



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA: INGENIERÍA CÍVIL**

**TÍTULO:**

**Determinación de la necesidad de usar inhibidores de  
corrosión para el acero de refuerzo, en un medio como el de  
Guayaquil.**

**AUTOR:**

**Morales Bravo, Oswaldo David**

**Trabajo de Grado previo a la obtención del Título de:  
INGENIERO CÍVIL**

**TUTOR:**

**Suarez Rodríguez, Marco**

**Guayaquil, Ecuador  
2016**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CÍVIL**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Morales Bravo, Oswaldo David** como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniero Civil**

**TUTOR**

---

**Ing. Suarez Rodríguez Marco**

**REVISOR**

---

**Ing. Alcívar Bastidas Stefany, Mgs**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

**Ing. Alcívar Bastidas Stefany, Mgs**

**Guayaquil, a los 12 del mes de Septiembre del año 2016**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CÍVIL**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Morales Bravo Oswaldo David**

### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación **Determinación de la necesidad de usar inhibidores de corrosión para el acero de refuerzo, en un medio como el de Guayaquil.** Previo a la obtención del Título **de Ingeniero Civil** ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido

**Guayaquil, a los 12 del mes de Septiembre del año 2016**

**EL AUTOR**

---

**Morales Bravo Oswaldo David**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CÍVIL**

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, **Morales Bravo Oswaldo David**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación **Determinación de la necesidad de usar Inhibidores de corrosión para el acero de refuerzo, en un medio como Guayaquil** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 12 del mes de Septiembre del año 2016**

**EL AUTOR**

---

**Morales Bravo Oswaldo David**

# REPORTE URKUND



## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** TRABAJO DE TITULO OSWALDO M,ORALES.docx (D21538446)  
**Submitted:** 2016-08-29 19:16:00  
**Submitted By:** claglas@hotmail.com  
**Significance:** 3 %

### Sources included in the report:

INDACOCHA BAQUE JONATHAN JOSÉ PROYECTO DE TESIS.docx (D13202681)  
<http://s5d4ed7eb80c2bd8d.jimcontent.com/download/version/1361417002/module/6704821870/name/Estructuras%20I.%20Tema%204.doc>  
[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/21590/PROYECTO%20Harold\\_Rivera.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/21590/PROYECTO%20Harold_Rivera.pdf?sequence=1)  
<http://www.eadic.com/tipos-cimentacion-directa/>  
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/2657/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-93.pdf>  
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5374/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-139.pdf>

### Instances where selected sources appear:

17

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios y al Divino Niño, por darme la fortaleza necesaria para afrontar todos los retos que se han planteado en el transcurso de mi vida estudiantil y así poder lograr el objetivo esperado.

A mis padres Oswaldo y Magaly, que gracias a ellos y con todas sus enseñanzas desde que nací, he sabido afrontar la vida universitaria de la mejor manera, a mis hermanas Johanna y Karla, por apoyarme siempre y nunca dejar de creer en mí, ante las adversidades que se puedan presentar.

A mi abuelita Myriam que gracias a sus consejos, amor y confianza que se me brinda cada vez que conversamos y podemos vernos, es por ello que siempre tengo su apoyo incondicional para seguir adelante y cumplir con mis metas y objetivos.

A mi tutor Ing. Marco Suarez Rodríguez, por su apoyo, guía y dedicación brindada hacia mí durante todo el periodo que ha durado el trabajo de investigación.

A la empresa CODEMET S.A., en especial al Ing. Francisco Hidalgo, gerente general de la empresa y a la Dra. Deifilia Montoya, representante técnico de la empresa, por su gentil colaboración y estima hacia mi persona, por la paciencia mostrada e interés en cada una de las preguntas que pudieron existir a lo largo de la investigación.

Gracias a todos mis amigos de la universidad, que gracias a su colaboración y paciencia, hemos podido salir adelante.

**Oswaldo David Morales Bravo**

## **DEDICATORIA**

Primero a Dios, por siempre darme la fortaleza necesaria para seguir adelante.

A mi padre, por siempre estar ahí y preocuparse que no me falte nada en la vida, por todo el cariño que me brinda, por enseñarme a hacer un hombre responsable, humilde y respetuoso hacia los demás, por enseñarme a que gracias al trabajo y al esfuerzo propio uno se gana el respeto y la estima de las demás personas.

A mi madre, por ser un ejemplo de mujer trabajadora y que lucha por sus sueños, gracias por el amor y cariño, que solo una mama puede tener hacia sus hijos, por enseñarme que nunca me rinda y que siempre luche hasta el final pase lo que pase.

A mis hermanas, por creer en mí y enseñarme que las cosas no siempre van a hacer fáciles, pero con que trabajo duro todos podemos salir adelante.

A mi abuelita, por ser un ejemplo de mujer luchadora y perseverante a pesar de todas las adversidades que la vida pueda tener, gracias por el amor y cariño que siempre tiene hacia mí.

A mi tío, porque gracias a todas las conversaciones que tuve con él, supe que esta era mi carrera y lo que quería ser por el resto de mi vida, gracias por ser un hombre luchador, trabajador y que siempre sigue adelante a pesar de todo.

**Oswaldo David Morales Bravo**

## **TUTOR**

---

**Ing. Suarez Rodríguez Marco**

**PROFESOR GUIA**

## **TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**Ing. Valarezo Pareja Lilia, Mgs.**

**Decana de la Facultad de Ingeniería**

---

**Ing. Alcívar Bastidas Stefany, Mgs.**

**OPONENTE**

---

**Ing. Varela Terreros Nancy, Mgs.**

**DOCENTE**



# **CALIFICACIÓN**

---

**Ing. Suarez Rodríguez Marco.**

**TUTOR**

## **TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**Ing. Valarezo Pareja Lilia, Mgs.**

**Decana de la Facultad de Ingeniería**

---

**Ing. Alcívar Bastidas Stefany, Mgs.**

**OPONENTE**

---

**Ing. Varela Terreros Nancy, Mgs.**

**DOCENTE**

# ÍNDICE GENERAL

<b>Capítulo 1</b> .....	<b>19</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>19</b>
1.1 Antecedentes.....	19
1.2 Planteamiento del Problema.....	20
1.3 Justificación de estudio.....	21
1.4 Objetivo General.....	21
1.5 Objetivos Específicos.....	21
1.6 Hipótesis.....	22
1.7 Alcance.....	22
1.8 Metodología.....	22
<b>Capítulo 2</b> .....	<b>24</b>
<b>Marco Teórico</b> .....	<b>24</b>
2.1 Antecedentes sobre el estudio de los inhibidores de Corrosión.....	24
2.2 Generalidades sobre las estructuras tradicionales de la ciudad de Guayaquil. ..	33
2.2.1 Edificios- Elementos de Hormigón y Acero de Refuerzo.....	33
2.2.2 Puentes- Elementos de Hormigón y Acero de Refuerzo.....	49
2.2.3 Pavimentos- Elementos de Hormigón y Acero de Refuerzo.....	51
2.3 Definición y Propiedades Fundamentales sobre el uso de Inhibidores de Corrosión .....	58
<b>Capítulo 3</b> .....	<b>64</b>
<b>Proceso Constructivo</b> .....	<b>64</b>
3.1 Uso del Inhibidor de Corrosión en el Sector de la Construcción, detallando las alternativas existentes.....	64
3.2 Edificios: Sistema Tradicional sin y con la utilización de inhibidores de corrosión, recalcando algo de complejidad en este tipo de estructura en las que tienen cercanía a ambientes salinos.....	72
3.3 Puentes: Sistema Tradicional sin y con la utilización de inhibidores de corrosión, señalando el grado de complejidad de este tipo de estructura, en función de los diferentes casos.....	89
3.4 Pavimentos: Sistema Tradicional sin y con la utilización de inhibidores de corrosión, señalando el grado de complejidad de este tipo de estructura, en función de los diferentes casos.....	98
<b>Capítulo 4</b> .....	<b>103</b>

<b>Análisis Comparativo de Costos .....</b>	<b>103</b>
4.1 Análisis de Precios Unitarios del acero de refuerzo en Edificios, con la utilización de inhibidores de corrosión.....	109
4.2 Análisis de Precios Unitarios del acero de refuerzo en Edificios, sin la utilización de inhibidores de corrosión.....	113
4.3 Análisis de Precios Unitarios del acero de refuerzo en Puentes, con la utilización de inhibidores de corrosión.....	116
4.4 Análisis de Precios Unitarios del acero de refuerzo en Puentes, sin la utilización de inhibidores de corrosión.....	119
4.5 Análisis de Precios Unitarios del acero de refuerzo en Pavimentos, con la utilización de inhibidores de corrosión. ....	122
4.6 Análisis de Precios Unitarios del acero de refuerzo en Pavimentos, sin la utilización de inhibidores de corrosión. ....	125
4.7 Análisis de Precios Unitarios con la utilización del Inhibidor de Corrosión para reparaciones tanto para edificios, puentes y pavimentos. ....	127
<b>Capítulo 5 .....</b>	<b>135</b>
<b>Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>135</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>138</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diferentes clasificaciones de los inhibidores de corrosión.....	31
Tabla 2. Presiones Admisibles en el Terreno de Cimentación .....	37
Tabla 3. Diámetro de Varillas de Acero.....	48
Tabla 4. Clasificación de Sub-Bases.....	53
Tabla 5. Clasificación de carreteras por su tipo de superficie. ....	54
Tabla 6. Especificaciones de las mallas electrosoldadas.....	56
Tabla 7. Especificaciones Generales de la barra lisa del Dowel. ....	57

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Representación gráfica del proceso que realiza el metal. ....	27
Figura 2. Materiales con mayor potencial anódico y catódico .....	28
Figura 3. Proceso de Corrosión en el acero de Refuerzo .....	29
Figura 4. Relación entre la concentración del inhibidor y la velocidad de corrosión.....	30
Figura 5. Relación entre la concentración del inhibidor y el grado de inhibición. .....	30
Figura 6. Ciudad del Río .....	34
Figura 7. Edificio ex Banco la Previsora .....	34
Figura 8. Diseño de una Zapata Rígida.....	38
Figura 9. Losa de Cimentación.....	39
Figura 10. Barrenado de Pilotes.....	40
Figura 11. Secciones típicas de las columnas.....	42
Figura 12. Secciones típicas de las vigas de hormigón.....	43
Figura 13. Secciones típicas de las vigas de hormigón.....	44
Figura 14. Losas Macizas.....	45
Figura 15. Losas Alivianadas .....	46
Figura 16. Losas Nervadas .....	46
Figura 17. Losas armadas en una dirección. ....	46
Figura 18. Losas armadas en dos direcciones.....	47
Figura 19. Puente de la Unidad Nacional .....	49
Figura 20. Esquema básico de las partes de un puente. ....	50
Figura 21. Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos. ...	52
Figura 22. Vía Santo Domingo- Esmeraldas .....	55
Figura 23. Dowels .....	57
Figura 24. Servicio de vida útil de una estructura de hormigón.....	58
Figura 25. Resultados sobre el estudio del primer inhibidor.....	60

Figura 26. Gráfica de la reparación del hormigón en el tiempo.....	62
Figura 27. Utilización del inhibidor de Corrosión en el Acero de Refuerzo.....	65
Figura 28. Protección de Rampas del Terminal Terrestre de Guayaquil.....	67
Figura 29. Galva Pulse.....	68
Figura 30. Tasa de Corrosión medida mediante lecturas de GalvaPulse.....	69
Figura 31. Canal Interagua Sector Puente Portete- PJ.....	70
Figura 32. Muro de Contención- Ducto Cajón Casuarina.....	71
Figura 33. Edificio de la Contraloría General del Estado.....	73
Figura 34. Mapa conceptual de los componentes de un Sistema Estructural ..	75
Figura 35. Tipos de pilotes según su forma de trabajo.....	76
Figura 36. Armadura de un Pilote.....	77
Figura 37. Tipo de Cimentación Directa.....	78
Figura 38. Planta Esquemática de tipos de cimentaciones directas.....	79
Figura 39. Armado de una Zapata.....	79
Figura 40. Armado típico de una columna.....	81
Figura 41. Fases de la Corrosión .....	82
Figura 42. Armaduras de vigas preparadas para colocar en el encofrado.....	83
Figura 43. Efectos de la Corrosión en la viga.....	83
Figura 44. Efectos de la Corrosión en la viga.....	85
Figura 45. Efectos de la Corrosión en la viga.....	86
Figura 46. Efectos de la Corrosión en la viga.....	87
Figura 47. Efectos de la Corrosión en la viga.....	88
Figura 48. Efectos de la Corrosión en el Puente 5 de Junio.....	92
Figura 49. Reparación del Puente de la Calle Portete.....	94
Figura 50. Puente de la Calle A, Guayaquil.....	95
Figura 51. Autoridad Portuaria de Guayaquil.....	96
Figura 52. Calle Rodolfo Baquerizo Nazur, Sector la Alborada.....	99

Figura 53. Calle Rodolfo Baquerizo Nazur, Sector la Alborada.....	100
Figura 54. Análisis de Precios Unitarios Equipo.....	105
Figura 55. Análisis de Precios Unitarios Mano de Obra. ....	105
Figura 56. Análisis de Precios Unitarios Materiales. ....	106
Figura 57. Análisis de Precios Unitarios Transporte.....	107
Figura 58. Análisis de Precios Unitarios Costo Total del Rubro. ....	107
Figura 59. Análisis de Precios Unitarios en edificios sin el inhibidor de Corrosión .....	109
Figura 60. APU sin el inhibidor de Corrosión para edificios. ....	113
Figura 61. APU de puentes con inhibidor de Corrosión Cortec MCI-2005 NS	116
Figura 62. APU de Puentes sin el inhibidor de corrosión. ....	119
Figura 63. APU de pavimentos con la utilización del inhibidor de corrosión ..	122
Figura 64. APU de pavimentos sin la utilización del inhibidor de corrosión....	125
Figura 65. APU de edificios con el inhibidor Cortec MCI-2020 para efectuar reparaciones.....	129
Figura 66. APU de puentes con la utilización del inhibidor Cortec MCI-2020 para efectuar reparaciones.....	131
Figura 67. APU para pavimento rígido con el inhibidor Cortec MCI-2020 para reparaciones.....	133

# Anexos

## Listado de Anexos

Anexo 1. Fotos de la Ciudad de Guayaquil en la Actualidad.....	139
Anexo 2. Fotos de Pavimentos.....	141
Anexo 3. Fotos de Aplicación del Inhibidor en distintas partes del Ecuador. .	143
Anexo 4. Tipos de Cimentación de Puentes. ....	146
Anexo 5. Tipos de Pilas y Sección Típica de un Puente. ....	147
Anexo 6. Diseño de una Viga Cabezal.....	149
Anexo 7. Carta Codemet “5 de Junio”. ....	150
Anexo 8. Fotos del Puente 5 de Junio en la actualidad.....	151
Anexo 9. Autoridad Portuaria de Guayaquil. ....	154
Anexo 10. Fotos de la Calle Rodolfo Baquerizo Nazur .....	156
Anexo 11. Hoja de Cálculo de Precios Unitarios .....	158
Anexo 12. Costo del Inhibidor Codemet para hormigón fresco. ....	159



## RESUMEN

En el presente proyecto de investigación se puede hablar sobre la determinación de la necesidad de utilizar inhibidores de corrosión para el acero de refuerzo, en un medio como Guayaquil, el mismo que se puede entender como la utilización de un aditivo que va a proteger al acero ante los agentes dañinos de la corrosión como son el agua y el aire, los cuales activan este mal que ha sido tema de estudio por muchos años por parte de las autoridades competentes.

En Estados Unidos existe una entidad denominada NACE “National Association of Corrosion Engineers.”, que traducido es la Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión, que fue fundada en 1943 por once ingenieros de corrosión de la industria de la tubería.

Se puede decir que para el presente trabajo, Se va a estudiar dos clases de inhibidores de corrosión, el primero que se lo utiliza para hormigón fresco o mortero y el segundo que se lo utiliza para hormigón endurecido, este último es para efectuar reparaciones cuando la corrosión ya apareció en la estructura y se desea reparar antes que demoler la misma.

Se ha definido tres tipos de estructuras las cuales van a hacer edificios, puentes y pavimentos, dichas estructuras son las más comunes en la ciudad y las que deben de ser protegidas con este inhibidor debido a su importancia, como se puede definir a lo largo de este proyecto y se sustentará con fotografías y entrevistas a ingenieros que están dedicados a diseñar y construir estos elementos.

**Palabras Claves:** inhibidor, corrosión, acero de refuerzo, hormigón fresco, hormigón endurecido, análisis de precios unitarios, columnas, estribos, pavimento.

## ABSTRACT

In this research project you can talk about the determination of the need for corrosion inhibitors for reinforcing steel, in a medium such as Guayaquil, the same can be understood as the use of an additive that will protect steel to harmful corrosion agents such as water and air, which activate this evil that has been the subject of study for many years by the competent authorities.

In the United States there is an entity called NACE "National Association of Corrosion Engineers.", Which translated is the National Association of Corrosion Engineers, which was founded in 1943 by eleven engineers corrosion pipe industry.

One can say that this work is going to study two classes of corrosion inhibitors, the first thing it used to fresh concrete or mortar and the second that it is used for hardened concrete, the latter is to make repairs when the corrosion and appeared in the structure and want to repair rather than demolish it.

It defined three types of structures which will make buildings, bridges and pavements, such structures are common in the city and which must be protected with this inhibitor because of its importance, as can be defined along this project and will be supported with photographs and interviews with engineers who are dedicated to design and build these elements.

**Keywords:** inhibitor, corrosion, steel reinforcement, fresh concrete, hardened concrete, analysis of unit prices, columns, stirrups, pavement.

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1 Antecedentes.

A través de los años, los responsables de las diferentes ramas de la ingeniería, con el fin de poder hacer que sus estructuras tengan más tiempo de vida útil y no se vean tan afectados por la corrosión que puede existir. Se han visto en la necesidad de estudiar un caso nuevo como es el tema de la corrosión del acero de refuerzo, puesto que en un ambiente como el de Guayaquil las estructuras se ven afectadas muy rápido por dicha corrosión, se ha tenido múltiples afectaciones en estructuras de vital importancia como son las de almacenamiento de agua de la empresa Interagua, así también como en los diferentes puentes y distribuidos de tráfico que están ubicados a lo largo de la ciudad, como el de la Avenida Perimetral, Avenida Francisco de Orellana, Avenida Carlos Julio Arosemena, que ya han sido tratados con estos sistemas de inhibidores por su deterioro que han mostrado.

Es por ello que en la actualidad se viene estudiando y poniendo en práctica este método llamado, Inhibidores de Corrosión, que toman dicho nombre porque no permiten que el acero se corra de manera inmediata sino que atrasan su proceso, para así prolongar la vida útil de las estructuras.

Existen estudios que dicen que prevenir es mucho más barato que corregir estos errores en las estructuras. Porque se dice todo esto porque en el Ecuador para el año 2001 se gastó 1'188,000.000 millones de dólares para reparación de las estructuras dañadas por la corrosión, esto quiere decir que se destinó el 3% del PIB en reparaciones para ese año. Entonces con la adopción de medidas preventivas es posible reducir hasta en un 30% los millonarios costos por corrosión que sufren las estructuras.

Por todo lo que se ha planteado en la actualidad las personas se han visto en la necesidad de que las obras de ingeniería civil no se vean afectadas por la corrosión en su acero de refuerzo, sino que tengan un completo funcionamiento

y no fallen, para así salvaguardar la vida de las personas que las utilizan o sean completamente funcionales y no demanden de millonarios gastos al país por conceptos antes mencionados.

## **1.2 Planteamiento del Problema.**

Todas las estructuras de hormigón son diseñadas para brindar una larga vida de servicio. Típicamente 50 años, desafortunadamente, numerosas estructuras fallan mucho antes de alcanzar esa meta, demandando al estado, millonarios recursos en reparación y reconstrucción.

En la ciudad de Guayaquil por su cercanía al mar tiene un ambiente salino sobre todo en el río Guayas, este desemboca en el mar, es por ello que las edificaciones que están cerca al malecón o las nuevas urbanizaciones se vieron afectadas hace algunos años por el tema de la corrosión en su subestructura y algunos daños en la superestructura.

Es por este ambiente salino que las construcciones civiles se han visto en la necesidad de que sean objeto de estudio por parte de los ingenieros civiles, presentan muestras de corrosión en su acero de refuerzo, como los ejemplos antes mencionados y también algunas viviendas con muchos años de construcción. Es por ello que se han visto en la obligación de poner en práctica este tema nuevo para el país y utilizar en nuestras estructuras los inhibidores de corrosión. Debido a que muchas estructuras no cuentan con estos inhibidores porque es una nueva tecnología y no estaba desarrollada en su totalidad, además se creía que tenían un costo muy alto para poder aplicarlos o simplemente no se tomaba como necesidad hacerlo.

Se puede decir que el problema no es actual, puesto que la corrosión en el acero existe desde hace mucho tiempo, pero ahora se le ha dado la importancia necesaria para poder combatirlo con productos como son los inhibidores de primera generación, que hacen que se retarde el proceso químico que tiene el acero y así poder llegar a la vida útil que deben tener las estructuras.

### **1.3 Justificación de estudio.**

Debido al deterioro de las estructuras que tienen muchos años de construcción pero que no están ni cerca de la vida útil que deben de tener, producto de la corrosión, es por esto que se debe hacer un estudio del porque se debe usar los inhibidores para el acero de refuerzo y dar una herramienta necesaria a los diseñadores de estructuras, a los ingenieros constructores, etc. Para que sus estructuras no se deterioren tan rápidamente y que utilicen estos inhibidores de corrosión.

Se demostrará que es viable utilizar este sistema de inhibidores para cualquier requerimiento estructural, con el fin de protegerlas especialmente del contacto con el agua o aire, porque estos elementos son los detonantes para que se produzca la corrosión. Este tema es de suma importancia para la ejecución de un proyecto debido a que muchos especialistas recomiendan que se proteja los elementos estructurales más importantes, es por ello que el uso de los inhibidores de corrosión llamados de primera generación se ha vuelto un tema de debate en las construcciones civiles ya que se decide entre utilizar el inhibidor o no utilizarlo.

Se debe demostrar que el correcto uso de este inhibidor va a ser que las estructuras cumplan con su vida útil y el no utilizarlo va a llevar a problemas serios en las estructuras que después se deberán reparar generando costos altos para las entidades gubernamentales o para las personas naturales que tienen sus edificaciones.

### **1.4 Objetivo General.**

Analizar la utilización de inhibidores de corrosión para el acero de refuerzo en la construcción de elementos de hormigón armado, en la ciudad de Guayaquil

### **1.5 Objetivos Específicos.**

Evaluar el grado de complejidad de los elementos de hormigón armado en diferentes edificaciones específicamente el acero de refuerzo.

Determinar las diferentes alternativas de inhibidores de corrosión a utilizar en el acero de refuerzo.

Plantear la mejor decisión a tomar para los diseñadores y constructores en futuros proyectos.

## **1.6 Hipótesis.**

Con el análisis de la utilización de inhibidores de corrosión para el acero de refuerzo en la construcción de elementos de hormigón armado, en la ciudad de Guayaquil las estructuras alargarían su vida útil, ya que evitarían la temprana corrosión y su colapso.

## **1.7 Alcance.**

Es de suma importancia el desarrollo de esta investigación, debido a que solo así se puede tener un análisis veraz y efectivo acerca del uso de los inhibidores de corrosión, de forma tal que permita especialmente a los diseñadores de estructuras, y a los ingenieros constructores y fiscalizadores en las entidades privadas, y funcionarios de las entidades públicas así como técnicos de las mismas, para que puedan escoger si es el caso, la mejor alternativa en inhibidores de corrosión para cualquier requerimiento, especialmente en una estructura con alguna complejidad, en función de su ubicación geográfica, su contacto con el agua, de la cota de cimentación, de su tiempo de ejecución y sobre todo el aspecto económico.

Se debe recalcar que este aspecto económico suele tornarse en algo crucial en la ejecución de un proyecto de ingeniería, puesto que si el precio del proyecto es muy elevado no se puede ejecutar, pero en otras ocasiones se ejecuta porque la obra es un interés nacional. También el proyecto se puede ejecutar debido a su rentabilidad sería alta comparado con el costo del mismo.

Este tema servirá para consultas académicas por parte de todos los estudiantes de la facultad de ingeniería, así como para otras facultades y universidades.

## **1.8 Metodología.**

El tema a desarrollarse consiste en aplicar la siguiente metodología:

- Se escogerá tres estructuras de hormigón armado en períodos diferentes de ejecución

- Se auscultará la realidad física y mecánica de los diferentes componentes, haciendo hincapié en el acero de refuerzo.
- Se buscará una solución técnica viable para cada uno de los casos,
- De los datos técnicos-estadísticos, se podrán sacar importantes conclusiones, que permitan tener una óptica mejor en este tema.
- De lo indicado, se pueden recomendar algunas alternativas en cuanto a inhibidores de corrosión, dependiendo de las diversas circunstancias técnicas halladas
- Se hará un estudio pormenorizado de las características de los inhibidores de corrosión, incluyendo si es necesario las pruebas del laboratorio, y luego de ello la correspondiente decisión para su aplicación en función del tipo de estructura a construirse a futuro.
- Se debe culminar, con una conclusión y con las debidas recomendaciones que guíen a los técnicos involucrados en los proyectos de Ingeniería y demostrar la importancia del tema propuesto o si es posible determinar hasta qué punto, dependiendo de algunos factores, se deba utilizar estos inhibidores de corrosión en todos los proyectos en la ciudad de Guayaquil.

## Capítulo 2

### Marco Teórico

#### 2.1 Antecedentes sobre el estudio de los inhibidores de Corrosión.

El estudio de estos inhibidores de corrosión y todo lo que tiene que ver con este tema se desarrolla en los Estados Unidos que es el país más preocupado y organizado en el estudio de la corrosión en las infraestructuras existentes y por construirse.

Existe un instituto en este país especializado en el tema de la corrosión denominado NACE “National Association of Corrosion Engineers.”, que traducido al español es la Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión, que fue fundada en 1943 por once ingenieros de corrosión de la industria de la tubería, cuando se introdujo el estudio de la protección catódica, desde entonces la NACE International se ha convertido en el líder mundial en el desarrollo de la prevención de la corrosión y las normas de control, certificación y la educación. Los miembros de esta asociación tienen ingenieros especializados en el tema así como un sin número de profesionales que trabajan en una variedad de áreas relacionadas con el control de la corrosión.

Desde entonces se viene adoptando en algunos países de América Latina estas normas americanas que son muy reconocidas a nivel mundial porque tienen mucha experiencia en el estudio de la corrosión para las distintas áreas de la ingeniería como son:

- Aeroespacial y Militar.
- Químicos y productos relacionados.
- Electricidad, Equipo Eléctrico/ Componente.
- Servicio Sanitario.
- Industrial y Agua Potable.
- Infraestructura y Transporte.
- Energía y Servicios Públicos.
- Marina.
- Otros.



Es en esta asociación que nace el tema de los inhibidores de corrosión para evitar que sus estructuras más importantes en ese entonces como eran oleoductos, plantas potabilizadoras de agua potable, carreteras, producciones petroleras, industria marítima; no se deterioren tan rápido y no cumplan su vida útil.

Para poder comprender acerca del uso de los inhibidores de corrosión para el acero de refuerzo, primero se debe de saber que es la corrosión, preguntarnos porque se produce y que factores hacen producir la corrosión; es por ello que se revisará los conceptos básicos acerca del tema para su correcta interpretación y entendimiento sobre la corrosión.

Se debería empezar con algunas definiciones o conceptos básicos acerca de la corrosión, tomados de los diferentes libros y folletos que se han investigado, sobre todo libros de química puesto que este proceso de la corrosión tiene mucho que ver con esta materia, este se produce por un proceso interno químico, ya que trata de hacer que el acero de refuerzo vuelva a su estado inicial.

A continuación se citará algunos conceptos acerca de la corrosión, tomados de los libros que se mencionarán en las citas bibliográficas:

Se denomina corrosión al ataque destructivo que sufre un material, generalmente metálico, por reacción química o electroquímica con su medio ambiente (atmósfera, suelo, agua, etc.).

“El termino corrosión suele referirse normalmente al ataque de los metales, aunque otros materiales no metálicos, como las cerámicos y los polímeros, también pueden ser deteriorados por ataques químicos directos, pero en estos casos suele utilizarse el termino degradación.” (Hijes, 2004)

“Se denomina corrosión a los mecanismos que implica un proceso de reacción puramente químico y supone una oxidación (en un sentido más estricto de pérdida de electrones por parte del metal) de toda la superficie por igual”. (Científicas, Consejo Superior de Investigaciones, 1991).

“Es la pérdida o deterioro de las propiedades físicas y/o químicas de un metal, sobre todo el hierro, al interactuar con su medio. Sucede naturalmente,

transformándose el metal en un óxido, (reacción anódica, donde ocurre la disolución del metal) que es un compuesto más estable, por el cual el metal vuelve a su estado anterior u original, que es el que tenía antes del proceso metalúrgico”. (Maurin)

Después de haber leído estos conceptos se puede decir que la corrosión es el deterioro o degradación de un material debido a su interacción con el medio ambiente, todo material se corroe por la acción de un agente que hace activar la corrosión (agua y aire), y esto hace que reduzca su calidad y disminuyan sus propiedades, apariencia y utilidad. También se puede decir que la corrosión es el regreso del metal a su estado natural (mineral); esto es un proceso natural que experimentan todos los metales, convirtiéndose en óxidos y esto produce a su vez un deterioro a largo plazo. Este proceso es de forma permanente debido a que ellos están siempre en contacto con los agentes que la provocan, como son el agua, el oxígeno del aire y estos últimos años se ha visto la corrosión en el acero de refuerzo, que es el tema que se hará mayor referencia.

Existen varios factores que intervienen en el proceso de la corrosión, en la elección de medios deben tenerse en cuenta algunos factores que intervienen en el proceso de la corrosión y se dará una lista de las características que son las más relevantes para que exista la corrosión:

1. Agua: Agua de Mar; Agua Dulce; Las aguas de Minas.
2. Suelo: Estratificación del Suelo; Nivel Freático; Efectos Biológicos; Efectos físicos en el suelo tales como dilatación o contracción de la arcilla, la posibilidad de efectos electroquímicos, la Permeabilidad del Terreno, Estado del Terreno.
3. Aire
4. Velocidad con que se mueven las partículas.

Para concluir se puede decir que los principales agentes que hacen que la corrosión se active son el agua y el aire, esto hace que en los metales se crea una lámina llamada comúnmente “Costra”; esto quiere decir que el metal quiere

volver a su estado natural y que si no se lo protege, perderá las funciones que tiene y no cumplirá con su objetivo.



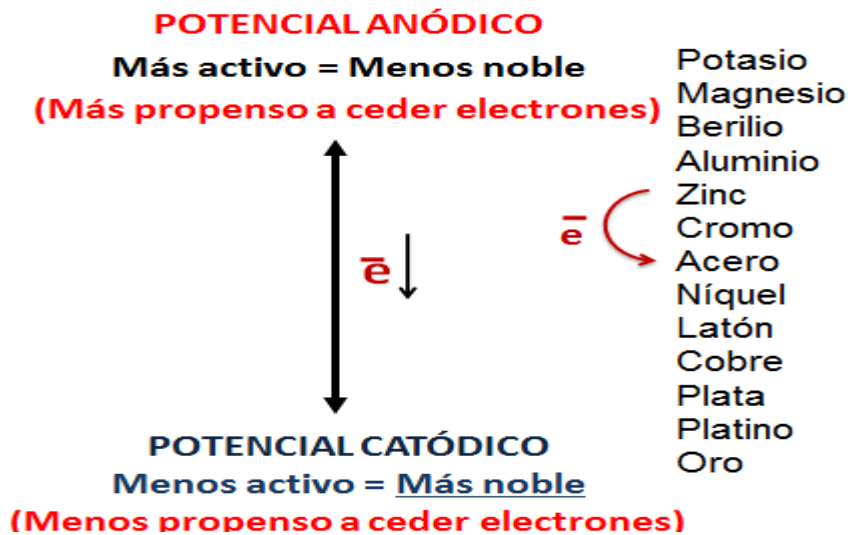
**Figura 1.** Representación gráfica del proceso que realiza el metal.

**Fuente.** Codemet

Se hace referencia a la velocidad de corrosión, que depende de dos factores:

1. Depende del Tipo de Metal
2. Impacto del Medio Ambiente

En cuanto al tipo de metal se debería decir que depende de su serie galvánica es decir que tiene potencial anódico o catódico, la potencia anódica quiere decir que es más activo y menos noble y el potencial catódico es menos activo y más noble. A continuación se dará a conocer como se produce este proceso de acuerdo a los metales que se tiene en consideración, en la figura 2, se podrá ver los metales más propensos a ceder electrones y los que son menos propensos.



**Figura 2.** Materiales con mayor potencial anódico y catódico

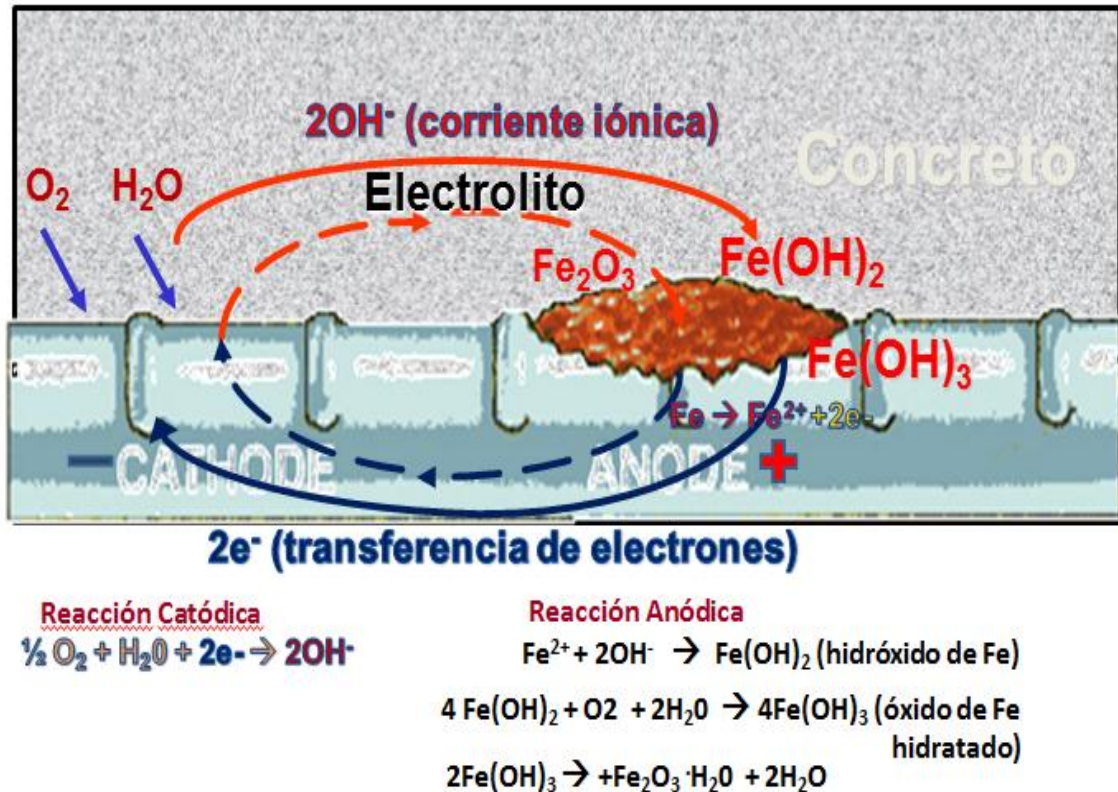
**Fuente:** Codemet.

En cuanto al acero de refuerzo se puede decir que la protección que tiene para que este agente no se active es el recubrimiento en el hormigón, pero se hará la pregunta cómo se activa, es por la aparición de micro fisuras que existen en el elemento de hormigón armado, que hacen que llegue el agua y el aire hasta el acero de refuerzo.

Se puede decir también que las varillas del concreto, o el acero de refuerzo ocurre la corrosión por la suma de varios procesos químicos y electroquímicos que toman lugar en tres diferentes lugares. En este caso el papel más importante lo tiene el concreto que como ya se lo menciono antes este permite que pase el agua a través de los poros de la matriz cementosa. Es por ello que los iones se mueven a través de los pequeños poros del concreto hasta la varilla de acero o acero de refuerzo. Al mismo tiempo también ingresa el oxígeno que contiene el aire natural.

La acción en el acero de refuerzo es la oxidación de los iones ferrosos en iones férricos y la precipitación de óxidos de acero. La disolución de estos iones tienden a hacer más negativos el cátodo, y el oxígeno tiende a acelerar esta reacción en el cátodo. Si uno interfiere alguna reacción entonces va a interferir el proceso de corrosión. En la siguiente imagen se puede observar el proceso

químico que se realiza en el acero de refuerzo con sus respectivas formulas químicas.



**Figura 3.** Proceso de Corrosión en el acero de Refuerzo

**Fuente.** Quimilock

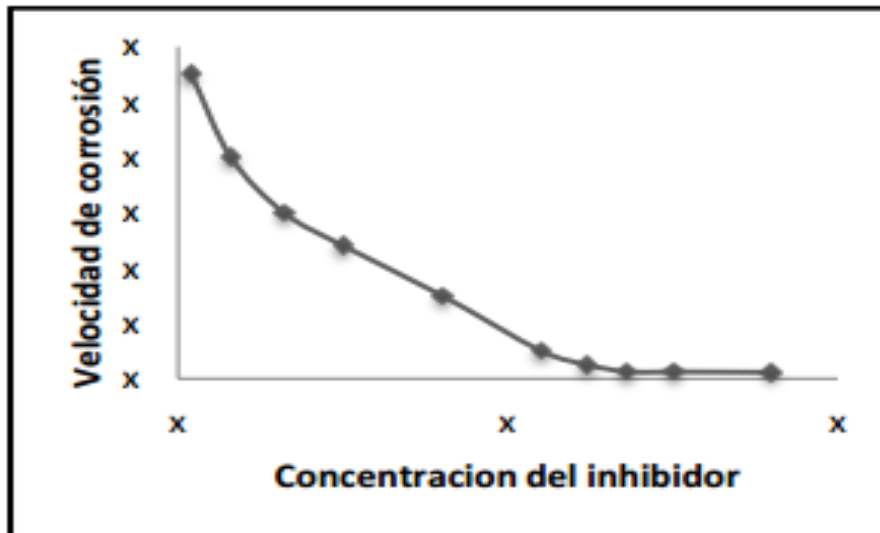
Es por todo este problema que se ha venido estudiando el uso de los inhibidores de corrosión para impedir este proceso químico, y poder retardarlo hasta que las estructuras puedan cumplir su vida útil o hasta más años dependiendo el caso y la agresividad con la que se ve afectado el elemento.

Una vez que se identificaron todos estos problemas en el acero de refuerzo se vio la necesidad de utilizar y estudiar los inhibidores de corrosión para así poder retardar por décadas la activación de la corrosión.

### INHIBIDOR DE CORROSIÓN

Se denomina inhibidor a un material que fija o cubre la superficie metálica, dándole a esta superficie un recubrimiento o una película protectora contra la corrosión, este reactivo se adhiere al metal provocando una disminución o eliminación de la agresividad corrosiva. En cierto sentido, un inhibidor puede

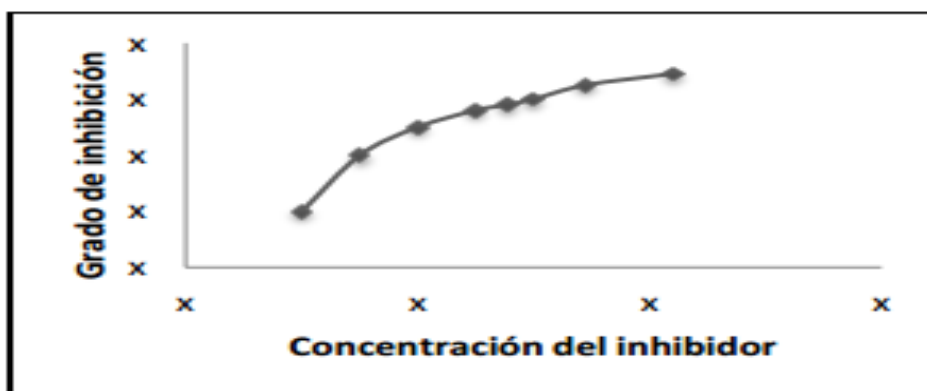
considerarse como lo opuesto a un catalizador. También en un concepto no tan técnico los inhibidores de corrosión son una vacuna que eleva las defensas de la armadura contra el ataque de humedad, salinidad y carbonatación.



**Figura 4.** Relación entre la concentración del inhibidor y la velocidad de corrosión.

**Fuente:** Manual de Anticorrosión, Alexandre J. Maurin.

Como se puede observar en la gráfica a mayor concentración del inhibidor, la velocidad de corrosión es menor, es decir se reduce considerablemente el proceso químico que se produce en el interior del acero de refuerzo, en la figura 4, se puede observar el grado de inhibición en el eje Y y la concentración del inhibidor en el eje X, lo que se debería concluir que a mayor concentración de la sustancia inhibidora el grado de inhibición va a ser más alto.



**Figura 5.** Relación entre la concentración del inhibidor y el grado de inhibición.

**Fuente:** Manual de Anticorrosión. Alexandre J. Maurin

La utilización de los inhibidores de corrosión en nuestro país es un estudio muy joven y documentos revelan que hace veinte años se utilizó los primeros inhibidores de corrosión y un estudio independiente publicado por la revista Material Journal de la ACI, Sep.Oct. 1995, revela severo deterioro del hormigón, al ser expuesto a una solución de nitrito de calcio, dos semanas después de la fundición. Se puede decir también que los inhibidores de corrosión son un método eficaz y económico para la protección de los metales frente al ataque químico en que se los va a utilizar, comparando con los altos costos que demanda la reparación de las estructuras que están en proceso de corrosión. La aplicación de estos inhibidores se puede hacer a cualquier sistema que sufre corrosión. Existen varias sustancias en el mundo que son capaces de actuar como inhibidores. Los inhibidores solían ser sustancias químicas naturales, luego comenzaron a emplearse distintos productos químicos, y recientemente se ha denominado los inhibidores de corrosión de última generación, en la tabla 1 se puede observar una clasificación de los inhibidores dependiendo de su composición, su mecanismo, su aplicación y el proceso parcial que interfieren.

<b>Clasificación</b>	<b>Tipo de inhibidor</b>
<i>Por su composición</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aniones inorgánicos: <math>\text{CrO}_4^{2-}</math>, <math>\text{NO}_2^-</math>, <math>(\text{PO}_3)_x^{3-}</math>.</li> <li>- Cationes inorgánicos: <math>\text{Sb}^{3+}</math>, <math>\text{Zn}^{2+}</math>, <math>\text{Ca}^{2+}</math>.</li> <li>- Moléculas inorgánicas: <math>\text{Na}_2\text{SO}_3</math>, <math>\text{FeSO}_4</math>.</li> <li>- Moléculas orgánicas: aminas, alcoholes acetilénicos, mercaptanos, benzotriazol, etc.</li> </ul>
<i>Por su mecanismo</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inhibidores de interfase.</li> <li>- Inhibidores de membrana.</li> <li>- Inhibidores de capa difusa.</li> <li>- Inhibidores pasivantes.</li> <li>- Neutralizadores.</li> <li>- Captadores de oxígeno</li> </ul> <p>* (muchos incluyen aquí a los anódicos, catódicos y mixtos)</p>
<i>Por su aplicación</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inhibidores de decapado.</li> <li>- Inhibidores de fase vapor</li> <li>- Inhibidores en soluciones alcalinas.</li> <li>- Inhibidores para soluciones de cloruros.</li> <li>- Inhibidores para agua de calderas</li> <li>- Inhibidores para agua potable.</li> <li>- Inhibidores para anticongelantes.</li> <li>- Inhibidores para pinturas.</li> <li>- Inhibidores para productos petrolíferos.</li> <li>- Inhibidores para hormigón armado, etc.</li> </ul>
<i>Por el proceso parcial que interfieren</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inhibidores anódicos.</li> <li>- Inhibidores catódicos.</li> <li>- Inhibidores mixtos.</li> </ul>

**Tabla 1.** Diferentes clasificaciones de los inhibidores de corrosión

**Fuente:** Corrosión y Protección Metálicas, Vol. 1

Otro aspecto importante en cuanto a la clasificación de los inhibidores es el tipo de inhibidor que se tiene, aparte se tiene que tener en cuenta que resulte rentable y, de hecho en la práctica si se han evidenciado la utilidad que tienen los inhibidores y así mismo en nuestro país se ha difundido su uso en un número limitado de inhibidores es por esto que en nuestro país se puede observar la comercialización de dos tipos de inhibidores de corrosión llamados de nueva generación los cuales se enumeraran a continuación:

1. Inhibidor de corrosión para hormigón fresco o mortero
2. Inhibidor de corrosión migratorio para hormigón endurecido.

**Inhibidor de corrosión para hormigón fresco o mortero.-** Es un inhibidor de corrosión migratorio (MCI) basado en Carboxilato de Amina que extiende por décadas la vida de servicio de las estructuras, al postergar de dos a tres veces el periodo de activación de la corrosión.

Este inhibidor es un líquido incoloro que se le adhiere en el hormigón fresco cuando este se está mezclando en una concretera o mixer, en pocas palabras es un aditivo.

**Inhibidor de corrosión migratorio para hormigón endurecido.-** Es un inhibidor de corrosión migratorio de nueva formulación que se aplica con brocha, rodillo o soplete sobre las superficies de hormigón endurecido, con la finalidad de extender la vida de servicio al postergar significativamente el periodo de activación de la corrosión en la armadura.

Para concluir se puede decir que el estudio de la corrosión lleva alrededor de más de 70 años, pero en el Ecuador hace unos 20 años se ha tomado conciencia sobre este tema tan importante y los estudios realizados en el 2001 han revelado que alrededor de \$ 1.188.000 millones de dólares se han destinado para la reparación de estructuras que están en el proceso de corrosión; esto quiere decir que alrededor del 3% del PIB de ese año se destinó a la reparación de estructuras de vital interés para el país. Todo este dinero se podría destinar para otras obras si se tiene una cultura de protección o si es que se puede prevenir con anticipación, es decir en su fase de construcción.



Y porque se señala estas medidas preventivas y se hace hincapié en ello; porque estudios revelan que la adopción de medidas preventivas, es posible reducir hasta un 30% de los millonarios costos por corrosión que afectan a la infraestructura, competitividad, retención del empleo y al medio ambiente. (Tomado del Acta del Congreso de Estados Unidos).

La utilización de un inhibidor de corrosión como medida preventiva, tiene que ser la mejor opción; para abaratar costos de mantenimiento e invertir ese dinero en otras obras en el sector público y que se convierta en un ahorro en el sector privado. Es por esto que se debe invertir el dinero en utilizar estos productos para el acero de refuerzo.

## **2.2 Generalidades sobre las estructuras tradicionales de la ciudad de Guayaquil.**

### **2.2.1 Edificios- Elementos de Hormigón y Acero de Refuerzo.**

#### **Edificios**

Los edificios de la ciudad de Guayaquil en algunas zonas, ya están cerca de cumplir su vida útil o el periodo de tiempo para el que fueron diseñados, es por ello que ya se está evidenciando el deterioro en su estructura, con el desprendimiento del hormigón que lo recubre o con la falla de elementos estructurales de vital importancia, por motivo de un proceso químico que existe en el acero de refuerzo (Ver Figura 3).

Para poder entender un poco más sobre los elementos importantes que debe de tener una estructura se dará unos conceptos básicos acerca de ellos, primero se debe enumerar algunos conceptos sobre lo que es un edificio.

“Construcción estable, hecha con materiales resistentes, para ser habitada o para otros usos.” (RAE, 2016)

“Es una construcción dedicada a albergar distintas actividades humanas: vivienda, templo, teatro, comercio, etc.” (Montero)

En conclusión de los conceptos antes mencionado se puede decir que un edificio es una construcción estable que tiene que tener más de dos pisos y que se la

construye con materiales resistentes y duraderos para que esta sea destinada a distintas actividades o necesidades que tiene su dueño.

Los principales usos para los cuales están destinadas las edificaciones son para vivienda, trabajo o negocio como puede ser un centro comercial, estos tienen que garantizar que serán estables y protegerán la vida de las personas que van a hacer uso de esta edificación.

A continuación se puede observar unas imágenes de las edificaciones más representativas de la ciudad de Guayaquil, y otras edificaciones se podrán ver en el Anexo 1.



**Figura 6.** Ciudad del Río

**Fuente:** Consorcio Nobis



**Figura 7.** Edificio ex Banco la Previsora

**Fuente.** Diario el Comercio

A continuación se dará a conocer los principales elementos de hormigón armado que deben de tener los edificios, estos elementos varían su tamaño y sus dimensiones de acuerdo al número de pisos que va a tener el edificio; por lo tanto sus elementos no serán iguales para un edificio de 3 pisos como para un edificio de 10 o 15 pisos.

En cuanto a su composición de los elementos serán los mismos que todos los edificios tienen cimentación, vigas, columnas y losas; pero como ya se mencionó antes las dimensiones cambian. Estos elementos que se mencionan no son los únicos elementos que lo componen, pero se hará énfasis solo en los más importantes y los que contengan acero de refuerzo, porque el tema de investigación se concentra en esta área porque es el que sufre afectaciones por la corrosión.

Se debe de tomar en cuenta que las edificaciones más altas, es decir que tienen una cantidad de pisos considerables necesitan de una cimentación a base de pilotes, en la ciudad de Guayaquil como se puede saber tiene un nivel freático muy bajo, por su cercanía a la costa ecuatoriana y esto hace que el estrato de suelo rocoso o firme se encuentra a una profundidad mayor, en cambio para las edificaciones pequeñas no se necesita esta cimentación.

### **Elementos de Hormigón Armado y Acero de Refuerzo.**

Entre los principales elementos de hormigón armado que tiene una edificación se tienen: la cimentación, las vigas, las columnas y losas; las cuales tienen una armadura de acero que permite que se transmita los esfuerzos de tensión, en el hormigón es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión pero no de tensión.

Las cimentaciones son elementos de vital importancia para los edificios, puesto que en ella se transmitirán todas las cargas que existirán en la edificación para que se disipen en el suelo y así soportar el peso de la misma. En la cimentación existe acero de refuerzo de gran tamaño es decir las varillas corrugadas son de 25 a 32 milímetros de espesor aproximadamente, ellas soportaran el esfuerzo a tensión del edificio.

A continuación se debería enumerar y dar unos conceptos básicos acerca de los elementos más importantes e indispensables que existen en las diferentes estructuras que hay en la ciudad de Guayaquil y así poder entender mejor de lo que se está hablando.

## **Cimentaciones**

**Concepto.-** El cimiento es aquella parte de la estructura encargada de transmitir al terreno las cargas que soporta, dando estabilidad al conjunto. (Merlo)

La cimentación constituye el elemento intermedio que permite transmitir las cargas que soporta una estructura al suelo subyacente, de modo que no rebase la capacidad portante del suelo, y que las deformaciones producidas en este sean admisibles para la estructura. (Tecnica, 2002)

En pocas palabras se puede decir que la cimentación es la parte estructural que va a soportar las cargas que van a actuar en la edificación que se va a construir y que tiene que soportar los esfuerzos admisibles del suelo y la estructura de forma equilibrada para que así no se levante.

Existen algunos tipos de cimentaciones las cuales las se citará a continuación:

- Cimentaciones Superficiales.
- Cimentaciones Profundas.

**Cimentaciones Superficiales.-** Las cimentaciones superficiales son aquellas que la capacidad del suelo es mayor que las cargas que van a actuar en la edificación, es decir la capacidad portante es mucho mayor a la capacidad de la estructura.

Se utiliza las cimentaciones superficiales en casos en que la edificación sea liviana o en el área donde se va a construir exista un estrato duro.

En la tabla 2 se puede observar las presiones admisibles en el terreno de cimentación, las cuales varían de acuerdo a la naturaleza del terreno, esto se debe a que no es lo mismo cimentar sobre roca que hacer la misma cimentación en un terreno fangoso.

Naturaleza del terreno	Presión admisible en kg/cm <sup>2</sup> , para profundidad de cimentación en metros de:				
	0	0.5	1	2	>3
1. <i>Rocas (1)</i>					
No estratificadas	30	40	50	60	60
Estratificadas	10	12	16	20	20
2. <i>Terrenos sin cohesión (2)</i>					
Graveras	-	4	5	6.3	8
Arenosos gruesos	-	2.5	3.2	4	5
Arenosos finos	-	1.6	2	2.5	3.2
3. <i>Terrenos coherentes</i>					
Arcillosos duros	-	-	4	4	4
Arcillosos semiduros	-	-	2	2	2
Arcillosos blandos	-	-	1	1	1
Arcillosos fluidos	-	-	0.5	0.5	0.5
4. <i>Terrenos deficientes</i>	En general resistencia nula, salvo que se determine experimentalmente el valor admisible.				
Fangos					
Terrenos orgánicos					
Rellenos sin consolidar					
OBSERVACIONES:					
(1) a) Los valores que se indican corresponden a rocas sanas, pudiendo tener alguna grieta.					
b) Para rocas meteorizadas o muy agrietadas las tensiones se reducirán prudencialmente.					
(2) a) Los valores indicados se refieren a terrenos consolidados que requieren el uso del pico para removerlos.					
Para terrenos de consolidación media en que la pala penetra con dificultad los valores anteriores se multiplicarán por 0.8.					
Para terrenos sueltos, que se remuevan fácilmente con la pala, los valores indicados se multiplicarán por 0.5.					
b) Los valores indicados corresponden a una anchura de cimiento igual o superior a 1 m. En caso de anchuras inferiores, la presión se multiplicará por la anchura del cimiento expresada en metros.					
c) Cuando el nivel freático diste de la superficie de apoyo menos de su anchura, los valores de la Tabla se multiplicarán por 0.8.					

**Tabla 2.** Presiones Admisibles en el Terreno de Cimentación

**Fuente.** Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica

Las cimentaciones superficiales se pueden clasificar en:

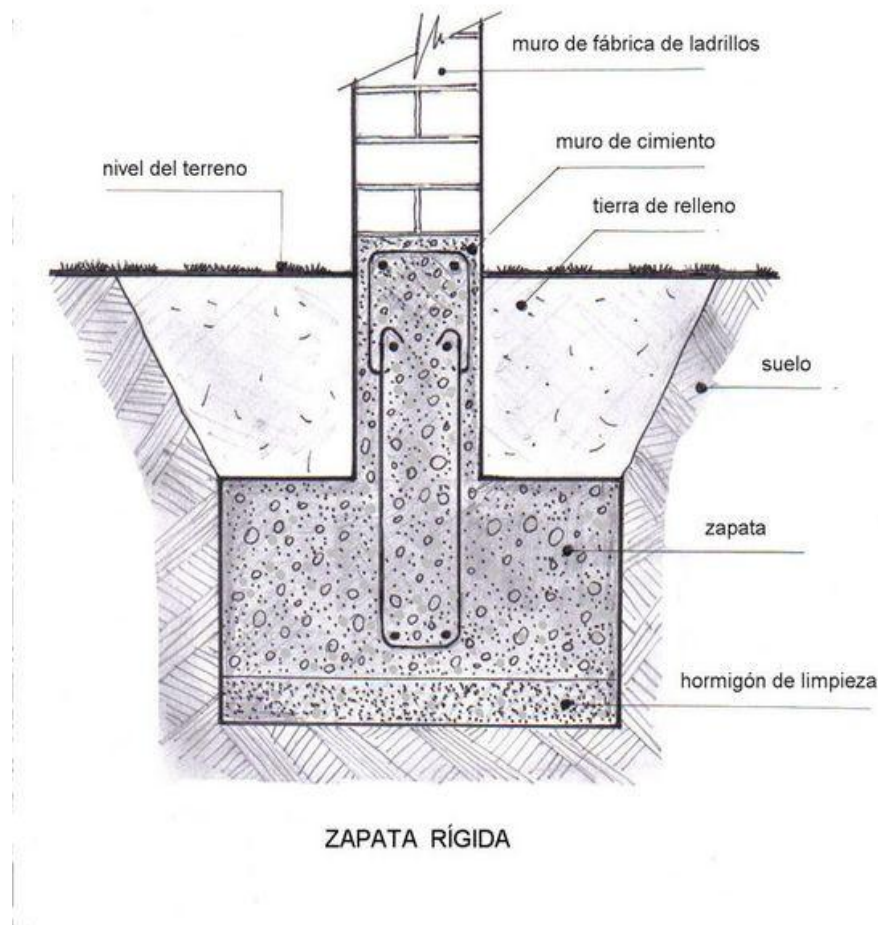
- ❖ Zapatas.
- ❖ Losas de Cimentación.
- ❖ Cimentaciones Ciclópeas

**Zapatas.-** Según (Barcena, 2011), las zapatas son un tipo de cimentación superficial. Su función es repartir la carga que le transmiten pilares y/o muros al terreno de forma que no se superen las tensiones admisibles del terreno.

Por su forma las zapatas se pueden clasificar en zapatas aisladas y zapatas corridas. Las zapatas aisladas suelen construirse para soportar la carga de uno

o más pilares cercanos mientras que las zapatas corridas suelen soportar la carga de muros o en algunas ocasiones pilares alineados.

Las zapatas corridas brindan un mejor soporte en la cimentación por cuanto en la ciudad de Guayaquil no se tiene una composición de suelo favorable para cimentar ya que tiene una composición de suelos blandos, suelos rocosos, suelos de transición y zonas con peligro de deslizamiento.



**Figura 8.** Diseño de una Zapata Rígida.

**Fuente:** Construmatica

**Losas de Cimentación.-** Las losas de cimentación son placas que están apoyadas directamente sobre el terreno y está sometida a esfuerzos de tensión especialmente, estas losas de cimentación son muy utilizadas para poder mejorar la calidad del suelo y así poder cimentar y poner una edificación sobre ella y también es capaz de soportar las cargas que actúan sobre nuestra edificación.

Por otro lado se dará un concepto más técnico acerca de lo que es una losa de cimentación se tomará como referencia un artículo de la universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Las losas de cimentación es una placa de concreto apoyada sobre el terreno la cual reparte el peso y las cargas del edificio sobre toda la superficie de apoyo, son un tipo de cimentación superficial. (Arruaga, 2014)

Las losas de cimentación se emplean solo cuando es necesario transmitir al suelo esfuerzos de poca magnitud, por ejemplo, en suelos muy blandos o deformables con alto contenido de agua donde esfuerzos altos en el suelo producirán hundimientos importantes, o cuando en conjunto se requiere por economía niveles, rellenos y compactación con maquinaria.



**Figura 9.** Losa de Cimentación

**Fuente:** Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

**Cimentaciones Profundas.-** Las cimentaciones profundas son aquellas que tienen como principal componente un pilote o un muro pantalla, esto se emplea para poder llegar al estrato más resistente y así poder transmitir las cargas al mismo. Este tipo de cimentaciones son muy utilizadas cuando las edificaciones son de gran esbeltez o se va a transmitir cargas muy altas, estos elementos son capaces de soportar una gran cantidad de carga.

Este tipo de cimentaciones se las utiliza cuando se tiene un suelo blando y la capacidad portante es baja, cuando el terreno sufre cambios por hinchamiento y retracciones, cuando se desea cimentar sobre el agua.



**Figura 10.** Barrenado de Pilotes

**Fuente:** Transelectric S. A.

### **Columnas**

Las columnas son elementos verticales más antiguos de la humanidad. Porque se enfrenta a situaciones que la destacan de las restantes estructuras resistentes. Según (Miret, 2007) en su libro “Razón y ser de los tipos estructurales”, dice: “El soporte es, en la construcción de todos los tiempos, uno de los elementos más fundamentales. De entre ellos el más genuino y logrado es la columna; cuanto ha trabajado y sentido la humanidad sobre ella”.

Su misión es la síntesis de toda finalidad constructiva: Soportar. Palabra que, en nuestra lengua tiene algo de conformidad y de humilde renuncia a vanos derechos que, cuando se acepta voluntariamente y en razón o ideal de servicio, alcanza los límites sublimes de las mejores virtudes. Soportar es resistir, por eso la columna es emblema de fortaleza”



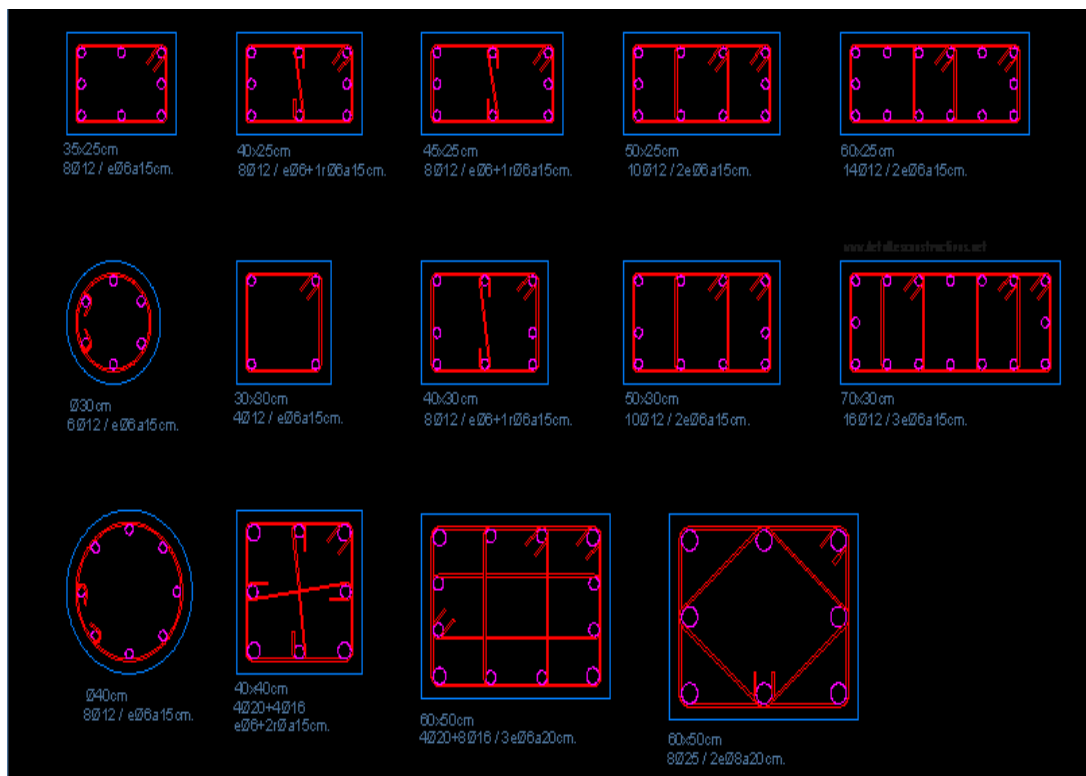
Esta fortaleza que se refiere puede ser la mejor palabra para definir lo que es una columna ya que es la fortaleza que tiene la superestructura, y soporta todas las cargas de la estructura y esta a su vez las transmite al suelo para poder disiparlas.

Las columnas al ser la parte que más esbeltez tiene y cuentan con el acero de refuerzo y el acero necesario para transmitir los esfuerzos de tensión que tenga la estructura, los ingenieros civiles calculistas para poder abaratar costos del edificio se vieron en la necesidad de reducir la esbeltez de las columnas disminuyendo su sección a medida que ganan más altura; esto se debe a que las cargas son menores porque los pisos que están por encima del siguiente reduce sus cargas considerablemente. En pocas palabras se puede decir que la planta baja tiene la mayor sección y menor sección en la planta alta.

Las columnas pueden ser de distintos tamaños y formas dependiendo de su diseño estructural y la función que van a cumplir, no es lo mismo construir un edificio para oficinas, que construir un hotel de lujo, porque se pondrá estos edificios; debido a que los hoteles de lujo por lo general tienen columnas redondas o cuadradas debido a que el diseño es más estético y se aprecia mejor; en cambio para una oficina las columnas rectangulares se ven muy bien y cumplen la función para la que son creadas.

Como se sabe, las columnas de hormigón armado cuentan con el acero de refuerzo dentro de ella; esto implica que las columnas junto con el hormigón se vuelvan una sola estructura, así es como deben de funcionar, pero esto no quiere decir que el acero está libre de que se corroa, es por ello la necesidad de este estudio para que así se utilice un inhibidor de corrosión.

A continuación se puede observar una figura, de las secciones típicas de columnas de hormigón armado, gráfica tomada de la página web detalles constructivos. Para poder entender mejor el dibujo los círculos son las varillas de diferente diámetro de acuerdo al diseño, las líneas de color rojo serán los estribos, y las líneas de color azul serán las dimensiones de la columna con su respectivo recubrimiento.



**Figura 11.** Secciones típicas de las columnas

**Fuente:** Detalles Constructivos.

### Vigas

La definición de lo que es una viga de hormigón armado la conceptualiza muy bien el Ing. Jorge Bernal en su libro:

“La viga de hormigón armado es el elemento común de toda estructura. Es la pieza que une a las otras. Recoge las cargas de las losas o entrepisos y las envía a las columnas. En muy raras ocasiones se muestra sola. Siempre íntimamente ligada a la losa y en la mayoría de los casos forma con ella la viga de placa.”  
(Bernal, Vigas, 2005)

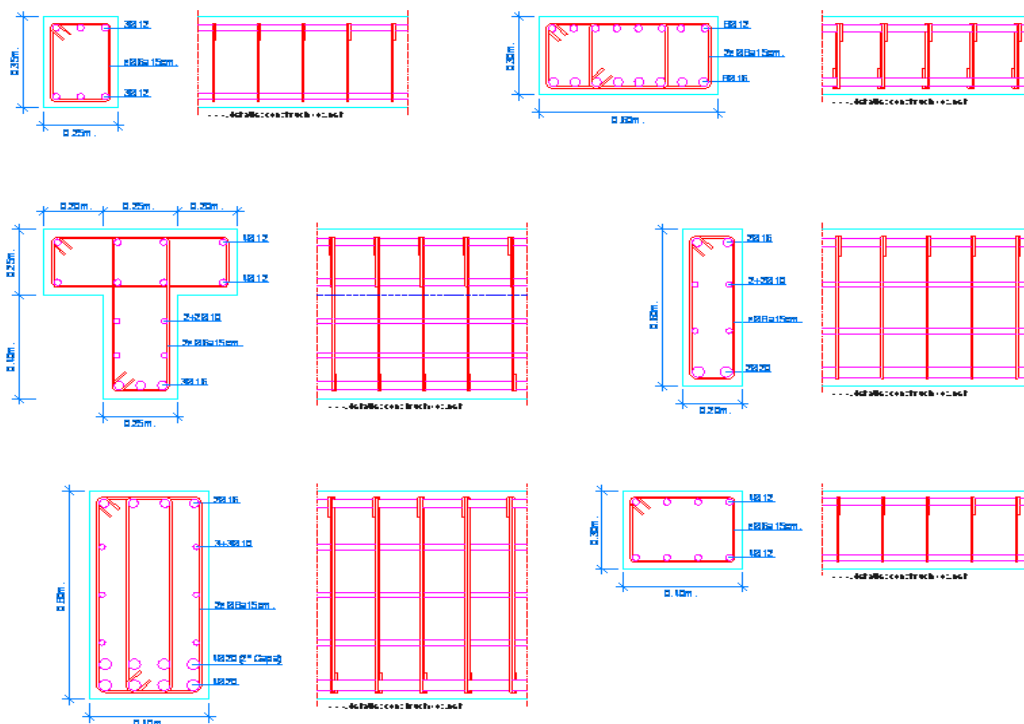
En resumen la viga de hormigón armado es el elemento que hace que todas las cargas de la losa y de las paredes, se transmitan a la columna de manera que estas cargas sean repartidas de la mejor manera, en un diseño estructural es importante que las vigas tomen la misma carga o similar al resto que la

componen, para que las cargas vayan distribuidas de la mejor manera a la cimentación.

Si es verdad que en ocasiones las cargas no son distribuidas uniformemente a las vigas, pero deberían de estar cercanas para poder garantizar su funcionamiento óptimo; existen muchos tipos de vigas con diferentes secciones al igual que las columnas dependen de la función que vayan a cumplir pero por lo general las vigas no son visibles a simple vista como las columnas debido a que la losa o un techo falso las cubre.

El dimensionamiento de una viga de hormigones relativamente sencillo, comparado con el de las columnas o con algunas losas especiales. Porque la viga, en general posee esfuerzos bien caracterizados; es la flexión o el corte quienes determinan sus secciones.

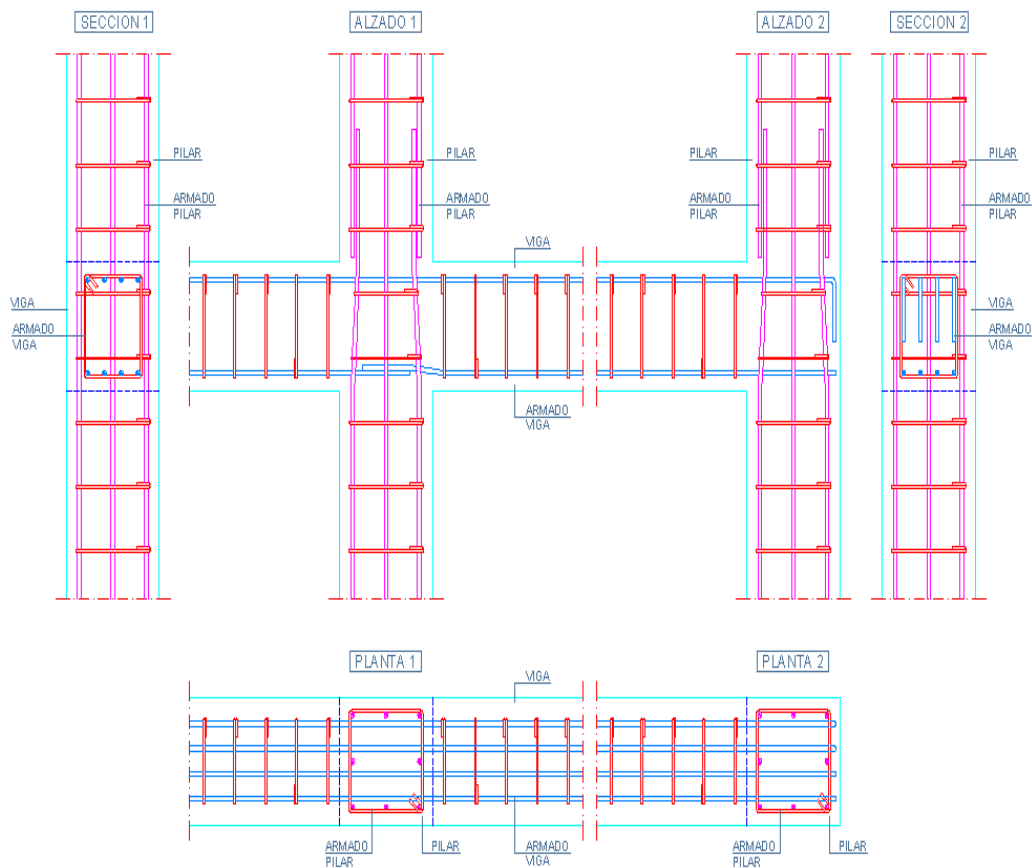
Las medidas de las vigas varían pero por lo general una viga es mal alta que ancha, esto tiene que ser así para su correcta utilización y que garantice que va a resistir todos los esfuerzos.



**Figura 12.** Secciones típicas de las vigas de hormigón.

**Fuente.** Detalles Constructivos.

Al igual que las columnas las vigas tienen estribos y varillas de acero de acuerdo al tamaño de sus cargas, cabe recalcar que los estribos son más separados en su sección central y más cercanos cuando llegan a la columna. En la siguiente gráfica se puede observar lo antes mencionado.



**Figura 13.** Secciones típicas de las vigas de hormigón.

**Fuente.** Detalles Constructivos.

## Losas

Las losas son elementos horizontales que se utilizan en los edificios para poder separar un piso de otro; en donde sus dimensiones varían de acuerdo al edificio que se tiene, pero siempre el espesor va a ser mínimo en relación a las otras dos dimensiones básicas que tiene la losa. Es por esta razón que las losas de hormigón armado tienen el mayor peso de toda la estructura porque son elementos muy grandes.

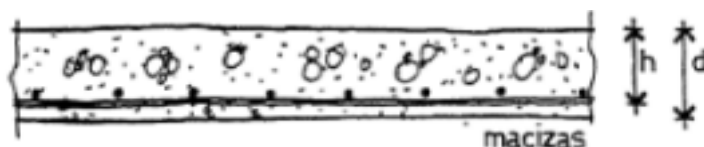
Si se quiere definir de una mejor manera el concepto de una losa se puede concluir lo siguiente: “En los edificios cuyo material de estructura es el hormigón

armado, las losas se identifican con los entrepisos. Son los elementos superficiales que reciben directamente las cargas, tanto permanentes como variables.

Son las partes de una estructura que se diseñan no solo para resistir esfuerzos, sino también para cumplir con un destino funcional específico. Así se puede tener losas planas o inclinadas que actúan como cubiertas; losas de accesos o rampas para vehículos; losas planas para los entrepisos y muchos otros destinos más". (Bernal, 2005)

Existen muchos tipos de losas, pero en nuestro país las más utilizadas son las losas nervadas, las losas macizas y las losas alivianadas, y a esas se hará referencia para nuestro estudio. Este tipo de losas son muy utilizadas no solo en nuestro país sino en otras partes del mundo debido a que este tipo son las más económicas y generan seguridad tanto para el constructor como para el diseñador.

**Losas Macizas.-** Este tipo de losas son ejecutadas directamente con hormigón y acero; esto quiere decir que no tienen ningún elemento que las haga más livianas y por lo tanto son las losas más pesadas que existen para construir y por lo tanto las más caras.

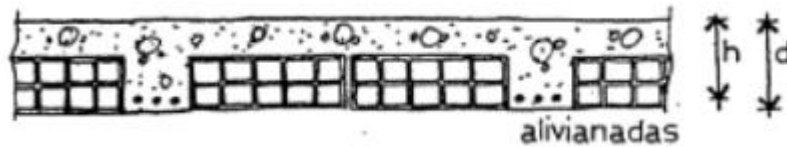


**Figura 14.** Losas Macizas.

**Fuente.** Libro Losas, Ing. Jorge Bernal.

**Losas Alivianadas.-** Son losas que se ejecutan junto con algún material más liviano que el hormigón y que se lo coloca en las zonas de tracción, por lo general se utilizan bloques o ladrillos huecos que se colocan siguiendo un orden.

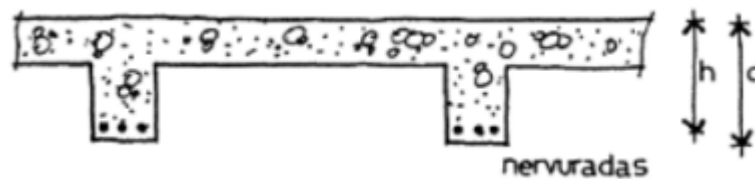
Este tipo de losas son las más utilizadas en nuestro país, debido a que es económica, porque se utiliza poco hormigón y como se sabe este es el rubro más fuerte en una construcción civil.



**Figura 15.** Losas Alivianadas

**Fuente.** Libro Losas, Ing. Jorge Bernal.

**Losas Nervadas.-** Las losas nervadas son utilizadas cuando las losas alivianadas tiene un gran espesor, por lo que es conveniente que los nervios queden separados mediante espacios vacíos. Sin la incorporación de materiales livianos.

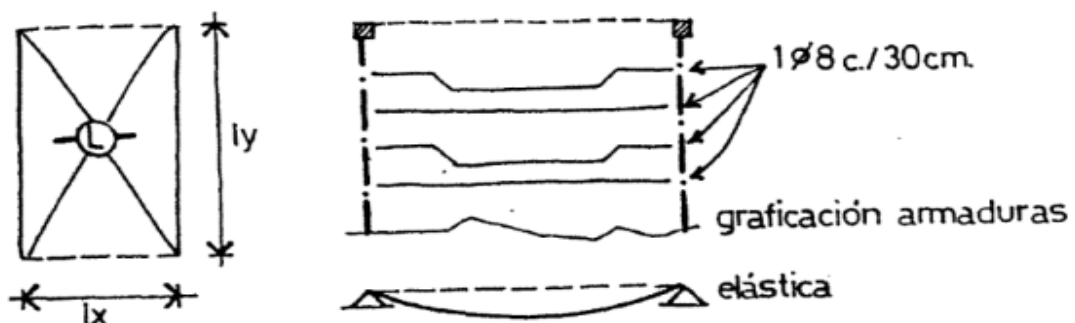


**Figura 16.** Losas Nervadas

**Fuente.** Libro Losas, Ing. Jorge Bernal.

Existe otros tipos de clasificación como son por disposición de su armadura esto quiere decir cómo se coloca la armadura y en qué sentido, por lo tanto se clasifican en losas en una dirección y en dos direcciones.

**Losas armadas en una dirección.-** En este tipo de losas los hierros y acero de refuerzo se orientan en una sola dirección, los voladizos y aquellas cuya relación de lados es mayor a 2 pertenecen a esta clasificación.

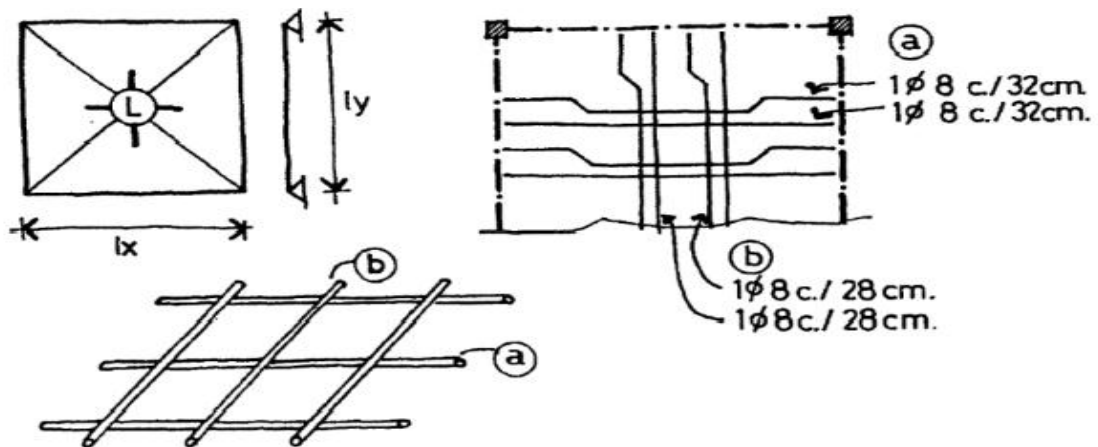


**Figura 17.** Losas armadas en una dirección.

**Fuente.** Libro Losas, Ing. Jorge Bernal.

**Losas armadas en dos direcciones.-** Cuando las losas tienen más de dos apoyos paralelos, las mismas pueden ser armadas en dos direcciones o con los hierros cruzados.

El comportamiento que tiene este tipo de estructuras es muy complejo, tanto que en aquellas losas apoyadas en todo su contorno sus esquinas tienden a levantarse.



**Figura 18.** Losas armadas en dos direcciones.

**Fuente.** Libro Losas, Ing. Jorge Bernal.

### **Acero de Refuerzo**

El acero de refuerzo que se coloca en las edificaciones es aquel que cumple con las funciones de resistir los esfuerzos de tensión, debido a que el concreto no tiene una resistencia alta a la tensión.

Todas las edificaciones tienen acero de refuerzo en forma de varillas o alambres, dispuestos de una manera ordenada y en función de las cargas que tiene el edificio. Las barras pueden ser lisas o corrugadas.

Las varillas de acero corrugado son las utilizadas en el mercado local, garantizando una mejor adherencia al concreto, porque estos tienen que trabajar de una forma armónica y uniforme. El recubrimiento que tiene los elementos de hormigón son los que garantizan que el acero no se corroa tan rápidamente.

Los diámetros de las varillas varían de acuerdo al requerimiento del cliente y pueden tener un diámetro de 8 milímetros los más pequeños y de 36 milímetros

la más grande; este último es muy difícil de conseguir en algunas empresas por lo que se las fabrica bajo pedido y en cantidades grandes. En la tabla 3 se puede observar los diferentes diámetros de las varillas así como su longitud y su peso.

En el estudio del acero de refuerzo se puede decir que este elemento si se deteriora es difícil de reemplazar y costoso a la vez, es por esto que se debe de garantizar su buen uso y retardar la corrosión que pueda tener.

La corrosión en el acero de refuerzo es la principal razón por la cual los elementos fallan, entonces he aquí la necesidad de que se haga conciencia y se utilice los inhibidores de corrosión.

TABLA DE VARILLAS								
Diám /mm	Kg/m	12 m		9m		6 m		TOLERANCIA
		Kg	Var x Qq	Kg	Var x Qq	Kg	Var x Qq	
8	0.395	4.740	9.568	3.555	12.757	2.370	19.136	± 50mm
10	0.617	7.404	6.125	5.553	8.167	3.702	12.251	
12	0.888	10.656	4.256	7.992	5.675	5.328	8.512	
14	1.208	14.496	3.129	10.872	4.171	7.248	6.257	
16	1.578	18.936	2.395	14.202	3.193	9.468	4.790	
18	1.998	23.976	1.892	17.982	2.522	11.988	3.783	
20	2.466	29.592	1.533	22.194	2.043	14.796	3.065	
22	2.984	35.808	1.267	26.856	1.689	17.904	2.533	
25	3.853	46.236	0.981	34.677	1.308	23.118	1.962	
28	4.834	58.008	0.782	43.506	1.042	29.004	11.564	
32	6.313	75.756	0.599	56.817	0.798	37.878	1.197	
36	7.990	95.880	0.473	71.910	0.631	47.940	0.946	

PROPIEDADES MECÁNICAS		MPa	kgf/mm <sup>2</sup>
Límite de fluencia mínimo		420	42
Límite de fluencia máximo		540	55
Resistencia a la tracción mínima		550	56
ALARGAMIENTO (%) MÍNIMO CON PROBETA L <sub>0</sub> =200mm			
Diámetro nominal (mm)		%	
8-20		14	
22-32		12	

DOBLADO A 180°	
Diámetro nominal (d) mm	Diámetro del mandril
8-18	3d
20-25	4d
28-32	6d

**Tabla 3.** Diámetro de Varillas de Acero.

**Fuente.** Catalogo de Productos Adelca.



## 2.2.2 Puentes- Elementos de Hormigón y Acero de Refuerzo.

### Puentes

El concepto de puentes es sencillo ya que los puentes son elementos estructurales utilizados para salvar obstáculos naturales como ríos, valles, lagos y obstáculos artificiales como vías férreas o carreteras. En la antigüedad los puentes eran construidos de madera o de piedra, en la actualidad los puentes son construidos de metal o de hormigón armado.

“Un puente es un elemento fundamental en un sistema de transportación debido a 3 razones:

- Controla la capacidad del sistema.
- Tiene el costo más alto por km del sistema ( varias veces el costo de la carretera)
- Si el puente falla, el sistema falla (puente angosto o puente con resistencia deficiente). (M.J.Ryall, 1997)

En la ciudad de Guayaquil existen muchos puentes de gran consideración y uno de ellos es el puente de la unidad nacional, dicho puente es muy importante para poder acceder y salir de la ciudad, es por esto que el puente no debe de fallar ni tampoco que sus componentes principales fallen por motivo de la corrosión.



**Figura 19.** Puente de la Unidad Nacional

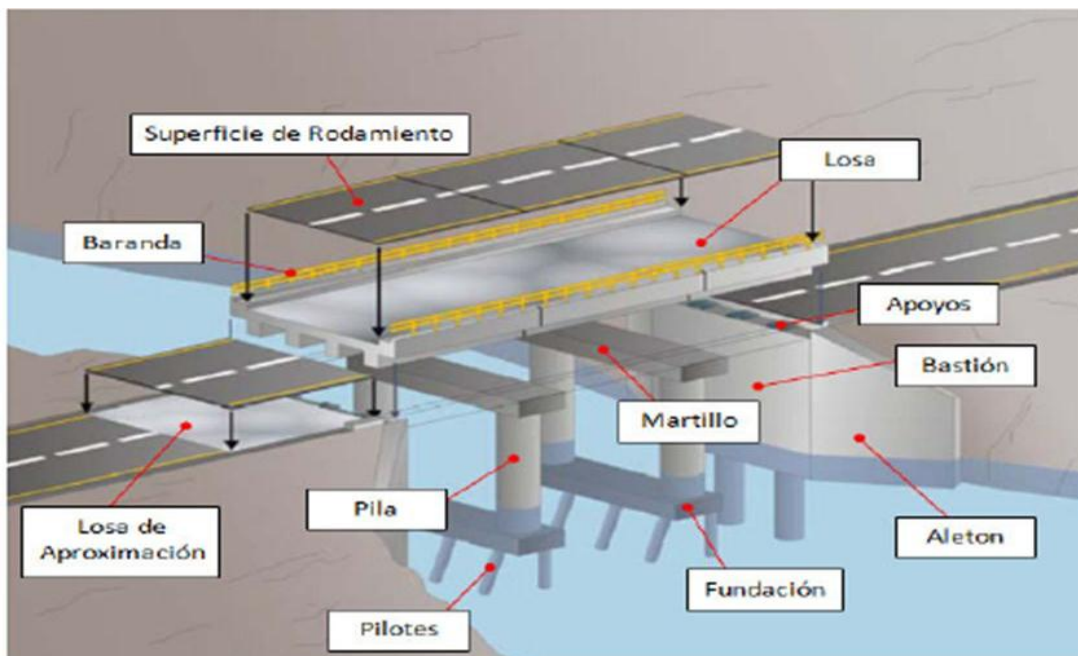
**Fuente.** Revista Vistazo

Los componentes principales de una estructura son la superestructura y la subestructura, a continuación se puede describir brevemente que significan cada uno de ellos.

**Superestructura.-** Está compuesta por elementos tales como vigas, losas y barandas. Sobre la superestructura se realiza la circulación de vehículos y peatones. Generalmente se la denomina “Tablero del Puente”.

**Subestructura.-** Recibe a la superestructura. Está compuesta por apoyos, pilas y estribos, con su respectiva cimentación.

En la Figura 18 se puede apreciar mejor los componentes de un puente, se generalizó para poder entender sus partes principales y los términos utilizados.



**Figura 20.** Esquema básico de las partes de un puente.

**Fuente.** Ingeniería de Puentes Edgar E. Muñoz.

Los principales componentes del puente son la pila, la cimentación, la viga cabezal o martillo y pilotes, todos estos componentes cuentan con acero de refuerzo los cuales son calculados mediante las cargas que soporta un puente, que por lo general son muy altas debido a que por ella van a transitar vehículos livianos, tráiler y vehículos con carga pesada, en algunos casos pueden transitar ferrocarriles o trenes de carga.

Todos estos puentes cuentan con acero de refuerzo en sus principales componentes, pero este acero no es el común que se puede observar en un edificio, sino un acero de mucho más diámetro pero que se lo consigue en el mercado de nuestro país.

### **2.2.3 Pavimentos- Elementos de Hormigón y Acero de Refuerzo.**

#### **Pavimentos**

El pavimento está compuesto por un conjunto de capas que se encuentran superpuestas, en forma horizontal, dichos componentes se diseñan y construyen siguiendo la norma técnica, con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Los pavimentos que más se utilizan en nuestro país son los siguientes:

- Pavimentos flexibles o asfálticos.
- Pavimentos semi-rígidos o semi-flexibles.
- Pavimentos rígidos.
- Pavimentos articulados.

#### **Pavimentos Flexibles o Asfálticos.**

Un pavimento flexible o asfáltico está constituido por una capa de rodadura formada por material bituminoso o asfáltico, apoyado sobre dos capas de materiales no rígidos como base y sub-base.

#### **Pavimentos Semi-rígidos o Semi-flexibles.**

Los pavimentos semi-rígidos o semi-flexibles, tienen la misma estructura que el anterior, pero con la única diferencia que las capas se encuentran rigidizadas de manera artificial, por medio de aditivos que en su mayoría son emulsiones asfálticas, asfalto, cemento, cal y químicos.

#### **Pavimentos Rígidos.**

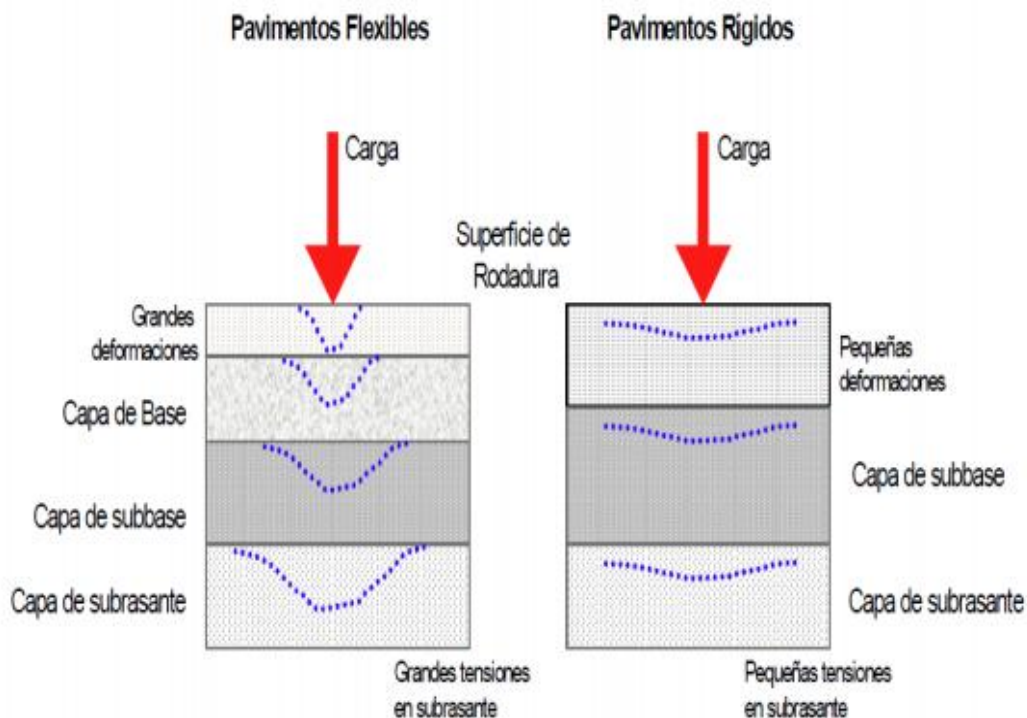
Estos pavimentos están constituidos por una losa de hormigón y apoyados sobre materiales seleccionados o sobre la sub-rasante. Por su alta rigidez que tiene el hormigón, así como su elevada elasticidad, la distribución de esfuerzos se realiza sobre una amplia zona.

Estos pavimentos rígidos tienden a resistir los esfuerzos a tensión pero en cierto nivel, esto quiero decir que se debe de colocar una estructura de acero para que soporte de mejor manera los esfuerzos a tensión.

El manual que rige en la actualidad para poder construcción pavimentos tanto rígidos como flexibles es la Norma AASTHO; que es una norma americana para esta clase de estructuras. Los pavimentos tienen distintos componentes entre ellos los más importantes son:

- ✓ Sub-base.
- ✓ Sub-rasante.
- ✓ Base.
- ✓ Carpeta de rodadura.
- ✓ Juntas transversales y longitudinales.

Los componentes que se mencionan anteriormente son tanto para el pavimento rígido y el pavimento flexible, con unas ligeras diferencias como se puede observar en las Figuras 19, en donde se debe de destacar las partes fundamentales que debe de tener dichos pavimentos.



**Figura 21.** Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos.

**Fuente.** Iturbide, J. (2002)

A continuación se dará las siguientes definiciones acerca de los componentes de los pavimentos y están basadas en el Manual Centro Americano para Diseño de Pavimentos (Iturbide, 2002)

**Sub-Rasante.-** Es la capa de terreno de una vía que resiste la estructura del pavimento, ocupa hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar creada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes detalladas en los planos finales de diseño.

**Sub-Base.-** Es la capa de la estructura del pavimento que tiene por funciones: Soportar, Transmitir y distribuir de manera uniforme las cargas aplicadas desde la superficie de rodadura del pavimento a la sub-rasante.

La sub-base tiene que ser compactada y perfilada entre el 95% y 100% de su máxima densidad seca mediante ensayo de proctor estándar. Los agregados tienen que tener un porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada como se muestra en la tabla 4. El Antiguo MOP (Ministerio de Obras Publicas), clasifico en 3 clases la Sub- Base. La Clase 1 es aquella que está compuesta por agregados obtenidos por trituración de roca o gravas, la Clase 2 construidos con agregados obtenidos mediante trituración o cribado en yacimientos de piedras fragmentadas naturalmente y la Clase 3 con agregados naturales y procesados que cumplan los requisitos establecidos en el Manual MOP-001-F 2002.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (76.2 mm.)	--	--	100
2" (50.4 mm.)	--	100	--
1 1/2 (38,1 mm.)	100	70 - 100	--
Nº 4 (4.75 mm.)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
Nº 40 (0.425 mm.)	10 - 35	15 - 40	--
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

**Tabla 4.** Clasificación de Sub-Bases.

**Fuente.** MOP-001-F-2002.

**Base.-** Es la capa que conforma la estructura del pavimento ubicado entre la sub-base y la capa de rodadura que tiene funciones como la distribución y transmisión de las cargas generadas por el tránsito, a capas inferiores del pavimento. Las bases especificadas son las siguientes: Base granular y Base estabilizada.

**Base Granular.-**Es la capa que conforma la estructura del pavimento ubicada entre la sub-base y la capa de rodadura, esta capa está constituida por piedra de buena calidad triturada, grava y mezclada con material de relleno, arena y suelo, en su estado natural.

**Base Estabilizada.-**Es la capa que conforma la estructura del pavimento ubicada entre la sub-base y la capa de rodadura, esta capa está constituida por piedra de buena calidad triturada grava y mezclada con material de relleno, arena y suelo, esta mezcla se combina con materiales o productos estabilizadores.

**Superficie de Rodadura.-** Es la capa que conforma la estructura del pavimento más externa, se coloca sobre la base. La función principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para el ingreso del agua lluvia por filtración que puede saturar las capas inferiores. La capa de rodadura evita el deterioro de las capas inferiores a causa del tránsito de vehículos. La capa de rodadura aumenta la capacidad soporte del pavimento, por que absorbe cargas, este aumento es apreciable para espesores mayores a 4 centímetros, en el caso de riegos superficiales se considera el aumento nulo.

CLASE DE CARRETERA	TIPO DE SUPERFICIE
R ó RII más de 8000TPDA	Alto grado estructural, concreto asfáltico u hormigón.
I 3000 a 8000TPDA	Alto grado estructural, concreto asfáltico u hormigón.
II 1000 a 3000TPDA	Grado estructural intermedio; concreto asfáltico o triple tratamiento
III 300 a 1000 TPDA	Carpeta asfáltica: doble tratamiento superficial Bituminoso.
IV 100 a 300 TPDA	Doble tratamiento superficial Bituminoso. Capa granular o empedrado
V menos de 100 TPDA	Grava, empedrado, tierra

**Tabla 5.** Clasificación de carreteras por su tipo de superficie.

**Acero de Refuerzo.-** El cuanto al acero de refuerzo que se coloca en los pavimentos se puede decir que este acero se lo utiliza en los pavimentos rígidos

porque aquí el hormigón no cuenta con mucha resistencia a la flexión, el modo de colocar este acero lo se lo puede observar en la siguiente figura.



**Figura 22.** Vía Santo Domingo- Esmeraldas

**Fuente.** Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

En el acero de refuerzo que se utiliza en el pavimento rígido, se arma como una losa rígida, con sus respectivos estribos y su separación entre varillas; es por esto que se debe de tener cuidado en las deflexiones permisibles y que se haya hecho un correcto armado al momento de construir para que funcione óptimamente.

Las dimensiones de losas deberán estar entre los 3.65 metros como mínimo y 4.50 metros como máximo. La relación lado largo entre lado corto no deberá exceder los 1.25, de lo contrario deberá colocarse mallas electro soldadas o acero de refuerzo para evitar agrietamiento no controlado se puede decir que existen fisuras en el pavimento, pero se debe de emplear la cantidad de acero necesaria para mantener intactas las fisuras en los pavimentos de concreto reforzado con juntas, se calcula balanceando las fuerzas a lo largo de un plano horizontal.

Los elementos más usuales utilizados en el pavimento rígido donde existe acero de refuerzo son las mallas electro soldadas como se muestra en la figura 21, la

cual tiene diferentes diámetros conforme los requerimientos del diseñador lo requiera.

## Mallas estándar

MALLA Tipo de malla	DIÁMETRO Ø Longitud = Ø Transversal mm	SEPARACIÓN SL Longitudinal = ST Transversal cm	SECCIÓN ACERO As/m As L = As T mm <sup>2</sup> /m	PESO	
				Kg / Plancha	Kg / m <sup>2</sup>
U-110	3,75	10	110	25,91	1,73
U-106 *	4,5	15	106	25,07	1,67
U-177	4,75	10	177	41,57	2,77
U-173 *	5,75	15	173	40,93	2,73
U-196	5	10	196	46,06	3,07
U-205 *	6,25	15	205	48,36	3,22
U-238	5,5	10	238	55,73	3,72
U-239 *	6,75	15	239	56,41	3,76
U-335 *	8	15	335	79,23	5,28
U-524 *	10	15	524	123,80	8,25
U-55	3,75	20	55	13,16	0,88
U-71	4,25	20	71	16,91	1,13
U-89	4,75	20	89	21,12	1,41
U-108	5,25	20	108	25,80	1,72
U-131	5	15	131	30,95	2,06
U-158	5,5	15	158	37,45	2,50
U-221	7,5	20	221	52,65	3,51
U-284	8,5	20	284	67,62	4,51
U-354 *	9,5	20	354	84,47	5,63
U-433 *	10,5	20	433	103,18	6,88
U-44	3,75	25	44	10,62	0,71

Dimensiones mallas estándar

LONGITUD: 6,25 m ANCHO: 2,40 m AREA: 15 m<sup>2</sup>.

\* Mallas fabricadas bajo pedido

$f_y \text{ min} = 6000 \text{ kg/cm}^2$

Si SL = ST = 10cm ; X1 = X2 = 7,5cm y Y1 = Y2 = 5cm

Si SL = ST = 15cm ; X1 = X2 = 5,0cm y Y1 = Y2 = 7,5cm

**Tabla 6.** Especificaciones de las mallas electrosoldadas.

**Fuente.** Ideal Alambrec

Existe otro tipo de material llamado dowels, este producto evita roturas de los bordes de las juntas de los pavimentos rígidos ocasionadas por el flujo de



cargas, son firmes y sólidos lo que les ayuda a resistir el vaciado del hormigón. En el Anexo 2 se puede observar algunas aplicaciones de este producto en las distintas carreteras y pistas de los aeropuertos.



**Figura 23.** Dowels

**Fuente.** Catálogo de Productos Ideal Alambrec.

### Selección de la barra lisa del Dowel®

ESPESOR DE LA LOSA H (cm)	DIÁMETRO x LONGITUD BARRA LISA ø x L (mm)	ESPACIAMIENTO ENTRE BARRAS centro a centro (mm)
125 ≤ H ≤ 150	20 x 350	300
175 ≤ H ≤ 200	25 x 400	300
200 ≤ H ≤ 250	28 x 450	300
225 ≤ H ≤ 275	32 x 500	300

210 Kg/cm<sup>2</sup> ≤ f<sup>c</sup> ≤ 350 kg/cm<sup>2</sup>

**Tabla 7.** Especificaciones Generales de la barra lisa del Dowel.

**Fuente.** Catálogo de Productos Ideal Alambrec.

## 2.3 Definición y Propiedades Fundamentales sobre el uso de Inhibidores de Corrosión

### Inhibidores de Corrosión

Un inhibidor de corrosión es un compuesto químico que hace que retrase la reacción que sufre el acero para que se corroa, este inhibidor puede ser colocado en el acero antes de la fundición o después; para que sea un medio preventivo o un medio de protección para el acero. Los inhibidores de corrosión son vacunas que elevan las defensas contra los virus, en este caso contra la humedad, salinidad y carbonatación. En otras palabras se puede decir que se denomina inhibidor a cualquier constituyente de una fase cuya presencia no es esencial para que suceda un proceso electroquímico, pero que produce un retardo del mismo, al modificar el estado superficial del material metálico. En cierto sentido, un inhibidor puede considerarse como lo opuesto a un catalizador. También en un concepto no tan técnico los inhibidores de corrosión son una vacuna que eleva las defensas de la armadura contra el ataque de humedad, salinidad y carbonatación.

El tiempo que demoran los elementos corrosivos en alcanzar la armadura es conocido como Periodo de Activación de la corrosión. El periodo transcurrido entre la activación de la corrosión y la fracturación del hormigón se denomina Periodo de Propagación de la corrosión y es relativamente constante como se muestra en la figura 24.



Figura 24. Servicio de vida útil de una estructura de hormigón

Fuente. Codemet.

En los primeros inhibidores de corrosión no dieron buenos resultados no todo era perfecto en este caso, puesto que estos causaban daños al hormigón porque su composición eran a base de nitrito de calcio, el primer inhibidor de corrosión era conocido como CNI, por sus siglas en inglés, es por esto que debieron de hacer un nuevo estudio para los inhibidores y algunos de los daños que ocasionaron se los citará a continuación:

- ❖ **Daños en el hormigón.-** un estudio independiente revela severo deterioro del hormigón después de 2 semanas de la fundición al ser expuesto a una solución de nitrito de calcio.
- ❖ **Dosis elevada.-** Al momento de dosificar al hormigón se debe de tener una dosificación moderada, antes se ponía de 10 a 30 litros por metro cubico de hormigón, esta elevada dosificación afecta algunas propiedades físicas del hormigón.
- ❖ **Cambios en las propiedades del hormigón.-**Este inhibidor reducía la resistencia del hormigón a la compresión, lo que obligaba a los diseños a ser un ajuste en sus plano y así incrementar el costo del hormigón.
- ❖ **Incremento de la permeabilidad.-** En algunas investigaciones en las diferentes universidades del mundo demostraron que el uso de este inhibidor aumenta el tamaño de los micro-poros, es por ello que incrementaba la permeabilidad del hormigón a los cloruros hasta un 50%.
- ❖ **Corrosión focalizada.-** Por tratarse de un inhibidor anódico, las superficies que quedan sin tratar se convierten en zonas de peligrosa concentración de la corrosión que pueden conducir a picaduras en la armadura.
- ❖ **Lixiviación del nitrito de calcio.-** El nitrito de calcio se lixivia, por lo tanto, no se puede garantizar su presencia en la armadura a medida que transcurren los años.
- ❖ **Toxicidad.-** Era un producto altamente toxico y de su prohibido en cisternas y plantas de agua potable.

En la siguiente figura se puede observar un estudio realizado por un comité del ACI, es decir se puede observar que el inhibidor de corrosión dañada el hormigón a las dos semanas de fraguado y no solo el hormigón sino que el acero que se colocaba.

Sample group	Admixtures	Soaking solution	Age at soaking	Visual observations after 8 months
1	None	0.7 percent sodium molybdate	2 months	No deterioration
			2 weeks	No deterioration
2	None	Saturated calcium nitrite	2 months	No deterioration
			2 weeks	Severe deterioration
3	None	3.5 percent sodium chloride	2 weeks	No deterioration
4	1.0 percent sodium chloride	0.7 percent sodium molybdate	2 weeks	No deterioration
5	1.0 percent sodium chloride	Saturated calcium nitrite	2 weeks	Severe deterioration
6	1.0 percent sodium chloride	3.5 percent sodium chloride	2 weeks	No deterioration

**Figura 25.** Resultados sobre el estudio del primer inhibidor.

**Fuente.** ACI materials journal/ September- October 1995

En por estas razones antes mencionadas se puede concluir que el fabricante de estos inhibidores se vio en la necesidad de estudiar un poco más y a profundidad sobre la fabricación de otro inhibidor que no sea toxico y dañino para el hormigón, es decir que se convierta en un problema más que en una solución. En la actualidad los inhibidores se clasifican en diferentes clases pero los más comercializados en el Ecuador o los que se utilizan con frecuencia son los inhibidores para hormigón fresco y los inhibidores migratorios para hormigón endurecido. Estos últimos para prevenir que se corroa el acero en las estructuras que ya están construidas.

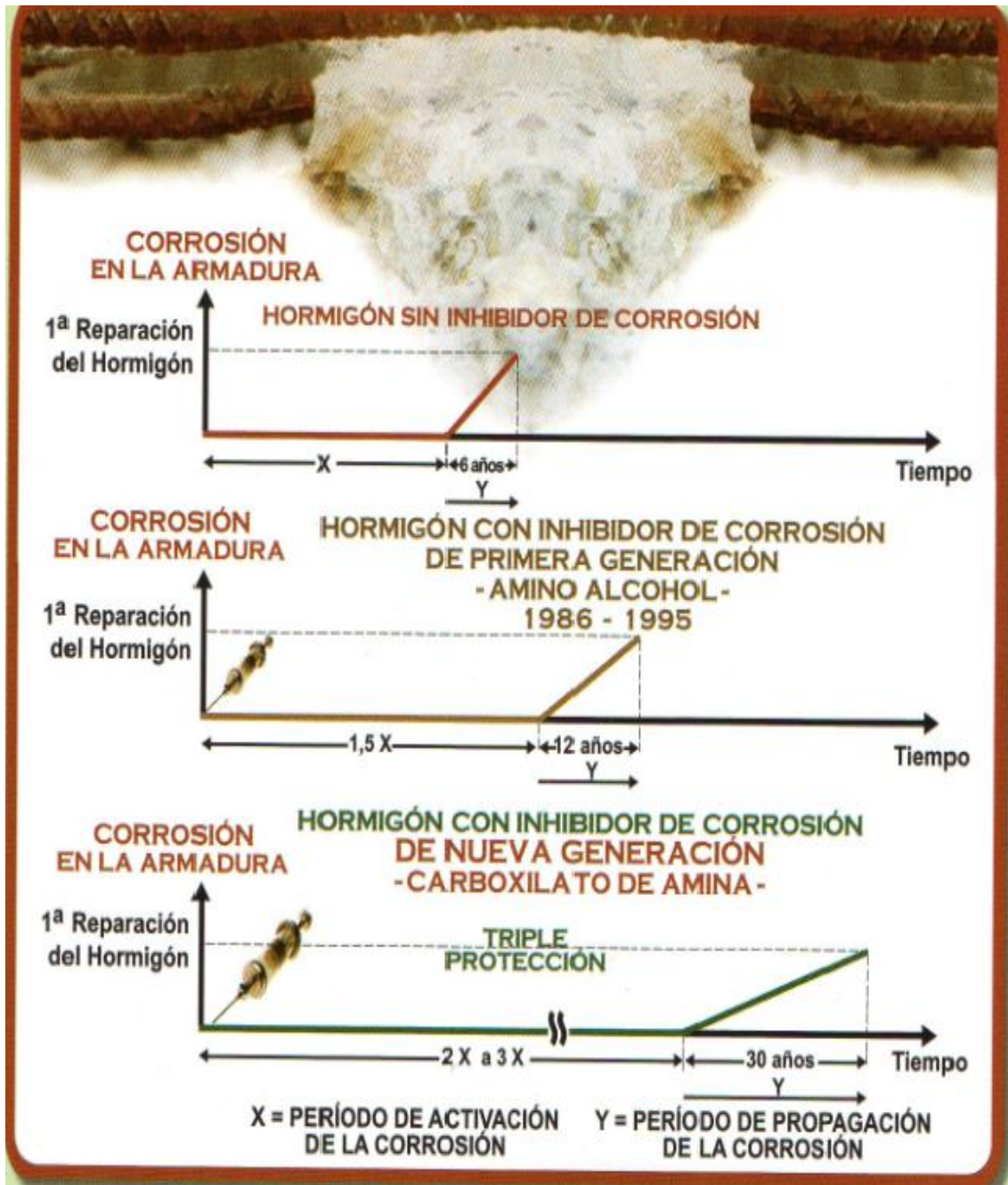
**Inhibidor de corrosión para hormigón fresco o mortero.-** Es un inhibidor de corrosión migratorio (MCI) basado en Carboxilato de Amina que extiende por décadas la vida de servicio de las estructuras, al postergar de dos a tres veces el periodo de activación de la corrosión en la armadura y luego reducir en un 80% la tasa de corrosión, postergando así hasta por 30 años el periodo de propagación de la corrosión, antes de efectuar la primera reparación del hormigón.

Al ser agregados al hormigón fresco o al mortero, se disocian en forma de iones positivos y negativos que son atraídos eléctricamente a las zonas anódicas y catódicas del acero de refuerzo, formando un film mono-molecular repelente de humedad, que protege el metal aun en ambientes corrosivos o salinos.

**Inhibidor de corrosión migratorio para hormigón endurecido.-** Es un inhibidor de corrosión migratorio de nueva formulación que se aplica con brocha, rodillo o soplete sobre las superficies de hormigón endurecido, con la finalidad de extender la vida de servicio al postergar significativamente el periodo de activación de la corrosión en la armadura. En el caso de estructuras antiguas o ya contaminadas, es decir, en las que ya se ha iniciado el proceso corrosivo, el inhibidor actúa reduciendo hasta un 80% la tasa o velocidad de corrosión, ahorrando costos al postergar por varios años su reparación. Migra por capilaridad y presión de vapor a través del hormigón hasta alcanzar la armadura y depositar por atracción iónica, una película protectora en las zonas anódicas y catódicas del metal.

También tienen la habilidad de desplazar el agua, iones cloruros y otros agentes corrosivos ya presentes en la armadura. Al viajar y dispersarse homogéneamente a través del concreto, ayudan a cerrar los poros, bloqueando el paso de humedad y otros elementos contaminantes.

Los inhibidores de corrosión de nueva generación agregados al hormigón fresco incrementan por décadas la vida de servicio, al postergar de 2 a 3 veces el periodo de activación de la corrosión y retrasar hasta por 30 años, el periodo de propagación de la corrosión. En el siguiente gráfico se puede observar cómo funcionan los inhibidores de nueva generación y los de primera generación que hacían que la corrosión se retrase solo 12 años y estaban hechos a base de amino alcohol, este compuesto no era muy efectivo como los que existen en la actualidad y solo funciono desde 1986 hasta 1995; en este año ya empezaron los estudios para prolongar aún más el periodo de activación y el periodo de propagación.



**Figura 26.** Gráfica de la reparación del hormigón en el tiempo.

**Fuente.** Codemet.

Esta tecnología de punta fue utilizada en Dubái, en la construcción de la torre más alta del mundo, para extender en 100 años su vida de servicio. También fueron aplicados en el pentágono, al detectarse problemas de carbonatación, durante la reparación a raíz del atentado del 9/11.

Es un producto de uso seguro para los aplicadores y el medio ambiente debido a su naturaleza orgánica, puesto que proviene de la fermentación de residuos de la remolacha. Cumple con la norma ANSI/NSF 61 para uso en plantas de agua potable y cumple los estándares AASHTO y las normas ASTM G 109, ASTM C1582, ASTM C157. Este producto no afecta la resistencia a la compresión, ni el revenimiento, ni el tiempo de fraguado. Es compatible con los plastificantes, retardantes y aditivos tradicionales.

Recomendado para la construcción de centrales hidroeléctricas, represas, puentes, túneles, intercambiadores de tráfico, muelles, malecones, canales, ductos cajón, reservorios de agua, edificios, condominios, viviendas. Para ser usado en elementos estructurales como; columnas, vigas, pilotes, zapatas, subestructuras, súper-estructuras, etc.

A continuación se citará algunas de las características que tienen los inhibidores de corrosión migratoria, estas características son tomadas textualmente de un documento proporcionado por CODEMET S.A.:

1. Protege contra los efectos dañinos de la corrosión en diferentes tipos de concreto.
2. La dosis requerida no es afectada por la concentración de cloruros.
3. No contiene nitrito de calcio.
4. No es peligroso y no es toxico.
5. Seguro y amigable al medio ambiente.
6. La tecnología está probada a nivel mundial, a nivel de laboratorio y a nivel de campo.
7. Concentrada para eficiencia de costo en todos los proyectos.
8. Protege áreas anódicas y catódicas del metal.
9. Migra a las áreas adyacentes para proteger la armadura.

Los inhibidores de corrosión son una alternativa viable para alargar la vida útil de las estructuras, para que cumplan el tiempo determinado al que fueron construidas, puesto que las estructuras hoy en día no están ni cerca de cumplirla, ya que se deterioran muy temprano. Estos efectos causan daños y pérdidas humanas cuando estas estructuras fallan, y es lo que no se quiere y se debe salvaguardar.

## Capítulo 3

### Proceso Constructivo

#### **3.1 Uso del Inhibidor de Corrosión en el Sector de la Construcción, detallando las alternativas existentes.**

Los usos en el sector de la construcción son muy diversos, existen dos tipos de inhibidores, los cuales se los puede colocar en el hormigón fresco y el otro cuando el hormigón ya está endurecido, el cual se lo conoce como inhibidor de corrosión migratorio. A continuación se dará a conocer para que sirven cada uno de ellos.

**Inhibidor de corrosión para hormigón fresco o mortero.-** Es un inhibidor de corrosión migratorio (MCI) basado en Carboxilato de Amina que extiende por décadas la vida de servicio de las estructuras, al postergar de dos a tres veces el periodo de activación de la corrosión en la armadura y luego reducir en un 80% la tasa de corrosión, postergando así hasta por 30 años el periodo de propagación de la corrosión, antes de efectuar la primera reparación del hormigón.

Al ser agregados al hormigón fresco o al mortero, se disocian en forma de iones positivos y negativos que son atraídos eléctricamente a las zonas anódicas y catódicas del acero de refuerzo, formando un film mono-molecular repelente de humedad, que protege el metal aun en ambientes corrosivos o salinos.

**Inhibidor de corrosión migratorio para hormigón endurecido.-** Es un inhibidor de corrosión migratorio de nueva formulación que se aplica con brocha, rodillo o soplete sobre las superficies de hormigón endurecido, con la finalidad de extender la vida de servicio al postergar significativamente el periodo de activación de la corrosión en la armadura. En el caso de estructuras antiguas o ya contaminadas, es decir, en las que ya se ha iniciado el proceso corrosivo, el inhibidor actúa reduciendo hasta un 80% la tasa o velocidad de corrosión, ahorrando costos al postergar por varios años su reparación. Migra por capilaridad y presión de vapor a través del hormigón hasta alcanzar la armadura y depositar por atracción iónica, una película protectora en las zonas anódicas y catódicas del metal.



También tienen la habilidad de desplazar el agua, iones cloruros y otros agentes corrosivos ya presentes en la armadura. Al viajar y dispersarse homogéneamente a través del concreto, ayudan a cerrar los poros, bloqueando el paso de humedad y otros elementos contaminantes.

Los inhibidores de corrosión de nueva generación agregados al hormigón fresco incrementan por décadas la vida de servicio, al postergar de 2 a 3 veces el periodo de activación de la corrosión y retrasar hasta por 30 años, el periodo de propagación de la corrosión. En el siguiente gráfico se puede observar cómo funcionan los inhibidores de nueva generación y los de primera generación que hacían que la corrosión se retrase solo 12 años y estaban hechos a base de amino alcohol, este compuesto no era muy efectivo como los que existen en la actualidad y solo funciono desde 1986 hasta 1995; en este año ya empezaron los estudios para prolongar aún más el periodo de activación y el periodo de propagación.



**Figura 27.** Utilización del inhibidor de Corrosión en el Acero de Refuerzo.

**Fuente.** Codemet

En el sector de la construcción este producto se lo puede utilizar en todas las estructuras que requieran de acero estructural en sus componentes, para así prevenir futuras fisuras o deterioros por este problema. El inhibidor de corrosión

tiene la propiedad de que el hormigón no pierda resistencia, ni mucho menos altera las propiedades del mismo, es por esto que se puede citar los usos típicos que tiene este producto:

- a) Todas las estructuras pre tensadas, pre moldeadas, post tensadas o marinas.
- b) Puentes de concreto de acero reforzado, carreteras de 1er. Orden y calles expuestas a ambientes corrosivos, como carbonatación, sales para derretir hielo y ataques atmosféricos.
- c) Parqueaderos rampas y garajes.
- d) Todas las estructuras marinas de concreto reforzado.
- e) Muelles de concreto, pilares, tuberías y postes de alumbrado eléctrico.
- f) Restauración y reparación de todas las estructuras de concreto reforzado tanto comerciales como civiles.
- g) Puede ser añadido al agua o al polvo para aplicaciones en sitio de concreto presurizado.
- h) Se puede añadir a la formulación del fabricante de morteros de reparación para aumentar su habilidad de protección para la corrosión.
- i) El NSF Estándar 61 es aprobado para aplicaciones en agua potable.

Todos estos usos típicos son también las aplicaciones del producto o en qué circunstancias se los puede utilizar. La mayoría de reparaciones que se ha hecho en el Ecuador se ha utilizado este producto debido a que no ha existido un correcto uso de los inhibidores, por no decir que no se ha utilizado en ninguna construcción que ya está bordeando su vida útil. Es por esto que hoy en día es un tema nuevo pero que se ha convertido de vital importancia para los ingenieros civiles, debido a que las estructuras están deteriorarse muy pronto y no llegan o no están ni cerca de la vida útil que deben tener y el uso de los inhibidores de corrosión son la herramienta necesaria para evitar que colapsen o que ya no sean habitables o funcionales.

Para poder proteger todas las estructuras de hormigón armado existentes o por construirse se tiene que tener en cuenta, que no solo es la utilización de este producto sino también saber dosificar el producto, porque si se pone mucho producto el acero pierde sus propiedades y si se pone poco, en cambio no cumple con su objetivo. Es por esto que la dosificación recomendada para el

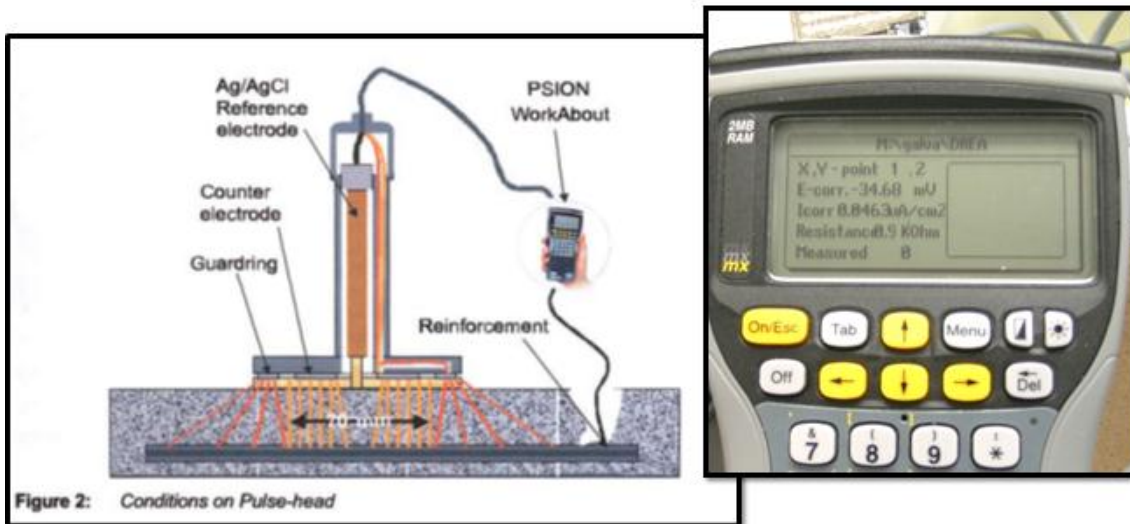
inhibidor de corrosión para hormigón fresco o mortero es de 1 litros/metro cubico y para el inhibidor de corrosión migratorio para hormigón endurecido es de 7.36 metros cuadrados/litro y se debe de aplicar 2 manos de este producto.



**Figura 28.** Protección de Rampas del Terminal Terrestre de Guayaquil.

**Fuente.** Codemet

Este inhibidor de corrosión de segunda generación se lo aplico en el pentágono en Estados Unidos, dando muy buenos resultados, estos datos fueron obtenidos mediante estudios por la empresa CORTEC Corporación, que es la empresa que fabrica estos inhibidores y también se encarga de su colocación en dicho país. El estudio que se realizo fue mediante lecturas del GalvaPulse, que es un medidor de corrosión mediante pulsos magnéticos y así poder medir el nivel de corrosión que tiene dicha estructura.



**Figura 29.** Galva Pulse

**Fuente:** CORTEC.

Este equipo es muy utilizado en las diferentes estructuras que se tiene en la ciudad de Guayaquil, debido a que el nivel de corrosión que tienen ciertas estructuras que son cercanas al ambiente salino o al estero salado, tanto las edificaciones públicas como privadas sufren este efecto, es por esto que se debería utilizar el inhibidor de corrosión desde su construcción o en su reparación, pero a veces es mucho más costoso hacerlo cuando la estructura está construida.

Una de las reparaciones más conocidas es la reparación que se la hizo al Edificio del Pentágono en los Estados Unidos, después del ataque del 11 de septiembre, al momento de reforzar las columnas y hacer una nueva edificación se dieron cuenta que la estructura antigua estaba corroída, teniendo altos índices de corrosión, los cuales tenían que ser mitigados.

En la reparación que se hizo en el pentágono se logró bajar el nivel de corrosión de 32.41 que tenía en promedio en junio, cuando aún no se empezaba a utilizar el inhibidor y cuando se terminó de poner el inhibidor la tasa de corrosión por año bajo significativamente a 1.11 para el mes de septiembre que se terminó de colocar el producto. En la siguiente figura se puede observar mejor lo antes mencionado.

Junio 27, 2005, 2pm to 3:30pm Temperatura ~ 77F (26C) Punto de Rocío(23C) Presión Barométrica~ 30.2inHg (1023 hPa)		Sept. 27, 2005, 1pm to 2pm Temperatura ~ 75F (24C) Punto de Rocío ~ 50F(10C) Presión Barométrica~ 30inHg (1015 hPa)	
Corriente de Corrosión $\mu\text{A}/\text{cm}^2$	Tasa de Corrosión $\mu\text{m}/\text{año}$	Corriente de Corrosión $\mu\text{A}/\text{cm}^2$	Tasa de Corrosión $\mu\text{m}/\text{año}$
10.9000	126.44	0.0957	1.11
2.8133	32.63	0.0808	0.94
0.1552	1.80	0.0927	1.08
0.9165	10.63	0.1130	1.31
0.6977	8.09	---	---
3.10	35.92	0.10	1.11
<u>Promedio Junio:</u>	32.41	<u>Promedio Septiembre:</u>	1.11

**Figura 30.** Tasa de Corrosión medida mediante lecturas de GalvaPulse.

**Fuente.** CORTEC

Este producto no solo se lo ha utilizado en el pentágono o en algunas ciudades de Estados Unidos sino que también se lo ha utilizado alrededor de nuestro país en distintas ciudades como son: Guayaquil, Babahoyo, Jipijapa, Daule, Manta, Lago Agrio, Ambato, Quevedo, Machala, Santa Elena, Playas, San Vicente, entre otros.

En la ciudad de Guayaquil se ha utilizado este producto en algunas estructuras construidas y por construir, a continuación se dará una lista proporcionada por la empresa Codemet en donde ellos han utilizado este producto:

**Reparación de Estructuras:**

- Puente de la Calle Portete en el 2013
- Rampas de Acceso de Vehículos en el Terminal Terrestre en el 2015.
- Puente de la Calle A en el 2011.
- Autoridad Portuaria de Guayaquil en el 2011.
- Autoridad Portuaria de Guayaquil Oficinas 2011

### Construcción de Estructuras:

- ❖ Reservoirio de Agua Potable Flor de Bastión en el 2009.
- ❖ Canal de la Muerte en el 2012.
- ❖ Canal Sector Puente Portete- PJ en el 2012.
- ❖ Muro de Contención- Ducto Cajón Casuarina en el 2012.
- ❖ Distribuidor de Tráfico Casuarina en el 2013.
- ❖ Plaza Lagos vía Samborondón en el 2011.
- ❖ Blue Bay Torre 4 Isla Mocoli en el 2013.
- ❖ Edificio Contraloría en el 2014.
- ❖ Fuente Monumental Estero Salado en el 2011.
- ❖ Autoridad Portuaria de Guayaquil en el 2011.

Hay muchas estructuras que se encuentran en construcción, pero son particulares, que no se ha tomado conciencia del detalle de utilizar este inhibidor de corrosión, por lo que no se ha puesto este producto en su etapa constructiva.



**Figura 31.** Canal Interagua Sector Puente Portete- PJ.

**Fuente.** Codemet



**Figura 32.** Muro de Contención- Ducto Cajón Casuarina.

**Fuente.** Codemet.

En el anexo 3 de este documento se puede observar todas las fotografías de las obras antes mencionadas en donde se ha utilizado los inhibidores de corrosión en la ciudad de Guayaquil, así como algunas obras en otras ciudades del Ecuador en donde este producto se ha aplicado en obras de ingeniería que se están construyendo. Existen obras desde el 2008 hasta la actualidad que han venido utilizando estos productos; pero no ha sido sencillo introducir estos inhibidores al mercado y que los constructores hagan conciencia de utilizarlos por distintas razones sobre todo en costos de construcción.

Como se puede observar según la lista que se tiene, el uso de los inhibidores de corrosión de segunda generación ha tomado impulso en los últimos años en nuestro país, dicho esto se ha creado conciencia de que se debe de utilizar para así poder generar menores pérdidas en el sector de la construcción por reparaciones o por deterioro completo de las estructuras. Es por ello que el uso de los inhibidores se ha vuelto en una necesidad para proteger las estructuras existentes y por construir, y ya no en un uso que solo los grandes constructores lo hacían sino que todos se deben de utilizar estos productos para así garantizar la vida útil de nuestras estructuras.

### **3.2 Edificios: Sistema Tradicional sin y con la utilización de inhibidores de corrosión, recalcando algo de complejidad en este tipo de estructura en las que tienen cercanía a ambientes salinos.**

#### **EDIFICIOS**

El sistema tradicional de los edificios, es decir su sistema constructivo, es una serie de procesos constructivos que se basa en una cimentación de acuerdo a las cargas que se tienen, columnas, vigas y losas, en estas construcciones también cuenta con paredes de mampostería, tumbado falso, piso de cerámica o lo que hoy se conoce como piso flotante; todo esto constituye parte del sistema tradicional de una construcción.

Al momento de tomar en cuenta que cimentación se va a utilizar así como el espesor de vigas y columnas; hay que estar conscientes que las cargas sean las adecuadas para poder dimensionar todos estos elementos.

Toda cimentación que se va a utilizar se debe de tomar en cuenta que no solo va a tener hormigón sino también acero de refuerzo, y que la cimentación va a estar a una cierta distancia del suelo que se debe tener, es por esto que va a estar sujeta a factores como son el aire y el agua, estos dos elementos son los agentes detonantes de la corrosión. Es por esto que se debe de proteger con algún inhibidor, para que el acero no se corroa.

El sistema tradicional sin la utilización de inhibidores de corrosión no difiere mucho en el proceso constructivo con una estructura que utilice el producto, el proceso que se sigue es el mismo para los dos pero la diferencia radica en el momento en que se adhiere el inhibidor y en los años de duración y protección que va a tener la estructura. Cabe recalcar que si es verdad que los procesos son iguales y que la utilización del inhibidor es opcional se puede concluir que es necesario hacerlo debido a que se debe de saber que no porque se ha seguido los procesos constructivos y las normas al pie de la letra no se puede tener corrosión, no es así de simple porque los agentes que la provocan están presentes y esperando su oportunidad para actuar.

Los edificios de la ciudad de Guayaquil que se han construido en la actualidad ya cuentan con este inhibidor de corrosión, se ha podido constatar mediante



fotografías que se ha colocado el producto, con la finalidad de así poder garantizar su vida útil y que cumpla con los estándares de calidad y protección de la vida de las personas. Pero lo más preocupante es que ahora, no hace muchos años se viene haciendo consciencia de lo importante de utilizar este producto, sino que antes no se lo hacía y hay construcciones relativamente nuevas que ya se puede observar los estragos de la corrosión y sus millonarios costos de rehabilitación.

Existen edificaciones como las de la figura 29, en la cual ya se utilizó este producto directamente en el hormigón, con la dosificación indicada por los vendedores del producto y cumpliendo con todas las especificaciones técnicas, entonces esta construcción ya está protegida con la corrosión y cumplirá con su vida útil.



**Figura 33.** Edificio de la Contraloría General del Estado.

**Fuente.** Codemet.

A continuación se puede describir brevemente el proceso constructivo tradicional de una edificación, es decir se debe enumerar los pasos que se siguen comúnmente para construir una edificación, tomando en cuenta de cuantos pisos va a tener y para qué va a ser destinado su uso. Porque no es lo mismo construir

un edificio de departamentos, que construir un edificio destinado para parqueaderos.

El proceso constructivo de una edificación sin utilizar el inhibidor de corrosión, es un proceso sencillo y muy común en nuestro medio, en cambio el sistema tradicional con la utilización de los inhibidores de corrosión no es un sistema complejo, ni tampoco un sistema difícil de adquirir, ya que el inhibidor es un compuesto químico líquido que se lo tiene que dosificar de acuerdo a la cantidad de hormigón que se va a proceder a poner en dicho elemento estructural.

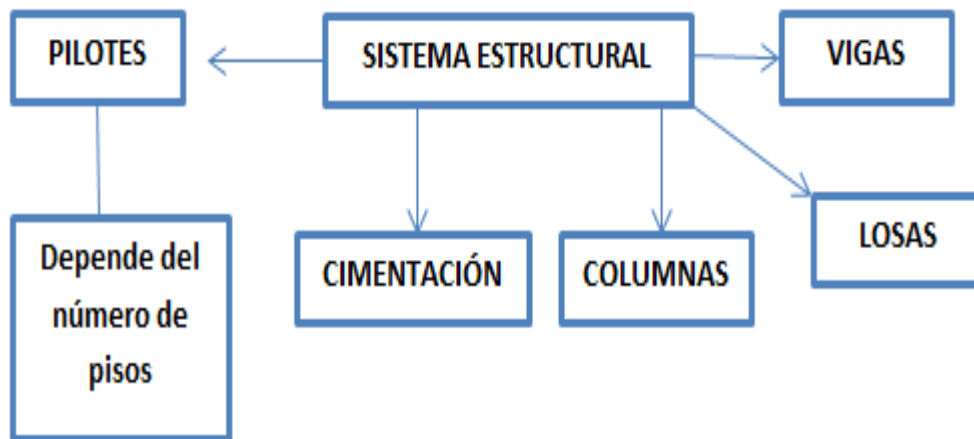
### **Pasos a seguir para la construcción tradicional de un edificio.**

El procedimiento constructivo es un método que se emplea mediante fases sucesivas para edificar las diferentes componentes que tiene una edificación o construcción de hormigón armado.

A continuación se hará una descripción breve de los pasos a seguir para construir una edificación en la ciudad de Guayaquil, la cual no difiere los pasos si se construye en otra ciudad que no sea la antes mencionada:

- Sistemas Estructurales.
- Sistemas de Cerramiento.
- Sistema Eléctrico.
- Sistema de Aguas.
- Sistema de Ventilación.
- Instalaciones Especiales.

En nuestro proyecto se va a subdividir la parte de Sistema Estructural, puesto que este componente tiene que tener acero de refuerzo en sus diferentes partes, en este sistema que tiene que tener en cuenta que es la columna vertebral de la edificación, por lo tanto si uno de sus componentes importantes falla, quiere decir que fallaría la estructura. En la figura 30 se puede tener una idea más clara de cómo se divide la parte estructural de un edificio, ya que en este tema se tiene claro cuál será la distribución de los elementos más relevantes que se debe analizar en este estudio y que se ven afectados por este fenómeno llamado corrosión.



**Figura 34.** Mapa conceptual de los componentes de un Sistema Estructural

**Fuente.** Apunte de Clase de Hormigón II.

En cuanto a los pilotes se puede decir que depende el número de pisos puesto que si la edificación es pequeña de hasta 5 pisos de altura, no es necesario poder pilotes para esta edificación, pero después de 5 pisos y dependiendo de las cargas que se tenga si es necesario utilizar pilotes, ya que los estratos en los que se asienta la ciudad de Guayaquil no son firmes ni roca dura, para resistir cargas altas, sino que los estratos más duros están a mucha profundidad es por esto que se debe de utilizar pilotes.

**Pilotes.-** Los pilotes son elementos verticales, capaces de soportar grandes cargas para así poder ser transmitidas al estrato de suelo más resistente. Los pilotes pueden ser prefabricados o fundidos in situ, también existen formas de colocarlos como son hincado o barrenados, los hincados se los relaciona más con los pilotes prefabricados y los fundidos in situ con los barrenados.

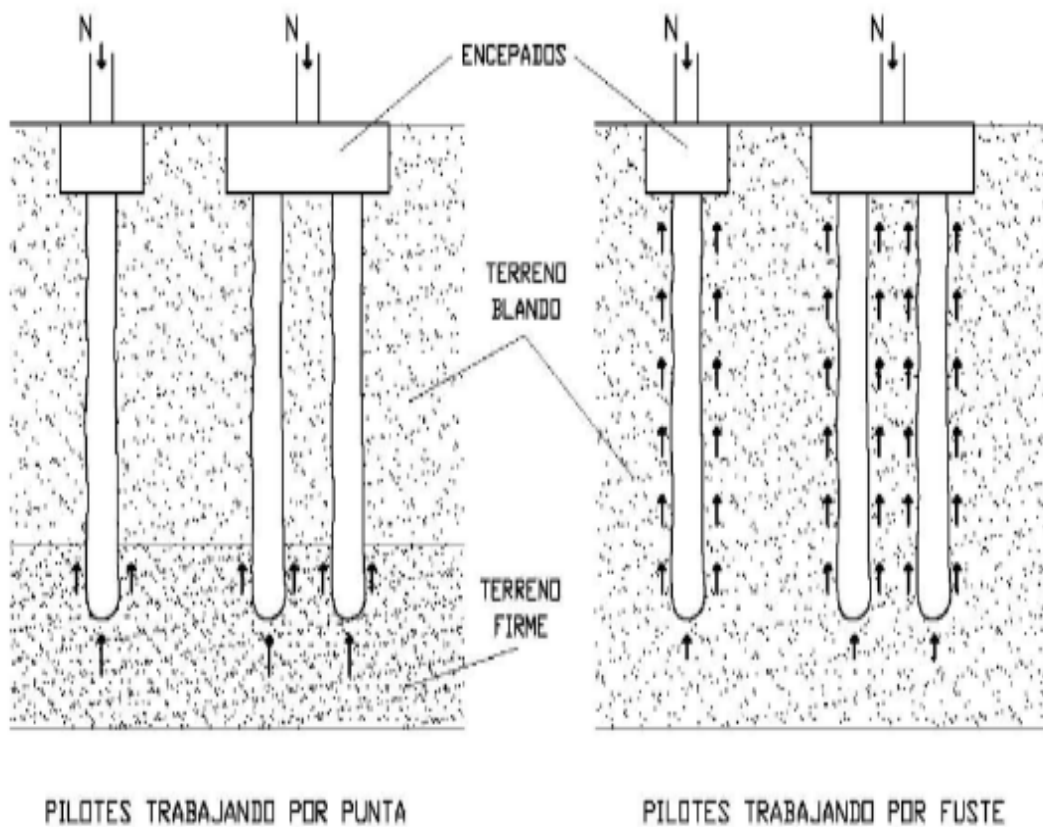
Un concepto mejor definido de lo que es un pilote se lo define de la siguiente manera:

“Los pilotes de hormigón son pilares enclavados en el terreno, que buscan el firme. Trabajan igual que los pilares, y por lo tanto, se arman igual.

Existen dos tipos de trabajo de los pilotes unos funcionan por punta y otros por fuste.

**Pilares por punta.-** Que son aquellos pilotes que han alcanzado un estrato de terreno claramente más resistente, y las cargas del pilote se transmiten fundamentalmente a ese estrato, por su punta. Se llaman también pilotes columna.

**Pilotes por fuste.-** Que son los que no alcanzan un nivel más resistente y la carga la tienen que transmitir al terreno por el rozamiento a lo largo de su fuste. Se suelen denominar pilotes flotantes.” (Sánchez, 2007)



**Figura 35.** Tipos de pilotes según su forma de trabajo.

**Fuente.** Construcción de Estructuras de Hormigón Armado Edificación,  
Eduardo Medina Sánchez

**Armado de un pilote.-** El armado de los pilotes es similar al armado de una columna, ya que tiene un armado mínimo longitudinal de  $6\Phi$  o 12 mm si es de sección circular, o  $4\Phi$  12 mm si es cuadrado y una armadura transversal que está formada por estribos, aros de diámetro mínimo  $\Phi$  6mm o más dependiendo de las barras longitudinales.



**Figura 36.** Armadura de un Pilote.

**Fuente.** Construcción de Estructuras de Hormigón Armado Edificación, Eduardo Medina Sánchez.

Esta armadura por estar en contacto directo con el suelo, el cual contiene humedad y también oxígeno, que como ya se hizo mención anteriormente son los agentes detonantes de la corrosión, es por ello que al momento de la fundición de este elemento se lo debe de colocar el inhibidor de corrosión, puesto que es imposible colocar este producto una vez que este colocado en el sitio.

El pilote al momento de fallar por corrosión en el acero de refuerzo, la estructura ya tiende al emitente colapso debido a que este elemento es muy difícil de reemplazar por no decir imposible, a mi criterio haría ese comentario y creo que las demás personas pensarían igual.

Es por esto que partiendo de la premisa anterior, se puede decir que es mejor proteger un elemento tan importante antes que este se deteriore y ocasione no solo daños materiales, sino también pérdida de vidas humanas, lo que además

es lo que se quiere evitar haciendo estructuras responsables y cumpliendo con todas las normas y especificaciones técnicas.

**Cimentaciones.-** La cimentación es la parte estructural donde se reparten las cargas de la estructura, para así poder ser transmitidas al suelo directamente en las edificaciones pequeñas y mediante los pilotes en las más grandes. Existen varios tipos de cimentaciones las cuales se dividen en cimentaciones directas, profundas y elementos de contención.

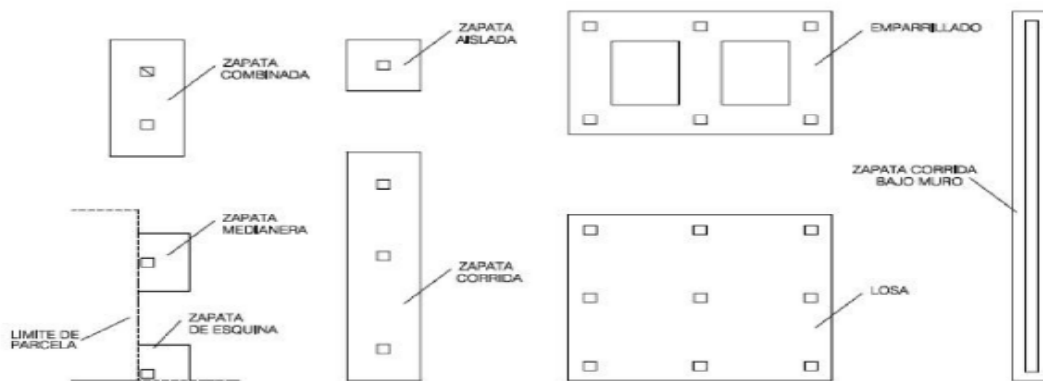
**Cimentaciones Directas.-** Las cimentaciones directas son aquellas que transmiten las cargas directamente al suelo sin la utilización de pilotes para poder llegar al estrato más firme, ya que dicho suelo se encuentra a una profundidad aceptable en donde el pilote no se debe utilizar. En la siguiente figura se puede observar y enumerar el tipo de cimentación directa, así como los elementos estructurales más usuales.

<b>Tipo de cimiento directo</b>	<b>Elementos estructurales más usuales a los que sirve de cimentación</b>
Zapata aislada.....	Pilar aislado, interior, medianero o de esquina
Zapata combinada .....	Dos ó más pilares contiguos
Zapata corrida .....	Alineaciones de 3 ó más pilares o muros
Pozo de cimentación .....	Pilar aislado
Emparrillado .....	Conjunto de pilares y muros distribuidos en retícula
Losa.....	Conjunto de pilares y muros

**Figura 37.** Tipo de Cimentación Directa.

**Fuente.** Construcción de Estructuras de Hormigón Armado, Pascual Urbán Brotóns.

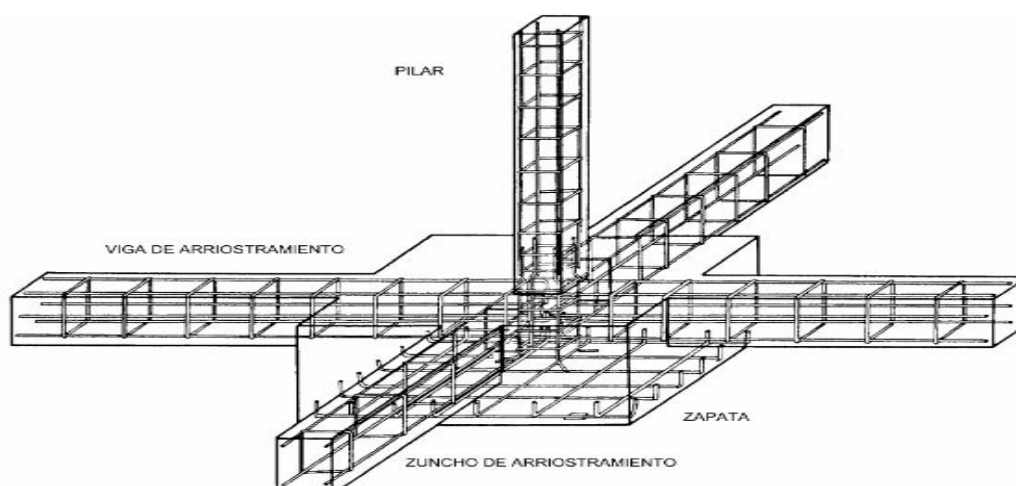
En la figura 35, se puede observar mejor como es una cimentación directa en planta esquemática. En esta figura se puede observar una zapata combinada, aislada, de esquina, corrida, emparrillada, losa, según sea el caso a utilizar los diseñadores pueden sugerir otro tipo de zapata, pero estas son las más comunes.



**Figura 38.** Planta Esquemática de tipos de cimentaciones directas.

**Fuente.** Construcción de Estructuras de Hormigón Armado, Pascual Urbán Brotóns.

En el armado de las zapatas se utiliza acero de refuerzo como se muestra en la figura y algunos aceros son de diámetro considerable comparado con los que se utiliza en otros elementos, por lo tanto también tiene que ser protegido contra la corrosión, es por esto que durante el vaciado del hormigón tiene que ponerse este aditivo y así poder contrarrestar el efecto dañino que puede producirse. En la siguiente figura se puede observar el armado típico de una zapata en donde ya se encuentra el pilar armado.



**Figura 39.** Armado de una Zapata.

**Fuente.** Construcción de Estructuras de Hormigón Armado, Pascual Urbán Brotóns.

Para la protección de esta armadura contra la corrosión, se debe de utilizar el inhibidor de corrosión para hormigón fresco, debido a que este proporciona una protección adicional al recubrimiento, contra los agentes dañinos. No se puede dejar de lado este tema ya que se debe proteger y utilizar este producto para así garantizar que no se corroa el acero a muy temprana edad, puesto que si este elemento falla, lamentablemente falla la estructura y es muy difícil reparar sus cimientos; y también es muy costoso hacerlo.

Para finalizar se debe decir que es mucho mejor prevenir este tipo de riesgos en las estructuras, antes que lamentar el eminente deterioro de las estructuras, y su colapso posterior al daño o su demolición.

**Columnas.-** Las columnas son elementos verticales más antiguos de la humanidad. Porque se enfrenta a situaciones que la destacan de las restantes estructuras resistentes. Según (Miret, 2007) en su libro “Razón y ser de los tipos estructurales”, dice: “El soporte es, en la construcción de todos los tiempos, uno de los elementos más fundamentales. De entre ellos el más genuino y logrado es la columna; cuanto ha trabajado y sentido la humanidad sobre ella”.

Entonces se debe decir que los elementos verticales llamados columnas son aquellos que recogen todas las cargas del edificio para así poder repartirlas en la cimentación de la mejor manera para que se disipen, y hacer que la estructura soporte el peso de la subestructura.

El proceso constructivo de una columna empieza con el diseño de la misma, es decir su dimensión y su altura, en el Capítulo 2 en la figura 11, se puede observar las secciones típicas que debe de tener un elemento de estas características, dependiendo de las cargas que va a soportar. Después este dimensionamiento va a los planos para su ejecución en obra, luego el proceso continúa en obra con el armado de la columna, con sus respectivos aceros mínimos y de refuerzo. Luego de esto se pone el encofrado, para su posterior fundición en donde aquí se permitirá utilizar el inhibidor de corrosión o no según sea el caso. En la siguiente figura se puede observar el armado típico de una columna.





**Figura 40.** Armado típico de una columna.

**Fuente.** Página Web kronkretarmiert.

El uso del inhibidor de corrosión en el proceso constructivo se lo puede utilizar mediante la fundición de este elemento, poniendo el aditivo con la dosificación adecuada, o en consecuencia se puede colocar el inhibidor una vez fundido el elemento, puesto que existe un inhibidor migratorio que se utiliza en estos casos. Pero lo más recomendable es utilizar durante el fraguado, porque después se puede convertir en una molestia utilizarlo.

El riesgo que implica utilizar el inhibidor es mínimo, en comparación con los beneficios que se ganaría cuando se decide optar por esta solución, se haría un solo gasto en la construcción y no un gasto extra en la reparación de estos elementos. La mano de obra que utiliza este producto no necesariamente debe de ser calificada, con las especificaciones que se le da en los planos es suficiente para que sepan que dosificación poner.

Cabe recalcar que la no utilización del inhibidor de corrosión para el acero de refuerzo, provocará problemas estructurales en el futuro por lo tanto el proceso constructivo se verá afectado ya que se deberá de reparar dicho elemento.

En la siguiente gráfica se puede observar la corrosión en las fibras de acero en contacto directo con el agua. En la gráfica de la izquierda no se utilizó el inhibidor de corrosión y por lo tanto las fibras de acero ya empezaron a degradarse, en cambio en la gráfica de la derecha las fibras de acero no se corroen debido a que se utilizó el producto en el agua.



**Figura 41.** Fases de la Corrosión

**Fuente.** Codemet.

Para concluir se puede decir que el proceso constructivo no varía con la utilización del inhibidor de corrosión, comparado si es que no se utiliza el producto. En lo que si varia es en los resultados obtenidos y las ventajas constructivas que tiene al momento de que se decide colocar el inhibidor.

**Vigas.-** Las vigas son elementos estructurales capaces de soportar cargas considerables, la definición de lo que es una viga de hormigón armado la conceptualiza muy bien el Ing. Jorge Bernal en su libro:

“La viga de hormigón armado es el elemento común de toda estructura. Es la pieza que une a las otras. Recoge las cargas de las losas o entrepisos y las envía a las columnas. En muy raras ocasiones se muestra sola. Siempre íntimamente ligada a la losa y en la mayoría de los casos forma con ella la viga de placa.”  
(Bernal, Vigas, 2005)

Las vigas también están sujetas a la corrosión, su proceso constructivo no difiere de los otros elementos, debido a que cuentan con un encofrado, varillas de diferente diámetro según los requerimientos, y su fundición.



**Figura 42.** Armaduras de vigas preparadas para colocar en el encofrado.

**Fuente.** Construcción de Estructuras de Hormigón Armado Edificación,  
Eduardo Medina Sánchez.

Al igual que las columnas, las vigas también tienen dos métodos de protección; la primera introduciendo el inhibidor durante la fundición y la otra con la utilización del inhibidor migratorio, el cual viaja a través del hormigón hasta llegar al acero para protegerlo. Como se puede observar en la gráfica anterior, ese es el acero que se desea proteger para que no suceda la corrosión como nos muestra la figura 40, en la cual se ve claramente el grado de deterioro que tiene el acero por estos efectos.



**Figura 43.** Efectos de la Corrosión en la viga.

**Fuente.** Codemet.

Por lo que se ha visto la corrosión revienta el hormigón, o el recubrimiento que tiene, este proceso se da debido a que el acero al corroerse ocupa un lugar mayor entonces empiezan a aparecer grietas y luego si no se le da el tratamiento adecuado se podrá generar el desprendimiento del hormigón. Y así se podrá detectar estos problemas. El efecto destructivo que tiene la corrosión es que como se observa en la fotografía al acero al momento de fallar produce una rotura en el elemento, y las cargas que soportaba, especialmente la losa, se puede venir abajo provocando la pérdida de vidas humanas y materiales.

En esta etapa de corrosión se tendría que evaluar mediante la prueba de Galva Pulse, para así poder determinar su grado de corrosión y ver si el elemento se puede reparar y dar un diagnóstico certero de lo que se puede realizar y recuperar el elemento estructural. Además según se observa en la figura 40, el acero de refuerzo se ve muy dañado entonces el proceso para recuperarlo será largo y costoso, posiblemente se tendrá que utilizar el inhibidor de corrosión migratorio y reemplazar el recubrimiento según sea el caso.

Los procesos constructivos que tienen las vigas, no son complejos, ni algo del otro mundo, todo lo contrario son sencillas y fáciles de construir. El problema radica en que si se utiliza o no el inhibidor y que se debe hacer con él, por el eminente deterioro de las estructuras en la ciudad de Guayaquil, obligaría a las constructoras a utilizar el inhibidor de manera responsable y con la mejor tecnología para evitar los posibles colapsos, o las reparaciones costosas de los elementos, que hoy en día ningún dueño de las edificaciones quisiera hacer. Cabe recalcar que los procesos constructivos sin el inhibidor o con el mismo, no cambian, pero sus reparaciones al no utilizarlo, si se convierten en un dolor de cabeza para el dueño de la obra.

Por motivos de ética profesional y porque la mayoría de las personas no desean que sepan que sus edificios están con este problema, las fotos que se presentan a continuación no se expresará donde es el lugar de origen, pero se observara lo que la corrosión puede hacer en los elementos, solo se citará la fuente de donde se las obtuvo.



**Figura 44.** Efectos de la Corrosión en la viga.

**Fuente.** Codemet.

En la figura 41 se debería observar que la corrosión se ha extendido por tres puntos fundamentales de una construcción como son las vigas, la columna y la losa, en esta etapa ya el proceso es más visible, se observa que la humedad ha tomado la mayor parte de estos elementos, y luego del desprendimiento del recubrimiento, se ha acelerado el proceso.

Según los investigadores o los ingenieros especializados en este tema se puede saber que el efecto que aquí produjo que exista este proceso en el acero de refuerzo, fue el abandono de la estructura y el nivel freático que existía que no fue controlado, entonces por el efecto de capilaridad el agua pudo tomar el acero y así provocar la corrosión focalizada.

El tratamiento a seguir en este caso puntual es el apuntalamiento de la estructura y retirar todas las manchas que tiene en el acero y luego si poder poner el producto, el cual será el inhibidor de corrosión migratorio para que así pueda llegar al acero y contrarrestar el efecto.

Según testimonios de los ingenieros que se hicieron cargo de este problema, se sabe que la estructura no se le dio el mantenimiento que se debería y fue al momento que se quería vender que fueron a observar todos estos problemas. En la siguiente figura se puede observar que en la viga el efecto de la corrosión es mucho más visible; no faltó mucho para que la viga quedara totalmente expuesto su acero de refuerzo, en esta etapa la viga ya estaba con un gran daño y podría haber colapsado.



**Figura 45.** Efectos de la Corrosión en la viga.

**Fuente.** Codemet.

Por seguridad el edificio fue inspeccionado en su totalidad, y se pudo constatar que tenía graves daños en su estructura además como no estaba habitado su techo por algunas partes se había desprendido y en la época de lluvia entraba fácilmente el agua a estos elementos.

El trabajo que se realizó en este edificio fue arduo y duro muchos meses, y después de las pruebas se redujo significativamente el grado de corrosión que tenía, y entonces la estructura volvió a hacer funcional y se pudo habitar nuevamente y también se lo habilitó para el comercio.

En la siguiente imagen se puede observar que la corrosión también ataca al acero de refuerzo de las losas de hormigón armado, esto se debe a que la losa no tiene cubierta y esta al aire libre sin ningún impermeabilizante o un método de inhibidor de corrosión, cabe recalcar que la imagen a continuación no corresponde al mismo edificio antes mencionado y que en este caso gracias a la ayuda de los técnicos de la empresa se pudo saber que el trabajo que se realizó en esta losa fue la colocación del inhibidor y también se colocó una cubierta y un piso de porcelanato lo cual impedirá que se destruya o se deteriore más rápido.



**Figura 46.** Efectos de la Corrosión en la viga.

**Fuente.** Engineering Universal Service EUS CIA. Ltda.

Se pudo observar que la losa está muy afectada por la corrosión debido al ambiente al que estaba expuesto, es por esto que los dueños de la edificación decidieron reparar la losa, además nadie quiere perder su construcción o tener mayores gastos debido a que las losas al momento de repararlas genera mayores gastos que una viga o columna; porque estos elementos son más grandes es decir tienes mayores dimensiones y por lo tanto demandarían una cantidad mayor de hormigón y de acero de refuerzo, en la siguiente imagen se puede observar más de cerca la corrosión que tenía la losa, además para poder constatar se tuvo que hacer diferentes perforaciones o picar la losa para poder observar lo que sucedió y también se hizo mediciones.



**Figura 47.** Efectos de la Corrosión en la viga

**Fuente.** Engineering Universal Service EUS CIA. Ltda.

Para concluir se puede decir que la utilización de este inhibidor salvo en gran parte al edificio, porque no se debió de demoler el mismo porque se logró controlar el problema, en otras circunstancias o en algunos años atrás no se hacía nada y tenía que ser demolido, y sus propietarios no tenían otra opción. Es por esto que la utilización del inhibidor puede salvar la vida útil de los edificios, y también la vida de los seres humanos que viven en ellos, si no se controla a tiempo estos pueden colapsar y provocar la muerte de las personas que habitan en ella.

En la actualidad se ha tomado conciencia de la utilización del inhibidor, para así poder evitar futuros problemas. Existe en la actualidad muchas empresas que pueden ofrecer estos productos a los diferentes sectores de la construcción y es responsabilidad única de los diseñadores y constructores en la actualidad tener en cuenta la recomendación de utilizar o no dicho inhibidor. Pero según el estudio que se tiene y todas las dificultades que han tenido los edificios en sus diferentes elementos se puede decir que el uso de este aditivo se ha convertido en una necesidad, con el análisis que se va a realizar del costo del inhibidor vs el beneficio que tiene van a ser altos y por eso el utilizarlo será mucho mejor que no hacerlo.



### **3.3 Puentes: Sistema Tradicional sin y con la utilización de inhibidores de corrosión, señalando el grado de complejidad de este tipo de estructura, en función de los diferentes casos.**

#### **Puentes**

El sistema constructivo de los puentes, es decir cómo se construyen los mismos desde su inicio hasta su final se debe de seguir el siguiente proceso que no necesariamente se aplica a todos los casos, porque algunos cuentan con un diseño particular para los distintos casos, como por ejemplo para construcción de puentes al momento de salvar un río o un lago dependiendo de la distancia, no es lo mismo que cruzar el mismo río o lago con una distancia corta.

El proceso constructivo que normalmente se debe seguir según lo aprendido en las aulas de clases es el siguiente:

1. Diseño de los Pilotes, Pila, Viga Cabezal, Vigas Pre-Forzadas, Capa de Rodadura.
2. Construcción de los Pilotes y su Hincado.
3. Construcción de la cimentación.
4. Construcción de la pila.
5. Construcción de la viga cabezal o martillo.
6. Fabricación y Colocación de las vigas pre forzadas.
7. Capa de Rodadura.
8. Rampas de acceso.
9. Colocación de barandas, señaléticas y luminarias.

Estos pasos que se mencionan a continuación son los más básicos que deben de seguir en la construcción de un puente, no necesariamente en ese orden pero si es lo que habitualmente se hace.

Todo empieza con el diseño, un buen estudio y análisis del lugar donde va a estar ubicado es primordial para elegir el diseño y las cargas que va a tener el puente, estas cargas respetan a las normas AASTHO, y ya están normadas y se sabe cuáles son, puesto que no han cambiado a lo largo de los años.

Luego de tener todo bien diseñado y respetando siempre las normas, se empieza con la construcción de los pilotes y su hincado, la utilización de pilotes en los puentes se debe a las cargas que debe soportar el mismo, porque el tránsito

vehicular que puede llegar a tener es muy alto. En la ciudad de Guayaquil por tener un nivel freático muy alto, se debe utilizar pilotes, porque su estrato más fuerte está a una distancia relativamente alta y no se podría cimentar un puente si no se utiliza pilotes.

La construcción de la cimentación que va a tener el puente comienza después del hincado de los pilotes y es por lo general una cimentación cuadrada o una cimentación especial para romper el agua y que no afecte tanto las estructuras. Para poder construir las pilas del puente y cuantas se van a realizar, se debe de tener en cuenta la distancia que va a tener y que obstáculo va a salvar, en ciertas ocasiones la construcción de las pilas tiene que tener otra configuración u otro diseño debido a que el obstáculo que salvan es muy corto.

En el anexo 4 se puede observar cuales son los tipos de cimentación que puede tener un puente típico, como los que se tiene en la ciudad de Guayaquil. En el anexo 5 en cambio se observan los tipos de pilas que existen en la actualidad de acuerdo a los parámetros que se ha mencionado y cuál es su sección típica, lo cual nos ayudará a entender mejor.

Luego de todo lo antes mencionado, viene la construcción de la viga cabezal, la cual tiene la función de transmitir las cargas a las pilas y esta a su vez a la cimentación y así poder ser disiparas, esta viga también soporta las cargas de las vigas pre forzadas, las cuales son construidas y colocadas de manera uniforme y con una separación determinada para poder transmitir de manera uniforme las cargas. La viga cabezal tiene un diseño determinado y en el anexo 6 se puede observar como es un diseño de una viga cabezal para un caso específico y cuando el puente lo requiera.

Luego de colocar todos estos elementos estructurales, se construye la capa de rodadura, la cual tiene acero de refuerzo como toda la estructura del puente, por lo tanto se debe de proteger toda esta estructura para que dure los años que se prevé utilizar el puente. Los elementos que se coloca encima del puente como las barandas, señaléticas y postes de alumbrado público también necesitan ser protegidos contra la corrosión que pueda existir.

Existen puentes en la ciudad de Guayaquil los cuales están ubicados a lo largo de la ciudad pero uno de los más importantes es el puente de la Unidad Nacional, el cual sirve de ingreso y salida de la ciudad, y se ha convertido en uno de los más importantes para el país, es por esto que las diferentes autoridades han decidido tomar las debidas precauciones para que este puente este funcional las 24 horas del día y los 365 días del año, porque un colapso o una paralización parcial de este puente provocaría retrasos y algunas pérdidas para todas las personas que lo utilizan, ya que el tiempo que demorarían en cruzar dicho puente se extiende a varios minutos más de lo común y porque no decir varias horas.

Estos puentes denominados Puente de la Unidad Nacional, se ha convertido en un conjunto vial el cual está constituido por 4 puentes que unen a Guayaquil con los cantones de Samborondon y este a su vez con el cantón Duran. Y por tener que cruzar tanto el río Daule y el río Babahoyo, en el primero cruzan dos puentes el Rafael Mendoza Avilés y el Puente Carlos Pérez Peraso y sobre el río Babahoyo cruzan dos puentes más, estos nombres fueron cambiados en la actualidad y se los llama Puente de la Unidad Nacional.

En estos puentes se debió de utilizar el inhibidor de corrosión tanto en su cimentación, como en sus pilas, viga cabezal o martillo, y en sus vigas pre forzadas, puesto que por su cercanía a un ambiente salino los efectos de la corrosión iban a ser inminentes y destructivos. Por esta razón se utilizó en gran parte este producto para proteger y salvaguardar la vida de las cientos de miles de personas que cruzan por estos puentes ya sea por razones de trabajo o por hacer turismo.

El mantenimiento que debe de tener estos puentes en su estructura es la misma que se describe a continuación, la cual corresponde al puente 5 de Junio, dicho puente fue protegido debido a que ya cumplía su vida útil que era de 30 años y por los mismo motivos antes mencionados se debió hacer este trabajo para poder alargar su periodo de vida y hacerlo totalmente funcional algunos años más.

En el año 1996 la municipalidad de Guayaquil, en conjunto con la empresa Codemet hicieron la aplicación del producto CORTEC MCI-2020 a un puente emblemático de la ciudad como es el puente 5 de Junio, porque este se ha

convertido en un símbolo emblemático de la ciudad, el cual es un inhibidor de corrosión de carácter migratorio, el cual va a proteger el acero de refuerzo del ataque inminente que va a tener, por efectos de la corrosión.

Se pudo constatar por testimonio de las personas que hicieron la aplicación que en dicho puente por efectos de los cloruros y la carbonatación se deterioró el acero de refuerzo y el hormigón.



**Figura 48.** Efectos de la Corrosión en el Puente 5 de Junio.

**Fuente.** Codemet

La aplicación de este producto por parte de los trabajadores y especialistas que tiene la empresa se realizó de la siguiente manera:

- a) Primero se debe de realizar una limpieza de la superficie mediante chorro de arena.
- b) Luego se hace un cepillado de las vigas de acero de estructural del puente.
- c) Y por último se aplica el producto mediante pulverización del concreto como se muestra en la figura 45.

En el anexo 7, se mostrará la carta final de la aplicación del producto en el puente 5 de Julio, en la cual se muestra los problemas, la aplicación y las conclusiones

que se obtuvieron. Sin la aplicación de este producto en este puente probablemente este puente tuvo que ser cerrado y demolido en su totalidad, para luego poder construir otro nuevamente, y esta opción de reparación da muy buenos resultados y el costo beneficio que se obtiene producto de la aplicación es más alto que el costo de la construcción de otro puente.

En la actualidad el puente está en total funcionamiento como se muestra en el anexo 8, esto quiere decir que el inhibidor dio resultados muy buenos y el sistema de corrosión se ha disminuido notablemente, es por estas razones que si el constructor o la entidad fiscalizadora hubiera utilizado este sistema de construcción con el inhibidor, tal vez ahora se estaría haciendo un mantenimiento de la estructura con el producto antes mencionado y no así la reparación hace 20 años aproximadamente.

Hoy en día los puentes o pasos a desnivel que tiene la ciudad de Guayaquil a su alrededor ya se han hecho con este tipo de inhibidor para la cual se ha utilizado el inhibidor de corrosión para hormigón fresco o mortero, y tiene como código CORTEC MCI – 2005 NS, el cual ha sido utilizado en el Distribuidor de Tráfico Casuarina, y también el inhibidor de corrosión para hormigón endurecido ha sido utilizado en el puente de la calle portete, el cual se hizo una reparación en el mes de abril del 2013, porque este presentaba deterioro en su acero de refuerzo y era visible el daño causado por la corrosión. Se debe decir que esta reparación se la hizo alrededor de todo el puente y las partes afectadas, según los estudios realizados por la empresa se pudieron constatar que necesitaba la reparación.

Un problema muy común que tienen los puentes en la actualidad empieza por su deterioro en la calzada de hormigón armado, debido a que gracias al movimiento cíclico que tienen los vehículos al momento de pasar por dicha estructura este hace que se desgaste el recubrimiento y por lo tanto se desprenda el hormigón desde su parte inferior y superior. En la siguiente figura se puede observar la reparación del puente de la calle Portete



**Figura 49.** Reparación del Puente de la Calle Portete.

**Fuente.** Codemet

Como se dijo anteriormente el inhibidor para hormigón fresco se lo utilizó en el puente de la calle A, en noviembre del 2011, este producto se utilizó durante la ejecución del proyecto y no se debe hacer una reparación en un tiempo de 40 años, este inhibidor garantiza que el periodo de vida se propaga hasta este lapso de tiempo. Es muy común que los ingenieros constructores y diseñadores no desean utilizar este inhibidor porque no lo creen necesario, pero se ha demostrado que la incorporación de este producto en este tipo de puentes que están en contacto directo con el agua, es mucho mejor realizarlo y así no tendrán problemas anticipados en la estructura sino que su periodo de vida útil se alargará y cumplirá con el periodo que los diseñadores prevean que va a durar y porque no superarla.

En este puente se utilizó el inhibidor en toda su estructura, al igual que el arco de metal, que se observa en la siguiente figura debido a que este podría tener en un futuro problemas con la corrosión, debido a que el metal está expuesto directamente a los agentes dañinos que tiene el acero. Al igual que en las barandas de protección y en el paso peatonal que tiene el puente. Cabe recalcar que este puente es muy transitado y las personas que lo utilizan necesitaban el mismo.



**Figura 50.** Puente de la Calle A, Guayaquil.

**Fuente.** Codemet

Si bien no se desea utilizar el inhibidor de corrosión por cualquier motivo que se tenga, en la actualidad en algunas obras importantes se lo está utilizando debido a que este producto garantiza que la estructura no se corroa y no tenga problemas en sus principales componentes. El no uso del inhibidor en circunstancias que se sabe que va a existir la corrosión no inmediata sino en un periodo de tiempo, hace que los dueños de las mismas tengan un costo extra al momento de repararla que a veces supera el costo si es que se lo hubiera utilizado desde el principio y no en una futura reparación.

Otro caso se aplicación de este inhibidor es en la autoridad portuaria de Guayaquil, en sus puentes de embarque y desembarque, los mismo que fueron construidos en diciembre del 2011, en el cual ya se utilizó el inhibidor de corrosión pero en este caso fue para hormigón fresco o mortero debido a que es una estructura nueva y se sabe de buena fuente que en algunos puentes de embarque la corrosión que tiene la estructura ya estaba próxima a repararse y se está haciendo los estudios para poder realizarla y así contrarrestar este efecto.

Por todo estos efectos que ya se ha mencionado es mucho mejor utilizar el inhibidor de corrosión, debido a que en este tipo de obras no es factible tener que repararlas y cerrar una parte de autoridad portuaria por reparación, esto generaría pérdidas para el mismo y también para las personas que traen la

mercadería o exportan algún producto hacia los diferentes países del mundo, puesto que deben de pagar mucho más por concepto de almacenaje, el buque carguero tiene que esperar algunos días para tener un lugar donde dejar sus productos y así mismo que carguen otros. Entonces con la utilización del inhibidor los problemas que podrían tener estas estructuras van a tardar algunos años más en aparecer y esto no genera pérdidas millonarias a los usuarios de esta dependencia y tampoco al país.



**Figura 51.** Autoridad Portuaria de Guayaquil.

**Fuente.** Codemet

Si bien este tipo de puente no es de los convencionales para tránsito vehicular, no se puede dejar de lado su estudio, debido a que este puente tiene la misma configuración que un puente de paso vehicular, ya que por aquí transitan vehículos de carga pesada para poder revisar la cubierta de los barcos, y principalmente para movilizar la carga que van a tener dichas embarcaciones. Es por esto que se ha tomado la libertad de también mencionar este tipo de estructuras que se tiene que tener en cuenta que también se van a deteriorar por este tipo de daño, y que la no utilización en su sistema constructivo sería un grave error por los problemas que van a tener y por las pérdidas económicas antes mencionadas.



En el anexo 9 se observan algunas fotografías del proceso constructivo de autoridad portuaria de Guayaquil y como se ve en la actualidad ya terminado, cabe recalcar que los puentes que estén en contacto con el ambiente salino de la ciudad es importante el uso de este inhibidor ya que existen obras como las que se mencionan que son de vital importancia y el cierre de una de ellas por varios meses generaría pérdidas para las personas directa e indirectamente.

Los ingenieros constructores tienen la libertad de decidir si se usa o no el inhibidor, al igual que el dueño de la obra es decir la persona que va a gastar su dinero para hacerlo, pero en este caso cabe realizar un análisis y los involucrados en la obra que se va a construir tener un poco de consciencia y criterio bien formado para saber en qué ocasiones se debe utilizar el inhibidor según sea su uso. Pero en los casos que se ha presentado los puentes tienen un contacto no solo con el ambiente salino sino con agua dulce directamente entonces el uso del inhibidor de corrosión para hormigón fresco o endurecido casi se vuelve obligatorio para no producir daños y molestias a los usuarios en los futuros años.

Para concluir se debe decir que la no utilización del inhibidor de corrosión en el proceso constructivo de los puentes, no va a efectuar un cambio en su diseño, ni un cambio estructural una vez terminada la obra, sino todo lo contrario hará que la obra cueste menos que antes, pero en cambio la utilización de este producto tampoco va a cambiar su proceso constructivo pero si cambia los beneficios que tendría; porque los daños por la corrosión de su acero de refuerzo no se van a reflejar inmediatamente como si se va a presentar en el caso anterior y lo que se ahorró en la no utilización puede causar que la reparación sea más costosa que lo que se trató de ahorrar al momento de no utilizarlo. Es por esto que por todas las experiencias previas, es mejor utilizar el inhibidor, que no hacerlo adecuadamente o simplemente no ponerlo en las estructuras, pero con un criterio formado se debe saber cuándo utilizarlo y cuando no hacerlo. Pero en la ciudad de Guayaquil la mayoría de puentes nuevos tienen este producto en su mezcla o se ha hecho un curado del hormigón para evitar la corrosión.

### **3.4 Pavimentos: Sistema Tradicional sin y con la utilización de inhibidores de corrosión, señalando el grado de complejidad de este tipo de estructura, en función de los diferentes casos.**

#### **Pavimentos**

Si se tiene que definir un concepto sobre lo que es un pavimento se puede decir que es un conjunto de capas que se encuentran superpuestas entre sí, lo que se quiere mencionar es que existen capas de base, sub base y la superficie de rodadura, la cual puede ser de pavimento flexible y pavimento rígido. A continuación se hará referencia sobre el pavimento rígido, debido a que este pavimento es el que tiene acero de refuerzo en su estructura y es el que se lo desea proteger.

Un pavimento rígido es aquel que esta constituidos por una losa de hormigón y apoyados sobre materiales seleccionados o sobre la sub-rasante. Por su alta rigidez que tiene el hormigón, así como su elevada elasticidad, la distribución de esfuerzos se realiza sobre una amplia zona.

Estos pavimentos rígidos tienden a resistir los esfuerzos a tensión pero en cierto nivel, esto quiero decir que se debe de colocar una estructura de acero para que soporte de mejor manera los esfuerzos a tensión.

Cabe recalcar que todos los elementos de la estructura sufren esfuerzos de tensión pero es ahí donde entra el acero debido a que el hormigón tiene una alta resistencia a la compresión más no a la tensión. Se debe de proteger al acero de refuerzo de la corrosión debido a que los pavimentos están totalmente expuestos al aire y al agua, que son los agentes más dañinos y que activan la corrosión.

El factor más importante por lo que fallan los pavimentos en casi el 90% es debido a su mal diseño, y por el mismo motivo su mala construcción, además en este tipo de estructuras los inhibidores son escasos o de muy poco uso, debido a que siempre son reemplazos o simplemente le dan un mantenimiento pobre, esto se ha podido constatar mediante recopilación de información con los diferentes ingenieros constructores y diseñadores.

Lo que se ha podido recopilar es que en los pavimentos lo más importante no es el acero de refuerzo, es decir no se usa armadura hay pocos pavimentos en los que se la usa, lo máximo que se hace es poner una malla de retracción para que el hormigón soporte este esfuerzo. Es por esta razón que el inhibidor es casi escaso para los pavimentos y lo que se utiliza hoy en día es un pavimento con fibra mineral o de acero, lo cual esta fibra ya viene galvanizada por lo tanto el uso de este producto ya no tendría el mismo efecto.

En las siguientes gráficas y explicaciones se hará referencia a casos puntuales que existen en la ciudad de Guayaquil, y los problemas que tienen a lo largo de su vida útil. Estos pavimentos tienen muchos años de construcción por lo que en algunas ocasiones no se les ha dado un tratamiento con este inhibidor debido a que más fácil ha sido reemplazarlo con un pavimento flexible o simplemente un bacheo o un parche como se lo conoce comúnmente, además al momento de hacer este tipo de pavimentos la utilización de este inhibidor no se lo toma en cuenta o no se lo utiliza porque no se le da la importancia necesaria.

En la gráfica 49 se observan los daños que tiene la calzada de la vía debido a distintos factores como son el paso repetido de vehículos para lo cual son construidas las vías, la falta o poco mantenimiento que se le da por parte del municipio, que es el encargado de su fiscalización y su posterior mantenimiento.



**Figura 52.** Calle Rodolfo Baquerizo Nazur, Sector la Alborada

**Fuente.** Autor.

Otro de los factores que hace que el pavimento falle en su acero de refuerzo en el mal drenaje que tienen debido a que el agua queda acumulada y esto hace que por capilaridad entren hasta tocar la configuración de varillas que se utilizó, y por lo tanto activan la corrosión. En la siguiente figura se puede observar cómo se acumula el agua en una de las esquinas del pavimento debido a su mal drenaje y esto no solo afecta al pavimento sino a todo su entorno, como los aceras y bordillos, pues que estas estructuras también tienen acero de refuerzo en su composición.



**Figura 53.** Calle Rodolfo Baquerizo Nazur, Sector la Alborada

**Fuente.** Autor.

En el anexo 10 se puede observar muchas fotografías de la Calle Rodolfo Baquerizo Nazur, Sector la Alborada, la cual está muy deteriorada por el pasar de los años y lo único que se ha hecho es un bacheo provisional y no se ha tratado el problema como tal sino se ha reparado fallas puntuales.

Se puede decir que los pavimentos rígidos no se utiliza los inhibidores de corrosión de ningún tipo solo en casos puntuales como es el pavimento que se utiliza en bodegas de almacenaje de cargas, debido al uso de los montacargas y en pavimentos de tránsito de vehículos pesados como es en autoridad portuaria de Guayaquil, por su cercanía a un ambiente salino. Es por este motivo que se debería de utilizar el inhibidor de corrosión para el acero de refuerzo, porque se volvería en una necesidad para que no haya inconvenientes en el futuro y si por algún motivo no se utilizó es exclusividad del dueño, diseñador y constructor de la obra decidir si se lo debe o no utilizar.

Además se debe recalcar que en el proceso constructivo de los pavimentos depende de en qué lugar se puede construir para utilizar el inhibidor de corrosión ya sea para hormigón endurecido o para hormigón fresco o mortero, no se puede mezclar los conceptos de cuándo o no utilizarlo, se debería pensar que el pavimento que está cerca de un ambiente salino está protegido con este inhibidor pero no es así debido a que hoy en día se prefiere utilizar pavimento flexible, que pavimento rígido debido al costo y al eminente deterioro temprano que tiene; no con esto se está descartando que se lo puede utilizar pero no se lo realiza en la actualidad, si se puede observar algunas construcciones cercanas a los ambientes salinos se tiene pavimento flexible en una significativa proporción ante el pavimento rígido.

Para concluir se debe decir que los pavimentos rígidos con un inhibidor de corrosión en la actualidad en la ciudad de Guayaquil se utilizan en casos puntuales y de especial importancia, o sino se lo reemplaza con pavimento flexible o simplemente no se invierte en hacerlo o no se utiliza el inhibidor de corrosión. Es por todos estos motivos que el estudio de los pavimentos con la utilización de los inhibidores no se lo ha hecho con absoluta profundidad sino que se ha estudiado casos puntuales como es en la utilización de las bodegas de almacenaje de diferentes productos, estas bodegas o explanadas para poner los contenedores se encuentran en autoridad portuaria de Guayaquil, y en sus cercanías.

Los pavimentos rígidos tienen un estudio por menorizado en esta ciudad porque se da prioridad a otras como son los puentes y edificios, y las carreteras, avenidas o calles de la ciudad no están siendo construidas con este inhibidor, pero los dueños de la obra no se dan cuenta que pueden ahorrar muchos costos de mantenimiento si lo utilizarán. Es por esto que el objetivo primordial de esta investigación es dar una mano a los constructores, fiscalizadores y dueños de la obra para que utilicen el inhibidor en los casos que deban utilizarlo y no en ocasiones que no amerite poner este aditivo.

Se puede decir que el proceso constructivo que siguen cada uno de estas estructuras que se ha estudiado llega a un punto similar, aunque sean totalmente diferentes su elaboración, diseño y construcción; este punto en común es la utilización del inhibidor de corrosión al momento de vaciar el hormigón o al momento de fundir los elementos. Esto quiere decir que se debería de estudiar las edificaciones, puentes y pavimentos, que son las estructuras que no hacen falta en una ciudad, por separado, y así poder determinar el grado de complejidad que tienen las estructuras y como está afectado su acero de refuerzo para empezar a reparar.

Uno de los objetivos de la presente investigación es hacer el estudio por separado de las estructuras y hacer que los diferentes involucrados en la obra puedan decidir de mejor manera si se debe usar el inhibidor o no se debe usarlo. Es por esto que se ha hecho el estudio, se dará las conclusiones y recomendaciones de todo lo que se ha recopilado por separado.

Queda a criterio exclusivo de los diseñadores, constructores y dueños de la obra, tanto en el sector público y privado, la utilización o no del inhibidor de corrosión para el acero de refuerzo, pero siempre con un criterio formado dar la opinión respectiva y utilizarlo en los casos antes mencionados con absoluta responsabilidad y seriedad que estas obras ameritan. Si aun así los dueños de la obra no desean utilizar el inhibidor, quedará a criterio de ellos y absoluta responsabilidad del dueño; los ingenieros dieron su criterio, pero a nadie le gustaría que sus obras se dañen en un corto plazo, sino que quisieran que duren para siempre sin ningún mantenimiento.

Se espera que en el presente trabajo y en especial el capítulo 3 sirva a todas las personas que están inmersas en el mundo de la construcción, para tomar la mejor decisión al momento de construir y diseñar las estructuras para poder utilizar el inhibidor de corrosión, cuando el caso lo amerita y sea salvaguardar la vida de las personas que utilizan las edificación, puentes y pavimentos, y que este proyecto se convierta en un soporte técnico o manual para la toma de decisiones.

## Capítulo 4

### Análisis Comparativo de Costos

Un análisis comparativo de costos radica en que se debe determinar cuál es la mejor opción al momento de aplicar o no el producto antes mencionado, además no es lo mismo construir una edificación donde el nivel freático está muy cerca, como sucede en la ciudad de Guayaquil, y construir en la Sierra en donde la humedad y el nivel freático está muy alto.

Nuestro análisis se basará en la comparación de tres edificaciones, las cuales serán edificios, puentes y pavimentos, en el cual se tomará un análisis de precio unitario de cada una de las estructuras y se dará a conocer que sucede con los costos de la obra si se considera utilizar o no el inhibidor de corrosión tanto para hormigón fresco como hormigón endurecido. Además se hará énfasis en el aditivo para hormigón fresco, porque así se protege al acero de refuerzo desde el principio de la obra, el aditivo para hormigón endurecido es para reparar la estructura o para proteger cuando no se utilizó el aditivo en el hormigón.

Para poder determinar que rubros se van a utilizar en el análisis de precios unitarios, se pidió asesoría al tutor y a la empresa Codemet, los mismos que ayudaron para que el análisis sea el mejor posible, y determinar si se debería utilizar o no el inhibidor de corrosión.

También se hará un análisis del sin y con la utilización del inhibidor, que obviamente por tener un rubro más el con el inhibidor va a hacer un poco más costosa la obra, pero también se hará un análisis si se debería reparar la estructura y en qué tiempo se realiza dicha reparación, se puede decir que el costo de reparación de dicha estructura en algún momento va a poder sobrepasar el costo de haberlo utilizado. Esto es lo que se va a determinar con el análisis comparativo de costos que se hará en este capítulo.

Para concluir se puede decir que el costo de utilizarlo antes es mucho menor que el costo que se debería de hacer para reparar la estructura después que está presente los problemas que se mencionaron en el capítulo anterior.

El presente análisis constará de tres partes, el primero un análisis de precios unitarios por metro cúbico de hormigón premezclado sin inhibidor, y el siguiente el mismo análisis pero con el costo del inhibidor de corrosión al que se ha llamado alternativa A, el cual es el inhibidor para hormigón fresco o mortero y la última opción será el análisis para un hormigón endurecido a lo que se ha llamado alternativa B.

El análisis de la alternativa A, en este proceso solo se tiene que añadir la dosificación adecuada al hormigón cuando se está preparando en un mixer o en una concreteira. Cabe descartar que si se lo hace en sitio se debe tener en cuenta la dosificación correcta de este producto y si se lo trae desde una hormigonera, especificar que se quiere con este inhibidor o simplemente ponerlo antes del vaciado del hormigón.

En la alternativa B, este inhibidor tiene otro proceso, es cuando el hormigón está endurecido, es decir se debe de hacer una reparación del elemento estructural cuando está comprometido o deteriorado, gracias a la corrosión que existe o puede existir, este inhibidor puede reparar el daño o también prevenirlo. Este tipo de inhibidor no solo se lo utiliza cuando está dañado el elemento sino también como prevención de posibles daños que puedan tener las estructuras y en especial en sus elementos de hormigón más importantes.

Como se sabe con anterioridad este trabajo va a ser referencia a tres estructuras como son edificios, puentes y pavimentos, pero no de todos sus componentes estructurales porque con un análisis de precios unitarios por metro cubico de hormigón ya se tiene la idea para saber el valor o al que puede llegar si se utiliza o no el inhibidor. Se hace referencia en el caso de los edificios a las columnas, en los puentes a los estribos del mismo, y en el caso de los pavimentos, al vertido del hormigón cuando éste tiene una malla electrosoldada, que es lo que se va a proteger de la corrosión.

Este análisis cuenta con la siguiente hoja de cálculo como se puede observar en el anexo 11, la cual consta de Equipo, Mano de Obra, Materiales y de Transporte. Dichos cálculos como ya se mencionaron se harán por metro cúbico de hormigón en el caso sin inhibidor y la alternativa A, y en el caso de la Alternativa B se lo



hará por metro cuadrado de hormigón reparado o metro cuadrado de hormigón endurecido en donde se haya puesto el inhibidor.

En la hoja de cálculo se encontrará componentes como: descripción, cantidad, tarifa, costo hora, rendimiento y costo, la suma de todos estos componentes nos dará un subtotal que se denominará M, este costo que se obtiene será sumado con los demás para poder sacar un precio unitario total del componente.

EQUIPO

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
		A	B	$C=A*B$	R	$D=C*R$
SUBTOTAL M						

**Figura 54.** Análisis de Precios Unitarios Equipo.

**Fuente.** Autor.

La siguiente parte consiste en detallar la mano de obra que se va a utilizar para esta parte del análisis, además esta corresponde a la cuadrilla tipo que debe de tener toda obra de ingeniería, en el momento de su construcción, en cuanto a la alternativa B, está va a diferir un poco porque no se va a necesitar un fierrero, carpintero, sino otro tipo de personal porque el trabajo es diferente, porque en la alternativa B se basa en la reparación de la estructura, mas no en la construcción de la misma.

MANO DE OBRA

Nº	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
		A	B	$C=A*B$	R	$D=C*R$
SUBTOTAL N						

**Figura 55.** Análisis de Precios Unitarios Mano de Obra.

**Fuente.** Autor.





Este análisis de precios unitarios se lo tiene que hacer con absoluta responsabilidad y con mucha anticipación, debido a que un buen análisis de precios unitarios nos dará un precio exacto del proyecto y con esto se podrá adjudicar el mismo y no tener un precio elevado. Además como hoy en día existen los concursos para poder ganar un contrato, al momento de hacer el análisis se podrá dar cuenta en donde se debe bajar un poco los precios y así ganar la oferta del contrato.

En el presente análisis de precios unitarios para las edificaciones que se han seleccionado se basará en los términos antes mencionado, y se lo hará con absoluta responsabilidad y asesoría de las partes antes indicadas, por lo que el precio que se ha tomado como referencia y comparativo de exclusividad de esta investigación, debido a que los análisis posteriores con la utilización o no del inhibidor se pueden tomar otros materiales, mano de obra, equipos y transporte, puesto que el precio y demás componentes es de exclusividad de la persona que hace el análisis y puede tomar otros componentes más importantes o desestimar algunos componentes que él cree que no se utilizan.

Al momento de referirse a él, se puntualizará a los ingenieros civiles, constructores y fiscalizadores, que al momento de tomar una decisión si es que se debe o no utilizar el presente trabajo de investigación y también el análisis de precios unitarios para poder referenciar y así decidir cuál es la mejor opción al momento de utilizar el inhibidor para mortero o para hormigón endurecido, o simplemente no utilizarlo, pero cabe recalcar que en el análisis que se va a presentar si es verdad que al momento de utilizar el inhibidor el costo sube por el mismo precio del producto, también se va a observar que el costo para reparar una estructura es mucho más caro por metro cúbico, que no poner el inhibidor.

Si en algún momento se decide utilizar la alternativa B, la cual sería después de un tiempo determinado reparar la estructura se tiene que tener en cuenta que a veces el elemento estructural está muy dañado y ya no se puede reparar, sino que se debe construir de nuevo y eso no es lo que se quiere sino mantener nuestra estructura y que no nos cueste ningún centavo por un largo tiempo.



En el desarrollo del siguiente capítulo al momento de hablar de análisis de precios unitarios del acero de refuerzo en edificios, se hará referencia a un caso en particular como es de las columnas, debido a que este elemento estructural va a sufrir el mayor impacto de las cargas, debido a que es responsable de transmitir las a la cimentación.

Para poder efectuar el análisis de precios unitarios en esta etapa se debe de saber diferenciar cuando se debe de utilizar el inhibidor de corrosión o que inhibidor se debe de utilizar, en esta etapa se hará referencia al inhibidor de corrosión para hormigón fresco o mortero MCI-2005 NS, este inhibidor se lo tiene que utilizar cuando el hormigón está fresco, es decir al momento que se va a fundir el elemento, las características que tiene este inhibidor se las puede observar ver en el capítulo 3.

El análisis de precios unitarios se basa en el precio que va a tener efectuar un metro cúbico de hormigón, en el análisis se efectuó con los materiales que deberían de utilizarle para poder hacer un m<sup>3</sup> de hormigón pre mezclado, así como que equipos se utilizan y también el análisis de la mano de obra dando los siguientes resultados, que al parecer del tutor y el autor de la presente trabajo de investigación están de acorde con el precio que se viene manejando por parte de los medios reguladores del sector de la construcción.

Este análisis presenta los siguientes resultados que se va a presentar a continuación de forma detallada y precisa. Este precio que se maneja con la utilización del inhibidor de corrosión es referencial; y quedará a criterio del constructor o dueño del proyecto si puede bajar o subir este precio.

El precio que se obtiene es de 610.92 dólares el metro cúbico de hormigón armado de  $f'c=280$  pre mezclado, el cual se detalla de la siguiente manera en los análisis de precios unitarios para todos los componentes que son necesarios para poder llegar al precio indicado.

En cuanto al equipo que se ha utilizado para esta alternativa son dos vibradores, debido a que si por alguna razón uno de los vibradores se daña, no se puede esperar a que exista un arreglo, porque el hormigón fresco puede empezar a fraguar y ya no se podrá utilizar en el elemento que se vaya a fundir, entonces

es muy importante tener otro por precaución. Como se muestra en la siguiente figura para el cálculo del equipo el precio es de 1.20 para los 2 vibradores, este alquiler del equipo corresponde al precio que tendría que utilizar para hacer o fundir un metro cubico de hormigón pre mezclado

Para poder seguir con el análisis se tiene que pensar que cantidad de mano de obra se debe de utilizar para poder realizar un metro cubico de hormigón, según lo estudiado en clases y por experiencia de los ingenieros constructores, se debe de contratar a un maestro de obra, 2 carpinteros, 2 ferreros, 6 peones, los cuales van a estar trabajando para poder realizar el objetivo que se requiere, como se muestra en la figura este análisis da un precio de \$119.90, el cual es el precio que se debe pagar a la mano de obra.

Para el análisis de los materiales, se detallará que materiales se debe tener para poder efectuar el trabajo y se incluirá el costo del inhibidor por metro cubico, el cual se observará su precio en el anexo 12. En la siguiente figura se va a ver detalladamente el costo de los materiales y cuál fue su total, el mismo que tiene un precio en esta parte del análisis de \$388.00 dólares.

Esta etapa del APU correspondería hacer el análisis del transporte, pero hoy en día el transporte está incluido en los materiales, debido a que la persona que se compra el material se encarga de llevar hasta el sitio los materiales, si la cantidad es considerable o el sitio no está muy lejano. De ser así la obra queda en un lugar lejano, los constructores tienen sus propios vehículos para poder llevar los materiales hasta la obra.

Una vez que se ha podido efectuar todos estos análisis se va a notar que sumando todos los subtotales tanto del equipo, mano de obra y materiales nos van a dar un total de \$509.10 dólares, y sacando los costos indirectos que son del 20% nos dan un valor de 101.82, y sumando estos dos valores nos da un total de \$610.92 dólares el metro cubico de hormigón armado.

El precio que se pudo obtener, cabe recalcar que es un precio referencial que tiene mucha similitud a los precios que se maneja en el mercado actual, les interesa verificar que si es un poco más costoso utilizar el inhibidor, comparado con el precio que se obtiene sin el inhibidor de corrosión, pero él no utilizarlo va

a efectuar que existan más problemas que si se lo hubiera puesto desde el principio de la construcción.

Estos problemas conllevan a hacer una reparación con el inhibidor de corrosión de otro tipo que ya se lo debe analizar en su momento, pero para evitar todo esto se deberá hacer las cosas bien desde el inicio y saber que se debe de utilizar, puesto que en Guayaquil existe un ambiente salino y porque el nivel freático es muy bajo. Todos estos factores hace que el inhibidor sea una necesidad más que un lujo si se va a construir en las riberas del río guayas o cerca del estero salado que está muy cerca de algunas edificaciones importantes como son universidades, escuelas y colegios, pero si se desea construir en sectores como los ceibos, mapasingue este y oeste, bueno en estos sectores queda a exclusividad el dueño y constructor referirse al inhibidor y utilizarlo.

Para los sectores céntricos de la ciudad y para los sectores de Kennedy, Alborada, Garzota, Terminal Terrestre y Sur de la ciudad que estén cerca al puerto o fabricas que se encuentran a las riberas del río, la recomendación sería utilizar el inhibidor sin importar el costo que si se dieran cuenta a continuación comparado con no utilizarlo no es mucha la diferencia, pero por ahorrar dinero no deberían ganar un problema más grande unos años después, sino se debería de vivir tranquilos alrededor de 50 años, para concluir se puede decir que la edificación y el inhibidor garantizan su uso, periodo de vida y estabilidad estructural para la que fue diseñada y como estaba previsto que empiece sus fallas y su periodo de vida útil.

Se puede decir que la utilización del inhibidor va a construir para que las personas que vivan ahí no tengan ningún problema al momento de habitar la estructura, debido a que tendrán una protección que muy a menudo las personas ni se dan por enteradas, pero por motivos de seguridad y ética profesional, se debería de utilizar este producto para no tener problemas en el futuro, como los que se ha mencionado a lo largo de la presente investigación, y tomar en consideración los lugares en donde se debe utilizar para así poder tener una idea de cómo y cuándo se lo utiliza al inhibidor de corrosión para hormigón.



## 4.2 Análisis de Precios Unitarios del acero de refuerzo en Edificios, sin la utilización de inhibidores de corrosión.

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (USD)

RUBRO Nº: Columna

UNIDAD: m3

DETALLE: Hormigón Armado f'c=280 Premezclado

Sin Inhibidor de Corrosión

#### EQUIPO

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
		A	B	C=A*B	R	D=C*R
	Vibrador	2,00	3,75	7,50	0,16	1,20
<b>SUBTOTAL M</b>						1,20

#### MANO DE OBRA

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
		A	B	C=A*B	R	D=C*R
	Maestro de Obra	0,20	3,66	0,73	3,58	2,62
	Carpintero	2,00	3,30	6,60	3,58	23,63
	Fierrero	2,00	3,30	6,60	3,58	23,63
	Peon	6,00	3,26	19,56	3,58	70,02
<b>SUBTOTAL N</b>						119,90

Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO UNIT.
			A	B	C=A*B
	Hormigón Premezclado f'c=280	m3	1,05	135,98	142,78
	Acero de Refuerzo	kg	150,00	1,10	165,00
	plywood 15mm	U	0,78	21,74	16,96
	Cuarton de 2x3	U	6,00	3,00	18,00
	Tira de 1x3	U	4,00	1,50	6,00
	Alambre Galvanizado Nº12	kg	3,00	1,33	3,99
	Alambre Recocido Nº 18	kg	2,50	1,03	2,58
	Desmoldante	gib	1,00	3,00	3,00
	Clavo de 2 1/2"	kg	2,50	1,62	4,05
<b>SUBTOTAL O</b>					362,351

TRANSPORTE					
Nº	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	TARIFA	COSTO UNIT.
			A	B	C=A*B
-	-	-	0	0	0
<b>SUBTOTAL P</b>					0,000

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		483,45
COSTOS INDIRECTOS	20,00%	96,691
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		<b>\$ 580,14</b>

Figura 60. APU sin el inhibidor de Corrosión para edificios.

Fuente. Autor

Al momento de efectuar el análisis de precios unitarios sin el inhibidor de corrosión se puede decir que un análisis en donde se ve cada componente que va a tener un metro cúbico de hormigón, como son un vibrador en cuanto a equipo, la mano de obra estará conformada por un maestro de obra, peón, carpintero y herrero, en la parte de los materiales se tendrá el hormigón premezclado de f'c 280, el acero de refuerzo, el plywood, cuartón, tira, alambre recocido, desmoldante y clavos, todos estos materiales conforman lo usual que se debe utilizar para poder hacer un metro cubico de hormigón armado f'c 280 pre mezclado.

Con todo este análisis y una vez aprobado se obtiene un precio de \$580.14 dólares el metro cúbico de hormigón sin el inhibidor de corrosión, este precio nos da por el análisis de precios unitarios de cada uno de los componentes como son el equipo que nos un total de \$1.20 dólares, la mano de obra que nos da un total de \$119.40 dólares, los materiales que nos da un total de \$362.35 dólares americanos.

Este precio es muy similar al que los diseñadores y constructores manejan en la actualidad, puesto que se ha tomado como referencia tanto para mano de obra, materiales y equipo, los componentes que se utilizan para efectuar un m<sup>3</sup> de hormigón ya sea para columna, losa, o vigas en los edificios, pero en el presente análisis se hace referencia al metro cúbico de hormigón en las columnas.

Este elemento estructural al igual que el resto es muy común en las edificaciones puesto que este elemento transmite las cargas a la cimentación y es de vital importancia en todo proyecto de ingeniería civil, con referente a las casas de 2 o más plantas y a las villas que se construyen hoy en día.

Si bien es cierto que no utilizar el inhibidor nos da un precio más barato que al momento de utilizarlo, nosotros a lo largo de la investigación en cuanto a edificaciones se ha defendido el uso del inhibidor, pero queda a criterio tanto del constructor, fiscalizador, diseñador y dueño de la obra, si se utiliza o no el producto.

Se sabe que hoy en día, las empresas inmobiliarias algunas consientes del hecho que sus estructuras se pueden dañar por el ambiente salino sino utilizan

el inhibidor de corrosión, pero algunas otras empresas que no están conscientes de aquello o no quieren utilizar por el tema de costos y quieren vender sus edificios o casas no lo utilizan. Se ha dado las pautas y los errores que se cometen para así despejar dudas sobre si se lo utiliza o no, pero como ya se pudo mencionar antes queda a exclusivo criterio de estos responsables directos de la obra su uso o no del inhibidor.

Además depende del lugar donde se esté construyendo y en qué sector de la ciudad de Guayaquil, no por esto las estructuras que estén en sectores altos están excepta de la corrosión puesto que el aire y el agua que son los principales agentes que hacen que este mal se propague pueden llegar de diferentes maneras a la estructura y perjudicarla.

En el presente análisis de precios unitarios se pudo constatar que el precio al momento de utilizar el inhibidor varia muy poco, comparado con no utilizarlo para ser exactos, solo el costo del inhibidor cambiaría, este se lo agrega cuando el inhibidor está fresco y no hay un mecanismo especial para ponerla más que su dosificación que es de 1 litro por metro cubico, que hace que el inhibidor funcione de manera adecuada en el hormigón sin alterar sus propiedades, ni su función física.

Gracias a este estudio se pudo constatar que los beneficios de utilizar el inhibidor en cantidades adecuadas, nos puede traer muchos beneficios y entre ellos el más importante, como es que las estructuras lleguen a su vida útil sin tener ningún problema de corrosión, es decir sin que sus elementos estructurales no sufran una ruptura o colisión debido a este mal. Pero esto no garantiza que un evento extraordinario pueda dañarlos como el que sucedió en abril del 2016.

#### 4.3 Análisis de Precios Unitarios del acero de refuerzo en Puentes, con la utilización de inhibidores de corrosión.

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
		A	B	C=A*B	R	D=C*R
	Vibrador	2,00	3,75	7,50	0,17	1,28
<b>SUBTOTAL M</b>						<b>1,28</b>

#### MANO DE OBRA

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
		A	B	C=A*B	R	D=C*R
	Maestro de Obra	0,20	3,66	0,73	3,76	2,75
	Carpintero	2,00	3,30	6,60	3,76	24,82
	Fierrero	2,00	3,30	6,60	3,76	24,82
	Peon	6,00	3,26	19,56	3,76	73,55
<b>SUBTOTAL N</b>						<b>125,93</b>

#### MATERIALES

Nº	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO UNIT.
			A	B	C=A*B
	Hormigón Premezclado f'c=280	m3	1,10	135,98	149,58
	Acero de Refuerzo	kg	160,00	1,10	176,00
	plywood 15mm	U	0,82	21,74	17,83
	Cuarton de 2x3	U	7,00	3,00	21,00
	Tira de 1x3	U	5,00	1,50	7,50
	Alambre Galvanizado N°12	kg	3,50	1,33	4,66
	Alambre Recocido N° 18	kg	3,00	1,03	3,09
	Desmoldante	glb	1,00	3,00	3,00
	Clavo de 2 1/2"	kg	3,00	1,62	4,86
	Inhibidor Cortec MCI-2005NS	lt	1,00	25,65	25,65
<b>SUBTOTAL O</b>					<b>413,16</b>

#### TRANSPORTE

Nº	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	TARIFA	COSTO UNIT.
			A	B	C=A*B
-	-	-	0	0	0
<b>SUBTOTAL P</b>					<b>0,000</b>

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		540,36
COSTOS INDIRECTOS	20,00%	108,073
COSTO TOTAL DEL RUBRO		\$ 648,44

Figura 61. APU de puentes con inhibidor de Corrosión Cortec MCI-2005 NS

Fuente. Autor

En cuanto a la utilización del inhibidor de corrosión en puentes se puede hacer referencia a un elemento estructural del mismo como es el estribo, este elemento toma una gran cantidad de acero y también hormigón pre mezclado o mezclado en sitio, depende mucho del lugar en donde se lo utilice, pero como como el presente trabajo de investigación se hará en la ciudad de Guayaquil, y por su cercanía a las plantas de hormigón, se suele utilizar siempre hormigón pre mezclado y bombeado en sitio.

En este capítulo al igual que en los edificios se hará referencia al inhibidor para hormigón fresco o mortero llamado Cortec MCI-2005 NS, este producto se tomará como referencia el precio que nos dio la empresa Codemet, el cual se puede observar en el anexo 12, donde nos da un precio final de \$25.65, este costo se añadirá en la parte de los materiales como se muestra a continuación en la figura 64, en cuanto a la mano de obra y materiales, se utiliza el mismo análisis, porque se realizó el cálculo con una cuadrilla tipo de mano de obra, que se emplea en casi todas las estructuras civiles que se realizan en el país, y en especial en la ciudad de Guayaquil.

Para poder efectuar un análisis veras y efectivo se debe de tomar en cuenta el costo indirecto que debe de tener todo análisis, debido a que de aquí debe de salir el pago de los residentes, guardia y todo lo que se ha mencionado anteriormente, esto nos da un total de 648.44 dólares americanos, los cuales reflejan el costo verdadero de un m<sup>3</sup> de hormigón armado que se maneja en la actualidad utilizando el inhibidor.

Al igual que en los edificios no se ha hecho un análisis de transporte debido a que este ya se incluye en los materiales por las razones antes mencionadas.

Se deberá tomar en cuenta que el inhibidor para los estribos de puentes que salven un obstáculo natural como son ríos, lagos y esteros, se vuelve necesario, debido a que va a estar en contacto directo con el agente corrosivo como es el agua, y si este está atravesando el estero salado de Guayaquil se vuelve indispensable poner el inhibidor de corrosión para que la estructura no se vea afectada en tan poco tiempo de construido el mismo, pero si el puente atraviesa una avenida de la ciudad, el inhibidor se puede omitir u obviar, debido a que este no va a estar en contacto directo con el agua, como si sucede en el caso anterior.

Se ha recopilado información de parte de los ingenieros especializados en la materia, que el inhibidor ya se lo utiliza en pasos a desnivel o puentes que salvan obstáculos artificiales, debido a que el agua está subiendo por capilaridad hasta el acero de refuerzo y así dañando la estructura poco a poco.

También los hongos que se depositan en los estribos, hacen que estas por medio de las raíces se adhieren al estribo y por consiguiente van a hacer micro fisuras, las cuales se filtrará agua y aire hasta llegar al acero y así poder corroerlo, entonces es aquí donde se debe de utilizar el inhibidor para que no falle por medio del acero y así que la estructura llegue a su vida útil de la mejor manera posible, sin tener ningún problema de este tipo, ni tampoco generando molestias a las personas que utilizan este puente para cualquiera que sea su actividad.

Si un puente falla por corrosión, genera molestias y pérdidas económicas, para todas las personas que lo utilizan, por ejemplo si llega a fallar el puente de la unidad nacional que ingresa a la ciudad de Guayaquil, este va a ser cerrado para su reparación y posteriormente el tráfico será desviado, esto genera molestias y pérdida de tiempo en sus viajes para las personas que ingresan y salen de la ciudad, ya sea por motivos de trabajo o por visitar la ciudad, por lo que algunas personas optarían por rutas alternas y así los tiempos de viaje serán mucho mayores.

Los estribos de puentes son los elementos más robusta de la estructura en donde el hormigón va a ser mayor, por lo que mi recomendación sería poner el inhibidor de corrosión en su totalidad, sin escatimar gastos, por lo tanto estos gastos menores se pueden multiplicar rápidamente hasta hacerlos mayores en términos de reparación, o en construcción de un nuevo puente. Por esto se debe de pensar en utilizarlo antes de no hacerlo, por motivos de seguridad por las personas que utilizan este tipo de puentes, es nuestra responsabilidad salvaguardar sus vidas.

#### 4.4 Análisis de Precios Unitarios del acero de refuerzo en Puentes, sin la utilización de inhibidores de corrosión.

##### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (USD)

RUBRO Nº: Estribo

UNIDAD: m3

DETALLE: Hormigón Armado f'c=280 Premezclado

Sin Inhibidor de Corrosión

##### EQUIPO

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
		A	B	C=A*B	R	D=C*R
	Vibrador	2,00	3,75	7,50	0,17	1,28
SUBTOTAL M						1,28

##### MANO DE OBRA

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
		A	B	C=A*B	R	D=C*R
	Maestro de Obra	0,20	3,66	0,73	3,76	2,75
	Carpintero	2,00	3,30	6,60	3,76	24,82
	Fierrero	2,00	3,30	6,60	3,76	24,82
	Peon	6,00	3,26	19,56	3,76	73,55
SUBTOTAL N						125,93

##### MATERIALES

Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO UNIT.
			A	B	C=A*B
	Hormigón Premezclado f'c=280	m3	1,10	135,98	149,58
	Acero de Refuerzo	kg	160,00	1,10	176,00
	plywood 15mm	U	0,82	21,74	17,83
	Cuarton de 2x3	U	7,00	3,00	21,00
	Tira de 1x3	U	5,00	1,50	7,50
	Alambre Galvanizado Nº12	kg	3,50	1,33	4,66
	Alambre Recocido Nº 18	kg	3,00	1,03	3,09
	Desmoldante	glb	1,00	3,00	3,00
	Clavo de 2 1/2"	kg	3,00	1,62	4,86
SUBTOTAL O					387,510

##### TRANSPORTE

Nº	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	TARIFA	COSTO UNIT.
			A	B	C=A*B
-	-	-	0	0	0
SUBTOTAL P					0,000

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		514,71
COSTOS INDIRECTOS	20,00%	102,94
COSTO TOTAL DEL RUBRO		\$ 617,66

Figura 62. APU de Puentes sin el inhibidor de corrosión.

Fuente. Autor.

Al momento de utilizar o no el inhibidor de corrosión se deja a criterio del dueño, diseñador y constructor si se desea o no utilizarlo, pero nuestra recomendación y por el nivel freático que se tiene en la ciudad se debería de siempre proteger y utilizar el inhibidor.

En el presente análisis se va a determinar el precio que tiene la no utilización del inhibidor de corrosión, obviamente va a ser más barato no utilizarlo, pero se debería de tomar en cuenta que la no utilización conlleva riesgos muy altos.

La variación de precios radica en que el rendimiento, es mucho más alto al momento de construir el puente porque son elementos grandes y se los puede manejar de una mejor manera, si es verdad que los puentes son elementos delicados y difíciles de construir, pero la mano de obra que se emplea es la misma cuadrilla tipo, debido a que la estructura es como hacer varias columnas pero unidas y de un tamaño considerable.

Este precio comparado con los edificios es mucho más alto, debido al riesgo y la complejidad de la estructura, porque se refiere al riesgo, debido a que si se está cruzando un lago o estero este tienen que trabajar en medio del estero y por esto es un riesgo, y se puede tener un accidente provocando severos daños, incluso la muerte como ocurrió en el puente de la unidad nacional por la no colocación o descuido por parte de un trabajador al momento de caminar por la estructura. Es por estos motivos que el costo de la mano de obra aumenta un poco en comparación con los edificios y pavimentos.

Al momento de hacer el análisis final simplemente se toma en cuenta los mismos materiales que en el edificio pero tomando en consideración que las cantidades van a variar debido a que es un estribo de puente, con medidas mucho más altas comparadas con una columna de un edificio. Con estas premisas se ha tenido los siguientes resultados como se muestra en la figura 62.

Se tiene el precio de \$ 387.51, que corresponde al precio de los materiales para poder obtener un metro cúbico de hormigón armado para puentes. Para obtener el precio final se debe de sumar todos estos valores y al igual que en el edificio no se tomará en cuenta el transporte, pero si el vibrador, debido a que este equipo es indispensable, para no dejar vacíos en el hormigón y que todo el aire



que se encuentra atrapado en el momento de la fundición salga y no se forme un hormigón poroso.

Con todos estos componentes se ha obtenido el siguiente precio que es de \$617.69, dólares el metro cubico de hormigón para puente sin el inhibidor como lo muestra en la figura.

Pero hay una ligera variación, no significativo que al momento de utilizar el inhibidor si es verdad que su costo va a incrementar, cabe decir que el costo de las vidas y las perdidas menores que se va a tener se convierte en insignificante y se obtendrán beneficios mucho más altos.

Se recomienda el uso del inhibidor para puentes por las razones antes planteadas, y así se protegerá su uso y su vida útil programada. No se debería de tener ningún problema de corrosión si se utiliza el inhibidor durante 50 años, pero también se recomienda el mantenimiento que tenga que darse al puente para que así no tengan ningún problema.

No solo en el estribo se debe de utilizar el inhibidor, sino en todos los componentes del puente, debido a que todos son muy importantes para que el sistema funcione de la mejor manera, y si uno de los elementos falla, la estructura fallaría inminentemente y puede colapsar.

Lo sucedido en el puente de la avenida Las Monjas y Av. Carlos Julio Arosemena, es una muestra que si uno de los componentes falla, el puente colapsa y se debe construir otro desde sus inicios.

El uso del inhibidor para hormigón fresco o el no uso, decisión de las personas antes mencionadas, se recomienda que siempre se lo utilice, porque la reparación de los mismos ha aumentado en los últimos años y su costo es muy elevado. Entonces para evitar todos estos problemas se los debe de proteger y no querer reparar los daños cuando ya están hechos.



Al igual que los edificios, los puentes y los pavimentos también necesitan ser protegidos de la corrosión, tanto los pavimentos rígidos o de hormigón armado con sus respectiva malla electro soldada, se deberá exigir que se protejan, debido a que estos elementos están al aire libre y no tienen ninguna protección, ni nada que los cubra, entonces por esta razón debería de siempre utilizarle el inhibidor, pero no se lo utiliza porque se hace caso omiso a las recomendaciones de los constructores y diseñadores, y porque las entidades gubernamentales que están encargadas no desean gastar más de lo previsto y porque la vida útil de un pavimento rígido en carreteras abiertas cómo se las conoce comúnmente no superan los 20 años sin dañarse, me atrevería a decir mucho menos que esos años de vida útil, antes de que sean reparadas por algún motivo aparente.

A continuación se detallará como se efectuó el análisis de precios unitarios para un pavimento rígido de 25 cm de espesor, con un  $f'c=280\text{Kg/cm}^2$ , correspondiente a su resistencia.

Tanto la mano de obra, correspondiente al rendimiento varia debido a que los pavimentos no se necesita de armar una estructura, como si es el caso de los edificios y puentes, acá se necesita una malla electro soldada, que ya está fabricada y si se necesita al personal para efectuar otras tareas que hacen posible que el pavimento se construya.

El precio que se ha obtenido después del análisis es de \$90.47, que comparado con los precios de edificios que fueron de \$119.90, y de los puentes que fueron de \$125.93, si es una reducción significativa, pero se da por las razones antes mencionadas y porque el costo de la mano de obra y el rendimiento varían.

Al igual que en la mano de obra, los materiales también varían debido a que se necesita menos acero y menos hormigón, que en un puente y un edificio, para realizar un metro cubico de hormigón de las características que debería tener un pavimento. Y el subtotal de los materiales que se ha obtenido es de \$356.20 como se muestra en la figura.

Al finalizar todo este análisis, también se debe tomar en cuenta el equipo que es un vibrador, debido a las razones antes menciona para que el hormigón no tenga grietas las cuales provocaran su deterioro. Después de haber efectuado

todo estos sub análisis, se suma y se obtiene un previo total del costo de pavimento con inhibidor de corrosión Cortec MCI-2005 NS, que fue de \$537.13 dólares americanos.

Una vez que se obtiene el precio final se puede dar cuenta que difiere muchísimo con el costo final del edificio y puente, debido a que los materiales y mano de obra, bajan en relación con los edificios que suben y el puente no se diga. Esto se debe a que el pavimento es un estructura más pequeña por así decirlo, por su espesor y su proceso constructivo.

En el siguiente análisis se darán cuenta que no utilizar el inhibidor va a bajar su costo, pero simplemente por el precio del inhibidor. Se puede decir que en la actualidad no se utiliza el inhibidor en la ciudad, como se mostró en los capítulos anteriores, no utilizarlo conlleva a tener problemas en todos sus componentes y molestias para los conductores que transitan por estas calles o avenidas.

En los diferentes recorridos por la ciudad para evitar que no se agriete el hormigón y que no tenga corrosión se ha optado por reemplazar el hormigón con pavimento asfáltico, por ser más barato y no tener muchos problemas, es lo que piensan otras personas, puesto que toda edificación o construcción de cualquier elemento estructural mal hecho conlleva a problemas en el futuro.

Es por esto que gracias a este estudio por menorizado en el presente trabajo de investigación, se tiene que decir que se debe utilizar el inhibidor para los casos que se necesite y mas no por lujo sino por necesidad, para que los pavimentos duren y no causen molestias y perdidas a los conductores por ocasiones que no nos competen a nosotros como transeúntes. Cabe recalcar que ahora se utiliza mucho el pavimento rígido en bodegas de materiales pero se está utilizando el inhibidor de corrosión.

## 4.6 Análisis de Precios Unitarios del acero de refuerzo en Pavimentos, sin la utilización de inhibidores de corrosión.

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (USD)

RUBRO N°: Pavimento Rígido de 25 cm

UNIDAD: m<sup>3</sup>

DETALLE: Hormigón Armado f'c=280 Premezclado

Sin Inhibidor de Corrosión

#### EQUIPO

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
		A	B	C=A*B	R	D=C*R
	Vibrador	2,00	3,75	7,50	0,13	0,98
<b>SUBTOTAL M</b>						<b>0,98</b>

#### MANO DE OBRA

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
		A	B	C=A*B	R	D=C*R
	Maestro de Obra	0,20	3,66	0,73	2,70	1,98
	Carpintero	2,00	3,30	6,60	2,70	17,82
	Fierrero	2,00	3,30	6,60	2,70	17,82
	Peon	6,00	3,26	19,56	2,70	52,81
<b>SUBTOTAL N</b>						<b>90,43</b>

#### MATERIALES

N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO UNIT.
			A	B	C=A*B
	Hormigón Premezclado f'c=280	m <sup>3</sup>	1,05	135,98	142,78
	Acero de Refuerzo	kg	128,00	1,10	140,80
	plywood 15mm	U	0,66	21,74	14,35
	Cuarton de 2x3	U	5,00	3,00	15,00
	Tira de 1x3	U	4,00	1,50	6,00
	Alambre Galvanizado N°12	kg	2,50	1,33	3,33
	Alambre Recocido N° 18	kg	2,00	1,03	2,06
	Desmoldante	glb	1,00	3,00	3,00
	Clavo de 2 1/2"	kg	2,00	1,62	3,24
<b>SUBTOTAL O</b>					<b>330,552</b>

#### TRANSPORTE

N°	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	TARIFA	COSTO UNIT.
			A	B	C=A*B
-	-	-	0	0	0
<b>SUBTOTAL P</b>					<b>0,000</b>

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		421,96
COSTOS INDIRECTOS	20,00%	84,39
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		<b>\$ 506,35</b>

Figura 64. APU de pavimentos sin la utilización del inhibidor de corrosión

Fuente. Autor

El acero de refuerzo que se utiliza en los pavimentos no es un acero de refuerzo o hormigón armado, sino una malla electro soldada de 5.5 milímetros de espesor la varilla, que está dispuesta con un tejido como malla por eso su nombre, este elemento estructural no se lo protege de la mejor manera y simplemente se hacen un análisis de precios unitarios sin considerar que se deberían de utilizar el inhibidor, es por esto que en el análisis que se ha realizado no se lo toma en cuenta al inhibidor es por esto que en comparación con el capítulo 4.5, es poco más barato, debido a que el uso del inhibidor para hormigón fresco no difiere mucho que si no se lo utilizará. Pero las ventajas que tiene la utilización del inhibidor son mucho más que si no se lo utilizará.

Tanto en el análisis de la mano de obra como en el equipo es el mismo, por lo tanto se utilizan los mismos elementos tanto para la utilización del inhibidor y la no utilización del inhibidor. Esto radica en que como es un aditivo que se lo adhiere al hormigón fresco solo difiere en el precio de los materiales como lo muestra la figura.

Este costo es de 330.55 dólares americanos que comparado con el capítulo anterior que es de 356.20, y haciendo una resta da un total de 25.65, el cual corresponde al costo del inhibidor por metro cubico, esto quiere decir que difiere en que lo utiliza o no se lo utiliza.

En el siguiente análisis se darán cuenta del valor total que sale la no utilización del inhibidor, el valor que se ha calculado es de 330.55 dólares americanos.

Para concluir se puede decir que el análisis de todos los precios unitarios que se ha hecho para un pavimento rígido de 25 cm con la utilización del inhibidor y la no utilización no difiere mucho como ya se lo expresa en el párrafo anterior. Pero se sigue insistiendo en su utilización para los casos pertinentes como se ha recalado en el capítulo 4, de este presente trabajo de investigación.

Siempre un pavimento tiene que tener una protección extra debido a que en la mayoría de las veces, por no decir en todas las ocasiones este no tiene una cubierta, salvo el caso que este pavimento se lo construya en una bodega de almacenaje, como si lo tienen ciertas navieras o bodegas que existen cerca de Autoridad Portuaria de Guayaquil. Con esto se debe decir que se utilice el

inhibidor para los pavimentos que tengan un malla electro soldada como componente de acero de refuerzo y también cuando tengan el componente dowels, que es un acero que se lo utiliza sobre todo en las juntas de construcción de estos pavimentos para que así la tensión no dañe al pavimento.

La utilización del inhibidor se volvería esencial cuando se tenga estos componentes, pero se deja siempre al criterio de los profesionales y el dueño de la obra si se desea el inhibidor o no en su estructura.

#### **4.7 Análisis de Precios Unitarios con la utilización del Inhibidor de Corrosión para reparaciones tanto para edificios, puentes y pavimentos.**

Para esta parte del análisis de precios unitarios se hará referencia al inhibidor de corrosión para hormigón endurecido MCI-2020 MSC, este inhibidor funciona muy bien al momento de combatir la corrosión que puede presentar el acero de refuerzo.

Se lo tiene que utilizar cuando el hormigón ya está endurecido, por eso este inhibidor se lo utiliza para efectuar reparaciones en el hormigón o elementos estructurales que estén afectados por la inminente corrosión que tienen.

Como se mencionó anteriormente este inhibidor se lo utiliza para reparaciones en el hormigón endurecido, es decir cuando las estructuras no se han puesto en uso el inhibidor de corrosión desde su inicio. Es por esto que se ha hecho otro análisis de precios unitarios en donde tanto el equipo como los materiales varían debido a que son otras las condiciones que se tiene que afrontar.

Por lo que el análisis para esta alternativa ya no se la hace en metro cúbicos sino en metros cuadrados, porque al momento de aplicar el inhibidor se lo realiza en el hormigón endurecido, es decir cuando el elemento ya está fabricado y se ha deteriorado por la corrosión, para poder tener un precio referencial se lo realiza por esta medida, dando los siguientes resultados.

En el análisis de precios unitarios se tomará en cuenta que tanto los equipos como los materiales han cambiado en comparación a los otros, en cuanto a los edificios se hará referencia a la reparación de una columna, en los puentes a un estribo y en el pavimento a una reparación del mismo.

En cuanto a los edificios se puede dar cuenta que en los equipos ya no se utilizará un vibrador, sino que lo se va a cambiar por una bomba de agua y una cortadora, las cuales son necesarias para efectuar una buena limpieza de la parte afectada.

En cuanto a la mano de obra se necesitará la misma, por lo que no se realizará el análisis de este componente, sino que se hará un mayor énfasis en los equipos y los materiales que se debe utilizar, en la siguiente figura se puede observar los materiales y el análisis que se hizo para este rubro.

En esta parte del análisis se hará referencia a los materiales que se deben utilizar para efectuar la reparación de un metro cuadrado de hormigón armado, los materiales que se utilizan son los que se tiene en la figura 75, los cuales se ha reducido el acero de refuerzo y el desmoldante, debido a que el acero no se lo utiliza en una reparación y lo que se va a reparar es el elemento y este ya incluye el acero, también se ha reducido significativamente el hormigón premezclado, debido a que hay ocasiones en que los elementos se ven afectados de tal manera que se revienta el hormigón entonces este se debe reparar y dejar el recubrimiento necesario.

Con todos estos análisis se obtiene un precio total de \$235.38 dólares americanos, los cuales representan la mitad del análisis anterior, pero se debe de tomar en cuenta que este precio es por metro cuadrado por lo que esta reparación saldría más costosa al momento de efectuar dicho rubro, se debe de reparar toda la columna que puede estar afectada por la corrosión.

Se puede decir que con la utilización de esta alternativa se puede concluir que efectuar una reparación no solo generaría molestias para el dueño de la obra, sino también sería costoso reparar todo el elemento como se lo menciona anteriormente, sino también se vería afectada su economía.





En cuanto al precio que se puede obtener por el mismo concepto pero esta vez en puentes y su elemento estructural estribo, se tomará en cuenta que el rendimiento va a variar un poco, por lo tanto el precio de la mano de obra no será el mismo como se puede observar en la siguiente figura, obteniendo un precio de \$131.96 dólares americanos que comparado con el edificio si ha subido considerablemente.

Ahora se puede observar el análisis de precios unitarios correspondiente a los materiales los cuales varían en el sentido de cantidad y también se ha recortado unos elementos, que no son necesarios para efectuar las reparaciones, cabe recalcar que estos materiales pueden variar dependiendo de la complejidad de la reparación y donde se encuentre el puente, pero puede ser una guía y un precio referencial.

Como se puede observar que el análisis de precios unitarios es un poco repetitivo a lo largo de este capítulo pero se debe de dar cuenta que hay ciertos rendimientos y cantidades que no son las mismas, puesto que por eso su nombre lo indica es un análisis de cada rubro específico para cada opción.

Después de todo este análisis, se ha obtenido un precio de \$299.43 dólares americanos por metro cuadrado de hormigón reparado en el sitio de la obra, si se compara por el precio por metro cubico de hormigón, es mucho mejor utilizar el inhibidor para los casos antes mencionados que después efectuar una reparación de todos los elementos estructurales.

En la siguiente figura se puede observar cómo se obtuvo el precio final, el cual es un precio acorde a lo establecido y en honor a la verdad, con un análisis preciso y veras de cada elemento, se debería de tomar en cuenta que este precio que se maneja es referencial, por la complejidad y el grado de corrosión se puede tener otro análisis y otros materiales, mano de obra y también equipos, para poder efectuar la reparación de dicho elemento estructural que se ha visto afectado por la corrosión.



Ahora se analizará los pavimentos rígidos en donde se utilizará el inhibidor para efectuar una reparación del mismo, esto quiere decir que también la unidad que se debe utilizar es por metro cuadrado, puesto que el inhibidor entra al pavimento y toca el acero de refuerzo, sin importar el espesor que tenga entonces esa medida se torna despreciable y así solo se calcula por metro cuadrado.

En la mano de obra en comparación con los edificios y puentes, es mucho más barata o ligeramente menos que las otras dos, porque realizar un pavimento es una tarea un poco más sencilla por las razones antes indicadas. Como a continuación se muestra en la siguiente figura que corresponde a la mano de obra de una cuadrilla tipo, en donde se ha obtenido un precio de \$90.43 dólares americanos.

Cuando se hace referencia a los materiales, se puede decir que se debe utilizar casi la misma cantidad de materiales que los otros análisis, obviando algunos que no son necesarios, debido a que no se desea realizar una fundición completa sino una reparación de un elemento que ya está construido. Como se puede observar en la siguiente gráfica el precio de los materiales es de 196.75 dólares americanos, los cuales están divididos en hormigón premezclado, si bien es cierto que se ha dicho que no se utiliza, puede ser en ciertos casos que existan fisura o baches en la calzada por lo que necesitan ser reparadas, así como cuartón, tira, alambre por cualquier motivo que se pueda necesitar y claro el inhibidor de corrosión Cortec MCI-2020 MSC, que es un inhibidor de corrosión migratorio para estos casos específicos de reparación.

Después de haber hecho todo este análisis viene la parte final del mismo el cual consiste en sumar todos los subtotales M+N+O+P, los mismos que sacando los costos indirectos nos van a dar el costo total del rubro que es de \$345.80 dólares americanos.



Una vez obtenido este valor se puede observar que tanto para los edificios, puentes y pavimentos su valor varía muy poco pero el costo total de reparar una estructura dañado por la corrosión es muy más alto si esto se lo hubiera utilizado desde el primer momento.

Para terminar con nuestro tema se debería decir que los edificios que no utilizan el inhibidor van a alterar solo el precio de la edificación, pero si se utiliza el inhibidor de corrosión para hormigón fresco o mortero, esta edificación va a tener una protección extra para la humedad y los vientos, y no solo estos factores van a ser determinantes, sino que por alguna razón que se nos escape de las manos como constructores o dueños del edificio, se necesitará esta protección para que mi estructura no colapse o se dañe.

En cuanto a la no utilización del inhibidor y después querer reparar nuestra estructura, lo que aconsejan los expertos es que no solo se va a tomar en consideración la parte expuesta del acero, puesto que ya reventó el recubrimiento y se pudo observar el daño a simple vista, se debe de tratar todo el elemento y también los sitios aledaños que se encuentre afectado, entonces si se compara este costo con la utilización previa del inhibidor, nos va a salir mucho más barato utilizarlo desde el principio, que ir efectuando reparaciones de cada elemento que se pueda ir dañando.

Ahora nos corresponde hablar sobre los puentes, estos elementos son de vital importancia, por lo que tienen que estar en total funcionamiento, es decir en óptimas condiciones para que no sucedan accidentes de tránsito ni tampoco sean cerrados, por eso es que mi recomendación es que siempre se use el inhibidor de corrosión para estos elementos sobre todo en la ciudad de Guayaquil y se le dé un constante mantenimiento para no tener que cerrar su funcionamiento.

En el caso de los pavimentos en la actualidad no se realizan mucho pavimento de hormigón rígido en la ciudad, por lo que mi recomendación sería más para los pavimentos en bodegas y también que se utilice el inhibidor si se deciden construir pavimentos rígidos cerca de las riberas del río Guayas.

## Capítulo 5

### Conclusiones y Recomendaciones

Se ha realizado el análisis de tres estructuras representativas para la ciudad de Guayaquil, así como de cada uno de sus elementos que la componen, como son para edificios, los elementos estructurales como son las columnas, vigas, losas y cimentación, para los puentes los estribos, pilotes, pilas y la losa del pavimento, para los pavimentos su elemento principal la calzada.

Como se ha podido observar a lo largo de la investigación, se planteará las tres alternativas que normalmente en la práctica se realizan:

- Sin la utilización del inhibidor.
- Con la utilización del inhibidor de corrosión para hormigón fresco o mortero.
- Con la utilización del inhibidor de corrosión migratorio para hormigón endurecido.

Estas alternativas quedan a consideración del dueño y diseñador de la estructura que se vaya a construir, para así poder poner el inhibidor de corrosión en la manera que sea la correcta. Se ha podido constatar con fotografías y con entrevistas a los ingenieros civiles especializados en el tema que no se estaba utilizando el inhibidor de corrosión, porque este era un tema desconocido, pero ahora se le está tomando gran importancia y se lo está poniendo tanto en las especificaciones como en las estructuras; no es lo mismo ponerlo en una especificación y constatar que se lo haga, a ponerlo en dichas especificaciones y que por alguna razón no se lo ponga, se recomienda siempre respetar las especificaciones técnicas y también que se utilice el inhibidor con la dosificación recomendada.

Existen 2 alternativas de inhibidores de corrosión uno que se utiliza en el hormigón fresco o mortero y otro que se utiliza en el hormigón endurecido, este último se lo considera para efectuar reparaciones de estructuras que están comprometidas con la corrosión.

La dosificación adecuada para el inhibidor de corrosión para hormigón fresco es de 1 litro/m<sup>3</sup> de hormigón premezclado, con esta dosificación adecuada no se va a tener ninguna alteración en las propiedades del hormigón, ni tampoco se alterara química ni físicamente a la estructura.

Con el análisis que se ha realizado en el presente trabajo, se recomienda el uso del inhibidor de corrosión para hormigón fresco, es decir desde sus inicios y cuando el hormigón vaya a ser vertido en el elemento estructural para así tener una protección desde el principio y no efectuar una reparación.

Si se va a efectuar una reparación se recomienda el uso del inhibidor no solo para la parte afectada sino para todo el elemento y para las partes aledañas porque pueden estar comprometidas de alguna manera por efectos de la corrosión.

En la presente tabla se puede observar los precios que se obtuvieron después de haber hecho el análisis de precios unitarios para las diferentes alternativas antes mencionadas y se va a diferenciar la variación de precios que tienen los inhibidores al momento de utilizarlos.

<b>Cuadro Comparativo de Precios Unitarios</b>				
	<b>Edificios</b>	<b>Puentes</b>	<b>Pavimentos</b>	<b>Unidad</b>
<b>Sin el inhibidor de Corrosión</b>	\$ 580,14	\$ 617,66	\$ 506,35	m <sup>3</sup>
<b>Con el Inhibidor de Corrosion para Hormigon Fresco</b>	\$ 610,92	\$ 648,44	\$ 537,13	m <sup>3</sup>
<b>Con el Inhibidor de Corrosion para Hormigon Endurecido</b>	\$ 235,38	\$ 299,43	\$ 345,80	m <sup>2</sup>

Por esta razón se recomienda el inhibidor de corrosión para hormigón fresco, es decir que se lo utilice desde el principio y no efectuar ninguna reparación, para así poder tener una protección anódica y catódica desde el inicio y garantizar que la vida útil de nuestra estructura cumpla con lo previsto y no se tiene que demoler o destruir a muy temprana edad. Debido a que el precio que se maneja en la actualidad para efectuar una reparación es muy costoso comparado con que se lo haya utilizado desde el principio.



En el Ecuador los inhibidores de corrosión no son muy conocidos, además es una tecnología relativamente joven en el país y que la están manejando de la mejor manera y con absoluta responsabilidad las personas que conocen de estos inhibidores, con esto quiero decir que desde la actualidad se está utilizando el inhibidor de corrosión, para estructuras nuevas y se está reparando las estructuras antiguas por así decirlo.

Se debe de tomar en cuenta que estas alternativas ayudan a la estructura en sí, en especial al acero de refuerzo que no se corroa y así poder alargar la vida útil de las mismas, es por estas razones que se hace hincapié y se recalca que se debería de utilizar el uso del inhibidor de corrosión para todas las estructuras que estén cerca de ambientes salinos o en contacto permanente con el agua y el aire que son los agentes corrosivos que activan todo este problema.

Para concluir con el presente trabajo se debe de tomar en cuenta que gracias al estudio que se ha podido efectuar a lo largo del tiempo sobre la corrosión y que se puede hacer para combatirla, es que se ha llegado a la conclusión que es importante el uso de tecnologías como inhibidores de corrosión para así evitar los altos costos de reparación, porque mediante el uso de los mismos se puede reducir el impacto y así alargar la vida útil de la estructura.

## Bibliografía.

Arruaga, E. L. (2014). *Losa Continua Uniforme*. Potosi: Universidad Autonoma de San Luis Potosí.

Barcena, M. A. (2011). *Zapatas y vigas Riostras*.

Bernal, I. J. (2005). *Losas*. Buenos Aires.

Bernal, I. J. (2005). *Vigas*. Buenos Aires.

Científicas, Consejo Superior de Investigaciones. (1991). *Corrosión y Protección Metálicas*. Madrid.

Hijos, F. C. (2004). *Manual Básico de Corrosión para Ingenieros*. Murcia.

Iturbide, I. J. (2002). *Manual Centroamericano para diseño de pavimentos*. Guatemala.

M.J.Ryall, G. P. (1997). *Manual of Bridge Engineering*. Thomas Telford.

Maurin, A. J. (s.f.). *Manual de Anticorrosión*.

Merlo, L. F. (s.f.). *Tecnología de la Construcción Basica*. Tomo 1.

Miret, E. T. (2007). *Razón y ser de los tipos estructurales*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

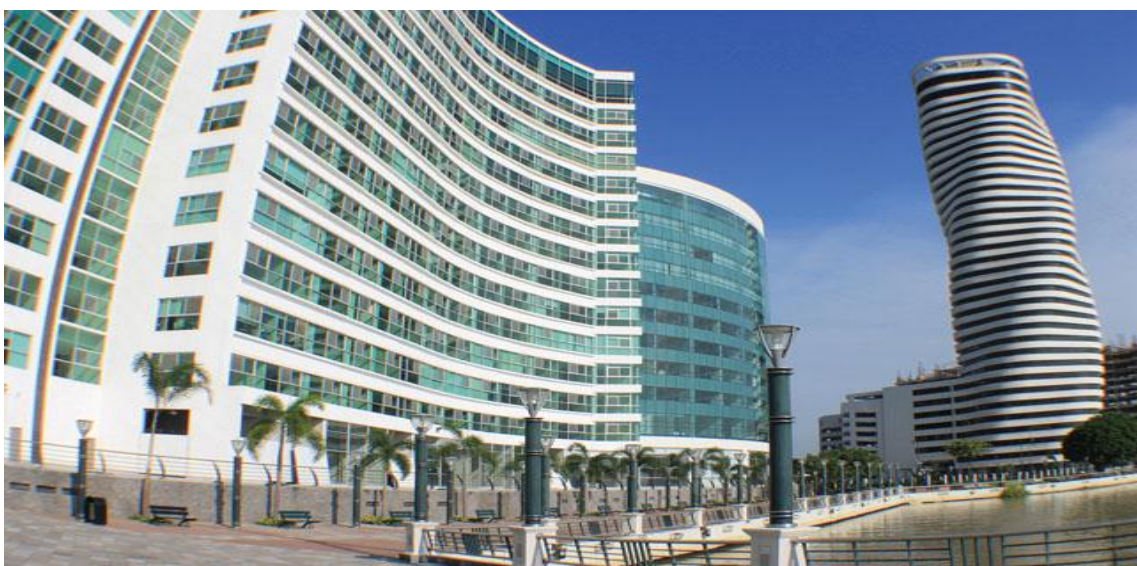
Montero, R. P. (s.f.). *Responsabilidad Civil de Profesionales y Empresarios*.

RAE. (2016). *Real Academia Española*. Madrid.

Sánchez, E. M. (2007). *Construcción de Estructuras de Hormigón Armado Edificación*. Madrid - Espana: Delta.

Tecnica, E. U. (2002). Mexico.

## Anexo 1. Fotos de la Ciudad de Guayaquil en la Actualidad





## Anexo 2. Fotos de Pavimentos.





Anexo 3. Fotos de Aplicación del Inhibidor en distintas partes del Ecuador.



**PLANTA POTABILIZADORA  
SAN MANUEL - JIPIJAPA -2010-**



## **ANILLO VIAL QUEVEDO**



**HIDALGO & HIDALGO Abril 2013**

## **PLANTA DE AGUA POTABLE LAGO AGRIO -Sept. 2013-**





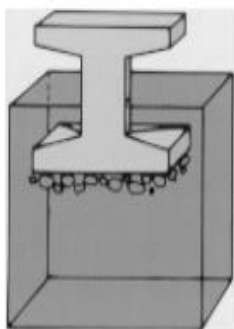
**MURO DE CONTENCIÓN – DUCTO CAJÓN  
CASUARINA Sept. 2012**



**Grand Diamond Ocean  
Tonsupa - Esmeraldas**

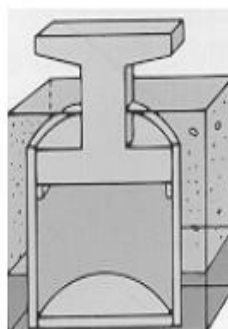


## Anexo 4. Tipos de Cimentación de Puentes.



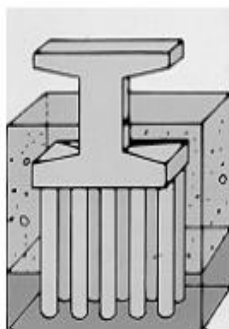
### 1. Zapata corrida

Las cargas de la estructura se transfieren directamente al estrato resistente superficial a través de la base de la cimentación.



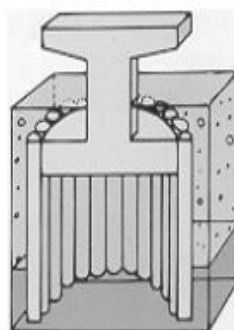
### 2. Caissons o cajones

La cimentación consiste en un cajón de concreto reforzado, usualmente de forma cilíndrica, que se profundiza hasta el estrato resistente por excavación del material dentro del cajón.



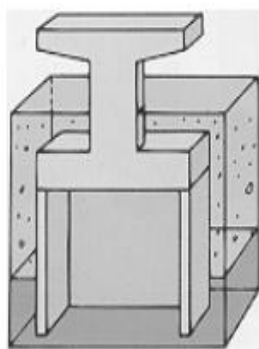
### 3. Pilotes

Las cargas de la estructura se transfieren al suelo a través de pilotes hincados hasta el estrato resistente.



### 4. Tablestaca de tubos de acero

La cimentación se construye por hincado en el suelo de tablestacas de tubos de acero siguiendo un patrón circular y conectándolos unos con otros.



**5. Pared subterránea continua.** La cimentación se hace por excavación de un pozo y construcción en sus paredes de muros en concreto reforzado que se conectan para formar un cajón cerrado.

Figura 6.2 Tipos comunes de cimentación. PWRI.

## Anexo 5. Tipos de Pilas y Sección Típica de un Puente.

Bridge Engineering Handbook

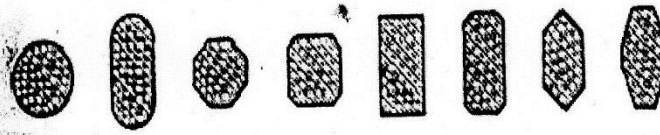


FIGURE 27.1 Typical cross-section shapes of piers for overcrossings or viaducts on land.

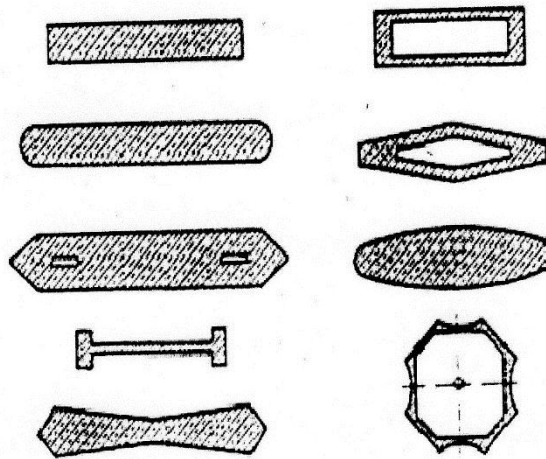


FIGURE 27.2 Typical cross-section shapes of piers for river and waterway crossings.

Figura 5.1 Secciones Transversales Típicas de pilas para Puentes sobre tierra o ríos y cruces de agua (Chen y Duan 1999).

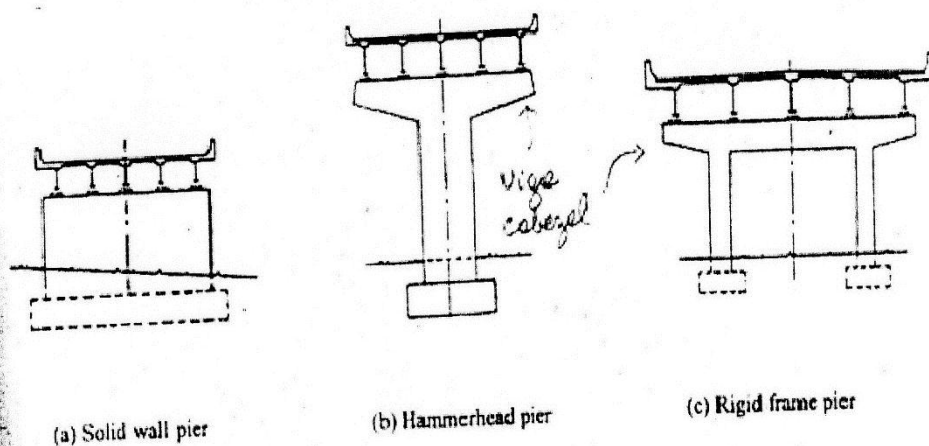


FIGURE 27.3 Typical pier types for steel bridges.

Figura 5.2 Tipos de pilas típicas para Puentes de acero (Chen y Duan 1999).

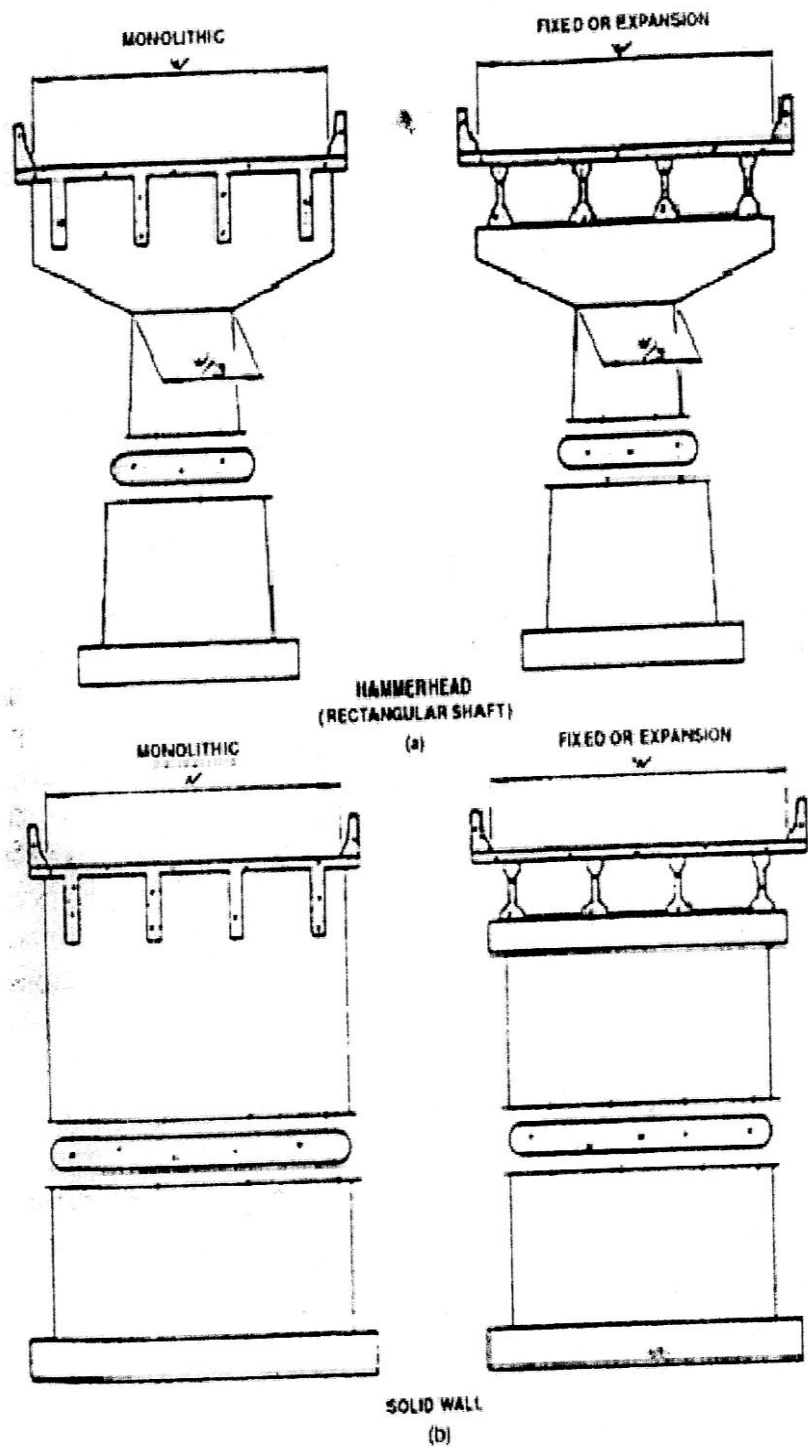
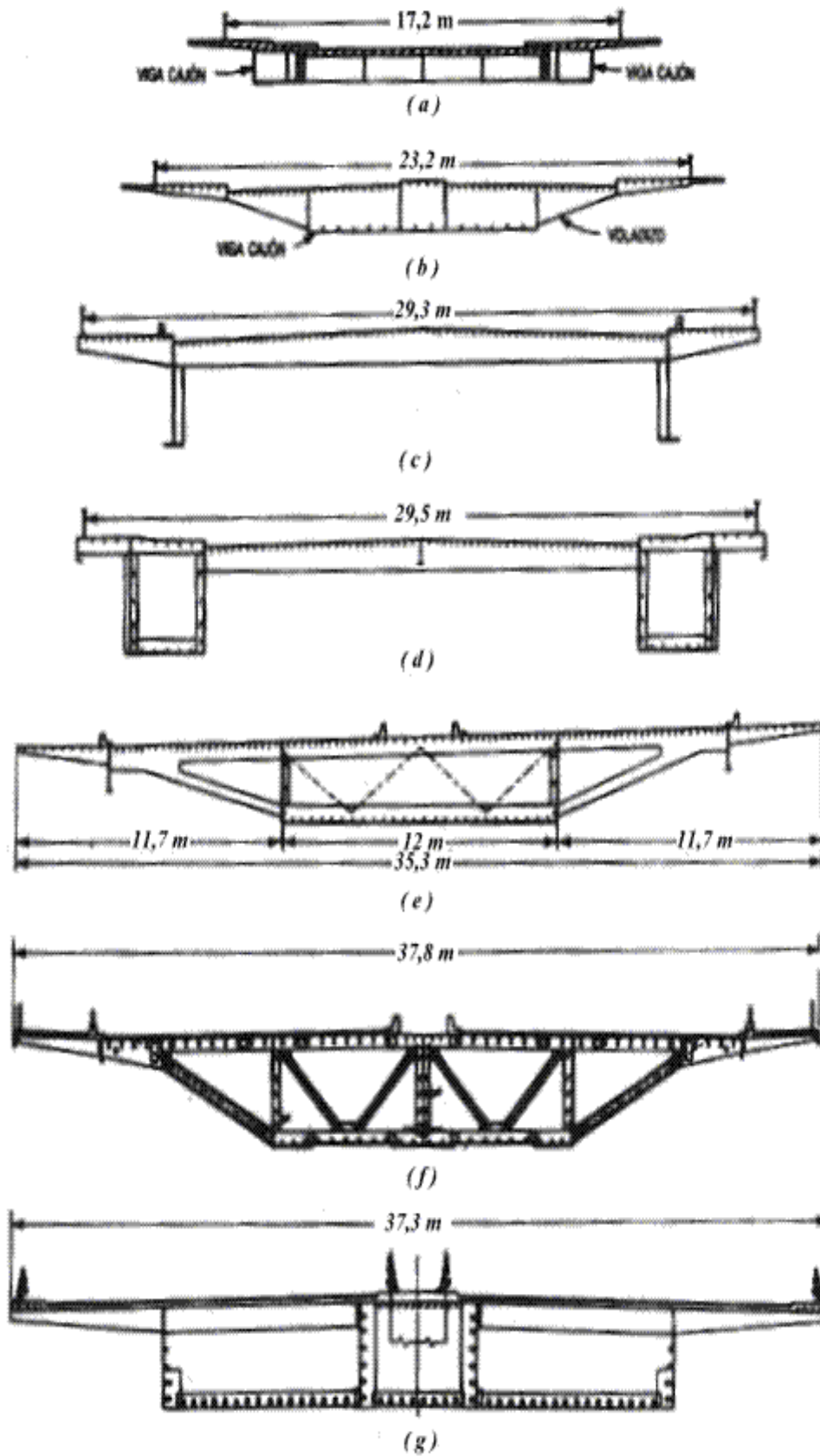


FIGURE 27.4 Typical pier types and configurations for river and waterway crossings.

**Figura 5.3** Tipos de pilas y configuraciones típicas para Puentes sobre ríos y cruces de agua (Chen y Duan 1999).

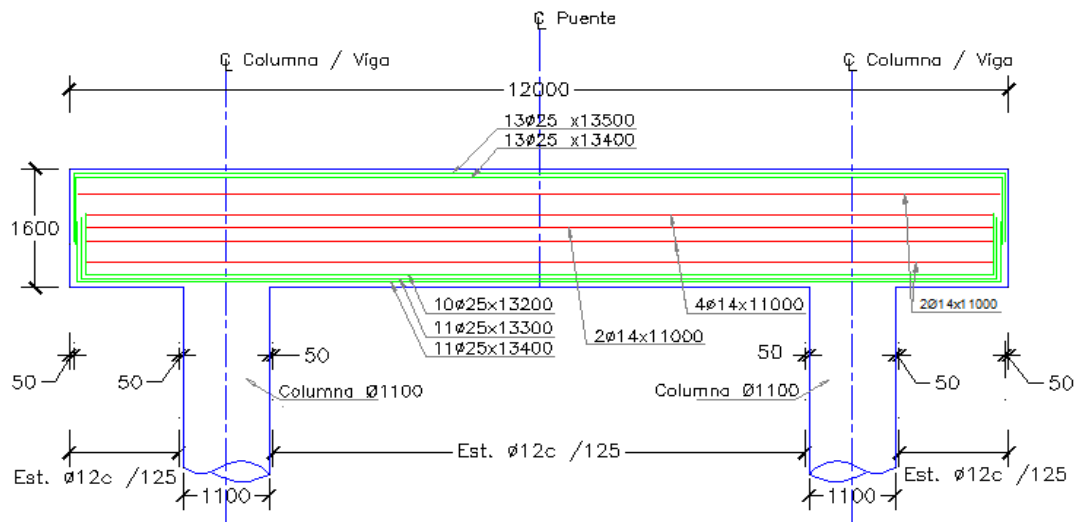
## SECCIÓN TÍPICA DE UN PUENTE.



Anexo 6. Diseño de una Viga Cabezal.

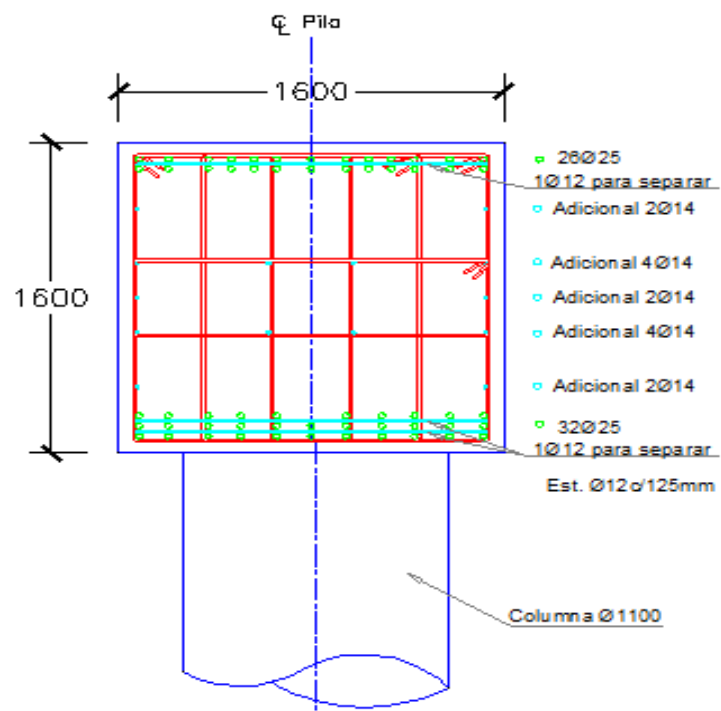
## Corte X-X'

Escala 1:50



## Corte Y-Y'

Escala 1:25



**Anexo 7. Carta Codemet "5 de Junio".**

**MIGRATORY CORROSION INHIBITOR  
(MCI®) PRODUCTS FOR CONCRETE**



## **CASE HISTORY** **VpCI®-365 &** **MCI®-2020**



**DATE**

June 1996

**CORTEC REPRESENTATIVE**

Quidelit S.A.

**CUSTOMER**

Medina & Medina Associates

**LOCATION**

Guayaquil City, Ecuador

**PRODUCTS**

VpCI®-365  
MCI®-2020



**PROBLEMS**

River Bridge "5 de Julio" located in the heart of Guayaquil City, was built 30 years ago. Chlorides and carbonation attack had deteriorated the concrete and corroded the structural steel. The municipality needed an environmentally safe product to extend the life of the structure, protect the reinforcing steel, and allow the concrete to breathe.

**APPLICATION**

After sandblasting, VpCI®-365 was brush applied to the structural steel beams of the bridge. MCI®-2020 was then spray applied onto the concrete.

**CONCLUSION**

The needs of the municipality were met and their problems solved with the use of Cortec® products. The use of VpCI®-365 and MCI®-2020 extended the useful life expectancy of the bridge while protecting the environment.

4119 White Bear Parkway, St. Paul MN 55110 USA  
Phone (651)429-1100, Toll free (800) 4-CORTEC  
Fax (651) 429-1122, Email: info@cortecvci.com  
www.cortecvci.com

ch216 1/98



# **PUENTE 5 DE JUNIO**

**Anexo 8. Fotos del Puente 5 de Junio en la actualidad.**







## Anexo 9. Autoridad Portuaria de Guayaquil.





**Anexo 10. Fotos de la Calle Rodolfo Baquerizo Nazur**





## Anexo 11. Hoja de Cálculo de Precios Unitarios

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (USD)

RUBRO N°:

UNIDAD:

DETALLE:

**EQUIPO**

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
		A	B	C=A*B	R	D=C*R
<b>SUBTOTAL M</b>						

**MANO DE OBRA**

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
		A	B	C=A*B	R	D=C*R
<b>SUBTOTAL N</b>						

**MATERIALES**

N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO UNIT.
			A	B	C=A*B
<b>SUBTOTAL O</b>					

**TRANSPORTE**

N°	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	TARIFA	COSTO UNIT.
			A	B	C=A*B
<b>SUBTOTAL P</b>					

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>		
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		

## Anexo 12. Costo del Inhibidor Codemet para hormigón fresco.



### COTIZACIÓN No. 15871

**Cliente:** OSWALDO DAVID MORALES BRAVO

**Fecha:** 01/08/2016

**Atención:**

**Fono:** 2283260 - 0993526143

**Referencia:** TESIS UNIVERSIDAD SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**Nos es grato cotizarle lo siguiente:**

Código	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio	Parcial
0503005	1.00	Litro	CORTEC MCI-2005 NS INHIBIDOR DE CORROSIÓN DE NUEVA GENERACIÓN	22.50	22.50

INHIBIDOR MIXTO Y ORGÁNICO

PROTECCIÓN ANÓDICA Y CATÓDICA

DOSIFICACIÓN: 1 LT/M<sup>3</sup> DE HORMIGÓN

CUMPLE CON LAS NORMAS:

ASTM C494

ASTM G109

ASTM G61

NSF Standard 61

SE COMERCIALIZA EN PRESENTACIÓN:

ENVASE DE 208 LITROS

ENVASE DE 1.040 LITROS

22.50 22.50

Subtotal

**Subtotal** 22.50

**Parcial** 22.50

**14.00% IVA** 3.15

**Total** 25.65

#### DATOS DEL FABRICANTE

**MARCA:** CORTEC

**PROCEDENCIA:** USA

<b>Terminos de Pago:</b>	CONTADO
<b>Tiempo de Entrega:</b>	INMEDIATA
<b>Validez de Oferta:</b>	15 DIAS

*A la espera de sus importantes ordenes me suscribo*

**DEIFILIA MONTOYA**

REPRESENTANTE TECNICO

Puerto Santa Ana  
Edificio SOTAVENTO 2do piso, Oficina 201  
PBX: 2075400 - 3905000 - Ext: 126  
e-mail: disventas@codemet.com  
Guayaquil - Ecuador



El Espectador E8-13 y Shyris.  
Edificio El Espectador 4to piso, Oficina 403  
Telf: 6000158 - 6000159 - 2921567  
e-mail: tedexventas@codemet.com  
Quito - Ecuador



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **MORALES BRAVO OSWALDO DAVID** con C.C: # **0704663848** autor del trabajo de titulación: “**DETERMINACIÓN DE LA NECESIDAD DE USAR INHIBIDORES DE CORROSIÓN PARA EL ACERO DE REFUERZO, EN UN MEDIO COMO EL DE GUAYAQUIL**”, previo a la obtención del título de **INGENIERO CIVIL** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **12 de Septiembre de 2016**

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Morales Bravo Oswaldo David.**

C.C: **0704663848**



## **REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Determinación de la necesidad de usar inhibidores de corrosión para el acero de refuerzo, en un medio como el de Guayaquil.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Oswaldo David Morales Bravo		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing Marco Suarez Rodríguez		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Ingeniería.		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Civil		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Civil		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	12 de Septiembre de 2016	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	161
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Ingeniería Estructural, Ingeniería de suelos, Planificación y Control de Obra, Hormigón I y II.		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Inhibidor, corrosión, acero de refuerzo, hormigón fresco, hormigón endurecido, análisis de precios unitarios, columnas, estribos, pavimento.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT</b>			
<p>En el presente proyecto de investigación se puede hablar sobre la determinación de la necesidad de utilizar inhibidores de corrosión para el acero de refuerzo, en un medio como Guayaquil, el mismo que se puede entender como la utilización de un aditivo que va a proteger al acero ante los agentes dañinos de la corrosión como son el agua y el aire, los cuales activan este mal que ha sido tema de estudio por muchos años por parte de las autoridades competentes.</p> <p>En Estados Unidos existe una entidad denominada NACE “National Association of Corrosion Engineers.”, que traducido es la Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión, que fue fundada en 1943 por once ingenieros de corrosión de la industria de la tubería.</p> <p>Se puede decir que para el presente trabajo, Se va a estudiar dos clases de inhibidores de corrosión, el primero que se lo utiliza para hormigón fresco o mortero y el segundo que se lo utiliza para hormigón endurecido, este último es para efectuar reparaciones cuando la corrosión ya apareció en la estructura y se desea reparar antes que demoler la misma.</p> <p>Se ha definido tres tipos de estructuras las cuales van a hacer edificios, puentes y pavimentos, dichas estructuras son las más comunes en la ciudad y las que deben de ser protegidas con este inhibidor debido a su importancia, como se puede definir a lo largo de este proyecto y se sustentará con fotografías y entrevistas a ingenieros que están dedicados a diseñar y construir estos elementos.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-4-2283260	E-mail: odmb_2315@hotmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre:</b> Clara Glas Cevallos		
	<b>Teléfono:</b> +593-4- 2202763		
	<b>E-mail:</b> clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			