



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Acción erosiva del medio ambiente en estructuras metálicas de puentes peatonales entre km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Br. Pérez Alejandría, Nelser (ORCID: 0000-0003-0125-3547)

ASESOR:

Dr. Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique (ORCID: 000-0002-0684-5114)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2019

Dedicatoria

A Dios por ser el amigo que siempre me acompaña en todo momento. A mis padres Nicanor y Zenaida por su amor y confianza brindada cada día. A mis tías Deli y Lido, a mis hermanos Elver, Dany, Flor, a mis primos Yonner, Estrella, Estefano y a mis amigos por siempre brindarme su apoyo incondicional.

A todos ellos.

Agradecimiento

A Dios por permitirme seguir avanzando en el transcurso de la carrera. Mis agradecimientos al Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique por su asesoramiento este año en mi proyecto de investigación A mis profesores por brindarme los conocimientos a lo largo de la carrera y a la universidad por la oportunidad de formar parte de este centro de estudios.

A todos ellos infinitas gracias.

Página del jurado

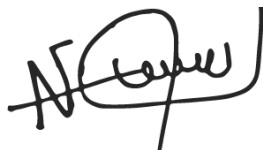
Declaratoria de autenticidad

Yo, Nelser Pérez Alejandría, con DNI N° 44188772, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería civil declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 23 de julio del 2019



FIRMA

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO.....	22
2.1. Tipo y Diseño de investigación	23
2.2. Población, muestra y muestreo	24
2.3. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad	24
2.4. Procedimientos	25
2.5. Métodos de análisis de datos	26
2.6. Aspectos éticos	26
III. RESULTADOS.....	27
IV. DISCUSIÓN	48
V. CONCLUSIONES	52
VI. RECOMENDACIONES	54
REFERENCIAS.....	56
ANEXOS.....	61

Resumen

Los puentes peatonales metálicos que es el tema de esta investigación son estructuras que están expuestas al medio ambiente, por ello es muy importante considerar las condiciones ambientales como humedad relativa, temperatura, contaminación atmosférica, salinidad que son causantes de la corrosión en el metal.

La finalidad de esta investigación fue determinar si la acción erosiva del medio ambiente, influye en las estructuras metálicas de los puentes peatonales entre km 6+792 km - 20+372 de la Panamericana Norte – Lima.

se determinó que hay una influencia significativa, evaluada a partir de parámetros de corrosividad atmosférica media C3 y corrosividad alta C4, también se pudo evaluar el efecto de la salinidad marítima hasta el puente peatonal más cercano al mar, hallándose un valor no influyente para la corrosión, finalmente se estudió la preparación superficial del metal con los métodos del arenado y granallado, donde se pudo apreciar las ventajas en el uso de cada uno, concluyendo de manera general con lo siguiente: conocido la agresividad del medio ambiente mediante parámetros de corrosividad atmosférica, evaluada el efecto de la salinidad marítima hacia el puente peatonal más cercano al mar, se logró tener una estructura durable.

Palabras claves: Corrosividad atmosférica, tiempo de humectación, salinidad marina

Abstract

The metal pedestrian bridges are the subject of this investigation are the structures that are exposed in the environment, therefore, it is very important as the conditions of relative humidity, temperature, air pollution, salinity that are causing the corrosion in the metal.

The purpose of this investigation was to determine if the action was eroded in the environment, influencing the metallic structures of the pedestrian bridges between km 6 + 792 km - 20 + 372 of the Panamericana Norte - Lima.

It was determined that there is a significant importance, that it is about the values of the average atmospheric corrosion C3 and the high corrosivity C4, you can also evaluate the effect of maritime salinity to the pedestrian bridge closest to the sea, finding a non-influential value for the corrosion, finally, the superficial preparation of the metal was studied with the methods of the sector and the blasting, where the advantages in the use of each one could be appreciated, concluding in a general way with the following: the aggressiveness of the environment with parameters of atmospheric corrosivity, The effect of maritime salinity towards the pedestrian bridge closest to the sea, will be seen to have a durable structure.

Keywords: Atmospheric corrosivity, humidification time, marine salinity

I. INTRODUCCIÓN

Realidad Problemática

Uno de los grandes problemas que se presenta en las estructuras metálicas que están expuestas al medio ambiente, es el grado de corrosión, y que es causada por la humedad, temperatura, salinidad marina y contaminación ambiental.

Mi tema de investigación trata sobre las estructuras expuestas al medio ambiente, donde es muy importante evaluar las condiciones ambientales que causan el alto grado de corrosión del metal, que dejan pérdidas en su capacidad e incrementando gastos en reparación.

Cualquier material de metal es susceptible a corroerse, todo depende del ambiente que está en contacto y bajo qué condiciones, porque la corrosión es una interacción metal-entorno que modifica las propiedades del metal y conduce a una degradación de la función del metal, donde la finalidad es extender la vida útil en tanto la medida adoptada para proteger el metal de la corrosión mantenga sus propiedades protectoras (Tang, 2016, p. 15).

Por otro lado, el crecimiento de las poblaciones seguido del avance de la tecnología en las civilizaciones, han contribuido a un incremento en la contaminación atmosférica, causando entre algunos efectos indeseables, el deterioro de los materiales de manera acelerada, este fenómeno de efectos indeseables ha llevado a la necesidad de poder conocer cada vez más sobre la capacidad de resistencia de los sistemas de protección aplicados para determinadas condiciones. (Marrero Águila, y otros, 2013, p. 193).

Vallejo Figueroa (2006), manifiesta que la corrosión es un fenómeno de carácter netamente natural que causa daño en el metal, se da por causas Químicas, Físicas o mecánicas y que además no es posible hallar un método único de solución para los casos de corrosión, se requieren tener en cuenta varios métodos que protejan de la corrosión al metal, ya que la corrosión es algo que no se puede evitar sino el objetivo es controlarlo, sea en el metal, en la interfase o en el medio ambiente corrosivo, la experiencia a través de los años pone en manifiesto que el tipo de corrosión más frecuente se da a temperatura de ambiente, concluyendo que lo más importante en la protección del metal cuando se usa recubrimiento anticorrosivo está en la preparación de la superficie que da una correcta adherencia entre metal-pintura (p. 19)

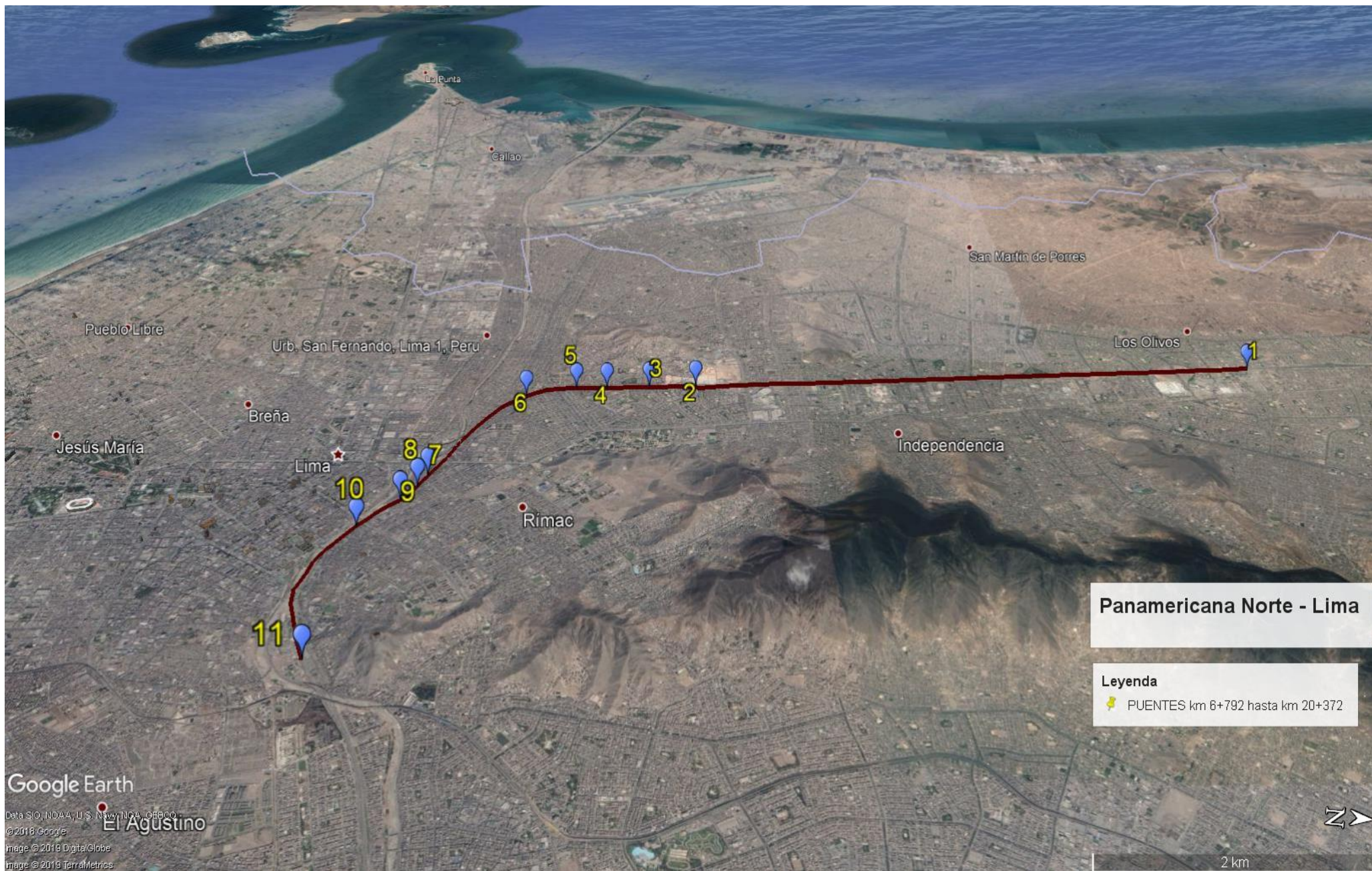


Figura 1: Plano de ubicación
 Fuente: Municipalidad de Lima

Trabajos previos

Dentro de los trabajos previos Nacionales, se muestran algunos hallazgos relevantes, y estos son:

Según (Alipio Chumu, y otros, 2017) en su investigación “*Categorías de corrosividad de la ciudad de Trujillo Perú 2015/2016, para el acero de bajo carbono y zinc electrolítico*” su objetivo fue determinar la corrosividad atmosférica para el Acero de bajo carbono y Zinc Electrolítico expuestos entre los años 2015-2016 en la ciudad de Trujillo, donde se instalaron tres estaciones de monitoreo de la corrosividad atmosférica distribuidas en tres zonas de la ciudad, se instalaron probetas planas de acero de bajo carbono y zinc electrolítico, los resultados para el Acero de bajo carbono fueron C2 “corrosividad baja” y C3 “corrosividad media”, por otra parte para el Zinc electrolítico se determinó una categoría de corrosividad C3 “corrosividad media” y C4 “corrosividad alta”, finalmente el autor recomienda para estudios posteriores evaluar contaminantes atmosféricos y tiempo de humectación para determinar las categorías de corrosividad atmosférica para el acero.

Según, (Guerra Carvallo, 2014) en su trabajo de investigación sobre “*Estudio de la corrosión atmosférica sobre dos tipos de acero de bajo carbono en instalaciones industriales petroleras cercanas al mar en el Nor-oeste del Perú*”. Su objetivo es determinar la categoría corrosividad atmosférica midiendo la velocidad de corrosión atmosférica sobre dos tipos de acero AISI/SAE 1020 y ASTM A 36, los resultados de la corrosión atmosférica fueron de C2 “categoría baja”, C3 “categoría media” y C4 “categoría alta”, concluyendo que la corrosión atmosférica es originada por la humedad, salinidad ambiental y por la capacidad del viento para transportar la brisa del mar.

Por otra parte (Oblitas Loayza, 2018) en su investigación “*Innovación en la preparación de superficie de estructuras metálicas mediante la técnica de granallado, para optimizar el proceso de limpieza*” realizó un análisis del procedimiento de la preparación de la superficie del metal que utilizan arena en la ciudad de Arequipa, para luego aplicar la innovación con la técnica de granallado con el fin de optimizar la limpieza en las estructuras. Su objetivo fue mediante la técnica de granallado reducir los costos, reducir tiempo en la limpieza, mejor acabado, alargar la vida útil, brindar a la estructura mejor porosidad. Sus resultados obtenidos indicaron que la granalla es el material con el que se

obtiene una mejor rugosidad hasta en un 26% más rápido respecto de la arena, concluyendo que es importante realizar el procedimiento mediante la técnica de granallado en el proceso de preparación de superficie de estructuras metálicas debido a que se da una mejor limpieza y optimización en costos, tiempo, mejor acabado, además los trabajos de preparación de superficie del metal están vinculados con la vida útil de la estructura.

Por su parte la (Universidad Nacional del Santa, 2012) en su trabajo de investigación de la institución titulada, "*Efecto de la corrosión atmosférica sobre la corrosión de materiales ferrosos*" manifiesta lo siguiente: la causa más común de la degradación de los metales y aleaciones es la corrosión atmosférica, que es la intensidad corrosiva existente en la atmósfera. El cloruro de sodio (NaCl) y el dióxido de azufre (SO₂) son los agentes corrosivos más frecuentes de la atmósfera. El dióxido de azufre se origina del uso de combustibles que contienen azufre y el cloruro de sodio llega a la atmósfera desde el mar.

El objetivo fue determinar el efecto de la contaminación atmosférica sobre el acero de SIDER - PERÚ. Los resultados obtenidos mediante la exposición del metal en un ambiente atmosférico durante un periodo de 15 meses mostraron pérdida en el peso en el metal en promedio de 3524 mg en 15 meses. Concluyendo que los factores ambientales afectan drásticamente al metal.

Según (Oyola Sánchez, 2007) en su trabajo de investigación "*corrosión en metales expuestos a la atmósfera en la zona industrial de la ciudad de Talara*" el objetivo fue identificar la categoría de corrosividad en la atmósfera de la ciudad de Talara mediante la velocidad de corrosión del metal durante un año, se siguió el procedimiento según la norma ISO 9223. Los resultados para la ciudad de Talara fueron C4 "categoría alta" y C3 "categoría media". Finalmente se concluyó que, para futuras investigaciones sobre corrosividad atmosférica, se debería contar con el apoyo de estaciones meteorológicas y laboratorios propios del proyecto para tener información de mayor precisión.

Dentro de los Antecedentes internacionales, se muestran algunos hallazgos relevantes, y estos son:

Por su parte (Garcés Rodríguez, 2002) en su trabajo de investigación "*Evaluación de la corrosión atmosférica del acero expuesto en diversas atmósferas*" México: Universidad Autónoma de Nuevo León, su objetivo fue determinar la corrosividad atmosférica para el Acero, se basó en la velocidad de corrosión que fue calculada a partir de pérdida de masa

que se dio en el acero, además se apoyó del programa internacional de exposición atmosférica ISOCORRAG, programa que junta información de corrosión atmosférica del acero como el de otros materiales en todas las regiones del planeta, se hizo uso de la norma ISO 9224 que tiene valores establecidos de corrosión en base a la muchos estudios de corrosión atmosférica realizada en varios países, para el desarrollo se trabajó en dos etapas, primero durante seis meses se expusieron probetas de acero en una atmósfera contaminada y en la segunda fase durante un año en otros lugares, en las estaciones expuestas inicialmente se determinó una categoría C5 “categoría muy alta” y en la segunda fase se obtuvo una categoría de corrosividad C3 “categoría media” y C4 “categoría alta”. Concluyendo las altas humedades relativas influyeron considerablemente en las estaciones expuestas inicialmente

Además, según la (Universidad Politécnica de Madrid, 2018) en su trabajo institucional de investigación sobre “*Corrosión atmosférica marina de aceros al carbono*” – España manifiesta que la corrosión atmosférica en regiones costeras es un tema importante debido a su gran trascendencia para la sociedad. Aproximadamente la mitad de la población mundial vive en regiones costeras. En la corrosión del acero al carbono expuesto a atmósferas marinas se observa una relación lineal entre corrosión y contenido salino de la atmósfera, el efecto de la atmósfera marina se extiende principalmente a unos cuantos cientos de metros de la línea de costa y decae rápidamente conforme nos adentramos en el interior. Asimismo, la exposición del acero al carbono en atmósferas marinas conduce a la formación de capas de herrumbre muy gruesas. Estas gruesas capas tienden a desprenderse del sustrato de acero afectando enormemente la durabilidad de las infraestructuras de acero.

Por otra parte, la corporación (CyM Materiales SA, 2017), en un trabajo sobre “*Estudio comparativo de costo, rendimiento entre Granalla de Acero y Arenado*” donde ve la importancia del costo para la preparación superficial del metal antes de la aplicación del recubrimiento anticorrosivo, haciendo uso de Granalla de Acero y Arenado dentro de recintos cerrados, con sistemas modernos de proyección de partículas por aire comprimido, equipos que trabajan indistintamente con cualquier tipo de abrasivos lo que permite utilizar un mismo equipo para este trabajo. Donde se llegó a determinar que el costo promedio de consumo de arena por m² de superficie es 14 veces mayor respecto a la utilización de granalla de acero, destacando que las rugosidades obtenidas son uniformes en el caso de la

granalla de acero y con variaciones en el caso de la arena. El uso de la granalla de acero en recintos cerrados, es extremadamente ventajoso respecto de la arena destacando una mayor productividad, menor costo de abrasivo por m², mejor calidad en cuanto a homogeneidad, rugosidad, menor contaminación ambiental, menor generación de residuos y polvos.

Por su parte (Vallejo Figueroa, 2006) en su trabajo de investigación “*conocimiento y prevención de la corrosión*” Guatemala, afirma que la corrosión es un fenómeno de carácter netamente natural que causa daño en el metal, se da por causas Químicas, Físicas o mecánicas y que además no es posible hallar un método único de solución para los casos de corrosión, se requieren tener en cuenta varios métodos que protejan de la corrosión al metal, ya que la corrosión es algo que no se puede evitar sino el objetivo es controlarlo, sea en el metal, en la interfase o en el medio ambiente corrosivo, hay muchos métodos de protección según la importancia; al momento de diseñar se debe evitar puntos vulnerables ante un ataque, la experiencia a través de los años pone en manifiesto que el tipo de corrosión más frecuente se da a temperatura de ambiente, concluyendo que lo más importante en la protección del metal cuando se usa recubrimientos anticorrosivo está en la preparación de la superficie, de nada sirve tener un recubrimiento de buena calidad cuando la preparación superficial no está realizado adecuadamente y no tiene la rugosidad adecuada que asegure una correcta adherencia entre metal-pintura.

Por su parte (Pancorbo Floristán, 2011) en su investigación “*corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación*” – España manifiesta que la corrosión es desgaste del metal por acción directa de agentes externos, causando pérdidas en su resistencia. Los técnicos en problemas de corrosión no tienen la solución para todos los problemas, ya que algunos no son económicos. Para conocer la corrosividad de una atmósfera se tiene que relacionar los factores que la afectan, mediante teorías ya establecidas se llega a dar una clasificación, los indicadores de corrosión como el tiempo de humectación y la contaminación ambiental, los resultados confirman que efectivamente hay una relación entre el tiempo de humectación, contaminación ambiental y corrosión del metal, concluyendo que los peores ambientes corrosivos que pueden existir es una atmosfera industrial-marina con un clima húmedo con humedades relativas superiores a 80%.

Teorías relacionadas al tema

La corrosión atmosférica

La corrosión atmosférica es la degradación de los materiales producidos por el aire y los contaminantes contenidos en el aire. Puede definirse como un proceso electroquímico que se da por la presencia de lluvia, rocío o humedad. La corrosión atmosférica tiene lugar en condiciones húmedas. (Zaki, 2006, p. 8).

En los últimos años, la corrosión atmosférica de los materiales ha llamado su atención de diversos investigadores, grandes cantidades de materiales en industrias, puentes y edificios están expuestos a la atmósfera y son atacados por ella. La corrosión atmosférica es un tema de preocupación mundial debido a su importancia para la vida útil y la durabilidad de los materiales estructurales. Los parámetros atmosféricos convencionales que pueden conducir a la corrosión del metal comprenden factores climáticos como la temperatura, la humedad, la lluvia, la radiación solar, la velocidad del viento, etcétera. También se ha encontrado que los contaminantes del aire como el dióxido de azufre y cloruros contribuyen a la corrosión atmosférica, es decir la corrosión es un tema muy complejo y que no se puede tener una información exacta, solamente se puede estimar el cálculo de parámetros que indiquen el grado de agresividad del medio ambiente (Syed, Sabir, 2006, p. 02).

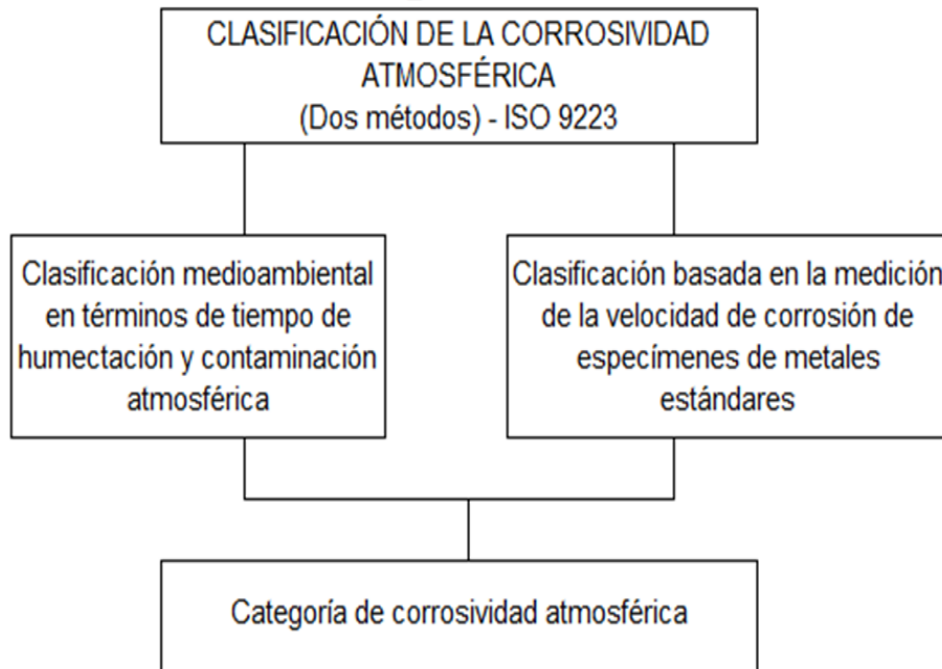


Figura 2: Clasificación de corrosividad atmosférica

Fuente. Norma ISO 9223

Para estudiar la corrosión atmosférica se debe estudiar la agresividad del medio ambiente, donde se obtiene un parámetro denominado categoría de corrosividad, para ello existen dos métodos, el primero se basa en la velocidad de corrosión, que se determina mediante un promedio de la pérdida de peso que se da en probetas metálicas expuestas al medio ambiente.

En el primer método, para calcular la velocidad de corrosión se emplea probetas de dimensiones 10 x15 cm y un espesor de 0.75 mm según recomienda la norma ASTM G50.

Se usa la siguiente ecuación:

$$V_{corr} = \frac{m_i - m_f}{P A t} \quad (1)$$

Dónde:

V= es la velocidad de corrosión ($\mu\text{m/año}$)

m_i = es la masa inicial (g)

m_f = es la masa fina en (g)

P= es la densidad del material ($3.65 \times 10^6 \text{ g/cm}^3$)

A= es el área de la placa metálica en exposición (cm^2)

En la figura 3. se muestran un claro ejemplo de Probetas metálicas para calcular la velocidad de corrosión atmosférica.



Figura 3: exposición atmosférica de probetas metálicas

Fuente. Oyola Sánchez, 2007

Tabla 1. Categoría de corrosividad

CATEGORÍA DE CORROSIVIDAD	CORROSIVIDAD	VELOCIDAD DE CORROSIÓN r_{corr} , $\mu\text{m/año}$	PÉRDIDA DE MASA r_{corr} , $\text{g/m}^2 \cdot \text{año}$
C ₁	MUY BAJA	1.3	10
C ₂	BAJA	1.3 - 25	10 - 200
C ₃	MEDIA	25 - 50	200 - 400
C ₄	ALTA	50 - 80	400 - 650
C ₅	MUY ALTA	80 - 200	650 - 1500

Fuente. Norma ISO 9223

En el segundo método se basa en la clasificación medioambiental en términos de tiempo de humectación y contaminación atmosférica, a continuación, se describen los pasos.

- Determinación del tiempo de humectación (TDH), cantidad de horas cuando la humedad relativa es igual o mayor a 80% a una temperatura mayor a 0 °C
- Determinación de las velocidades de depósitos de contaminantes atmosféricos (SO₂ y Cl-)
- Determinación de la categoría de corrosividad según norma ISO 9223, usando los factores meteorológicos y de contaminación

Índice de deterioro de Brooks

Las condiciones de una humedad alta y temperaturas favorecen el proceso corrosivo en los materiales expuestos en la atmósfera, corrosión conocida comúnmente como corrosión atmosférica. Tener información sobre el riesgo de corrosión resulta beneficioso. A Brooks se le atribuye la fórmula donde a partir de datos meteorológicos se obtiene un valor numérico a modo de índice de deterioro. (Brooks, 1950)

$$I = \frac{(HR-65)(P)}{100} \quad (2)$$

Dónde

HR: es la humedad relativa media anual en %

P: presión de saturación del vapor de agua en la atmósfera, expresado en mbar

Dónde:

$$P = 6.11 \exp. [(17.27 * T) / (237.3 + T)] \quad (2.1)$$

T es la temperatura media anual en °C

El índice de deterioro se relaciona con el nivel de corrosividad de la atmósfera, debido a que es a condiciones atmosféricas que los materiales se corroen y llegan a presentar daños según como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación del nivel de corrosividad según el índice de Brooks

Índice	Grado de deterioro
0 - 1	Muy bajo
1 - 2	Bajo.
2 - 5	Moderado
> 5	Alto

Fuente: Brooks, 1950

Factores que causan corrosión atmosférica

La humedad junto con el SO₂ son las principales causas de corrosión atmosférica atmosféricos en muchísimos metales que se ha estudiado durante largos años, en el caso del SO₂ es de importancia secundaria pues se requiere elevados niveles de SO₂ para provocar un efecto considerable en la corrosión (Valdéz Salas y Schorr Wiener, 2013, p. 139).

La lluvia, humedad y temperatura han sido estudiadas por varios investigadores para poder encontrar una relación con la corrosión, la humedad relativa mayor a 70% es crítico, porque da inicio a la corrosión atmosférica que es la causa más frecuente del deterioro del metal y aleaciones (Universidad Nacional del Santa, 2012, p. 07).

El tiempo de humectación relaciona la temperatura y humedad relativa, donde la humedad relativa es igual o mayor a 80% a una temperatura superior a 0°C, se expresa en horas, días-año o también porcentaje anual de horas. (Valdéz Salas y Schorr Wiener, 2013, p. 161).

Tabla 3. Clasificación de Tiempo de Humectación

CATEGORÍA	TIEMPO DE HUMECTACIÓN (TDH)	
	(horas/año)	% Año
τ_1	$\tau \leq 10$	0.1
τ_2	$10 < \tau \leq 250$	0.1 - 03
τ_3	$250 < \tau \leq 500$	03 - 30
τ_4	$500 < \tau \leq 5500$	30 - 60
τ_5	$\tau > 5500$	>60

Fuente. Norma ISO 9223

El dióxido de azufre es un factor que se mide en mg/m^3 que se refiere básicamente a la concentración existente en el aire. su efecto en la corrosión es solamente referencial, lo que realmente interesa saber es cuánto de dióxido de azufre llega a tomar contacto con la superficie, el SO_2 que es depositado sobre la superficie metálica es el que influye en la corrosión, también se mide como velocidad de deposición que llega a tener contacto sobre la superficie, en unidades de $\text{mg}/\text{m}^2/\text{día}$.

Tabla 4. Categorías según contenido de dióxido de azufre

Categoría	Velocidad de deposición SO_2 ($\text{mg}/\text{m}^2.\text{día}$)	Concentración SO_2 (mg/m^3)	agresión del medio ambiente
P ₀	< 10	< 0.012	Ligera
P ₁	>10 - 35	0.012 - 0.040	Moderada
P ₂	>35 - 80	0.040 - 0.090	Severa
P ₃	> 80 - 200	0.090 - 0.250	Muy severa

Fuente: Normas ISO 9223

Observaciones

- i. Las cantidades de SO_2 determinadas por deposición o volumétrica son equivalentes a efectos de clasificación

- ii. Las velocidades de deposición de SO₂ y la concentración representan un promedio
- iii. Una concentración que sea inferior a P0 se le considera no importante para la corrosión
- iv. Una contaminación mayor a P3 se denomina extrema.

La salinidad existente en el aire no es más que sal suspendida en la atmosfera, factor que se mide en mg/m³ de concentración en el aire, también se mide en mg/m²/año, la sal que llega a depositarse directamente sobre la superficie del metal es la que influye en la corrosión, dado que la salinidad acelera el proceso de corrosión debido a que existe una relación lineal entre la salinidad y la corrosión en los metales.

Tabla 5. *Categorías según contenido de cloruros*

CATEGORÍA	CONTENIDO DE CLORUROS (mg/m ² . d)	AGRESIÓN DEL MEDIO AMBIENTE
S ₀	$S \leq 5$	Ligera
S ₁	$5 < S \leq 100$	Moderada
S ₂	$100 < S \leq 500$	Severa
S ₃	$500 < S \leq 1500$	Muy severa

Fuente: Normas ISO 9223

Observaciones

- i. La concentración de NaCl esta expresada como promedio anual
- ii. Cualquier concentración inferior a S₀ Se considera no importante para el ataque corrosivo ($S \leq 5$)
- iii. Grados de contaminación superior a S₃ se considera extrema.

Corrosión atmosférica marina de estructuras metálicas

Desde 1920, se ha dedicado mucho tiempo y esfuerzo al estudio de la corrosión de los metales en ambientes naturales, siendo de importancia varios parámetros meteorológicos y de contaminación; pero hasta hace relativamente poco, los investigadores han prestado sorprendentemente poca atención a la acción de cloruros marinos en la corrosión

atmosférica, a pesar de que es bien sabido que la sal en el aire en las regiones costeras promueve un marcado incremento en las tasas de corrosión atmosférica. (Alcántara, 2017, p. 2).

Puentes peatonales

Los puentes peatonales son estructuras que permite el paso de peatones sobre un obstáculo ya sea ríos, vías de tráfico, montañas, etcétera, en el caso de un puente peatonal construido para cruzar una vía de tránsito, estos cumplen el rol de reducir los índices de accidentes de tránsito por atropellamiento y sus componentes son:

- **Superestructura:** está compuesta por los elementos del puente que permiten el tránsito sobre el mismo. Denominado también tablero.
- **Subestructura:** estructuras que dan apoyo a la superestructura sobre el suelo. Tales como los pilares que son los apoyos intermedios, los estribos que son los apoyos a los extremos y las cimentaciones de ambos.
- **Accesos:** es la conexión con el entorno urbano y permiten el tránsito desde y hacia este, se consideran las escaleras y rampas.

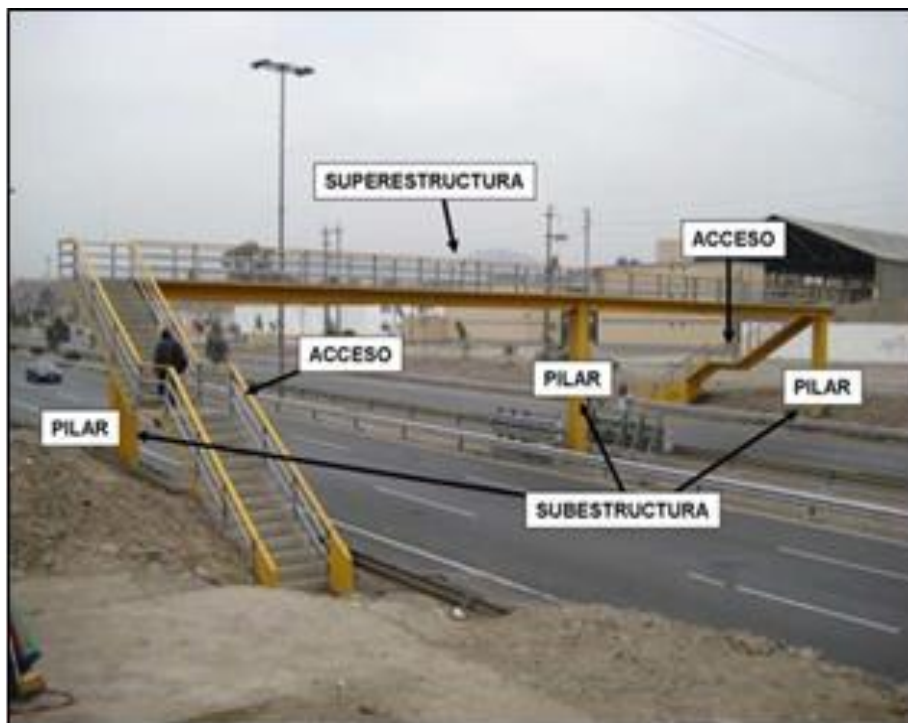


Figura 4: Componentes de un puente peatonal

Fuente. Municipalidad de Lima

Estructuras metálicas

El acero es uno de los materiales más empleados en el mundo de la construcción, velocidad para la construcción, adaptación ante cambios de diseño, ahorro de espacio y economía son las ventajas que posee el acero como material estructural (Carpio Utrilla, 2005 pág. 44)

El acero se utiliza para hacer estructuras metálicas por su bajo costo, menor tiempo y buena calidad, gran parte del acero que es fabricado está expuesto a condiciones exteriores, en atmósferas altamente contaminadas donde hay corrosión. (Morcillo, 2011, p. 426).

La corrosión es un fenómeno que causa el deterioro de una estructura metálica, hace de ella una estructura no segura y disminuye su vida útil, la corrosión se define como el deterioro de un elemento metálico o no metálico a causa de una reacción con el medio ambiente (Escuela Politécnica de Ecuador, 2008, p. 10).

Los aspectos socioeconómicos de la corrosión han sido investigados por múltiples autores desde el año 1968 y que ha dejado información importante de las pérdidas económicas de lo que la corrosión representa para los países, se estima que el 50% de las pérdidas es causado por la corrosión atmosférica, donde el 80% de las estructuras están expuestas. (Garcés Rodríguez, 2002, p. 15).

Hay muchos factores que influyen en la corrosión del metal, los más importantes son las propiedades del material, las características del entorno, es por ello que es esencial tener en cuenta la corrosión desde las primeras etapas del diseño de un proyecto y en especial las áreas del metal expuestas. (Heinen, 2016, p. 5).

Querol Marti (2011, p. 4), afirma que en la corrosión intervienen factores que se debería tener en consideración.

- Partículas contaminantes en la superficie
- Piezas formadas por metales distintos en contacto directo entre sí.
- Discontinuidades en los recubrimientos
- temperatura, humedad en contacto con el metal

Clasificación del acero por su estado de corrosión

Las normas Suecas SIS han establecido una escala muy práctica para identificar los estados superficiales de corrosión del acero sin pintura., el acero antes de ser pintado presenta

grados de corrosión según lo indicado en la tabla 6, pudiéndose apreciar e identificar el grado que se encuentra antes de ser sometidos a un proceso de limpieza superficial.

Tabla 6. Clasificación del acero por su estado de corrosión

CLASIFICACIÓN DEL ACERO POR SU ESTADO DE CORROSIÓN	
Grado A	Superficies del acero con la chapa de laminación intacta en toda la superficie y prácticamente sin corrosión.
Grado B	Superficies de acero con principios de corrosión y de la cual la chapa de laminación se encuentra parcialmente adherida.
Grado C	Superficies de acero donde la chapa de laminación se ha perdido por efecto de la corrosión o es fácilmente eliminable por raspado al encontrarse suelta. La corrosión es generalizada pero no se han formado aún cavidades visibles.
Grado D	Superficies de acero con corrosión generalizada, exenta de chapa de laminación y gran cantidad de cavidades profundas.

Fuente: Las normas Suecas SIS

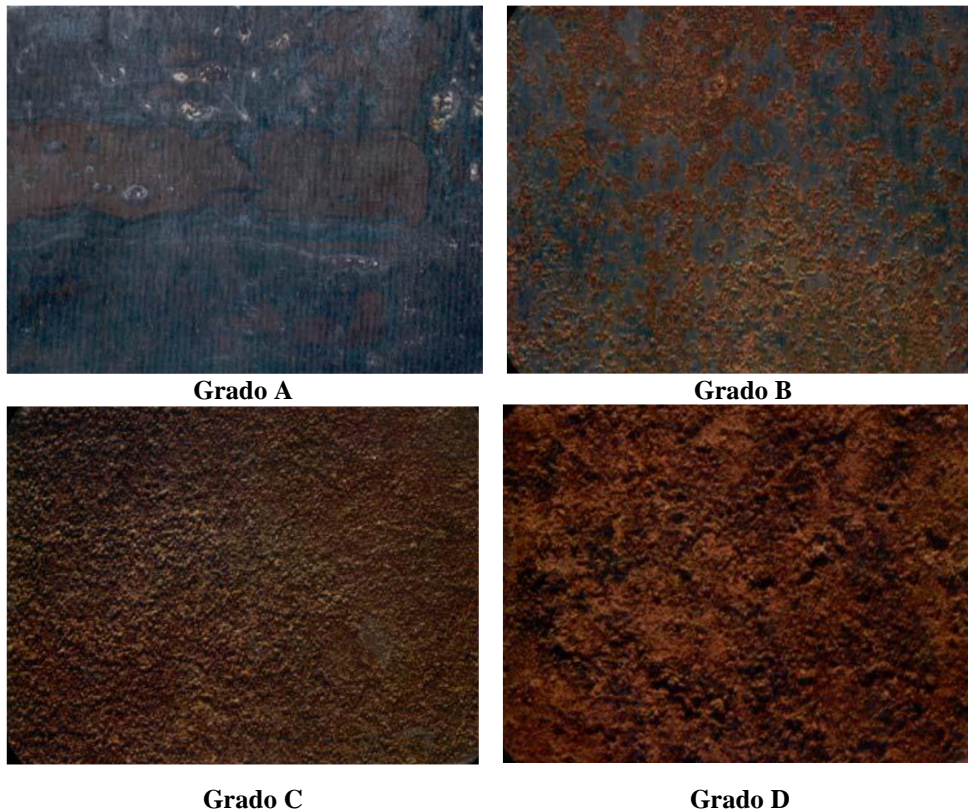


Figura 5: Grados de corrosión del acero sin pintura

Fuente: norma Sueca SIS

Métodos de Limpieza para estructuras metálicas

La preparación de la superficie es el tratamiento de primera etapa esencial de un sustrato antes de la aplicación de cualquier recubrimiento. Por otra parte, el rendimiento de un revestimiento está influenciado por su capacidad de adherirse adecuadamente al material del sustrato. Se afirma que la preparación correcta de la superficie es el factor más importante que afecta el éxito total de tratamiento de superficies. La presencia de pequeñas cantidades de los contaminantes de la superficie, aceite, grasa, óxidos, etc. pueden físicamente perjudicar y reducir la adherencia del recubrimiento al sustrato. (National Physical Laboratory, 2000, p. 03).

Internacionalmente se ha normalizado la preparación de las superficies metálicas ferrosas. Siendo la Norma Steel Structure Painting Council (S.S.P.C.), la más utilizadas a nivel mundial como guía para preparación de superficies metálicas ferrosas. (IMCA, 2013 p. 36)

Tabla 7. *Métodos de Limpieza para estructuras metálicas*

DESCRIPCIÓN	SSPC
Limpieza con Solventes	SP 1
Limpieza Manual	SP 2
Limpieza Motriz	SP 3
Limpieza con Llama y Cepillado	SP 4
Chorro Abrasivo Metal Blanco	SP 5
Chorro Abrasivo Comercial	SP 6
Chorro Abrasivo Brush Off	SP 7
Decapado	SP 8
Exposición Ambiental y Chorro Abrasivo	SP 9
Chorro Abrasivo Metal Casi Blanco	SP 10

Fuente: IMCA-Instituto Mexicano de la construcción en acero

Recubrimientos de protección anticorrosiva

La calidad de los sistemas de recubrimientos anticorrosivos y protectores es determinante para garantizar la funcionalidad y durabilidad de una estructura metálica ya que en la

actualidad es un meta me gran interés que las estructuras sean más duraderas en el tiempo (Milano, 2017 p. 48).

El revestimiento es un método para recubrir, restaurar y proteger el metal que este sujeto a la abrasión, corrosión y erosión del medio ambiente al que está expuesto la estructura (Parrilla Alvarado, 2011, p. 3).

La vida útil de una estructura depende de la velocidad de reacción entre el acero y su entorno, estas reacciones dependen de la naturaleza y concentración de los agentes corrosivos presentes. Por lo tanto, debe considerarse que la protección contra la corrosión de las estructuras interviene en este proceso para prevenir la reacción o para reducir en gran medida la velocidad de corrosión. (Mohamed Basheer, 2016, p. 01).

Los recubrimientos que se emplean sobre los metales como protección contra la corrosión deben tener características de impermeabilidad, adherencia y una baja conductividad eléctrica. (Querol Marti, 2011, p. 26).

Ensayos de resistencia a la corrosión en cámara salina

Es una simulación del proceso de corrosión en un ambiente controlado donde se mantiene expuesto el material metal que será analizado en niebla salina (NaCl) que es una sustancia muy corrosiva, el ensayo es uno de los más empleados para el análisis de corrosión, permite estudiar el comportamiento de recubrimientos para proteger el material base, la norma técnica del ensayo es ASTM B117.



Figura 6: cámara de niebla salina

Fuente: ICP PUCP

Espesores Mínimos de Protección Anticorrosiva

La pintura es el principal método para proteger el acero estructural de la corrosión. En general, la protección contra la corrosión otorgada por una película de pintura es directamente proporcional a su espesor de película seca. (Basheer Bava, 2016)

La norma peruana del Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Especificaciones técnicas de recubrimientos para estructuras, describe los espesores Mínimos para la Protección Anticorrosiva en recubrimientos para estructuras metálicas (ver anexo 7)

Planteamiento del problema

Problema general

¿Cómo influye la acción erosiva del medio ambiente en las estructuras metálicas de los puentes peatonales entre km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019?

A partir del problema general nos formulamos los siguientes problemas específicos:

¿Qué efecto tiene la acción erosiva del medio ambiente en los puentes peatonales entre km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019?

¿De qué manera la estructura metálica de un puente peatonal se ve afectada por la salinidad marítima entre el km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019?

¿De qué manera la preparación superficial y aplicación de recubrimiento anticorrosivo influye en la vida útil de los puentes peatonales entre el km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019?

Justificación del estudio

Justificación económica

Estudios económicos a nivel mundial afirman que el costo de la corrosión alcanza valores de 4-5% del PIB en los países, y que el 20-25% de este costo se puede evitar si se usa la tecnología existente para el control de corrosión (Querol Marti, 2011, p. 15).

Justificación técnica

Es técnica porque relaciona la corrosión con la humedad relativa, temperatura, contaminación, además se determina el efecto de la salinidad marítima respecto del puente peatonal más cercano al mar.

Justificación Social

Un puente peatonal tiene una función social, porque los peatones pueden cruzar una vía de manera segura y evitando algún accidente por atropellamiento, es por ello que se desea estudiar cómo es la agresividad del medio ambiente hacia una estructura de acero que está expuesta y para futuras construcciones similares.

Hipótesis

Hipótesis General

La acción erosiva del medio ambiente influye en las estructuras metálicas de los puentes peatonales entre km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019

Hipótesis Específicas

Derivándose de la hipótesis general, tenemos los siguientes específicos:

La acción erosiva del medio ambiente tiene un efecto significativo en los puentes peatonales entre km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019

La estructura metálica de un puente peatonal se ve afectada por la salinidad marítima entre el km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019

La preparación superficial y aplicación de recubrimiento anticorrosivo influye en la vida útil de los puentes peatonales entre el km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019

Objetivos

Objetivos Generales

Determinar si la acción erosiva del medio ambiente influye en las estructuras metálicas de los puentes peatonales entre km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019

Objetivos Específicos

Determinar si la acción erosiva del medio ambiente afecta a los puentes peatonales entre km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019

Determinar si la estructura metálica de un puente peatonal se ve afectada por la salinidad marítima entre el km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019

Determinar si la preparación superficial y aplicación de recubrimiento anticorrosivo influye en la vida útil de los puentes peatonales entre el km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019

II. MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño de investigación

Método de investigación

El método científico es el conjunto controlado de procedimientos y estrategias metódicamente secuenciales, y que tienen como objetivo la constatación empírica de un planteamiento llamado hipótesis y que este permitirá la interpretación de la realidad. (Borja Suárez, 2012, p. 8).

La presente investigación hace uso del método científico, se basa en fenómenos observables en la realidad.

Tipo de investigación

La investigación aplicada utiliza conocimientos que han sido adquiridos y se adquieren de otras investigaciones, da como resultado una forma organizada y sistemática la realidad estudiada, además incluye conocimientos científicos nuevos y tiene como único fin el descubrir. (Cegarra Sánchez, 2004, p. 42)

El presente trabajo de investigación es de carácter aplicado, se hará uso de los conocimientos teóricos de cada variable para dar una interpretación a la realidad problemática del caso.

Nivel de investigación

La investigación descriptiva pretende recoger o medir información de manera conjunta o independiente sobre las variables o los conceptos de interés; este tipo de investigación es útil para mostrar con precisión las dimensiones o ángulos de un fenómeno o situación. El investigador debe ser capaz de definir qué se medirá y sobre qué o quiénes se recolectarán los datos. (Hernandez Sampieri, 2014, p. 92).

Este proyecto es una investigación descriptiva, dado que es necesario obtener información de bibliografías, documentos que permitan detallar una descripción en forma gráfica y escrita de influencia de las condiciones climáticas en las estructuras metálicas de puentes peatonales.

Diseño de investigación

El diseño no experimental son los estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de las variables, se observan los fenómenos en su estado natural para después analizarlos. (Hernandez Sampieri, 2014, p. 152).

Variables, Operacionalización

Variable dependiente:

X₁: Acción erosiva del medio ambiente

Variable independiente:

Y₁: Estructura metálica de Puentes peatonales

2.2. Población, muestra y muestreo

Población

La población es el conjunto de todos los casos concordantes con una serie de definiciones y que deben situarse con claridad por sus características de contenido, tiempo y lugar (Hernandez Sampieri, 2014, p. 174).

La población está conformada por todos los puentes peatonales metálicos ubicados en la Panamericana Norte.

Muestreo

El muestreo será no probabilístico, las muestras para la elección no dependen de una probabilidad, el procedimiento depende del juicio del investigador. (Ochoa, 2015)

Siguiendo el concepto, en este proyecto de investigación se empleará el muestreo no Probabilístico porque la muestra fue seleccionada de forma intencionada.

Muestra

La muestra es un subgrupo de una población que se tiene interés y del cual se tomaran datos y que de antemano se tiene que definirse y delimitarse con precisión, asimismo debe ser representativo de la población. (Hernandez Sampieri, 2014, p. 173).

La muestra de este trabajo de investigación está conformada por 01 puente peatonal metálico entre el km 6+792 - km 20+372 de la Panamericana Norte

2.3. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnica de recolección de datos

Las técnicas para recolección de datos son procedimientos que se aplica para poder acceder al conocimiento. (Universidad Católica de Valparaíso, 2017, p. 2).

La técnica a usarse en el presente trabajo de investigación es:

- datos meteorológicos del clima que son influyen en los puentes peatonales, temperatura, humedad relativa, tiempo de humectación
- mediciones de cercanía de los puentes al mar para hallar la relación salinidad y distancia al mar de la estructura de un puente peatonal metálico

Instrumentos de recolección de datos

El instrumento de la investigación es una herramienta para obtener información de la muestra seleccionada para resolver asuntos de investigación (Hernandez Sampieri, 2013, p. 200).

El instrumento para la recolección de datos será la ficha de recolección de datos, manuales, formularios, hojas de cálculo, gráficos, los cuales son fundamentales para calcular la categoría de corrosividad atmosférica de las estructuras metálicas de los puentes peatonales entre km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte – Lima, y también para el cálculo de la relación de la salinidad marítima del puente peatonal más cercano al mar ubicado en el km 20+372, ya que la salinidad es un factor corrosivo para la estructura metálica de un puente.

Validez y confiabilidad

La validez es el nivel o grado que el instrumento puede medir la variable de investigación que se tiene el deseo de medir y la confiabilidad es el nivel o grado donde el instrumento nos da datos firmes. (Hernandez Sampieri, 2014, p. 200).

2.4. Procedimientos

En una primera parte se halló la categorización de corrosividad atmosférica con los datos atmosféricos y ambientales como temperatura, humedad relativa, tiempo de humectación.

En la segunda parte se estudió si la salinidad marítima afecta la estructura del puente metálico peatonal, para ello se identificó el puente más cercano a la costa marina y mediante teorías ya establecidas se halla la relación salinidad marina y distancia del puente al mar

En la tercera parte se estudió si la preparación superficial y aplicación de recubrimiento anticorrosivo influye en la vida útil de los puentes peatonales.

2.5. Métodos de análisis de datos

El método de análisis de datos se obtendrá con información de las fichas de inspección, a continuación, se da un alcance explicativo.

Los datos meteorológicos como la temperatura, precipitaciones, humedad relativa (Senamhi), se analizará, y se hallará su relación en la corrosión, para ello se hará uso de hojas de cálculo, gráficos, libros, tesis.

2.6. Aspectos éticos

Este trabajo de investigación se realizará teniendo en cuenta los principios éticos como morales, además se considera el máximo respeto ante el derecho de cada autor de toda y cada fuente bibliográfica que ha sido de ayuda para realizar la estructura de este proyecto de investigación mediante citas bibliográficas.

III. RESULTADOS

3.1. Descripción de la zona de estudio

Este proyecto se realiza entre km 6+792 km - 20+372 de la Panamericana Norte de Lima.

3.2. Recopilación de información

Para la recopilación de información procedimos a solicitar información meteorológica al Senamhi, y con apoyo de tablas de cálculo se analizará los datos.

3.3. Análisis y Cálculos

Se procedió a analizar datos del clima mediante el método de clasificación medioambiental en términos de tiempo de humectación y contaminación atmosférica, con información meteorológica solicitada a la institución SENMAHI, la cual nos brindó los datos como: Temperatura (°) grados Celsius, Humedad relativa (%), los datos que se consideraron en el presente estudio son del año 2010 al 2018.

3.4. Calculo de la Categoría de corrosividad atmosférica

3.4.1. Determinación del Tiempo de humectación (TDH)

Temperatura media mensual $T > 0^{\circ}\text{C}$, humedad relativa media mensual $HR \geq 80\%$ se determinó el tiempo de humectación (TDH) como indica la norma ISO 9223

Tabla 8. Tiempo de humectación del año 2010

AÑO	MES	N° DE DÍAS	T (°C)	HR (%)	TDH (horas/día)	TDH (horas/mes)
			promedio diario			
2010	enero	31	21.49	84.79	24	744
2010	febrero	28	21.77	78.45		
2010	marzo	31	20.86	76.11		
2010	abril	30	19.63	79.17		
2010	mayo	31	16.15	92.89	24	744
2010	junio	30	15.16	85.08	24	720
2010	julio	31	13.71	81.73	24	744
2010	agosto	31	13.9	80.53	24	744
2010	setiembre	30	14.67	77.05		
2010	octubre	31	15.24	79.95		
2010	noviembre	30	16.74	78.51		
2010	diciembre	31	18.98	80.98	24	744
					HORAS /AÑO	4440

Fuente: Elaboración propia con datos adaptados de SENAMHI

Tabla 9. Tiempo de humectación del año 2011

AÑO	MES	N° DE DÍAS	T (°C)	HR (%)	TDH (horas/día)	TDH (horas/mes)
			promedio diario			
2011	enero	31	19.95	76.64		
2011	febrero	28	20.99	79.50		
2011	marzo	31	19.57	78.50		
2011	abril	30	16.26	81.42	24	720
2011	mayo	31	16.26	92.89	24	744
2011	junio	30	17.07	85.08	24	720
2011	julio	31	16.19	82.45	24	744
2011	agosto	31	14.41	85.13	24	744
2011	setiembre	30	15.47	82.48	24	720
2011	octubre	31	16.17	79.85		
2011	noviembre	30	18.32	83.45	24	720
2011	diciembre	31	20.55	83.40	24	744
HORAS /AÑO						5856

Fuente: Elaboración propia con datos adaptados de SENAMHI

Tabla 10. Tiempo de humectación del año 2012

AÑO	MES	N° DE DÍAS	T (°C)	HR (%)	TDH (horas/día)	TDH (horas/mes)
			promedio diario			
2012	enero	31	22.92	87.51	24	744
2012	febrero	29	23.97	85.18	24	696
2012	marzo	31	23.77	78.18		
2012	abril	30	22.85	85.55	24	720
2012	mayo	31	19.34	88.96	24	744
2012	junio	30	18.27	84.52	24	720
2012	julio	31	17.47	83.45	24	744
2012	agosto	31	17.07	78.03		
2012	setiembre	30	16.99	83.14	24	720
2012	octubre	31	17.46	79.59		
2012	noviembre	30	18.87	79.80		
2012	diciembre	31	21.16	78.88		
HORAS /AÑO						5088

Fuente: Elaboración propia con datos adaptados de SENAMHI

Tabla 11. Tiempo de humectación del año 2014

AÑO	MES	N° DE DÍAS	T (°C)	HR (%)	TDH	TDH
			promedio diario			
2013	enero	31	22.62	76.93		
2013	febrero	28	23.08	86.00	24	672
2013	marzo	31	22.94	77.86		
2013	abril	30	20.6	81.49	24	720
2013	mayo	31	17.5	84.51	24	744
2013	junio	30	16.58	84.15	24	720
2013	julio	31	15.6	84.91	24	744
2013	agosto	31	16.2	75.94		
2013	setiembre	30	17.5	83.61	24	720
2013	octubre	31	17.98	82.00	24	744
2013	noviembre	30	19.44	79.68		
2013	diciembre	31	21.8	76.24		
					HORAS /AÑO	5064

Fuente: Elaboración propia con datos adaptados de SENAMHI

Tabla 12. Tiempo de humectación del año 2014

AÑO	MES	N° DE DÍAS	T (°C)	HR (%)	TDH	TDH
			promedio diario			
2014	enero	31	23.8	85.87	24	744
2014	febrero	28	25.02	86.99	24	672
2014	marzo	31	24.6	78.00		
2014	abril	30	21.28	87.15	24	720
2014	mayo	31	19.07	88.18	24	744
2014	junio	30	19	80.84	24	720
2014	julio	31	16.35	82.18	24	744
2014	agosto	31	16.2	84.37	24	744
2014	setiembre	30	18.18	77.41		
2014	octubre	31	19.59	75.41		
2014	noviembre	30	21.27	77.74		
2014	diciembre	31	23	81.46	24	744
					HORAS /AÑO	5832

Fuente: Elaboración propia con datos adaptados de SENAMHI

Tabla 13. Tiempo de humectación del año 2015

AÑO	MES	N° DE DÍAS	T (°C)	HR (%)	TDH	TDH
			promedio diario			
2015	enero	31	22.47	82.9	24	744
2015	febrero	28	25.86	87.42	24	672
2015	marzo	31	25.08	83	24	744
2015	abril	30	22.61	83.86	24	720
2015	mayo	31	23.08	81.54	24	744
2015	junio	30	22.39	81.01	24	720
2015	julio	31	20.07	77.15		
2015	agosto	31	19.21	78.91		
2015	setiembre	30	20.68	77.18		
2015	octubre	31	21.63	75.10		
2015	noviembre	30	22.03	83.92	24	720
2015	diciembre	31	24.25	83.45	24	744
HORAS /AÑO						5808

Fuente: Elaboración propia con datos adaptados de SENAMHI

Tabla 14. Tiempo de humectación del año 2016

AÑO	MES	N° DE DÍAS	T (°C)	HR (%)	TDH	TDH
			promedio diario			
2016	enero	31	25.81	85.03	24	744
2016	febrero	29	27.06	86.14	24	696
2016	marzo	31	26.06	78.75		
2016	abril	30	23.4	92.51	24	720
2016	mayo	31	21.77	85.12	24	744
2016	junio	30	19.36	86.15	24	720
2016	julio	31	19.79	86.71	24	744
2016	agosto	31	18.94	84.51	24	744
2016	setiembre	30	19.65	79.85		
2016	octubre	31	20.55	71.91		
2016	noviembre	30	22.04	78.28		
2016	diciembre	31	24.97	82.12	24	744
HORAS /AÑO						5856

Fuente: Elaboración propia con datos adaptados de SENAMHI

Tabla 15. Tiempo de humectación del año 2017

AÑO	MES	N° DE DÍAS	T (°C)	HR (%)	TDH	TDH (horas/mes)
			promedio diario			
2017	enero	31	26.19	81.23	24	744
2017	febrero	28	25.64	82.79	24	672
2017	marzo	31	25.54	82.91	24	744
2017	abril	30	22.95	82.4	24	720
2017	mayo	31	21.41	85.12	24	744
2017	junio	30	19.38	84.5	24	720
2017	julio	31	16.8	79.5		
2017	agosto	31	17.61	78.92		
2017	setiembre	30	17.38	79.53		
2017	octubre	31	18.64	80.50	24	744
2017	noviembre	30	18.41	85.17	24	720
2017	diciembre	31	17.98	84.5	24	744
HORAS /AÑO						6552

Fuente: Elaboración propia con datos adaptados de SENAMHI

Tabla 16. Tiempo de humectación del año 2018

AÑO	MES	N° DE DÍAS	T (°C)	HR (%)	TDH	TDH (horas/mes)
			promedio diario			
2018	enero	31	26.58	81.6	24	744
2018	febrero	28	26.02	82.1	24	672
2018	marzo	31	25.92	82.7	24	744
2018	abril	30	23.29	85.00	24	720
2018	mayo	31	21.73	79.05		
2018	junio	30	19.67	80.1	24	720
2018	julio	31	17.05	79.8		
2018	agosto	31	17.87	84.8	24	744
2018	setiembre	30	17.64	85.5	24	720
2018	octubre	31	18.92	83.5	24	744
2018	noviembre	30	18.69	83.1	24	720
2018	diciembre	31	18.25	81.5	24	744
HORAS /AÑO						7272

Fuente: Elaboración propia con datos adaptados de SENAMHI

A modo de resumen, los datos de humedad relativa y temperatura expresados en términos de tiempo de humectación.

Tabla 17. Resumen de los tiempos de humectación 2010 - 2018

#	EJE X (AÑOS)	EJE Y (TDH)
1	2010	4440
2	2011	5856
3	2012	5088
4	2013	5064
5	2014	5832
6	2015	5808
7	2016	5856
8	2017	6552
9	2018	7272

TDH. Prom. **5752 horas**

Fuente: Elaboración propia con datos adaptados de SENAMHI

En la gráfica se observa el tiempo de humectación en los años 2010 hasta 2018

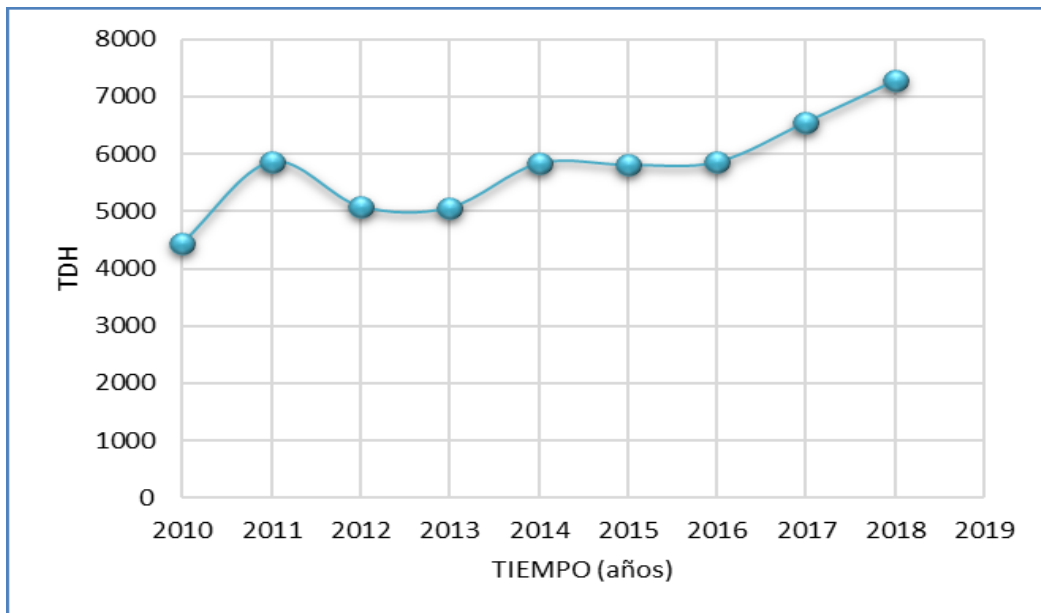


Figura 7: tiempo de humectación (TDH) en los años 2010 hasta 2018

Fuente. Elaboración propia con datos adaptados de SENAMHI

De acuerdo a la tabla 18 de tiempo de humectación, a ciudad de Lima corresponde en la actualidad una categoría T5 debido a que la humedad relativa promedio anual es superior a 80% (Senamhi) Con un TDH>5500

Tabla 18. *Asignación del Tiempo de humectación para Lima*

CATEGORÍA	TIEMPO DE HUMECTACIÓN (TDH)	
	(horas/año)	% Año
τ_1	$\tau \leq 10$	0.1
τ_2	$10 < \tau \leq 250$	0.1 - 30
τ_3	$250 < \tau \leq 500$	03 - 30
τ_4	$500 < \tau \leq 5500$	30 - 60
τ_5	$\tau > 5500$	>60

Fuente: Normas ISO 9223

3.4.2. Clasificación de las categorías de contaminación

Las categorías que se toman para la contaminación están definidas por SO₂ y aerosoles de agua de mar según la norma ISO 1992^a. Estos contaminantes son típicos de atmósferas rurales, urbanas, industriales y marinas. En la tabla 19 se muestra la clasificación de la contaminación

Para clasificar la contaminación por pulverización o aerosoles salinos se recurre a la tabla 21 donde se evalúa el nivel de NaCl, tiene que ver con atmósferas de ambientes marinos; la geografía y condiciones climáticas pueden tener un efecto en las zonas afectadas por la salinidad tierra adentro (Martínez Martínez, 2015, p. 21).

De acuerdo a la Tabla de a continuación, se evalúa la Agresividad de los factores ambientales, donde a Lima le corresponde una asignación de una atmósfera Urbana moderada.

Tabla 19. *Parámetros para clasificar la agresión del medio ambiente*

AGRESIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	MACROCLIMA	MICROCLIMA
Ligera	Atmosfera rural	Humedad relativa $\leq 60\%$ inferiores secos
Moderada	Atmosfera urbana	Humedad relativa de 60 a 98% humedecimiento y secado
Severa	Atmosfera marina o industrial	Humedad relativa de 60 a 98% congelamiento y deshielo
Muy severa	Polos industriales	zonas húmedas o industriales y altos agentes agresivos

Fuente: Normas ACI.

La norma ISO 9223 en referencia para una atmosfera urbana con una concentración de dióxido de azufre moderado asigna una categoría de P1.

Tabla 20. *Contenido de dióxido de azufre*

Categoría	Velocidad de deposición SO ₂ (mg/m ² .dia)	Concentración SO ₂ (mg/m ³)	agresión del medio ambiente
P ₀	< 10	< 0.012	Ligera
P ₁	>10 - 35	0.012 - 0.040	Moderada
P ₂	>35 - 80	0.040 - 0.090	Severa
P ₃	> 80 - 200	0.090 - 0.250	Muy severa

Fuente: Normas ISO 9223

Observaciones

- v. Las cantidades de SO₂ determinadas por deposición o volumétrica son equivalentes a efectos de clasificación
- vi. Las velocidades de deposición de SO₂ y la concentración representan un promedio anual
- vii. Cualquier concentración inferior a P₀ Se considera no importante desde el punto de vista de la corrosión
- viii. Una contaminación por encima de P₃ se considera extrema.

La norma ISO 9223 en referencia para una atmosfera urbana con un contenido de cloruros moderado asigna una categoría de S1

Tabla 21. *Contenido de cloruros*

CATEGORÍA	CONTENIDO DE CLORUROS (mg/m ² . d)	AGRESIÓN DEL MEDIO AMBIENTE
S ₀	$S \leq 5$	Ligera
S ₁	$5 < S \leq 100$	Moderada
S ₂	$100 < S \leq 500$	Severa
S ₃	$500 < S \leq 1500$	Muy severa

Fuente: Normas ISO 9223

Observaciones

- iv. La concentración de NaCl esta expresada como promedio anual
- v. Cualquier concentración inferior a S₀ Se considera no importante para el ataque corrosivo ($S \leq 5$)
- vi. Grados de contaminación por encima de S₃ se considera extrema

Resumiendo, los datos obtenidos

Tabla 22. *Resumen de datos en términos de tiempo de humectación y ambiental*

Tiempo de humectación	categoría T5 con un valor TDH>5500
Concentración de dióxido de azufre (µg/m³)	P1 Moderado, $10 < P \leq 35$
Contenido de cloruros (mg/m². d)	S1 moderado $5 < S \leq 100$

Fuente: elaboración propia

Con los datos obtenidos se lleva a la tabla 23 y se determina la categoría de Corrosividad, según normas ISO 9223

3.4.3. Categoría de corrosividad atmosférica, según norma ISO 9223

La determinación de la categoría de corrosividad atmósfera, según norma ISO 9223, se realiza tomando en cuenta los factores meteorológicos y de contaminación atmosférica.

Corrosividad atmosférica según los factores meteorológicos y de contaminación según normas ISO 9223

Tabla 23. Corrosividad atmosférica según los factores meteorológicos y de contaminación

	τ_1			τ_2			τ_3			τ_4			τ_5		
	S_0 ó S_1	S_2	S_3	S_0 ó S_1	S_2	S_3	S_0 ó S_1	S_2	S_3	S_0 ó S_1	S_2	S_3	S_0 ó S_1	S_2	S_3
P_0 ó P_1	C_1	C_1	C_1 ó C_2	C_1	C_2	C_3 ó C_4	C_2 ó C_3	C_3 ó C_4	C_4	C_3	C_4	C_5	C_3 ó C_4	C_5	C_5
P_2	C_1	C_1	C_1 ó C_2	C_1 ó C_2	C_2 ó C_3	C_3 ó C_4	C_3 ó C_4	C_3 ó C_4	C_4 ó C_5	C_4	C_4	C_5	C_4 ó C_5	C_5	C_5
P_3	C_1 ó C_2	C_1 ó C_2	C_2	C_2	C_3	C_4	C_4	C_4 ó C_5	C_5	C_5	C_5	C_2	C_5	C_5	C_5

Fuente: según normas ISO 9223

Tabla 24. categoría de corrosividad atmosférica

CATEGORÍA DE CORROSIVIDAD	CORROSIVIDAD	PERIDIDA DE MASA $g/m^2 \cdot año$
C_1	MUY BAJA	10
C_2	BAJA	10 - 200
C_3	MEDIA	200 - 400
C_4	ALTA	400 - 650
C_5	MUY ALTA	650 - 1500

Debido a la influencia determinante de la humedad relativa se obtiene como resultado una categoría **MEDIA – ALTA**, lo que demanda estudiar los mecanismos de protección de la estructura metálica para que esta no se vea afectada por la erosión atmosférica

Fuente: según normas ISO 9223

3.5. Puentes peatonales

3.5.1. Efecto de la distancia a la costa

En las atmósferas marinas, el factor que acelera el proceso de corrosión metálica es el depósito de partículas de salinidad sobre la superficie de los metales. Sin embargo es muy limitada la información cuantitativa sobre el efecto de la salinidad de la atmosfera en la corrosión metálica. En este trabajo analizamos la relación que existe entre la corrosión metálica y la salinidad atmosférica. Para ello usamos una relación lineal ($r = 0,97$) con un intervalo de salinidades comprendido entre (4-500 mg Cl-/m²d), donde se ha podido observar que la relación existente entre salinidad y distancia a la costa presenta un decrecimiento exponencial a medida que aumenta la distancia costera, tendiendo hacia un valor asintótico es decir despreciable (B. Chico, y otros, 1998, p. 01).

En la figura 8 se aprecia los puentes peatonales comprendidos en el km 6+792 km - 20+372



Figura 8: Plano de ubicación

Fuente: Google earth

En la tabla 26 se muestra la distancia de los puentes hasta el mar, el puente ubicado a la altura de la Universidad Cesar Vallejo posee una distancia de 7.15 km respecto del mar.

Tabla 25. Distancia al mar de los puentes peatonales entre km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte

N°	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	DISTANCIA MARÍTIMA (KM)
1	KM 20+372	Puente peatonal - Cesar Vallejo	7.15
2	KM 13+637	Puente peatonal - Celina	8.62
3	KM 13+067	Puente peatonal Segunda de Palao	8.6
4	KM 12+584	Puente peatonal Grifo Palao	8.39
5	KM 12+237	Puente peatonal Cayetano Heredia	8.07
6	KM 11+552	Puente peatonal Municipalidad de san Martín de Porres	7.69
7	KM 9+741	Puente peatonal Huascarán	7.59
8	KM 9+538	Puente peatonal Castilla	7.64
9	KM 9+272	Puente peatonal IPD	7.84
10		Puente peatonal Rayitos del Sol	7.68
11	KM 6+792	Puente peatonal Setame	8.41

Fuente: elaboración propia

3.5.2. Salinidad ambiental

Las fuentes que originan la presencia de sales en la atmósfera es el agua de mar, además estudios han demostrado una relación existente entre la salinidad y corrosión metálica. (B. Chico, y otros, 1998, p. 5).

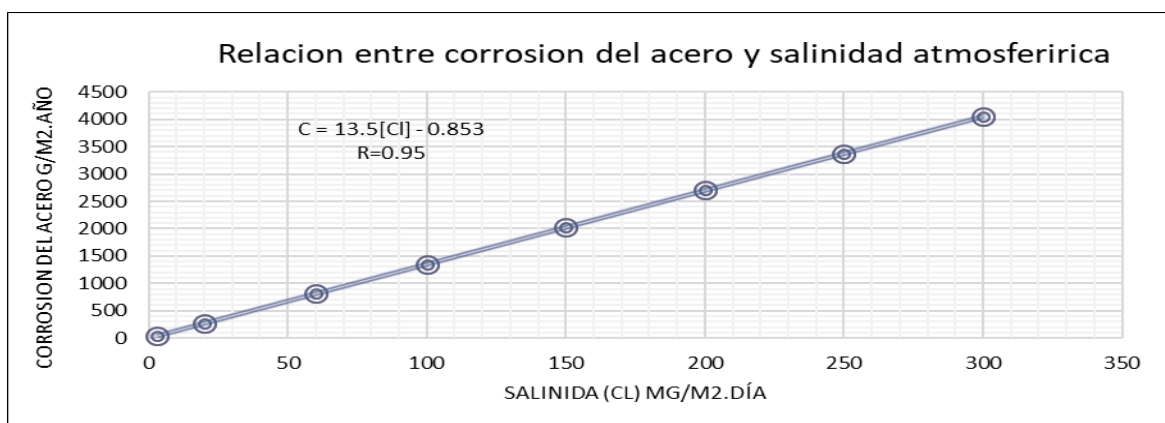


Figura 9; Relación entre corrosión del acero y salinidad marítima

Fuente: B. Chico, R. Otero, L. Mariaca y M. Morcillo

En una investigación realizada por la Universidad Politécnica de Madrid, 2018 sobre Corrosión atmosférica marina de aceros al carbono, se estudia la relación de la salinidad marítima y la distancia a la costa, pudiéndose apreciar que existe un decrecimiento de carácter exponencial de salinidad si es que aumenta la distancia a la costa, tendiendo hacia un valor asintótico es decir es decir que tiene la tendencia ser cero.

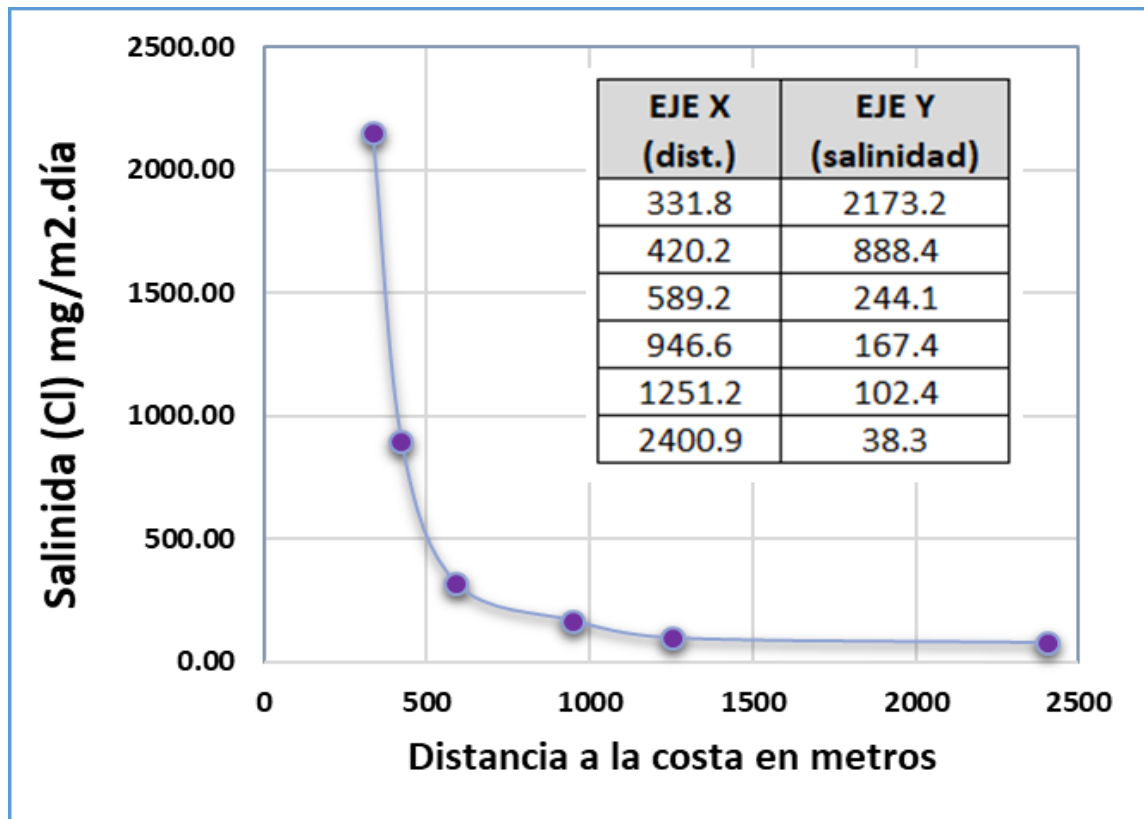


Figura 10: Relación entre salinidad marítima – distancia

Fuente: Universidad Politécnica de Madrid

Relación entre salinidad marítima – distancia

En la gráfica se aprecia que a partir del tercer punto la relación salinidad y distancia marítima se puede determinar una relación matemática para poder llevar a una distancia mayor deseada.

Partiendo de la relación entre salinidad marítima y la distancia, hallamos una ecuación que describe el comportamiento de la gráfica para poder llevar a una distancia mayor deseada, quedando de la siguiente manera.

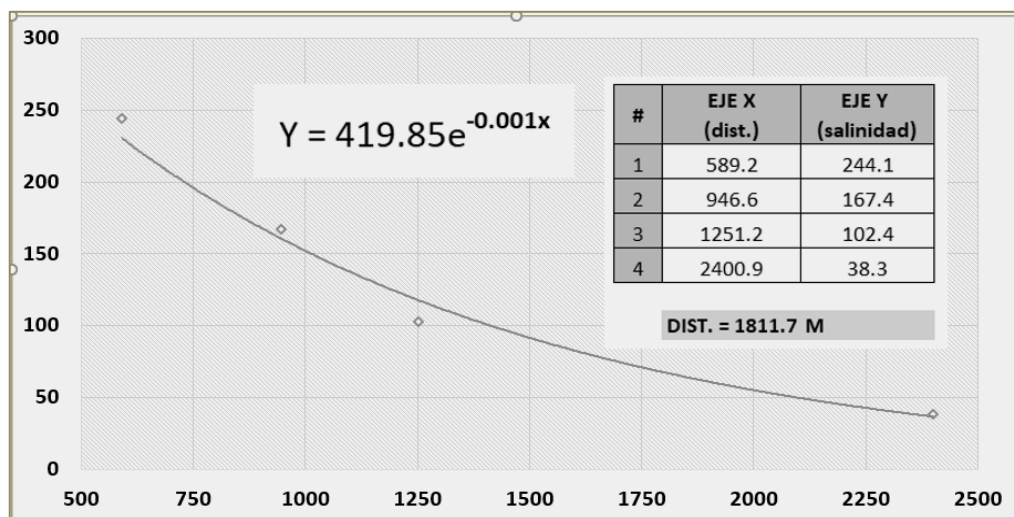


Figura 11: Relación entre salinidad marítima – distancia

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Relación entre salinidad marítima – distancia

EJE X (distancia.)	EJE Y (salinidad) Salinidad (Cl) mg/m2.día
500	254.65
1000	154.45
2000	56.82
3000	20.90
4000	7.69
4250	5.99
4430	5.00
4500	4.66
5000	2.83
6000	1.04
7000	0.38
7150	0.33

Fuente: Elaboración propia

Cualquier concentración inferior a S_0 Se considera no importante para el ataque corrosivo ($S \leq 5$) según Normas ISO 9223, y el puente más cercano se encuentra a una distancia de

7150m (7.15km) donde se aprecia que no tiene efecto la salinidad marítima por encontrarse en un valor de salinidad menor a 5 mg/m².día

3.6. Estructura metálica

3.6.1. Tratamiento superficial

Es un proceso necesario para garantizar la aplicación de los recubrimientos en un metal, ya que es ahí donde se extrae todos los contaminantes que eviten que el recubrimiento pueda adherirse en la superficie del sustrato.

Los tratamientos superficiales considerados en este trabajo son el arenado y granallado, de acuerdo con la especificación sspc-sp-5 limpieza con Chorro Abrasivo al Metal Blanco que es el grado más alto de limpieza, utiliza cualquier tipo de abrasivo proyectado a presión para limpiar la superficie para eliminar grasas, aceites, suciedad, polvo, óxido, pintura y cualquier material incrustante.

3.6.2. Abrasivos usados en la limpieza de superficie metálica

El arenado. Impacto de arena a una velocidad alta en la superficie de contacto, se elimina óxido o pintura preexistente, el arenado se aplica en cualquier superficie de metal, sea esta plana o curva, dejando el material listo para posteriores procesos, la arena debe ser lavada con 0% de contenido de sales, su composición en un 100% de sílice libre, partículas < 2mm.



Figura 12: abrasivo usado en el arenado

Fuente: taller de granallado Azoler

El granallado. técnica para el tratamiento superficial por impacto, con el cual es posible lograr un óptimo grado de limpieza y a la vez un correcto acabado superficial donde serán aplicados revestimientos posteriores. La Granalla metálica está conformado por aleaciones de hierro y zinc con 0% de sales.



Figura 13: abrasivo usado en el granallado

Fuente: taller de granallado Azoler

3.6.3. Realización de tratamiento superficial mediante prototipo arena y granalla

Se realizó los siguientes ensayos a los prototipos, medida de perfil, toma de tiempo de realización de limpieza superficial y prueba de polvo.

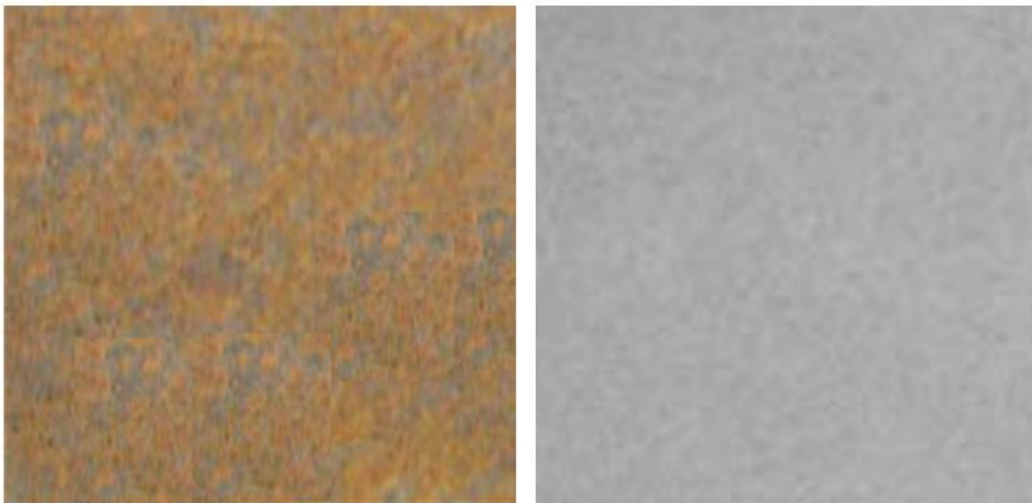


Figura 14: Tratamiento superficial, vista desde un antes y después

Fuente: taller de granallado Azoler

Tabla 27. Resultados del Arenado

ABRASIVO	ARENA		
	PROTOTIPO	N° 01	N° 02
TIEMPO	5 min	6 min	5.5 min
PERFIL	2.3	2.4	2.4

Fuente: elaboración propia

Tabla 28. Resultados del Granallado

ABRASIVO	GRANALLA		
	PROTOTIPO	N° 01	N° 02
TIEMPO	3 min	2.9 min	3 min
PERFIL	3	2.9	2.8

Fuente: elaboración propia

3.6.4. Medición de Perfil de anclaje de los tipos de abrasivos

El perfil de rugosidad o también llamado perfil de anclaje es la medición las asperezas de la superficie que ha sido limpiada mediante chorro abrasivo, para ello se considera la distancia perpendicular máxima que existe entre la sucesión de picos y valles que se producen en la superficie de acero por efecto del chorro abrasivo, expresado en mils o micrones.

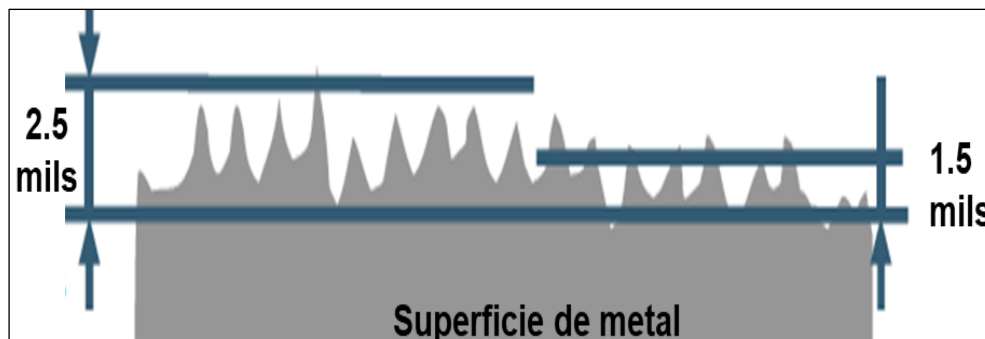


Figura 15: Perfil de anclaje

Fuente: Interpaints

Se usó la Cinta de réplica adherida a la superficie es una cinta especial que contiene de un lado una espuma comprimible y del otro una película de plástico uniforme no comprimible.



Figura 16: Cinta de réplica adherida a la superficie

Fuente: taller de granallado Azoler

Luego de ser adherida a la superficie cinta de réplica se utilizó el medidor de perfil de anclaje para caracterizar la superficie. En cada lugar se hizo tres lecturas para tener un promedio determinar con ello el perfil de la superficie.



Figura 17: Medidor de Perfil de Anclaje

Fuente: taller de granallado Azoler

Evaluación de la preparación superficial del sustrato metálico con ambos métodos de limpieza superficial

Tabla 29. *Análisis de la preparación superficial*

Tipo de limpieza superficial	Costos (S./m ²)	Obtención	Reutilización	Tratamientos previos	Contaminación
arena	S/11.99	Es el abrasivo de origen natural de más amplia disponibilidad.	Solo dos veces a lo mucho	Debe ser sometido a análisis debido a los contaminantes que arrastra de su lugar de origen (sales).	Debido a su composición, al partirse finamente la sílice libre que es una de las causas irreversibles que se denomina silicosis, lo que hace extremar los requerimientos de seguridad.
granalla	S/15.50	Se obtienen a través de un proceso tecnológico y composiciones químicas controladas.	300-1000 veces dependiendo del desgaste del grano.	Será sometido a pruebas o análisis después de haber sido utilizado.	Al ser partículas de acero no provocan ningún problema de contaminación cuando se trabaja con acero. Por su gran peso genera poco polvo.

Fuente: Elaboración propia

3.6.5. Flujo del Proceso de Tratamiento Superficial

El Tratamiento superficial de la estructura metálica resumido en un Flujo del Proceso indicando las actividades que se realizan desde un inicio hasta obtener una limpieza deseada de la superficie metálica previa a un acabado posterior.

Flujo del Proceso de Tratamiento Superficial

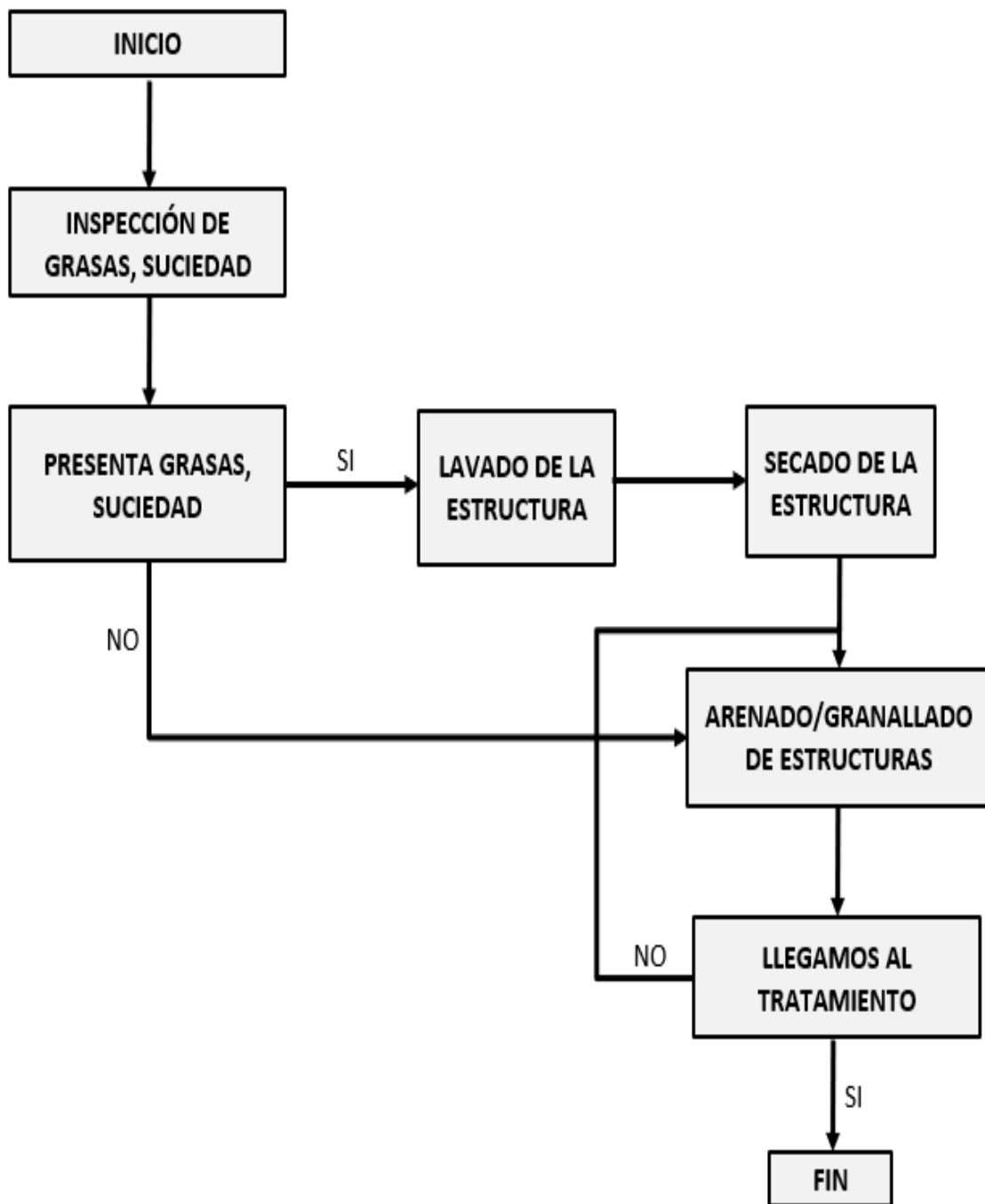


Figura 18: Flujo del Proceso de Tratamiento Superficial

Fuente: Elaboración propia

IV. DISCUSIÓN

DISCUSIÓN N°01

Según (Guerra Carvallo, 2014), en su trabajo de investigación "*Estudio de la corrosión atmosférica sobre dos tipos de acero de bajo carbono en instalaciones industriales petroleras cercanas al mar en el Nor-oeste del Perú*". Tiene como objetivos determinar la categoría corrosividad atmosférica para dos tipos de acero AISI/SAE 1020 y ASTM A 36, obtuvo resultados de corrosión atmosférica C2 categoría baja, C3 categoría media y C4 categoría alta, concluyendo que la corrosión atmosférica, es originada por la acción del oxígeno atmosférico y con la influencia por la humedad, salinidad y por la capacidad del viento para transportar la brisa del mar.

En la presente investigación se obtuvo una categoría de corrosividad atmosférica C3 "categoría media" y C4 "categoría alta", Por lo que analizamos los resultados obtenidos son similares a los obtenidos por Guerra Carvallo; lo que concluye que la corrosión atmosférica es causada por la influenciado por la humedad relativa que es superior a 80%, lo que reafirma que la acción erosiva influye en los puentes peatonales entre km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte – Lima, por ser estructuras metálicas expuestas al medio ambiente.

Según (Oyola Sánchez, 2007) en su trabajo de investigación "*corrosión en metales expuestos a la atmósfera en la zona industrial de la ciudad de Talara*", su objetivo fue determinar la categoría corrosividad atmosférica, Obteniendo resultados de corrosión atmosférica categoría de corrosión atmosférica C3 "categoría media" y C4 "categoría alta", finalmente el autor recomienda que para evaluaciones futuras de corrosividad atmosférica en metales, contar con estaciones meteorológicas propias del proyecto, y así no se tiene que depender de equipos o información, que podrían fallar en el transcurso del proyecto.

En la presente investigación se obtuvo una categoría de corrosividad atmosférica C3 "categoría media" y C4 "categoría alta", Por lo que analizamos los resultados obtenidos son similares a los obtenidos por Oyola Sanchez; lo que concluye que la corrosión atmosférica es causada por la influenciado por la humedad relativa que es superior a 80% con un tiempo de humectación mayor a 5500, lo que significa que más del 60% de horas anuales posee una humedad relativa mayor a 80%, esta situación demanda estudiar los mecanismos de protección de la estructura metálica para que esta no se vea afectada por el medio ambiente corrosivo.

DISCUSIÓN N°02

Además (UNIVERSIDAD Politécnica de Madrid, 2018) en su investigación “*Corrosión atmosférica marina de aceros al carbono*” – España. Estudio la corrosión atmosférica en regiones costeras, relaciona la salinidad marítima y la distancia al mar, en sus resultados encontrando que existe un decrecimiento exponencial de la salinidad a medida que aumenta la distancia a la costa, tendiendo hacia un valor asintótico es decir que existe una tendencia a un valor próximo a cero.

En la presente investigación se estudió el efecto de la salinidad marítima del puente peatonal más próximo al mar, Puente peatonal - Cesar Vallejo km 20+372, con un acercamiento de 7.15 km, donde se estudió mediante una expresión exponencial la relaciona entre la salinidad marítima - distancia al mar, ya que la salinidad es un elemento corrosivo y la corrosión afectando enormemente la durabilidad de las infraestructuras de acero, se obtuvo valor de salinidad menor a 5 mg/m².día, lo que concluye que la estructura metálica del puente peatonal no es afectada por la salinidad marítimo debido a que se encuentra fuera de un rango corrosivo de salinidad mayor a 5 mg/m².

Por su parte la norma ISO 9223 referente a la salinidad, indica que cualquier concentración inferior a 5 mg/m².día se considera no importante para el ataque corrosivo, dado que la salinidad marina tiene una relación lineal con la corrosión.

En la presente investigación se estudió el efecto de la salinidad marítima del puente peatonal más próximo al mar, Puente peatonal - Cesar Vallejo km 20+372, con una distancia de 7.15 km del mar, donde se obtuvo un valor de salinidad 0.33 mg/m².día, valor no influyente en el proceso de la corrosión

DISCUSIÓN N°03

La corporación (CYM Materiales SA, 2017), en un trabajo sobre “*Estudio comparativo de costo, rendimiento entre Granalla de Acero y Arenado*” donde ve la importancia del costo para la preparación superficial del metal antes de la aplicación del recubrimiento anticorrosivo, haciendo uso de Granalla de Acero y Arenado dentro de recintos cerrados, llegó a determinar que el costo promedio de consumo de arena por m² es mayor respecto a la utilización de granalla de acero, destacando que las rugosidades obtenidas son uniformes en el caso de la granalla de acero y con variaciones en el caso de la arena. Concluyen que

el uso de la granalla de acero es ventajoso respecto de la arena destacando una mayor productividad, menor costo por m², mejor calidad en cuanto a rugosidad, menor contaminación ambiental, menor generación de residuos y polvos.

En la presente investigación se estudió la preparación superficial mediante el arenado y granallado, donde, se encontró que los perfiles más bajos fueron obtenidos con el método de arenado, la norma peruana de recubrimientos anticorrosivos del MTC indica un perfil de rugosidad debe estar comprendido entre 1.5 – 2.5 mils, adicionalmente se manifiesta tener cuidado en el tiempo de sometimiento de los abrasivos durante la limpieza superficial ya que estos pueden afectar el perfil de rugosidad deseado aumentándolo y haciendo que se use mayor cantidad de recubrimiento y evitando una adecuada adherencia entre metal y pintura, dejando espacios vacíos que conllevan a una corrosión en el metal y así influir en la vida útil de la estructura. Se concluye que la preparación superficial es muy determinante es la vida útil de la estructura ya que un perfil de rugosidad mayor a lo esperado impacta profundamente en la adherencia de la pintura y metal dejando a la estructura expuesta.

V. CONCLUSIONES

Conclusión 1

La corrosión atmosférica calculada que dieron como resultados una categoría de corrosividad C3 “categoría media” y C4 “categoría alta” influyen en las estructuras metálicas expuestas de los puentes peatonales, además los resultados obtenidos son debido a humedad relativa superior a 80%, lo que demanda conocer los mecanismos de protección de la estructura metálica para que esta no se vea afectada por la erosión atmosférica, dado que una estructura metálica de un puente peatonal entre km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019 está expuesto a la intemperie de un ambiente atmosférico corrosivo de categoría media y alta.

Conclusión 2

La relación de la salinidad marítima y la distancia al mar son factores influyentes en una estructura metálica de un puente peatonal, además estudios realizados vinculan que existe una relación matemática lineal, entre la salinidad marina y el proceso de corrosión en el metal, es por ello que se debe considerar los efectos que pueda tener la salinidad marina hacia una estructura metálica considerando la distancia de acercamiento a la costa, ya que podría afectar enormemente a la durabilidad y la vida útil de una estructura.

Conclusión 3

La superficie del metal antes de la aplicación del recubrimiento anticorrosivo tiene un proceso de tratamiento superficial que tiene un efecto significativo en la vida útil del metal, pues es ahí donde se da la adherencia metal – pintura; además en el proceso de tratamiento superficial se da la rugosidad que también se le conoce como perfil de anclaje, factor que se puede medir, la norma peruana recomienda un perfil comprendido entre 1.5 a 2.5 mils, concluyendo que al no existir una adherencia en la pintura con el metal, la pintura se puede desprender de la superficie en contacto, dejando a la estructura expuesta al medio ambiente.

VI. RECOMENDACIONES

Recomendación 1

A partir de la categorización de la corrosión atmosférica, recomendamos que se debería estudiar más los mecanismos de protección de las estructuras, ya que son las condiciones climáticas del medio ambiente las que influyen considerablemente en la vida útil de un puente peatonal e incrementando gastos en reparaciones de daños producidos en la estructura metálica.

Recomendación 2

Es importante conocer la relación de la salinidad marítima y la distancia al mar de una estructura metálica al momento de diseñar un proyecto para evitar la corrosión por efecto de la salinidad marítima existente en la atmosfera del lugar, además es importante tener un plan de mantenimiento para las estructuras metálica cercana a la costa, las partículas de salinidad marina que son llevadas por los vientos caen en la superficie del metal y causan efectos de corrosión.

Recomendación 3

Tener cuidado en el tiempo de sometimiento de los abrasivos durante la limpieza superficial ya que estos pueden afectar el perfil de rugosidad deseado aumentándolo y haciendo que se use mayor cantidad de recubrimiento o evitando que existe una adecuada adherencia con la pintura, además se recomienda seguir la especificación SSPC-SP-5 limpieza con Chorro Abrasivo al Metal Blanco que es el grado más alto de limpieza, para eliminar grasas, aceites, suciedad, polvo, oxido, pintura y cualquier material incrustante.

REFERENCIAS

- ALCÁNTARA, Jenifer y DE LA FUENTE, Daniel. 2017.** *Marine Atmospheric Corrosion of Carbon Steel: A Review*. Madrid : Yong-Cheng Lin, 2017. Vol. 10.
- ALIPIO Chumu, Anny Marilín y BARBOSA Flores, Luis Ivan . 2017.** *Categorías de corrosividad de la ciudad de Trujillo Perú 2015/2016, para el acero de bajo carbono y zinc electrolítico*. Trujillo : s.n., 2017.
- B. Chico, y otros. 1998.** *La corrosión en atmósferas marinas. Efecto de la distancia a la costa*. 1998.
- Borja Suárez, Manuel. 2012.** *Metodología de la Investigación Científica para ingenieros*. Chiclayo : s.n., 2012.
- BROOKS, J. 1950.** *Climate in everyday life*. Londres : Dent, 1950.
- CARPIO Utrilla, César Jorge. 2005.** Las estructuras metálicas, El Arquitecto y la supervisión. *administración para el diseño*. Mexico : Universidad Autónoma Metropolitana, 2005, págs. 42-54.
- CASTAÑEDA, Abel, y otros. 2015.** *Estudio de la corrosión atmosférica en una zona estratégica de Cuba*. Cuba : s.n., 2015.
- CEGARRA Sánchez, José. 2014.** *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Barcelona : Diaz Santos, 2014. ISBN 8479786248.
- CYM Materiales SA. 2017.** *Estudio comparativo de costo - rendimiento entre Granalla de Acero y Arenado*. Argentina : s.n., 2017.
- Escuela Politecnica de Ecuador. 2008.** *corrosion y degradacion de los materiales*. Ecuador : Escuela Politecnica de Ecuador, 2008.
- GARCÉS Rodríguez, Roberto Carlos. 2002.** *evaluación de la corrosión atmosférica del acero expuesto en diversas atmosferas*. Mexico : Universidad Autonoma de Nuevo León, 2002.
- GUERRA Carvallo, Claver Hugo. 2014.** *Estudio de la corrosión atmosférica sobre dos tipos de acero de bajo carbono en instalaciones industriales petroleras cercanas al mar en el Nor Oeste del Perú*. Lima : s.n., 2014.

HEINEN & Hopman. 2016. *Factors affecting corrosion rate.* [En línea] 06 de junio de 2016. <https://heinenhopman.com/en/about-us/blogs/20160621-professionalism--factors-that-influence-corrosion/>.

HERNANDEZ Sampieri, Roberto, FERNÁNDEZ Collado, Carlos y BATISTA Lucio, Pilar. 2014. *Metodología de la investigación.* México : MC Graw Hill, 2014.

HERNÁNDEZ, E. 2006. *Metodología de la Investigación: Cómo escribir una tesis.* s.l. : Escuela Nacional de Salud Pública, 2006.

MARRERO Águila, Rigoberto, y otros. 2013. *Ensayos de corrosión naturales y acelerados en sistemas de pinturas aplicados sobre acero.* [online] Habana : s.n., 2013. Vol. 33. ISBN: 2224-6185.

MARTÍNEZ Martínez, Luis Alberto. 2015. *Evaluación de la influencia del so₂ como agente corrosivo en estructuras de concreto.* Mexico : s.n., 2015.

MILANO, Yelitza y JIMÉNEZ, Humberto José. 2017. *Corrosión acelerada en medio salino y adherencia de sistemas de pinturas depositadas sobre acero.* Venezuela : Mundo Fesc, 2017. ISSN 2216-0388.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2013. *Especificaciones técnicas de recubrimientos para estructuras.* Lima : MTC, 2013.

MOHAMED Basheer, Bava. 2016. Corrosion protection of structural steel. [En línea] 31 de 08 de 2016. <https://bsbgroup.com/blog/a-guide-to-the-corrosion-protection-of-structural-steel-2/>.

MORCILLO, M, de la Fuente, D y Diaz, I. 2011. *atmospheric corrosion of mild steel.* Madrid : s.n., 2011. pág. 426. Vol. 5. ISSN: 00348570.

NATIONAL Physical Laboratory. 2000. *Surface Preparation for Coating.* Reino Unido : The NCS, 2000.

OBLITAS Loayza, Felipe Fabricio. 2018. *Innovación en la preparación de superficie de estructuras metálicas mediante la técnica de granallado, para optimizar el proceso de limpieza.* Arequipa : s.n., 2018.

OCHOA, Carlos. 2015. Muestreo no probabilístico: muestreo por conveniencia. [En línea] 29 de Mayo de 2015.

<https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/muestreo-por-conveniencia>.

OYOLA Sánchez, Flanklin Uber. 2007. *Corrosión en metales expuestos a la atmósfera en la zona industrial de la ciudad de Talara*. Piura : Universidad de Piura, 2007.

PANCORBO Floristán, Francisco J. 2011. *Corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación*. barcelona España : Marcombo S.A, 2011.

QUEROL Marti, Marc. 2011. *estudio comparativo de la normativa existente para la evaluación del grado y velocidad de corrosión en aceros para la construcción*. España : Universidad Politecnica de Catalunya, 2011.

RAMÉREZ León, Carlos Alberto y LEÓN Arce, Cristian Andrés. 2017. *Puesta a punto de la cámara salina y equipo de desgaste por abrasión según normas técnicas astm b117 y astm g-65*. Bogotá - Colombia : s.n., 2017.

SYED, Sabir. 2006. *Atmospheric corrosion of materials*. *Emirates Journal for Engineering Research*. Saudi Arabia : s.n., 2006. Vol. 11.

TANG, Isabel Diaz. 2016. *Corrosion: Inexorabilidad versus durabilidad*. 2016.

TEJERO Rivas, María Candelaria, y otros. 2014. *Corrosividad atmosférica del cobre y del acero en dos localidades de Villahermosa, Tabasco*. México : Universidad Nacional Autónoma de México, 2014.

UNIVERSIDAD Católica de Valparaíso. 2017. *Métodos y Técnicas de Investigación*. [En línea] 2017.

http://biblioteca.ucv.cl/site/servicios/metodos_tecnicas_investigacion.php.

UNIVERSIDAD Nacional del Santa. 2012. *efecto de la corrosión atmosférica sobre la corrosión de materiales ferrosos (aceros) de SIDER PERU, modelo matemático*. Chimbote Perú : Universidad Nacional del Santa, 2012.

UNIVERSIDAD Politécnica de Madrid. 2018. *Corrosion atmosférica marina de aceros al carbono*. [En línea] 31 de Octubre de 2018.

<https://www.youtube.com/watch?v=VBDn1bacwkY&list=LLIEgPX3-KJG9vYcZV3dWiMA&index=7&t=2498s>.

VALDÉZ Salas, Benjamín y SCHORR Wiener, Michael. 2013. *Corrosión y preservación de la infraestructura industrial*. España : OmniaScience, 2013. 9788494023477.

VALLEJO Figueroa, Julio Cesar. 2006. *Conocimiento y prevencion de la corrosión*. San Carlos Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala - Facultad de Ingeniería - Escuela de Ingeniería Mecánica, 2006.

ZAKI, Ahmad. 2006. *Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control*. Arabia : Elsevier, 2006. ISBN: 9780750659246.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: Acción erosiva del medio ambiente en estructuras metálicas de puentes peatonales entre Acción erosiva del medio ambiente en estructuras metálicas de puentes peatonales entre km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019

AUTOR: NELSER, PÉREZ ALEJANDRÍA

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA		OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	
PROBLEMA GENERAL:		OBJETIVO GENERAL:	HIPÓTESIS GENERAL:	VARIABLE X1:	ACCIÓN EROSIVA DEL MEDIO AMBIENTE
¿Cómo influye la acción erosiva del medio ambiente en las estructuras metálicas de los puentes peatonales entre km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019?	Determinar si la acción erosiva del medio ambiente influye en las estructuras metálicas de los puentes peatonales entre km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019	La acción erosiva del medio ambiente influye en las estructuras metálicas de los puentes peatonales entre km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019	Factores atmosféricos	INDICADORES	
				Temperatura	
			Factores ambientales	Humedad relativa	
				Tiempo de humectación	
			Dióxido de azufre (SO ₂)		
			Cloruro de sodio (NaCl)		
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	VARIABLE Y1: ESTRUCTURA METÁLICA DE PUENTES PEATONALES		
¿Qué efecto tiene la acción erosiva del medio ambiente en los puentes peatonales entre km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019?	Determinar si la acción erosiva del medio ambiente influye a los puentes peatonales entre km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019	La acción erosiva del medio ambiente tiene un efecto significativo en los puentes peatonales entre km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019	Preparación superficial en la estructura metálica	Limpieza superficial	
				Métodos de limpieza superficial	
				Rugosidad	
¿De que manera la estructura metálica de un puente peatonal se ve afectada por la salinidad marítima entre el km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019?	Determinar si la estructura metálica de un puente peatonal se ve afectada por la salinidad marítima entre el km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019	La estructura metálica de un puente peatonal se ve afectada por la salinidad marítima entre el km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019	Puentes peatonales metálicos	Ubicación geográfica	
				Distancia a la costa marina	
				Relación salinidad - distancia al mar	
¿De que manera la preparación superficial y aplicación de recubrimiento anticorrosivo influye en la vida útil de los puentes peatonales entre el km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019?	Determinar si la preparación superficial y aplicación de recubrimiento anticorrosivo influye en la vida útil de los puentes peatonales entre el km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019	La preparación superficial y aplicación de recubrimiento anticorrosivo influye en la vida útil de los puentes peatonales entre el km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima – 2019	Recubrimiento anticorrosivo	Tipo de recubrimiento anticorrosivo	
				Aplicación de Recubrimiento anticorrosivo	
				Espesor de recubrimiento anticorrosivo	

ANEXO 2: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
V.D VARIABLE. XI: ACCIÓN EROSIVA DEL MEDIO AMBIENTE	En ambientes como Lima y Callao con altas humedades relativas, cuyo rango de variación se encuentra entre 83 - 92% durante el año, sumado a la creciente contaminación ambiental y el avance de la civilización generan las condiciones ideales para la corrosión de los metales (Pizarro Cabrera y Anaya Pajuelo, 1999, pág. 03)	Se analiza los datos meteorológicos, temperatura, humedad relativa, tiempo de humectación para determinar categorización de corrosividad atmosférica, usando hojas de calculo, gráficos, tablas etc.; finalmente se analiza la influye en la preparación superficial y aplicación de recubrimiento anticorrosivo en la vida útil de los puentes peatonales	Factores atmosféricos	Temperatura Humedad relativa Tiempo de humectación Dióxido de azufre (SO2) Cloruro de sodio (NaCl)
V.I VARIABLE. Y1: ESTRUCTURA METÁLICA DE PUENTES PEATONALES	La corrosión es un fenómeno natural que afecta a las estructuras expuestas, sea el caso de un puente peatonal metálico además para evitar que la estructura tenga daños en el tiempo no es posible encontrar un método único para solucionar el problema, por lo que a su vez se requiere disponer de distintos métodos anticorrosivos para prevenirla, pues la corrosión no se puede evitar sino el objetivo principal está en controlarla (Vallejo, F, 2003 pág. 20) además Para controlar el fenómeno de la corrosión en las estructuras existe un procedimiento que va desde la preparación superficial de la estructura metálica, hasta la aplicación de un recubrimiento anticorrosivo y que están normalizado por asociaciones internacionales como la Sociedad de Recubrimientos de Protección SSPC (Steel Structures Painting Council)	Se hace un análisis del puente peatonal metálico mas cercano al mar para determinar la influencia de la salinidad marítima, por ser un factor muy corrosivo y esta presente en el medio ambiente	Preparación superficial en la estructura metálica Puentes peatonales metálicos Recubrimiento anticorrosivo	Limpieza superficial Métodos de limpieza superficial Rugosidad Ubicación geográfica Distancia a la costa marina Relación salinidad - distancia al mar Tipo de recubrimiento anticorrosivo Aplicación de Recubrimiento anticorrosivo Espesor de recubrimiento anticorrosivo

Correo electrónico del Senamhi con respuesta a solicitud de datos meteorológicos

CORREO DE Luis Felipe Gamarra Chávary (PREJ)" <lgamarra@senamhi.gob.pe>

lgamarra@senamhi.gob.pe

Atentamente,

Mg. Ing. Luis Felipe Gamarra Chavarry
Director de la OPCC
Dependencia: Secretaría General del SENAMHI - Unidad de Atención al Ciudadano UACG
01-470-2867

4 archivos adjuntos

- RIMAC_VIENTO.xlsx
- CARABAYLLO_201...
- MODELO_TEMP_M...
- LIMA_ESTESERIE...

Nelsier Perez Alejandria <nelsier.xpa@gmail.com>
para mí

----- Forwarded message -----
De: Luis Felipe Gamarra Chávary (PREJ) <lgamarra@senamhi.gob.pe>
Date: mié., 2 may. 2018 a las 15:34
Subject: Información Remite_NELSER PEREZ ALEJANDRIA
To: Nelsier Perez Alejandria <nelsier.xpa@gmail.com>, Roberto Bel Urbina, UFA <rbel@senamhi.gob.pe>
Cc: Atención al Usuario <365@senamhi.gob.pe>

Señor NELSER PEREZ ALEJANDRIA:
Remito la información, las demás estaciones no se dispone de datos, saludos.

CATEGORÍA DE CORROSIVIDAD SEGÚN NORMA ISO 9223

Tabla I. Clasificación de Tiempo de Humectación

CATEGORÍA	TIEMPO DE HUMECTACIÓN	
	(horas/año)	% Año
τ_1	$\tau \leq 10$	0.1
τ_2	$10 < \tau \leq 250$	0.1 - 3
τ_3	$250 < \tau \leq 2500$	3 - 30
τ_4	$2500 < \tau \leq 5500$	30 - 60
τ_5	$\tau > 5500$	>60

Tabla II. Categorías según contenido de dióxido de azufre

Categoría	Velocidad de deposición SO ₂ (mg/m ² .día)	Concentración SO ₂ (mg/m ³)	CAGRESIOS DEL MEDIO AMBIENTE
P ₀	< 10	< 0.012	Ligera
P ₁	>10 - 35	0.012 - 0.040	Moderada
P ₂	>35 - 80	0.040 - 0.090	Severa
P ₃	> 80 - 200	0.090 - 0.250	Muy severa

Tabla III. Categorías según contenido de cloruros

CATEGORÍA	CONTENIDO DE CLORUROS (mg/m ² .d)	CAGRESIOS DEL MEDIO AMBIENTE
S ₀	S ≤ 5	Ligera
S ₁	5 < S ≤ 100	Moderada
S ₂	100 < S ≤ 500	Severa
S ₃	500 < S ≤ 1500	Muy severa

Tabla IV. Clasificación medioambiental en términos de tiempo de humectación y contaminación atmosférica

CATEGORÍA DE CORROSIVIDAD SEGÚN NORMA ISO 9223																	
		τ_1			τ_2			τ_3			τ_4			τ_5			
P ₀ ó P ₁	S ₀ ó S ₁	C ₁	S ₂	S ₃	S ₀ ó S ₁	C ₁	S ₂	S ₃	S ₀ ó S ₁	C ₂	S ₂	S ₃	S ₀ ó S ₁	C ₃	S ₂	S ₃	
																	C ₁ ó C ₂
P ₂	C ₁ ó C ₂	C ₁ ó C ₂	C ₂	C ₃	C ₁ ó C ₂	C ₂ ó C ₃	C ₂ ó C ₃	C ₃ ó C ₄	C ₃ ó C ₄	C ₃ ó C ₄	C ₄	C ₄	C ₄	C ₄ ó C ₅	C ₅	C ₅	C ₅
P ₃	C ₁ ó C ₂	C ₁ ó C ₂	C ₂	C ₃	C ₂	C ₃	C ₃	C ₄	C ₄	C ₄	C ₄	C ₄	C ₄	C ₅	C ₅	C ₅	C ₅

Tabla V. Categoría de corrosividad según norma ISO 9223

CATEGORÍA DE CORROSIVIDAD	CORROSIVIDAD	PERDIDA DE MASA g/m ² .año	VELOCIDAD DE CORROSIÓN r _{corr} µm/año
C ₁	MUY BAJA	10	1.3
C ₂	BAJA	10 - 200	1.3 - 25
C ₃	MEDIA	200 - 400	25 - 50
C ₄	ALTA	400 - 650	50 - 80
C ₅	MUY ALTA	650 - 1500	80 - 200

Item	Descripcion	m2	Precio Unitario (USD \$)	Precio \$
1	Arenado segun Norma SSPC SP5	1.00	3.59	3.59
2	Granallado - segun Norma SSPC SP5	1.00	4.64	4.64

Subtotal	\$ 8.23
IGV (18%)	\$ 1.48
Total	\$ 9.71

Condiciones de venta

- 1.- El precio incluye mano de obra especializada, prep superficie y limpieza en taller.
- 2.- El precio corresponde a m2, de disminuir los mismos, el precio unitario aumentara, de modo inverso en caso contrario. Antes de colocar la orden de compra, ratificar las areas reales.
- 3.- Ordenes de servicio. pdavila@expertis.com.pe
- 4.- Disponibilidad: Inmediata
- 5.- Modo de pago: Contraentrega al contado**
- 6.- La estructura debe ser entregada en nuestro taller y su proceso empieza 72 horas despues de recibir la Orden de Servicio y el depósito.
- 7.- Nuestro taller está ubicado en Antigua Panamericana Sur Km. 16.2 Mz. B Lt. 10 - Villa El Salvador.

ANEXO 07: RECUBRIMIENTOS PARA ESTRUCTURAS METÁLICAS – MTC

Sistema No.	Descripción	Perfil de Anclaje µm (mils)	%Sólidos en Volumen (mínimo)	Espesor por Capa Seca µm (mils)	Espesor Total µm (mils)
1	Inorgánico Rico en Zinc (dos componentes) + Epóxico de Altos Sólidos + Poliuretano de Altos Sólidos	38,1 – 63,5 (1,5 – 2,5)	60	63,5 – 76,2 (2,5 – 3,0)	215,9 – 279,4 (8,5 – 11,0)
		No	80	101,6 – 127 (4,0 – 5,0)	
		No	70	50,8 – 76,2 (2,0 – 3,0)	
2	Orgánico Rico en Zinc Metálico (tres componentes) + Epóxico de Altos Sólidos + Poliuretano de Altos Sólidos	38,1 – 63,5 (1,5 – 2,5)	55	63,5 – 76,2 (2,5 – 3,0)	215,9 – 279,4 (8,5 – 11,0)
		No	80	101,6 – 127 (4,0 – 5,0)	
		No	70	50,8 – 76,2 (2,0 – 3,0)	
3	Inorgánico Rico en Zinc (dos componentes) + Polisiloxano (dos componentes)	38,1 – 63,5 (1,5 – 2,5)	60	63,5 – 76,2 (2,5 – 3,0)	215,9 – 254,0 (8,5 – 10,0)
		No	90	152,4 – 177,8 (6,0 – 7,0)	
4	Orgánico Rico en Zinc Metálico (tres componentes) Polisiloxano (dos componentes)	38,1 – 63,5 (1,5 – 2,5)	55	63,5 – 76,2 (2,5 – 3,0)	215,9 – 254,0 (8,5 – 10,0)
		No	90	152,4 – 177,8 (6,0 – 7,0)	
5	Epóxico de Altos Sólidos + Poliuretano de Altos Sólidos	38,1 – 63,5 (1,5 – 2,5)	80	127 – 152,4 (5,0 – 6,0)	254,0 – 304,8 (10,0 – 12,0)
		No	70	127 – 152,4 (5,0 – 6,0)	
6	Epóxico de Altos Sólidos + Polisiloxano (dos componentes)	38,1 – 63,5 (1,5 – 2,5)	80	101,6 – 127 (4,0 – 5,0)	254,0 – 304,8 (10,0 – 12,0)
		No	90	152,4 – 177,8 (6,0 – 7,0)	

FICHA DE RECOPIACIÓN DE DATOS

I.	INFORMACIÓN DE LUGAR
	departamento:
	provincia:
	distrito:
	kilometro:

II.	INFORMACIÓN GENERAL
	Nombre del puente

III.	INFORMACIÓN DEL CLIMA Y LA CONTAMINACIÓN				
	temperatura				
	humedad relativa				
	tiempo de humectación TDH				
	Dióxido de azufre (SO ₂)				
	Cloruro de sodio (NaCl)				
	HR% - día () °C	HR% - mes () °C	HR% - promedio por mes () °C		
	τ ≤ 10 ()	10 < τ ≤ 250 ()	250 < τ ≤ 500 ()	500 < τ ≤ 5500 ()	τ > 5500 ()
	Ligera ()	Moderada ()	Severa ()	Muy severa ()	
	Ligera ()	Moderada ()	Severa ()	Muy severa ()	

IV.	PREPARACIÓN SUPERFICIAL		
	Métodos de limpieza superficial	arenado ()	granallado ()
	Rugosidad	perfil de anclaje () mils	

V.	RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO
	consideraciones de aplicación
	ensayo de cámara de niebla salina para pintura

VI.	INFORMACIÓN DE PUENTES PEATONALES
	distancia a la costa marina
	relación distancia marítima - salinidad

FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTO

SOLICITUD: validación de instrumento de recojo de información

Ing. EDEETH A. ENRIQUE CÁCERES

Yo NELSER PÉREZ ALEJANDRÍA identifico con DNI N° 44188772 alumno de EAP ingeniería civil, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito Indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada "Acción erosiva del medio ambiente en estructuras metálicas de puentes peatonales entre el km 5+452 - km 18+943 de la Panamericana Norte - Lima 2017" Solicito a Ud. se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes para este efecto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de Operacionalización de variables

Por lo tanto:

A usted, ruego acceder a mi petición

Lima. 28. de Noviembre del 2017



Nelsa Pérez Alejandría

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y nombres: Ederth A. Enrique Cáceres
 1.2. Cargo e institución donde labora: Ing. Estructural. DTM
 1.4. Autor del instrumento: Neiser Pérez Alejandría

II. ASPECTO DE VALIDACION

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	esta formulado por lenguaje comprensible											X		
2. OBJETIVIDAD	esta adecuado a las leyes y principios científicos											X		
3. ACTUALIDAD	esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											X		
4. ORGANIZACIÓN	existe una organización lógica											X		
5. SUFICIENCIA	toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis											X		
7. CONSISTENCIA	se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos											X		
8. COHERENCIA	existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores											X		
9. METODOLOGIA	la estrategia responde una metodología y diseño aplicado para lograr probar las hipótesis											X		
10. PERTINENCIA	el instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico											X		

III. OPINION DE APLICACION

El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación

X

El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación

89.

IV. PROMEDIO DE VALORACION

Lima....de Noviembre del 2017

EDERTH ANTHONY ENRIQUE CÁCERES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 173829



Firma del experto informante

DNI N° 44510481

FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTO

SOLICITUD: validación de instrumento de recojo de información

Ing. Washington Farfán Wilson

Yo Nelser Pérez Alejandría identifico con DNI N° 44188772 alumno de EAP ingeniería civil, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito Indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada "Acción erosiva del medio ambiente en estructuras metálicas de puentes peatonales entre el km 5+452 - km 18+943 de la Panamericana Norte - Lima 2017" Solicito a Ud.se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes para este efecto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de Operacionalización de variables

Por lo tanto:

A usted, ruego acceder a mi petición

Lima. 27 de Noviembre del 2017


Nelser Pérez Alejandría

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y nombres: Washington FAFAN Wilson
 1.2. Cargo e institución donde labora: Supervisor de proyectos
 1.4. Autor del instrumento: NELSER PEREZ A.

II. ASPECTO DE VALIDACION

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	esta formulado por lenguaje comprensible										X			
2. OBJETIVIDAD	esta adecuado a las leyes y principios científicos										X			
3. ACTUALIDAD	esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											X		
4. ORGANIZACIÓN	existe una organización lógica										X			
5. SUFICIENCIA	toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis											X		
7. CONSISTENCIA	se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos										X			
8. COHERENCIA	existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores										X			
9. METODOLOGIA	la estrategia responde una metodología y diseño aplicado para lograr probar las hipótesis											X		
10. PERTINENCIA	el instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico										X			

III. OPINION DE APLICACIDAD

El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación

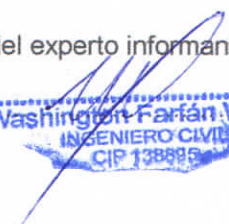

X

El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACION

87.

Lima 27 de Noviembre del 2017

Firma del experto informante

 Washington Fafan Wilson
 INGENIERO CIVIL
 CIP 138895

FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTO

SOLICITUD: validación de instrumento de recojo de información

Ing. Luis Ansel Cumpa Peña

Yo Nelser Pérez Alejandría identifico con DNI N° 44188772 alumno de EAP ingeniería civil, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

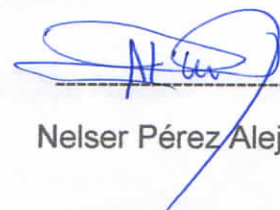
Que siendo requisito Indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada "Acción erosiva del medio ambiente en estructuras metálicas de puentes peatonales entre el km 5+452 - km 18+943 de la Panamericana Norte - Lima 2017" Solicito a Ud.se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes para este efecto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de Operacionalización de variables

Por lo tanto:

A usted, ruego acceder a mi petición

Lima 28 de Noviembre del 2017



Nelser Pérez Alejandría

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres: *Dr. Angel Cumpa Peña*
- 1.2. Cargo e institución donde labora: *D+M Arquitectos*
- 1.4. Autor del instrumento:

II. ASPECTO DE VALIDACION

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	esta formulado por lenguaje comprensible										X			
2. OBJETIVIDAD	esta adecuado a las leyes y principios científicos										X			
3. ACTUALIDAD	esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											X		
4. ORGANIZACIÓN	existe una organización lógica											X		
5. SUFICIENCIA	toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis										X			
7. CONSISTENCIA	se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos											X		
8. COHERENCIA	existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores											X		
9. METODOLOGIA	la estrategia responde una metodología y diseño aplicado para lograr probar las hipótesis										X			
10. PERTINENCIA	el instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico										X			

III. OPINION DE APLICACION

El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación

X

El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación

87%

IV. PROMEDIO DE VALORACION

Lima, *29* de Noviembre del 2017

Angel Cumpa Peña
 INGENIERO
 MECANICO ELECTRICISTA
 Reg. CIP N° 200249

Firma del experto informante

DNI N° *70135669*

FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTO

SOLICITUD: validación de instrumento de recojo de información

Ing. Teresa Versaray Aliaga.....

Yo Nelser Pérez Alejandría identifico con DNI N° 44188772 alumno de EAP ingeniería civil, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito Indispensable el recojo do datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada "Acción erosiva del medio ambiente en estructuras metálicas de puentes peatonales entre el km 5+452 - km 18+943 de la Panamericana Norte - Lima 2017" Solicito a Ud.se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes para este efecto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de Operacionalización de variables

Por lo tanto:

A usted, ruego acceder a mi petición

Lima 27 de Noviembre del 2017



Nelser Pérez Alejandría

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres: TERESA VERGARAY ALIAGA
 1.2. Cargo e institución donde labora: ING. SUPERVISORA
 1.4. Autor del instrumento: NELSON PEREZ ALEXANDRIA

II. ASPECTO DE VALIDACION

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	esta formulado por lenguaje comprensible										X			
2. OBJETIVIDAD	esta adecuado a las leyes y principios científicos										X			
3. ACTUALIDAD	esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											X		
4. ORGANIZACIÓN	existe una organización lógica										X			
5. SUFICIENCIA	toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis											X		
7. CONSISTENCIA	se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos											X		
8. COHERENCIA	existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores											X		
9. METODOLOGIA	la estrategia responde una metodología y diseño aplicado para lograr probar las hipótesis											X		
10. PERTINENCIA	el instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico											X		

III. OPINION DE APLICACION

El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación



El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación

87,5

IV. PROMEDIO DE VALORACION

Lima 27 de Noviembre del 2017

Firma del experto informante
 TERESA VERGARAY ALIAGA
 DNI N° ING. CIVIL
 CIP 45256



Normas de Preparación de Superficies para Procesos de Granallado

Los trabajos de **preparación de superficies** están normalizados por varias asociaciones internacionales. Las normas definen la terminación deseada o sea el grado de **granallado** a alcanzar.

Algunas normas son de comparación visual utilizando probetas de acero, discos comparadores o fotografías y otras normas son solo escritas. Todas ellas están sujetas a un vasto grado de interpretación y aplicación de las especificaciones dadas por los usuarios, inspectores, aplicadores y otros.

Tabla comparativa de equivalencias de normas de preparación de superficie

Norma SIS Sueca	Norma Americana	Norma SSPC	Norma Francesa	Norma Inglesa	Norma NACE
SA 3	Metal Blanco	SP 5	DS 3	1 st Quality	Nace 1
SA 2 1/2	Semi Blanco	SP 10	DS 2.5	2 nd . Quality	Nace 2
SA 2	Comercial	SP 6	DS 2	3 rd Quality	Nace 3
SA 1	Cepillado Granallado Ligero	SP 7	DS 1		Nace 4

Las normas de mayor utilización en toda América Latina son las siguientes:

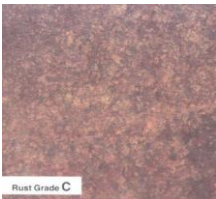
- Normas SSPC - Steel Structures Painting Council (Pittsburgh USA): La metodología utilizada se basa en la comparación de la superficie tratada con el patrón de la norma, fotografías
- Normas SIS 05 5900- Swedish Standards Institution (Stockholm Suecia): La metodología utilizada se basa en la comparación de la superficie tratada con el patrón de la norma con transparencias

Ambas normas utilizan similares grados de herrumbre



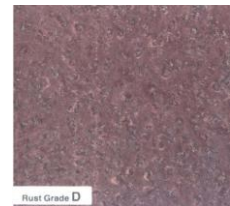
Grado A Superficie de acero con la capa de laminación intacta en toda la superficie y prácticamente sin corrosión.

Grado B Superficie de acero con principio de corrosión y en la cual la capa de laminación comienza a despegarse.



Grado C Superficie de acero en donde la capa de laminación ha sido eliminada por la corrosión o la capa de laminación puede ser eliminada por raspado, pero en la cual no se han formado en gran escala cavidades visibles.

Grado D Superficie de acero en donde la capa de laminación ha sido eliminada por la corrosión y se han formado en gran escala cavidades visibles.



Norma Europea SIS 05 5900

La norma Europea define, para superficies de acero laminadas en caliente los cuatro grados diferentes de herrumbre, antes enunciados como A, B, C, D. Partiendo de cada grado de herrumbre se definen grados de preparación de superficie, codificados como:

- ST 2 y ST 3: para raspado y cepillado
- Sa 1, Sa 2, Sa 2 1/2, Sa 3 mediante proyección de partículas abrasivas (arenado-granallado)

Así se combinan el punto de partida (superficie previa al granallado) y la terminación final (superficie ya granallada). Como ejemplo, si se parte de un grado de herrumbre "B" y se logra un grado de preparación Sa 2 1/2 el trabajo se define como B Sa 2 1/2.

También los grados de preparación superficial están descriptos con palabras pero las ilustraciones siempre proporcionan una información más precisa.

Grados de preparación por raspado y cepillado manual con cepillo de acero

Las superficies de acero se limpiarán para quitar el aceite, grasa, etc., y las capas gruesas de óxido se sacarán con un cincel antes del tratamiento.

- **Grado St 2** Raspado, cepillado manual con cepillo de acero - cepillado a máquina-esmerilado a máquina- etc. de una manera minuciosa. Mediante el tratamiento se quitarán las capas sueltas de laminación, el óxido y las partículas extrañas. Luego se limpiará la superficie con un aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o un cepillo limpio. Entonces deberá adquirir un suave brillo metálico.

El aspecto deberá coincidir con las figuras de la designación St 2.

- **Grado St 3** Raspado, cepillado manual con cepillo de acero, cepillado a máquina esmerilado a máquina, etc. de una manera muy minuciosa. La superficie se tratará como en el grado St 2 pero de una manera mucho más minuciosa. Después de quitar el polvo, la superficie deberá presentar un claro brillo metálico y su aspecto deberá coincidir con las figuras de la designación St 3

Grados de preparación por proyección de abrasivos

Las superficies de acero se limpiarán para quitar el aceite, grasa, etc. y las capas gruesas de óxido se sacarán con un cincel antes del tratamiento.

- **Grado Sa 1 Arenado-Granallado ligero:** se quita la capa suelta de laminación, el óxido suelto y las partículas extrañas sueltas. El aspecto deberá coincidir con las figuras para Sa 1.
- **Grado Sa 2 Arenado-Granallado minucioso:** se quita casi toda la capa de laminación y de óxido y casi todas las partículas extrañas. Deberá adquirir entonces un color grisáceo y su aspecto deberá coincidir con las figuras de la designación Sa 2.
- **Grado Sa 2 1/2 Arenado-Granallado muy minucioso:** las capas de laminación, óxido y partículas extrañas se quitan de una manera tan perfecta que los restos sólo aparezcan como ligeras manchas o rayas. Su aspecto deberá entonces coincidir con las figuras de la designación Sa 2 1/2.
- **Grado Sa 3 Arenado-Granallado a metal blanco:** Toda la capa de laminación, todo el óxido y todas las partículas extrañas se quitan sin dejar ningún resto de contaminante. Deberá adquirir un color metálico uniforme y coincidir con las figuras de la designación Sa 3.

Norma Americana SSPC VIS 1- 89

Al igual que la norma Europea, la norma Americana SSPC define cuatro grados de herrumbre (A, B, C, D) equivalentes y partiendo de éstos se definen distintos grados de preparación:

- **Grado SSPC SP7** Granallado / Arenado Rápido
- **Grado SSPC SP6** Granallado / Arenado Comercial
- **Grado SSPC SP10** Granallado / Arenado cercano a metal blanco
- **Grado SSPC SP5** Granallado / Arenado a metal blanco

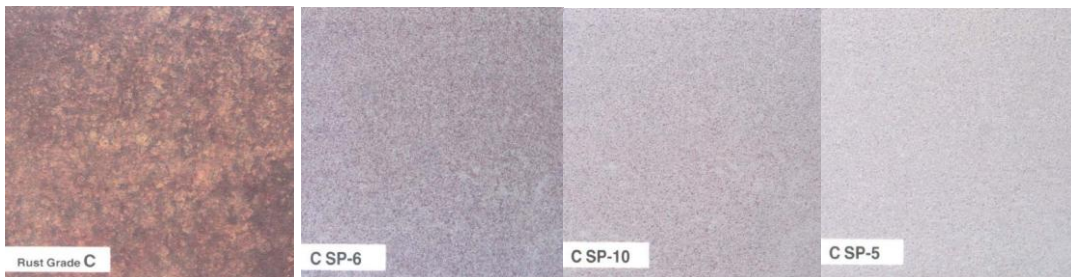
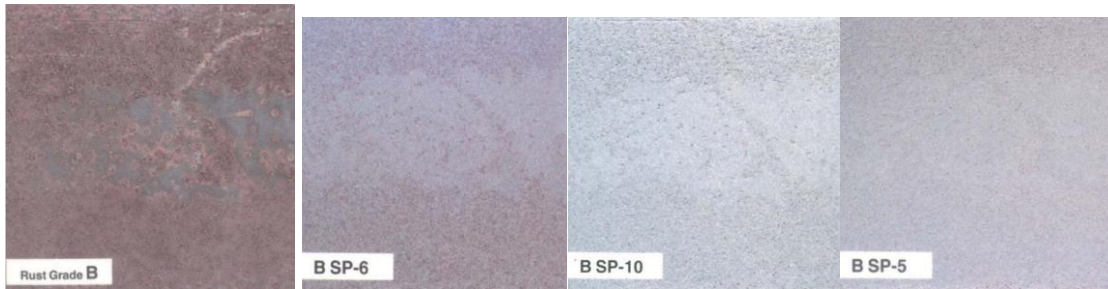
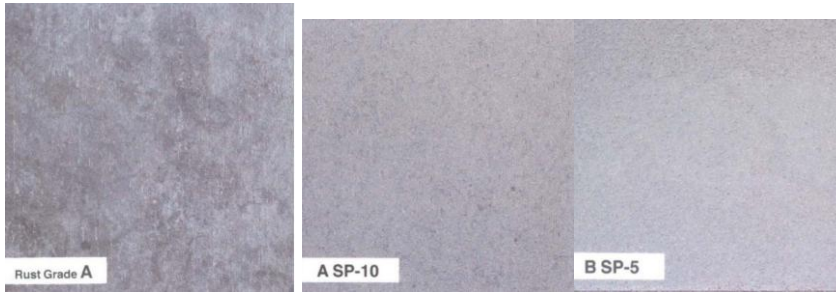
Como ejemplo, si se parte de un grado de herrumbre "B" y se logra un grado de preparación SP 10 el trabajo se define como B SP 10

- **Grado SSPC SP7 Arenado – Granallado Rápido:** la superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, capa suelta de laminación, óxido suelto y capas de pintura desprendidas. Conserva la capa de laminación donde está firmemente adherida. Estas partes no deben desprenderse mediante un objeto punzante. Es utilizado sólo en los casos de condiciones muy poco severas y presentará áreas de probables fallas.
- **Grado SSPC SP6 Arenado – Granallado Comercial:** la superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, óxido y los restos de capa de laminación no deben superar al 33% de la superficie en cada pulgada cuadrada de la misma. Los restos deben verse sólo como de distinta coloración. Generalmente se lo especifica en aquellas zonas muy poco solicitadas sin ambientes corrosivos.
- **Grado SSPC SP10 Arenado – Granallado cercano a metal blanco:** la superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, óxido, capa de laminación, restos de pintura y otros materiales extraños. Se admite hasta un 5% de restos que pueden aparecer sólo como distinta coloración en cada pulgada cuadrada de la superficie.

Es la especificación más comúnmente utilizada. Reúne las características de buena preparación y rapidez en el trabajo. Se lo utiliza para condiciones regulares a severas.

- **Grado SSPC SP5 Arenado a metal blanco:** la superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, óxido, capa de laminación restos de pintura sin excepciones. Es utilizada donde las condiciones son extremadamente severas, con contaminantes ácidos, sales en solución, etc.

Muestras de distintos grados de preparación de superficie



PINTURA - ESTRUCTURA METÁLICA

5.2 *Pre-Preparación de Superficie*

Los procedimientos serán:

- En las estructuras se deberán redondear los bordes y aristas vivas mediante herramientas manuales y mecánicas, eliminando las rebabas e irregularidades en perforaciones y soldadura, así como toda escoria o chisporroteo de soldadura. Los cordones de soldadura que lo requieran deberán ser suavizados y sus aristas desbastadas.
- Se eliminarán restos de aceite, grasa, suciedad y otros contaminantes no visibles mediante un hidrolavado con agua potable y detergente industrial biodegradable a una presión

mínima de 3000 PSI. Lavar con abundante agua y dejar secar. La limpieza y desengrase de las superficies metálicas se efectuará de acuerdo con el estándar SSPC - SP1.

5.3 Limpieza Final

Una vez concluida la limpieza primaria, se deberá ejecutar un método de limpieza complementario que asegure la remoción del óxido de laminación, herrumbre o pintura existente sobre la estructura metálica nueva o antigua. Se consideran los siguientes métodos:

- Limpieza Manual (SSPC-SP2)
- Limpieza Mecánica (SSPC-SP3)
- Limpieza con chorro abrasivo a grado casi metal blanco (SSPC-SP10)
- Limpieza con chorro abrasivo a grado metal blanco (SSPC-SP5)

5.3.1 Grado de Limpieza

Salvo que se indique lo contrario, el grado de limpieza en todas las estructuras metálicas que reciban pintura serán :

“grado metal Blanco - SSPC-SP5 (obligatorio)”.

Esta consiste en tratar la superficie por impacto de partículas a alta velocidad. La superficie deberá quedar libre de toda contaminación, suciedad, óxido de laminación y de cualquier otro elemento extraño, lucir limpia y con el grado de rugosidad exigido.

Una superficie preparada con chorro abrasivo a grado metal blanco se define como aquella que presenta en un 100 % un color gris-blanco metálico uniforme y de rugosidad apropiada para permitir una buena adherencia de la pintura.

El Contratista deberá disponer de todos los materiales, equipos y herramientas necesarios para ejecutar los trabajos de preparación y limpieza de superficies.

Todos los equipos, herramientas y materiales que se utilicen para la limpieza de superficies, deberán cumplir con los requisitos que se establecen a continuación:

Materiales Abrasivos

Arena

La arena utilizada no deberá emplearse por más de un golpe. Deberá estar libre de contaminantes, ser rica en sílice, de lecho de río, con un índice de trituración inferior al 10% y granulometría adecuada según el perfil de rugosidad exigido. Deberá encontrarse totalmente seca y presentar las siguientes características:

- ✓ Contenido de arcilla o limo inferior a 3% en peso.
- ✓ Contenido de cloruros y sulfatos inferior a 0.3% en peso.
- ✓ Contenido de carbonatos inferior a 2% en peso.
- ✓ Deberá tener forma irregular con cantos vivos.
- ✓ No se permitirá el uso de arena de mar o de dunas.
- ✓ Si la ITO lo determina, se deberá hacer un análisis químico en laboratorio de la arena que se va a utilizar.
- ✓ La granulometría de la arena deberá ser controlada mediante el uso de mallas normalizadas entre mallas 16 a 40 (según U.S. Sieve) para lograr el grado de rugosidad deseado.

Granallas

La granalla empleada deberá estar libre de aceites y de cualquier otro contaminante y tener la granulometría adecuada según el grado de rugosidad exigido. Deberá estar totalmente seca, libre de contaminantes y presentar las siguientes características:

- ✓ Deberá entregar el grado de rugosidad y calidad de limpieza exigidas en estas especificaciones.
- ✓ Deberá estar exenta de material particulado, polvo o cualquier otro tipo de suciedad adherida.
- ✓ Deberá ser una mezcla de granalla esférica y angular.
- ✓ Podrá ser empleada por más de un golpe, es decir podrá ser reciclada siempre que se utilicen los equipos que aseguren la descontaminación de ésta, dejándola limpia, seca y libre de cualquier material contaminante.

Equipo para chorreo abrasivo a presión

- ✓ Compresor en buen estado.
- ✓ Filtros a la entrada y salida del aire del compresor, limpios y en buen estado. El aire debe salir limpio, seco y libre de aceite. El aire debe ser controlado y aprobado por la ITO.
- ✓ Línea de distribución de aire con trampas de agua y aceite. Deben inspeccionarse y limpiarse diariamente.
- ✓ La presión en las boquillas debe estar en el rango 90 - 110 psi. (6-7,5 bar)
- ✓ Las boquillas no deben presentar desgaste.

Herramientas manuales y motrices

- ✓ El Contratista deberá contar con un stock suficiente de herramientas.
- ✓ Todas las herramientas (escobillas de acero, espátulas, lijas, cepillos de alambres, esmeriles etc.) deberán encontrarse en buenas condiciones, limpias y sin contaminantes.

Serán rechazadas aquellas herramientas que la ITO considere que no cumplen estas condiciones.

- ✓ Deberá controlarse que las herramientas neumáticas no contaminen la superficie metálica con materiales grasos.

Características de las superficies limpias

Al finalizar los trabajos de limpieza superficial, las superficies deberán lucir limpias, exentas de grasas, aceites, sales, polvo, oxido y de cualquier otro residuo contaminante y con el perfil de rugosidad exigido en estas especificaciones.

La primera capa de pintura protectora se aplicará, a más tardar, dentro de tres horas después de terminada la limpieza final. Al aplicar la primera capa de pintura, la superficie no deberá mostrar signos de oxidación, de lo contrario se deberá arenar suavemente.

Las superficies limpias, sin pintar, que sean sorprendidas por una llovizna, lluvia u otra causa de humedad, deberán arenarse nuevamente una vez que estén secas.

Las superficies limpias que no se alcancen a cubrir con la capa de anticorrosivo durante la jornada, deberán ser relimpiadas al día siguiente para aplicar la primera capa de anticorrosivo.

No se permitirá la contaminación de las superficies arenadas con grasa, aceites u otras materias antes de ser protegidas. Las grasas o aceites deberán ser removidas totalmente con solventes.

No se deberá apoyar las manos descubiertas, ni manipular con guantes sucios las superficies de elementos que hayan sido arenadas. Los operadores deberán emplear guantes limpios.

Posterior a la faena de limpieza final, deberá eliminarse todo residuo abrasivo u otro contaminante que quede sobre la superficie tratada. Esta limpieza puede efectuarse con escobillas (cerdas, fibras vegetales o plásticas), aspiradoras o aire comprimido seco y limpio. No se permitirá el uso de trapos, estopas u otros elementos que dejen restos de material absorbente adherido a la superficie.

Durante la faena de arenado se tomarán todas las precauciones para evitar que la arena o el polvo retirado, contamine otras estructuras u otros trabajos de pintura.

Posterior al “blasting”, deberá evaluarse la presencia de sales contaminantes en la superficie, en especial los cloruros; por lo cual la concentración de los mismos no debe ser mayor a 30 ppm, medidos según método de extracción Swabbing y determinación Quantab, según los requerimientos de la SSPC Guía 15.

Si la oxidación o degradación del nivel de limpieza alcanzado inicialmente ocurre entre el “blasting” y la aplicación del primer, se deberá de realizar el “blasting” nuevamente.

Antes de aplicar la capa de pintura respectiva, la superficie o capa de pintura deberá estar libre de polvo (Nivel máximo de polvo permitido: Nivel 2, evaluado según estándar ISO 8502-3), grasa y materia extraña.

8. ESPECIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PINTURAS

8.1 *Sistema de Pintura*

a) Preparación de Superficie:

- ✓ El grado de preparación debe cumplir con la norma **SSPC-SP5 “Limpieza mediante chorro de abrasivos a metal blanco”**.
- ✓ El perfil de rugosidad debe estar en el rango de 50-75 micras.

b) Sistema de Protección

- ✓ Definición Genérica:
 - Sistema Zinc Inorgánico / Epoxico.
 - Espesor Total del Sistema: 200 μm (8 mils) de película seca.
 - Grado Final Preparación de Superficies Requerido: SSPC-SP5.
 - Perfil de Rugosidad Requerido: 45 - 65 μm
 - Requerimientos o Ensayos al Sistema:
 - Cámara de Niebla Salina = 1500 horas mínimo.
 - Cámara de Condensación = 1000 horas mínimo.
 - Cámara Radiante de QUV = 500 horas mínimo.

Primera Capa:

Imprimante anticorrosivo, inorgánico de zinc – etil silicato, base solvente, formulado con polvo de zinc metálico (grado superfino, tipo I, con granulometría inferior a 10 μm). Su aplicación se hará en una sola capa de **75 μm de espesor seco (3 mils)**.

- Propiedades de la Capa de Imprimación:

- ✓ Peso específico 3,82 \pm 0,04 (gr/cc)
- ✓ Viscosidad (mezcla A+B; copa Ford N°4, 25 °C) 20 \pm 1 (seg)
- ✓ Tiempo máximo de secado al tacto 15 – 30 (minutos)
- ✓ Tiempo máximo de secado duro 2 – 4 (horas)
- ✓ Tiempo de repintado 72 – 96 (horas)
- ✓ Vida útil de la mezcla a 20°C 3 – 4 (horas)
- ✓ Grado de molienda 3 – 4 (grados Hegman)
- ✓ Adherencia al Sustrato: Mínimo 40 kg/cm² (después de curado), sobre el grado de limpieza y perfil exigido.
- ✓ Flexibilidad: Mínimo 5% en Mandril Cónico (después de 10 días y sin agrietamiento).
- ✓ Poder Cubridor: Máximo 100 μm húmedos sobre tarjeta de contraste

- Composición General de la Capa de Imprimación:

- ✓ Vehículo Mínimo 27 (%)
- ✓ Contenido de sólidos en volumen Mínimo 60 (%)
- ✓ Contenido de polvo de Zinc metálico (película seca) Mínimo 85 (%)

- Composición del Vehículo:

- ✓ Vehículo no volátil Mínimo 32 (%)
- ✓ Tipo de Vehículo no volátil: 100% Etil Silicato

- Composición del Pigmento:

- ✓ Tipo de Pigmento anticorrosivo: 100% Zinc Metálico

Segunda Capa:

Capa Tie-coat:

Sello epóxico aducto amina – trietilen tetra amina, formulado con pigmento activo a base de fosfato de zinc, aditivos inhibidores de la corrosión y cargas inertes, atóxico, exento de cromo, de plomo y derivados cancerígenos. Su aplicación se hará en una sola capa de **50 μm de espesor seco (2 mils)**.

- Propiedades de la Capa Tie-coat:

- ✓ Peso específico 1,21 \pm 0,10 (gr/cc)
- ✓ Viscosidad (mezcla A+B) 105 \pm 5 (UK)
- ✓ Tiempo máximo de secado al tacto 0,5 – 2 (horas)

- ✓ Tiempo máximo de secado duro 6 – 24 (horas)
 - ✓ Tiempo de repintado 6 – 48 (horas)
 - ✓ Tiempo máximo de secado final 48 (horas)
 - ✓ Vida útil de la mezcla a 20 °C 8 – 12 (horas)
 - ✓ Grado de molienda 3 – 4 (grados Hegman)
 - ✓ Concentración de Pigmento en Volumen (PVC) 33 ± 1 %
 - ✓ Índice de Brillo (α 60°) 12 ± 2 %
 - ✓ Adherencia al Sustrato: Mínimo 40 kg/cm² (después de 15 días), como sistema sobre imprimante.
 - ✓ Flexibilidad: Mínimo 12% en Mandril Cónico (después de 7 días y sin agrietamiento).
 - ✓ Poder Cubridor: Máximo 100 μ m húmedos sobre tarjeta de contraste.
- Composición General de la Capa de Tie-coat:
 - ✓ Vehículo Mínimo 53 %
 - ✓ Contenido de sólidos en volumen Mínimo 48 %
 - Composición del Vehículo:
 - ✓ Vehículo no volátil Mínimo 44 %
 - ✓ Tipo de Vehículo no volátil: 100% Epoxi Aducto Amina – Trietilen Tetra Amina
 - Composición del Pigmento:
 - ✓ Tipo de Pigmento Activo: Fosfato de zinc (mínimo 11%), Aditivos Inhibidores de la Corrosión y Cargas Inertes.

Capa Final :

Esmalte de alto brillo, Poliéster Hidroxilado – Isocianato Alifático, formulado con pigmento dióxido de titanio rutilo, de alta solidez a la radiación ultravioleta. Su aplicación se hará en una sola capa de **75 μ m de espesor seco (3 mils)**.

- Propiedades de la Capa Final:
 - ✓ Peso específico 1,19 ± 0,05 (gr/cc)
 - ✓ Viscosidad (mezcla A+B) 60 ± 5 (UK)
 - ✓ Tiempo máximo de secado al tacto 2 – 4 (horas)
 - ✓ Tiempo máximo de secado duro 12 – 24 (horas)
 - ✓ Tiempo de repintado 12 – 48 (horas)
 - ✓ Tiempo máximo de secado final 48 (horas)
 - ✓ Vida útil de la mezcla a 25°C 6 – 10 (horas)
 - ✓ Grado de molienda 6 – 7 (grados Hegman)
 - ✓ Concentración de Pigmento en Volumen (PVC) 12 ± 1 %
 - ✓ Índice de Brillo (α 60°) 96 ± 2 %

-
- ✓ Adherencia al Sustrato: Mínimo 40 kg/cm² (después de 15 días), como sistema sobre capa intermedia.
 - ✓ Flexibilidad: Mínimo 12% en Mandril Cónico (después de 7 días y sin agrietamiento).
 - ✓ Poder Cubridor: Máximo 100 µm húmedos sobre tarjeta de contraste
 - Composición General de la Capa Final:
 - ✓ Vehículo Mínimo 74 (%)
 - ✓ Contenido de sólidos en volumen Mínimo 48 (%)
 - Composición del Vehículo:
 - ✓ Vehículo no volátil Mínimo 50 (%)
 - ✓ Tipo de Vehículo no volátil: 100% Poliéster Hidroxilado – Isocianato Alifático
 - Composición del Pigmento:
 - ✓ Tipo de Pigmento de Color: 100% Dióxido de Titanio Rutilo (caso color blanco)
 - ✓ Solidez del Pigmento de Color Blanco: 1 – 2, según escala de grises (ASTM D-2616)
 - ✓ Pigmento de otro Color: 2 – 3, según escala de grises (ASTM D-2616)

NORMAS ASTM PARA EVALUAR LA CORROSIÓN EN SUPERFICIES PINTADA, GRADO DE AMPOLLAMIENTO EN PINTURAS

1. ENSAYO PARA EVALUAR EL GRADO DE CORROSIÓN EN SUPERFICIES PINTADAS

Este método de ensayo está basado en la norma ASTM D610 *Standard Practice for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces*, y es la encargada de evaluar el grado de oxidación sobre superficies metálicas pintadas como el acero, esta norma establece una representación porcentual del área deteriorada de herrumbre de los revestimientos, para ello se hace una comparación visual entre la probeta después del ensayo de niebla salina con las fotografías patrones descritas en la norma, a cada patrón se le asigna un grado de corrosión de 0 al 10, el cual equivale a un rango porcentual de superficie que ha sido corroída . Esta escala se detalla en la Tabla 1.

tabla 1. Escala del grado de corrosión

Grado de Corrosión	Porcentaje de superficie corroída
10	Menos del 0.01%
9	Entre 0.01% y 0.03%
8	Entre 0.03% y 0.1%
7	Entre 0.1% y 0.3%
6	Entre 0.3% y 1%
5	Entre 1% y 3%
4	Entre 3% y 10%
3	Entre 10% y 16%
2	Entre 16% y 33%
1	Entre 33% y 50%
0	Más del 50%

Luego de esta primera identificación, se procede a identificar el tipo de distribución del óxido, donde:

Spot Rusting (S): Este tipo de distribución se da cuando el mayor porcentaje de oxidación se centra solo en determinadas áreas de la superficie pintada

Rusting general (G): Este tipo de distribución se da cuando varios tamaños de corrosión se distribuyen de manera aleatoria sobre la superficie pintada

Pinpoint Rusting (P): Este tipo de distribución se da cuando la corrosión se distribuye como pequeñas manchas individuales sobre la superficie pintada

Hybrid Rusting (H): Este tipo de clasificación se da cuando la superficie corroída es un híbrido de las distribuciones de óxido mencionados anteriormente.

En la tabla 4 se establece el grado de corrosión según el porcentaje de superficie corroída, y de acuerdo a la forma de corrosión la asignación de un tipo de distribución.

Tabla 2: Escala del grado de corrosión y tipo de distribución .

Grado de Corrosión	Porcentaje de superficie corroída	Tipo de distribución			
		S	G	P	H
10	Menos del 0.01%	-	-	-	-
9	Entre 0.01% y 0.03%	9-S	9-G	9-P	9-H
8	Entre 0.03% y 0.1%	8-S	8-G	8-P	8-H
7	Entre 0.1% y 0.3%	7-S	7-G	7-P	7-H
6	Entre 0.3% y 1%	6-S	6-G	6-P	6-H
5	Entre 1% y 3%	5-S	5-G	5-P	5-H
4	Entre 3% y 10%	4-S	4-G	4-P	4-H
3	Entre 10% y 16%	3-S	3-G	3-P	3-H
2	Entre 16% y 33%	2-S	2-G	2-P	2-H
1	Entre 33% y 50%	1-S	1-G	1-P	1-H
0	Más del 50%	-	-	-	-

2. ENSAYO PARA EVALUAR EL GRADO DE AMPOLLAMIENTO EN PINTURAS

Este método de ensayo está basado en la norma ASTM D714 *Standard Test Method for Evaluating Degree of Blistering of Paints* y es la que evalúa el grado de formación de ampollas sobre sistemas de pinturas, este método permite describir el tamaño y la densidad de las ampollas, para ello se emplea estándares de referencia de tipo fotográfico, sometiendo al sistema de pintura a condiciones que causan ampollamientos. Los estándares de referencia de tamaño han sido divididos en cuatro rangos que van de una escala numérica de 10 a 0, donde el valor 10 representa ninguna formación de ampollas, el valor de 8 representa un tamaño de ampolla que se puede ver a simple vista, y los valores de 6, 4 y 2 representan tamaños que se van haciendo más grandes progresivamente .

Los estándares de referencia de frecuencia han sido divididos en cuatro grupos para cada estándar de referencia de tamaño, designados como: Dense (D), Medium dense (MD), Medium (M) y Few (F).

En la figura 1 se observan de izquierda a derecha las imágenes del tamaño de ampollamiento correspondiente al grado N°2 desde pequeño hasta denso.

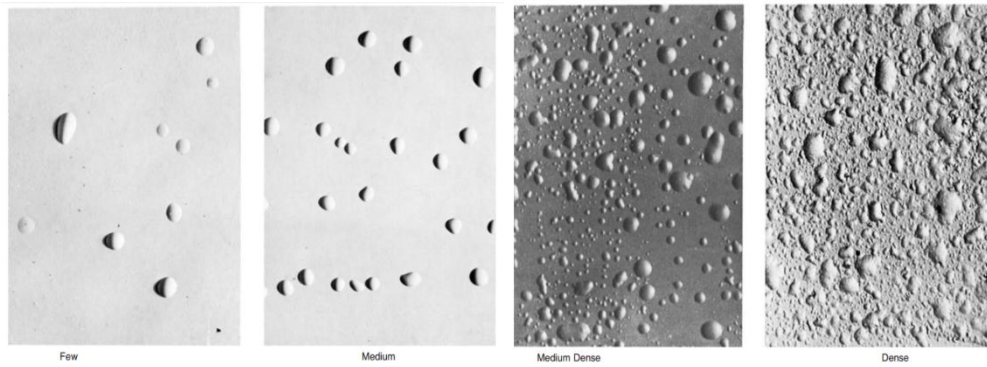


Figura 1. Tamaño de ampollamiento.

En la figura 2 se observan de izquierda a derecha las imágenes del tamaño de ampollamiento correspondiente al grado N°4 desde pequeño hasta denso.

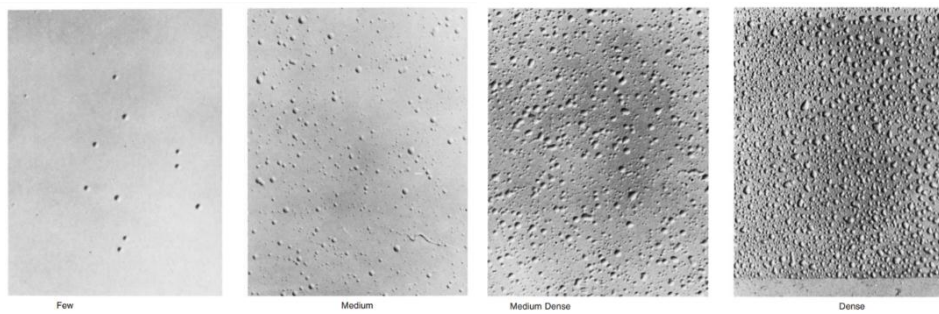


Figura 2. Tamaño de ampollamiento.

En la figura 3 se observan de izquierda a derecha las imágenes del tamaño de ampollamiento correspondiente al grado N°6 desde pequeño hasta denso.

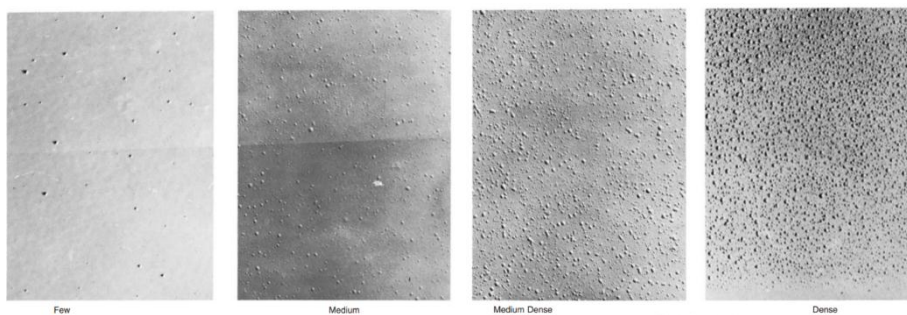


Figura 3. Tamaño de ampollamiento.

En la figura 4 se observan de izquierda a derecha las imágenes del tamaño de ampollamiento correspondiente al grado N°8 desde pequeño hasta denso.

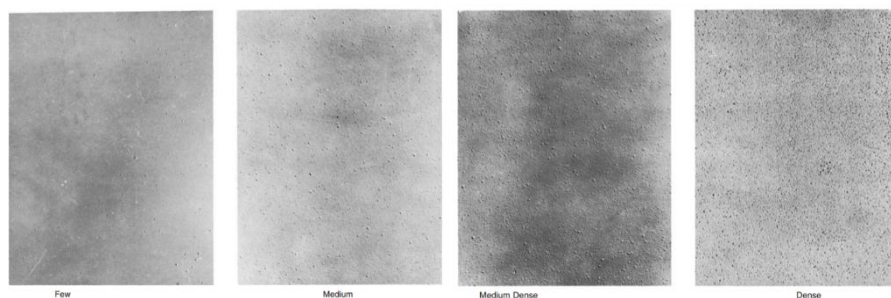


Figura 4. Tamaño de ampollamiento.

3. ENSAYO PARA LA EVALUACIÓN DE MUESTRAS PINTADAS O REVESTIDAS SOMETIDAS A AMBIENTES CORROSIVOS

Este método de ensayo está basado en la norma ASTM D1654 *Standard Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments* y es la que evalúa la resistencia de muestras pintadas o revestidas luego de haber sido sometido a un ambiente corrosivo, mediante formación de ampollas, pérdida de adhesión en una línea de corte o algún fallo del recubrimiento.

Se realiza una incisión con un material de corte al recubrimiento, hasta llegar al sustrato metálico, generalmente se hace un trazo horizontal, esto permite evaluar y comparar el sistema de recubrimiento.

En la figura 1 se representa la realización de una incisión sobre la superficie metálica.

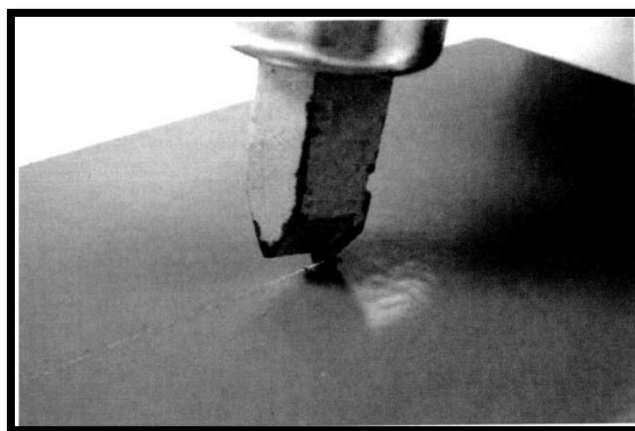


Figura 1. Realización de la incisión sobre la superficie del sustrato-recubrimiento.

En la tabla 1 se muestra la clasificación del grado de incisión de acuerdo a la distancia deslaminada desde el trazo inicial, luego del ensayo de niebla salina.

Tabla 1: Clasificación del grado de incisión.

Clasificación		
Milímetros	Pulgadas (aprox.)	Número de clasificación
0	0	10
Más de 0 a 0.5	0 a 1/64	9
Más de 0.5 a 1.0	1/64 a 1/32	8
Más de 1.0 a 2.0	1/32 a 1/16	7
Más de 2.0 a 3.0	1/16 a 1/8	6
Más de 3.0 a 5.0	1/8 a 3/16	5
Más de 5.0 a 7.0	3/16 a 1/4	4
Más de 7.0 a 10.0	1/4 a 3/8	3
Más de 10.0 a 13.0	3/8 a 1/2	2
Más de 13.0 a 16.0	1/2 a 5/8	1
Más de 16.0 a más	5/8 a más	0



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
La Escuela de Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL (FORMA) DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

PEREZ ALEXANDRA NELSEN

INFORME TITULADO:

Acción Erosiva del Medio Ambiente en Estaciones
Metéorológicas de Puentes Pedestales entre Km 6+792 Km -
20+372 Panamericana Norte Lima - 2019

PARA OBTENER EL GRADO DE:

Ingeniero Civil

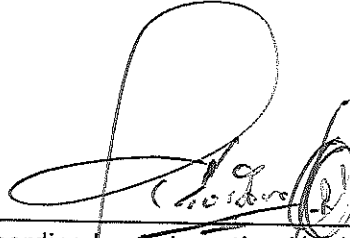
SUSTENTADO EN FECHA:

19/07/2019

NOTA O MENCIÓN

15 (Quince)




Coordinador de Investigación de
Ingeniería Civil

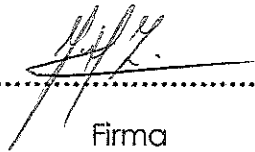
Yo,

GERARDO CANCHO ZONIGA
.....
docente de la Facultad ING. CIVIL..... y Escuela Profesional de ING. CIVIL..... de la Universidad César Vallejo H.M.H...... (precisar filial o sede),
revisor(a) de la tesis titulada

"Acción erosiva del medio ambiente en estructuras metálicas de puentes peatonales entre km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima - 2019" del estudiante NELSER PEREZ ALEXANDRIA..... constato que la investigación tiene un índice de similitud de 22% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha..... Lima 19 Julio 2019.....



Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

GERARDO CANCHO ZONIGA.....

DNI: 0723995P.....

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

Yo Nelsa, Pérez Alejandría.....

identificado con DNI N.º 44188772....., egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (X), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado

"Acción erosiva del medio ambiente en estructuras metálicas de puentes peatonales

entre km 6+792 km - 20+372 Panamericana Norte - Lima - 2019 "

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



FIRMA

DNI: 44188772.....

FECHA: 23 de Julio..... de 2019.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

Resumen de coincidencias

22 %

Concordancia 1 de 20
Se están viendo los datos estimados



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TÍTULO

"Acción erosiva del medio ambiente en estructuras metálicas de puentes peatonales entre km 64-792 km - 201-372 Panamericana Norte - Lima - 2019"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Pérez Alejandría, Nelser

ASESOR:

Dr. Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Discho Sismico y Estructural

LIMA - PERU

2019

Coincidencias	
1	Entrenamiento de puentes peatonales 12 %
2	Estudios de puentes peatonales 3 %
3	Estudios de puentes peatonales 1 %
4	Estudios de puentes peatonales 1 %
5	Estudios de puentes peatonales 1 %
6	Estudios de puentes peatonales 1 %
7	Estudios de puentes peatonales 1 %
8	Estudios de puentes peatonales 1 %
9	Estudios de puentes peatonales <1 %
10	Estudios de puentes peatonales <1 %
11	Estudios de puentes peatonales <1 %
12	Estudios de puentes peatonales <1 %
13	Estudios de puentes peatonales <1 %

