

UNIVERSIDAD AUTONOMA JUA MISAEL SARACHO  
PROGRAMA ESPECIAL DE TITULACION  
AREA TECNOLOGICAS  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

## **TRABAJO DIRIGIDO**

**“DETERMINACION DE LA SALINIDAD EN LA CUENCA DEL  
SALADILLO Y SU EFECTO EN ESTRUCTURAS DE HORMIGON  
ARMADO”**

Por:

**PEDRO PASCUAL MERCADO HERRERA**

Diciembre de 2010  
TARIJA – BOLIVIA

**V°B°**

.....  
Ing. Omar Aníbal Rodríguez Tejerina  
**TUTOR**

.....  
MSc. Ing. Luis Alberto Turquina Flores  
**DECANO FACULTAD DE  
CIENCIA Y TECNOLOGIA**

.....  
MSc. Lic. Marlene Hoyos Montecinos  
**DIRECTORA "PET"**

**APROBADO POR:**

TRIBUNAL:

.....  
Ing. David Isaac Torres Auza

.....  
Ing. Angélica María Sánchez Aranibar

El Tribunal Calificador del presente trabajo, no se responsabiliza por la forma, método y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

**DEDICATORIA:** A mis padres: Pascual Mercado Duran que Dios lo tenga en su bendición y Eusebia Herrera Izaguirre, por el amor incondicional que me brindaron en mi formación, sacrificando su bienestar propio a cambio de conseguir mejores días para su hijo.

**AGRADECIMIENTOS:** A Dios que con su infinita bondad y amor me ha iluminado para superar cada uno de los obstáculos.

A mis padres mi verdadero orgullo, mi mejor ejemplo y mi razón de ser, que éste sea un pequeño homenaje a su grandeza, que estuvieron apoyando hasta el último momento para lograr mi profesionalización.

A mis hermanos que me apoyaron y aconsejaron en los momentos más difíciles de mi formación.

A mis docentes que me apoyaron y me transmitieron sus conocimientos de forma incondicional para lograr mi profesionalización.

**“DETERMINACIÓN DE LA SALINIDAD EN LA CUENCA DEL SALADILLO Y  
SU EFECTO EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO”**

**CAPÍTULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

1.1.	Generalidades.....	1
1.2.	Clima.....	4
1.3.	Geología.....	4
1.3.1.	Características Físicas de la Cuenca El Saladillo.....	4
1.3.1.1.	Evolución Geomorfológica.....	5
1.3.1.2.	Marco Estructural Regional.....	11
1.4.	Hidrología de La Cuenca.....	15
1.4.1.	Temperaturas.....	16
1.4.2.	Evaporación.....	16
1.4.3.	Humedad.....	17
1.4.4.	Viento.....	17
1.4.5.	Precipitación Pluvial.....	17
1.4.6.	Caudales.....	17
1.5.	Obras Civiles Existentes en la Cuenca.....	18
1.5.1.	Obras Civiles Construidas con Hormigón Armado.....	18
1.5.2.	Obras Civiles de Protección con Gaviones.....	19

**CAPÍTULO II**  
**DETERMINACIÓN DE LA SALINIDAD**

2.1.	El Problema de la Salinidad.....	21
2.1.1	Sales.....	21
2.1.2.	Clases de Sales.....	22
2.1.3.	Obtención de las Sales. ....	22
2.1.4.	Clasificación de las Sales.....	23
2.1.5.	Definición de Salinidad.....	24
2.1.6.	Fuente de las Sales Solubles.....	25

2.1.7.	Salinidad del Agua.....	28
2.1.8.	Salinidad del Suelo.....	29

**CAPÍTULO III**  
**EVALUACIÓN DE LA SALINIDAD**

3.1.-	Generalidades.....	31
3.2.-	Criterios de Evaluación.....	31
3.2.1.	Agua.....	32
3.2.2.	Suelo.....	32

**CAPÍTULO IV**  
**EFFECTOS DE LA SALINIDAD EN ESTRUCTURAS**  
**DE HORMIGÓN ARMADO EXISTENTES**

4.1.-	Antecedentes.....	35
4.1.1.	Hormigón.....	35
4.1.1.1.	Composición del Hormigón.....	36
4.1.1.1.1.	Agua.....	36
4.1.1.1.2.	Cemento.....	37
4.1.1.1.2.1.	Composición del Cemento Portland.....	37
4.1.1.1.2.2.	Componentes del Clinker Portland.....	39
4.1.1.1.2.3.	Hidratación del Cemento Portland.....	41
4.1.1.1.2.4.	Tipos de Cementos.....	42
4.1.1.1.3.	Agregados.....	43
4.1.1.1.3.1.	Agregado Fino.....	43
4.1.1.1.3.2.	Agregado Grueso.....	44
4.1.2.	Acero Estructural.....	45
4.1.2.1.	Clasificación del Acero Estructural.....	45
4.1.2.2.	Propiedades del Acero Estructural.....	46
4.1.3.	Hormigón Armado.....	47
4.2.	Efecto de la Salinidad en el Hormigón.....	48
4.2.1.	Ataque por Agentes Químicos. ....	50
4.2.2.	Ataque por Agentes físicos.....	55

4.2.3. Ataque por Agentes Biológicos.....	56
4.3. Efectos de la Salinidad en la Armadura de refuerzo.....	56
4.3.1. Corrosión de Armaduras.....	56
4.3.2. Fundamentos Sobre Corrosión de Armaduras.....	57
4.3.3. Causas de Corrosión de las Armaduras. ....	60
4.3.4. Tipos de Corrosión.....	62
4.3.5. Factores Desencadenantes de la Corrosión de Armaduras en Contacto con el Hormigón.....	65
4.3.5.1. Corrosión Inducida por Cloruros.....	65
4.3.5.2. Influencia de las Fisuras.....	67
4.4.6. Factores Acelerantes de la Corrosión.....	68
4.4. Efectos de la Salinidad en el Hormigón Armado.....	71
4.3.1. Efectos Derivados de la Corrosión.....	72
4.3.2. Predicción de la Vida útil de una Estructura de Hormigón Armado.....	73
4.3.3. Evaluación y Resultados.....	74

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Comentarios.....	84
BIBLIOGRAFIA.....	87