

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Motivación	1
1.2	Objetivos	1
1.3	Metodología	2
1.4	Alcances por Capítulo.....	2
2	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS	4
2.1	Introducción	4
2.2	Materiales Constituyentes del HRF	4
2.2.1	Matriz de Hormigón.....	4
2.2.2	Fibras	5
2.3	Propiedades Mecánicas Típicas del HRF	8
2.3.1	Resistencia a la Tracción Directa	8
2.3.2	Resistencia a la Tracción Indirecta mediante ensayo de hendimiento.	9
2.3.3	Resistencia a la Tracción Indirecta mediante ensayo de doble hendimiento.	10
2.3.4	Ensayo de Tracción por Flexión.	10
2.3.5	Absorción de Energía	12
2.4	Aplicaciones del HRF	13
2.4.1	Shotcrete	13
2.4.2	Pavimentos.	13
2.4.3	Prefabricados.....	14
2.4.4	Elementos Estructurales.....	14
3	CAPACIDAD MECÁNICA EN VIGAS DE HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS.....	15
3.1	Introducción	15
3.2	Ensayo de Flexión realizado por Londhe en 2010 ^[17]	15
3.2.1	Programa Experimental.....	15
3.2.2	Propiedades Mecánicas.....	15
3.2.3	Resultados y Discusión del Ensayo	16
3.2.4	Comentarios y Conclusiones del Ensayo	16
3.3	Estudios de Rosenbuch y Teutsch (Rilem) del año 2003 ^[20]	17
3.3.1	Resultados y Discusión del Ensayo	17
3.3.2	Comentarios y Conclusiones del Ensayo	18

3.3	Ensayo de Vecchio [18].....	19
3.3.1	Programa Experimental.....	19
3.3.2	Comentarios y Conclusiones del Ensayo.	21
4	CAPACIDAD AL CORTE EN MUROS DE HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS	23
4.1	Introducción	23
4.2	Ensayo de Muros de Hormigón Reforzado con Fibras de Carrillo y Alcocer (2011) [23]	23
4.2.1	Descripción del Estudio	23
4.2.2	Propiedades Mecánicas de los Materiales	25
4.2.3	Configuración e Instrumentación del Ensayo	26
4.2.4	Resultados y Discusión del Ensayo	28
5	CRITERIOS DE DISEÑO PARA ELEMENTOS DE HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS	32
5.1	Introducción	32
5.2	Diseño a Flexión	32
5.2.1	Recomendaciones Rilem [13].....	32
5.2.2	Recomendaciones ACI	36
5.3	Diseño al Corte	38
5.3.1	Recomendación de Diseño Rilem (2003) [13].....	38
5.3.2	Recomendación del <i>fib</i> 2010 [27]	40
5.3.3	Recomendaciones ACI [8].....	43
5.3.4	Comparación de las ecuaciones con ensayos experimentales.....	46
5.4	Cuantía Mínima de Fibras.	48
5.4.1	Criterio ACI.....	49
5.4.2	Criterio fib Model Code 2010	49
5.4.3	Certificación CE.....	52
5.4.4	Relación entre resistencia residual característica y media.....	52
6	CRITERIOS DE DISEÑO SÍSMICO PARA MUROS DE HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS	54
6.1	Introducción	54
6.2	Ensayo de muros de hormigón armado convencional (Carrillo y Alcocer 2010) [40].	54
6.2.1	Descripción del Estudio	54
6.2.2	Resultados y Discusión del Ensayo	57
6.3	Ensayo de Muros de Albañilería Estructural construidos con bloques de hormigón y cuantía reducida de refuerzos (Astroza, Sierra y Ogaz 2005) [43]	59
6.3.1	Descripción del Estudio	59
6.3.2	Resultados y Discusión del Ensayo	61
6.3.3	Comentarios y Conclusiones del Ensayo	64

6.4	Comparación del comportamiento del HRF con Hormigón armado convencional y albañilería.	64
7	PROPUESTA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN PARA EL REEMPLAZO DE BARRAS Y MALLAS POR FIBRAS	72
7.1	Introducción	72
7.2	Determinación de la cuantía mínima de fibras.	72
7.3	Resistencia al corte.....	76
7.4	Resistencia a Flexión	77
7.5	Métodos Constructivos: Continuidad en Elementos	77
8	APLICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO	79
8.1	Introducción	79
8.2	Descripción del Proyecto.....	79
	8.2.1 Bases del Diseño	80
8.3	Resultados del Análisis	83
8.4	Resultados diseño tradicional	84
	8.4.1 Muro del Eje E de primer y segundo piso.	84
	8.4.2 Losas	86
8.5	Diseño con fibras.....	88
	8.5.1 Muro con fibras del primer y segundo piso en el eje E.	88
	8.5.2 Diseño de Losa con Fibras.....	91
9	COMPARACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA	95
9.1	Introducción	95
9.2	Análisis cualitativo de las diferencias técnicas.....	95
	9.2.1 Comportamiento y Patrones de Fisuración	95
	9.2.2 Constructabilidad: Juntas de Hormigonado y Continuidad	96
9.3	Costo de Materiales	97
10	COMENTARIOS Y CONCLUSIONES	100
	BIBLIOGRAFÍA.....	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Efecto del tamaño máximo del árido en la distribución de fibras (Hannant, 1978) [2].	4
Figura 2-2: Fibras de Acero (ACI 544 1R-96) [6].	5
Figura 2-3: Fibra Dramix 3D.	6
Figura 2-4: Fibras de Vidrio.	7
Figura 2-5: Fibra Sintética.	8
Figura 2-6: Fibra Natural.	8
Figura 2-7: Curva Tensión – Deformación en morteros a tracción directa (1,73 % de fibras en volumen) [9].	9
Figura 2-8: Ensayo cilíndrico ASTM C 496 [10].	9
Figura 2-9: Ensayo de doble punzonamiento [11].	10
Figura 2-10: Esquema del ensayo, actual norma europea EN14651 [14].	11
Figura 2-11: Curva carga – apertura de fisura en HRF [14].	11
Figura 2-12: Configuración ensayo ASTM C1018 [15].	12
Figura 2-13: Características más importantes en la curva carga – deflexión, ASTM C1018 [15].	12
Figura 2-14: Condominio Jardines del Sol, Reñaca, [16].	14
Figura 3-1: Esquema Ensayo realizado por Londhe en 2010 [17].	15
Figura 3-2: Panel de Corte [18].	20
Figura 3-3: Modo de falla de los dos paneles de HRFA [18].	21
Figura 4-1: Esquema de Muros Ensayados [23].	24
Figura 4-2: Esquema de Armadura de todos los muros [23].	25
Figura 4-3: Esquema Ensayo [23].	27
Figura 4-4: Patrón de fisuración en muros con fibras 1F en el corte máximo [23]. Cuantía de fibras: 45, 60 y 75 kg/m ³ respectivamente.	28
Figura 4-5: Patrón de fisuración en muros con fibras 2F en el corte máximo [23]. Cuantía de fibras: 45, 60 y 75 kg/m ³ respectivamente.	28
Figura 4-6: Falla de los muros tipo 2F (d), (e) y (f) [23].	29
Figura 4-7: Curva de Histéresis en muros MC1F75, MC2F75, MC1F100 y MC2F100 [23].	30
Figura 4-8: Curva de Histéresis en muros MC1F125 y MC2F125 [23].	30
Figura 5-1: Diagrama Tensión-Deformación de Rilem [13].	32
Figura 5-2: Distribución de Esfuerzos y Deformaciones en una sección rectangular [13].	33
Figura 5-3: Estado de Tensiones a una apertura de fisura de 0,5 mm [13].	34

Figura 5-4: Estado de Tensiones a una apertura de 3,5 mm [13].	35
Figura 5-5: Distribución asumida - Representación simplificada - Diagrama de Deformación [6].	37
Figura 5-6: Ley constitutiva lineal post – Fisuración [27].	41
Figura 5-7: Material con y sin endurecimiento post – fisuración. (a): Material con endurecimiento post fisuración. (b): Material sin endurecimiento post – fisuración.	42
Figura 5-8: Comparación Fib vs Rilem [33].	47
Figura 5-9: Comparación de ecuación de Sharma con datos experimentales [30].	48
Figura 5-10: Comparación de ecuación de Kwak, Eberhard, Woo-Suk Kim y Jubum Kim con datos experimentales [29].	48
Figura 5-11: Curva Tensión – Apertura de Fisura [27].	50
Figura 6-1: Geometría de los muros [40].	55
Figura 6-2: Muro con malla de alambre soldado (a) [40]. Muro con barras corrugadas (b) [40].	56
Figura 6-3: Curva en ensayo de carga lateral cíclica de Muros Cuadrados con Barras Corrugadas [40].	57
Figura 6-4: Curva en ensayo de carga lateral cíclica de muros cuadrados con mallas de alambre electro soldado [40].	58
Figura 6-5: Curva ensayo dinámico de muro reforzado con barras corrugadas [40].	58
Figura 6-6: Curva ensayo dinámico de muro reforzado con mallas [40].	59
Figura 6-7: Armadura en muro de albañilería confinada [43].	60
Figura 6-8: Armadura en muro de albañilería armada [43].	60
Figura 6-9: Curva Carga Horizontal – Deformación lateral (Albañilería confinado) [43].	62
Figura 6-10: Curva Carga Horizontal – Deformación lateral (Albañilería armado) [43].	62
Figura 6-11: Estado de Daño de albañilería confinada, Muro 1 [43].	64
Figura 6-12: Muro de hormigón armado convencional - Reforzado con barras corrugadas [40].	65
Figura 6-13: Curva Corte – Distorsión del hormigón armado convencional [40].	66
Figura 6-14: Muro de hormigón reforzado con fibras Dramix RC 65-35 [23].	66
Figura 6-15: Curva Corte – Distorsión del hormigón reforzado con fibras [23].	67
Figura 6-16: Muro de Albañilería Armada – Dos escalerillas [43].	68
Figura 6-17: Curva carga lateral – Deformación lateral de albañilería armada [43].	68
Figura 7-1: Curva Ensayo EN 14651 [14] para HRF con fibras de polipropileno.	73
Figura 7-2: Curvas del Ensayo EN 14651 [14] para HRF con fibras de vidrio.	74
Figura 7-3: Curva del Ensayo EN 14651 [14] para HRF con fibras de acero.	76
Figura 8-1: Vista Frontal Vivienda.	79
Figura 8-2: Esquema Muro.	84
Figura 8-3: Distribución de Esfuerzos en el muro fuera del plano.	85

Figura 8-4: Diseño Tradicional muro genérico.	86
Figura 8-5: Momentos negativos primer piso.	86
Figura 8-6: Momentos positivos primer piso.	87
Figura 8-7: Armadura negativa, Segundo piso.	88
Figura 8-8: Distribución de Esfuerzos en el muro fuera del plano.	89
Figura 8-9: Muro eje E con fibras.	91
Figura 8-10: Armadura Momento Positivo en x y en y.	92
Figura 8-11: Armadura Negativa momento en Y.	93
Figura 8-12: Armadura Negativa en X.	94
Figura 9-1: Fisuración en Muros con fibras Dramix RC 80-60 [23].	95
Figura 9-2: Modo de Falla en muros de HRF [23].	96
Figura 9-3: Barras en unión muro-fundación.	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Propiedades fibras de acero utilizadas en ensayo [17].	16
Tabla 3-2: Resultados Serie I [17].	16
Tabla 3-3: Resultados ensayo UBS [20].	18
Tabla 3-4: Resultados Ensayo KUL [20].	18
Tabla 3-5: Fibras usadas en el ensayo [18].	19
Tabla 3-6: Paneles Ensayados [18].	20
Tabla 4-1: Dosificación en Muros [23].	24
Tabla 4-2: Propiedades medias del SFRC [23] (compresión, tracción por hendimiento y flexión según ASTM C1609 [25]).	26
Tabla 4-3: PGA de los diferentes eventos [23].	27
Tabla 6-1: Niveles de Desempeño [40].	57
Tabla 6-2: Resistencias y Propiedades muros [43].	61
Tabla 6-3: Carga lateral alcanzada por muros [43].	63
Tabla 6-4: Niveles de distorsión angular y ancho fisuras [43].	63
Tabla 6-5: Registros utilizados en ensayo dinámico [40].	65
Tabla 6-6: Resistencia al corte - drift lateral de todos los muros estudiados.	69
Tabla 6-7: Factor R.	71
Tabla 7-1: Resultados Ensayo EN 14651 [14] para HRF con fibras de polipropileno.	73
Tabla 7-2: Resultados Ensayo EN 14651 [14] para HRF con fibras de vidrio.	74
Tabla 7-3: Resultados Ensayo EN 14651 [14] para HRF con fibras de acero.	75
Tabla 8-1: Parámetros del tipo de suelo considerado.	80
Tabla 8-2: Pesos Sísmicos.	83
Tabla 8-3: Períodos y factores de masa participantes.	83
Tabla 8-4: Coeficientes sísmicos.	83
Tabla 8-5: Fuerzas Sísmicas.	83
Tabla 8-6: Malla Central ACMA tipo C221.	84
Tabla 8-7: Largos armadura negativa.	88
Tabla 8-8: Diseño Losa con Fibras	94
Tabla 9-1: Costo de Materiales y Mano de Obra.	98

Tabla 9-2: Costo de Venta Vivienda considerando el estudio de evaluación de costos de viviendas de Carrillo [48].....	99
Tabla 10-1: Cuantía mínima de fibras.	101
Tabla 10-2: Costo Total de las diferentes soluciones.....	101