

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
“DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES”
PROYECTO DE GRADO II CIV-502



**“ANÁLISIS DE REDUCCIÓN DE FISURAS POR RETRACCIÓN PLÁSTICA DEL
HORMIGÓN APLICANDO FIBRAS DE CAUCHO”**

POR:

JOSÉ FERNANDO VERGARA TORREZ

Proyecto presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

NOVIEMBRE DE 2016

TARIJA-BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES

**“ANÁLISIS DE REDUCCIÓN DE FISURAS POR RETRACCIÓN PLÁSTICA DEL
HORMIGÓN APLICANDO FIBRAS DE CAUCHO”**

Por:

JOSÉ FERNANDO VERGARA TORREZ

Proyecto presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Noviembre de 2016
TARIJA – BOLIVIA

.....
Ing. Paul D. Carrasco Arnold

DOCENTE GUIA

.....
M.Sc. Ing. Ernesto R. Álvarez Gozalvez
**DECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

.....
M.Sc. Ing. Silvana S. Paz Ramírez
**VICEDECANA FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

TRIBUNAL:

.....
Dr. Alberto Benítez Reynoso

.....
M.Sc. Ing. David Zenteno Benítez

.....
Ing. Dimar Fernández Sulca

El Tribunal Calificador de la presente tesis, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el presente trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidad del autor.

DEDICATORIAS:

A mis abuelos y mis padres primeramente por darme la vida, por inculcarme siempre buenos valores para poder afrontar la vida. A mis tíos y tías que siempre estuvieron apoyándome en cada etapa de mi existencia.

A mis hermanos, sobrinos, familiares, amigos y compañeros, que están y también para los que nos cuidan desde el cielo.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios y la Virgen , desde lo más profundo de mí ser, por haberme dado la fuerza, sabiduría, entendimiento y la motivación para salir adelante y seguir luchando por mis sueños y metas.

A mis padres, hermanos por su apoyo incondicional y sobre todo a mi madre Janeth por ser una gran mujer luchadora que supo salir adelante a pesar de todas las situaciones difíciles que atravesó, por el gran sacrificio que hace para que salgamos adelante.

A mis abuelos Orlando y Josefina, que son como mis padres para mí, porque siempre me dieron el amor, cariño y sobre todo por haberme criado con grandes enseñanzas y valores los cuales les voy a estar eternamente agradecido porque fueron el pilar principal para lograr esta gran meta de mi vida.

A mis tíos que siempre me dieron el aliento y sus palabras para poder seguir luchando por mis objetivos, los llevo a todos en mi corazón y en mi mente.

A mis familiares y amigos de la vida, por ser parte de tantas vivencias y anécdotas.

PENSAMIENTOS:

Nunca dejes de soñar ni tener metas en la vida, jamás desistas porque la vida te da grandes recompensas al esfuerzo y al valor con que afrontamos las situaciones difíciles. (Anónimo)

Siempre conserva humildad en el camino de la vida, porque puedes ser el hombre más rico del mundo, pero a la vez ser el más pobre si no llevas la humildad a donde vayas. (Anónimo)

ÍNDICE

CAPÍTULO I

REVISION BIBLIOGRAFICA

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.1.1 El problema	1
1.1.1.1 Planteamiento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Justificación	3
1.3.1 Justificación teórica.....	3
1.3.2 Justificación metodológica	3
1.3.3 Justificación práctica.....	5
1.4 Alcance del estudio.....	5
1.4.1 Consideraciones generales	5
1.4.2 Análisis de alternativas	6
1.4.3 Resultados a lograr	9
1.4.4 Hipótesis	10

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2. MARCO TEÓRICO	11
2.1 Reseña histórica de la tecnología de incorporación de fibras al hormigón ..	11

<u>2.1.1 Antecedentes</u>	11
<u>2.1.2 Concepto de refuerzo del hormigón con fibras</u>	12
<u>2.2 Materiales componentes del hormigón</u>	17
<u>2.3 Cemento portland</u>	18
<u>2.3.1 Propiedades del cemento portland</u>	20
<u>2.4 Agregados del concreto</u>	23
<u>2.4.1 Funciones de los agregados</u>	25
<u>2.4.2 Propiedades de los agregados</u>	25
<u>2.5 Agua para mezclas de hormigón</u>	33
<u>2.5.1 Agua de mezclado</u>	33
<u>2.5.2 Agua de curado</u>	34
<u>2.5.3 Calidad del agua</u>	35
<u>2.6 Aditivos</u>	36
<u>2.7 Dosificación de hormigones</u>	37
<u>2.7.1 Hormigón fresco</u>	39
<u>2.7.2 Concreto endurecido</u>	41
<u>2.7.3 Dosificación</u>	43
<u>2.8 Metodología y procedimientos para la investigación</u>	44
<u>2.8.1 Dosificación de la mezcla de hormigón método ACI 211</u>	44
<u>2.8.2 Criterios y metodología para la dosificación del hormigón con Fibras de Caucho</u>	54

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

<u>3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN</u>	62
<u>3.1 Generalidades</u>	62
<u>3.2 Ensayos a los componentes del hormigón para caracterización de los componentes de la mezcla</u>	63
<u>3.2.1 Determinación de la finura del cemento</u>	63
<u>3.2.2 Determinación del peso específico del cemento</u>	65
<u>3.2.3 Análisis granulométrico de los agregados</u>	66
<u>3.2.4 Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso</u>	69
<u>3.2.5 Determinación del peso específico y absorción del agregado fino</u>	71
<u>3.2.6 Determinación del peso unitario del agregado grueso</u>	73
<u>3.2.7 Determinación del peso unitario del agregado fino</u>	75
<u>3.2.8 Dosificación método ACI - 211</u>	78
<u>3.2.9 Preparación del hormigón en el laboratorio para los ensayos de compresión</u>	82
<u>3.2.10 Determinación de resistencia a compresión en probetas</u>	86
<u>3.2.11 Valores de resistencia obtenidos</u>	88
<u>3.3 Análisis de Reducción de Fisuras en el Hormigón Aplicando Fibras de Caucho Mediante el Método ASTM 1579-06</u>	90
<u>3.3.1 PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA</u> .	91
<u>3.3.2 Materiales y Compuestos para la Industria del Neumático</u>	92
<u>3.3.3 Método Para el Análisis de las Patologías en el Hormigón (Retracción Plástica)</u>	98

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

<u>4. ANÁLISIS DE RESULTADOS</u>	111
<u>4.1 Metodología para el análisis de resistencia en el hormigón</u>	111
<u>4.2 Comparación de resultados</u>	111
<u>4.3 Análisis de costos de producción.</u>	117
<u>4.4 Características generales de los componentes del hormigón</u>	120
<u>4.4.1 Evaluación de las resistencias a compresión y análisis de fisuraciones</u>	120
<u>4.4.2 Diferencia entre resultados obtenidos y esperados</u>	121
<u>4.5 Análisis de la trabajabilidad en las mezclas de hormigón</u>	122
<u>4.6 Aplicabilidad del trabajo de investigación</u>	122

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	124
<u>Conclusiones</u>	124
<u>Recomendaciones</u>	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.3-1: Composición química del cemento	19
Tabla 2.3.1-1: Calor generado en los primeros 7 días.....	21
Tabla 2.4-1: Clasificación general de los agregados.....	24
Tabla 2.4-2: Clasificación general de los agregados por densidad	25
Tabla 2.4.2-1: Gradación del agregado grueso según ASTM C33.....	26
Tabla 2.4.2-2: Gradación del agregado fino según ASTM C33	27
Tabla 2.4.2-3: Módulo de finura de los agregados	27
Tabla 2.4.2-4: Tamaño máximo del agregado grueso	28
Tabla 2.4.2-5: Porcentaje de absorción en los agregados	31
Tabla 2.5.3-1: Ensayos requeridos para el agua de mezclado	35
Tabla 2.5.3-2: Valores de impurezas en el agua de mezclado	35
Tabla 2.7.1-1: Clasificación del hormigón por su consistencia	38
Tabla 2.7.2-1: Incremento de la resistencia del hormigón con respecto al tiempo.....	42
Tabla 2.7.3-1: Condiciones para dosificación	43
Tabla 2.8.1-1: Resistencia de diseño fcm.....	45
Tabla 2.8.1-2: Asentamientos recomendados.....	46
Tabla 2.8.1-3: Tamaño máximo del agregado.....	48
Tabla 2.8.1-4: Cantidad de agua de mezclado para agregados de canto rodado y sin inclusión de aire	48
Tabla 2.8.1-5: Cantidad de agua de mezclado para agregados de trituración y sin inclusión de aire	49
Tabla 2.8.1-6: Cantidad de agua de mezclado para agregados de canto rodado y con inclusión de aire	49
Tabla 2.8.1-7: Cantidad de agua de mezclado para agregados de trituración y con inclusión de aire	50

Tabla 2.8.1-8: Relación agua / cemento en hormigones sin aire incluido.....	51
Tabla 2.8.1-9: Relación agua / cemento en hormigones con aire incluido.....	51
Tabla 2.8.1-10: Estimación del contenido de agregado grueso	52
Tabla 2.8.1-11: Volumen absoluto de los ingredientes de hormigón	53
Tabla 2.8.2-1: Análisis del agua potable en la ciudad	56
Tabla 2.8.2-2: Tiempos de mezclado recomendados	57
Tabla 3.2.1-1: Finura del Cemento	64
Tabla 3.2.1-2: Peso Especifico del Cemento	66
Tabla 3.3.1-1: Tiempo de Mezclado del Hormigon en el Tambor	91
Tabla 3.3.1-2: Consistencia del hormigón	92
Tabla 3.3.2-1: Características de las fibras de caucho	98
Tabla 3.3.3-2: Materiales para la confeccion del hormigon	107
Tabla 3.3.3-3: Temperatura, Humedad Relativa, Velocidad del Viento y Tasa de Evaporacion	108
Tabla 3.3.3-4: Medicion promedio de fisuras medidas en laboratorio	109
Tabla 3.3.3-5: Ancho de fisura promedio de cada panel.....	109
Tabla 4.2-1: Resistencia a la Compresion vs. Edad del Hormigon.....	111
Tabla 4.2-2: Analisis de reduccion de la resistencia a Compresion	113
Tabla 4.2-3: Porcentaje de Reduccion de Fisuras	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1-1: Tenacidad del Hormigon	13
Figura 2.1-2: Flexion Simple Aplicada	14

Figura 2.1-3: Resistencia a la Tracción (Fibra)	15
Figura 2.1-4: Adicion de Fibras al Hormigon.....	15
Figura 2.1-5: Curva de Dosificación Según Ley de Mckee.....	16
Figura 2.1-6: Curva Incremento-Densidad	16
Figura 2.2-1: Materiales Componentes del Hormigon.....	18
Figura 2.4.2-1: Contenido de Humedad en Agregados.....	31
Figura 2.8.2-1: Curva Tiempo-Resistencia	60
Figura 3.2.1-1: Materiales y equipo empleado para la determinacion de la finura del cemento	64
Figura 3.2.3-1: Analisis Granulometrico del Agregado Grueso.....	67
Figura 3.2.3-2: Analisis Granulometrico del Agregado Fino	68
Figura 3.2.4-1: Determinación del peso Especifico y % de Absorcion del Agradado Grueso.....	71
Figura 3.2.5-1: Determinación del peso Especifico y % de Absorcion del Agradado Fino	73
Figura 3.2.6-1: Determinación del peso Unitario del Agradado Grueso.....	75
Figura 3.2.7-1: Determinación del peso Unitario del Agradado Fino	77
Figura 3.2.9-1: Materiales ya Pesados y Listos Para la Elaboracion de la Mezcla	82
Figura 3.2.9-2: Mezclado de las Muestras de Hormigon	83
Figura 3.2.9-3: Ensayo de Asentamiento a las Mezclas Realizadas	84
Figura 3.2.9-4: Probetas Realizadas y Moldes Utilizados en la Elaboracion de las Mezclas	85
Figura 3.2.9-5: Vaciado y Realizacion de Probetas	86
Figura 3.2.10-1: Ensayos de rotura de probetas.....	87
Figura 3.2.11-1: Diagramas de barras de los valores de resistencia obtenidos.....	88
Figura 3.3.2-1: Esquema del proceso de industrialización del caucho	97

Figura 3.3.3-1: Dimensiones de los Moldes Para el Analisis de Fisuracion	100
Figura 3.3.3-2: Moldes para la realizacion del ensayo	101
Figura 3.3.3-3: Ventilador de velocidad variable	102
Figura 3.3.3-4: Camara ambientada.....	103
Figura 3.3.3-5: Sensores de velocidad de viento, temperatura y Humedad Relativa 104	
Figura 3.3.3-6: Fuente para determinar la tasa de evaporacion	104
Figura 3.3.3-7: Microscopio Optico	105
Figura 4.2-1: Porcentaje de variacion de la resistencia a compresion.....	112
Figura 4.2-2: Curva de variacion de resistencia a compresion	112
Figura 4.2-3: Comparacion de fisura promedio	114
Figura 4.2-4: Curva ancho promedio de fisura vs. % de fibras de caucho.....	115
Figura 4.6-1: Aplicación de hormigones superficiales	122

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I - Caracterización de los Agradados

Anexo II - Ensayos de Retracción Plástica ASTM 1579-06

Anexo III - Dossier Fotografico

ANEXO I

CARACTERIZACION DE LOS AGREGADOS

ANEXO II

ENSAYO DE RETRACCION PLASTICA ASTM

1579-06

ANEXO III
DOSSIER FOTOGRAFICO