

**UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS**  
**Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES**



**UTILIZACIÓN DE FIBRAS METÁLICAS EN LA**  
**ELABORACIÓN DE HORMIGÓN SIMPLE**

**Por:**

**CIRO CABEZAS ARROYO**

**EN LA ASIGNATURA CIV-502**

**SEMESTRE-I- 2019**

**TARIJA – BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS**

**Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES**

**UTILIZACION DE FIBRAS METÁLICAS EN LA  
ELABORACIÓN DE HORMIGÓN SIMPLE**

**Por:**

**CIRO CABEZAS ARROYO**

Proyecto de Grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar al grado académico de licenciatura en Ingeniería Civil.

**SEMESTRE-I- 2019**

**TARIJA – BOLIVIA**

**VºBº**

.....  
Ing. Fernando Ernesto Mur Lagrada  
DOCENTE DE LA MATERIA

.....  
Ing. Ernesto Álvarez  
DECANO FACULTAD DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

.....  
Lic. Elizabeth Castro  
VICEDECANA FACULTAD DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

APROBADO POR:  
TRIBUNAL

.....  
Ing. Paul Carrasco Arnold

.....  
Ing. Armando Almendras Saravia

.....  
Ing. Moisés Díaz Ayarde

## **DEDICATORIA**

A Dios, quien me dio la fe, la fortaleza, la salud para lograr mis objetivos, el creer en su amor y bondad, y la esperanza para terminar este trabajo.

A mis queridos padres por su apoyo durante todo este tiempo, comprensión y paciencia, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

A mi esposa por su sacrificio y esfuerzo incondicional, a mis hijos amados Alina y Ángel por ser mi inspiración en todo momento, un agradecimiento muy especial a mis hermanos, por sus ánimos por ser siempre unidos por haber contado con ellos para todo, gracias a esa confianza que siempre nos hemos tenido.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis Padres quienes creyeron en mí y me dieron el apoyo incondicional para llegar a culminar la profesión que se convirtió en mi pasión, y por todos los valores familiares los cuales me permitieron llegar a mi meta, a mis suegros por darme la confianza para salir adelante.

A mis Docentes a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza.

Mi último agradecimiento, pero por nada el menos importante, va dirigido a la UNIVERSIDAD JUAN MISAEEL SARACHO por haberme formado como profesional.

**PENSAMIENTO:**

“Afronta tu camino con coraje, no tengas miedo de las críticas de los demás. Y, sobre todo, no te dejes paralizar por tus propias críticas”.

*Anónimo*

# INDICE DE CONTENIDO

## CAPITULO I

1 ANTECEDENTES.....	1
1.1 El Problema.....	2
1.1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.1.2 Formulación del problema.....	3
1.1.3 Sistematización del problema.....	3
1.1 Hipótesis.....	7
1.2 Objetivos.....	7
1.2.1 General.....	8
1.2.2. Específicos.....	8
1.3 Justificación.....	8
1.3.1 Académica.....	8
1.3.2 Metodológica.....	8
1.3.3 Técnica.....	8
1.3.4 Social.....	9
1.4 Alcance del estudio.....	9
1.4.1 Tipo de estudio.....	9

## CAPITULO II

2 MARCO TEORICO.....	10
2.1 El Hormigón.....	10
2.1.1 Agregado Grueso.....	11
2.1.2 Agregado Fino.....	12
2.1.3 Los Materiales Cementantes.....	14
2.1.3.1 Cementos Portland.....	14
2.1.3.2 Cementos Hidráulicos Mezclados.....	16
2.1.3.3 Cementos Especiales.....	17
2.1.3.4 Otros Tipos de Cemento.....	17
2.1.4 Agua.....	17

2.1.4.1 agua de mezclado.....	17
2.2 Diseño de Mezclas.....	18
2.2.1 Relación Agua / Cemento.....	19
2.3 Propiedades del Hormigón Fresco.....	20
2.3.1 Consistencia.....	20
2.3.2 Trabajabilidad.....	22
2.3.3 Homogeneidad.....	22
2.3.4 La Compacidad.....	23
2.4 Propiedades del Hormigón Endurecido.....	23
2.4.1 Ductilidad.....	23
2.4.2 Resistencia a la Compresión.....	24
2.5 Elaboración de Probetas.....	25
2.5.1 Curado del Hormigón.....	25
2.5.2 Resistencia.....	25
2.5.2.1 Resistencias mecánica.....	26
2.6 Agregados Metálicos (Aditivo al Hormigón).....	27
2.6.1 Características Principales.....	28
2.6.2 Características mecánicas.....	32
2.7 Características Geométricas de las Fibras Metálicas .....	29
2.7.1 Factor Forma.....	33
2.8 Usos y Modo de Empleo.....	33
2.9 El Hormigón Mejorado con Fibras Metálicas.....	35
2.9.1 Componentes del Hormigón Mejorado con Fibras Metálicas.....	35
2.10 Características del Hormigón Mejorado con Fibras Metálicas.....	37
2.10.1 Resistencias a la Abrasión y Erosión.....	37
2.10.2 Resistencia al Fisuramiento.....	38

2.10.3 Resistencia a Flexión.....	38
2.11 Propiedades del Hormigón Reforzado con Fibra.....	40
2.11.1 Ventajas del Hormigón Mejorado con Fibras Metálica.....	42
2.12 Metodología del estudio.....	48
2.12.1 Enfoque.....	48
2.12.2 Estudio de los componentes.....	48
2.12.3 Ensayo de Materiales.....	48
2.12.4 Método de Investigación.....	49
2.12.4.1 Investigación Bibliográfica.....	49
2.12.4.2 Investigación de Campo.....	49
2.12.4.3 Investigación de Laboratorio.....	49
2.12.5 Tratamiento de la Información.....	49
<b>CAPITULO III</b>	
3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	51
3.1 Selección de Agregados.....	51
3.1.1 Reducción de Muestras de Agregados a Tamaño de Ensayo.....	51
3.2 Estudio de las Propiedades de los Agregados.....	52
3.3 Generalidades de un Hormigón.....	60
3.4 Bases del Método.....	62
3.4.1 Resistencia.....	62
3.4.2 Relación Agua/Cemento.....	62
3.4.3 Consistencia del Hormigón y Cantidades de Agua y Cemento.....	64
3.5 Composición Granulométrica de los Áridos.....	65
3.6 Proporciones de la Mezcla.....	66
3.7 Procedimiento.....	66
3.7.1 Datos Requeridos.....	66

## CAPITULO IV

4 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	79
4.1 Consistencia.....	79
4.2 Diseño de Mezcla para Hormigón Simple y Hormigón Mejorado con Fibras Metálicas.....	80
4.2.1 Secuencia en el Diseño de Mezcla.....	80
4.2.1 Probetas con las Dosificaciones definitivas, para Resistencia de 21 Mpa.....	81
4.2.2 Mezclas definitivas para las Resistencias Específicas.....	81
4.3 Determinación del número total de Probetas.....	82
4.4 Dosificación del Hormigón.....	83
4.5 Elaboración de Hormigones y toma de Muestras.....	87
4.5.1 Amasado.....	87
4.5.2 Hormigonado.....	88
4.6 Almacenamiento de Probetas en la Cámara de Humedad.....	89
4.6.1 Humedad.....	89
4.6.2 Temperatura.....	89
4.7 Relación Entre el Curado y Desarrollo de Resistencias.....	90

## CAPITULO V

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	92
5.1 cronograma de ensayos y pruebas ejecutadas.....	92
5.1.1 tiempo para la elaboración de ensayos.....	92
5.2 Resistencia a la Compresión a los 7, 14, 28 días.....	92
5.3 Resistencia a Flexión Simple.....	92
5.4 Ensayo de Muestras a Compresión.....	92
5.5 Determinación de la resistencia característica del hormigón.....	114
5.5.1 Según Oscar Padilla.....	114
5.6 Contrastación de Hipótesis.....	120

5.8 Análisis Gráfico de la Consistencia del Hormigón Convencional y el Hormigón con Fibra.....	121
5.9 Análisis Gráfico de la resistencia a la compresión en cilindros de hormigón mejorado con fibras metálicas.....	123
5.10 Análisis Gráfico de la resistencia a la flexión en cilindros de hormigón mejorado con fibras metálicas.....	124
5.11 Análisis de los gráficos para la comparación de costos del Hormigón convencional respecto al hormigón con fibra.....	126
5.12 Conclusiones.....	129
5.13 Recomendaciones.....	131
5.14 Bibliografía.....	132
 CAPITULO VI	
6 ANEXOS.....	131
Anexo 1: Imágenes del banco de materiales.....	131
Anexo 2: Imágenes del banco de materiales.....	132
Anexo 3: Fibras metálicas aditivas al hormigón.....	134
Anexo 4: Asentamiento en el cono de Abrams.....	135
Anexo 5: Elaboración de cilindros y vigas de hormigón.....	136
Anexo 6: Ensayo de muestras a compresión.....	137
Anexo 7: Análisis de precios unitarios del estudio.....	139

## INDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Clasificación según el tamaño de partículas de arena (fuente norma ASTM Abanto castillo).....	14
Tabla N°2: Calsificación según forma de las fibras meálicas (fuente manual macaferri).....	32
Tabla N°3 Ensayos que se Realizaron a los Materiales.....	52
Tabla N°4: Valores Límite Para la Curva Granulométrica del Árido Grueso.....	55
Tabla N°5: Valores Límite Para la Curva Granulométrica del Árido Fino.....	55
Tabla N°6: Relación Entre la Resistencia Media y la Característica Específica de Hormigón..	62
Tabla N°7: Valores Orientativos de K.....	63
Tabla Nª 8: Máxima Relación agua/cemento y Mínimo Contenido de Cemento en kg/m3, en Función de las condiciones ambientales.....	63
Tabla N° 9: Consistencias y Formas de Compactación.....	64
Tabla N°10: Litros de Agua por Metro Cúbico.....	64
Tabla N°11: Valores Óptimos del Módulo Granulométrico Según Abrams Para Hormigones Ordinarios.....	65
Tabla N°12: Contenido de Humedad Agregado Grueso.....	70
Tabla N°13: Contenido de Humedad Agregado Fino.....	71
Tabla N°14: Análisis Granulométrico Agregado Grueso.....	72
Tabla N°15: Análisis Granulométrico Agregado Fino.....	73
Tabla N°16: Densidad Aparente Suelta y Compactada Agregado Grueso.....	74
Tabla N°17: Densidad Aparente Suelta y Compactada Agregado Fino.....	75
Tabla N°18: Ensayo de Densidad Real y Capacidad de Absorción Agregado Grueso(grava)..	76
Tabla N°19: Ensayo de Densidad Real y Capacidad de Absorción Agregado Fino.....	77
Tabla N°20: Ensayo de Densidad del Cemento.....	78
Tabla N°21: Ensayo de Compresión en Cilindros Para 7 días con fibra 25 kg/m³.....	93
Tabla N°22: Ensayo de Compresión en Cilindros Para 7 días con fibra 40 kg/m³.....	94
Tabla N°23: Ensayo de Compresión en Cilindros Para 7 días con fibra 70 kg/m³.....	95
Tabla N°24: Ensayo de Compresión en Cilindros Para 14 días con fibra 25 kg/m³.....	96
Tabla N°25: Ensayo de Compresión en Cilindros Para 14 días con fibra 40 kg/m³.....	97
Tabla N°26: Ensayo de Compresión en Cilindros Para 14 días con fibra 70 kg/m³.....	98

Tabla N°27: Ensayo de Compresión en Cilindros Para 28 días con fibra 25 kg/m <sup>3</sup> .....	99
Tabla N°28: Ensayo de Compresión en Cilindros Para 28 días con fibra 40 kg/m <sup>3</sup> .....	100
Tabla N°29: Ensayo de Compresión en Cilindros Para 28 días con fibra 70 kg/m <sup>3</sup> .....	101
Tabla N°30: Ensayo de Compresión en Cilindros Para 7 días sin fibra.....	102
Tabla N°31: Ensayo de Compresión en Cilindros Para 14 días sin fibra.....	103
Tabla N°32: Ensayo de Compresión en Cilindros Para 28 días sin fibra.....	104
Tabla N°33: Hormigón convencional sin fibra en estudio.....	105
Tabla N°34: Para dosificación de 25kg/m <sup>3</sup> .....	105
Tabla N°35: Para dosificación de 40 kg /m <sup>3</sup> .....	105
Tabla N°36: Para dosificación de 70 kg /m <sup>3</sup> .....	106
Tabla N°37: Esfuerzo vs Tiempo.....	106
Tabla N°38: Esfuerzo (%) vs Tiempo.....	107
Tabla N°38: Esfuerzo vs Tiempo.....	108
Tabla N°39: Esfuerzo (%) vs Tiempo.....	109
Tabla N°40: Esfuerzo vs Tiempo.....	110
Tabla N°41: Esfuerzo (%) vs Tiempo.....	111
Tabla N°42: Esfuerzo vs Tiempo .....	112
Tabla N°43: Esfuerzo (%) vs Tiempo.....	113
Tabla N°44: Resistencia Característica Método de Oscar Padilla.....	115
Tabla N°45: Resistencia característica para dosificación de 40 kg /m <sup>3</sup> .....	116
Tabla N°46: Resistencia característica para dosificación de 70 kg /m <sup>3</sup> .....	116
Tabla N <sup>a</sup> 47: Resistencia Característica Método de Oscar Padilla.....	117
Tabla N° 51: Muestras para ensayo a flexión.....	118

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°1: Curva Granulométrica Agregado Grueso.....	72
Gráfico N°2: Curva Granulométrica Agregado Fino.....	73
Gráfico N°3: Diagrama de Esfuerzo vs Tiempo (con 25 kg de fibra) .....	106
Gráfico N°4: Diagrama de Esfuerzo vs Tiempo (con 25 kg de fibra) .....	107
Gráfico N°5: Diagrama de Esfuerzo vs Tiempo (con 40 kg de fibra) .....	108
Gráfico N°6: Diagrama de Esfuerzo vs Tiempo (con 40 kg de fibra).....	109
Gráfico N°7: Diagrama de Esfuerzo vs Tiempo (con 70 kg de fibra).....	110
Gráfico N°8: Diagrama de Esfuerzo vs Tiempo (con 70 kg de fibra).....	111
Gráfico N°9: Diagrama de Esfuerzo vs Tiempo (sin fibra) .....	112
Gráfico N°10: Diagrama de Esfuerzo vs Tiempo (sin fibra).....	113
Gráfico N°18: Resumen de gráficas a compresión.....	121
Gráfico N°19: Análisis final del estudio mediante gráficas.....	122
Gráfico N° 20: Resistencia a la Compresión en cilindros de Hormigón Mejorado con Fibras Metálicas en dosificaciones de (25 kg/m <sup>3</sup> ),(40 kg/m <sup>3</sup> ) y (70kg/m <sup>3</sup> ) y del Hormigón simple...	123
Gráfico N° 21: Resistencia a la flexión en vigas de Hormigón Mejorado con Fibras Metálicas en dosificaciones de (25 kg/m <sup>3</sup> ), (40 kg/m <sup>3</sup> ) y (70kg/m <sup>3</sup> ) y del Hormigón simple...	124
Gráfico N° 22: costo del hormigón con dosificación de 25 kg/m <sup>3</sup> .....	125
Gráfico N° 23: Costo del hormigón con dosificación de 40 kg/m <sup>3</sup> .....	125
Gráfico N° 24: Costo del hormigón con dosificación de 70 kg/m <sup>3</sup> .....	126

## INDICE DE IMAGENES

Imagen N°1: Esquema para Medir el Asentamiento con el Cono de Abrams.....	21
Imagen N°2: Esquema para Ensayar Cilindros de Hormigón a Compresión.....	24
Imagen N°3: Método de Cuarteo del Material de Grava .....	51

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Forma de la Fibra.....	33
Figura 2: Efecto del tamaño del árido en la distribución de las Fibras Metálicas.....	32
Figura 3: Gráfica carga de flexión de un elemento con un porcentaje usual de acero de tensión.....	39
Figura 4: graficas carga – deflexión con elementos con porcentajes variables de acero ( $f_c$ y $f_y$ constantes) sujetos a flexión simple.....	39
Figura 5: Secuencia de llenado del molde (UNE-EN 14651:2007 + A1:2008).....	88
Figura 6: Influencia del Curado en la Resistencia del Hormigón.....	90