atmosférica: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/121/htm/masalla3.htm

3.3.11.2. Influencia de la contaminación atmosférica en los procesos de corrosión

Cuando se alcanza el nivel de humedad necesario para la formación de pilas de corrosión, comienza a ser importante la contaminación atmosférica que esta genera.

- **Contaminación atmosférica**

En relación a su toxicidad, los contaminantes producen efectos nocivos en el ser humano y su medio ambiente, como irritación en los ojos, nariz y garganta. Además, atacan a muchos metales y materiales de construcción, deterioran equipos eléctricos, superficies pintadas, etcétera. Los contaminantes atmosféricos de mayor importancia son: partículas suspendidas totales, ozono, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre. [42]

3.3.12. Corrosión por agua

La corrosividad del agua se debe a la presencia del oxígeno y cloro disuelto. Las variables más importantes que afectan a la corrosión por el agua de mar son:

- Velocidad del agua
- Temperatura
- Contenido en oxígeno

La corrosión aumenta con el contenido de oxígeno y con la temperatura.

La corrosión del acero y del hierro se caracteriza por los siguientes factores:

3.3.12.1. ***Temperatura*****:** la velocidad de corrosión se duplica cada 30ºC de aumento de temperatura.

3.3.12.2. ***Concentración de cloro y oxígeno*****:** la velocidad de corrosión es proporcional al contenido de oxígeno y cloro.

3.3.12.3. ***Contenido de carbonato cálcico (CaCO3):*** la presencia de esta sustancia reduce la velocidad de corrosión ya que la alcalinidad cálcica en el agua produce una protección sobre las paredes.

[42] Genescá, J. (2000). *Corrosión y medio Mbiente.* Recuperado el 3 de Enero de 2017, de Corrosión atmosférica: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/121/htm/masalla3.htm

3.3.12.4. ***pH del medio:*** la velocidad de corrosión se reduce con un pH fuertemente alcalino, mientras que con un pH fuertemente ácido avanza a gran velocidad.[43]

3.3.12.5. ***Velocidad de corrosión:*** La corrosión es un fenómeno espontáneo que se presenta prácticamente en todos los materiales procesados por el hombre. Si bien existen varias definiciones, es común describir la corrosión como una oxidación acelerada y continua que desgasta, deteriora y que incluso puede afectar la integridad física de los objetos o estructuras.[44]

3.3.12.6. ***Factores que afectan la velocidad de corrosión***

Entre los que se pueden citar están:

- **Meteorológicos**: Incluyen la radiación solar, humedad, temperatura, viento, siendo sus asociados los constituyentes normales del aire y sus contaminantes.
- **Biológicos:** Están conformados por las bacterias, incrustaciones.
- **Mecánicos:** Tienen que ver con las cargas externas como continuas o periódicas.
- **De incompatibilidad:** Se deben a una interacción destructiva de materiales adyacentes.[45]

3.3.13. Factores que influyen en la corrosión

Los siguientes factores son los que generalmente se consideran en el proceso de oxidación que conlleva a la corrosión:

3.3.13.1. ***Condición de la superficie:*** la escaza limpieza de la superficie y presencia de materia extraña pueden ocasionar una fuerte influencia en el inicio y desarrollo de la corrosión.

3.3.13.2. ***Efecto de la temperatura:*** en principio el aumento de la temperatura incrementa la tasa de corrosión, debido a que la temperatura

---

[43] Seguridad, G. (2001). *Corrosión* . Recuperado el 3 de Enero de 2017, de https//www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=103051

[44] Coll, B. (Mayo de 2003). *Velocidad de corrosión.* Recuperado el 3 de Enero de 2017, de https://es.scribd.com/do/56284117/Velocidad-de-Corrosión

[45] Morcillo, M., Almeida, F., & Zehbour, P. (2002). *Corrosión y protección de metales en las atmósferas de Iberoamérica Parte II.* Madrid: Red de Temática Patina.

acelera la cinética de las reacciones. Aún en soluciones acuosas, a temperatura ambiente puede existir una parte del material con mayor temperatura que el resto del material, la cual se comporta de forma anódica respecto a la otra.

3.3.13.3. ***Diferencia de potencial:*** cuando existe diferencia de potencial en los materiales expuestos a las mismas condiciones, tal como sucede con el zinc y acero en agua salada, el metal con un valor de potencial estándar de oxidación mayor ocasiona un incremento en la corrosión y no obstante protegerá al metal si posee un potencial estándar de oxidación menor.

3.3.13.4. ***Potencial eléctrico de los materiales:*** el grado de corrosión depende fundamentalmente de la diferencia de potencial eléctrico existente entre los dos metales en contacto. Cuanto más bajo sea el potencial de un metal, más fácil resultará corroído. Del mismo modo cuando mayor sea la diferencia de potencial entre los dos metales en contacto, mayor será la corrosión galvánica producida entre ambos, siempre en perjuicio del de menor potencial

3.3.13.5. ***Formación de películas y biopelículas:*** las películas formadas por microorganismos (Biofilm) pueden tener tendencia a absorber la humedad o retenerla, incrementando la corrosión resultante de la exposición a la atmósfera o los vapores corrosivos.[46]

3.3.13.6. ***Velocidad:*** un aumento en la velocidad del movimiento relativo entre una solución corrosiva y una superficie metálica tiende a acelerar la corrosión, ocasionando que las sustancias oxidantes lleguen a la superficie. Todos los metales pueden ser usados siempre que su velocidad de deterioro sea aceptablemente baja, ya que influye en el costo-beneficio de algún proyecto y el bienestar de la sociedad frente a éste.[46]

3.3.13.7. ***Agentes oxidantes:*** los agentes oxidantes que aceleran la corrosión de algunos materiales pueden retrasar la corrosión de otras, mediante la formación en sus superficies de óxidos o capas de oxígeno absorbidos que los hacen más resistentes a los ataques químicos. El ambiente influye directamente en el proceso, así es como dependiendo

[46] Mina, J. C., Mina Vasquez, L. E., Zapata Beltran, M. A., & Rojas Diaz , M. a. (12 de Diciembre de 2015). *Metalografia- Universidad Tecnologica De Pereira.* Obtenido de http://blog.utp.edu.co/metalografia/12-corrosion-y-procesos-de-corrosion/

del pH del ambiente se obtiene una corrosión más rápida y certera. Por ejemplo al exponer un metal a un medio que es corrosivo con contaminantes como es el caso del azufre, la reacción ocurre mucho más rápido que en medios normales. Por lo general, las piezas se ven afectadas por agentes como: el aire y humedad, agua, agua salada, vapor (H2O a una temperatura entre 200 a 400 ºC), distintos gases como los CFC, NH3, ácidos orgánicos.

3.3.13.8. ***Propiedades físicas y tratamientos del material:*** cuando el material ha sido sometido a esfuerzos cíclicos de torsión, flexión, compresión o la combinación de estos, es más susceptible a la corrosión. Sí la estructura externa del material posee poros o grietas, es más susceptible a la corrosión.[47]

3.3.13.9. ***Efecto de erosión:*** la erosión por sí misma no es corrosión, sin embargo en condiciones abrasivas es posible la remoción de la película protectora del metal dejándolo expuesto al deterioro.

3.3.13.10. ***Efecto de ambientes contaminados:*** los ambientes con contaminantes son factores extremadamente importantes. A menudo, las substancias presentes únicamente en concentraciones bajas tienen mayor importancia en el comportamiento de la corrosión que las substancias presentes en elevadas concentraciones, algunas veces las impurezas pueden acelerar el tanque, en otras ocasiones pueden comportarse como inhibidores.

3.3.13.11. ***Efecto del tiempo:*** en algunos casos de corrosión existe una relación lineal, es decir conforme se incrementa el tiempo de exposición se incrementa la tasa de corrosión, en otros casos la tasa de corrosión puede disminuir o permanecer en un valor constante.

3.3.13.12. ***Efectos biológicos:*** los organismos macroscópicos influyen en la corrosión en dos formas principales.

- Creando obstrucciones sobre la superficie lo cual produce celdas de aireación diferencial.

[47] Mina, J. C., Mina Vasquez, L. E., Zapata Beltran, M. A., & Rojas Diaz , M. a. (12 de Diciembre de 2015). *Metalografia- Universidad Tecnologica De Pereira.* Obtenido de http://blog.utp.edu.co/metalografia/12-corrosion-y-procesos-de-corrosion/

- Absorbiendo hidrógeno de la superficie del acero, que es un factor de protección en la corrosión.

Ciertos sulfatos que son reducidos por bacterias son transformados a ácido sulfuroso en las proximidades de las áreas catódicas del acero, provocando una aceleración en la corrosión. [48]

3.3.14. Efecto del régimen de vientos en la salinidad atmosférica

Es de gran interés conocer la influencia del régimen de vientos presente en un determinado punto de exposición en la magnitud de la salinidad atmosférica. Varios estudios han intentado relacionar el nivel de salinidad, tanto en alta mar como en la costa, con la velocidad del viento. Lovett y Taylor formularon una relación lineal entre ambas variables. En cambio, en otros estudios se presentan funciones de tipo exponencial o potencial para expresar el gran efecto de esta variable en la producción del aerosol marino, especialmente cuando la velocidad del viento supera los 3-5 m/s. Frente a vientos más moderados la relación viento-aerosol marino es menos evidente.[49]

La velocidad del viento no es el único factor a considerar en la formación del aerosol. En efecto, cualquier factor que favorezca la rotura de las olas en la zona de rompiente contribuye a esa formación de aerosol. Esos factores están asociados a las características de las olas tales como la altura, período, dirección, etc. y a las características de la costa: perfiles longitudinal y transversal, topografía, densidad y morfología de las formaciones rocosas inmersas en la costa, etc. Asimismo, la formación de aerosol está relacionada con el tipo de rompedores de olas existente en la costa, y con la amplitud de la zona de rompiente. [50]

3.3.15. Comportamiento de la agresividad corrosiva marina

La medición, control y prevención de la corrosión en campo abarca un amplio espectro de actividades técnicas. Dentro de la esfera del control de la corrosión y su prevención, existen diferentes opciones técnicas como lo son la protección anódica y catódica, la selección de materiales, la inyección química y la aplicación de

---

[48] Nacional, E. (2002). *Corrosión y degradación de los metales* .

[49] S. Rivero, B. C. (2007). Corrosión atmosférica del acero bajo en carbono en un ambiente marino polar. Estudio del efecto del régimen de vientos . *Revista metalurgica, 43(5),* 374.

[50] S. Rivero, B. C. (2007). Corrosión atmosférica del acero bajo en carbono en un ambiente marino polar. Estudio del efecto del régimen de vientos . *Revista metalurgica, 43(5),* 374.

recubrimientos externos e internos. La medición de la corrosión, por su parte, emplea otra variedad de técnicas destinadas a determinar qué tan corrosivo es el ambiente del sistema y a que tasa o rapidez se experimenta la pérdida de metal. La medición de la corrosión es un método cuantitativo por medio del cual la efectividad de las técnicas de control y prevención de la corrosión pueden ser evaluadas y proveer la retroalimentación necesaria para optimizarlas. Existe una amplia variedad de técnicas para la medición de la corrosión, incluyendo: [51]

3.3.15.1. Análisis Químico:

- Medición de pH
- Gas Disuelto (O2, CO2, H2S)
- Conteo de Iones Metálicos (Fe2+, Fe3+)
- Análisis Microbiológico

La acción agresiva tiene origen en la formación y en el transporte del aerosol marino, donde el viento ejerce un papel importantísimo. Los cloruros, parte integrante de este aerosol, son transportados por el desplazamiento de las masas de aire y se depositan en la superficie del concreto. A partir de este punto, se transportan para su interior por medio de mecanismos que involucran convección y difusión. [52]

La corrosión en las estructuras se fija de manera más intensa precisamente en las partes bajas. Lo que se debe especialmente a que las sales de iones cloruro generalmente presentan un efecto gravitatorio, lo que significa que se depositan exactamente en los lugares más bajos, sitio donde ocurre la corrosión marina, ya que las aguas condensadas se depositan en la superficie metálica. Las sales de iones de cloruro se encuentran en el aerosol marino con una concentración de 5 a 10%, en las que dichas sales representan hasta el 95% de la masa, siendo consideradas como las que más pesan y que dan origen a su efecto gravitatorio.[53]

---

[51] Corrosion, M. S. (2016). *Comportamiento de Corrosión.* Recuperado el 16 de Enero de 2017, de http://www.alspi.com/spanish/corrosion%20monitoring%20(spanish).pdf

[52] Pontes, B. B. (2001). Clasificación de la agresividad costera recife en función del nivel de contaminación por cloruros . *Agresividad* .

[53] Uruchurtu, J., & Malo, M. (2011). *Técnicas de monitoreo y control de la corrosión* . IMICORR.

3.3.16. Influencia del aerosol marino en la corrosión

La influencia del aerosol marino en la magnitud de la corrosión atmosférica, es el principal, responsable la acción del ion cloruro, siendo esta teoría comprobada mediante estudios realizados entre velocidad de deposición de cloruro y la velocidad de corrosión. [54]

La deposición de iones CI^- suele tener un resultado de compactación de la capa de óxidos, teniendo en cuenta que este ion también aumenta la conductividad de la capa del electrolito. Al relacionarse con la superficie del metal desenlaza un ataque continuo como consecuencia debido a que el hierro no forma cloruros básicos estables. Por lo tanto la corrosión atmosférica de los hierros y los aceros convirtiendo un proceso de naturaleza electroquímica, que es bastante conocido, debido a que el oxígeno muestra presencia de oxígeno y humedad mismos que conducen a la creación de capas de herrumbre. La reacción anódica parcial viene dada por la disolución del metal: $Fe = Fe^{2+} + 2e^-$ (1).[55]

3.3.17. Características de los ambientes corrosivos en el Ecuador

El territorio Ecuatoriano se encuentra dividido en tres como son Costa, Sierra y Oriente. Por la posición geográfica y de acuerdo a la diversidad de alturas impuestas por la cordillera de los Andes, este país presenta una variedad de climas y considerables cambios a cortas distancias, motivo por el cual recibe grandes influencias de masas de aires con una variedad de temperaturas y humedad.[56]

En Ecuador existen características ambientales que modifican su condición natural como son latitud geográfica, altitud del suelo, dirección de las cadenas montañosas, vegetación, acercamiento y alejamiento del océano y corrientes marinas y los vientos. Pero hay que tener en cuenta otros factores que perturban considerablemente las condiciones ambientales en el país, que se convierten en agentes agresivos para elementos como estructuras, metales, inclusive para los habitantes de una población determinada.[57]

---

[54] Echeverria, C. (2009). Corrosión atmosférica del acero en condiciones climáticas de Cuba . *Influencia del Aerosol Marino*.

[55] Echeverria, L. C. (2004). *La corrosión atmosférica del acero y la protección temporal de los centrales azucareros en la provincia de matanzas.* Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Técnicas.

[56] Montoya, L. J. (2009). *Corrosión y control de la corrosión.* Tecnológico de delicias.

[57] West, J. M. (2010). *Departamento de metalurgia Corrosión y Oxidación* . México: Limusa .

Teniendo en consideración el nivel de afectación se pueden clasificar los ambientes corrosivos en:

3.3.17.1. ***Marinos:*** Por la salinidad que caracteriza a estos ambientes marinos es notorio que un ambiente es muy agresivo para los metales la acción de los iones cloruro presentes en el agua de mar, que conducen rápidamente a una corrosión de los metales y materiales expuestos, agotando y reduciendo de manera drástica la vida útil de muchas estructuras de máquinas, o edificaciones construidas en la costa, presentándose la necesidad de aplicar un factor de corrosión cuando se esté creando el diseño como medida de prevención de la corrosión.

3.3.17.2. ***Industrial:*** Se destacan muchos contaminantes como el nitrógeno, la humedad, óxido de sulfuro, rocío de bajo pH o lluvia ácida que proviene de sustancias corrosivas sueltas en la atmósfera.

3.3.17.3. ***Suburbano / Rural:*** Este tipo de corrosión tiene que ver directamente con la emisión de diferentes tipos de amoníaco, gases diésel y fluidos que provienen de pájaros, desechos convirtiéndose en corrosivos.[58]

3.3.17.4. ***Temperatura:*** Hay que tener en cuenta que las elevadas temperaturas que se dan en nuestro país juegan un papel de gran relevancia en la generación de ambientes corrosivos, estas temperaturas estimulan los ataques corrosivos provocando el aumento de la velocidad de las reacciones electroquímicas.

3.3.17.5. ***Humedad:*** Es otro de los entornos locales que promueven la corrosión atmosférica en nuestro país, como son la presencia de agua en el aire, que constituye uno de los principales nexos para el intercambio de electrones que al ser un electrolito que logran una inmediata interacción entre los metales considerados como corrosivos o dañinos.

3.3.18. Influencia de los contaminantes en la agresividad corrosiva

Para poder determinar la corrosividad de una atmósfera es necesario relacionar entre sí todos los factores que la afectan y, muy especialmente, aquellos que han demostrado tener una especial influencia en el proceso de corrosión: tiempo de

[58] Otero, E. H. (2004). Corrosión y degradación de materiales .

humectación de la superficie metálica y cantidad de contaminantes- causantes de corrosión- que pueden depositarse en la superficie metálica.[59]

Es de gran utilidad para la interpretación de los datos establecer la siguiente terminología:[59]

3.3.18.1. ***Agresividad de la atmósfera.*** Es el potencial de la atmósfera para provocar corrosión en metales o aleaciones.

3.3.18.2. ***Corrosividad de la atmósfera.*** Capacidad de la atmósfera para provocar corrosión en un sistema dado.

3.3.18.3. ***Tiempo de humectación.*** Periodo durante el cual una superficie metálica está cubierta por una película de electrolito (incluso absorbida) que estimula significativamente la corrosión atmosférica.

3.3.18.4. ***Tiempo de humectación calculado.*** Tiempo de humectación estimado a partir de relaciones temperatura-humedad relativa.

3.3.18.5. ***Tiempo de humectación experimental.*** Tiempo de humectación determinado directamente por diferentes sistemas de medida.

3.3.18.6. ***Categoría de la contaminación.*** Características cualitativa o cuantitativa determinada convencionalmente, que señala la cantidad de sustancias químicas activas, gases corrosivos o partículas suspendidas en el aire, tanto natural como producido por el hombre, diferentes de los compuestos del aire.

3.3.18.7. ***Tipo de atmósfera.*** Caracterización de la atmósfera sobre la base de un apropiado criterio de clasificación: industrial, marina, urbana, etc., o de factores operacionales complementarios: química, etc.

3.3.18.8. ***Complejo temperatura humedad.*** Efecto conjunto de la temperatura y de la humedad relativa, que influye en la corrosividad de la atmósfera.

3.3.18.9. ***Tipo de localización.*** Condiciones de exposición típicas definidas convencionalmente a partir de un componente o estructura: espacio cerrado, bajo techo, aire libre, etc.[60]

---

[59] Pancorbo, F. J. (2011). Calibración de la agresividad de la atmósfera. En *Corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación* (pág. 40). Barcelona: Marcombo.

3.3.19. Comportamiento del acero en distintos tipos de atmósfera

Un porcentaje elevadísimo de estructuras metálicas queda sometido a la acción del ambiente natural: atmósfera, aguas o terrenos, siendo las expuestas a la atmósfera las más numerosas. Se considera que, aproximadamente, el 80% de las estructuras metálicas están sometidas a exposición atmosférica, lo que explica que, a pesar de la benignidad de tales condiciones de servicio, el 50% de los costes de la lucha contra la corrosión se empleen en combatir la corrosión atmosférica.[61]

La corrosividad ambiental varía enormemente en función de las variables climatológicas, la contaminación salina e industrial y evidentemente, de la naturaleza del metal o aleación. La normativa internacional ISO ha establecido unos valores guía de corrosión sobre la base de la experiencia acumulada de estudios de corrosión atmosférica de larga duración, estableciendo 5 categorías de corrosividad atmosférica, desde la de agresividad mínima (C1) a la máxima (C5). Los valores guía relativos a la corrosión media correspondiente a los 10 primeros años de exposición atmosférica para el Fe, Zn, Cu y AI, en la que puede apreciarse el gran efecto de la agresividad ambiental en cada material por una parte y, por otra, una susceptibilidad mucho mayor a la corrosión del hierro en comparación con los metales no férreos, evidenciando velocidad de corrosión 10 o más veces superiores a las exhibidas, en la mayoría de los ambientes. [62]

3.3.20.Corrosión en solución neutra alcalina

La corrosión de los metales puede presentarse tanto en agua limpia o de mar, soluciones salinas y alcalinas o básicas. En su gran mayoría estos sistemas, la corrosión solo ocurre cuando estas contienen oxígeno disuelto. Dichas soluciones acuosas disuelven de manera rápida el oxígeno del aire, lo que lo convierte en una fuente de oxígeno que necesitan los procesos corrosivos, siendo la más familiarizada en estos casos la oxidación del hierro cuando está expuesto a la atmósfera húmeda o bien a agua, sea está limpia o de mar.

$$\mathbf{4Fe + 6H2O + 3O_2 = 4Fe\ (OH)_3}$$

---

[60] Pancorbo, F. J. (2011). Calibración de la agresividad de la atmósfera. En *Corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación* (pág. 40). Barcelona: Marcombo.

[61] Otero, E. (2004). Teoría y práctica de la luha contra la corrosión . En J. González, *Capítulo V* (págs. 129-152). Madrid: CSIC.

[62] Martínez, R. (2000). Inhibidores de corrosión para hormigón armado. En *Hormigón* (pág. 48).

La ejecución de esta fórmula enseña que el fierro se mezcla con el agua y a la vez con el oxígeno para resultar una substancia insoluble, presentando un color café rojizo, que no es otra cosa que el hidróxido férrico. Durante el proceso de oxidación de la atmósfera, se presenta la oportunidad que el producto se seque, lo que ocasiona que el hidróxido férrico se deshidrate y forme lo antes indicado el óxido café rojizo.[63]

[63] Morcilaa, M. F. (2001). *Estudio de la corrosión del acero dulce, zinc y cobre en la atmósera.*

4. VISUALIZACIÓN DE ALCANCE DE ESTUDIO

Este trabajo de titulación consistió en conocer el comportamiento de la velocidad de corrosión y deposición de iones cloruros por medio de la colocación de soportes con captadores atmosféricos y probetas de acero al carbono. Los cuales fueron expuestos en diferentes puntos estratégicos entre Bahía de Caráquez y San Vicente, las sustancias empleadas en el proceso fueron Ácido clorhídrico, n-Hexano, que se utilizaron en la limpieza de las probetas de acero al carbono, también se empleó Nitrato de plata, Cromato de potasio, los cuales nos ayudaron a determinar las diferentes cantidades de iones cloruros en dichos lugares, tomando en cuenta el tiempo de exposición.

Se emplearon muestras y volúmenes de los diferentes puntos de exposición para determinar los diferentes parámetros, tomando en cuenta las distancias de exposición entre los cuales se tuvo: 3 en Bahía de Caráquez, 3 en San Vicente y 1 soporte atmosférico en la mitad del puente Los Caras, para así lograr determinar las condiciones climáticas donde existe mayor riesgos de corrosión y aumento de iones cloruros y por medio de esto analizar el comportamiento de la velocidad de corrosión y deposición de los iones cloruros y los factores que influyen en diversos parámetros.

Dichos ensayos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Técnica de Manabí y en el Laboratorio Central de la Universidad Técnica de Manabí, los resultados obtenidos de los diferentes análisis nos permitieron efectuar las comparaciones sobre los parámetros establecidos de acuerdo a las normas de corrosión y protección de los materiales metálicos ASTM 9226:2012 y de iones cloruros NC 12-01-09: 1988.

5. ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS Y DEFINICIÓN DE VARIABLES

5.1.HIPÓTESIS

La aplicación de captadores atmosféricos ayudará a controlar la corrosión atmosférica que desgasta las paredes del hormigón de la estructura del puente Las Caras.

5.2.VARIABLES Y SU OPERACIONALIZACIÓN

5.2.1. Variable independiente

Deposiciones de iones cloruros

5.2.2. Variable dependiente

Velocidad de corrosión

5.3.OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable independiente: Deposiciones de iones cloruros

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADOR	ÍTEMS	TÉCNICA
La penetración de iones cloruros en el hormigón armado depende de las condiciones de exposición, al llegar estos a la barra de refuerzo aceleran el proceso de corrosión.	Estudio de la deposición de iones cloruros. Nivel de agresividad.	Condiciones de exposición. Comportamiento del acero.	¿Conoce usted alguna técnica que se aplique en Bahía de Caráquez y San Vicente para el estudio de los iones cloruros? ¿Conoce usted el tiempo de corrosión atmosférica en las estructuras?	Desengrasado, decapado químico y prácticas de laboratorios mediante métodos volumétricos.

Elaborado por: Delgado Johanna & Zambrano María, (2017)

Variable dependiente: velocidad de corrosión

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADOR	ÍTEMS	TÉCNICA
Es la manera de averiguar la velocidad con que la corrosión afecta el hormigón armado del puente las Caras.	Análisis de velocidad de corrosión. Análisis desde diferentes puntos.	Velocidad de corrosión Iones cloruros.	¿Conoce usted algún método para analizar los efectos de la corrosión en el hormigón? ¿Considera usted que la aplicación de captadores atmosféricos ayudará en la aplicación de métodos para disminuir la corrosión atmosférica?	Desengrasado, decapado químico y prácticas de laboratorios mediante métodos volumétricos.

Elaborado por: Delgado Johanna & Zambrano María, (2017)

6. DISEÑO DEL DESARROLLO DE INVESTIGACIÓN

6.1.Objetivos

6.1.1. Objetivo general

Realizar un 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 I

6.1.2. Objetivos específicos

- Analizar el comportamiento de la deposición de las sales de iones cloruro en el tiempo de exposición y a diferentes distancias desde el mar.
- Analizar el comportamiento de la velocidad de corrosión en el tiempo de exposición y a diferentes distancias desde el mar.
- Conocer los factores que influyen en la deposición de las sales de iones cloruro y la velocidad de corrosión en la zona de estudio.

6.2.Campo de acción

En este trabajo de titulación se llevó a cabo un tipo de investigación el cual permitió analizar la situación en el lugar real donde se desarrolló los hechos de investigación, realizando así un estudio del comportamiento de la agresividad corrosiva marina dentro de la zona costera entre Bahía de Caráquez y San Vicente, en diferentes puntos y distancias en referencias al nivel del mar, obteniendo de esta manera los factores que influyen en el comportamiento de la deposición de sales de ion cloruro mediante el método de vela seca y la velocidad de corrosión mediante el método del desengrasado y decapado los mismos que fueron aplicados en las probetas de acero al carbono.

6.3.Diseño metodológico

6.3.1. Tipo de investigación

La finalidad de este trabajo de investigación es analizar mediante la aplicación de técnicas experimentales la deposición de iones cloruros para conocer el comportamiento de velocidad de corrosión, en un tiempo estipulado de tres meses para ver su afectación.

6.3.2. Métodos de investigación

Los métodos que se emplearon en el desarrollo de la presente investigación fueron:

6.3.2.1.Métodos de análisis: Se realizaron con el fin de determinar los niveles de deposición sales de iones de cloruros (DCL- en mg/m2d) en la atmósfera marina entre Bahía de Caráquez y San Vicente.

6.3.2.2.Métodos cuantitativos: Titulación para determinar de los niveles de deposición sales de iones de cloruros (DCL- en mg/m2d) en las muestras de los captadores atmosféricos.

6.3.3. Técnicas de investigación

Las técnicas que se utilizaron para la determinación de los niveles de deposición sales de iones de cloruros (DCL- en mg/m2d) en las muestras de los captadores atmosféricos son:

- Vela seca
- Desengrasado
- Decapado

7. DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DE MUESTRA

Las muestras fueron tomadas mensualmente desde el soporte atmosférico correspondiente de cada sector, 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 y decapado para las probetas de acero al carbono (velocidad de corrosión)

7.1. Medidas del soporte atmosférico.

El anexo 19 ilustra la imagen del soporte atmosférico que es considerado el cuerpo de la investigación por ser la base que sostiene a los captadores contaminantes y las probetas de acero al carbono.

Cuenta con una estructura realizada de madera con una medida de 35 cm de alto, 81 cm del anchor frontal, 35 cm del anchor lateral y una inclinación de un ángulo de 90 grados.

7.2.Análisis del ion cloruro por el método de vela seca

Este tipo de captador es específico para la determinación de la velocidad de deposición de iones cloruros. Consiste en 2 lienzos rectangulares de tela de pañal

seca de 10cm de ancho por 15cm de largo ubicados en cada soporte atmosférico, el cual en los extremos de sus partes más estrechas tiene un dobladillo que permite pasar un cordón de cable con el que distiende y se sujeta el lienzo al marco de madera.

7.2.1. Materiales

- Captadores de contaminantes atmosférico (tela antiséptica)
- Papel aluminio
- Deja
- Embudo
- Pipeta
- Bureta
- Soporte universal
- Vaso de precipitación

7.2.2. Equipos

- Estufa

7.2.3. Reactivos y sustancias

- Nitrato de plata
- Cromato de potasio
- Agua destilada

7.2.4. Preparación general

- Diluir el lienzo que contiene la muestra en 150 ml de agua destilada.
- Se realiza una dilución tomando 10 ml de la muestra en un vaso de precipitación.
- Se le agrega 2-3 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 torne rojo ladrillo.
- Observamos el consumo del titulante y realizamos los correspondientes cálculos.

7.3.Desengrasado de las probetas de acero al carbono

7.3.1. Materiales

- Probetas de acero al carbono
- Pinzas
- Bandejas
- Gaza
- Papel aluminio
- Guantes
- Mandil
- Mascarilla
- Secadora de cabello

7.3.2. Equipos

- Cabina
- Balanza analítica
- Desecador

7.3.3. Reactivos y sustancias

- n-Hexano

7.3.4. Preparación general

- Se colocan las probetas de acero al carbono en una bandeja.
- Se la ingresa a la cabina 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.

7.4.Decapado de las probetas de acero al carbono

7.4.1. Materiales

- Probetas de acero al carbono
- Pinzas
- Bandejas
- Gaza

- Papel aluminio
- Guantes
- Mandil
- Mascarilla
- Secadora de cabello

7.4.2. Equipos

- Cabina
- Balanza analítica
- Desecador

7.4.3. Reactivos y sustancias

- Ácido clorhídrico

7.4.4. Preparación general

- Se colocan las probetas 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.
- Después 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. RECOLECCIÓN DE DATOS

8.1.Determinación de iones cloruros

Cálculos mensuales de los iones cloruros (Cl-) en el método vela seca:

CÁLCULOS

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \frac{(2 * \mathrm{a} - b) * N * 35.5 * vt)}{(\mathrm{va} * \mathrm{S} * \mathrm{T})}$$

DONDE:

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

$\boldsymbol{b} =$ Volumen de la solución de nitrato de plata utilizado en el blanco en ml.

$\boldsymbol{N} =$ Normalidad del titulante.

$\mathbf{35.5} =$ Peso atomico del Cl^{-1}

$\boldsymbol{vt} =$ Volumen total de la muestra en ml.

$\boldsymbol{va} =$ Volumen de la alicuota en ml.

$\boldsymbol{S} =$ Área del lienzo rectangular del capatdor atmosférico(10 cm $*$ 15 cm) m^2

$\boldsymbol{T} =$ Tiempo de exposicion de los captadores atmosféricos en cada pila en dias

Se determinó la cantidad de iones cloruros presentes en las diferentes muestras por titulación a los dos captadores atmosféricos que se encuentra expuestos en diferentes puntos y distancias entre Bahía de Caráquez y San Vicente, obteniendo los siguientes datos:

8.1.1. Cálculos del ion cloruro del primer mes

SOPORTE 1

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \frac{(2 * 3{,}1 \text{ ml} - 0.1\, ml) * 0.0141 * 35.5 * 150ml)}{(10 \text{ ml} * 0.015\, m^2 \ * 28 \text{ dias })}$$

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \mathbf{109{,}05} \text{ mg/ } m^2\text{d}$$

SOPORTE 2

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \frac{(2 * 2{,}2 \text{ ml} - 0.1\, ml) * 0.0141 * 35.5 * 150ml)}{(10 \text{ ml} * 0.015\, m^2 \ * 28 \text{ dias })}$$

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \mathbf{78{,}41} \text{ mg/ } m^2\text{d}$$

SOPORTE 3

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \frac{(2 * 3{,}3 \text{ ml} - 0.1\, ml) * 0.0141 * 35.5 * 150ml)}{(10 \text{ ml} * 0.015\, m^2 \ * 28 \text{ dias })}$$

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \mathbf{116{,}20}\text{mg/ } m^2\text{d}$$

SOPORTE 4

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \frac{(2 * 4\text{ml} - 0.1\, ml) * 0.0141 * 35.5 * 150ml)}{(10 \text{ ml} * 0.015\, m^2 \ 28 \text{ dias })}$$

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \mathbf{142{,}76}\text{mg/ } m^2\text{d}$$

SOPORTE 5

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \frac{(2 * 3{,}1 \text{ ml} - 0.1\, ml) * 0.0141 * 35.5 * 150ml)}{(10 \text{ ml} * 0.015\, m^2 \ * 28 \text{ dias })}$$

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \mathbf{110{,}59}\text{mg/ } m^2\text{d}$$

SOPORTE 6

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \frac{(2 * 2{,}8 \text{ ml} - 0.1\, ml) * 0.0141 * 35.5 * 150ml)}{(10 \text{ ml} * 0.015\, m^2 \ * 28 \text{ dias })}$$

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \mathbf{99{,}86} \text{ mg/ } m^2\text{d}$$

SOPORTE 7

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \frac{(2 * 3{,}7\text{ml} - 0.1\, ml) * 0.0141 * 35.5 * 150ml)}{(10 \text{ ml} * 0.015\, m^2 \ * 28 \text{ dias })}$$

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \mathbf{129{,}14} \text{ mg/ } m^2\text{d}$$

8.1.2. Cálculos del ion cloruro segundo mes

SOPORTE 1

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \frac{(2 * 3{,}6 \text{ ml} - 0.1\, ml) * 0.0141 * 35.5 * 150ml)}{(10 \text{ ml} * 0.015\, m^2 \ * 28 \text{ dias })}$$

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \mathbf{126{,}93} \text{ mg/ } m^2\text{d}$$

SOPORTE 2

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \frac{(2 * 2{,}2 \text{ ml} - 0.1\, ml) * 0.0141 * 35.5 * 150ml)}{(10 \text{ ml} * 0.015\, m^2 \ * 28 \text{ dias })}$$

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \mathbf{78{,}41} \text{ mg/ } m^2\text{d}$$

SOPORTE 3

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \frac{(2 * 3{,}5 \text{ ml} - 0.1\, ml) * 0.0141 * 35.5 * 150ml)}{(10 \text{ ml} * 0.015\, m^2 \ * 28 \text{ dias })}$$

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \mathbf{123{,}35} \text{ mg/ } m^2\text{d}$$

SOPORTE 4

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \frac{(2 * 3{,}9 \text{ ml} - 0.1\, ml) * 0.0141 * 35.5 * 150ml)}{(10 \text{ ml} * 0.015\, m^2 \ * 28 \text{ dias })}$$

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \mathbf{139{,}19} \text{ mg/ } m^2\text{d}$$

SOPORTE 5

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \frac{(2 * 2{,}8 \text{ ml} - 0.1\ ml) * 0.0141 * 35.5 * 150ml)}{(10 \text{ ml} * 0.015\ m^2\ * 28 \text{ dias })}$$

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \mathbf{98,32}\text{mg/ } m^2\text{d}$$

SOPORTE 6

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \frac{(2 * 3{,}1 \text{ ml} - 0.1\ ml) * 0.0141 * 35.5 * 150ml)}{(10 \text{ ml} * 0.015\ m^2\ * 28 \text{ dias })}$$

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \mathbf{109,05}\text{ mg/ } m^2\text{d}$$

SOPORTE 7

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \frac{(2 * 3{,}7 \text{ ml} - 0.1ml) * 0.0141 * 35.5 * 150ml)}{(10 \text{ ml} * 0.015\ m^2\ * 28 \text{ dias })}$$

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \mathbf{132,04}\text{ mg/ } m^2\text{d}$$

8.1.3. Cálculos del ion cloruro tercer mes

SOPORTE 1

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \frac{(2 * 3{,}8 \text{ ml} - 0.1\ ml) * 0.0141 * 35.5 * 150ml)}{(10 \text{ ml} * 0.015\ m^2\ * 30 \text{ dias })}$$

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \mathbf{126,57}\text{ mg/ } m^2\text{d}$$

SOPORTE 2

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \frac{(2 * 3{,}0 \text{ ml} - 0.1\ ml) * 0.0141 * 35.5 * 150ml)}{(10 \text{ ml} * 0.015\ m^2\ * 30 \text{ dias })}$$

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \mathbf{99,86}\text{ mg/ } m^2\text{d}$$

SOPORTE 3

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \frac{(2 * 3{,}7 \text{ ml} - 0.1\ ml) * 0.0141 * 35.5 * 150ml)}{(10 \text{ ml} * 0.015\ m^2\ * 30 \text{ dias })}$$

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \mathbf{121,80}\text{ mg/ } m^2\text{d}$$

SOPORTE 4

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \frac{(2 * 8{,}2 \text{ ml} - 0.1\ ml) * 0.0141 * 35.5 * 150ml)}{(10 \text{ ml} * 0.015\ m^2\ * 30 \text{ dias })}$$

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \mathbf{273,28}\text{ mg/ } m^2\text{d}$$

SOPORTE 5

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \frac{(2 * 2{,}8 \text{ ml} - 0.1ml) * 0.0141 * 35.5 * 150ml)}{(10 \text{ ml} * 0.015\ m^2\ \ * 30 \text{ dias })}$$

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \mathbf{93{,}20} \text{ mg/ } m^2\text{d}$$

SOPORTE 6

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \frac{(2 * 2{,}9 \text{ ml} - 0.1\ ml) * 0.0141 * 35.5 * 150ml)}{(10 \text{ ml} * 0.015\ m^2\ \ * 30 \text{ dias })}$$

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \mathbf{96{,}54} \text{ mg/ } m^2\text{d}$$

SOPORTE 7

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \frac{(2 * 4{,}9 \text{ ml} - 0.1\ ml) * 0.0141 * 35.5 * 150ml)}{(10 \text{ ml} * 0.015\ m^2\ \ * 30 \text{ dias })}$$

$$\boldsymbol{V(Cl^{-1})} = \mathbf{163{,}28} \text{ mg/ } m^2\text{d}$$

8.2. Determinación de corrosión probetas aceros al carbono

En las siguientes tablas 2, 3 y 4 se muestras los datos obtenidos durante los meses que fueron expuestas las probetas de acero al carbono y los captadores atmosféricos entre Bahía de Caráquez y San Vicente.

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

Para obtener:

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

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

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

Dónde:

k= velocidad de corrosión mensual

Prom.= promedio de cada punto de exposición.

V= velocidad de corrosión por hora

ÁREA TOTAL	HORA EXPUESTAS	FACTOR
0,0075	672	1,114

8.2.1. Cálculos del primer mes sobre la velocidad de corrosión

En la tabla 2 se muestras los datos generales que se le realizaron a las probetas de acero al carbono, para de esta manera obtener el peso promedio de las mismas desde el 4 Septiembre hasta 1 Octubre del 2016, expuestas durante 28 días en la ciudad de Bahía de Caráquez- San Vicente y poder determinar velocidad de corrosión.

Tabla 2. Muestras mensuales Septiembre 2016 Velocidad de corrosión

MUESTRAS MENSUALES DE SEPTIEMBRE/2016							
P.Exp	**#. M**	**P. Inicial**	**P. Final**	**K (gr/m²)**	**Prom (gr/m²)**	**V(gr/m²h)**	**Prom(gr/m²h)**
Pto # 1	1	65,78	64,96	109,33	115,11	0,16	0,17
	2	63,79	62,85	125,33		0,19	
	3	65,47	64,64	110,67		0,16	
Pto # 2	16	65,54	64,68	114,67	110,67	0,17	0,16
	17	65,44	64,57	116,00		0,17	
	18	64,44	63,68	101,33		0,15	
Pto # 3	31	65,68	64,79	118,67	113,78	0,18	0,17
	32	63,54	62,87	89,33		0,13	
	33	62,60	61,60	133,33		0,20	
Pto # 4	46	65,61	64,15	194,67	206,22	0,29	0,31
	47	64,98	63,35	217,33		0,32	
	48	64,49	62,94	206,67		0,31	
Pto # 5	61	63,88	63,05	110,67	110,22	0,16	0,16
	62	63,87	63,11	101,33		0,15	
	63	65,16	64,27	118,67		0,18	
Pto # 6	76	65,22	64,28	125,33	106,22	0,19	0,16
	77	65,51	64,75	101,33		0,15	
	78	62,55	61,86	92,00		0,14	
Pto # 7	91	65,55	64,82	97,33	102,67	0,14	0,15
	92	64,99	64,31	90,67		0,13	
	93	63,66	62,76	120,00		0,18	

Elaborado por: Delgado Johanna & Zambrano María, (2017)

8.2.2. Cálculos del segundo mes sobre la velocidad de corrosión

En la tabla 3 se muestras los datos generales que se le realizaron a las probetas de acero al carbono, para de esta manera obtener el peso promedio de las mismas del 2 al 29 de Octubre del 2016, expuestas durante 28 días en la ciudad de Bahía de Caráquez- San Vicente y determinar la velocidad de corrosión.

Tabla 3. Muestras mensuales Octubre Velocidad de corrosión

MUESTAS MENSUALES DE OCTUBRE/2016							
P.Exp	**#. M**	**P. Inicial**	**P. Final**	**K (gr/m²)**	***Prom.*** $(^{gr}/_{m^2})$	$V\ (^{gr}/_{m^2})$	***Prom*** $(^{gr}/_{m^2h})$
Pto # 1	1	64,12	63,32	106,67	113,78	0,16	0,17
	2	64,59	63,63	128,00		0,19	
	3	64,81	64,01	106,67		0,16	
Pto # 2	16	63,66	62,96	93,33	105,78	0,14	0,16
	17	64,36	63,44	122,67		0,18	
	18	64,38	63,62	101,33		0,15	
Pto # 3	31	65,12	64,26	114,67	111,56	0,17	0,17
	32	65,58	64,72	114,67		0,17	
	33	64,34	63,55	105,33		0,16	
Pto # 4	46	63,95	62,60	180,00	182,67	0,27	0,27
	47	64,64	63,24	186,67		0,28	
	48	64,38	63,02	181,33		0,27	
Pto # 5	61	65,02	64,33	92,00	108,44	0,14	0,16
	62	63,15	62,32	110,67		0,16	
	63	53,69	52,77	122,67		0,18	
Pto # 6	76	64,88	63,99	118,67	107,56	0,18	0,16
	77	64,31	63,66	86,67		0,13	

	78	65,76	64,88	117,33		0,17	
Pto # 7	91	65,18	64,39	105,33	101,78	0,16	0,15
	92	64,99	64,25	98,67		0,15	
	93	63,83	63,07	101,33		0,15	

Elaborado por: Delgado Johanna & Zambrano María, (2017)

ÁREA TOTAL	HORAS EXPUESTAS	FACTOR
0,0075	672	1,114

8.2.3. Cálculos del tercer mes sobre la velocidad de corrosión

En la tabla 4 se muestras los datos generales que se le realizaron a las probetas de acero al carbono, para de esta manera obtener el peso promedio de las mismas desde el 30 Octubre hasta el 28 de Noviembre del 2016, expuestas durante 30 días en la ciudad de Bahía de Caráquez- San Vicente y determinar la velocidad de corrosión.

Tabla 4. Muestras mensuales Noviembre 2016 Velocidad de corrosión

MUESTAS MENSUALES DE NOVIEMBRE/2016							
P.Exp	**#. M**	**P. Inicial**	**P. Final**	**K (gr/m²)**	***Prom.*** $(^{gr}/_{m^2})$	***V*** $(^{gr}/_{m^2})$	***Prom.*** $(^{gr}/_{m^2h})$
Pto # 1	1	65,46	64,46	133,33	126,22	0,20	0,19
	2	63,91	62,90	134,67		0,20	
	3	64,81	63,98	110,67		0,16	
Pto # 2	16	63,44	62,47	129,33	114,67	0,19	0,17
	17	64,32	63,52	106,67		0,16	
	18	64,46	63,65	108,00		0,15	
Pto # 3	31	64,33	63,52	108,00	119,56	0,15	0,17
	32	62,40	61,47	124,00		0,17	
	33	61,56	60,61	126,67		0,18	
Pto # 4	46	63,73	61,81	256,00	236,89	0,36	0,33
	47	62,94	61,18	234,67		0,33	
	48	62,48	60,83	220,00		0,31	
Pto # 5	61	62,47	61,72	100,00	112,44	0,15	0,16
	62	62,45	61,54	121,33		0,18	
	63	63,70	62,83	116,00		0,16	
Pto # 6	76	63,53	62,63	120,00	108,89	0,17	0,15

	77	63,88	63,10	104,00		0,14	
	78	60,98	60,21	102,67		0,14	
Pto # 7	91	64,00	63,23	102,67	103,11	0,14	0,14
	92	63,36	62,63	97,33		0,14	
	93	61,87	61,05	109,33		0,15	

Elaborado por: Delgado Johanna & Zambrano María, (2017)

ÁREA	HORAS EXPUESTAS	FACTOR
0,0075	720	1,114

8.2.4. Cálculos trimestrales sobre la velocidad de corrosión

En la tabla 5 se muestras los datos generales que se le realizaron a las probetas de acero al carbono, para de esta manera obtener el peso promedio trimestral de las mismas , expuestas durante tres meses en la ciudad de Bahía de Caráquez- San Vicente y determinar la velocidad de corrosión.

Tabla 5. Datos de las muestras trimestrales de Septiembre- Noviembre del 2016

MUESTRAS PRIMER TRIMESTRE DE VELOCIDAD DE CORROCIÓN							
P.Exp	**#.M**	**P. Inicial**	**P. Final**	**K (gr/m²)**	**Prom (gr/m²)**	**V (gr/m².h)**	**Prom(gr/m²h)**
Pto # 1	4	61,75	59,55	293,33	300,89	0,14	0,15
	5	64,91	62,77	285,33		0,14	
	6	64,09	61,66	324,00		0,16	
Pto # 2	19	63,59	61,76	244,00	251,11	0,12	0,12
	20	65,52	63,59	257,33		0,12	
	21	63,22	61,33	252,00		0,12	
Pto # 3	34	64,36	62,23	284,00	298,22	0,14	0,14
	35	65,07	62,53	338,67		0,16	
	36	63,60	61,56	272,00		0,13	
Pto # 4	49	63,99	60,85	418,67	463,56	0,20	0,22
	50	64,66	60,92	498,67		0,24	
	51	64,89	61,34	473,33		0,23	
Pto # 5	64	65,70	63,40	306,67	266,22	0,15	0,13
	65	65,33	63,45	250,67		0,12	
	66	65,16	63,35	241,33		0,12	

Pto # 6	79	64,81	63,39	189,33	207,56	0,09	0,10
	80	64,67	62,98	225,33		0,11	
	81	64,92	63,36	208,00		0,10	
Pto # 7	94	64,71	63,20	201,33	194,22	0,10	0,09
	95	64,12	62,64	197,33		0,10	
	96	64,41	63,03	184,00		0,09	

Elaborado por: Delgado Johanna & Zambrano María, (2017)

8.3. Cálculos sobre los factores que influyen en la deposición de iones cloruros y velocidad de corrosión

Los siguientes datos 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 entre Bahía de Caráquez y San Vicente.

8.3.1. Cálculos sobre temperatura mensual

En la tabla 6 se muestran los datos de temperatura durante el 4 de Septiembre hasta el 1 de Octubre del 2016, durante 28 días de exposición de las muestras, en la ciudad de Bahía de Caráquez- San Vicente.

Tabla 6. Datos temperaturas extremas Septiembre 2016

TEMPERATURAS EXTREMAS SEPTIEMBRE			
Días	Max	Min	Media
4	30	19	24,5
5	30	18,4	24,2
6	30,4	20,6	25,5
7	28,2	20	24,1
8	29,2	20,8	25
9	28,2	20	24,1
10	30,4	19,6	25
11	29,4	19,8	24,6
12	27,6	19,4	23,5
13	31,4	20,6	26
14	28,8	20	24,4
15	29	20	24,5
16	29,2	18,8	24
17	28,4	18,6	23,5
18	31,4	18,8	25,1
19	28,2	19,6	23,9
20	29	19,8	24,4
21	31,4	21,2	26,3
22	31,4	21	26,2
23	31,2	21,2	26,2
24	31,4	21,2	26,3
25	31,4	21	26,2
26	30,2	20,6	25,4
27	31,2	20,4	25,8
28	31,4	20,8	26,1
29	28,4	20,4	24,4
30	28,6	20	24,3
1	31,4	20,2	25,8
TOTAL	836,8	561,8	699,3

PROMEDIO	29,88571429	20,06428571	24,975
DIAS DE MUESTRA	28	28	28

Elaborado por: Delgado Johanna & Zambrano María, (2017)

En la tabla 7 se muestras los datos de temperatura durante el 2 hasta el 29 de Octubre del 2016, dentro de 28 días de exposición de muestras, en la ciudad de Bahía de Caráquez- San Vicente.

Tabla 7. Datos temperaturas extremas Octubre 2016

TEMPERATURAS EXTREMAS OCTUBRE			
Días	Max.	Min.	Media
2	30,4	17,6	24
3	28,6	16,2	22,4
4	28,8	18,2	23,5
5	28,8	20	24,4
6	28,6	19,8	24,2
7	28,5	20,4	24,5
8	28,6	20,6	24,6
9	30,2	20,4	25,3
10	30,4	19,2	24,8
11	30,2	19,4	24,8
12	30,2	20,8	25,5
13	30,4	21	25,7
14	30,4	22	26,2
15	31	21,6	26,3
16	31	21,2	26,1
17	30	17	23,5
18	24,8	17,2	21
19	24,2	17,2	20,7
20	25	18,2	21,6
21	29,8	18,6	24,2
22	30,2	18,2	24,2
23	23,8	18,4	21,1

24	29,8	17,6	23,7
25	23,2	17,6	20,4
26	27	17,2	22,1
27	29,6	17,6	23,6
28	27,2	18,8	23
29	27	19	23
TOTAL	797,7	531	664,4
PROMEDIO	28,48928571	18,96428571	23,72857143
DIAS MUESTRA	28	28	28

Elaborado por: Delgado Johanna & Zambrano María, (2017)

En la tabla 8 se muestran los datos de temperatura durante el 30 de Octubre hasta el 28 de Noviembre del 2016, dentro de 30 días de exposición de las muestras, en la ciudad de Bahía de Caráquez- San Vicente.

Tabla 8. Datos temperaturas extremas Noviembre 2016

TEMPERATURAS EXTREMAS NOVIEMBRE			
Días	Max.	Min.	Media
30	29,6	19,2	24,4
31	29,6	19,2	24,4
1	30,6	18,4	24,5
2	27,8	18,8	23,3
3	26	17	21,5
4	30,4	17	23,7
5	30	17,2	23,6
6	29,4	16	22,7
7	30	16,2	23,1
8	31,4	17	24,2
9	29,8	17,2	23,5
10	25,2	17	21,1
11	29,2	17,4	23,3
12	29	17,8	23,4

13	29,6	18	23,8
14	27	18,2	22,6
15	29,4	17,2	23,3
16	28,4	19,4	23,9
17	29,8	18	23,9
18	30,4	19	24,7
19	28,2	18,8	23,5
20	30,4	18,4	24,4
21	30,8	20,2	25,5
22	30	19,8	24,9
23	30,8	19	24,9
24	30,4	18,2	24,3
25	30	18,8	24,4
26	30,6	19	24,8
27	30,6	18,2	24,4
28	30,8	17,2	24
TOTAL	885,2	542,8	714
PROMEDIO	29,5066667	18,09333333	23,8
DIAS MUESTRA	30	30	30

Elaborado por: Delgado Johanna & Zambrano María, (2017)

8.3.2. Cálculos sobre humedad relativa mensual

En la tabla 9 se muestran los datos de humedad relativa durante el 4 de Septiembre hasta el 1 de Octubre del 2016, dentro de 28 días de exposición de las muestras, en la ciudad de Bahía de Caráquez- San Vicente.

Tabla 9. Datos humedad relativa Septiembre 2016

HUMEDAD RELATIVA SEPTIEMBRE		
DIAS	SUMA	MEDIA
4	269	90
5	281	94
6	267	89
7	277	92
8	260	87

9	278	93
10	267	89
11	273	91
12	277	92
13	267	89
14	265	88
15	253	84
16	263	88
17	267	89
18	268	89
19	278	93
20	286	95
21	276	92
22	258	86
23	266	89
24	232	77
25	257	86
26	280	93
27	266	89
28	272	91
29	276	91
30	272	91
1	248	83
TOTAL	7499	2500
PROMEDIO	267,8214286	89,28571429
DIAS MUESTRA	28	28

Elaborado por: Delgado Johanna & Zambrano María, (2017)

En la tabla 10 se muestran los datos de humedad relativa durante el 2 hasta el 29 de Octubre del 2016, durante 28 días de exposición de las muestras, en la ciudad de Bahía de Caráquez- San Vicente.

Tabla 10. Datos humedad relativa Octubre 2016

HUMEDAD RELATIVA OCTUBRE		
DIAS	SUMA	MEDIA
2	241	80
3	223	74
4	242	81
5	228	76

6	240	80
7	237	79
8	230	77
9	269	90
10	233	78
11	226	75
12	234	78
13	232	77
14	225	75
15	226	75
16	236	79
17	246	82
18	244	81
19	236	79
20	234	78
21	263	88
22	261	87
23	247	82
24	235	78
25	255	85
26	229	76
27	192	64
28	217	74
29	186	75
TOTAL	6567	2203
PROMEDIO	234,535714	78,67857143
DIAS MUESTRA	28	28

Elaborado por: Delgado Johanna & Zambrano María, (2017)

En la tabla 11 se muestran los datos de humedad relativa durante el 30 de Octubre hasta el 28 de Noviembre del 2016, durante 30 días de exposición de las muestras, en la ciudad de Bahía de Caráquez- San Vicente.

Tabla 11. Datos humedad relativa Noviembre 2016

HUMEDAD RELATIVA NOVIEMBRE		
DIAS	SUMA	MEDIA
30	261	87
31	261	87
1	226	75
2	217	72
3	225	75
4	226	75
5	219	73
6	233	78
7	234	78
8	232	77
9	224	75
10	222	74
11	255	85
12	241	80
13	247	82
14	249	83
15	248	83
16	233	78
17	226	75
18	220	73
19	212	71
20	229	76
21	227	76
22	238	79
23	244	81
24	228	76
25	249	83
26	243	81
27	249	83

28	225	79
TOTAL	7043	2350
PROMEDIO	234,766667	78,33333333
DIAS MUESTRA	30	30

Elaborado por: Delgado Johanna & Zambrano María, (2017)

8.3.3. Cálculo sobre velocidad del viento mensual

En la tabla 12 se muestran los datos de velocidad del viento durante el 4 de Septiembre hasta el 1 de Octubre del 2016, de 28 días de exposición de las muestras, en la ciudad de Bahía de Caráquez- San Vicente.

Tabla 12. Datos velocidad del viento Septiembre 2016

VELOCIDAD DEL VIENTO SEPTIEMBRE			
	Horas de medición del viento		
DIAS	7:00	13:00	19:00
4	0	2	4
5	0	4	2
6	0	4	2
7	0	2	2
8	0	8	2
9	0	4	2
10	0	2	4
11	0	2	2
12	0	8	2
13	0	4	2
14	0	2	2
15	0	4	4
16	0	0	2
17	0	2	2
18	0	2	6
19	0	6	2
20	0	2	2
21	0	4	2
22	0	16	2

23	0	4	2
24	4	4	2
25	0	6	2
26	0	4	2
27	0	4	2
28	0	2	2
29	0	4	2
30	0	4	2
1	2	6	2
TOTAL	6	116	66
PROMEDIO	0,217391304	4,142857143	2,35714286
DIAS MUESTRA	28	28	28

Elaborado por: Delgado Johanna & Zambrano María, (2017)

En la tabla 13 se muestran los datos de velocidad del viento durante el 2 hasta el 29 de Octubre del 2016, de 28 días de exposición de las muestras, en la ciudad de Bahía de Caráquez- San Vicente.

Tabla 13. Datos velocidad del viento Octubre 2016

VELOCIDAD DEL VIENTO OCTUBRE			
DIAS	7:00	13:00	19:00
2	2	0	0
3	0	4	2
4	2	6	2
5	0	4	2
6	2	8	0
7	0	8	0
8	0	6	4
9	0	0	0
10	0	2	4
11	0	0	0
12	0	2	6

13	0	4	4
14	0	6	0
15	4	6	4
16	2	6	4
17	2	6	6
18	0	6	4
19	2	4	6
20	2	4	2
21	0	6	6
22	0	0	4
23	0	6	4
24	0	0	6
25	0	4	4
26	0	4	0
27	0	4	4
28	2	6	6
29	2	6	4
TOTAL	22	118	88
PROMEDIO	0,785714286	4,214285714	3,14285714
DIAS MUESTRA	28	28	28

Elaborado por: Delgado Johanna & Zambrano María, (2017)

En la tabla 14 se muestran los datos de velocidad del viento durante el 30 de Octubre hasta el 29 de Noviembre del 2016, dentro de 30 días de exposición de las muestras, en la ciudad de Bahía de Caráquez- San Vicente.

Tabla 14. Datos velocidad del viento Noviembre 2016

VELOCIDAD DEL VIENTO NOVIEMBRE			
DIAS	7:00	13:00	19:00
30	2,0	6	4,0
31	2,0	6	4,0
1	2,0	4	4,0

2	0,0	2	2,0
3	2,0	2	6,0
4	2,0	2	2,0
5	4,0	4	2,0
6	0,0	4	4,0
7	2,0	4	4,0
8	2,0	4	6,0
9	2,0	6	0,0
10	2	4	2
11	2	4	6
12	0	2	4
13	2	8	0
14	2,0	4	0,0
15	2,0	4	0,0
16	0,0	4	4,0
17	0,0	0	8,0
18	0,0	0	4,0
19	2,0	4	2,0
20	0,0	4	2,0
21	0,0	4	4,0
22	0,0	6	4,0
23	0,0	6	0,0
24	0,0	0	0,0
25	0	4	0
26	4	4	4
27	0	8	8
28	4	6	4
TOTAL	40,0	120	94,0
PROMEDIO	1,33333333	4	3,133333333
DIAS MUESTRA	30	30	30

Elaborado por: Delgado Johanna & Zambrano María, (2017)

9. ANÁLISIS DE DATOS

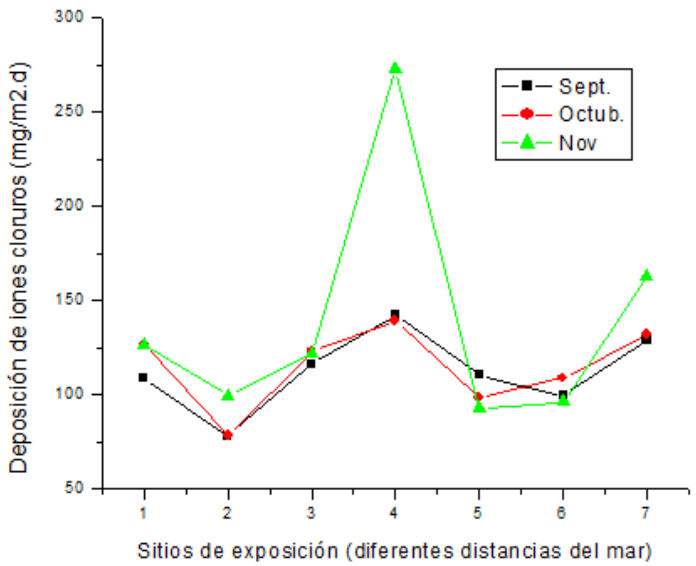
9.1.Resultados de iones cloruros

Tabla 15. Resultados de deposición de iones cloruros mg/m2.d

Sitios de exposición	Septiembre $Mg/m^2.d$	Octubre $Mg/m^2.d$	Noviembre $Mg/m^2.d$
1	109,05	126,93	126,57
2	78,41	78,41	99,86
3	116,20	123,35	121,80
4	142,76	139,19	273,28
5	110,59	98,32	93,20
6	99,86	109,05	96,54
7	129,14	132,04	163,28

Elaborado por: Delgado Johanna & Zambrano María, (2017)

Gráfica 1. Curvas mensuales de deposición de ion cloruro



Elaborado por: Delgado Johanna & Zambrano María, (2017)

En la gráfica 1 se muestra los diferentes puntos de deposición de iones cloruros a determinadas distancias de los sitios de exposición en la ciudad de Bahía de Caráquez y San Vicente expuestas durante los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre del 2016, obteniendo un mayor número de ion cloruro durante el mes de Noviembre

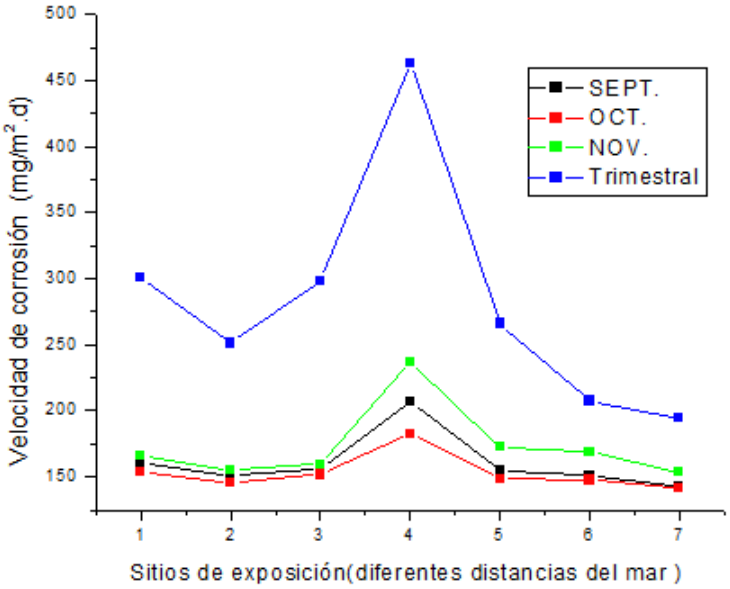
9.2. Resultados de velocidad de corrosión

Tabla 16. Resultados trimestrales sobre velocidad de corrosión

Sitios de exposición	Resultados trimestrales (Septiembre-Noviembre/2016) $Mg/m^2.d$
1	300,89
2	251,11
3	298,22
4	463,56
5	266,22
6	207,56
7	194,22

Elaborado por: Delgado Johanna & Zambrano María, (2017)

Gráfica 2. Curvas de velocidad de corrosión



Elaborado por: Delgado Johanna & Zambrano María, (2017)

En la gráfica 2 se muestran los diferentes valores de velocidad de corrosión a determinadas distancias de los sitios de exposición en la ciudad de Bahía de Caráquez y San Vicente expuestas en un lapso de tres meses desde el 4 de Septiembre hasta el 30 de

noviembre, obteniendo una mayor velocidad de corrosión en el punto 4, es decir que el soporte atmosférico que se encuentra en el puente Los Caras presenta un número elevado de corrosión.

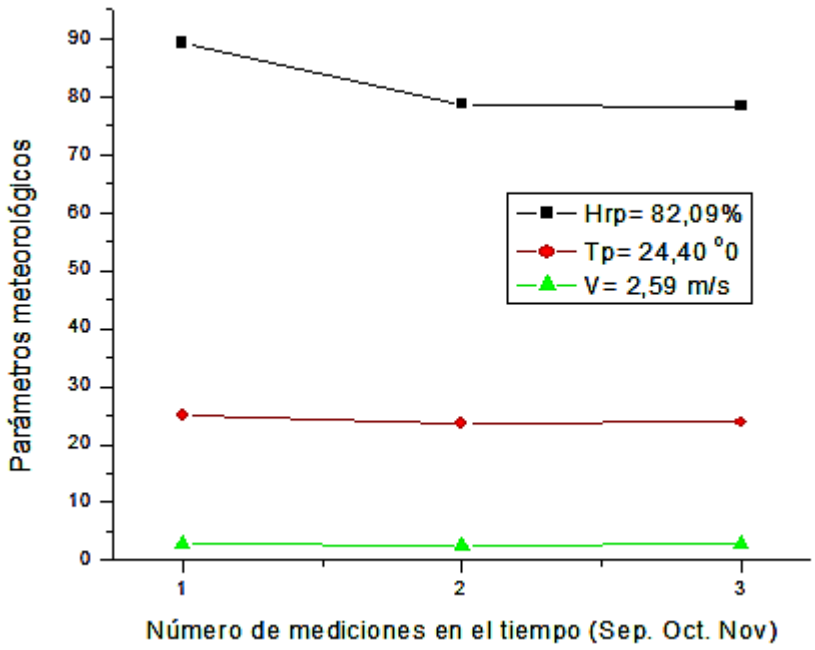
9.3.Resultados de factores que influyen en la deposición de iones cloruros y velocidad de corrosión

Tabla 17. Promedios de resultado máx. Y min. (Tp, Hrp y V)

Parámetros meteorológicos	Septiembre	Octubre	Noviembre	Promedio
Humedad relativa (Hr)	89,28	78,68	78,33	82,09
Temperatura promedio (Tp)	24,98	23,73	23,8	24,4
Viento (V)	2,83	2,71	2,82	2,59

Elaborado por: Delgado Johanna & Zambrano María, (2017)

Gráfica 3. Curvas de los factores en la deposición ion cloruro y velocidad de corrosión



Elaborado por: Delgado Johanna & Zambrano María, (2017)

En la gráfica 3 se muestras los diferentes parámetros meteorológicos durante los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre de la ciudad de Bahía de Caráquez y San Vicente, obteniendo un número significativo de elevada humedad relativa en el mes de Septiembre.

10.ELABORACIÓN DEL REPORTE DE LOS RESULTDOS

Análisis de la deposición de las sales de iones cloruros

Se analizó que en el captador número 4 colocado en el puente Los Caras, es el que presentó una mayor deposición de iones cloruros, además en la ciudad de Bahía de Caráquez se observó un crecimiento del punto 1 con referencia al 2 y resulta lógico porque a medida que se aleja del perfil hacia la ciudad disminuye la deposición de iones cloruros. No obstante en la ciudad de San Vicente existe un incremento en los puntos de exposición de los soportes atmosférico 6 y 7 por la falta de calles pavimentadas, según el anexo 20 y 21 nos indica que el análisis del estudio se encuentra en la categoría C4 que significa alto velocidad de agresividad corrosiva.

Análisis de la velocidad de corrosión

En la gráfica 2 se apreció un elevado nivel de velocidad de corrosión con respecto a los puntos 1 y 4, en donde el punto 1 está a 15 m del perfil costanero y el punto 4 está ubicado en el centro del puente y no le afecta el apantallamiento, es necesario realizar la evaluación de la agresividad corrosiva de la atmósfera antes de proceder con la ejecución de obras en las estructuras, más aun cuando se trata de zonas costeras que poseen un elevado potencial constructivo por ser zonas turísticas.

Análisis velocidad del flujo de viento

Se Analizaron los comportamientos de los parámetros meteorológicos como son: humedad relativa, temperatura y velocidad del flujo de viento, que influyen en la agresividad corrosiva basada en la penetración del aerosol marino a diferentes distancias en zonas costeras.

La figura 3 muestra los valores promedios de humedad relativa y el promedio total de los tres meses de frecuencia de mediciones que están por encima del 78%.

En climas cálidos como el nuestro la diferencia de temperatura es un indicador que demuestra una posible elevada agresividad de la atmosfera en la zona de estudio los

promedios de las temperatura máximas y mínima son 29,30°C y 19,04 °C, en estos procesos rápidos de humectación y secado en la superficie de las estructuras inducen a serios deterioros debido al fenómeno de la corrosión atmosférica.

Con relación al análisis de la fuerza y dirección del flujo de viento, nos damos cuenta la existencia de un rango de valores promedios entre 2,83 y 2,59 m/s. (Tabla 15).

11.CONCLUSIONES

- La deposición de las sales de ion cloruro presentaron diversos comportamientos a lo largo de su tiempo de exposición, debido a las distancias que posee cada soporte, lo que demostró que en esta parte de la zona costera existe un alto grado de agresividad corrosiva según el anexo 20 y 21, siendo este una parte fundamental para evitar que las construcciones se puedan deteriorar con una mayor rapidez.
- A diferentes puntos estratégicos desde el nivel del mar se logra estimar que la velocidad de corrosión mantiene un comportamiento mayor cerca del mar durante el tiempo de exposición. Es decir que cuando se presenta un elevado flujo de viento y humedad relativa este tiende a elevar de una manera significativa.
- La humedad relativa, temperatura y la velocidad de flujo de vientos son unos de los principales factores que se encuentran en la atmosfera influyendo en el proceso de la deposición de sales de iones cloruro y la velocidad d corrosión.

12. RECOMENDACIONES

- Evitar apantallamiento durante el tiempo de exposición de los soportes atmosféricos ya que los mismos deben de permanecer en dirección del viento predominante para evitar alteraciones de los resultados.
- Evitar la realización de construcciones en épocas de invierno debido a que esta estación presenta un alto porcentaje de aerosol marino y existe un aumento de agresividad corrosiva originando la incrustación de iones de cloruros dentro de las estructuras de hormigón armado afectando a las construcciones.
- Es necesario saber cuándo son los cambios bruscos de los factores que influyen en el proceso de la deposición de sales de ion cloruro y la velocidad de corrosión, para dar una mayor protección en las estructuras metálicas cuando dichos factores se encuentran en su capacidad máxima.

PRESUPUESTO

La investigación tuvo un costo de **$1016, 00**, los mismos que fueron financiados en su totalidad por los investigadores, quedando los valores distribuidos de la siguiente forma:

Tabla 18. Presupuesto

Rubros	Valores
Elaboración y entrega del anteproyecto	$ 20,00
Uso de internet	$ 40,00
Investigación de parte teórica	$ 50,00
Impresiones	$ 15,00
Materiales de laboratorio	$110,00
Reactivos	$361,00
Transporte	$120,00
Corrección y presentación de avance del trabajo de titulación	$ 10,00
Varios	$ 80,00
Entrega del informe final	$ 10,00
Aprobación y sustentación	$ 200,00
TOTAL	**$ 1016,00**

Elaborado por. Delgado Johanna & Zambrano María, (2017)

CRONOGRAMA

Actividades	Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Elaboración del anteproyecto	x	x																										
Presentación del anteproyecto ante la comisión especial de titulación y aprobación del mismo			x																									
titulación y aprobación del mismo				x																								

Preparación de los materiales a emplear					x																							
Colocación de los soportes en el lugar de exposición					x																							
Recolección de las muestras del primer mes									x																			
Recolección de las muestras del segundo mes												x																
Recolección de las muestras trimestrales																x												

Desarrollo del marco teórico																	x	x									
Análisis de los resultados																			x	x							
Presentación del trabajo final al tutor																						x					
Revisión del trabajo final por parte del revisor																							x				
Subir el trabajo final al repositorio de trabajo de titulación de la Universidad Técnica de Manabí																								x			
Solicitar fecha																											

y hora de defensa del trabajo de titulación																									X			

BIBLIOGRAFÍA

Ambientum. (2015). *Los contaminantes atmosféricos* . Recuperado el 26 de Enero de 2017, de http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/atmosfera/Los-contaminantes-atmosfericos.asp#

Asturia. (2006). *Conceptos generales de contaminación atmosférica.* Recuperado el 26 de Enero de 2017, de Principales contaminantes atmosféricos: https://www.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnextoid=daca2ae109539210VgnVCM10000097030a0aRCRD&vgnextchannel=761ab1cc11b6a110VgnVCM1000006a01a8c0RCRD&i18n.http.lang=es

Ataz, E. M., & Díaz de Mera Morales , Y. (2004). Contaminación Atmosférica. Introducción histórica. En *Contaminación atmosférica* (pág. 17). Cuenca: IV. Series de la Universidad de Canastilla-La Mancha .

Ávila, J., & Genescá, J. (2005). Más allá de la herrumbre. *FCE-SEP-CONACYT*, 110.

Bazerra, P. R., C, M., Almeida, O. R., & Carvalho, P. S. (2011). Clasificación de la agresividad costera de recife en función del nivel de contaminación por cloruros. *Revista Académica de la FIUADY*, 19-26.

Bazúa, D. e. (2006). Contaminación del aire . En S. E. Manahan, *Introducción a la Química Ambiental* (págs. 401- 408). España : Reverte ediciones, S.A. de C.V. y Editorial reverte, S.A. .

Bernal, I. J. (2005). Vigas . En I. J. Bernal, *Estudio de las vigas de hormigón* (págs. 273-274). Buenos Aires- Nobuko : Bibliografica de Voros S. A. .

Callister, J. (2010). *Introducción a la ciencia e ingenieria de los materiales* . Reverté.

Cane, B., & Sellwood, J. (1994). Elementos y compuestos . En B. Cane, & J. Sellwood, *Química elemental basica-2* (pág. 203). Barcelona: REVERTÉ, S. A.

Casellas, D. M. (2007). Experimental Organic Chemistry. En G. W. Gokel, *Química Orgánica Experimental* (pág. 118). Puerto Rico, Rio Piedras: REVERTÉ, S. A.

Castañeda, A., & Corvo, F. (2008). Caracterización y comparación de la velocidad. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, vol.39 N°2.

Castañeda, a., corvos, F., & Meitín, J. (2014). Determinación de la velocidad de corrosión. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, vol. 35, N°3.

Castañeda, A., Días Brito, N., Gonzáles Mellor, E., Martínez Hernández , M., & Corvo Pérez , F. (2005). Influencia de la penetración de Iones Cloruros en el Hormigón Armado a diferentes relaciones . *CENIC Centro Nacional de Investigaciones Científicas* , 1-2 .

Castañeda, A., Yarelys, M., Corvo , F., Valdés , C., González, E., Pérez, J., y otros. (2007). Influencia de diferentes factores ambientales en la corrosión de metales empleados en la construcción de equipos electrónicos en Cuba. *CENIC Ciencias Químicas* , 219-225.

Ceuta. (2016). *Los contaminantes atmosféricos* . Recuperado el 26 de Enero de 2017, de Sustancias contaminantes en la atmósfera: http://www.lineaverdeceutatrace.com/lv/consejos-ambientales/los-contaminantes-atmosfericos/sustancias-contaminantes-en-la-atmosfera.asp#

Coll, B. (Mayo de 2003). *Velocidad de corrosión.* Recuperado el 3 de Enero de 2017, de https://es.scribd.com/do/56284117/Velocidad-de-Corrosión

Corrosion, M. S. (2016). *Comportamiento de Corrosión.* Recuperado el 16 de Enero de 2017, de http://www.alspi.com/spanish/corrosion%20monitoring%20(spanish).pdf

Corvo, F. (2008). Corrosion Science . *CNIC*, 2.

Delgado, D. A., & García, I. (2013). Ion cloruro Student Consult. En D. A. Delgado, & I. García, *Microbiologia médica* (pág. 14). España: DRK Edición.

Días Brito, N., Gonzáles Mellor, E., Martínez Hernández, M., & Castañeda, A. (2005). Departamento de corrosión . *CENIC ciencias quimicas*, 3-6.

Echeverria Lage, D. (2003). *Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos".* Recuperado el 22 de Diciembre de 2016, de Corrosión atmosférica del acero en la Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos": http://monografias.umcc.cu/monos/2003/Mono19.pdf

Echeverria, C. (2009). Corrosión atmosférica del acero en condiciones climáticas de Cuba . *Influencia del Aerosol Marino*.

Echeverria, L. C. (2004). *La corrosión atmosférica del acero y la protección temporal de los centrales azucareros en la provincia de matanzas.* Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Técnicas.

Flores, S., Simancas, J., & Morcillo, M. (2006). Métodos de muestreo y análisis Solubles en superficies de acero:un estudio comparativo. En *Diario de Revistas y Revestimientos* (págs. 76-83).

G.Lamar. (20 de Junio de 2011). *Corrosión.* Recuperado el 3 de Enero de 2017, de Elementos de metalurgia : http://elementosdemetalurgia.blogspot.com/2011/06/corrosion-atmosferica.html

Genescá, J. (2000). *Corrosión y medio Mbiente.* Recuperado el 3 de Enero de 2017, de Corrosión atmosférica: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/121/htm/masalla3.htm

H., G. (2010). ASTM.STP.435. *Metal corrosion in the atmosphere*.

Jubel, M. (2008). *Gases contaminantes del aire* . Recuperado el 26 de Enero de 2017, de Química 2 : http://iiquimica.blogspot.com/2010/02/gases-contaminantes-del-aire.html

L., E., & Sáchez , A. (1995). *Influencia de la lluvia ácida en la corrosión de los metales.* Recuperado el 2 de Enero de 2017, de Departamento de ingenieria quimica: http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/9421/CC_017_art_8.pdf?sequence=1

Llorca, M. Á., Gardés Terradillos, P., & Zornoza Gómez, E. (2008). Limitación del contenido de iones cloruros. En *Corrosión de armaduras en estructuras de hormigón armado* (pág. 13). Cottolengo 25- San Vicente (Alicante): ECU (Editorial Club Universitario).

Manahan, S. E. (2007). *Introduccion a la química ambiental.* Recuperado el 08 de Enero de 2017, de Contaminación atmosférica: http://www.agro.uba.ar/users/semmarti/Atmosfera/contatmosf.pdf

Manahan, S. E. (2007). Monoxido de carbono. En D. e. Durán-Domínguez-de-Bazúa, *Introduccion a la quimica ambiental* (pág. 408). Mexico : Editorial Reverté, S.A.

Marcano, J. (2003). *Educación ambiental* . Recuperado el 22 de Diciembre de 2016, de http:/www.jmarcano.com/recursos/index.html

Martínez, R. (2000). Inhibidores de corrosión para hormigón armado. En *Hormigón* (pág. 48).

Medina, D. (20 de Diciembre de 2015). *corrocion atmosferica*. Obtenido de http://corrosionatmosfericaingenieria.blogspot.com/2015/12/factores-que-influencia-la-corrosion-de.html

Mera, J. C., Castañeda Valdes, A., & Howland Albear, J. J. (2016). Estudio preliminar de la agresividad corrosiva de la atmósfera en el puente de los Caras, Manabí, Ecuador. *Revista CENIC Ciencias Químicas.*, vol 47.

Mina, J. C., Mina Vasquez, L. E., Zapata Beltran, M. A., & Rojas Diaz , M. a. (12 de Diciembre de 2015). *Metalografia- Universidad Tecnologica De Pereira.* Obtenido de http://blog.utp.edu.co/metalografia/12-corrosion-y-procesos-de-corrosion/

Montoya, L. J. (2009). *Corrosión y control de la corrosión.* Tecnológico de delicias.

Morcilaa, M. F. (2001). *Estudio de la corrosión del acero dulce, zinc y cobre en la atmósera.*

Morcillo, M., Almeida, F., & Zehbour, P. (2002). *Corrosión y protección de metales en las atmósferas de Iberoamérica Parte II.* Madrid: Red de Temática Patina.

Munger, C. (2004). Protección contra la corrosión. En *Protective Coatings* (pág. Capitulo 8).

Nacional, E. (2002). *Corrosión y degradación de los metales* .

Otero, E. (2004). Teoría y práctica de la luha contra la corrosión . En J. González, *Capítulo V* (págs. 129-152). Madrid: CSIC.

Otero, E. H. (2004). Corrosión y degradación de materiales .

P.Castro. (1998). *Corrosión en estructuras de concreto armado.* Recuperado el 22 de Diciembre de 2016, de http:/www.redalyc.org/pdf/181620511008.pdf

Pancorbo, F. J. (2011). Calibración de la agresividad de la atmósfera. En *Corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación* (pág. 40). Barcelona: Marcombo.

Pontes, B. B. (2001). Clasificación de la agresividad costera recife en función del nivel de contaminación por cloruros . *Agresividad* .

Rodríguez, L. M., Llongueras, J. G., Uruchurtu Chavarin, J., & Salvador Hernández, L. (1999). Agresividad atmosférica. En D. L. Rodríguez, *Corrosividad atmosférica* (págs. 28-33). México: Plaza y Valdés, S.A. de C.V. .

S. Rivero, B. C. (2007). Corrosión atmosférica del acero bajo en carbono en un ambiente marino polar. Estudio del efecto del régimen de vientos . *Revista metalurgica, 43(5),* 374.

Seguridad, G. (2001). *Corrosión* . Recuperado el 3 de Enero de 2017, de https//www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=103051

Technologies, T. (Julio de 2004). *Cloruro un elemento esencial*. Recuperado el 22 de Diciembre de 2016, de www.tetrachemicals.com/getFile.asp?File_Content_ID=962

Tenerife, S. C. (2005). *Gases contaminantes de la atmósfera* . Recuperado el 26 de Enero de 2017, de http://www.canarina.com/gases-contaminantes.htm

UNAM. (2004). *Mapa iberoamericano de Corrosión atmosférica.* México: Facultad de quimica.

Uruchurtu, J., & Malo, M. (2011). *Técnicas de monitoreo y control de la corrosi´n* . IMICORR.

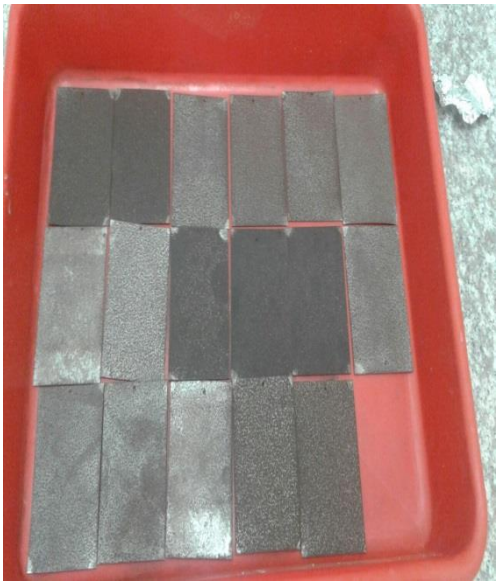
Uruchurtu, J., & Malo, M. (2011). *Técnicas de monitoreo y control de la corrosión* . IMICORR.

Valdes, M. A. (2013). Estudio de la corrosión atmosférica del acero de refuerzo. *Centro Nacional de Investigaciones Facultad de Ingeniería Química*, 1.

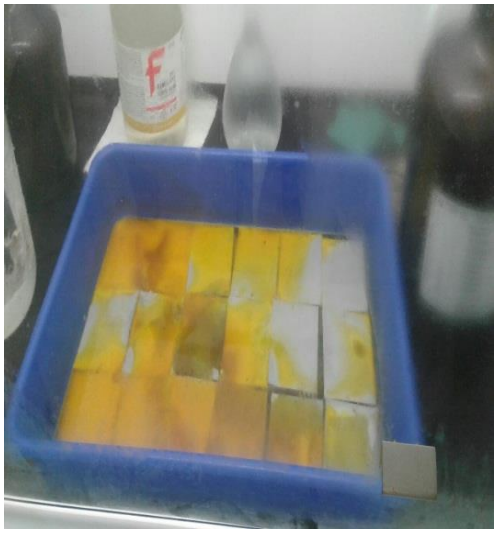
West, J. M. (2010). *Departamento de metalurgia Corrosión y Oxidación* . México: Limusa .

ANEXOS

Anexo 1. Elaboración de los soportes atmosfericos



Anexo 2. desengrasado de las probetas de acero al carbono.



Anexo 3. Decapado de las probetas de acero al carbono

Anexo 4. Peso inicial de las probetas de acero al carbono

Anexo 5. Limpieza y preparación de los captadores

Anexo 6. Preparación y colocación de las probetas y los captadores atmosféricos

Anexo 7. Sitio de exposición uno

Anexo 8. Sitio de exposición dos

Anexo 9. Sitio de exposición tres.

Anexo 10. Sitio de exposición cuatro.

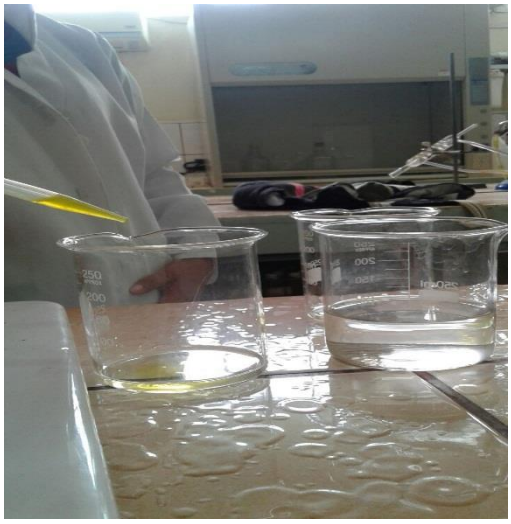
Anexo 11. Sitio de exposición cinco

Anexo 12. Sitio de exposición seis.

Anexo 13. Sitio de exposición siete

Anexo 14. Limpieza trimestral de las probetas de acero carbono.

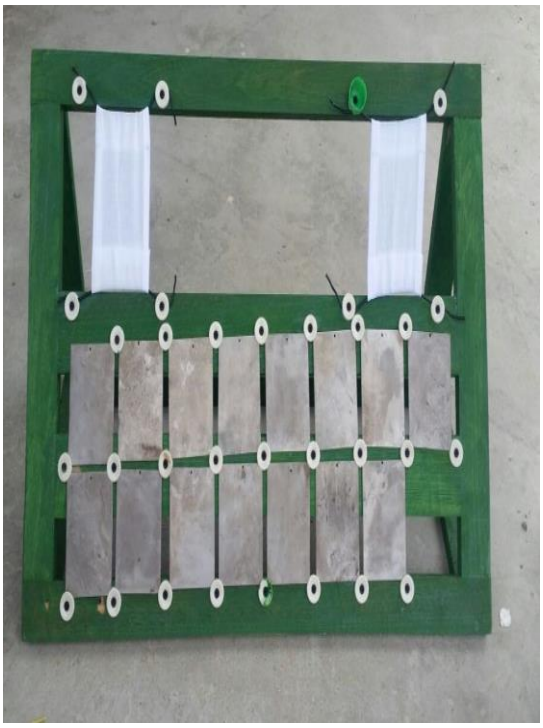
Anexo 15. Dilución de los captadores en agua destilada



Anexo 16. Colocación de Cromato de potasio en la dilución de los captadores atmosféricos

Anexo 17. Titulación de ion cloruro.

Anexo 18. Muestras finales de ion cloruro.



Anexo 19. Modelo y medidas del soporte atmosférico.

Table 1 — Categories of corrosivity of the atmosphere

Category	Corrosivity
C1	Very low
C2	Low
C3	Medium
C4	High
C5	Very high
CX	Extreme

Anexo 20. Categoría de corrosividad de la atmósfera

Table 2 — Corrosion rates, r_{corr}, for the first year of exposure for the different corrosivity categories

Corrosivity category	Corrosion rates of metals r_{corr}				
	Unit	Carbon steel	Zinc	Copper	Aluminium
C1	g/(m²·a)	$r_{corr} \leq 10$	$r_{corr} \leq 0,7$	$r_{corr} \leq 0,9$	negligible
	µm/a	$r_{corr} \leq 1,3$	$r_{corr} \leq 0,1$	$r_{corr} \leq 0,1$	—
C2	g/(m²·a)	$10 < r_{corr} \leq 200$	$0,7 < r_{corr} \leq 5$	$0,9 < r_{corr} \leq 5$	$r_{corr} \leq 0,6$
	µm/a	$1,3 < r_{corr} \leq 25$	$0,1 < r_{corr} \leq 0,7$	$0,1 < r_{corr} \leq 0,6$	—
C3	g/(m²·a)	$200 < r_{corr} \leq 400$	$5 < r_{corr} \leq 15$	$5 < r_{corr} \leq 12$	$0,6 < r_{corr} \leq 2$
	µm/a	$25 < r_{corr} \leq 50$	$0,7 < r_{corr} \leq 2,1$	$0,6 < r_{corr} \leq 1,3$	—
C4	g(m²·a)	$400 < r_{corr} \leq 650$	$15 < r_{corr} \leq 30$	$12 < r_{corr} \leq 25$	$2 < r_{corr} \leq 5$
	µm/a	$50 < r_{corr} \leq 80$	$2,1 < r_{corr} \leq 4,2$	$1,3 < r_{corr} \leq 2,8$	—
C5	g/(m²·a)	$650 < r_{corr} \leq 1\,500$	$30 < r_{corr} \leq 60$	$25 < r_{corr} \leq 50$	$5 < r_{corr} \leq 10$
	µm/a	$80 < r_{corr} \leq 200$	$4,2 < r_{corr} \leq 8,4$	$2,8 < r_{corr} \leq 5,6$	—
CX	g/(m²·a)	$1\,500 < r_{corr} \leq 5\,500$	$60 < r_{corr} \leq 180$	$50 < r_{corr} \leq 90$	$r_{corr} > 10$
	µm/a	$200 < r_{corr} \leq 700$	$8,4 < r_{corr} \leq 25$	$5,6 < r_{corr} \leq 10$	—

Anexo 21. Categoría de corrosividad de la atmósfera

Anexo 22. Plano de los puntos de exposición entre Bahía de Caráquez y San Vicente

Anexo 23. Plano de la ciudad de Bahía de Caráquez y San Vicente

Anexo 24. Mapa del perfil costanero del Ecuador