

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE FISURACIÓN EN LOSAS DE
HORMIGÓN CON ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO”**

Por:

VEKIN GALO ESPINO CONDORI

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN presentado a consideración de la
“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito
para optar el grado académico de licenciatura en INGENIERÍA CIVIL

SEMESTRE I - 2026

TARIJA - BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE FISURACIÓN EN LOSAS DE
HORMIGÓN CON ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO”**

Por:

VEKIN GALO ESPINO CONDORI

SEMESTRE I - 2026

TARIJA - BOLIVIA

DEDICATORIA

A mi papá y a mi mamá, porque todo lo que soy se lo debo a ustedes.

Por enseñarme a no rendirme, por su esfuerzo diario y por todo lo que hicieron sin pedir nada a cambio.

A mis hermanos, por estar conmigo siempre, por sus risas y por apoyarme cuando más lo necesité.

Esta tesis es tan de ustedes como mía.

ÍNDICE GENERAL

Página

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1	Antecedentes	1
1.1.1	Planteamiento	2
1.1.2	Formulación	3
1.1.3	Sistematización.....	4
1.2	Objetivos	4
1.2.1	General	4
1.2.2	Específicos	4
1.3	Justificación.....	5
1.3.1	Académica.....	5
1.3.2	Técnica	6
1.3.3	Social.....	6
1.4	Marco referencial	7
1.4.1	Espacial	7
1.4.2	Temporal.....	7
1.5	Alcance del estudio	7
1.5.1	General	7
1.5.2	Hipótesis.....	8
1.5.3	Resultados a Lograr.....	9
1.5.4	Aporte Académico.....	10
1.6	Normativas a Utilizar	10

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1	Introducción	12
2.2	Fisuración	13
2.2.1	Clasificación.....	15
2.3	Fisuración en el Hormigón.....	17

2.3.1	Tipos de Fisura en el Hormigón	19
2.4	Retracción Plástica	20
2.4.1	Causa de la Fisuración Provocada por la Retracción por Secado	21
2.4.2	Fisuración por Retracción Plástica	22
2.4.3	Características de la Retracción Plástica	23
2.5	Hormigón Reforzado con Fibras (HRF)	25
2.5.1	Efecto de las Fibras Sobre las Fisuras	26
2.5.2	Comportamiento Mecánico	29
2.5.3	Fibras Sintéticas	31
2.5.3.1	Macro-fibras Sintéticas	31
2.5.3.2	Micro-fibras Sintéticas	32
2.5.3.3	Fibras de Vidrio	33
2.5.3.4	Tipos de Fibra Vidrio	33
2.5.3.5	Fibra de Vidrio AR	35
2.5.4	Dosificación Fibra de Vidrio	36
2.6	Hormigón	36
2.7	Hormigón Convencional	38
2.8	Materiales Componentes del Hormigón	39
2.9	Hormigón de Resistencia 250 kg/m ²	41
2.9.1	Clasificación de Resistencias del Hormigón	42
2.9.2	Aplicaciones del Hormigón 250 kg/m ²	42
2.10	Propiedades del Hormigón Fresco	44
2.10.1	Trabajabilidad	44
2.10.2	Docilidad	45
2.10.3	Homogeneidad	45
2.10.4	Peso específico:	46
2.10.5	Tiempo Abierto:	46
2.11	Propiedades del Hormigón Endurecido	46
2.11.1	La Densidad	46
2.11.2	Compacidad	46

2.11.3	Permeabilidad.....	47
2.11.4	Dureza	47
2.11.5	Peso Específico	47
2.11.6	Resistencia.....	47
2.12	Características Mecánicas del Hormigón	48
2.12.1	Resistencia a la Compresión	48
2.12.2	Resistencia a Tracción por Flexión	49
2.13	Materiales que Intervienen en el Estudio	49
2.14	Análisis de los Áridos	50
2.14.1	Antecedentes	50
2.14.2	Clasificación Según su Procedencia.....	51
2.14.3	Clasificación Según su Tamaño	51
2.15	Propiedades Físicas de los Agregados.....	51
2.15.1	Forma y Textura	51
2.15.2	Ensayos Realizados a los Áridos Para la Dosificación	53
2.15.2.1	Granulometría.....	53
2.15.2.2	Cuarteo de Muestras de Agregado con Cuarteador Metálico.....	54
2.15.2.3	Agregado Grueso (grava):.....	55
2.15.2.4	Agregado Fino.....	57
2.15.2.5	Análisis Granulométrico de los Agregados Grueso y Fino	59
2.15.2.6	Peso Específico y Absorción de Agua.....	60
2.15.2.7	Peso Unitario	64
2.16	Dosificación de Hormigones (Método ACI 211)	66
2.17	Proceso de Curado.....	72
2.17.1	Probetas Cilíndricas (ASTM C31/C31M-19, 2019)	72
2.17.2	Vigas Prismáticas (ASTM C192/C192M-19, 2019)	72
2.18	Ensayos Mecánicos en el Hormigón	73
2.18.1	Compresión	73
2.18.2	Tracción.....	74
2.18.3	Retracción Plástica (ASTM C1579–13, 2013).....	76

2.19	Normativas a Utilizar en el Procedimiento Experimental.....	85
------	---	----

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Generalidades	87
3.2	Tamaño de muestra.....	88
3.3	Levantamiento de Información	89
3.3.1	Ubicación de la Fuente de los Materiales a Utilizarse	89
3.3.1.1	Agregado Pétreo	89
3.4	Ensayos de Caracterización de los Componentes del Hormigón	91
3.4.1	Granulometría de la Grava.	91
3.4.2	Peso Unitario de la Grava.....	96
3.4.2.1	Método de Compactado.	96
3.4.2.2	Método de Suelto.	97
3.4.3	Peso específico y Absorción de la Grava.	99
3.4.4	Granulometría de la Arena.	101
3.4.5	Peso Unitario de la Arena.....	104
3.4.5.1	Método de Compactado.	104
3.4.5.2	Método de Suelto.	105
3.4.6	Peso Específico y Absorción de la Arena.....	107
3.5	Cemento Utilizado.....	109
3.6	Dosificación Método ACI – 211	109
3.7	Elaboración de Probetas de Hormigón para la Confirmación de la Resistencia a Compresión.	115
3.7.1	Trabajabilidad del Hormigón.	117
3.8	Ensayo de Resistencia a Compresión ASTM C39.	119
3.9	Elaboración, Curado y Ruptura de los Especímenes de Hormigón a Flexión.....	122
3.10	Ensayo en el Hormigón Endurecido.....	124
3.10.1	Resistencia a Tracción de Vigas de Hormigón.	124
3.11	Valores de Resistencia a Tracción Obtenidos.....	126

3.11.1	Resumen de las Resistencias a Tracción Obtenidas.	133
3.12	Ensayo de Retracción Plástica ASTM C1579.	134
3.12.1	Material y Equipo Necesario para el Desarrollo del Método.	135
3.12.2	Restricciones Internas e Inductor de Grietas.	136
3.12.3	Registro de Datos de la Cámara Ambiental	141
3.12.4	Cuantificación de Fisuras	145
3.13	Resultados del Ensayo de Índice de fisuración por Retracción Plástica ASTM C1579	147
3.14	Análisis Estadístico	158
3.15	Análisis de Costos.	179

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1	Interpretación del Ensayo de Resistencia a Compresión y Tracción.	181
4.2	Interpretación del Ensayo de Índice de fisuración por Retracción Plástica.	184

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	187
5.2	Recomendaciones	192
BIBLIOGRAFÍA.....		194

ANEXOS

ANEXO I	TIPOS DE FIBRAS
ANEXO II	FOTOGRAFÍA DE LA ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS Y VIGAS
ANEXO III	FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO DE LAS PROBETAS Y VIGAS
ANEXO IV	FOTOGRAFÍA DE LA FABRICACIÓN DE LA CÁMARA AMBIENTAL Y SUS PARTES
ANEXO V	RESULTADOS DE LOS MONITOREOS, DE TEMPERATURA, HUMEDAD, EVAPORACIÓN Y ANCHO DE FISURAS
ANEXO VI	RESULTADOS DEL ENSAYO DE RETRACCIÓN PLÁSTICA ASTM C1579
ANEXO VII	FICHA TÉCNICA FIBRATEC V13
ANEXO VIII	ENSAYOS DE LABORATORIO
ANEXO IX	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2.1 Clasificación de fisuras según su ancho (e) y grado de repercusión en la estructura	15
Tabla 2.2 Ancho máximo en estructuras sometidas a flexión (ACI 224.R-01, 2008).....	16
Tabla 2.3 Presencia de fisuras en el estado fresco del hormigón	18
Tabla 2.4 Tipos de fibras y sus propiedades mecánicas	27
Tabla 2.5 Clasificación del hormigón según su consistencia (ensayo de asentamiento con cono de Abrams).....	45
Tabla 2.6 Clasificación de agregados según el tamaño.....	51
Tabla 2.7 Clasificación de los agregados según su forma.....	52
Tabla 2.8 Clasificación de los agregados según su textura superficial	53
Tabla 2.9 Requisitos de Granulometría para Agregados Gruesos.....	56
Tabla 2.10 Límites de sustancias perjudiciales en agregado fino según ASTM C33/C33M-24.....	57
Tabla 2.11 Gradación para agregado fino según ASTM C33/C33M-24.....	58
Tabla 2.12 Relación entre el tamaño máximo de las partículas y el peso mínimo de la muestra.....	59
Tabla 2.13 Resistencia de Diseño Cuando no Hay Datos que Permitan Determinar la Desviación Estándar (a)	68
Tabla 2.14 Asentamientos Recomendados para Diversos Tipos de Construcción y Sistemas de Colocación y Compactación.....	68
Tabla 2.15 Cantidad de agua aproximada y presencia de aire para diferentes asentamientos dados. con Partículas de Forma Angular y Textura Rugosa, en Hormigón sin Aire Incluido.....	70
Tabla 2.16 Cantidad de agua aproximada y presencia de aire para diferentes asentamientos dados. con Partículas de Forma Redondeada y Textura Lisa, en Hormigón sin Aire Incluido.....	70

Tabla 2.17 Relación entre a/c y resistencia a la compresión a los 28 días de edad de curado.....	71
Tabla 2.18 Volumen de agregado grueso compactado por unidad de volumen de concreto	71
Tabla 2.19 Lista de los ensayos aplicados.....	85
Tabla 3.2 Cantidad de vigas a realizar para análisis de resistencia	88
Tabla 3.3 Cantidad paneles de hormigón para los ensayos de retracción plástica	88
Tabla 3.4 Cantidad de probetas cilíndricas.....	89
Tabla 3.5 Granulometría de la grava Tolomosa	93
Tabla 3.6 Granulometría de la grava San Blas	94
Tabla 3.7 Granulometría de la grava La Choza.....	95
Tabla 3.8 Peso unitario de la grava (compactado) Tolomosa.....	96
Tabla 3.9 Peso unitario de la grava (compactado) San Blas	97
Tabla 3.10 Peso unitario de la grava (compactado) La Choza	97
Tabla 3.11 Peso unitario suelto de la grava Tolomosa	98
Tabla 3.12 Peso unitario suelto de la grava San Blas	98
Tabla 3.13 Peso unitario suelto de la grava La Choza	99
Tabla 3.14 Peso específico de la grava Tolomosa	100
Tabla 3.15 Peso específico de la grava San Blas	100
Tabla 3.16 Peso específico de la grava La Choza	100
Tabla 3.17 Granulometría de la arena Tolomosa.....	101
Tabla 3.18 Granulometría de la arena San Blas	102
Tabla 3.19 Granulometría de la arena La Choza.....	103
Tabla 3.20 Peso unitario de la arena compactado Tolomosa.....	105
Tabla 3.21 Peso unitario de la arena compactado San Blas	105
Tabla 3.22 Peso unitario de la arena compactado La Choza	105
Tabla 3.23 Peso unitario de la Arena suelto Tolomosa	106
Tabla 3.24 Peso unitario de la Arena suelto San Blas	106
Tabla 3.25 Peso unitario de la Arena suelto La Choza.....	107
Tabla 3.26 Peso Específico de la arena Tolomosa.....	108

Tabla 3.27	Peso Específico de la arena San Blas	108
Tabla 3.28	Peso Específico de la arena La Choza.....	108
Tabla 3.29	Asentamiento de microfibra de fibra de vidrio.....	118
Tabla 3.30	Resistencia a compresión de probetas cilíndricas de hormigón Tolomosa (normas: ASTM C39 - AASHTO T22)	121
Tabla 3.31	Resistencia a compresión de probetas cilíndricas de hormigón San Blas (normas: ASTM C39 - AASHTO T22)	121
Tabla 3.32	Resistencia a compresión de probetas cilíndricas de hormigón La Choza (normas: ASTM C39 - AASHTO T22).....	122
Tabla 3.33	Resultados obtenidos de Resistencia a tracción agregado TOL-CV	126
Tabla 3.34	Resultados obtenidos de Resistencia a tracción agregado SBL-CV	127
Tabla 3.35	Resultados obtenidos de Resistencia a tracción agregado CHZ-CV.....	127
Tabla 3.36	Resultados obtenidos de Resistencia a tracción agregado TOL-0.40 kg/m ³	128
Tabla 3.37	Resultados obtenidos de Resistencia a tracción agregado SBL-0.40 kg/m ³	128
Tabla 3.38	Resultados obtenidos de Resistencia a tracción agregado CHZ-0.40 kg/m ³	128
Tabla 3.39	Resultados obtenidos de Resistencia a tracción agregado TOL-0.70 kg/m ³	129
Tabla 3.40	Resultados obtenidos de Resistencia a tracción agregado SBL-0.70 kg/m ³	129
Tabla 3.41	Resultados obtenidos de Resistencia a tracción agregado CHZ-0.70 kg/m ³	130
Tabla 3.42	Resultados obtenidos de Resistencia a tracción agregado TOL - 1.00 kg/m ³	130
Tabla 3.43	Resultados obtenidos de Resistencia a tracción agregado SBL-1.00 kg/m ³	131
Tabla 3.44	Resultados obtenidos de Resistencia a tracción agregado CHZ-1.00 kg/m ³	131

Tabla 3.45	Resultados obtenidos de Resistencia a tracción agregado TOL-1.30 kg/m ³	132
Tabla 3.46	Resultados obtenidos de Resistencia a tracción agregado SBL-1.30 kg/m ³	132
Tabla 3.47	Resultados obtenidos de Resistencia a tracción agregado CHZ-1.30 kg/m ³	132
Tabla 3.48	Resultados obtenidos de resistencia a tracción de las vigas	133
Tabla 3.49	Resultados obtenidos en los ensayos de retracción plástica ASTM C1579 0.00 vs 0.40 - Tolomosa.....	147
Tabla 3.50	Resultados obtenidos en los ensayos de retracción plástica ASTM C1579 0.00 vs 0.40 - San Blas	148
Tabla 3.51	Resultados obtenidos en los ensayos de retracción plástica ASTM C1579 0.00 vs 0.40 - La Choza	148
Tabla 3.52	Resultados obtenidos en los ensayos de retracción plástica ASTM C1579 0.00 vs 0.70 - Tolomosa.....	149
Tabla 3.53	Resultados obtenidos en los ensayos de retracción plástica ASTM C1579 0.00 vs 0.70 - San Blas	150
Tabla 3.54	Resultados obtenidos en los ensayos de retracción plástica ASTM C1579 0.00 vs 0.70 - La Choza	150
Tabla 3.55	Resultados obtenidos en los ensayos de retracción plástica ASTM C1579 0.00 vs 1.00 - Tolomosa.....	151
Tabla 3.56	Resultados obtenidos en los ensayos de retracción plástica ASTM C1579 0.00 vs 1.00 - San Blas	152
Tabla 3.57	Resultados obtenidos en los ensayos de retracción plástica ASTM C1579 0.00 vs 1.00 - La Choza	152
Tabla 3.58	Resultados obtenidos en los ensayos de retracción plástica ASTM C1579 0.00 vs 1.30 - Tolomosa.....	153
Tabla 3.59	Resultados obtenidos en los ensayos de retracción plástica ASTM C1579 0.00 vs 1.30 - San Blas	154

Tabla 3.60	Resultados obtenidos en los ensayos de retracción plástica ASTM C1579 0.00 vs 1.30 - La Choz.....	154
Tabla 3.61	Resultados obtenidos en los ensayos de retracción plástica ASTM C1579 "0.00 vs 0.40 vs 0.70 vs 1.00 vs 1.30" - Tolomosa	155
Tabla 3.62	Resultados obtenidos en los ensayos de retracción plástica ASTM C1579 "0.00 vs 0.40 vs 0.70 vs 1.00 vs 1.30" vs 1.30 - San Blas	156
Tabla 3.63	Resultados obtenidos en los ensayos de retracción plástica ASTM C1579 "0.00 vs 0.40 vs 0.70 vs 1.00 vs 1.30" - La Choz.....	157
Tabla 3.65	Resistencia a Compresión a los 28 días H°-CV - Tolomosa	161
Tabla 3.66	Resistencia a Compresión a los 28 días H°-CV – San Blas	162
Tabla 3.67	Resistencia a Compresión a los 28 días H°-CV – La Choz.....	163
Tabla 3.68	Resistencia a tracción a los 28 días con 0.00 de Fibra de Vidrio AR - Tolomosa	164
Tabla 3.69	Resistencia a tracción a los 28 días con 0.00 de Fibra de Vidrio AR – San Blas.....	165
Tabla 3.70	Resistencia a tracción a los 28 días con 0.00 de Fibra de Vidrio AR – La Choz	166
Tabla 3.71	Resistencia a tracción a los 28 días con 0.40 de Fibra de Vidrio AR - Tolomosa	167
Tabla 3.72	Resistencia a tracción a los 28 días con 0.40 de Fibra de Vidrio AR – San Blas.....	168
Tabla 3.73	Resistencia a tracción a los 28 días con 0.40 de Fibra de Vidrio AR – La Choz	169
Tabla 3.74	Resistencia a tracción a los 28 días con 0.70 de Fibra de Vidrio AR - Tolomosa	170
Tabla 3.75	Resistencia a tracción a los 28 días con 0.70 de Fibra de Vidrio AR – San Blas.....	171
Tabla 3.76	Resistencia a tracción a los 28 días con 0.70 de Fibra de Vidrio AR – La Choz	172

Tabla 3.77 Resistencia a tracción a los 28 días con 1.00 de Fibra de Vidrio AR - Tolomosa	173
Tabla 3.77 Resistencia a tracción a los 28 días con 1.00 de Fibra de Vidrio AR – San Blas	174
Tabla 3.78 Resistencia a tracción a los 28 días con 1.00 de Fibra de Vidrio AR – La Choza	175
Tabla 3.79 Resistencia a tracción a los 28 días con 1.30 de Fibra de Vidrio AR - Tolomosa	176
Tabla 3.80 Resistencia a tracción a los 28 días con 1.30 de Fibra de Vidrio AR – San Blas.....	177
Tabla 3.81 Resistencia a tracción a los 28 días con 1.30 de Fibra de Vidrio AR – La Choza	178
Tabla 3.82 Análisis Costo-Beneficio.....	180
Tabla 4. 1 Ancho Promedio de Fisuras.....	185

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 Tipos de fisura del hormigón	19
Figura 2.2 Fisuración del hormigón provocada por la retracción por secado	22
Figura 2.3 Efecto de las fibras sobre las fisuras	27
Figura 2.4 Clasificación de las fibras para hormigón	28
Figura 2.5 Efecto de las fibras sobre el comportamiento del hormigón	29
Figura 2.6 Posibles geometrías para fibras metálicas	30
Figura 2.7 Influencia de la geometría de las fibras	30
Figura 2.8 Influencia de la resistencia a tracción de las fibras sobre la energía absorbida	31
Figura 2.9 Aspecto de macro-fibras sintéticas comerciales	32
Figura 2.10 Aspecto de microfibras sintéticas comerciales	33
Figura 2.11 Separador mecánico.....	54
Figura 2.12 Representación diagramática de la humedad en el agregado	62
Figura 2.13 Aparato para la prueba de resistencia a la flexión con carga en los tercios del claro	76
Figura 3.1 Ubicación, banco de agregados Tolomosa.....	90
Figura 3.2 Banco de agregado pétreo.....	90
Figura 3.3 Ubicación, banco de agregados San Blas	90
Figura 3.4 Banco de agregado pétreo.....	91
Figura 3.5 Ubicación, banco de agregados La Choza	91
Figura 3.6 Separador mecánico.....	92
Figura 3.7 Juego de tamices	92
Figura 3.8 Curva granulométrica Tolomosa.....	93
Figura 3.9 Curva granulométrica San Blas	94
Figura 3.10 Curva granulométrica La Choza	95
Figura 3.11 Ensayo de peso unitario compactado.....	96
Figura 3.12 Ensayo de peso unitario suelto	98
Figura 3.13 Secado de la grava	99

Figura 3.14	Equipo para peso específico grava	99
Figura 3.15	Juego de tamices	101
Figura 3.16	Curva granulométrica del agregado fino	102
Figura 3.17	Curva granulométrica del agregado fino	103
Figura 3.18	Curva granulométrica del agregado fino	104
Figura 3.19	Peso unitario de la arena compactada	104
Figura 3.20	Ensayo de peso unitario suelto	106
Figura 3.21	Matraz graduado para peso específico aparente de la arena	107
Figura 3.22	Matraz graduado para peso específico aparente de la arena	107
Figura 3.23	Elaboración de probetas cilíndricas	116
Figura 3.24	Probetas cilíndricas terminadas	117
Figura 3.25	Ensayo de asentamiento a las mezclas realizadas	119
Figura 3.26	Ensayo de resistencia a compresión	120
Figura 3.27	Hormigoneras listas para empezar el mezclado	122
Figura 3.28	Vaciado de las vigas y curado	124
Figura 3.29	Equipo utilizado	125
Figura 3.30	Prensa hidráulica	125
Figura 3.31	Rotura de las vigas	126
Figura 3.32	Vigas después del ensayo de atracción	126
Figura 3.33	Diagramas de barras de los valores de resistencia a tracción de vigas obtenidos TOL-SBL-CHZ	127
Figura 3.34	Diagramas de barras de los valores de resistencia a tracción de vigas obtenidos TOL-SBL-CHZ	129
Figura 3.35	Diagramas de barras de los valores de resistencia a tracción de vigas obtenidos TOL-SBL-CHZ.	130
Figura 3.36	Diagramas de barras de los valores de resistencia a tracción de vigas obtenidos TOL-SBL-CHZ.	131
Figura 3.37	Diagramas de barras de los valores de resistencia a tracción de vigas obtenidos TOL-SBL-CHZ	133
Figura 3.38	Comparación de resistencias a tracción de vigas a los 28 días	134

Figura 3.39 Dimensiones de los moldes y restricciones geométricas	136
Figura 3.40 Moldes para la realización del ensayo	137
Figura 3.41 Aplicación de aceite sobre el molde antes del vaciado del concreto	137
Figura 3.42 Aparatos para generar condiciones medioambientales	138
Figura 3.43 Caja de ventilador para mantener las condiciones ambientales (Sin escala).....	139
Figura 3.44 Cámara ambiental (control de temperatura y humedad) utilizada para el ensayo	140
Figura 3.45 Fuente para determinar la tasa de evaporación.....	141
Figura 3.46 Higrómetro que registra la humedad y la temperatura ambiente.....	142
Figura 3.47 Anemómetro que registra la velocidad del viento y la temperatura del ambiente	142
Figura 3.48 Aplicación de aceite sobre el molde antes del vaciado del concreto	142
Figura 3.49 Molde lleno y superficie del hormigón enrasada.....	143
Figura 3.50 Enrasado de la superficie del hormigón con llana metálica	143
Figura 3.51 Paneles de hormigón en la cámara ambientada	144
Figura 3.52 Monitoreo de las condiciones ambientales del panel de ensayo según ASTM C1579, usando higrómetro y anemómetro	144
Figura 3.53 Paneles de hormigón con las fuentes de monitoreo.....	145
Figura 3.54 Manera de cuantificar las fisuras	146
Figura 3.55 Variación del ancho de fisura por intervalos de 10 mm en paneles con y sin fibra de vidrio AR.	147
Figura 3.56 Variación del ancho de fisura por intervalos de 10 mm en paneles con y sin fibra de vidrio AR.	148
Figura 3.57 Variación del ancho de fisura por intervalos de 10 mm en paneles con y sin fibra de vidrio AR	149
Figura 3.58 Variación del ancho de fisura por intervalos de 10 mm en paneles con y sin fibra de vidrio AR	149
Figura 3.59 Variación del ancho de fisura por intervalos de 10 mm en paneles con y sin fibra de vidrio AR.	150

Figura 3.60 Variación del ancho de fisura por intervalos de 10 mm en paneles con y sin fibra de vidrio AR	151
Figura 3.61 Variación del ancho de fisura por intervalos de 10 mm en paneles con y sin fibra de vidrio AR	151
Figura 3.62 Variación del ancho de fisura por intervalos de 10 mm en paneles con y sin fibra de vidrio AR	152
Figura 3.63 Variación del ancho de fisura por intervalos de 10 mm en paneles con y sin fibra de vidrio AR	153
Figura 3.64 Variación del ancho de fisura por intervalos de 10 mm en paneles con y sin fibra de vidrio AR	153
Figura 3.65 Variación del ancho de fisura por intervalos de 10 mm en paneles con y sin fibra de vidrio AR	154
Figura 3.66 Variación del ancho de fisura por intervalos de 10 mm en paneles con y sin fibra de vidrio AR	155
Figura 3.67 Variación del ancho de fisura por intervalos de 10 mm en paneles con y sin fibra de vidrio AR	156
Figura 3.68 Variación del ancho de fisura por intervalos de 10 mm en paneles con y sin fibra de vidrio AR	157
Figura 3.69 Variación del ancho de fisura por intervalos de 10 mm en paneles con y sin fibra de vidrio AR	158
Tabla 3.64 Estándares de control del hormigón para $f'c \leq (350 \text{ kg/cm}^2)$	159
Figura 3.70 Distribución t de Student	160
Figura 3.71 Análisis estadístico resistencia a Compresión a los 28 días H°-CV - Tolomosa	161
Figura 3.72 Análisis estadístico resistencia a Compresión a los 28 días H°-CV - San Blas.....	162
Figura 3.73 Análisis estadístico resistencia a Compresión a los 28 días H°-CV - La Choza	163
Figura 3.74 Análisis estadístico resistencia a tracción a los 28 días con 0.00 de Fibra de Vidrio AR - Tolomosa	164

Figura 3.75	Análisis estadístico resistencia a tracción a los 28 días con 0.00 de Fibra de Vidrio AR - San Blas.....	165
Figura 3.76	Análisis estadístico resistencia a tracción a los 28 días con 0.00 de Fibra de Vidrio AR - La Choza	166
Figura 3.77	Análisis estadístico resistencia a tracción a los 28 días con 0.40 de Fibra de Vidrio AR - Tolomosa	167
Figura 3.78	Análisis estadístico resistencia a tracción a los 28 días con 0.40 de Fibra de Vidrio AR - San Blas.....	168
Figura 3.79	Análisis estadístico resistencia a tracción a los 28 días con 0.40 de Fibra de Vidrio AR - La Choza	169
Figura 3.80	Análisis estadístico resistencia a tracción a los 28 días con 0.70 de Fibra de Vidrio AR - Tolomosa	170
Figura 3.81	Análisis estadístico resistencia a tracción a los 28 días con 0.70 de Fibra de Vidrio AR - San Blas.....	171
Figura 3.82	Análisis estadístico resistencia a tracción a los 28 días con 0.70 de Fibra de Vidrio AR - La Choza	172
Figura 3.83	Análisis estadístico resistencia a tracción a los 28 días con 1.00 de Fibra de Vidrio AR - Tolomosa	173
Figura 3.84	Análisis estadístico resistencia a tracción a los 28 días con 1.00 de Fibra de Vidrio AR - San Blas.....	174
Figura 3.85	Análisis estadístico resistencia a tracción a los 28 días con 1.00 de Fibra de Vidrio AR - La Choza	175
Figura 3.86	Análisis estadístico resistencia a tracción a los 28 días con 1.30 de Fibra de Vidrio AR - Tolomosa	176
Figura 3.87	Análisis estadístico resistencia a tracción a los 28 días con 1.30 de Fibra de Vidrio AR - San Blas.....	177
Figura 3.88	Análisis estadístico resistencia a tracción a los 28 días con 1.30 de Fibra de Vidrio AR - La Choza	178
Figura 3.89	Comparación de costos.....	179
Figura 4. 1	Comparación de resistencias a Compresión de vigas a los 28 días.	181

Figura 4. 2 Comparación de resistencias a tracción de vigas a los 28 días.	183
Figura 4. 3 Comparación de anchos de fisuras.	185
Figura 4. 4 Efecto de la fibra de vidrio AR en la fisuración de hormigón con diferentes agregados	186