

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS VARILLAS  
DE FIBRA DE VIDRIO Y ACERO AL ESFUERZO A  
FLEXIÓN DE VIGAS DE CONCRETO SIMPLEMENTE  
APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL  
TRAMO, LIMA 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Wilson Martin Barnuevo Miranda

**Asesor:**

MBA. Ing. José Luis Neyra Torres

<https://orcid.org/0000-0002-6470-2998>

Lima - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Edmundo Vereau Miranda</b>	<b>10557797</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Ruben Kevin Manturano Chipana</b>	<b>46905022</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Neicer Campos Vásquez</b>	<b>42584435</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### Document Information

Analyzed document	UPN_CIVIL_2022_T_WILSON BARNUEVO_VF.pdf (D158380986)
Submitted	2/10/2023 10:36:00 PM
Submitted by	JOSE LUIS NEYRA TORRES
Submitter email	jose.neyra@upn.edu.pe
Similarity	5%
Analysis address	jose.neyra.delnor@analysis.arkund.com

### Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>UNC_2021_Tesis_VICTOR DIAZ TAFUR 71883529 V1.docx</b> Document UNC_2021_Tesis_VICTOR DIAZ TAFUR 71883529 V1.docx (D119662500)		1
<b>SA</b>	<b>1A_VILA_CARBAJAL_EUCLIDES_GLICERIO_TITULO_2019.docx</b> Document 1A_VILA_CARBAJAL_EUCLIDES_GLICERIO_TITULO_2019.docx (D52473970)		29
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.redalyc.org/pdf/1939/193955164003.pdf">https://www.redalyc.org/pdf/1939/193955164003.pdf</a> Fetched: 2/10/2023 10:37:00 PM		24
<b>SA</b>	<b>Tesis - Yugar Pedro.pdf</b> Document Tesis - Yugar Pedro.pdf (D156329270)		2
<b>W</b>	URL: <a href="https://hdl.handle.net/20.500.12692/59706">https://hdl.handle.net/20.500.12692/59706</a> Fetched: 2/10/2023 10:37:00 PM		4
<b>W</b>	URL: <a href="https://hdl.handle.net/20.500.12692/59381">https://hdl.handle.net/20.500.12692/59381</a> Fetched: 2/10/2023 10:37:00 PM		4
<b>SA</b>	<b>Lascano_Nicolas_FINAL.doc</b> Document Lascano_Nicolas_FINAL.doc (D96706133)		6
<b>SA</b>	<b>cañote_piero_FINAL.docx.doc</b> Document cañote_piero_FINAL.docx.doc (D26852045)		1
<b>SA</b>	<b>Avance tesis Baldeon.pdf</b> Document Avance tesis Baldeon.pdf (D38497768)		1
<b>SA</b>	<b>Diseno a Flexion Grupo 1.docx</b> Document Diseno a Flexion Grupo 1.docx (D11918511)		1
<b>SA</b>	<b>UCE-FING-CIC-PUEBLA SEBASTIAN-VIÑAMAGUA CARLOS.pdf</b> Document UCE-FING-CIC-PUEBLA SEBASTIAN-VIÑAMAGUA CARLOS.pdf (D146363072)		5
<b>SA</b>	<b>CAPITULO 1 Y 2 3 tesis (1).docx</b> Document CAPITULO 1 Y 2 3 tesis (1).docx (D95746074)		1

<https://secure.ouriginal.com/view/151212113-695896-636166#/>

1/77

## **DEDICATORIA**

A mi Madre, al ser que tanto admiro y quiero

## **AGRADECIMIENTO**

A mi Madre, que gracias a sus enseñanzas hizo de mí un hombre de bien

A mi asesor, por compartir sus conocimientos y experiencias profesionales

A la Universidad Privada del Norte por darme la oportunidad de realizarme como  
profesional.

**TABLA DE CONTENIDO**

JURADO CALIFICADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	10
RESUMEN	18
ABSTRACT	19
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	20
1.1. Realidad Problemática	20
1.2. Formulación del Problema	119
1.2.1 Problemas Específicos	119
1.3. Objetivos	119
1.3.1. Objetivo General	119
1.3.2. Objetivos Específicos	119
1.4. Hipótesis General	120
1.4.1 Hipótesis Específicas	120
1.5. Justificación	120
1.6. Operacionalización de las variables	121
1.7. Matriz de consistencia	124

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	127
2.1. Tipo de Investigación	127
2.2. Materiales, Instrumentos y Métodos	128
2.3. Población y Muestra	129
2.4. Características de las vigas de concreto	130
2.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección y Análisis de Datos	134
2.6. Validez y Confiabilidad de los Instrumentos de Medición	135
2.7. Procedimiento	135
CAPÍTULO III: RESULTADOS	157
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	196
REFERENCIAS	202
ANEXOS	205

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Tipo de Fibra de Vidrio y sus Principales Propiedades.....	35
Tabla 2 Tipo de Fibra de Vidrio y sus Principales Propiedades.....	36
Tabla 3 Coeficientes de Dilatación Térmica Típicas de Barras de Refuerzo .....	39
Tabla 4 Valores de Resistencia a Tracción Usuales de los PRFV.....	41
Tabla 5 Tensión de las Barras de GFRP.....	41
Tabla 6 Características Paramétricas de las Barras GFRP(en mm) .....	42
Tabla 7 Principales Propiedades Mecánicas de las Barras GFRP/ Hengshui Jiubo Composites .....	44
Tabla 8 Características de los Aceros de 40,60 y 75 .....	50
Tabla 9 Varillas Corrugadas y sus Características .....	51
Tabla 10 Peso (Kg/m) Según Diámetro.....	51
Tabla 11 Diámetros del Pin para la Prueba de Maleabilidad del Acero.....	54
Tabla 12 Principales Características de las Barras GFRP y Barras de Acero .....	64
Tabla 13 Valores del Factor de Reducción Ambiental Propuestos por el ACI- 440.1R,2015 .....	69
Tabla 14 Alturas Mínimas Recomendadas para Vigas y Losas .....	86
Tabla 15 Recubrimientos Mínimos Recomendados.....	91
Tabla 16 Peraltes o Espesores mínimos de Vigas no Prees forzadas o Losas Reforzadas en una Dirección a Menos que se Calculen las Deflexiones.....	116
Tabla 17 Operacionalización de la Variable Dependiente .....	122
Tabla 18 Operacionalización de la Variable Independiente.....	123
Tabla 19 Problema General, Objetivo General e Hipótesis General.....	124
Tabla 20 Problemas Específicos, Objetivos Específicos e Hipótesis Especificas.....	125
Tabla 21 Metodología.....	126

Tabla 22 Características y Cantidad de Vigas Ensayadas .....	130
Tabla 23 Resumen de Resultados de laboratorio Características de Materiales .....	157
Tabla 24 Resumen Componentes para Mezcla de Concreto .....	157
Tabla 25 Resumen Diseño de Mezcla $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> .Según ACI 211.1 .....	158
Tabla 26 Resumen de Resistencia a Compresion de Probetas Cilindricas Edad 7 dias ....	158
Tabla 27 Resumen de Resistencia a Compresión de Probetas Cilíndricas Edad 28días ..	158
Tabla 28 Nomenclatura de Identificación de Vigas .....	159
Tabla 29 Datos de Cargas Máximas, Momentos Nominales y Deflexiones Inmediatas de Vigas.....	160
Tabla 30 Momento Nominal vs Deflexión Refuerzo con Varillas Acero $\phi 3/8"$ , Edad 7 Días .....	171
Tabla 31 Momento Nominal vs Deflexión Refuerzo Varillas de PRFV $\phi 10$ mm, Edad 7Días .....	172
Tabla 32 Momento Nominal vs Deflexión Refuerzo de Acero $\phi 12$ mm, Edad 7Días .....	177
Tabla 33 Momento Nominal vs Deflexión Refuerzo de PRFV $\phi 12$ mm, Edad 7Días.....	178
Tabla 34 Momento Nominal vs Deflexión Refuerzo de Acero $\phi 3/8"$ , Edad 28 Días .....	184
Tabla 35 Momento Nominal vs Deflexión Refuerzo de PRFV $\phi 10$ mm, Edad 28 Días...	185
Tabla 36 Momento Nominal vs Deflexión Refuerzo de Acero $\phi 12$ mm, Edad 28 Días ...	190
Tabla 37 Momento Nominal vs Deflexión Refuerzo de PRFV $\phi 12$ mm, Edad 28 Días...	191

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Corrosión en las Estructuras .....	21
Figura 2 Corrosión en las Estructuras .....	22
Figura 3 Ejemplos de Barras de Refuerzo del FRP .....	28
Figura 4 Configuración del FRP.....	33
Figura 5 Proceso de Pultrusión.....	37
Figura 6 Relación Esfuerzo-Deformación de la varilla GFRP y Acero .....	40
Figura 7 Patrones Superficiales de las Varillas de FRP .....	46
Figura 8 Aplicaciones del PRFV en Construcciones .....	47
Figura 9 Aplicaciones del PRFV en Construcciones .....	48
Figura 10 Aplicaciones del PRFV en Construcciones .....	48
Figura 11 Aplicaciones del PRFV en Construcciones .....	49
Figura 12 Curva Esfuerzo- Deformación y Módulo de Elasticidad del Acero .....	52
Figura 13 Componentes del concreto .....	56
Figura 14 Comportamiento de una Viga (Flexión) .....	61
Figura 15 Grafica de una Viga Sometida a Flexión Pura.....	62
Figura 16 Fisuraciones en Vigas de Concreto.....	66
Figura 17 Refuerzo para fisuras por Flexión.....	67
Figura 18 Refuerzo para fisuras por cortante .....	67
Figura 19 Deformación, esfuerzos y fuerzas internas de secciones GFRP. ....	71
Figura 20 Leyes Tensión - Deformación de las Barras de PRF a Tracción y Compresión	72
Figura 21 Gráfica del Coeficiente Reductor de la Capacidad Nominal para los PRF .....	73
Figura 22 Longitud para Gancho de Estribo GFRP .....	97
Figura 23 Sección Rectangular a Flexión.....	98
Figura 24 Diagrama de Fuerza Cortante y Espaciamiento de Estribos .....	109

Figura 25	Requerimientos de Estribos en Vigas .....	110
Figura 26	Ganchos sísmicos en estribos y grapas suplementarias .....	111
Figura 27	Sección Fisurada de un Elemento Rectangular Simplemente Armada.....	114
Figura 28	Vigas de Concreto Reforzadas con Varillas de Acero Positivo de $\varnothing 3/8"$ y $\varnothing 12\text{mm}$ .....	132
Figura 29	Viga reforzada con Varillas de Acero.....	132
Figura 30	Vigas de Concreto Reforzado con Varillas de Fibra de Vidrio Positivo de $\varnothing 10\text{mm}$ y $\varnothing 12\text{mm}$ .....	133
Figura 31	Viga Reforzada con Varilla de Fibra de Vidrio .....	133
Figura 32	Flujograma de procedimientos.....	135
Figura 33	Reducción de Muestras de Agregados .....	136
Figura 34	Análisis Granulométrico Agregado Fino .....	137
Figura 35	Análisis Granulométrico Agregado Grueso .....	137
Figura 36	Contenido de Humedad Agregado Fino.....	138
Figura 37	Contenido de Humedad Agregado Grueso .....	138
Figura 38	Peso Unitario Suelto y Compactado Agregado Fino .....	139
Figura 39	Peso unitario Suelto y Compactado Agregado Grueso.....	139
Figura 40	Peso Específico y Absorción de Agregado Fino.....	140
Figura 41	Gravedad Especifica y Absorción de Agregado Grueso.....	140
Figura 42	Cemento Portland Tipo I.....	141
Figura 43	Varillas de Fibra de Vidrio.....	142
Figura 44	Varillas de Acero .....	142
Figura 45	Revenimiento del Concreto.....	143
Figura 46	Medición de Temperatura del Concreto Fresco .....	144
Figura 47	Moldes o Encofrado para Vigas.....	145

Figura 48 Armado de Viga con Refuerzo de Acero .....	146
Figura 49 Armado de Viga con Refuerzo de Fibra de Vidrio .....	146
Figura 50 Vista Refuerzo longitudinal de Acero y Fibra de Vidrio .....	147
Figura 51 Vista Refuerzo Transversal de Acero y Fibra de Vidrio.....	147
Figura 52 Instalación de Refuerzo de Acero con Separador de Concreto.....	148
Figura 53 Instalación de Refuerzo de Fibra de Vidrio con Separador de Concreto .....	148
Figura 54 Llenado de Vigas de Concreto .....	149
Figura 55 Enrase de Vigas de Concreto .....	149
Figura 56 Vigas de Concreto .....	150
Figura 57 Ensayo Resistencia a la Compresión Edad 7 días .....	151
Figura 58 Ensayo Resistencia a la Compresión Edad 28 Días .....	151
Figura 59 Unidad de Lectura Digital Marca ADR Touch .....	152
Figura 60 Comparador de Caratula Analógico Marca INSIZE.....	153
Figura 61 Marco de Carga 60t con gato hidráulico de 20t .....	153
Figura 62 Posición de Viga en Marco de Carga.....	154
Figura 63 Vista de Viga de Concreto Ensayada.....	155
Figura 64 Vista de Viga con Fisuras y Grietas.....	155
Figura 65 Promedio Carga Máxima y Comparación Acero $\phi 3/8"$ vs PRFV $\phi 10$ mm, Edad 7 Días.....	161
Figura 66 Promedio Carga Máxima y Comparación Acero $\phi 12$ mm vs PRFV $\phi 12$ mm, Edad 7 Días.....	161
Figura 67 Promedio Momento Nominal y Comparación Acero $\phi 3/8"$ vs PRFV $\phi 10$ mm, Edad 7 Días.....	162
Figura 68 Promedio Momento Nominal y Comparación Acero $\phi 12$ mm vs PRFV $\phi 12$ mm, Edad 7 Días.....	162

Figura 69 Deflexión Inmediata y Comparación Acero $\phi 3/8''$ vs PRFV $\phi 10\text{mm}$ , Edad 7 Días .....	163
Figura 70 Deflexión Inmediata y Comparación Acero $\phi 12\text{mm}$ vs PRFV $\phi 12\text{mm}$ , Edad 7 Días.....	163
Figura 71 Promedio Carga Máxima y Comparación Acero $\phi 3/8''$ vs PRFV $\phi 10\text{mm}$ , Edad 28 Días.....	166
Figura 72 Promedio Carga Máxima y Comparación Acero $\phi 12\text{mm}$ vs PRFV $\phi 12\text{mm}$ , Edad 28 Días.....	166
Figura 73 Promedio Momento Nominal y Comparación Acero $\phi 3/8''$ vs PRFV $\phi 10\text{mm}$ , Edad 28 Días.....	167
Figura 74 Promedio Momento Nominal y Comparación Acero $\phi 12\text{mm}$ vs PRFV $\phi 12\text{mm}$ , Edad 28Días.....	167
Figura 75 Deflexión Inmediata y Comparación Acero $\phi 3/8''$ vs PRFV $\phi 10\text{mm}$ , Edad 28 Días.....	168
Figura 76 Deflexión Inmediata y Comparación Acero $\phi 12\text{mm}$ vs PRFV $\phi 12\text{mm}$ , Edad 28 Días.....	168
Figura 77 Momento Nominal vs. Deflexión Inmediata de Acero $\phi 3/8''$ y PRFV $\phi 10\text{mm}$ , Edad 7 días .....	173
Figura 78 Patrón de Fisuras de V-1, Refuerzo de Acero $\phi 3/8''$ , Edad 7 Días .....	174
Figura 79 Patrón de Fisuras de V-2, Refuerzo de Acero $\phi 3/8''$ , Edad 7 Días .....	174
Figura 80 Patrón de Fisuras de V-3, Refuerzo de Acero $\phi 3/8''$ , Edad 7 Días .....	174
Figura 81 Patrón Típico de Fisuras con Refuerzo de Acero $\phi 3/8''$ , Edad 7 Días .....	175
Figura 82 Patrón de Fisuras de VF-1, Refuerzo de PRFV $\phi 10\text{mm}$ , Edad 7 Días.....	175
Figura 83 Patrón de Fisuras de VF-2, Refuerzo de PRFV $\phi 10\text{mm}$ , Edad 7 Días .....	175
Figura 84 Patrón de Fisuras de VF-3, Refuerzo de PRFV $\phi 10\text{mm}$ , Edad 7 Días.....	176
Figura 85 Patrón Típico de Fisuras y Grietas con Refuerzo de PRFV $\phi 10\text{mm}$ , Edad 7 Días .....	176

Figura 86 Momentos Nominal vs. Deflexión Inmediata, Acero $\phi 12\text{mm}$ y PRFV $\phi 12\text{mm}$ , Edad 7 Días.....	179
Figura 87 Patrón de Fisuras de V-4, Refuerzo de Acero $\phi 12\text{mm}$ Edad 7 Días .....	180
Figura 88 Patrón de Fisuras de V-5, Refuerzo de Acero $\phi 12\text{mm}$ Edad 7 Días .....	180
Figura 89 Patrón de Fisuras de V-6, Refuerzo de Acero $\phi 12\text{mm}$ Edad 7 Días .....	180
Figura 90 Patrón Típico de Fisuras con Refuerzo de Acero $\phi 12\text{mm}$ , Edad 7 Días.....	181
Figura 91 Patrón de Fisuras de VF-4, Refuerzo de PRFV $\phi 12\text{mm}$ , Edad 7 Días .....	181
Figura 92 Patrón de Fisuras de VF-5, Refuerzo de PRFV $\phi 12\text{mm}$ , Edad 7 Días.....	182
Figura 93 Patrón de Fisuras de VF-6, Refuerzo de PRFV $\phi 12\text{mm}$ , Edad 7 Días.....	182
Figura 94 Patrón Típico de Fisuras y Grietas con Refuerzo de PRFV $\phi 12\text{mm}$ , Edad 7 Días .....	182
Figura 95 Falla por Cortante en VF-6 con Refuerzo de PRFV $\phi 12\text{mm}$ , Edad 7 Días .....	183
Figura 96 Momento Nominal vs. Deflexión Inmediata de Acero $\phi 3/8''$ y PRFV $\phi 10\text{mm}$ , Edad 28 Días.....	186
Figura 97 Patrón de Fisuras de V-7, Refuerzo de Acero $\phi 3/8''$ , Edad 28 Días .....	187
Figura 98 Patrón de Fisuras de V-8, Refuerzo de Acero $\phi 3/8''$ , Edad 28 Días .....	187
Figura 99 Patrón de Fisuras de V-9, Refuerzo de Acero $\phi 3/8''$ , Edad 28 Días .....	187
Figura 100 Patrón Típico de Fisuras con Refuerzo de Acero $\phi 3/8''$ , Edad 28 Días.....	188
Figura 101 Patrón de Fisuras de VF-7, Refuerzo PRFV $\phi 10\text{mm}$ , Edad 28 Días .....	188
Figura 102 Patrón de Fisuras de VF-8, Refuerzo PRFV $\phi 10\text{mm}$ , Edad 28 Días .....	188
Figura 103 Patrón de Fisuras de VF-9, Refuerzo PRFV $\phi 10\text{mm}$ , Edad 28 Días .....	189
Figura 104 Patrón Típico de Fisuras y Grietas con Refuerzo de PRFV $\phi 10\text{mm}$ , Edad 28 Días.....	189
Figura 105 Momento Nominal vs. Deflexión Inmediata de Acero $12\text{mm}$ y PRFV $\phi 12\text{mm}$ , Edad 28 días .....	192
Figura 106 Patrón de Fisuras de V-10, Refuerzo de Acero $\phi 12\text{mm}$ , Edad 28 Días.....	193

Figura 107 Patrón de Fisuras de V-11, Refuerzo de Acero $\phi 12\text{mm}$ , Edad 28 Días .....	193
Figura 108 Patrón de Fisuras de V-12, Refuerzo de Acero $\phi 12\text{mm}$ , Edad 28 Días .....	193
Figura 109 Patrón Típico de Fisuras y Grietas con Refuerzo de Acero $\phi 12\text{mm}$ , Edad 28 Días .....	194
Figura 110 Patrón de Fisuras de VF-10, Refuerzo PRFV $\phi 12\text{mm}$ , Edad 28 Días .....	194
Figura 111 Patrón de Fisuras de VF-11, Refuerzo PRFV $\phi 12\text{mm}$ , Edad 28 Días .....	194
Figura 112 Patrón de Fisuras de VF-12, Refuerzo PRFV $\phi 12\text{mm}$ , Edad 28 Días .....	195
Figura 113 Patrón Típico de Fisuras y Grietas con Refuerzo PRFV $\phi 12\text{mm}$ , Edad 28 Días .....	195

**INDICE DE ANEXOS**

ANEXO N° 1	Calculo de Refuerzo de Vigas con Acero y PRFV .....	205
ANEXO N° 2	Informe Análisis Granulométrico Agregado Fino .....	215
ANEXO N° 3	Informe Análisis Granulométrico Agregado Grueso .....	216
ANEXO N° 4	Informe Contenido de Humedad Agregado Fino y Grueso .....	217
ANEXO N° 5	Informe Peso Unitario Suelto y Compactado Agregado Fino .....	218
ANEXO N° 6	Informe Peso Unitario Suelto y Compactado Agregado Grueso .....	219
ANEXO N° 7	Peso Específico y Absorción de Agregado Fino.....	220
ANEXO N° 8	Gravedad Especifica y Absorción de Agregado Grueso.....	221
ANEXO N° 9	Ficha Técnica Cemento Portland .....	222
ANEXO N° 10	Ficha Técnica acero SiderPeru.....	224
ANEXO N° 11	Diseño de Mezcla Método ACI 211.1 .....	227
ANEXO N° 12	Informe Resistencia a la Compresión de Probetas Cilíndricas .....	228
ANEXO N° 13	Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo $\phi 10\text{mm}$ , VF-1.....	229
ANEXO N° 14	Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo $\phi 10\text{mm}$ , VF-2.....	230
ANEXO N° 15	Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo $\phi 10\text{mm}$ , VF-3.....	231
ANEXO N° 16	Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo $\phi 12\text{mm}$ , VF-4.....	232
ANEXO N° 17	Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo $\phi 12\text{mm}$ , VF-5.....	233
ANEXO N° 18	Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo $\phi 12\text{mm}$ , VF-6.....	234
ANEXO N° 19	Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo $\phi 10\text{mm}$ , VF-7.....	235
ANEXO N° 20	Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo $\phi 10\text{mm}$ , VF-8.....	236
ANEXO N° 21	Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo $\phi 10\text{mm}$ , VF-9.....	237
ANEXO N° 22	Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo $\phi 12\text{mm}$ , VF-10.....	238
ANEXO N° 23	Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo $\phi 12\text{mm}$ , VF-11.....	239
ANEXO N° 24	Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo $\phi 12\text{mm}$ , VF-12.....	240

ANEXO N° 25 Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo $\phi 3/8"$ , V-1 .....	241
ANEXO N° 26 Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo $\phi 3/8"$ , V-2 .....	242
ANEXO N° 27 Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo $\phi 3/8"$ , V-3 .....	243
ANEXO N° 28 Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo $\phi 12\text{mm}$ , V-4 .....	244
ANEXO N° 29 Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo $\phi 12\text{mm}$ , V-5 .....	245
ANEXO N° 30 Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo $\phi 12\text{mm}$ , V-6 .....	246
ANEXO N° 31 Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo $\phi 3/8"$ , V-7 .....	247
ANEXO N° 32 Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo $\phi 3/8"$ , V-8 .....	248
ANEXO N° 33 Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo $\phi 3/8"$ , V-9 .....	249
ANEXO N° 34 Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo $\phi 12\text{mm}$ , V-10 .....	250
ANEXO N° 35 Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo $\phi 12\text{mm}$ , V-11 .....	251
ANEXO N° 36 Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo $\phi 12\text{mm}$ , V-12 .....	252
ANEXO N° 37 Comparador de Caratula Analógico.....	253
ANEXO N° 38 Maquina de Ensayo a Compresión.....	254
ANEXO N° 39 Sistema de Carga Multiensayo.....	255
ANEXO N° 40 Panel Fotográfico Rotura de Vigas .....	256

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general determinar el comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, esta tesis es de tipo experimental.

Se realizó ensayos a vigas de concreto con refuerzo de varillas de fibra de vidrio (PRFV) con diámetros de 10mm y 12mm, 12 unidades., así como varillas de acero de 3/8” y 12mm, 12 unidades, tres vigas por refuerzo y diámetros, a edades de 7 y 28 días, en total 24 unidades, determinándose las cargas, los momentos nominales y las deflexiones inmediatas, para luego compararlas aquellas que tienen similar diámetro, pero de diferente refuerzo.

Se concluye que las vigas de concreto reforzadas de PRFV soportan más carga y momentos nominales que las vigas con refuerzo de acero en los primeros 7 días, luego a los 28 días son las vigas con refuerzo de acero las que soportan más carga y momento nominal, las vigas de concreto reforzadas con acero tienen mayores deflexiones inmediatas que las reforzadas con PRFV, sea tanto a los 7 días como a los 28 días.

**PALABRAS CLAVES:** Acero, Flexión, Fibra de Vidrio, Concreto, Viga

## **ABSTRACT**

The present investigation had as general objective to determine the behavior of the fiberglass and steel rods to the flexural stress of concrete beams simply supported with loads to the thirds of the section, this thesis is of an experimental type.

Tests were carried out on concrete beams reinforced with fiberglass rods (PRFV) with diameters of 10mm and 12mm, 12 units, as well as 3/8" and 12mm steel rods, 12 units, three beams per reinforcement and diameters, at ages of 7 and 28 days, a total of 24 units, determining the loads, the nominal moments and the immediate deflections, to later compare those that have a similar diameter, but with different reinforcement.

It is concluded that the GRP reinforced concrete beams support more load and nominal moments than the steel-reinforced beams in the first 7 days, then at 28 days it is the steel-reinforced beams that support more load and nominal moment. steel-reinforced concrete beams have greater immediate deflections than GRP-reinforced ones, both after 7 days and 28 days.

**KEY WORDS:** Steel, Flexure, Fiberglass, Concrete, Beam

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

El acero es por excelencia el material más utilizado a nivel mundial para reforzar los elementos estructurales de concreto tales como vigas, losas columnas, etc. sin embargo, este presenta un problema, la corrosión, causante del deterioro de las estructuras de concreto armado, este inconveniente lo padecen, sobre todo en aquellas zonas donde las construcciones están cercanas al mar; siempre se buscó una solución ;en los años cincuenta en USA al acero para evitar su deterioro, le aplicaban recubrimientos galvanizados ,resina en polvo ;sin embargo la mejor fue el recubrimiento con epóxido. Luego con el avance de la tecnología, buscando reemplazar el acero surge los polímeros reforzados con fibra (FRP) de carbono, aramida y vidrio; se comienzan a utilizar en Japón, Canadá, USA y Alemania, a pesar de que se conoce este material desde en el siglo pasado hasta la actualidad se sigue investigando. Las varillas de fibra de vidrio (PRFV o GFRP) es la más económica; comparada con los otros polímeros. En Latinoamérica como México Colombia y sobre todo en Brasil donde las fabrican, ya se vienen utilizando, aunque en cantidades menores debido a que todavía existe cierta renuencia para emplearlo, debido a lo novedoso del material y a la filosofía de diseño que es diferente al acero, además de escasa información de las investigaciones en el medio profesional.

El Perú no es ajeno a los problemas que ocurren en el acero, en este caso la corrosión, que ocurre desde hace varios años, el ingeniero Manuel González de la Cotera en año 1998 en el Primer Congreso Nacional de Ingeniería Estructural y Construcción se pronunciaba sobre el mismo, indicaba que se presentaba en el litoral peruano y de cómo se perjudica las estructuras, no sólo de los puertos sino también de toda construcción en concreto armado.

En la ciudad de Lima en las edificaciones de distritos cercanos al mar como Lurín, Villa el Salvador, Chorrillos etc. se aprecia viviendas deterioradas, la capa de concreto en elementos estructurales se ha desprendido producto de la corrosión en el acero, esto produce una reducción del tiempo de vida útil, además de presentar peligro para los ocupantes. Es por ello por lo que se tienen que buscar alternativas que superen esos obstáculos, lamentablemente las varillas de fibra de vidrio en nuestro país tampoco se conocen en el medio profesional y el material es inexistente, ya que no se han registrado el uso en obras de edificaciones, sólo investigaciones, sin embargo, estas son escasas.

En la Figura 1 y 2 se observa los problemas que causa la corrosión en el acero, desprendimiento del concreto y debilitamiento de la estructura.

**Figura 1**  
*Corrosión en las Estructuras*



Fuente: Murayari (2020)

**Figura 2**  
*Corrosión en las Estructuras*



Fuente: Murayari (2020)

Existen estudios previos donde esta problemática ha sido estudiada, en las cuales se buscaba conocer cómo se comportaba el refuerzo de varilla de fibra de vidrio en el concreto armado y de esta forma hallar los argumentos que permitan poder reemplazar al acero; en el proceso de indagación, se encontraron trabajos en el ámbito internacional, por ejemplo, en México como el de Hidalgo et al., (2018) en su trabajo titulado:

Evaluación del comportamiento a flexión y de los criterios de diseño de vigas de concreto sub reforzadas con barras de polímeros reforzados con fibra de vidrio. La investigación es de tipo experimental, con técnica de la observación, se evalúa el comportamiento y el diseño de vigas de concreto reforzado mediante barras de polímeros reforzados con fibras de vidrio (PRFV) con concretos de resistencia normal en México sometidas a flexión simple. El objetivo es verificar las expresiones y consideraciones expuestas en el código de diseño del ACI 440.1R para diseño sub reforzado. Se ensayó una viga de concreto reforzada con 4 barras de PRFV de 4 mm

de diámetro, para encontrar su capacidad y comportamiento, como resultado se encontró que la resistencia nominal obtenida hasta la falla resultó superior a la esperada según la metodología de análisis estudiada. Esto mejora la confianza en los diseños estructurales realizados con estos materiales al considerar que el diseño es seguro. (p.1)

Esta investigación es importante debido a la realización de ensayos en laboratorio que se hizo a vigas de concreto con refuerzo de varillas de fibra de vidrio y esto dará pautas comparativas para la presente investigación debido a que se realizará de manera similar.

Así también en Ecuador se tiene la investigación de Lalvay (2017) titulada:

Análisis, comportamiento y comparación de varillas corrugadas en fibra de vidrio, con relación a las varillas convencionales; Conjuntamente en Elementos Estructurales de Hormigón. La investigación es de tipo experimental, con técnica de la observación. Se comparo las varillas de acero y la de fibra de vidrio. En cuanto a las principales conclusiones se tiene que las características de las varillas de fibra de vidrio con un diámetro de 12 mm son inferiores al acero; sólo los diámetros de 6y 8mm se comportan mejor que el acero.

En el análisis a flexión la deformación de la viga de acero supera los 3mm y la de fibra de vidrio los 10mm, mayor a la calculada, a causa del menor módulo de elasticidad de las varillas de fibra de vidrio.

Los datos importantes de esta investigación es que también se realizaron ensayos de laboratorio que permitirá conocer el comportamiento de las varillas de fibra de vidrio que en este caso es de procedencia rusa, esto servirá de comparativa para la presente investigación debido a que, como se va a indicar en el desarrollo de la tesis, existen diferencias de las varillas de fibra de vidrio entre fabricantes.

Así mismo en Cuba en el artículo de Faria et al.(2017) titulada:

Estructuras de hormigón armado con barras de polímero reforzado con fibras de vidrio (PRFV) estado del arte. La investigación es de nivel descriptivo, con fuente documental, en su trabajo presentan que, se viene dando buenos resultados la sustitución del acero por las varillas de fibra de vidrio a causa de estabilidad anticorrosiva, resistencia a la tracción, menor peso, así como translucidez. magnética, aunque se confronta lo anterior con el modo de fallo y al poco módulo de elasticidad. Se indica también que el estado límite servicio es quien gobierna el dimensionamiento de los elementos. Además, las barras tienen poca resistencia a la adherencia.

Aunque esta investigación es teórica, recopila diversos estudios que se han realizado en las varillas, los cuales permitirán conocer si la investigación en curso está dentro de parámetros internacionales.

En Ecuador se tiene la investigación de Rivadeneira (2016) titulada:

Correlación entre vigas de hormigón armadas con varillas de acero y con varillas de fibra reforzada con polímero FRP sometidas a esfuerzos de flexión en los tercios del claro. La investigación es de tipo experimental, con técnica de la observación.

Se construyeron tres tipos de especímenes (un total de 36 vigas), de concreto simple, de concreto armado con varillas de acero y con varillas de fibra de vidrio de igual diámetro.

Entre las principales conclusiones se tiene: cuando se usa las varillas de GFRP como refuerzo del concreto armado sometido a esfuerzos de flexión, mejora y se obtiene un Módulo de Rotura de 14,43 MPa, entre tanto, el Módulo de Rotura del concreto armado con varillas de acero es de 12,81 MPa. También se aprecia en los ensayos que edades tempranas el acero

tiene mayor resistencia sin embargo al alcanzarse a la edad de residencia a la compresión es las varillas de fibra de vidrio quien ofrece mayor resistencia a la flexión.

Lo relevante de esta investigación es que se estudia el comportamiento de las vigas de concreto reforzadas con varillas de fibra de vidrio a diferentes edades esto es muy importante y servirá de referente al presente trabajo debido a que también se estudiará las vigas reforzadas con fibra de vidrio a edades de 7 y 28 días.

En nuestro país también tenemos contribuciones en este tipo de investigaciones, tal es el caso de Pichardo & Tovar (2020) en sus tesis: Estudio comparativo estructural de una sección circular de concreto armado con barras de fibra de vidrio (GFRP) en lugar de barras de acero expuesto a la corrosión por cloruros en la costa peruana. La investigación es de nivel descriptivo, de estrategia de investigación documental. Se estudia la sección de un pilote cuadrado transformando en un área circular similar de concreto armado del puerto artesanal de Huacho, provincia de Huaura, departamento de Lima. Las principales conclusiones son;

La pendiente del segundo tramo, que representa la rigidez a la flexión en el rango plástico, es en promedio 17.2% la pendiente del primer tramo, que representa la rigidez a la flexión efectiva para los casos estudiados con barras de refuerzo de acero. La rigidez a la flexión en el rango plástico para la sección reforzada con GFRP sometido a 15%, 30%, 45% y 60% de la resistencia máxima a la compresión de diseño es 20.3%, 17.3%, 10.0% y 9.4% la pendiente del primer tramo, respectivamente. Por lo que, a menor carga axial, dicha sección puede desarrollar aporte de tracción de las barras GFRP y la rigidez a la flexión efectiva aumenta. (pp. 100-101).

Aunque la investigación es teórica proporciona datos relevantes de la varilla de fibra de vidrio que, en la presente investigación, siendo de manera experimental, pueden ser verificados.

Así también Murayari (2020) en su tesis, Estudio del comportamiento a flexión de vigas de concreto reforzadas con barras de fibra de vidrio, Lima 2019. El objetivo general es determinar el comportamiento a flexión de vigas de concreto con refuerzo de fibra de vidrio. En esta investigación aplicada se usó el método experimental con diseño correlacional – causal, se ensayó cuatro vigas a flexión. Como conclusión se presentó una disminución de cargas y momentos en vigas reforzadas con varillas de fibra de vidrio en un 25% con respecto a las vigas de varillas de acero y en deflexiones la varilla de fibra de vidrio fue menor en 8mm con respecto al acero. La falla por fluencia a tensión son las que predominan en el acero, mientras que en el otro material no sucede. Los anchos de grietas en las vigas de concreto reforzado con acero son mayores en un 12% que en las vigas de reforzadas con varillas de fibra de vidrio.

Esta investigación es muy importante, pues contiene datos relevantes para la presente investigación debido a que también se analizan vigas de reforzadas con varillas de fibra de vidrio en laboratorio, aunque son de menor cantidad (2 unidades) aporta cómo se comporta el material ante la flexión, esto servirá de comparativa al trabajo que se va a realizar.

Además, Vila (2020) en sus tesis, Análisis comparativo del comportamiento estructural en flexión, entre vigas reforzadas con varillas de vidrio frente a las reforzadas con acero. El objetivo es realizar una comparación del comportamiento estructural en flexión, en vigas reforzadas con varillas de vidrio y las reforzadas con acero. El estudio es cuantitativo, diseño no experimental, funda en revisiones bibliográficas, Se concluye que,

en vigas expuestas a tensión, reforzadas con GFRP, falla por fractura del concreto, aunque no por rotura de las barras de GFRP. En cuanto a deformación la viga reforzada con GFRP (tensión y compresión) es quien tolera una carga inferior hasta el punto de falla de fractura del concreto ( $\epsilon_c=0.003$ ). Por lo tanto, no es bueno reforzar con varillas GFRP en compresión.

Lo sobresaliente de esta investigación es que nos dará aporte teórico sobre las varillas de fibra de vidrio ya que aquí se desarrolla el cálculo analítico de las vigas a flexión.

Por último, Poma (2021) en su tesis Análisis comparativo de vigas reforzadas con varillas de Fibra de Vidrio y reforzadas con Acero. Tiene una metodología, cuantitativa, aplicativa y con diseño experimental; Su objetivo es diferenciar el comportamiento estructural de las vigas de concreto, frente a las reforzadas con varillas de fibra y las reforzadas con acero corrugado ASTM-615 grado 60.

En sus conclusiones sostiene que la resistencia ultima en vigas de concreto armado reforzadas con varillas de fibras son mayores, a las vigas de concreto armado reforzadas con varillas de acero convencional, aunque son las que sufren mayores deflexiones.

Esta investigación contiene información que permitirá contrastar con los datos que se puedan obtener en los ensayos de laboratorio del presente trabajo, como momentos máximos, carga máxima y deflexiones.

Para que se entiendan mejor los conceptos en la investigación debemos definirlos, tales como:

**Acero de refuerzo:** El acero de refuerzo en concreto armado son varillas de sección redonda, las cuales tienen corrugaciones cuyo fin es restringir el movimiento longitudinal de las varillas relativo al concreto que las rodea. (Morales, R.,2013, p.7)

**Agregado:** Material granular, de origen natural o artificial, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar

concreto o mortero hidráulico. (Norma E.060, 2009, p.25)

**Agregado Fino:** Agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 9,5 mm (3/8"). (Norma E.060, 2009, p.25)

**Agregado Grueso:** Agregado retenido en el tamiz 4,75 mm (N.º 4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas. (Norma E.060, 2009, p.25)

**Acero extremo en tracción:** Refuerzo de acero (pre esforzado o no pre esforzado) es el que se encuentra más alejado de la fibra extrema en compresión (Norma E.060, 2009).

**Barra PRF:** son productos largos que se pueden utilizar como reforzamiento en una estructura del concreto que es alternativo al acero. Formado por fibras longitudinales integradas por una resina de polímero rígido. El área de la barra es a menudo circular o rectangular y se puede producir con una forma de onda para aumentar su adherencia con concreto. (Amador, 2017)

En la Figura 3 se muestran las presentaciones que tiene las varillas de fibra de vidrio.

**Figura 3**  
*Ejemplos de Barras de Refuerzo del FRP*



Fuente: ACI 440.1R-15(2015)

**Compuesto:** Es una combinación de uno o más materiales diferentes en su forma o composición, pero manteniendo sus propiedades, es decir no son insolubles completamente al combinarse entre ellos. (Amador,2017).

**Contenido de fibra:** Por lo general, se expresa como porcentaje en volumen o masa total del compuesto. (Amador, 2017)

**Concreto:** Cemento Portland u otro cemento hidráulico, mezclado con agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos. (Norma E.060, 2009, p.26)

**Concreto armado o reforzado:** Estructura de hormigón armado, utilizando al menos un mínimo de acero, pre esforzado o no. (Norma E.060, 2009, p.26).

**Corrosión:** Es la pérdida de capas o laminas; que se presenta en el acero produciendo una reducción de área transversal (Vila ,2020, p.13)

**Curado de PRF:** Esta es una reacción química mediante la adición de un iniciador o un agente endurecedor, que hace que la resina se polimerice bajo calentamiento o presión, dando como resultado cambios irreversibles en las propiedades de la resina. (Amador, 2017)

**Durabilidad:** La capacidad o tendencia a resistir el agrietamiento, la oxidación, la degradación química, la fatiga y / o el daño causado por factores externos dentro de un período de tiempo específico, bajo condiciones de carga apropiadas o bajo condiciones ambientales específicas. (Amador, 2017).

**Elementos compuestos de concreto sometidos a flexión:** son elementos que constan de dos o más partes conectadas entre sí para responder a la carga. Estos componentes pueden prefabricarse por etapas o construirse in situ. (Norma E.060, 2009)

**Estribo:** Varilla colocada perpendicular u oblicua al refuerzo longitudinal, utilizada para resistir fuerzas de corte y torsión en elementos estructurales. Estos soportes también tienen la función de controlar el alabeo de las barras de acero longitudinales y fijarlas al hormigón. (Norma E.060, 2009)

**Fibra:** Cualquier objeto natural o sintético en forma de finos hilos de origen mineral u orgánico. El término se usa generalmente para materiales con una longitud que es al menos 100 veces su diámetro, generalmente entre 0.10 y 0.13 mm (Faria et al., 2017).

**Fibra de vidrio:** La fibra se obtiene fundiendo un producto inorgánico que se ha enfriado sin cristalizar. Está compuesto de vidrio resistente a álcalis (vidrio tipo AR), multiusos (vidrio tipo E) y de alta resistencia (vidrio tipo S). (Amador, 2017)

**Grava:** Agregado grueso, proveniente de la desintegración natural de los materiales pétreos. Se encuentra comúnmente en canteras y lechos de ríos, depositado en forma natural. (Norma E.060, 2009, p.27)

**Peralte efectivo o altura útil de la sección (d):** Espacio medido a partir de la fibra extrema que se encuentra a compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal bajo tensión. (Norma E.060, 2009)

**Módulo de elasticidad:** La relación entre esfuerzo normal y la deformación unitaria para la fuerza de tracción o compresión que es menor que el límite proporcional del material. (Norma E.060, 2009)

**Polímero:** Son compuestos naturales o sintéticos de alto peso molecular, están formados por moléculas finita. (Amador, 2017)

**Refuerzo de fibra continua:** Fibra inmersa en resina, empleado como refuerzo en el concreto. (Amador,2017)

**Refuerzo:** Materiales que cumplen con lo señalado en 3.5, excluido el acero pre esforzado, a menos que se incluyan explícitamente. (Norma E.060, 2009)

**Refuerzo corrugado:** Varillas de acero corrugado, malla de barras, alambre corrugado o refuerzo de alambre electrosoldado, de acuerdo con 3.5.3. (Norma E.060, 2009)

**Resina:** Materiales poliméricos rígidos o semirrígidos a temperatura ambiente. (Amador, 2017)

**Resina Epoxi:** Resinas formadas por la reacción química de grupos epoxi como aminas, alcoholes y fenoles. (Amador, 2017)

**Resistencia a la fluencia:** El límite elástico mínimo especificado o el límite elástico del refuerzo. El límite elástico o límite elástico a tracción, de acuerdo con las Normas Técnicas Peruanas (NTP) vigentes, se especificará con modificaciones en 3.5 de esta norma. (Norma E.060, 2009).

**Resistencia de diseño:** La resistencia nominal multiplicada por el coeficiente de reducción de resistencia  $\phi$  correspondiente. (Norma E.060, 2009)

**Resistencia especificada a la compresión del concreto ( $f'_c$ ):** La resistencia a la compresión del hormigón utilizado en el diseño evaluado de acuerdo en atención del Capítulo 5, se manifiesta en MPa. Cuando decimos que la cantidad está bajo un signo de radical, solo queremos representar la raíz cuadrada del valor numérico, por lo que el resultado se presenta en MPa. (Norma E.060, 2009)

**Resistencia Nominal:** La resistencia de un elemento o su área se calcula con las disposiciones y supuestos del método de cálculo de resistencia de esta norma, antes de colocar el coeficiente de reducción de resistencia. (Norma E.060, 2009)

**Viga:** Elemento estructural que trabaja fundamentalmente a flexión y cortante (Norma E.060, 2009, p.29).

Para conocer cómo surgió los polímeros reforzados con fibra se debe indicar que la utilización de materiales compuestos en la ingeniería civil se inició en la década de 1960 en Estados Unidos (Dolan), alrededor de 1970 en Europa (Taerwe, Matthys) y después llegaron a Japón (Fukuyama 1999), aun cuando ya se había iniciado su investigación y comercialización desarrollándose desde 1980, se han utilizado como refuerzo en forma de placas o varillas de FRP, sobre todo en estructuras de concreto que requieren alta resistencia al desgaste o transparencia electromagnética absoluta (muy común). Variables en instalaciones médicas que involucran inspecciones clínicas de procesamiento visual y de audio, torres de transmisión, componentes de computadoras de fábrica, etc.). Se ha informado de su uso en Japón como cables de polímero reforzado con fibra de carbono (PRFC) en estructuras flotantes, así como en forma de cables FRP reforzados con aramida (PRFA) utilizados en los elementos de tensión previa y posterior que definen la estructura del puente de pontones. Su uso se está introduciendo cada vez más como refuerzo de elementos de concreto en sistemas estructurales de edificios, tableros de puentes, cubiertas de túneles, sistemas de anclaje / detención de suelo, etc. (Caneiro, J. & H. W. Rivas ,1995, citado por Amador M.2017).

Para definir las varillas de fibra de vidrio se debe conocer de que está compuesto así tenemos:

### **Componentes del GFRP**

El polímero reforzado con fibra de vidrio (GFRP) es un material compuesto por una matriz de resina de poliéster que actúa como aglutinante de refuerzo, que es la fibra de vidrio. (Pichardo & Tovar,2020)

## Fibra de Vidrio.

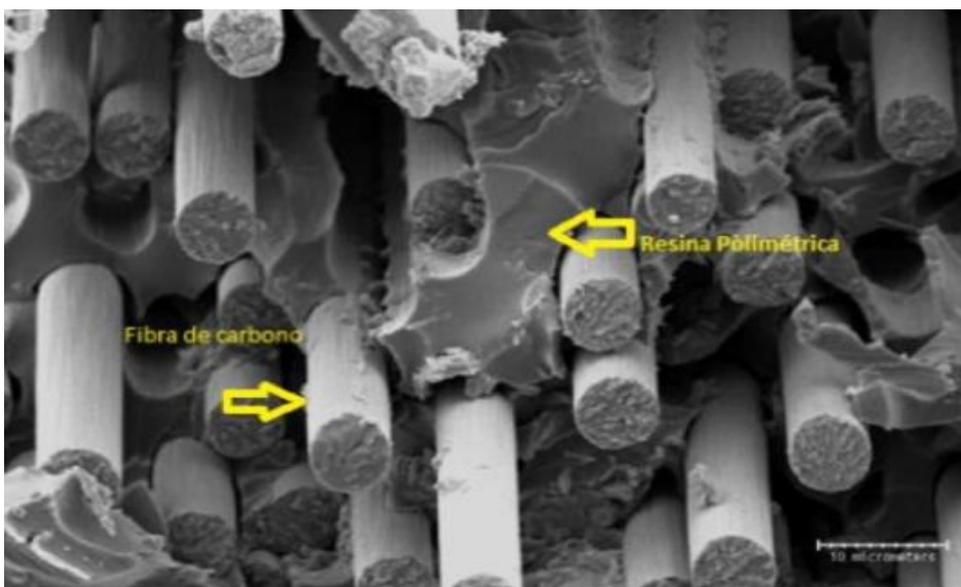
En la construcción civil se han utilizado materiales tradicionales, en el sector estructural, en los últimos años se han introducido otros materiales singulares como la fibra de vidrio. Se puede decir que las fibras de vidrio están formadas por fibras de vidrio muy finas que, al entrelazarse, debido al estado de aglomeración con la resina, crean una estructura sólida. (Vila, 2019)

De acuerdo con Lalvay (2017), la fibra de vidrio tiene una matriz polimérica: Esta matriz se encarga de mantener unidas las fibras de vidrio y conservarlas compactas, y también es responsable de transferir las fuerzas producidas a su alrededor.

En relación con el tema Bravo (2003, como se citó en Lalvay, 2017), menciona: El sustrato protege las fibras de la degradación de la superficie que puede ocurrir debido a la abrasión mecánica o la interacción química con el medio ambiente.

En la Figura 4 se muestra la conformación de las varillas de fibra de vidrio.

**Figura 4**  
*Configuración del FRP*



Fuente: Rivadeneira (2016)

## **Fibras de Refuerzo**

El trabajo de las fibras de refuerzo que están al eje de la fibra y la carga es proporcionar una alta resistencia a la tracción y rigidez alta, así como propiedades excepcionales de fluencia y fatiga. Es probable que el refuerzo sea natural o hecho por el hombre, a menudo es un refuerzo comercial hecho por el hombre. Las fibras de uso comercial utilizadas en la Ingeniería Civil tenemos: el vidrio, el basalto, el carbón y la aramida. Debido al hecho de que la colocación unidireccional de las fibras conduce a la máxima resistencia y módulo en la dirección al centro de las fibras, la colocación de las fibras en el plano bidimensional tiene diferentes fuerzas en cada ángulo de la dirección del hilo. Los atributos mecánicos en diferentes direcciones son correspondientes al número de fibras por tamaño orientadas en esa dirección (Faria et al., 2017).

A continuación, se presentan las bases teóricas, que nos permitirá realizar la investigación.

### **Polímero Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV)**

También conocido por la abreviatura GFRP (Glass –Fiber Reinforced Polymer), es un material compuesto, hecho de una estructura de fibra de vidrio resistente, con una relación longitud / espesor que asegura el trabajo de refuerzo en un solo sentido y la resina ejerce como aglutinante de ellas. El refuerzo de fibra de vidrio compuesta proporciona: resistencia mecánica, estabilidad dimensional y resistencia al calor. La resina de tipo sintético proporciona resistencia a los productos químicos aislantes y al comportamiento al aire libre. El PRFV es un material resistente, liviano y duradero con buena resistencia a la erosión y la abrasión, además de ser un buen aislador térmico, acústico y eléctrico. (Faria et al., 2017).

En la Tabla 1 y 2 se aprecian los diferentes tipos de fibra de vidrio con sus descripciones y propiedades mecánicas. Según Navarro (2006, como se citó en Pichardo & Tovar, 2020) indica que según la norma ASTM D 578, las fibra que se usa en varillas de GFRP es de tipo E, ella está compuesta por óxidos de calcio, aluminio y silicón, tiene una gran resistencia a la tracción, elasticidad, resistencia al fuego, agua, corrosión y la intemperie.

### Tipos de Fibra de Vidrio.

**Tabla 1**

*Tipo de Fibra de Vidrio y sus Principales Propiedades*

Tipo de fibra	Descripción	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Resistencia a la tracción (Gpa)	Módulo de Young (Gpa)	Elongación
E	Es el tipo más usado en las industrias de polímeros reforzados compuestos debido a su alta resistencia, alta resistividad eléctrica y estar libre de álcalis Se caracteriza por su alta resistencia a la corrosión debido a su componente de borosilicatos de calcio. Es usado mayormente en ambientes ácidos corrosivos.	2.58	3.445	72.3	4.8
C	Su característica principal es su alta resistencia, por lo que suele ser usado donde se requiere alta resistencia mecánica, rigidez, resistencia a la corrosión y resistencia a temperaturas extremas.	2.52	3.31	68.9	4.8
S		2.46	4.89	86.9	5.7

Fuente: Pichardo & Tovar (2020)

**Tabla 2**

*Tipo de Fibra de Vidrio y sus Principales Propiedades*

Tipo de fibra	Descripción	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Resistencia a la tracción (Gpa)	Módulo de Young (Gpa)	Elongación
A	Vidrio alcalino hecho con silicato de cal soldada. Es usado donde no se requiere resistividad eléctrica del tipo E como envases o ventanas.	2.44	3.31	68.9	4.8
D	Posee baja constante dieléctrica, por lo que es usado en aplicaciones eléctricas.	2.11-2.14	2.415	51.7	4.6
R	Reforzada con el fin de ser más resistente a la corrosión y mayor resistencia	2.54	4.135	85.5	4.8
EGR	Este tipo es una fibra tipo E modificada con el fin de tener más resistencia mecánica, resistencia a la corrosión y a la conductividad eléctrica.	2.72	3.445	80.3	4.8
AR	Altamente resistente a los álcalis ya que poseen silicato zirconio. Principalmente usado como substrato al cemento Portland	2.7	3.241	73.1	4.4

Fuente: Pichardo & Tovar (2020)

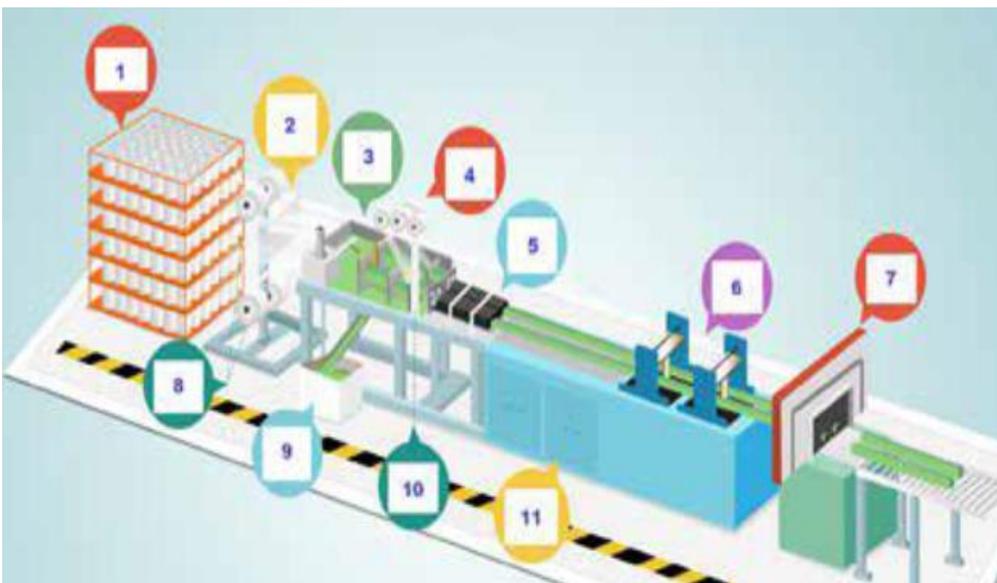
## Fabricación de Barras de Fibra de Vidrio

Las barras de fibra de vidrio es un material compuesto, ésta consiste en la unión de dos sustancias principales: fibra y resina, aun así, suelen contener rellenos y aditivos. Las fibras brindan resistencia y durabilidad al elemento, mientras que la resina permite que el material tenga una excelente resistencia a la corrosión cuando se expone a factores ambientales agresivos.

Para iniciar la producción de varillas de fibra de vidrio, las fibras (suministradas como rodillos "mat" o "móviles") deben estirarse y sumergirse en resina y luego colocarse en un horno hasta que alcancen la temperatura a la que pueden estar, dejarlo enfriar y luego córtalo. Este proceso continuo se denomina “pultrusión” (ver

Figura 5), se realiza con máquinas industriales para grandes volúmenes de producción y se basa en el refuerzo de fibras, el sistema de resinas y el molde para el perfil. (Lascano, 2021)

**Figura 5**  
*Proceso de Pultrusión*



Fuente: Rivadeneira (2016)

En la

Figura 5 se muestra el proceso de pultrusión los cuales que se detallan a continuación

1. Materia Prima para el reforzamiento.
2. Placa guía.
3. Saturación de Resina.
4. Recubrimiento Superficial.
5. Moldeado y curado.
6. Sistema de tensado.
7. Sierra de corte.
8. Estante con esteras.
9. Alimentador de resina.
10. Sistema de conformación.
11. Sistema de control automático.

### **Propiedades de las Barras PRF**

El empleo de varillas de refuerzo de PRF en elementos de concreto está afectado por sus propiedades físicas y mecánicas. Las varillas de PRF pueden ser proyectados, así como contruidos para cumplir con condiciones específicas en un modo especial., también juegan un papel importante en la determinación de las características de las barras de refuerzo PRF (Faria et al., 2017).

Se usan las variables de diseño tales como fibra y matriz polimérica también el volumen, así como la orientación de las fibras y proceso de manufactura. Para la determinación de las características de las barras PRF, son importantes el control de calidad y efectos dimensionales. (Faria et al., 2017).

Las propiedades de PRF se ven afectadas por el antecedente de carga, el tiempo de carga, la temperatura y la humedad (Faria et al., 2017).

### Propiedades Físicas de las Barras PRFV

**a) Densidad:** La densidad de la barra de PRFV varía de 1,5 a 2 g / cm<sup>3</sup>, para las barras de acero este valor es de 7,9 g / cm<sup>3</sup>, por lo que se estima que, en comparación con las barras de acero, la barra de PRFV tiene una masa pequeña de aproximadamente 4 veces menos. Esto contribuirá a reducir los costos de transporte, manipulación y operación (Faria et al., 2017).

**b) Dilatación térmica:** Los valores de expansión térmica (ver Tabla 3) varían según el porcentaje de resina y fibras en la mezcla. Las propiedades de las fibras dominan el coeficiente longitudinal de expansión térmica mientras que la resina domina el módulo transversal. (Faria et al., 2017, p.4)

**Tabla 3**

*Coefficientes de Dilatación Térmica Típicas de Barras de Refuerzo*

Coeficiente de dilatación térmico para barras de refuerzo				
Dirección	CTE X10 <sup>-6</sup> /°C			
	Acero	PRFV	PRFC	PRFA
Longitudinal	11.7	6.0 a 10.0	*-9.0 a 0.0	*-6 a 2
Transversal	11.7	21.0 a 23.0	74.0 a 104.0	33.3 a 44.4

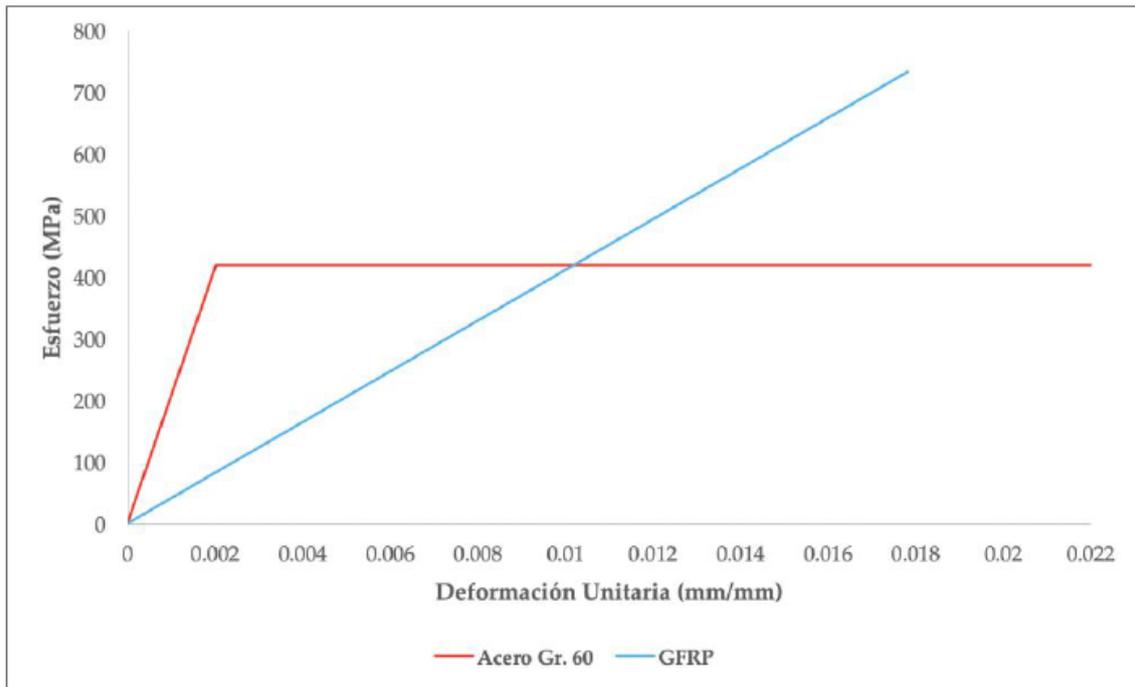
\*Los valores negativos de CTE indican que el material se contrae con el aumento de la temperatura y expande con la disminución de la misma.

Fuente: Faria et al. (2017)

### Propiedades Mecánicas de las Barras PRFV

- a) **Resistencia a tracción longitudinal:** Cuando están bajo tensión, las barras de PRF no mostrarán ningún comportamiento plástico (fluencia) antes de romperse. El comportamiento a tracción de las barras de PRF hechas de un solo tipo de material de fibra se distingue por una relación lineal tensión-deformación hasta la falla. (ver la Figura 6).

**Figura 6**  
*Relación Esfuerzo-Deformación de la varilla GFRP y Acero*



Fuente: Lascano (2021)

Dado que la fibra en la varilla de PRF es el principal componente que soporta la carga, la correspondencia entre el volumen de la fibra y el volumen total de PRF (relación fibra a volumen) tiene un efecto importante en las propiedades de tracción de la varilla PRF.

La rapidez de quemado, el procedimiento de manufactura y la supervisión en la calidad de la manufactura, influyen en las características mecánicas de la varilla. La resistencia a la tracción típica de la varilla de PRFV varía de 450 a 1600 MPa, y el alargamiento a la rotura es del 1,3% al 2,3%. La

Tabla 4 muestra las propiedades de tracción de las PRF que comúnmente se usan (Faria et al., 2017).

**Tabla 4**  
*Valores de Resistencia a Tracción Usuales de los PRFV*

	Resistencia a tracción			
	Acero	PRFV	PRFC	PRFA
$f_y$ (MPa)	276 ÷ 517	-	-	-
$f_{su}$ (MPa)	483 ÷ 690	450 ÷ 1600	600 ÷ 3690	1720 ÷ 2540

Fuente: Faria et al. (2017).

Siguiendo con los valores usuales que se pueden encontrar, las

**Tabla 5 y**

**Tabla 6** muestra las propiedades por diámetro de barra.

**Tabla 5**  
*Tensión de las Barras de GFRP*

$\phi$ (mm)	TRACCIÓN			
	Resistencia (MPa)		Módulo de Elasticidad (MPa)	
	V. Medio	V. Característico	V. Medio	V. Característico
8	855,8	916,1	38276	36107

10	779,1	745,0	42634	38488
12	637,9	620,5	41125	39573
16	695,5	637,7	42477	40140
20	732,7	700,6	43590	40970
25	722,8	623,5	39929	35453
32	720,1	635,5	39681	33370

Fuente: Vila (2019)

**Tabla 6**  
*Características Paramétricas de las Barras GFRP(en mm)*

$\varphi$ nominal	Tolerancia admisible	Diámetro equivalente	Sección transversal nominal	Sección transversal equivalente
$\varphi 8$	$\pm 0,2$	7,98	50,27	50,01
$\varphi 10$	$\pm 0,3$	9,99	78,54	78,38
$\varphi 12$	$\pm 0,3$	11,98	113,10	112,72
$\varphi 16$	$\pm 0,3$	15,98	201,06	200,31
$\varphi 20$	$\pm 0,35$	19,75	314,16	306,35
$\varphi 25$	$\pm 0,35$	24,75	490,87	481,11
$\varphi 32$	$\pm 0,35$	31,66	804,25	787,25

Fuente: Vila (2019)

- b) **Resistencia a Compresión, (longitudinal):** La resistencia a la compresión de la varilla de PRFV suele ser mucho menor que su resistencia a la tracción, alrededor de un 45% de esta última. Ante esta tensión, la resistencia a la compresión de las varillas de PRFV en la mayoría de las aplicaciones es mucho más débil, lo que excluye su

contribución a los elementos estructurales y limita su uso como varillas de compresión, aunque actualmente se está investigando para optimizar y ampliar su propósito. El módulo de elasticidad a compresión del refuerzo PRFV es de alrededor de un 80% del módulo de elasticidad a tracción del mismo refuerzo. (Faria et al., 2017).

**c) Resistencia al Cizallamiento:** La resistencia viene determinada por las características del sustrato y la distribución local de tensiones, y suele ser baja. Las varillas de PRFV se pueden cortar fácilmente en la dirección perpendicular a la fibra con una sierra normal. El comportamiento de las barras de PRFV bajo carga transversal se ve afectado principalmente por las propiedades de la matriz. Su sección transversal suele ser débil. La resistencia al corte se puede aumentar tejiendo o enrollando fibras adicionales en la dirección transversal a longitudinal. (Faria et al., 2017).

**d) Fluencia:** La fibra de vidrio tiene una óptima resistencia a la fluencia, pero no la resina, por lo que la masa y la dirección de las fibras tienen una gran influencia en las propiedades de fluencia de la varilla de PRFV. Según datos experimentales, Ehsani, para un cierto tipo de refuerzo de PRFV, debido al uso de fibras cortas y fibras discontinuas, la deformación adicional provocada por la fluencia es alrededor del 3% de la deformación elástica inicial. En la actualidad, el proceso de pultrusión y la mecha de fibra continua se utilizan como materiales de refuerzo, y la fluencia en realidad no existe (Faria et al., 2017).

**e) Fatiga:** El refuerzo de PRFV tiene una alta resistencia a la fatiga. Según ACI 440 1R, 2015, puede soportar más de cuatro millones de ciclos de carga antes de provocar una falla en el área de anclaje (Faria et al., 2017).

**f) Durabilidad:** Las propiedades mecánicas de las varillas de PRF se ven afectadas por el medio ambiente. El contacto con agua, soluciones alcalinas o ácidas, soluciones salinas, al estar expuesto a la luz ultravioleta y las altas temperaturas pueden repercutir en la resistencia de la varilla de PRF en mayor o menor medida. (Faria et al., 2017).

En la presente tesis se va a analizar el comportamiento de las varillas de fibra de vidrio (GFRP) fabricadas por la empresa Hengshui Jiubo Composites ubicada en la República Popular China. La Tabla 7 se puede observar las principales propiedades mecánicas que tienen las varillas GFRP.

**Tabla 7**  
*Principales Propiedades Mecánicas de las Barras GFRP/ Hengshui Jiubo Composites*

Propiedades	Magnitud						
Diámetro (mm)	3	4	6	8	10	12	14
Sección transversal (mm <sup>2</sup> )	7	12	28	50	73	103	134
Densidad (g/m)	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.1
Peso (g/m)	18	32	51	98	150	210	275
máxima resistencia a la tracción (KN)	13.5	18	36	54	72	99	117
Resistencia a la tracción (Mpa)	1900	1500	1280	1080	980	870	764
Resistencia última al corte (Mpa)	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150
Modulo - E (Gpa)	>40	>40	>40	>40	>40	>40	>40
Coefficiente de expansión	0.6 x 10 <sup>-5</sup> (Longitudinal)						

Térmica  
Alargamiento (%)

$2.2 \times 10^{-5}$  (Transversal)  
1.8-1.5

---

Fuente: Hengshui Jiubo Composites (2022)

## Ventajas y Desventajas de los PRFV

### a) Ventajas de los PRFV.

- Tiene una alta resistencia a la tracción longitudinal.
- Resistente a la corrosión (no se corroe en presencia de una gran cantidad de sustancias agresivas).
- Resistencia química.
- Óptima resistencia a la fatiga (se comporta muy bien en condiciones de carga cíclica, esta resistencia varía según el tipo de refuerzo de fibra).
- Permite el paso de campo magnético.
- Pequeño en peso (de 7 a 10 veces más ligero que el acero).
- Aislantes desde el punto de vista térmico y eléctrico.
- Precio competitivo.
- Estabilidad dimensional cuando se expone a esfuerzos térmicos (la expansión y contracción del hormigón bajo la influencia de la temperatura es muy baja).
- Durable.

### b) Desventajas de los PRFV

- No hay evidencia de fluencia antes de la ruptura (colapso frágil).
- Módulo de elasticidad bajo (varía según el tipo de refuerzo).

- Puede causar daños a los plásticos y fibras poliméricas en caso de exposición directa y continua a los rayos ultravioleta (debe evitarse su conservación en contacto directo con el medio ambiente).

- Menor resistencia al corte.
- Este es un material sensible al fuego y depende del tipo de matriz y del espesor del revestimiento de hormigón.
- Imposibilidad de torcer en la construcción.

Las ventajas y las desventajas han sido obtenidas de Faria et al., (2017, pp.5-6).

### **Adherencia**

Los estudios experimentales demuestran que, comparado con los aceros ordinarios, el PRFV generalmente no puede desarrollar el mismo nivel de tensión de adherencia. Esta disminución de la fuerza de adherencia del 33 al 50% se ha observado en varios programas de investigación. (Faria et al., 2017).

### **Patrones Superficiales**

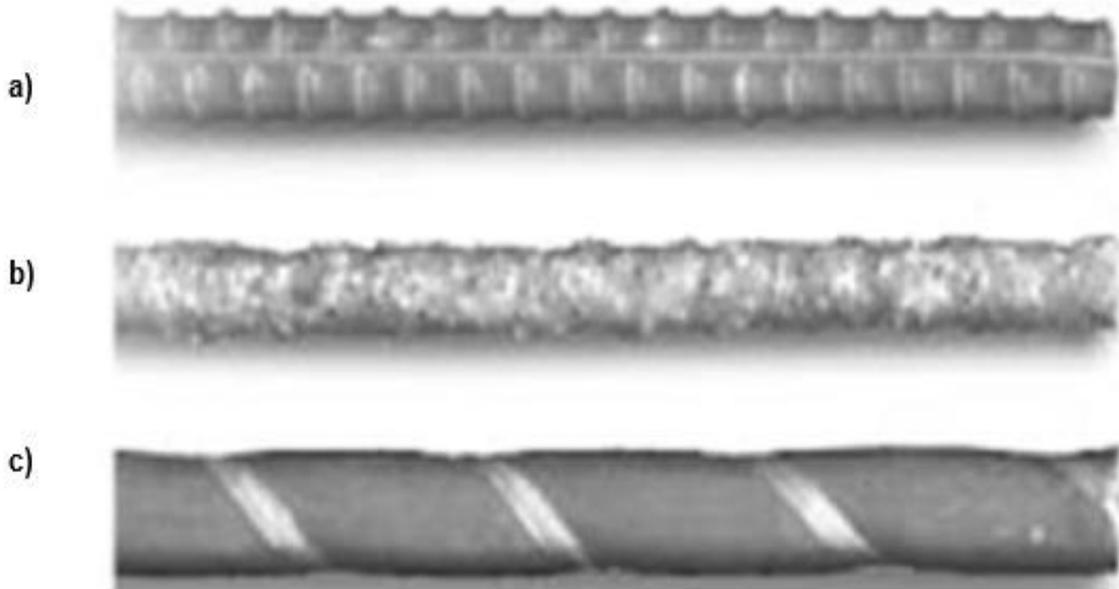
Las varillas de FRP vienen en tres tipos de estándares comerciales (ver Figura 7), que son reconocidos por ACI para diferentes estándares, a saber:

- a. Acanalado.
- b. Con un recubrimiento de arena de sílice.
- c. Con un anillado grabado y con recubrimiento de arena de sílice.

(Rivadeneira 2016, p.16)

### **Figura 7**

*Patrones Superficiales de las Varillas de FRP*



Fuente: Rivadeneira (2016)

### **Campo de Aplicación de los PRF.**

Las varillas de PRF se han utilizado ampliamente en una variedad de estructuras de hormigón armado y pretensado, además tienen una alta competitividad. En comparación con los que usan armaduras metálicas, su uso en estructuras aumenta el tiempo de uso de edificios y estructuras de dos a tres veces, especialmente cuando funcionan en ambientes alcalinos. Su mayor resistencia, combinada con sus ventajas económicas, durabilidad y la posibilidad de desarrollo en condiciones complejas, amplía su ámbito de uso. En las Figura 8 Figura 10 Figura 11 y 11 se muestran varios usos diferentes de PRF en ingeniería civil (Amador, 2017).

1. El PRFV se aplica en la construcción civil, industrial y vial. (Amador, 2017, p.8)

### **Figura 8**

*Aplicaciones del PRFV en Construcciones*



Fuente: Amador (2017)

2. Como refuerzo en líneas costeras (Amador, 2017, p.8).
3. Como refuerzo del hormigón armado en edificios bajos y viviendas (Amador, 2017, p.8).
4. Pisos, banquetas y estacionamientos (Amador, 2017, p.8).
5. Canales, protección de taludes y esclusas (Amador, 2017, p.8).

**Figura 9**  
*Aplicaciones del PRFV en Construcciones*



Fuente: Amador (2017)

6. Losa para viales, autopista y campos de aviación (aeropuertos) (Amador, 2017, p.8).
7. Puentes y túneles (Amador, 2017, p.8).

**Figura 10**

*Aplicaciones del PRFV en Construcciones*



Fuente: Amador (2017)

8. Torres de iluminación o de transmisión de energía eléctricas (Amador, 2017, p.8).
9. Traviesas de ferrocarril (Amador, 2017, p.8).
10. Piscinas, depósitos y cisternas de hormigón (Amador, 2017, p.9).

**Figura 11**

*Aplicaciones del PRFV en Construcciones*



Fuente: Amador (2017)

11. Obras marítimas y portuarias (Amador, 2017, p.9).
12. Elementos de hormigón armado con refuerzo normal o pretensado (Amador, 2017, p.9).
13. Elementos de infraestructura de producciones químicas (Amador,2017, p.9).

## **El Acero**

Generalmente se puede indicar que el acero es un metal formado por una aleación de hierro y otros componentes que determinan, mayormente, sus propiedades mecánicas. (Vila,2019, p.41) El acero es una aleación de varios elementos que incluyen: carbono, magnesio, silicio, cromo, níquel y vanadio. El carbono es el más importante y determinante de sus propiedades mecánicas (Harmsen 2002, como se citó en Vila,2019, p.41).

## **Varillas Corrugadas de Acero**

Las barras corrugadas tienen una sección transversal circular y como su nombre indica, su superficie tiene corrugaciones para facilitar la adhesión al concreto. Estas

corrugaciones deben cumplir con los requisitos mínimos para ser considerados en el diseño.

El acero corrugado tiene tres calidades diferentes: grado 40, grado 60 y grado 75, (ver Tabla 8 ) aunque solo la segunda se utiliza en nuestro medio (Harmsen ,2002, como se citó en Vila,2019, p.42).

**Tabla 8**

*Características de los Aceros de 40,60 y 75*

	$f_y$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$f_s$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Grado 40	2800	4900
Grado 60	4200	6300
Grado 75	5300	7000

Fuente: Vila (2019)

Donde:

$f_y$ : Esfuerzo de fluencia del acero.

$f_s$ : Resistencia mínima a la tensión a la rotura.

Las barras de acero corrugado en el mercado peruano son los siguientes diámetros de 6 mm, 8 mm, 3/8 ", 12 mm, 1/2", 5/8 ", 3/4", 1 ", 1 1/8" con una longitud de normalmente 9 metros (Vila,2019, p.43).

### **Propiedades Físicas de las Varillas de Acero Corrugado.**

El acero tiene muchas propiedades (ver

Tabla 9 ), en el caso de la armadura corrugada, se tiene el diámetro nominal de la barra, perímetro de la barra, la sección transversal, el peso lineal, la distancia máxima entre los pliegues y las ondulaciones de la cuerda (Vila,2019, p.43).

**Tabla 9**

*Varillas Corrugadas y sus Características*

#	dh(in)	dh(cm)	P(cm)	$A_x$ (cm <sup>2</sup> )	w(kg/m)	e(cm)	h(cm)	c(cm)	NEMP
---	--------	--------	-------	--------------------------	---------	-------	-------	-------	------

2	1/4	0.635	2	0.32	0.250	-	-	-	
3	3/8	0.952	3	0.71	0.560	0.662	0.038	0.363	
4	1/2	1.270	4	1.29	0.994	0.888	0.051	0.485	
5	5/8	1.588	5	2.00	1.552	1.110	0.071	0.608	
6	3/4	1.905	6	2.84	2.235	1.335	0.096	0.728	
7	7/8	2.222	7	3.87	3.042	1.538	0.111	0.850	X
8	1	2.540	8	5.10	3.973	1.779	0.127	0.973	
9	1 1/8	2.865	9	6.45	5.060	2.010	0.142	1.100	X
10	1 1/4	3.226	10	8.19	6.403	2.250	0.162	1.240	X
11	1 3/8	3.58	11	10.06	7.906	2.250	0.18	1.370	
14	1 11/10	4.3	14	14.52	11.384	3.020	0.215	1.640	X
18	2 1/4	5.733	18	25.81	20.238	4.010	0.258	2.190	X

Fuente: Vila, 2019

El peso específico promedio del acero es de 7900 kg / m<sup>3</sup>, que es un material pesado en grandes cantidades para el transporte. En la

Tabla 10 se muestra las características geométricas de las barras de acero corrugado en el mercado peruano son las siguientes (Vila,2019, p.43).

**Tabla 10**  
*Peso (Kg/m) Según Diámetro*

DIAMETRO DEL FIERRO.	ÁREA NOMINAL mm <sup>2</sup>	PESO NOMINAL kg/mt	PESO MÍNIMA kg/mt
6mm	28	0.222	0.207
8mm	50	0.395	0.371
3/8*	71	0.56	0.526
12mm	113	0.888	0.835
1/2*	129	0.994	0.934
5/8*	199	1.552	1.459
3/4*	284	2.235	2.101
1*	510	3.973	3.735
1 3/8*	1006	7.907	7.433

. Fuente: Vila,2019

### Propiedades Mecánicas de las Varillas del Acero.

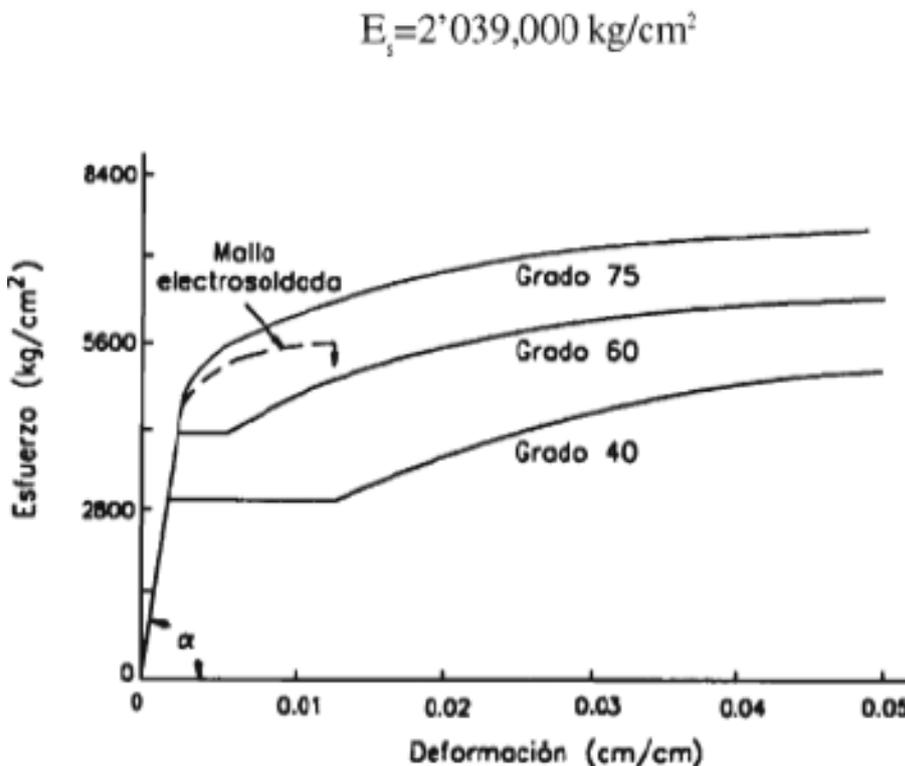
Al estudiar las propiedades mecánicas de cualquier material, es necesario realizar esfuerzos incrementales para leer los posibles cambios. En este caso, las propiedades mecánicas se concentran en la relación tensión-deformación, coeficiente de expansión térmica y ductilidad del acero. (Vila,2019, p.45)

### Relación Esfuerzo-Deformación del Acero.

En la etapa elástica, los aceros de diferente calidad tienen un proceder semejante y las curvas se confunden. Este módulo de elasticidad se define como la tangente del ángulo. En consecuencia, este indicador no depende de la calidad del acero y es considerado según de acuerdo con la Figura 12 (Harmsen ,2002, como se citó en Vila,2019, p.45).

**Figura 12**

*Curva Esfuerzo- Deformación y Módulo de Elasticidad del Acero*



Fuente: Vila (2019)

El módulo de Young o módulo de elasticidad longitudinal del acero se denomina comportamiento elástico del acero, cuando se le suministra un empuje en la dirección

longitudinal. El acero conserva una continuidad elástica entre una magnitud relacionado con la tensión y una magnitud relacionado con la distorsión, entregando una proyección del módulo de elasticidad. El módulo de elasticidad del acero corrugado es el mismo, independientemente del diámetro de la varilla (Vila,2019, p.46).

Es módulo de elasticidad del acero es 2'000,000 kg/cm<sup>2</sup> y su elongación o alargamiento a la rotura entre el 7% y 9% (Acero grado 60) (Ottazzi, 2004)

### **Coefficiente de Dilatación Térmica.**

El coeficiente de expansión térmica indica la medida en que un cuerpo sólido se expande en longitud y volumen ante un cambio de temperatura. (Villa, 2019, pág.46). La expansión térmica es bastante semejante al hormigón:  $11 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$ . Esto es un beneficio porque no hay tensión interna entre el refuerzo y el hormigón debido a la diferencia de temperatura del medio. Ellos se expanden y se contraen del mismo modo. (Harmsen ,2002, citado por Vila,2019, p.46)".

### **Maleabilidad.**

El acero es un elemento que se puede cambiar sin causar daños obvios como el agrietamiento, utilizando muchos procesos, por lo que se requiere saber su ductilidad o en algunos casos falta de ella. (Vila, 2019, p.46).

Esta propiedad se avala por medio de un ensayo en la cual se dobla al frio una barra de acero en torno a un eje sin romperlo hacia afuera. Es así que doblado de 90°es para A-615, A-616, A-617 y de 180" para A-706, en la Tabla 11 se aprecian los resultados. (Harmsen ,2002, citado por Vila,2019, p.46).

### **Tabla 11**

#### *Diámetros del Pin para la Prueba de Maleabilidad del Acero*

---

Denominación	Diámetro del pin acero A-615, A-616 y A-617	Diámetro del pin acero A-706
#3, #4 y #5	3.5 db	3 db
#6, #7 y #8	5 db	4 db
#9, #10 y #11	7 db	6 db
#14 y #18	9 db	8 db

Dónde: db: Diámetro de la varilla ensayada

Fuente: Vila (2019)

### **Fatiga del Acero**

En ingeniería, especialmente cuando se trata de materiales, la fatiga se refiere al hecho de que un material es más susceptible a fracturarse cuando se somete a cargas estáticas (Vila, 2019, p.46).

La fatiga ocurre en el acero si el material ha sido puesto a fases de carga y descarga siempre y cuando uno de los límites de carga obedezca con la solicitud de tensión. Existe una amplia gama de variaciones de tensión, ya que el acero puede soportar fuerzas ilimitadas sin perder resistencia. Esto no está sujeto a su esfuerzo de fluencia. Para varilla recta la ASTM A-615, indica 1680 kgf / cm<sup>2</sup>. Si hay dobleces o soldaduras en puntos de tensión extrema, este valor se reducirá en un 50%. (Harmsen ,2002, citado por Vila,2019, p.47)

### **Propiedades Químicas de las Varillas del Acero**

#### **Oxidación del Acero**

El acero es un material con propiedades especiales, cuando se exhibe al medio ambiente, el proceso de oxidación aumenta rápidamente. Las barras se ven afectadas por el óxido la cual incide en su resistencia. La masa de óxido es siete veces la masa de acero. (Vila,2019, p.47).

Si las barras del hormigón se oxidan, estas incrementan su volumen, en consecuencia, el recubrimiento se separará. Con la entrada de oxígeno, la reacción sucederá más rápido y todas varillas se corroerán (Harmsen, 2002, como se citó en Vila, 2019, p. 47).

Lo que está en juego en la estructura es el gran daño que se da porque estos afectan a toda la estructura (Vila,2019, p.48).

## **El Concreto**

Este compuesto por la combinación en proporciones de cemento, agua, agregados y también aditivos, que al principio tiene una estructura plástica y moldeable, luego posee una resistencia rígida con características aislantes. (Pasquel , 1993)

El cemento es la sustancia que une todos los componentes y los mantiene juntos, mientras que la arena y la grava proporcionan estabilidad y resistencia. La cantidad y proporción de cada componente puede variar dependiendo del tipo de concreto deseado.

## **Componentes del Concreto**

Los componentes que posee el concreto son aire que puede estar entre 1% a 3%, así también se tiene el cemento, que está en el orden de 7% a 15%, el agua que fluctúa en el entre un 15% a 22" y por último los agregados que pueden ser tanto grueso como fino que están alrededor de un 60% a un 75% (Pasquel, 1993).

En la Figura 13 se señalan las proporciones indicadas anteriormente.

## **Figura 13**

*Componentes del concreto*

<b>Aire = 1 % a 3 %</b>
<b>Cemento = 7 % a 15 %</b>
<b>Agua = 15 % a 22 %</b>
<b>Agregados = 60 % a 75 %</b>

Proporciones Típicas en Volumen absoluto.  
Fuente: Pasquel (1993)

## **El Cemento**

El cemento Portland, “es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes” (Pasquel ,1998, p.17)

Hay varios tipos de cemento disponibles, cada uno con características diferentes que los hacen adecuados para diferentes aplicaciones. En este caso, el cemento Portland es el tipo más comúnmente utilizado en la construcción y se caracteriza por su resistencia y durabilidad.

## **La Composición del Cemento Portland**

La composición del cemento Portland varia ligeramente según el tipo y la marca, pero en general, según Pasquel (1998) la composición del cemento es como se indica a continuación:

-Silicato Tricálcico ( $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{S} \rightarrow \text{Alita}$ -

Define la resistencia inicial (en la primera semana) y tiene mucha importancia en el calor de hidratación.

-Silicato Dicálcico ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{S}$  --> Belita). -

Define la resistencia a largo plazo y tiene incidencia menor en el calor de hidratación.

-Aluminato Tricálcico ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_3\text{A}$ ). -

Aisladamente no tiene trascendencia en la resistencia, pero con los silicatos condiciona el fraguado violento actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso en el proceso (3% - 6%) para controlarlo. Es responsable de la resistencia del cemento a los sulfatos ya que al reaccionar con estos produce Sulfoaluminatos con propiedades expansivas, por lo que hay que limitar su contenido.

-Alumino-Ferrito Tetracálcico ( $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_4\text{AF}$  -- Celita). -

(pp.22-23)

### **Tipos de Cemento**

Tipo I.- De uso general, donde no se requieren propiedades especiales

Tipo II.- De moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación.

Para emplearse en estructuras con ambientes agresivos y/o en vaciados masivos.

Tipo III.- Desarrollo rápido de resistencia con elevado calor de hidratación. Para uso en clima frío o en los casos en que se necesita adelantar la puesta en servicio de las estructuras.

Tipo IV.- De bajo calor de hidratación. Para concreto masivo.

Tipo V.- Alta resistencia a los sulfatos. Para ambientes muy agresivos

(Pasquel ,1998, p.40)

### **Agregado Grueso**

El cual proviene de la desintegración de la roca, sea natural o artificial, por su dimensión queda retenido por el tamiz N°4 (4.75mm),

### **Agregado Fino**

Proviene de la desintegración de las rocas y pasa por el tamiz 3/8” (9.51mm) y es retenido por el tamiz N°200,

### **El Agua**

El agua elemento importante para la hidratación del cemento, sirve también como lubricante para ayudar a la trabajabilidad de la mezcla y de proporcionar espacios vacíos en la pasta para que suceda la hidratación, esta debe ser libre de impurezas, como aceites, ácidos, materiales orgánicos y sales.

Los límites permitidos de agua para la mezcla y curado del concreto son, contener sólidos en suspensión 5000 ppm máximo, materia orgánica 3 ppm máximo, alcalinidad 1000 ppm máximo, sulfatos 600 ppm máximo, cloruros 1000 ppm máximo y pH 5 a 8 ppm máximo (Pasquel ,1998).

### **Método ACI**

Está basado en que los agregados cumplan con los requisitos físicos y granulométricos establecidos por ASTM C-33 ,define el agua de mezcla empíricamente en función del Tamaño Máximo del agregado y del slump como medida de trabajabilidad establece de manera empírica el volumen de agregado grueso compactado en seco en función del Tamaño Máximo de la piedra y el Módulo de Fineza de la arena exclusivamente, y correlaciona la relación Agua/Cemento en peso con la Resistencia en compresión (Pasquel ,1998.p.187).

### **Propiedades del Concreto en Estado Fresco**

## **Trabajabilidad**

Se establece a aquella dificultad sea mayor o menor que tiene el concreto a ser mezclado, transportado, colocado y compactado, usualmente se mide este a través del slump o el asentamiento con el cono de Abrams (Pasquel ,1998).

## **Consistencia**

Es la característica que determina la humedad de la mezcla por el nivel de soltura de ésta, es decir a mayor humedad será más fácil que el concreto fluya durante su colocación (Rivva,2000).

## **Segregación**

Es la separación del agregado grueso del mortero en sus partes (Rivva,2000).

## **Exudación**

Es cuando una porción del agua de la muestra se eleva hacia la superficie de la mezcla, debido a la sedimentación de los materiales sólidos (Rivva,2000).

## **Cohesividad**

Es aquella característica que controla la segregación a lo largo de la colocación de la mezcla. (Rivva,2000).

## **Propiedades del Concreto en Estado Endurecido**

### **Elasticidad**

Cualidad de concreto de poder de alterarse al estar sometido a carga sin llegar a deformarse permanentemente (Pasquel ,1998).

### **Resistencia**

Cualidad de resistir cargas y esfuerzos, siendo la compresión su mejor comportamiento comparado con la tracción a causa de las características adherentes del

cemento. El curado aporta en la resistencia ya que es un complemento en el curso de la hidratación (Pasquel ,1998).

### **Extensibilidad**

Cualidad del concreto de alterarse sin agrietarse. Se determina en función de la deformación unitaria máxima que la concreta toma sin que suceda la fisuración. Aunque cuando la deformación unitaria es 0.003 la fisuración se hace visible. (Pasquel ,1998).

### **Elementos de Concreto Armado**

Los elementos de concreto armado u hormigón armado es una mezcla de concreto reforzado con barras o mallas de acero. La barra de acero también se conoce como barra de refuerzo. También los elementos pueden ser reforzados con fibras tales como fibra plástica, fibra de vidrio. El hormigón tiene algunas similitudes con el acero en términos de coeficiente de dilatación, sin tener en cuenta las limitaciones internas provocadas por los cambios en la temperatura. Cuando el concreto fragua, se contrae y por ende ejerce presión sobre las barras de acero, lográndose una adherencia química. También podemos especificar que, para varillas o hilos, tienen protuberancias en su superficie, llamadas ondas Contribuyen en términos de adherencia física entre la varilla y el hormigón. (Parrales et al, 2018, como se citó en Murayari,2020).

### **Vigas**

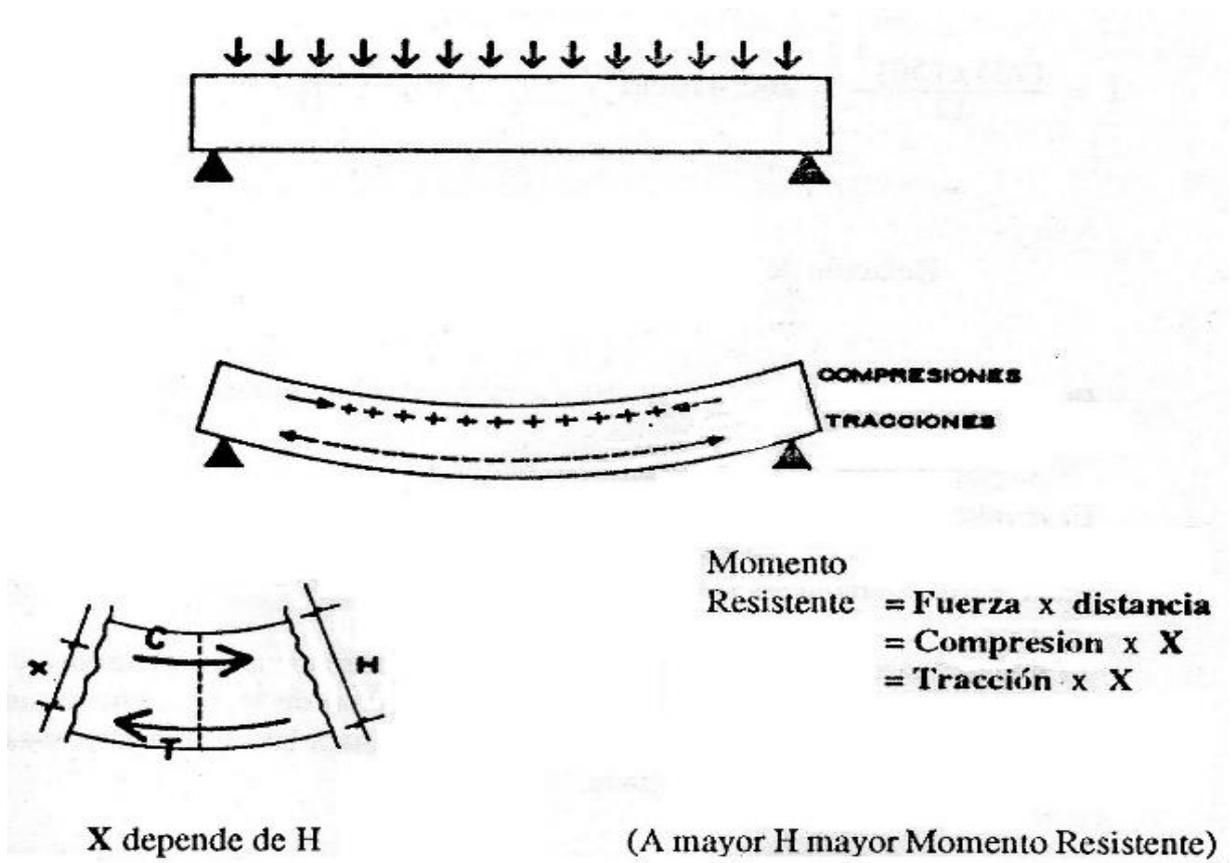
Las vigas son las que soportan los pesos de losas, y las trasladan a otras vigas así también a columnas o muros. Las vigas realizan un trabajo sísmico conjuntamente con columnas y muros, pues ellos resisten fuerzas horizontales provocadas por un sismo (cortantes, momentos y axiales), es decir aportan rigidez lateral (Blanco,1994).

Dependiendo de su altura las vigas pueden ser peraltadas o chatas, las primeras son visibles debido a que su altura es más amplia que su ancho y las segundas, están embebidas en la losa y no se aprecian.

El comportamiento de una viga a flexión ocasiona esfuerzos de tracción y compresión (ver Figura 14). Estas fuerzas producidas internamente están espaciadas por el peralte de esta. (Blanco,1994)

Dado que el momento aplicado no depende del canto de la viga sino de la carga y la luz, y el momento resistente debe ser igual o mayor que el momento aplicado, cuanto menor es el canto, mayor es la fuerza de compresión y/o tracción. (Blanco,1994).

**Figura 14**  
*Comportamiento de una Viga (Flexión)*

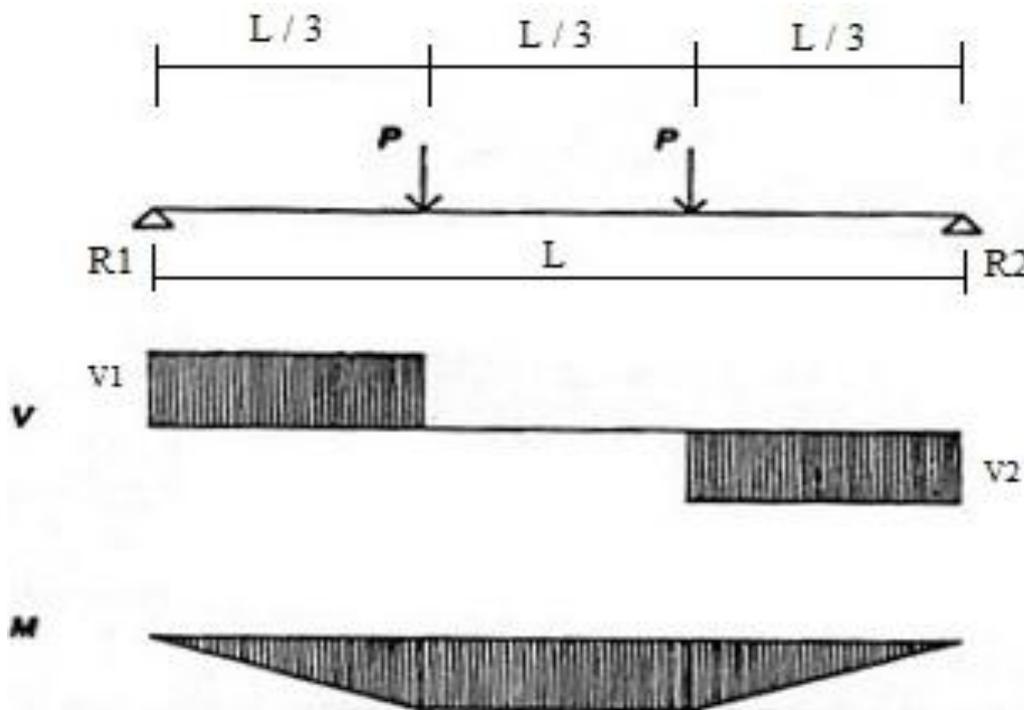


Fuente: Blanco (1994)

Todo elemento que está sometido a flexión como puede ser viga y techos, están sujetos a fuerzas perpendiculares a su plano, ocasionando esfuerzos de flexión y cortante. (Blanco,1994)

En la Figura 15, se representa una viga simplemente apoyada, si la cargamos y aumentamos progresivamente las cargas tenemos un comportamiento a fuerzas cortantes (V) y momentos (M)

**Figura 15**  
*Grafica de una Viga Sometida a Flexión Pura*



Fuente: Blanco (1994)

Las ecuaciones (1) esfuerzo cortante y (2) Momento Flector corresponden a la Figura 15 serian:

$$V1 = V2 = P \tag{1}$$

Donde:

V: Cortante

P: Carga

$$M = P * \frac{L}{3} \quad (2)$$

Dónde:

*M*: Momento máximo

*P*: Carga

*L*: Longitud

### **Condiciones de Diseño con Barras GFRP y Acero a Flexión**

De acuerdo con las pautas de diseño del ACI 440, se permiten dos tipos de falla para el diseño de la barra de distribución de GFRP. Primero, la falla es causada por la falla de las barras de GFRP primero, y luego por el agrietamiento del concreto. El segundo motivo es la fractura del hormigón y la posterior rotura de las barras de GFRP, que apareció como una fractura quebradiza, pero los factores de seguridad aplicados en el diseño la controlan. (ACI-440.1R,2015, como se citó en Pichardo & Tovar, 2020).

Por lo tanto, recomendamos que el problema sea causado por aplastamiento de concreto. Por el contrario, para diseños con varillas de acero, se utilizan tres criterios de falla. El primero es la falla dúctil, es decir el elemento fluye el acero y posteriormente el hormigón armado se rompe. La segunda es la fractura frágil, que ocurre cuando un elemento está demasiado reforzado y se rompe antes de que el acero se fluya. Finalmente, hay una falla balanceada, cuando la resistencia del elemento se logra al mismo tiempo que el acero se fluye. Por lo tanto, al diseñar con acero, se desea una falla dúctil. (Escamilla L. & Loza J., 2004 como se citó en Pichardo & Tovar, 2020)

En la Tabla 12 muestra la comparación de las características principales entre las barras GFRP y acero.

**Tabla 12**  
*Principales Características de las Barras GFRP y Barras de Acero*

	Barra GFRP	Barra Acero
Tipo de material	Compuesto anisótropo	Material isotrópico
Flexión	Falla por aplastamiento del concreto	Falla dúctil
Agrietamiento	Se permite mayor agrietamiento teniendo un máximo de 0.07 cm	Máximo permitido 0.04cm
Deflexiones	No se toma en cuenta el refuerzo a compresión	se toma en cuenta el acero a compresión
Cortante	Disminución en la resistencia en los dobleces	Misma resistencia en los dobleces

Fuente: Pichardo & Tovar (2020)

En términos de adhesión entre el refuerzo de GFRP y el hormigón, es similar a la del acero con el hormigón. Esta conexión depende del módulo de elasticidad, la deformación de la superficie y la forma de la barra. La diferencia entre el GFRP y la adhesión del acero es que no es necesario desarrollar la resistencia general de la barra de GFRP, por ejemplo, la capacidad de flexión se controla mediante la trituración del concreto y la tensión de tracción requerida en la varilla es más pequeña que su resistencia máxima garantizada. (ACI-440.1R,2015, citado por Pichardo & Tovar, 2020)

Si se tiene un elemento de hormigón reforzado con acero, las grietas serán una preocupación importante en lo que respecta a la durabilidad estructural. Por otro lado, para el hormigón reforzado con varillas de GFRP, se puede ignorar ya que no provocará el desgaste del hormigón. Además, para asegurar una mejor adherencia de las varillas de GFRP

al hormigón, se recomienda cubrir las barras con arena cuarzosa o chorros de arena. (De la Cruz C., 2004, citado por Pichardo & Tovar, 2020)

Los elementos curvos como los estribos de GFRP se ha mostrado en investigaciones que reducen sus resistencias a la tracción en un 60% en comparación con la recta. Es por ello que esta forma debe de producirse en fabrica. (ACI- 440.1R,2015, citado por Pichardo & Tovar, 2020)

Además, cuando se utilizan barras de refuerzo GFRP, la longitud recomendada de empalme es igual a 40 veces el diámetro de la barra en comparación al acero que usa 30 veces el diámetro (ACI- 440.1R,2015, citado por Pichardo & Tovar, 2020).

### **Elementos Sometidos a Cortante**

La transferencia de esfuerzos cortantes en vigas de hormigón armado depende en gran medida de la resistencia a tracción y compresión del hormigón, y su principal característica es el patrón de rotura, no dúctil. En las estructuras sísmicas se presta mucha atención a la posibilidad de entrar en el modo de plástico (ductilidad) y por ello el proyectista debe asegurarse de que no se produzca la fractura de cortante, sino buscar la fractura por flexión. Por lo tanto, la resistencia al corte del miembro debe ser mayor que la máxima resistencia a la flexión que se puede desarrollar (Blanco,1994).

### **Comportamiento de Vigas a Cortante**

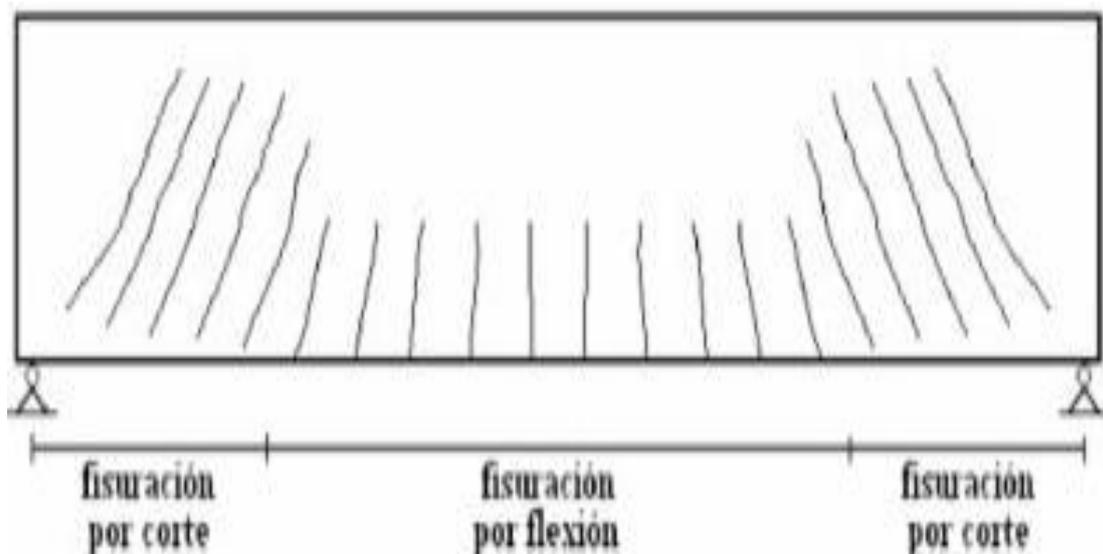
El comportamiento que se observa cuando un elemento no lleva refuerzo transversal en el alma es que antes de que aparezcan las primeras fisuras de tracción y flexión, el comportamiento es principalmente elástico, y con el aumento de las cargas, las fuerzas cortantes pueden causar tensiones que superan la resistencia a la tracción del hormigón, dando lugar a fisuras inclinadas a la altura próxima de centro de peralte (Blanco,1994).

De acuerdo con Lalvay (2017), menciona que: en una viga expuesta a esfuerzo cortante y flexión, se encontró que las fisuras por flexión se localizaban en la parte central de la viga y se extendían hacia los extremos, en tanto que las fisuras por cortante se presentaban cerca de los apoyos con una inclinación de  $45^\circ$  (Ver

Figura 16).

### Figura 16

*Fisuraciones en Vigas de Concreto*



Fuente: Lalvay (2017)

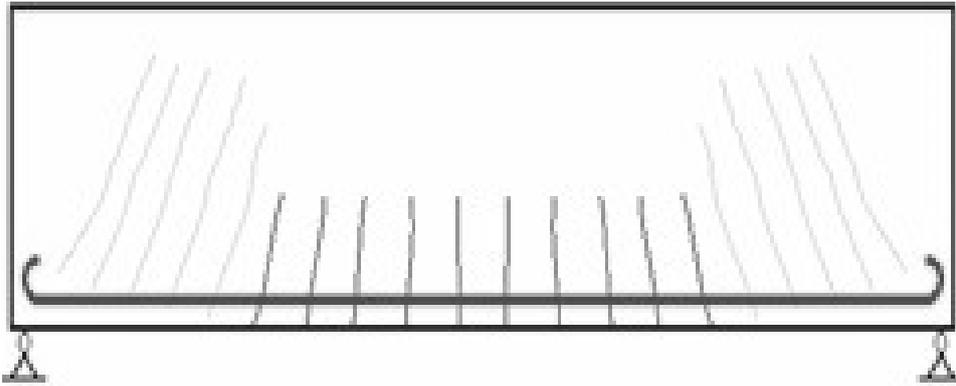
Cuando la fisura diagonal aparece y se extiende hacia el bloque comprimido, provoca el colapso del elemento, provocando la denominada falla por tracción diagonal; la fractura también puede ocurrir por aplastamiento del bloque de hormigón comprimido, debido a que esta zona se reduce al extenderse la fisura, este tipo falla se denomina compresión por cortante (Blanco,1994).

Para controlar las fisuras, se usa refuerzo de acero; Para fisuras a flexión, el acero se ubica de manera longitudinal y para fisuras a corte, los estribos se sitúan en toda su longitud.

Lalvay (2017). En la Figura 17 se aprecia la ubicación de los refuerzos en la viga de concreto, para fisuras por flexión y la Figura 18 refuerzo para fisuras por cortante.

**Figura 17**

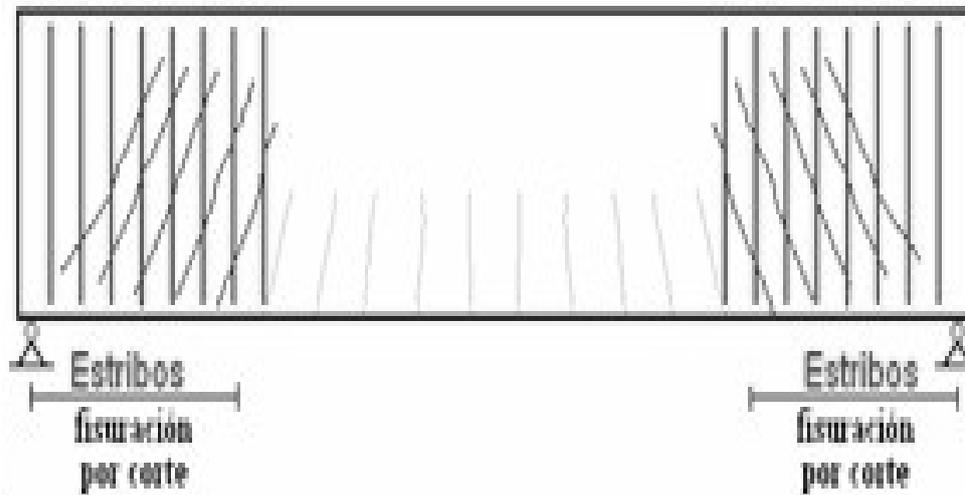
*Refuerzo para fisuras por Flexión*



Fuente: Lalvay (2017)

**Figura 18**

*Refuerzo para fisuras por cortante*



Fuente: Lalvay (2017)

**Diseño de Vigas con GRFP**

De acuerdo con el American Concrete Institute [ACI] (2015), El diseño de vigas de hormigón armado con GRFP es similar a las reforzadas con acero, los datos de experimentos previos así lo demuestran, al observar la flexibilidad de las vigas de hormigón armado se

pueden realizar cálculos basados en supuestos similares de armadura de acero. Las secciones de hormigón armado con refuerzo de acero generalmente están diseñadas para una falla dúctil es decir las varillas fallan antes de triturarse el hormigón. (Vila, 2019)

Por lo tanto, si la barra de refuerzo de FRP se rompe, la falla en la viga es inmediata, en cambio, dado que la barra de refuerzo de FRP sufre un alargamiento significativo antes de romperse, aparecerán advertencias en forma de grandes grietas y deflexiones. De todas maneras, la viga no exhibirá la ductilidad que se encuentra comúnmente en las vigas de hormigón controladas por tensión reforzadas con varillas de acero, donde las barras de acero exhiben deformación plástica antes de que el hormigón sea aplastado. (ACI- 440.1R,2015, citado por Vila, 2019).

Para vigas a flexión reforzadas con FRP, el comportamiento del control de compresión es un poco más preferible. Porque, cuando se somete a trituración, el hormigón percibirá un comportamiento inelástico antes de que la tensión de la barra de refuerzo de FRP se rompa de forma significativa. De esta forma, ACI (2015) señaló que siempre que se cumplan los estándares de resistencia e idoneidad, tanto las secciones de control de compresión como de tracción son aceptables en el diseño de elementos de flexión con refuerzo de FRP. Para contrarrestar la falta de ductilidad, la viga debe tener una mayor resistencia de reserva. En consecuencia, el margen de seguridad sugerido por esta guía a fallas es mayor que el utilizado en un diseño convencional de hormigón armado con varillas de acero. (Vila, 2019)

El uso de hormigón de alta resistencia puede aprovechar mejor las características de alta resistencia de las varillas reforzados con fibra de vidrio y aumentar la rigidez de la sección agrietada. Sin embargo, la fragilidad del hormigón de alta resistencia reducirá la

deformabilidad general del elemento de flexión en comparación con hormigón de resistencia ordinaria. (ACI- 440.1R,2015, citado por Vila, 2019).

### **Factor de Exposición Ambiental**

La exposición prolongada al medio ambiente puede reducir la resistencia a la tracción, la fluencia y la fatiga de las barras de refuerzo de PRFV según el tipo y la severidad del entorno. Por esta razón, la cualidad del material proporcionadas por el fabricante no debe incluir estos efectos y deben ser las originales (Nanni, De Luca & Zadeh, 2014 citado por Lascano, 2021).

El factor de exposición ambiental, CE, el cual se muestran en la Tabla 13 ,se determinó en base a la perdurabilidad de las distintas fibras. También, se debe tener en cuenta el efecto de la temperatura, teniendo en cuenta que los elementos de FRP no se deben utilizar en ambientes donde las temperaturas de servicio sean superiores a las realizadas en la resina, Tg, para el proceso de elaboración (ACI- 440.1R,2015).

**Tabla 13**

*Valores del Factor de Reducción Ambiental Propuestos por el ACI- 440.1R,2015*

Condiciones de exposición del elemento	Tipo de fibra de refuerzo	CE
Hormigón protegido del clima y sin contacto con el suelo	Carbono	1,0
	Vidrio	0,8
	Aramida	0,9
Hormigón expuesto al clima o en contacto el con suelo	Carbono	0,9
	Vidrio	0,7
	Aramida	0,8

Fuente: Díaz & Wainshtok,2018

De ninguna manera, se permite que la fractura de sección suceda sin que la varilla de refuerzo alcance la deformación de 0,005. ( $\epsilon_f < 0.005$ ). (Díaz & Wainshtok, 2018, p.2).

### **Análisis y Diseño de Secciones en Flexión con Refuerzo de Varillas de fibra de Vidrio (GFRP o PRFV)**

Para el diseño de hormigón armado con armadura PRFV, se utiliza el principio de Estado Límites Últimos para asegurar una resistencia idónea a través del factor de seguridad de diseño. Este factor afecta la carga y la capacidad portante nominal de la sección según el modo de falla de la estructura del elemento que desea utilizar. El modelo de análisis utilizado para diseñar elementos de hormigón armado reforzados con armadura FRP es similar al modelo de análisis utilizado para acero, aunque existen particularidades que no deben omitirse en el caso que deseamos realizar un proceso particular cuando se utiliza las varillas de PRFV en el refuerzo del concreto armado. El propósito es verificar, si las demandas calculadas de cada estado límite es menor o igual que la resistencia última  $\phi S_n \geq S_u$ , los estados límite de servicio son los que generalmente rigen el diseño, en lugar de los estados límite de resistencia (Díaz & Wainshtok, 2018, p.1).

La expresión  $\phi S_n \geq S_u$ , se encuentra en el ACI- 440.1R, 2015 como Resistencia a la flexión (Ver ecuación (3)):

$$\phi M_n \geq M_u \quad (3)$$

Donde:

M<sub>n</sub>: Resistencia a la flexión nominal o momento nominal

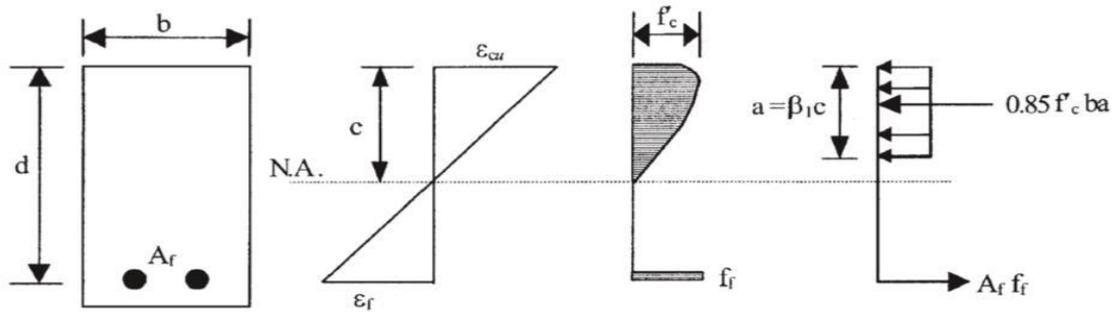
M<sub>u</sub>: Resistencia a la flexión última o momento último

$\phi$  : Factor de reducción de resistencia

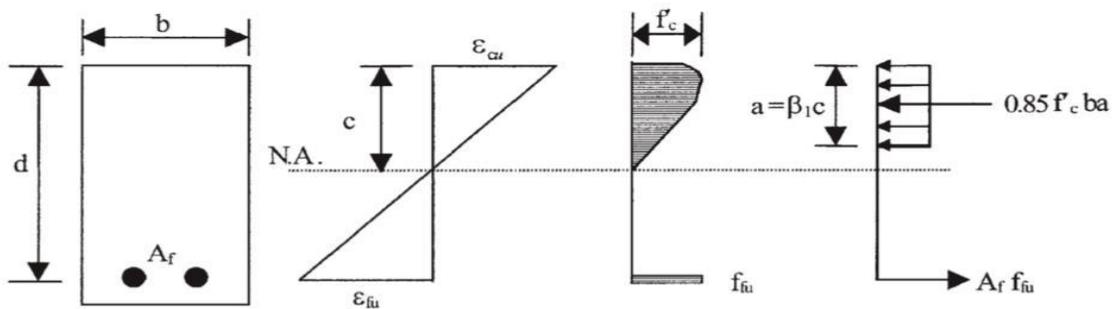
En la Figura 19 se muestran los tres casos que puede tener una sección rectangular reforzada con FRP, es decir, los diferentes tipos de falla a tomarse en cuenta para determinar la resistencia nominal (Lascano,2021, p.42).

**Figura 19**

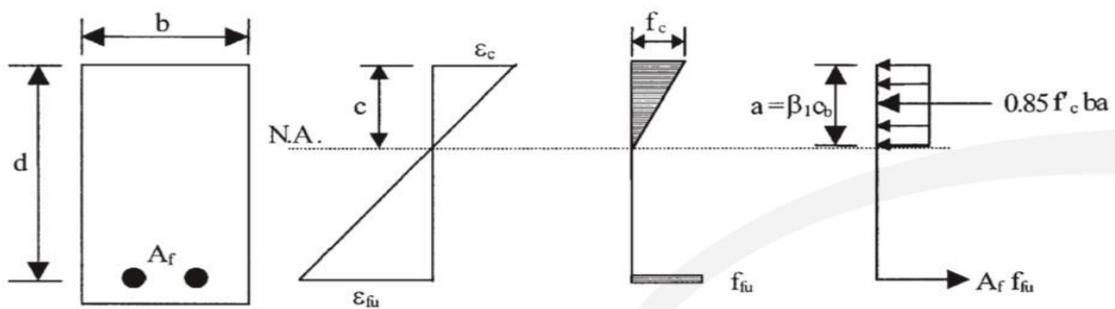
*Deformación, esfuerzos y fuerzas internas de secciones GFRP.*



*(a) Failure governed by concrete crushing*



*(b) Balanced failure condition*



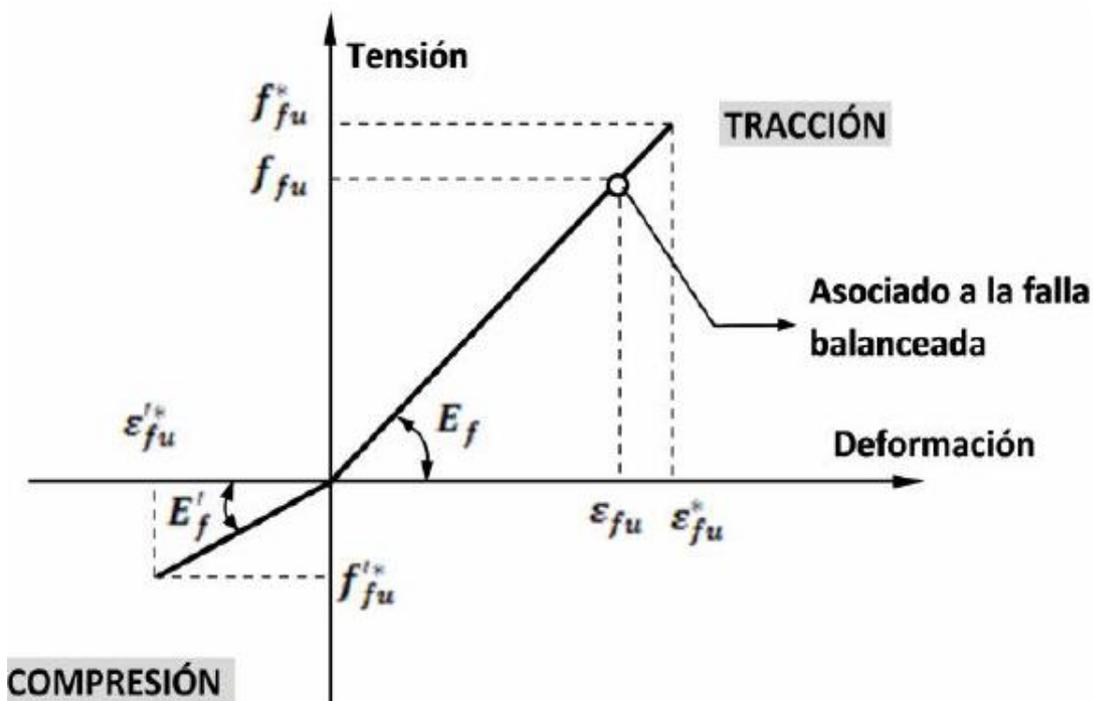
*(c) Failure governed by FRP rupture (concrete stress may be nonlinear)*

Fuente: ACI-440.1R-15 (2015)

Las propiedades mecánicas del refuerzo FRP son muy diferentes del comportamiento del refuerzo tradicional basado en barras de acero. El cambio en la filosofía de diseño de las estructuras de hormigón armado que utilizan FRP se debe esencialmente a las propiedades elásticas (las barras de FRP no logran fluencia, su comportamiento es elástico, incluso hasta que el material se quiebre) (ver Figura 20), así como la anisotropía del nuevo material que tiene una alta resistencia a la tracción solo en la dirección de las fibras de refuerzo. (Díaz & Wainshtok, 2018, p.2)

**Figura 20**

*Leyes Tensión - Deformación de las Barras de PRF a Tracción y Compresión*



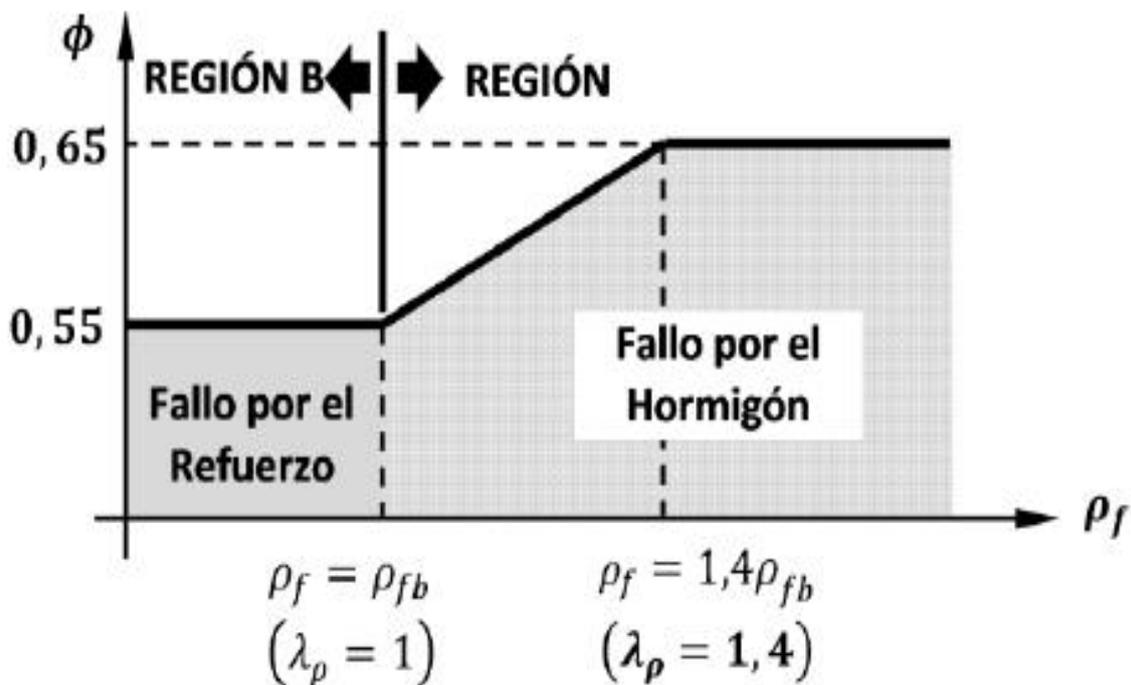
Fuente: Díaz & Wainshtok (2018)

Los elementos reforzados con PRF no presentan la ductilidad habitual de las armaduras de acero y se diseñan según los estándares conocidos de estas condiciones, es decir, con cuantías de armado a tracción inferior a la balanceada ( $\rho_s < \rho_b$ ), que se define como la cantidad de armado que, al mismo tiempo, en que el hormigón alcance su deformación

por compresión máxima ( $\epsilon'_{cu} = 0,003$ ) además que el refuerzo PRF alcance su tensión final ( $f_{fu}$ ). Por este motivo cuando se utilicen varillas de PRF, podemos llevar a elegir la falla por compresión del hormigón en lugar del fallo de la varilla. Según la experiencia, este tipo de daño presenta un cierto grado de comportamiento plástico. En cualquier caso, dado que los dos modos de falla no son dúctiles, se requiere una reserva de capacidad mayor, por lo que el factor de reducción de resistencia ( $\phi$ ) del hormigón armado PRF suele ser menor que el del hormigón armado ( $\phi$ ) (ver Figura 21) (Díaz & Wainshtok, 2018, p.2).

**Figura 21**

*Gráfica del Coeficiente Reductor de la Capacidad Nominal para los PRF*



Fuente: Díaz & Wainshtok (2018)

En la Ecuación (4) se muestra los factores de reducción de resistencia dependiendo de la región de análisis.

$$\phi = \begin{cases} 0,55 & \text{Si } \lambda_p \leq 1 \\ 0,3 + 0,25\lambda_p & \text{Si } 1 < \lambda_p < 1,4 \\ 0,65 & \text{Si } \lambda_p \geq 1,4 \end{cases} \quad (4)$$

Dónde:

$\phi$  : Factor de reducción de resistencia

$\lambda p$ : Factor de relación entre la cuantía del refuerzo a tracción y cuantía balanceada

Las Ecuación (5) se aprecia el factor entre la cuantía del refuerzo a tracción y cuantía balanceada para conocer la región de análisis y hallar el factor de reducción de resistencia.

$$\lambda p = \frac{\rho f}{\rho f b} \quad (5)$$

Dónde:

$\lambda p$ : Factor de relación entre la cuantía del refuerzo a tracción y cuantía balanceada

$\rho f$ : cuantía de refuerzo de polímero reforzado con fibra

$\rho f b$ : cuantía balanceada de refuerzo de polímero reforzado con fibra

Los esfuerzos de los materiales deben tenerse en cuenta en las ecuaciones de diseño obtenidas a partir de la reducción recomendada por el fabricante (ver Ecuación (6) y (7)), teniendo en cuenta el agente reductor considerando el tipo de fibra utilizada como refuerzo y la exposición del elemento al medio ambiente (ver Tabla 13) (Díaz & Wainshtok, 2018, p.2).

La Ecuación (6) se aprecia la resistencia de diseño a tracción del refuerzo PRF aplicando el factor de exposición, debido a que no se diseña con la resistencia en su totalidad proporcionada por el fabricante.

$$f_{fu} = C_E f_{fu}^* \quad (6)$$

Dónde:

$f_{fu}$ : Resistencia de diseño a tracción del refuerzo PRF, considerando la reducción por condiciones ambientales

$C_E$ : Coeficiente de reducción de la resistencia del refuerzo PRF por condiciones ambientales.

$f_{fu}^*$ : Resistencia última a la tracción garantizada por el fabricante.

La Ecuación (7) muestra la deformación por rotura por tracción del diseño del refuerzo de FRP aplicando el factor de reducción ambiental.

$$\varepsilon_{fu} = C_E \varepsilon_{fu}^* \quad (7)$$

Dónde:

$\varepsilon_{fu}$ : Deformación por rotura de diseño del refuerzo de FRP

$C_E$ : Coeficiente de reducción de la resistencia del refuerzo PRF por condiciones ambientales

$\varepsilon_{fu}^*$ : tensión de rotura garantizada del refuerzo FRP

De ninguna manera, se permite que la fractura de sección suceda sin que la varilla de refuerzo alcance la deformación de 0,005. ( $\varepsilon_f < 0.005$ ). (Díaz & Wainshtok, 2018, p.3).

## **Estado límite Último de Flexión en Secciones Rectangulares Reforzadas con PRF**

### **Hipótesis para Modelar el Estado Límite de Resistencia a Flexión**

Según Díaz & Wainshtok (2018) indica que:

1. Se acepta adherencia perfecta entre las barras de PRF y el hormigón que las envuelve.
2. La sección que es plana antes de deformarse continúa siéndolo hasta el agotamiento, esto es: las deformaciones en el hormigón y el refuerzo son proporcionales a sus distancias respectivas al eje neutro.
3. Se desprecia toda contribución del hormigón a tracción.

4. El comportamiento del refuerzo PRFV a tracción es lineal hasta el fallo. Esto significa que la ecuación constitutiva de este material responde a la ley de Hooke en todo el rango de deformación.
5. La deformación que alcanza el hormigón a nivel de la fibra de máxima compresión dependerá de la relación entre la cuantía del refuerzo en tracción ( $\rho_f$ ) que garantiza el diseño, y la cuantía balanceada, ( $\rho_{fb}$ ) definiendo a su vez la cualidad del potencial fallo de la sección. Se puede aceptar que:

- Si se diseña para la condición

$$\rho_f \geq \rho_{fb} \Rightarrow \varepsilon'_c = \varepsilon'_{cu} < 0,003 \quad (8)$$

Diseño por condición cuantía balanceada menor (la falla sobreviene por el hormigón a compresión)

- Si se diseña para la condición

$$\rho_f < \rho_{fb} \Rightarrow \varepsilon'_c = 0,003 \quad (9)$$

Diseño por condición cuantía balanceada mayor (la falla sobreviene por la ruptura del refuerzo (PRF) en tracción, resultando fallas con mayor fragilidad)

6. La relación entre la distribución de los esfuerzos de compresión en el hormigón y la deformación que experimenta este material, puede considerarse parabólica, trapezoidal, rectangular o de cualquier otra forma, siempre que se asegure una buena convergencia con los resultados de ensayos que sean representativos del estudio de esta sollicitación (p.2).

Para la elaboración del modelo propuesto se puede aceptar una distribución basada en la deformación máximo alcanzado para el hormigón bajo esfuerzo, de acuerdo con los siguientes criterios que se muestran en la Figura 20 (Díaz & Wainshtok,2018, p.3).

$$Si \rho_f > \rho_{fb} \Rightarrow \varepsilon'_c = \varepsilon'_{cu} = 0,003$$

Se acepta un bloque rectangular de compresiones de altura  $a = \beta_1 c$ , y tensión uniforme en dicha altura igual a  $0,85 f'_c$ . En este caso el coeficiente depende de la calidad del hormigón según la Ecuación (10) (Díaz & Wainshtok,2018, p.4)

$$\beta = \begin{cases} 0,85 & si: f'_c > 28MPa \\ 1,05 \frac{f'_c}{140} \leq 0,65 & si: f'_c > 28MPa \end{cases} \quad (10)$$

$$Si \rho_f \leq \rho_{fb} \Rightarrow \varepsilon'_c = 0,003 \quad (11)$$

Donde:

$\beta$ : Relación de la distancia desde el eje neutral al extremo. Tensión de la fibra a la distancia del eje neutro a centro de refuerzo de tracción.

$f'_c$ : Resistencia a la compresión especificada del hormigón.

$\rho_f$ : Cuantía de refuerzo de polímero reforzado con fibra

$\rho_{fb}$ : Cuantía de refuerzo de polímero reforzado con fibra

Se propone una relación  $(\sigma'_c; \varepsilon'_c)$  parabólica, transformando luego este diagrama en otro rectangular equivalente de altura  $\alpha = \beta i. c$  y tensión uniforme en dicha

altura igual a  $(a_i \cdot f'_c)$ . En este caso los coeficientes  $a_i$  y  $\beta_i$  dependerán de la deformación  $\epsilon'_{ci}$ . (Díaz & Wainshtok, 2018, p.2)

**Estados Límite de Resistencia** Para precisar si la sección es dominada por tensión o compresión se compara la cuantía de del refuerzo GFRP (Ecuación (12)) con la cuantía balanceada. (Ecuación (13)) (Lascano, 2021)

Para precisar si la sección es dominada por tensión o compresión se compara la cuantía de del refuerzo GFRP (Ecuación (12)) con la cuantía balanceada. (Ecuación (13)) (Lascano, 2021)

$$\rho_f = \frac{A_f}{bd} \tag{12}$$

Área total de las barras longitudinales de PRF en tracción

Donde:

$A_f$ : Área total de las barras longitudinales de PRF en tracción.

$\rho_f$ : Cuantía de refuerzo de polímero reforzado con fibra

$b$ : Ancho de la sección rectangular de hormigón

$d$ : Peralte efectivo

$$\rho_{fb} = 0.85\beta_1 \frac{f'_c}{f_{fu}} \frac{E_f \epsilon_{cu}}{E_f \epsilon_{cu} + f_{fu}} \tag{13}$$

Dónde:

$\rho_{fb}$ : Cuantía balanceada de refuerzo de polímero reforzado con fibra.

$f'_c$ : Resistencia a la compresión especificada del hormigón

$f_{fu}$ : Resistencia de diseño a tracción del refuerzo PRF, considerando la reducción por condiciones ambientales.

$\beta_1$ : factor tomado como 0,85 para la resistencia del hormigón  $f'_c$

$E_f$ : Módulo de elasticidad a tracción del refuerzo PRF

### Resistencia Nominal

Cuando se tiene una sección donde  $\rho f > \rho f b$ , entonces ésta es dominada por la falla a compresión del concreto lo que involucra que el reparto de esfuerzos se aproxima al bloque rectangular de esfuerzos indicado en el ACI-318-2019. Realizando el equilibrio de fuerzas y deformaciones se obtienen las Ecuaciones (14) ,(15) y (16) las cuales son el momento nominal, la altura “a” del bloque de compresiones y el esfuerzo en la barra GFRP, respectivamente (ACI-440.1R-15, 2015, citado por Lascano ,2021, p.44).

$$Mn = A_f f_f \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad (14)$$

Donde:

Mn: Resistencia a la flexión nominal para falla a compresión.

$A_f$ : Área de barras longitudinales de PRF en tracción.

$f_f$ : Tensión real de trabajo de las barras longitudinales de PRF en tracción.

$d$ : Peralte efectivo

$a$ : altura bloque de compresiones

$$a = \frac{A_f f_f}{0,85 f'_c b} \quad (15)$$

Donde:

$f_f$ : Tensión real de trabajo de las barras longitudinales de PRF en tracción.

$a$ : altura bloque de compresiones

$A_f$ : Área de barras longitudinales de PRF en tracción

$f'_c$ : Resistencia a la compresión especificada del hormigón

$b$ : Ancho de la sección rectangular de hormigón

$$f_f = \left( \sqrt{\frac{(E_f \varepsilon_{cu})^2}{4} + \frac{0.85 \beta_1 f'_c}{\rho_f} E_f \varepsilon_{cu}} - 0.5 E_f \varepsilon_{cu} \right) \leq f_{fu} \quad (16)$$

Dónde:

$f_f$ : Tensión de las barras longitudinales de PRF en tracción.

$E_f$ : Módulo de elasticidad a tracción del refuerzo PRF

$\varepsilon_{cu}$ : deformación en hormigón a compresión

$f_{fu}$ : Resistencia de diseño a tracción del refuerzo PRF, considerando la reducción por condiciones ambientales

$\beta_1$ : factor tomado como 0,85 para la resistencia del hormigón  $f'_c$

$f'_c$ : Resistencia a la compresión especificada del hormigón

La Ecuación (17) se muestra el límite inferior de deformación del refuerzo en tracción el cual debe ser al menos igual a 0,005:

$$\varepsilon_f = \frac{f_f}{E_f} \quad (17)$$

Dónde:

$f_f$ : Tensión real de trabajo de las barras longitudinales de PRF en tracción.

$E_f$ : Módulo de elasticidad a tracción del refuerzo PRF

$\varepsilon_f$ : Deformación de la barra de PRFV.

La Resistencia a la flexión nominal puede presentarse en función de la cuantía, tal y como

se muestra en la Ecuación (18) (Lascano ,2021).

$$Mn = \rho_f f_f \left( 1 - 0.59 \frac{\rho_f f_f}{f'_c} \right) b d^2 \quad (18)$$

Donde:

$Mn$ : Resistencia a la flexión nominal para falla a compresión

$f_f$ : Tensión real de trabajo de las barras longitudinales de PRF en tracción.

$\rho_f$ : Cuantía de refuerzo de polímero reforzado con fibra

$f'_c$ : Resistencia a la compresión especificada del hormigón

$b$ : Ancho de la sección rectangular de hormigón

$d$ : Peralte efectivo

Cuando se tiene una sección donde  $\rho_f < \rho_{fb}$ , entonces ésta es dominada por la falla en la varilla GFRP, la resistencia nominal se puede hallar con Ecuación (19) (ACI-440.1R-15 (2015), citado por Lascano ,2021, p.45).

$$Mn = A_f f_{fu} \left( d - \frac{\beta_1 c}{2} \right) \quad (19)$$

Donde:

$Mn$ : Resistencia a la flexión nominal falla a tensión de la varilla

$A_f$ : Área de barras longitudinales de PRF en tracción

$f_{fu}$ : Resistencia de diseño a tracción del refuerzo PRF, considerando la reducción por condiciones ambientales.  $\beta_1$ : factor tomado como 0,85 para la resistencia del hormigón  $f'_c$

$d$ : Peralte efectivo

$\beta_1$ : factor tomado como 0,85 para la resistencia del hormigón  $f'_c$

$c$ : Distancia de la fibra de compresión extrema a eje neutro

Aun cuando se conociera el esfuerzo que realiza la barra GFRP en el instante de la falla, no es claro cuál sería la magnitud de la deformación del concreto en ese momento, así como la posición del eje neutro,  $c$ . Por ello, las simplificaciones del bloque rectangular de esfuerzos no aplican debido a que el concreto no llegaría a la deformación unitaria última (0.003) (Lascano ,2021, p.45).

Dependiendo del modelo de material y la cuantía del refuerzo GFRP, el factor  $\beta_{lx}$  varia, por ello, teniendo una sección balanceada, el valor máximo es de  $\beta_{lxcb}$  (ver Ecuaciones (20) y (21)(Lascano ,2021, p.45).

$$Mn = A_f f_{fu} \left( d - \frac{\beta_1 c_b}{2} \right) \quad (20)$$

Donde:

$Mn$ : Resistencia a la flexión nominal o momento nominal

$A_f$ : Área de barras longitudinales de PRF en tracción

$f_{fu}$ : Resistencia de diseño a tracción del refuerzo PRF, considerando la reducción por condiciones ambientales.

$\beta_1$ : factor tomado como 0,85 para la resistencia del hormigón  $f'_c$

$d$ : Peralte efectivo

$c_b$ : Distancia de la fibra de compresión extrema a eje neutro en condición de deformación balanceada

$$c_b = \left( \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{fu}} \right) d \quad (21)$$

Donde:

$C_b$ : Distancia de la fibra de compresión extrema a eje neutro en condición de deformación balanceada.

$\epsilon_{cu}$ : Deformación máxima en el hormigón

$\epsilon_{fu}$ : Deformación por rotura de diseño del refuerzo de FRP, ( $\epsilon_{fu} = C E \epsilon_{fu}^*$ )

$d$ : Peralte efectivo.

### Refuerzo Mínimo GFRP

En cuanto secciones dominadas a tensión, se debe colocar un refuerzo mínimo (ver Ecuación (22) para la prevención de fallo por agrietamiento del concreto,  $M_{cr}$ . Esta verificación en secciones dominadas por compresión del concreto no son necesarias. Debido a que el refuerzo mínimo estaría considerado (Lascano ,2021, p.47).

$$A_{f,min} \geq \begin{cases} \frac{0,41\sqrt{f'_c}}{f_{fu}} b_w d \\ \frac{2,3}{f_{fu}} b_w d \end{cases} = \quad (22)$$

Área mínima de refuerzo

Dónde:

$A_{fmin}$ : Área mínima de refuerzo

$f'_c$ : Resistencia a la compresión especificada del hormigón

$b_w$ : Ancho de la sección rectangular de hormigón

$d$ : Peralte efectivo

### Servicio

Cuando ocurre la fisuración del elemento de concreto armado reforzados con GFRP la rigidez disminuye de manera importante, esto es lo que lo diferencia de las barras de acero, es así como las deflexiones permisibles ante cargas de servicio gobiernan el diseño. Esto significa que, para la misma sección con la misma cantidad de refuerzo, una sección

reforzada con GFRP normalmente tendrá mayor deflexión y ancho de fisura (ACI-440.1R-15, 2015, citado por Lascano ,2021, p.44).

### **Agrietamiento**

El concreto es un material que no resiste la tensión, debido a ellos es propenso a agrietarse, estos podrían venir de cambios en su volumen, por fuerzas de corte y momentos flectores por tensiones (Sánchez, 2022)

Los agrietamientos podrían ser importantes, debido a que el refuerzo tenga grandes capacidades o también cuantías de gran tamaño, esto es lo que sucede con las PRFV, estas estructuras son hiper reforzadas debido a su filosofía de diseño (Sánchez, 2022)

En las varillas de polímero reforzado, se pueden aceptar anchos de fisuras amplias, comparadas al acero pues estas son resistentes a la corrosión (ACI-440.1R-15,2015).

Para el ACI-318-2019 figuran valores de fisuras en el orden de 0.46 a 0.56mm por contrario en el ACI-440.1R-15(2015) basados en estudios de la sociedad japonesa (JSCE,1997) considera un máximo ancho de 0.50mm basados en criterios estéticos, La norma canadiense (CAN/CSA S6-06) concede entre 0.50 en ambientes agresivos extremos, y para otros un valor de 0.70mm. (Lascano ,2021, p.48).

El agrietamiento por flexión se puede controlar a través del método indirecto, este condiciona la dimensión de separación entre varillas (ver Ecuación (22)), garantizando al elemento la seguridad en función de las características del GFRP, así como del esfuerzo de ésta ante cargas de servicio.

$$S_{max} = 1.15 \frac{E_f w}{f_{fs} k_b} - 2.5 c_c \leq \frac{E_f w}{f_{fs} k_b} \quad (23)$$

Donde:

$S_{max}$ : Separación máximo entre barras

$E_f$ : Módulo de elasticidad a tracción del refuerzo PRF

$f_{fS}$ : Resistencia de diseño a tracción del refuerzo PRF, en régimen de servicio

$w$ : abertura máxima de fisura, de acuerdo a la finalidad de la estructura

$k_b$ =coeficiente de grado de adherencia entre PRF y concreto

Si fuera el caso se necesite un  $d_c$  mayor (ver Ecuación (24)), se sugiere disminuir el esfuerzo en la barra GFRP empleando mayor cuantía. (ACI-440.1R-15,2015, citado por Lascano, 2021, p.49).

$$d_c \leq \frac{E_f w}{2 f_{fS} \beta k_b} \quad (24)$$

Donde:

$d_c$ : Recubrimiento

$E_f$ : Módulo de elasticidad a tracción del refuerzo PRF

$f_{fS}$ : Resistencia de diseño a tracción del refuerzo PRF, en régimen de servicio

$w$ : Abertura máxima de fisura, de acuerdo con la finalidad de la estructura

$k_b$ =coeficiente de grado de adherencia entre PRF y concreto

$\beta$ : coeficiente de la posición de línea neutra en la sección fisurada

El coeficiente  $K_b$  es el grado de adherencia que existe entre PRF y concreto a su alrededor. Si las barras tuvieran una actuación semejante a las varillas de acero sin recubrir  $K_b=1$ , si fuera inferior  $K_b>1$  y para adherencia mayores  $K_b<1$ , aunque los análisis realizados por Bakis et al. (2006) los índices de  $K_b$  estuvieron en el rango de 0.60 a 1.72 con una media de 1.10, el comité 440 en consenso recomienda usar  $K_b=1.4$ , cuando se desconozca los resultados de los ensayos (Sánchez, 2022).

## Deflexiones

Debido a que el refuerzo de FRP son de variable rigidez, así como su fragilidad, elasticidad y particulares propiedades de adherencia, las deflexiones son mayores comparados con el acero, por ello el ACI-440.1R-15(2015) sugiere espesores mínimos de los elementos (método directo), para luego realizar una revisión de las magnitudes en cuanto a los límites de deflexiones calculadas (Lascano ,2021, p.49).

## Altura Mínimos Recomendados para Diseño de Vigas y Losas

El cumplimiento de alturas mínimas indicados en la Tabla 14 no necesariamente garantiza las solicitudes por deflexiones.

**Tabla 14**

*Alturas Mínimas Recomendadas para Vigas y Losas*

Member	Minimum thickness $h$			
	Simply supported	One end continuous	Both ends continuous	Cantilever
Solid one-way slabs	L/13	L/17	L/22	L/5.5
Beams	L/10	L/12	L/16	L/4

Fuente: ACI-440.1R-15(2015)

La Ecuación (25) muestra la relación larga, alto de vigas y losas

$$\frac{l}{h} \leq \frac{48\eta}{5k_1} \left( \frac{1-k}{\varepsilon_{fs}} \right) \left( \frac{\Delta}{l} \right)_{max} \quad (25)$$

Donde:

$$\eta = d/h$$

$k$ : profundidad relativa de la línea neutra

$\Delta/l$  máx.: deflexión máxima permitida sobre claro para cargas de servicio

$k_1$ : condiciones de borde 1(tramos simplemente,0.8(un solo tramo continuo),0.60(ambos tramos continuos) y 2.40 (voladizos)

$\epsilon_{fs}$ : Deformación de la barra de PRFV bajo cargas de servicio evaluado a  $L/2$  para vigas continuas y  $L$  en voladizos

### Momento de Inercia Efectivo

Cuando la carga máxima de servicio  $M_a$  sea mayor al momento de agrietamiento  $M_{cr}$  la sección pierde rigidez y por ende deteriora el momento de inercia (ver Ecuación (27) y (28)). La rigidez a la flexión va cambiando, esta depende de la carga aplicada en el instante de establecer la deflexión por ello el ACI 440.1R-15. 2015 opta por una ecuación de inercia efectiva  $I_e$  (ver Ecuaciones (29), (30),(31) y (32) ).(Lascano ,2021, p.51).

La Ecuación (26) nos da el coeficiente de equivalencia entre el polímero y el hormigón, ello nos servirá para hallar la Inercia agrietada.

$$n_f = \frac{E_f}{E_c} \quad (26)$$

Dónde:

$n_f$ : coeficiente de equivalencia entre el polímero y el hormigón

$E_f$ : Módulo (Ottazzi, 2004)lo de elasticidad a tracción del refuerzo PRF

$E_c$ : :módulo de elasticidad del hormigón

$$I_{cr} = \frac{bd^3}{3} k^3 + n_f A_f d^2 (1 - k)^2 \quad (27)$$

Donde:

$I_{cr}$ : Inercia agrietada

$b$ : Ancho de la sección rectangular de hormigón

$d$ : Peralte efectivo

$k$ : profundidad relativa de la línea neutra

$n_f$ : Coeficiente de equivalencia entre el polímero y el hormigón

$A_f$ : Área de barras longitudinales de PRF en tracción

$$k = \sqrt{2\rho_f n_f + (\rho_f n_f)^2} - \rho_f n_f \quad (28)$$

Donde:

$k$ : profundidad relativa de la línea neutra

$\rho_f$ : Cuantía de refuerzo de polímero reforzado con fibra

$n_f$ : Coeficiente de equivalencia entre el polímero y el hormigón

$$I_e = \frac{I_{cr}}{1 - \gamma \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^2 \left(1 - \frac{I_{cr}}{I_g}\right)} \leq I_g \quad (29)$$

$$\gamma = 1.72 - 0.72 \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right) \quad (30)$$

$$M_{cr} = 0.62 \sqrt{f'_c} \frac{l_g}{(y_t)} \quad (31)$$

$$I_g = \frac{bh^3}{12} \quad (32)$$

Donde:

$I_e$ : Inercia efectiva

$I_{cr}$ : Inercia agrietada

$M_{cr}$ : Momento de agrietamiento

$M_a$ : Momento máximo de carga de servicio

$I_g$ : Inercia total de sección de concreto no agrietado

$\gamma$ : Coeficiente en función de cargas aplicada y condiciones de borde

$f'_c$ : resistencia especificada a la compresión del concreto

$y_t$ : Distancia de la fibra extrema en tensión al centro de gravedad de la sección

$b$ : Ancho de la sección rectangular de hormigón

$h$ : Altura del elemento

De acuerdo con las recomendaciones de ACI-318-2019, la flecha de un elemento continuo se puede considerar a través del promedio ponderado de la inercia efectiva  $I_e$ , es decir, de la parte crítica de los momentos positivo y negativo. En caso de luces continuas en ambos extremos, la inercia efectiva puede establecerse por la Ecuación (33), entre tanto para luces continuas solo en un extremo, debe conseguirse la  $I_e$  en base de la posición del momento máximo, estos dos son los últimos métodos similares a los utilizados para métodos para elementos con acero (ACI-440.1R-15,2015, citado por Lascano ,2021, p.52).

$$I_e = 0.70I_{e+} + 0.15(I_{e1-} + I_{e2-}) \quad (33)$$

Donde:

$I_e$ : Inercia efectiva

### Cálculo de Deflexiones

La ecuación para calcular deflexiones inmediatas y a largo plazo se pueden obtener a través de los métodos de doble integración, área-momento y viga conjugada. Esta debe obedecer a los límites exigidos en las normas de cada país con. La Ecuación(34) es para calcular la deflexión inmediata por carga aplicada en los tercios del tramo.

$$\Delta_{m\acute{a}x} = \frac{Pl}{24E_c I_e} (3L^3 - 4l^2) \quad (34)$$

$\Delta_{max}$ : Deflexión máxima

$E_c$  : Módulo de elasticidad del hormigón

$l$ : Longitud

$P$ : Carga

$I_e$ : Inercia efectiva

### Recubrimientos

Los recubrimientos mínimos recomendados mostrados en la Tabla 15 están considerados las condiciones de exposición, salvo cuando se necesitase recubrimiento adicional en caso de fuego. Para las barras en paquete, el recubrimiento deberá ser similar al diámetro equivalente del paquete, pero no menor de 2 pulgadas. (ACI-440.5-2008, citado por Lascano ,2021, p.53). El recubrimiento es esencial para garantizar la seguridad y durabilidad de la estructura. Como se puede apreciar el recubrimiento es mayor que en una viga de concreto con refuerzo de acero.

El recubrimiento es esencial para garantizar la seguridad y durabilidad de la estructura.

Como se puede apreciar el recubrimiento es mayor que en una viga de concreto con refuerzo de acero.

**Tabla 15**  
*Recubrimientos Mínimos Recomendados*

	Specified cover, in.
<b>Slabs and joists</b>	
Top and bottom bars	
No. 10 bars and smaller	3/4
Formed concrete surfaces exposed to earth and for bottoms bearing on work mat, or slabs supporting earth cover	
No. 5 bars and smaller	1 -1/2
No. 6 through 10 bars	2
<b>Beams, formed</b>	
Exposed to earth	
Stirrups, spirals, and ties	1 -1/2
Primary reinforcement	2
Exposed to earth	
Stirrups and ties	2
Primary reinforcement	2-1/2
<b>Walls</b>	
No. 10 bars and smaller	3/4
Formed concrete surfaces exposed to earth or in contact with ground	2
<b>Footings and base slabs</b>	
At formed surfaces and bottoms bearing on concrete work mat	2
At unformed surfaces and bottoms in contact with earth	3
Top of footings	Same as slabs
Over top of piles	2

Fuente: (A.C.I. 440.5, 2008)

### **Diseño de la Sección a Cortante de FRP**

Es semejante el diseño de concreto armado con polímero reforzado con fibra (FRP) al de concreto armado con acero, aunque las barras de FRP, al tener propiedades mecánicas

distintas, influyen en la resistencia al corte, las cuales deben de considerarse (ACI 440.1R-15, 2015, p.24).

### **Consideraciones Generales**

Las barras con polímero reforzado con fibra poseen:

- 1) Un módulo de elasticidad relativamente bajo;
- 2) Una baja resistencia al corte transversal;
- 3) Falta de fluencia.

La parte doblada de una barra de FRP es bajo con relación al de la parte recta en el caso de la resistencia a la tracción. (ACI 440.1R-15, 2015, p.24),

### **Filosofía del Diseño de Corte de FRP**

El refuerzo se basa en el método de diseño de resistencia. Los factores de reducción de resistencia de 0,75 dado por ACI 318 para reducción de la capacidad de corte nominal del hormigón armado con acero. Los miembros también deben usarse para refuerzo de FRP. La resistencia al corte de diseño  $\phi V_n$  debe ser mayor que el factorizado fuerza cortante  $V_u$  en la sección considerada. Para el cálculo de la fuerza cortante máxima  $V_u$  en los soportes de las vigas debe seguirse según las disposiciones de ACI 318. (ACI 440.1R-15. 2015, p.24),

Es en el diseño por resistencia es la que se basa este método, el factor de reducción dado por el ACI 318 de 075 para disminuir la capacidad de corte nominal puede ser usado tanto en el acero como en el refuerzo de FRP. La resistencia al corte de diseño  $\phi V_n$  tiene que ser superior que el esfuerzo cortante facturado  $V_u$  en la sección analizada (ACI 440.1R-15. 2015, p.24),

### **Ecuaciones para Cálculo de Cortante en FRP**

Según Díaz & Wainshtok (2018, p.2) indica que:

La contribución del concreto a cortante se realiza con la Ecuación (35):

$$V_c = (0,40k_s)\sqrt{f'_c} b_w d \quad (35)$$

Dónde:

$V_c$ : Resistencia al corte nominal proporcionado por hormigón

$k_s$ : Profundidad relativa de la línea neutra en régimen de servicio

$f'_c$ : Resistencia a la compresión especificada del hormigón

$b_w$ : Ancho de la sección rectangular de hormigón

$d$ : Peralte efectivo

La profundidad relativa de la línea neutra en régimen de servicio se halla con Ecuación

(36)

$$k_s = \sqrt{(n_f \rho_f)^2 + 2n_f \rho_f} - n_f \rho_f \quad (36)$$

Dónde:

$k_s$ : Profundidad relativa de la línea neutra

$n_f$ : Coeficiente de equivalencia entre el polímero y el hormigón

$\rho_f$ : Cuantía de refuerzo de polímero reforzado con fibra

Con la ecuación (37) se halla el coeficiente de equivalencia entre el polímero y el hormigón.

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} \quad (38)$$

$$n_f = \frac{E_f}{E_c} \quad (37)$$

Dónde:

$n_f$ : coeficiente de equivalencia entre el polímero y el hormigón

$E_f$ : Módulo de elasticidad a tracción del refuerzo PRF

$E_c$ :  $4700\sqrt{f'_c}$  :módulo de elasticidad del hormigón

La Ecuación (39) muestra la relación entre el diámetro de la barra y el radio de doblado

$$\frac{r_b}{d_{b,s}} \quad (39)$$

Dónde:

$r_b$ : radio de doblado

$d_{b,s}$ : diámetro de la barra

La fuerza de la parte doblada se calcula con la Ecuación (40)

$$f_{fb} = \left( 0,05 \frac{r_b}{d_{b,s}} + 0,3 \right) f_{fu} \quad (40)$$

Dónde:

$f_{fb}$ : Fuerza de la parte doblada de la barra de FRP

$r_b$ : Radio de doblado

$d_b, s$ : diámetro de la barra

$f_{fu}$ : Resistencia de diseño a tracción del refuerzo PRF

Para dominar los tamaños de grietas por cortante, sostener la totalidad de cortante en el concreto, así también para impedir el fallo en zona doblada de estribo, el nivel de tensión en el esfuerzo de cortante de FRP tiene que limitarse con la Ecuación (41) que es la resistencia del refuerzo PRF para el diseño a cortante (ACI 440.1R-15,2015, p.25).

$$f_{fv} = 0,004E_f \quad (41)$$

Dónde:

$f_{fv}$ : Resistencia del refuerzo PRF

$E_f$ : Módulo de elasticidad a tracción del refuerzo PRF

El espaciado de estribos se halla con la Ecuación (42) y la fuerza cortante última con la Ecuación (43)

$$s = \frac{\phi A_{fv} f_{fv} d}{V_u - \phi V_c} \quad (42)$$

$$V_u = \frac{\phi A_{fv} f_{fv} d}{s} + \phi V_c \quad (43)$$

Dónde:

$s$ : Espaciado de estribos

$A_{fv}$ : cantidad de refuerzo cortante FRP dentro

$\phi$ : factor de reducción de fuerza:0,75

$f_{fv}$ : Resistencia del refuerzo PRF

$V_u$ : fuerza cortante factorizada en la sección

$\phi V_c$ : resistencia al corte nominal proporcionado por el hormigón

El espaciado máximo de estribos se realiza con la Ecuación (44) de ellos se escoge el menor de los resultados.

$$s \leq \begin{cases} \frac{A_{fv} f_{fv}}{0,35 b_w} \\ 0,5d \\ 600mm \end{cases} \quad (44)$$

Donde:

$s$ : Espaciado de estribos

$A_{fv}$ : Cantidad de refuerzo cortante FRP

$f_{fv}$ : Resistencia del refuerzo PRF

$b_w$ : Ancho de la sección rectangular de hormigón

$d$ : Peralte efectivo

### Refuerzo Mínimo a Corte

En aquellos casos en que  $V_u > \phi V_c/2$ , al igual que el ACI-318-2019 se utiliza expresiones para refuerzo mínimo con el propósito de impedir el fallo por corte, donde de manera imprevista se formen grietas, de igual modo se tiene para el GFRP la Ecuación (45), la cual se obtiene, comparado con el acero, valores conservadores (ACI 440.1R-15. 2015, p.26).

$$A_{fv, min} = 0.35 \frac{b_w s}{f_{fv}} \quad (45)$$

Donde.

$A_{fv\ min}$ : Cantidad de refuerzo cortante FRP mínimo

$f_f$ : Resistencia del refuerzo PRF

$b_w$ : Ancho de la sección rectangular de hormigón

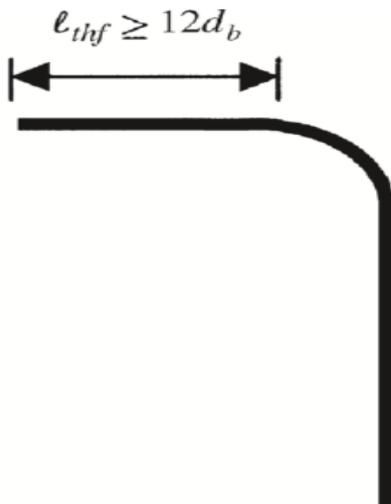
$S$ : Espaciado de estribos

### Longitud de Gancho Estribos

Según la investigación de Ehsani et al. (1995) sugiere una longitud de gancho de estribo de al menos 12 veces el diámetro de la barra de esto modo se garantiza que no ocurra algún deslizamiento importante, así como efecto en la resistencia a tracción en la rama de estribo. (Ver Figura 22) (ACI 440.1R-15. 2015, p.26).

### Figura 22

*Longitud para Gancho de Estribo GFRP*



Fuente: ACI 440.1R-15(2015)

### Análisis y Diseño de Secciones en Flexión con refuerzo de Acero

#### Hipótesis para Determinar la Resistencia Nominal a Flexión

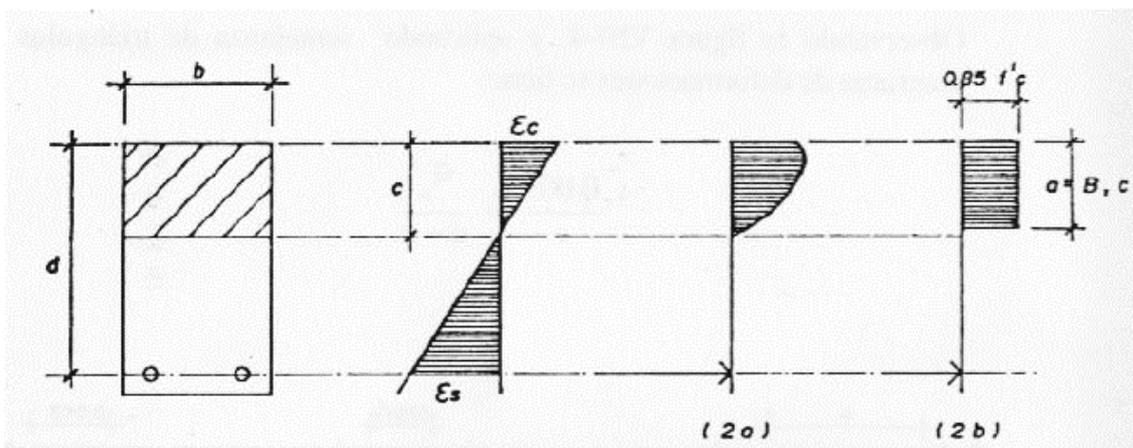
Según Morales (2013) indica que:

- El concreto no podrá desarrollar una fuerza de compresión mayor a la de su resistencia  $f'_c$

- El concreto tiene una resistencia a la tracción muy pequeña y que se agrieta aproximadamente cuando alcanza un 10% de su resistencia  $f'_c$  por lo que se omite en los cálculos de análisis y diseño y se presume que el acero toma toda la fuerza total en tracción.
- La relación esfuerzo-deformación del concreto se considera lineal solo hasta aproximadamente el 50% de su resistencia.
- Prevalece la hipótesis de Bernoulli en la que las secciones planas antes de la flexión permanecen planas y perpendiculares al eje neutro después de la flexión.
- La deformación unitaria del concreto en la rotura es:  $\epsilon_{cu} = 0.003$  (p.10).

“Según el método de factores de carga y resistencia, para el diseño nos interesa conocer cómo se encuentra la sección en el estado de falla, a continuación (ver Figura 23) , ilustramos esta condición para una sección simplemente reforzada” (Morales,2013, p.10).

**Figura 23**  
*Sección Rectangular a Flexión*



Fuente: Blanco (1994)

Según Blanco (1994) indica que en la sección rectangular a flexión se denomina:

$d$  = peralte efectivo del elemento

$\rho$  = porcentaje de refuerzo de acero

$b$  = ancho del bloque comprimido (ancho de la sección transversal rectangular)

$A_s$  = área de acero en tracción

$c$  = profundidad del eje neutro

$a$  = profundidad del bloque comprimido rectangular equivalente (p.14)

“La distribución real de los esfuerzos en la sección tiene una forma parabólica, Whitney propuso que esta forma real sea asumida como un bloque rectangular cuyas características se muestran en la figura” (ver Figura 23). (Morales,2013, p.11)

### **Ecuaciones para el Diseño en Flexión**

Como se había indicado las vigas de concreto reforzado con acero se prefiere que la falla se dúctil, para ello se deben de cumplir ciertas condiciones una de ellas como las que señala Morales (2013) indica que: “El valor de  $\beta_1$ , es 0.85 si la resistencia del concreto es menor que 280 kg/cm<sup>2</sup>. Si este no es el caso este disminuirá en 0.05 por cada incremento de 70 kg/cm<sup>2</sup> en la resistencia del concreto, no siendo su valor menor a 0.65” (p.11).

“El Código ACI ha adoptado como un valor límite de seguridad una deformación unitaria máxima del concreto de 0.003, para el cual el concreto falla”. (Morales,2013, p.11)

Según Blanco (1994) las ecuaciones que se presentan a continuación en cuanto a flexión nos servirán para hallar el Momento nominal ( $M_n$ ) sin embargo se deben aplicar el factor de reducción de resistencia  $\Phi=0,90$  para hallar el Momento amplificado ( $M_u$ ) (ver Ecuación (49) , no obstante, se debe definir las siguientes ecuaciones, como el porcentaje de refuerzo, mostrado en la Ecuación (46):

$$\rho = \frac{A_s}{bd} \quad (46)$$

Donde

$A_s$ : Área de acero

$b$ : base de la sección

$d$ : altura efectiva de la sección

$\rho$ : cuantía del refuerzo  $A_s$  evaluada sobre el área  $bd$

Luego realizando un equilibrio de fuerzas (Figura 22) se obtiene la Ecuación (47) y luego la Ecuación (48) que es la profundidad del bloque equivalente a compresión del concreto

Fuerza de compresión = Fuerza de tracción

$$0,85f'_c b a = A_s f_y \quad (47)$$

Reemplazando se obtiene

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85f'_c b} \quad (48)$$

Dónde:

$a$ : Profundidad del bloque equivalente compresión del concreto

$A_s$ : área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción

$f_y$  = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo, 4200Kg/cm<sup>2</sup>

$b$  = ancho de la cara en compresión del elemento

$f'c$  = resistencia especificada a la compresión del concreto

$$Mn = Asfy \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad (49)$$

$$Mu = \Phi Asfy \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

Area de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción

Dónde:

$Mn$  = Resistencia nominal a flexión en la sección o momento nominal

$Mu$  = Momento amplificado en la sección

$a$ : Profundidad del bloque equivalente compresion del concreto

$As$ : área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción

$fy$  = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo, 4200Kg/cm<sup>2</sup>

$d$  = distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción

$\Phi$ = factor de reducción de resistencia a flexión :0,90

Si se desea hallar el área de acero se reemplaza la Ecuación (48) en la (49) luego se tiene la Ecuación (50) :

$$As = \frac{0.85f'c * (b.d)}{fy} \left( 1 - \sqrt{\frac{2 * Mu}{\Phi. (0.85f'c. b. d^2)}} \right) \quad (50)$$

$Mu$  = momento amplificado en la sección

$As$ : área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción

$fy$  = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo, 4200Kg/cm<sup>2</sup>

$d$  = distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción

$\Phi$ = factor de reducción de resistencia 0,90

$f'c$  = resistencia especificada a la compresión del concreto

**Limite Balanceado** (Blanco,1994, p.146):

La Cuantía balanceada multiplicado por el coeficiente de 0,75 nos servirá como límite a fin de no sobrepasar este valor (Cuantía máxima) con el propósito de que se tenga una falla dúctil (ver Ecuación (51) y (52) .

$$\rho_b = \frac{0.85\beta_1 f'_c}{f_y} \frac{6,000}{6,000 + f_y} \quad (51)$$

Donde:

$\rho_b$ : Cuantía de refuerzo  $A_s$  evaluada sobre el área  $bd$  que produce condiciones balanceadas de deformación unitaria.

$f_y$ : resistencia especificada a la fluencia del refuerzo

$f'c$ : resistencia especificada a la compresión del concreto

$\beta_1$ : factor que relaciona la profundidad de bloque rectangular equivalente de esfuerzos de compresión con la profundidad del eje neutro

### **Refuerzo Máximo en Tracción**

$$\rho_{max} = 0,75\rho_b \quad (52)$$

Donde:

$\rho_{max}$  = Cuantía de máxima

$\rho_b$  = Cuantía de refuerzo  $A_s$  evaluada sobre el área  $bd$  que produce condiciones balanceadas de deformación unitaria.

### **Refuerzo Mínimo en Tracción**

Para garantizar una falla dúctil se debe proveer al elemento de un acero mínimo el cual se presenta en la Ecuación (53)

$$A_s \min = \frac{0.7\sqrt{f'_c}}{f_y} bd \quad (53)$$

Refuerzo mínimo en tracción

Dónde:

$f_y$  = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo

$f'_c$  = resistencia especificada a la compresión del concreto

$b$ : base de la sección

$d$ : altura efectiva de la sección

### Diseño por Cortante

La Norma admite que la falla por corte es una falla frágil, lo que explica en parte el bajo valor del factor de reducción de la resistencia. ( $\phi = 0.85$ ) acogido por la Norma. (Otazzi ,2004-2, p.310)

El concreto no falla por corte, falla por los esfuerzos de tracción diagonal originados por las cargas externas. La resistencia del concreto al corte directo es mucho mayor que su resistencia a la tracción. La resistencia al corte (tracción diagonal) depende de la resistencia en tracción del concreto. (Otazzi ,2004, p.310)

Es fundamental, con un diseño y refuerzos adecuados, además de una buena especificación de los elementos, sirva para evitar la falla por corte. El concepto principal es que debe prevalecer la falla por flexión del elemento mas no la falla por corte. Esto se puede lograr si el diseño del miembro toma los pasos necesarios para asegurar que el daño por flexión, a menudo asociado con fallas plásticas, ocurra antes de la falla por corte. (Otazzi ,2004-2, p.310)

Una resistencia de flexión excesiva puede llevar a una falla por corte prematuramente antes de que el miembro haya alcanzado la resistencia a la flexión. (Otazzi ,2004-2, p.310)

## Metodología para el Diseño Por Corte

Otazzi ,2004, señala que: El método de diseño planteado por la norma se basa en el supuesto de que la resistencia al corte del miembro se da como la suma de la contribución del concreto más la contribución del refuerzo en el alma. Para el aporte de hormigón, se asume que la armadura no afecta la carga de fisuración transversal y por consiguiente su aporte viene dado, con cautela, por las pruebas realizadas en vigas no reforzadas en el alma. Las siguientes ecuaciones son utilizadas para evaluar la resistencia de una área elemento como la Ecuación (54) que indica las condiciones de diseño por cortante, la Ecuación (55) representa la resistencia nominal a cortante ,es decir ,el aporte del concreto más aporte del refuerzo en el alma y la Ecuación (56) indica las condiciones de diseño por resistencia a cortante.

$$Vu \leq \phi Vn \quad (54)$$

(en todas las secciones del elemento)

$$Vn = Vc + Vs \quad (55)$$

(aporte del concreto + aporte del refuerzo en el alma)

$$Vu \leq \phi(Vc + Vs) \quad (56)$$

(condición del diseño por resistencia) (p.318)

También señala Otazzi (2004) que: Usualmente para diseño se emplea  $Vu = \phi (Vc + Vs)$

Donde:

$Vu$  = fuerza cortante amplificada en la sección

$Vn$  = resistencia nominal a cortante

$Vs$  = resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo de cortante

$\phi$  = factor de reducción de resistencia

$V_c$  = resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto.

Para el cálculo se realiza los siguientes pasos:

- Construir el diagrama de fuerza cortante  $V_u$  a lo largo del eje del elemento.
- Ubicar las secciones críticas. Normalmente se ubican a  $d$  de la cara. En estas secciones generalmente actúa la máxima fuerza cortante  $V_u$  y, por lo tanto, exigirán el menor espaciamiento del refuerzo por corte.
- Seleccionar el tipo de refuerzo por cortante que se va a utilizar. Generalmente en nuestro medio se utilizan estribos cerrados. Seleccionar el diámetro del estribo, con lo cual definiremos  $A_v$ , en vigas se suele utilizar estribos simples, sin embargo, en vigas anchas o en presencia de fuerzas cortantes elevadas se pueden utilizar estribos múltiples (dobles, triples, etc.). (p.326)
- Calcular la contribución o resistencia del concreto  $V_c$ . Incluir la influencia de las fuerzas axiales si las hubiera.

La Ecuación (57) indica la resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto

$$V_c = 0.53\sqrt{f'_c}bw d \quad (57)$$

Donde:

$V_c$  = resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto

$f'_c$  = resistencia especificada a la compresión del concreto

$bw$ : base de la sección

$d$ : altura efectiva de la sección

-Verificar si  $V_u \leq \phi V_c$ . Si esto sucede entonces es posible utilizar estribos mínimos con un espaciamiento que no exceda del menor de los dos siguientes valores (Ecuación (58) y (59) representan los espaciamientos máximos):

$$S_{max} = A_v f_v / 0.2 \sqrt{f'_c} b_w \quad (58)$$

También,

$$S_{max} = A_v f_y / 3.5 b_w \quad (59)$$

Donde:

$f_y$ : resistencia especificada a la fluencia del refuerzo

$f'_c$ : resistencia especificada a la compresión del concreto

$b_w$ : base de la sección

$S_{max}$ : Espaciamiento máximo

$A_v$ : Área de refuerzo de cortante con un espaciamiento  $s$ ,

Colocar estos estribos solo en la zona en la cual  $V_u \geq 0.5 \phi V_c$ . Si el cortante

$V_u \leq 0.5 \phi V_c$  no se necesita ningún refuerzo por corte, salvo los estribos de montaje.

- Si  $V_u > \phi V_c$  es necesario refuerzo por corte. Calcular la resistencia que deberá proporcionar el refuerzo por corte mediante la Ecuación (60) :

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (60)$$

Dónde:

$V_u$  = fuerza cortante amplificada en la sección

$V_n$  = resistencia nominal a cortante

$V_s$  = resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo de cortante

$\phi$  = factor de reducción de resistencia

$V_c$  = resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto

Con la Ecuación (61) Verificar que:

$$V_s \leq 2.1 \sqrt{f'_c} b_w d \quad (61)$$

Dónde:

$f'_c$ : resistencia especificada a la compresión del concreto

$b_w$ : base de la sección

$d$ : altura efectiva de la sección

Esta verificación equivale a decir que el cortante máximo en cualquier sección del elemento, no debe exceder según la Ecuación (62):

$$V_{umax} = \phi (V_c + 2.1 \sqrt{f'_c} b_w d) \quad (62)$$

Donde:

$V_{umax}$  = Fuerza cortante amplificada en la sección

$b_w$ : base de la sección

$d$ : altura efectiva de la sección

$\phi$ : factor de reducción de resistencia

$V_c$  = resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto

$f'_c$ : resistencia especificada a la compresión del concreto

Si se excede de este valor es necesario aumentar las dimensiones de la sección transversal del elemento o aumentar la resistencia del concreto.

- Calcular el espaciamiento del refuerzo

Para ello se tiene la Ecuación (63) la cual representa la resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo de cortante y despejando "s" obtenemos la Ecuación (64)

Se tiene:

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \quad (63)$$

Luego

$$s = \frac{A_v f_y d}{V_s} \quad (64)$$

Dónde:

$s$ : Espaciamiento del refuerzo a cortante

$A_v$ : Área de refuerzo de cortante con un espaciamento  $s$

$V_s$  = resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo de cortante

$f_y$ : resistencia especificada a la fluencia del refuerzo

$d$ : altura efectiva de la sección

Luego calculamos la resistencia limite nominal a cortante con la Ecuación (65)

$$V_{s \text{ lim}} = 1.1 \sqrt{f'_c} b_w d \quad (65)$$

Si  $V_s < V_{s \text{ lim}}$  entonces  $S_{max} = d/2$  ó  $0.60 \text{ m}$

Si  $V_s > V_{s \text{ lim}}$  entonces  $S_{max} = d/4$  ó  $0.30 \text{ m}$

Dónde:

$V_{s \text{ lim}}$ : Resistencia limite nominal a cortante proporcionada por el refuerzo de cortante

$b_w$ : base de la sección

$d$ : altura efectiva de la sección

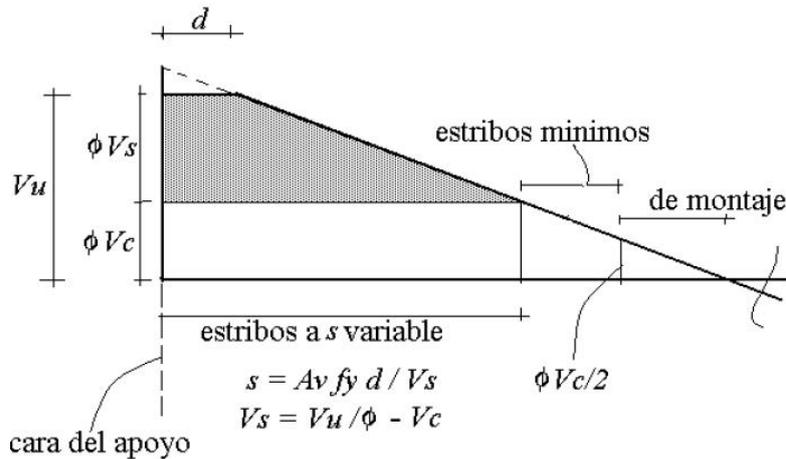
$f'_c$ : resistencia especificada a la compresión del concreto

- Repetir el proceso para varias secciones a lo largo del eje del elemento de tal modo de ir variando el espaciamento de los estribos.

La Figura 24 resume el proceso presentado para el caso de una viga con carga distribuida.

**Figura 24**

*Diagrama de Fuerza Cortante y Espaciamiento de Estribos*



Fuente: Ottazzi (2004)

Los cálculos realizados anteriormente, es decir el diseño por corte, debe ser verificada según la Norma E.060 según el capítulo 21 “Disposiciones especiales para el diseño sísmico” en cuanto a estribos de vigas en pórticos indica:

### Refuerzo Transversal de Confinamiento

Deben disponerse estribos cerrados de confinamiento en las siguientes regiones:

- (a) En una longitud igual a dos veces el peralte del elemento, medida desde la cara de elemento de apoyo hacia el centro de la luz, en ambos extremos del elemento en flexión (Norma E.060, 2009, p.160);
- (b) En longitudes iguales a dos veces el peralte del elemento a ambos lados de una sección donde puede ocurrir fluencia por flexión debido a desplazamientos laterales inelásticos de la estructura.

- Los estribos serán como mínimo de 3/8” para barras longitudinales de hasta 1” de diámetro y de 1/2” para barras longitudinales de mayor diámetro. El primer estribo

cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 50 mm de la cara del elemento de apoyo. El espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder de:

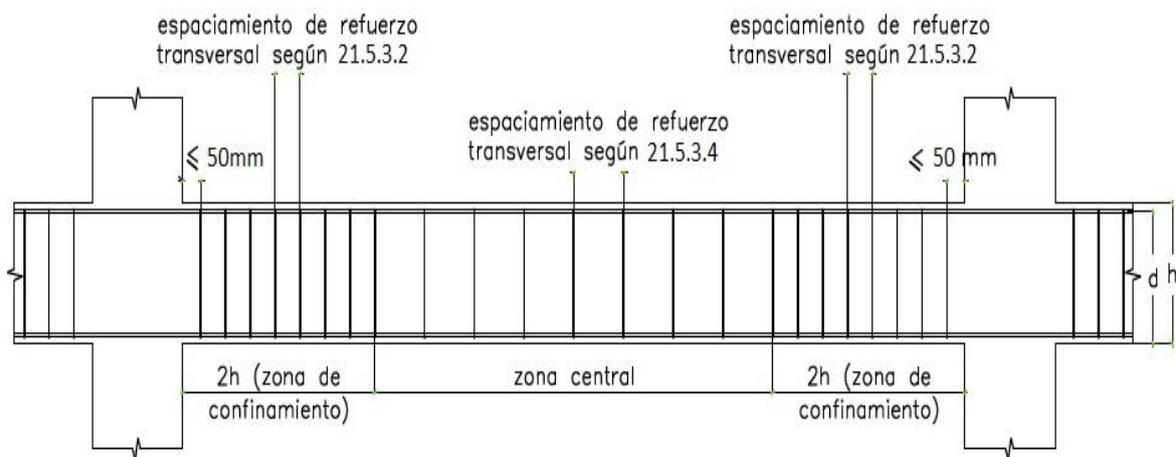
- (a)  $d/4$ ,
- (b) Diez veces el diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro
- (c) 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento,
- (d) 300 mm.

-En las zonas de confinamiento, la distancia horizontal entre las ramas verticales del refuerzo transversal (estribos cerrados y/o grapas suplementarias) no deberá exceder de 300 mm.

- Fuera de las zonas de confinamiento, deben colocarse estribos cerrados con ganchos sísmicos en ambos extremos, espaciados a no más de  $d/2$  en toda la longitud del elemento.

En todo el elemento la separación de los estribos no será mayor que la requerida por fuerza cortante (Norma E.060, 2009, p.160).

**Figura 25**  
*Requerimientos de Estribos en Vigas*



Fuente: Norma E.060(2009)

## Recubrimientos

En el caso de vigas de concreto según la norma E.060(2009) menciona lo siguiente: “Para concreto construido en sitio (no prees forzado) en vigas y columnas, la armadura principal, estribos y espirales debe tener 40 mm” (p.54).

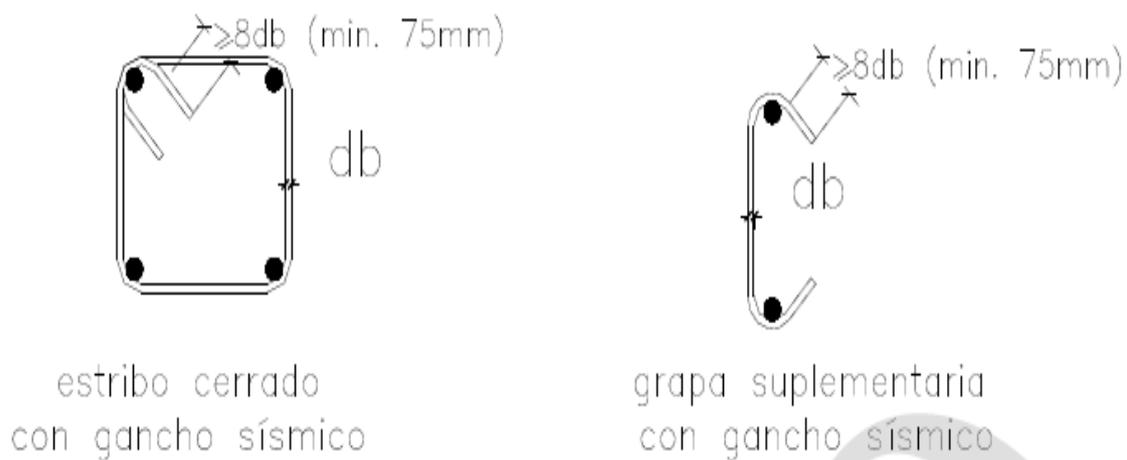
Así también en la norma E.070(2006) indica lo siguiente: “El recubrimiento mínimo de la armadura (medido al estribo) será 2 cm cuando los muros son tarrajeados y 3 cm cuando son caravista” (p.22)

## Gancho Sísmico

En la norma E.060(2009) indica, en cuanto a estribos, aquellos que envuelven el refuerzo longitudinal, deben construirse ganchos en los extremos de confinamiento y en las grapas suplementarias, estos necesitan estar doblados a 135° y además de tener una longitud de 8 veces el diámetro de la varilla, aunque no menos de 75mm. La Figura 26 muestra modo de construcción de estribos cerrados.

**Figura 26**

*Ganchos sísmicos en estribos y grapas suplementarias*



Fuente: Norma E.060(2009)

## Deflexiones en Vigas con Esfuerzo con Acero

Existen dos tipos de deflexiones, la primera la instantánea que es la que sucede al desencofrar el elemento que está laborando a flexión y la segunda la diferida que se presenta en el transcurrir del tiempo incrementándose la primera, la cual se estabiliza aproximadamente a los 5 años (Blanco,1994, p.190).

La deflexión es una estimación debido a que, en una viga a pesar de tener una sección constante, el acero es variable a lo largo del tramo, lo mismo ocurre con los momentos, la fisuración, así también otros factores, como la contracción de fragua y flujo plástico. (Blanco,1994, p.190).

Es en este caso que el Código Americano ACI ofrece usar una inercia efectiva, la cual es un intermedio entre la Inercia de sección bruta y la Inercia de sección fisurada, tal y como se muestra en la Ecuación (66),sin embargo, primeramente, se tienen que hallar primeramente el momento de fisuración ( $M_{cr}$ ) y el módulo de rotura ( $f_r$ ) con la Ecuación(67) (Blanco,1994, p.191).

$$I_e = \left[ \frac{M_{cr}}{M_a} \right]^3 I_g + \left[ 1 - \left[ \frac{M_{cr}}{M_a} \right]^3 \right] I_e \leq I_g \quad (66)$$

$$M_{cr} = f_r I_g / y_t$$

$$f_r = 2\sqrt{f'_c} \quad (67)$$

Donde:

$M_a$ : Momento actuante (en servicio)

$M_{cr}$ : Momento de fisuración

$I_e$ : Inercia efectiva

$I_g$ : Inercia de la sección bruta

$I_{cr}$ : Inercia de la sección fisurada

$f'_c$ : Resistencia especificada a la compresión del concreto

$f_r$ : Resistencia del concreto a tracción por flexión (Módulo de Rotura)

$y_t$ : Distancia de la fibra extrema en tensión al centro de gravedad de la sección

Con el fin de evaluar una inercia efectiva representativa el Código ACI plantea evaluar las inercias efectivas en secciones de tramos extremo como momentos máximos negativos y en el centro del tramo como momentos máximos positivos. La Ecuación (68) muestra el promedio ponderado. (Blanco,1994, p.191).

$$\text{Inercia efectiva del tramo} = \frac{I_{e_1} + I_{e_2} + 2 I_{CL}}{4} \quad (68)$$

Si en un solo extremo el tramo es continuo ( $I_{e_2}$ ) y el otro simplemente apoyado ( $I_{e_1}$ ) Ecuación (69) lo describe como. (Blanco,1994, p.191):

$$\text{Inercia efectiva del tramo} = \frac{I_{e_2} + 2 I_{CL}}{3} \quad (69)$$

Donde  $I_{e_1}$ ,  $I_{e_2}$  son inercias de secciones en extremos y  $I_{CL}$ , es la inercia en el centro del tramo. Si el tramo es simplemente apoyado la inercia efectiva solamente se contemplará en el centro de tramo ( $I_{CL}$ ), y en el caso de volados se considerará en la sección crítica del volado (Blanco,1994, p.192).

En cuanto a la Norma Peruana, simplifica la operación laborando con la inercia de la sección fisurada, a esta la denomina inercia efectiva, procediendo con los cálculos de la misma manera indicada anteriormente para hallar la inercia representativa del tramo, es

decir, tomando en cuenta las secciones extremas y centrales (ver Ecuaciones (68) y (69)) (Blanco, 1994, p.192).

De acuerdo con lo expuesto Otazzi (2004) indica que:

a) Bajo carga de servicio a lo largo de todo el elemento si se observa que,

$$M_a < M_{cr} \text{ entonces } I_{ef} = I_g$$

b) Cuando se presente en alguna sección o varias,

$$M_a > M_{cr} \text{ entonces } I_{ef} = I_{cr}$$

El módulo de elasticidad del concreto para realizar cálculos de deflexión inmediata es:

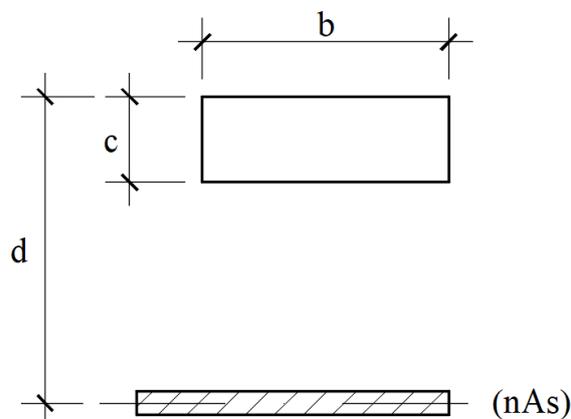
$$E_c = 15,00 \sqrt{f'_c} \text{ kg/cm}^2 \quad (70)$$

### Cálculo de la Inercia Fisurada

Para calcular la inercia de la sección fisurada ( $I_{cr}$ ) de una pieza rectangular simplemente armada (ver Figura 27) se debe contemplar que el centro de gravedad de la sección transformada concurre con el eje neutro, por consiguiente, al tomar momentos en relación al eje neutro la suma de estos debe ser cero. (Blanco, 1994, p.194).

**Figura 27**

*Sección Fisurada de un Elemento Rectangular Simplemente Armada*



Adaptada de sección fisurada de un elemento rectangular doblemente armada

Fuente: Blanco (1994)

De la Figura 27 se puede determinar el bloque comprimido “c” (eje neutro) el cual se representa en la Ecuación (71)

$$bc(c/2) = nAs(d - c) \quad (71)$$

Para hallar la sección transformada se necesita una relación de módulos de elasticidad la cual se muestra en la Ecuación (72)

$$n = E_s/E_c \quad (72)$$

Donde:

c: Distancia del bloque comprimido

b: ancho del elemento

d: distancia del refuerzo en tracción a la fibra extrema en tracción

As: Área del refuerzo

n: Relación entre el Módulo de Elasticidad del Acero y Módulo de Elasticidad del Acero ( $2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ )

Por último, habiendo hallado “c” se pasa a calcular la inercia de la sección fisurada ( $I_{cr}$ ) con relación al eje neutro con la Ecuación (73)

$$I_{cr} = \frac{bc^3}{3} + nAs(d - c)^2 \quad (73)$$

### **Peraltes Mínimos de Vigas y Losas**

En la Tabla 16 se indican los mínimos peraltes o espesores para no verificar deflexiones, cabe señalar que esta tabla puede utilizar en elementos armados en un sentido y que no sostenga a elementos no estructurales que podrían sufrir daños por excesivas deflexiones. (Norma E.060, 2009)

**Tabla 16**

*Peraltes o Espesores mínimos de Vigas no Prees forzadas o Losas Reforzadas en una Dirección a Menos que se Calculen las Deflexiones*

Elementos	Espesor o peralte mínimo, $h$			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos no estructurales susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes				
Losas macizas en una dirección	$\frac{l}{20}$	$\frac{l}{24}$	$\frac{l}{28}$	$\frac{l}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{l}{16}$	$\frac{l}{18.5}$	$\frac{l}{21}$	$\frac{l}{8}$

Los valores indicados en la presente tabla deben ser usados en elementos de concreto de peso normal (2300 Kg/m<sup>3</sup>) y acero con  $f_y$  igual a 420 MPa.

Fuente: Norma E.060 (2009)

Se tiene que aclarar que esta tabla solo es para predimensionar y no es un indicativo de final de un cálculo, el ingeniero estructurista debe dar los valores finales valiéndose de la teorías y normas reglamentarias.

Es importante indicar que, si no se utiliza la Tabla 16 para los análisis, ya que esta sólo sirve para no verificar deflexiones, debido que, a algunas veces por un tema de diseño arquitectónico, no se desean elementos de tamaño considerables, entonces se debe de realizar un cálculo más profundo.

### **Fisuración por Flexión**

Cuando un elemento de concreto estando bajo cargas de servicio y trabajando a flexión, en las zonas traccionadas ocurren agrietamientos. El acero a tracción bien distribuido, las fisuras serán menores en el orden de 0.1 a 0.3 mm. Los anchos de fisuras

deben dominarse para evitar la corrosión del acero, así como la apariencia estética. (Blanco,1994, p.203).

Otazzi (2004) señala que las razones para dominar los anchos de las fisuras, en cuanto a apariencia en los elementos, si estas exceden en el orden 0.25 a 0.35mm son visibles y pueden llevar a preocupar al usuario, entonces estos anchos deben ser los limite. Aunque también señala sobre este tema del ancho de fisura para evitar la corrosión del acero indica que esto último ocurre por otros factores como la carbonatación, presencia de cloruros humedad relativa etc., que son independientes del ancho de las fisuras. Una razón importante es la impermeabilidad, en elementos que contengan líquidos, por ello el control de ancho de fisuras es indispensable.

El ancho de fisuras es un tema muy importante tal y como los señala los autores, se deben de limitar el tamaño de estas, debido a que se tienen que proteger las estructuras dándoles un tamaño de recubriendo lo suficientemente amplio tal y como los señalan los reglamentos para evitar los problemas que pudieran suceder en el futuro como es la corrosión del acero el cual es un problema muy complejo de poder reparar además esto se vuelve un tema económico debido a que es costosa la reparación.

La Norma E.060(2009) no rige de manera directa el ancho de grietas, más bien lo realiza indirectamente a través del factor “Z” determinado por la Ecuación (74) (Otazzi ,2004, p.287).

$$Z = f_s \sqrt[3]{dc A} \quad (74)$$

Donde:

$f_s$ : Esfuerzo en el acero bajo cargas de servicio

dc: espesor del recubrimiento (mm) de concreto medido desde la fibra extrema en tracción al centro de la barra de refuerzo más cercana a esa fibra.

A: área efectiva del concreto en tracción (mm<sup>2</sup>) que rodea al refuerzo principal de tracción y cuyo centroide coincide con el de dicho refuerzo, dividida entre el número de barras.

La Ecuación (75) muestra el cálculo del esfuerzo en el acero (Otazzi ,2004, p.287).

$$f_s \approx \frac{M_{servicio}}{A_s 0.9 d} \quad (75)$$

Donde:

M servicio: Momento de servicio

A<sub>s</sub>. Área de acero en tracción

d: altura efectiva

Según Otazzi (2004), el coeficiente “Z” viene de la Ecuación (76) presentada a continuación que es cálculo de ancho de grieta:

$$\omega = 1.1 \beta f_s \sqrt[3]{dc A} \times 10^{-5} \quad (\text{en mm}) \quad (76)$$

Donde:

$\omega$ : ancho de la grieta (en mm) en la fibra extrema en tracción.

$\beta$ : Distancia desde eje neutro a la fibra extrema en tracción dividida entre la distancia al centroide del refuerzo, se puede asumir este valor como 1.2 para vigas de tamaños regulares.

Otazzi (2004) indica que el reforzamiento en tracción por flexión tiene que repartirse de la siguiente manera:

$Z \leq 31,000 \text{ kg/cm}$  para condición de exposición interior ( $\omega = 0.016'' = 0.40 \text{ mm}$ ).

$Z \leq 26,000 \text{ kg/cm}$  para condición de exposición exterior ( $\omega = 0.013'' = 0.30\text{mm}$ ).

## **1.2. Formulación del Problema**

PG.- ¿Se podrá reemplazar el acero por varillas de fibra de vidrio en vigas de concreto simplemente apoyadas, sometidas al esfuerzo a flexión, con cargas a los tercios del tramo, Lima, 2022?

### **1.2.1 Problemas Específicos**

PE-1.- ¿Es similar la capacidad de carga en los tercios del tramo en vigas de concreto simplemente apoyadas con varillas de fibra de vidrio y acero?

PE-2.- ¿Es análoga la resistencia a la flexión nominal o momento nominal en vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo con varillas de fibra de vidrio y acero?

PE-3.- ¿Son idénticas las deflexiones inmediatas en vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo con varillas de fibra de vidrio y acero?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

OG. -Determinar el comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, Lima, 2022.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

OE-1.-Determinar y comparar la capacidad de carga en los tercios del tramo en vigas de concreto simplemente apoyadas con varillas de fibra de vidrio y acero.

OE-2.-Conocer y comparar la resistencia a la flexión nominal o momento nominal en vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo con varillas de fibra de vidrio y acero.

OE-3.-Evaluar y comparar las deflexiones inmediatas en vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo con varillas de fibra de vidrio y acero.

#### **1.4. Hipótesis General**

HG. -Se puede reemplazar el acero por varillas de fibra de vidrio en vigas de concreto simplemente apoyadas, sometidas al esfuerzo a flexión, con cargas a los tercios del tramo, Lima, 2022.

##### **1.4.1 Hipótesis Específicas**

HE-1.-La capacidad de carga en los tercios del tramo en vigas de concreto simplemente apoyadas con varillas de fibra de vidrio, es superior al acero en un 10%.

HE-2.-La resistencia a la flexión nominal o momento nominal en vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo con varillas de fibra de vidrio supera al acero en un 20%.

HE-3.-Las deflexiones inmediatas en vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo con varillas de fibra de vidrio es inferior al acero en un 15%.

#### **1.5. Justificación**

Según Bernal (2010) la justificación teórica es “cuando el propósito del estudio es generar reflexión y debate académico sobre el conocimiento existente, confrontar una teoría, contrastar resultados o hacer epistemología del conocimiento existente” (p.106).

Para el caso de esta tesis tiene una justificación teórica porque aporta nuevo conocimiento referente al comportamiento de las vigas de concreto sometidas a flexión reforzadas con varillas de fibra de vidrio. Con estos conocimientos, según lo señalado por Hidalgo et al., (2018) “Esto mejora la confianza en los diseños estructurales realizados con estos materiales al considerar que el diseño es seguro”. (p.1). Para que ellas puedan reemplazar a las varillas de acero.

Así también Bernal (2010) refiriéndose a la justificación práctica señala que es “cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al aplicarse contribuirían a resolverlo” (p.106).

La justificación práctica se da porque se desea resolver el problema de la corrosión del acero que afecta negativamente a las estructuras de concreto. Según lo señalado por Faria et al. (2017) “El uso de barras de polímeros reforzados con fibras no metálicas (PRF) como armado de estructuras de hormigón, en sustitución del acero, viene siendo empleado con buenos resultados, principalmente debido a su probada estabilidad anticorrosiva” (p.1) Por lo tanto, utilizar varillas de fibra de vidrio en lugar de varillas de acero en la construcción de vigas de concreto puede proporcionar una mayor durabilidad y seguridad en estructuras.

## **1.6. Operacionalización de las variables**

### **Determinación de las Variables**

#### **Variable Dependiente**

Señala Bernal (2010) que “Se conoce como variable dependiente al “resultado” o “efecto” producido por la acción de la variable independiente”. (p.139).

Para el caso de esta investigación la variable dependiente es el esfuerzo a flexión de vigas de concreto.

### Variable Independiente

Según Bernal (2010) “Se denomina variable independiente a todo aquel aspecto, hecho, situación, rasgo, etcétera, que se considera como la “causa de” en una relación entre variables” (p.139). Para la presente investigación las variables independientes son las varillas de fibra de vidrio y acero.

En la Tabla 17 se muestra el desarrollo de la operacionalización de la variable dependiente y en la Tabla 18 la variable independiente.

**Tabla 17**

*Operacionalización de la Variable Dependiente*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<b>Variable Dependiente:</b> Esfuerzo a flexión de vigas de concreto.	Todo elemento que está sometido a flexión como puede ser viga y techos, están sujetos a fuerzas perpendiculares a su plano, ocasionando esfuerzos de flexión y cortante. (Blanco,1994)	El esfuerzo a flexión de vigas de concreto se estudiará mediante la medición de la capacidad de carga, resistencia a la flexión nominal, deflexiones inmediatas y comparación de los resultados descritos anteriormente y se anotará según las guías de observación.	Capacidad de carga	Cargas variables (t) Cargas máxima (t)	Normas NTP 339.078 ASTM C78, Marco de Carga de 60t con gato hidráulico de 20t Comparador de Caratula , Hoja de cálculo
			Resistencia a la flexión nominal	Momento nominal (t-m)	
			Deflexiones inmediatas	Deflexiones (mm)	

Fuente: Propia

**Tabla 18**  
*Operacionalización de la Variable Independiente*

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
<p><b>Variable Independiente:</b> Varillas de fibra de vidrio y acero</p>	<p>Las varillas de fibra de vidrio es un material compuesto, hecho de una estructura de fibra de vidrio resistente, con una relación longitud / espesor que asegura el trabajo de refuerzo en un solo sentido y la resina ejerce como aglutinante de ellas.(Faria et al., 2017,)</p> <p>El acero es una aleación de varios elementos que incluyen: carbono, magnesio, silicio, cromo, níquel y vanadio. El carbono es el más importante y determinante de sus propiedades mecánicas (Harmsen 2002, como se citó en Vila,2019, p.41).</p>	<p>Las varillas de fibra de vidrio y acero se estudiará mediante la medición sus propiedades mecánicas</p>	<p>Propiedades mecánicas de las varillas de fibra de vidrio y acero</p>	<p>Diametro (mm,pulg.) Seccion transversal (mm<sup>2</sup>,cm<sup>2</sup>) Módulo de elasticidad (Gpa,kg/cm<sup>2</sup>) Resistencia a la tracción (Mpa,kg/cm<sup>2</sup>)</p>	<p>Fichas técnicas de los materiales</p>

Fuente: Propia

### 1.7. Matriz de consistencia

Según Oblitas (2018) indica que la matriz de consistencia,

Es un instrumento fundamental de un trabajo de investigación. Permite al investigador evaluar el grado de conexión lógica y coherencia entre el título, el problema, los objetivos, las hipótesis, las variables, el tipo, el método, el diseño y los instrumentos de investigación. También la población y la muestra correspondiente de estudio, para luego validar o corregir la matriz en mención, y lograr que exista cohesión, firmeza y solidez en las distintas partes. (p.31).

Por ello para la presente investigación se ha creado la matriz de consistencia que se presentan en las Tabla 20,20 y 21.

**Tabla 19**

*Problema General, Objetivo General e Hipótesis General*

<b>TITULO:"ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS VARILLAS DE FIBRA DE VIDRIO Y ACERO AL ESFUERZO A FLEXIÓN DE VIGAS DE CONCRETO SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO,</b>			
<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	
PG.- ¿Se podrá reemplazar el acero por varillas de fibra de vidrio en vigas de concreto simplemente apoyadas, sometidas al esfuerzo a flexión, con cargas a los tercios del tramo, Lima,2022?	OG. -Determinar el comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, Lima, 2022.	HG. -Se puede reemplazar el acero por varillas de fibra de vidrio en vigas de concreto simplemente apoyadas, sometidas al esfuerzo a flexión, con cargas a los tercios del tramo, Lima, 2022.	<p><b>Variable Dependiente:</b> Esfuerzo a flexión de vigas de concreto.</p> <hr/> <p><b>Variable independiente:</b> Varillas de fibra de vidrio y acero</p>

Fuente: Propia

**Tabla 20**

*Problemas Específicos, Objetivos Específicos e Hipótesis Específicas*

**TITULO:"ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS VARILLAS DE FIBRA DE VIDRIO Y ACERO AL ESFUERZO A FLEXIÓN DE VIGAS DE CONCRETO SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO, LIMA 2022”**

<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivo Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicas</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
PE-1.- ¿Es similar la capacidad de carga en los tercios del tramo en vigas de concreto simplemente apoyadas con varillas de fibra de vidrio y acero?	OE-1.-Determinar y comparar la capacidad de carga en los tercios del tramo en vigas de concreto simplemente apoyadas con varillas de fibra de vidrio y acero.	HE-1.-La capacidad de carga en los tercios del tramo en vigas de concreto simplemente apoyadas con varillas de fibra de vidrio, es superior al acero en un 10%.	Capacidad de carga	Cargas variables (t) Cargas máxima (t)
PE-2.- ¿Es análoga la resistencia a la flexión nominal o momento nominal en vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo con varillas de fibra de vidrio y acero?	OE-2.-Conocer y comparar la resistencia a la flexión nominal o momento nominal en vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo con varillas de fibra de vidrio y acero.	HE-2.-La resistencia a la flexión nominal o momento nominal en vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo con varillas de fibra de vidrio supera al acero en un 20%.	Resistencia a la flexión nominal	Momento nominal (t-m)
PE-3.- ¿Son idénticas las deflexiones inmediatas en vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo con varillas de fibra de vidrio y acero?	OE-3.-Evaluar y comparar las deflexiones inmediatas en vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo con varillas de fibra de vidrio y acero.	HE-3.-Las deflexiones inmediatas en vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo con varillas de fibra de vidrio es inferior al acero en un 15%.	Deflexiones inmediatas	Deflexiones (mm)

Fuente: Propia

**Tabla 21**  
*Metodología*

TITULO:" ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS VARILLAS DE FIBRA DE VIDRIO Y ACERO AL ESFUERZO A FLEXIÓN DE VIGAS DE CONCRETO SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A			
Metodología			
Tipo de investigación	Materiales, Instrumentos y Métodos	Poblacion y Muestra	Técnicas e Instrumentos de Recolección y Análisis de
Según su propósito: es aplicada . Según su profundidad: es explicativa Según la naturaleza de datos:es cuantitativa Según su manipulación de la variable:Experimental	<p><b>Materiales:</b> Cemento Portland Tipo I, el agregado grueso, el agregado fino, agua. Varillas de fibra de vidrio de 6mm, 10mm y 12mm, Varillas de acero de 6mm, 3/8" y 12mm</p> <p><b>Instrumentos</b> Marco de carga de 60t con gato hidráulico de 20t y comparador de caratula analógico .</p> <p><b>Método:</b> mediciones de carga ubicadas a los tercios del tramo en una viga simplemente apoyada en marco de carga de 60t, las deflexiones son medidas con comparador de caratula analógico</p>	<p><b>Población:</b> Los elementos tipo vigas de concreto en edificaciones, sometidas a esfuerzo a la flexión, con una resistencia de concreto de <math>f'c=210 \text{ kg/cm}^2</math>, reforzadas con varillas de fibra de vidrio y varillas de acero.</p> <p><b>Muestra:</b> La muestra es no probabilística, la cantidad de vigas se determinó según la Norma Técnica Peruana NPT 339.183, se elaboraron 6 vigas reforzadas con varillas de fibra de vidrio y 6 vigas reforzadas varillas de acero, en total 12 unidades para la edad de 7 días, similarmente se realizó para la edad de 28 días, un total de 24 vigas.</p>	<p><b>Técnica:</b> La observación</p> <p><b>Instrumentos de Recolección :</b> Guías de observación, como las Normas Técnicas Peruanas (NPT), las normas American Society for Testing and Materials (ASTM), y las normas American Concrete Institute (ACI), cuaderno para apuntes, cámara fotográfica y video, la hoja digital del programa Excel. <b>Análisis de Datos :</b> se aplica la estadística descriptiva y estadística inferencial.</p>

Fuente: Propia

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de Investigación

Oblitas (2018) refiriéndose al tipo de investigación científica, según su propósito la aplicada indica que: “Está centrada en encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto. Por consiguiente, el tipo de ámbito al que se aplica es muy específico y bien delimitado.” (p.26)

En el caso de esta tesis es una investigación aplicada debido que se realizaron ensayos y con estos conocimientos adquiridos se aplicaran en la solución de una problemática.

Así también Oblitas (2018) en cuanto a la investigación científica según su profundidad, la explicativa indica que: “No solo pretende observar variables, sino estudiar las relaciones de influencia entre ellas para conocer su estructura y los factores que intervienen en los fenómenos y su dinámica. (p.26).

En este caso la presente investigación es de tipo explicativa, debido a que se indaga la interacción entre las variables, pues al realizarse los ensayos y al manipular las mismas, ocurrieron eventos que en el presente trabajo se logran explicar el porqué de ellos.

Así mismo la investigación será cuantitativa, según Oblitas (2018), indica que: “Según la naturaleza de datos ella se centra en el estudio y análisis de la realidad a través de diversos procedimientos basados en la medición. Permite un mayor nivel de control e inferencia que otros tipos de investigación, siendo posible realizar experimentos y obtener explicaciones contrastadas a partir de hipótesis (p.27).”

La presente tesis es de tipo investigación cuantitativa debido a que se obtuvieron datos a partir de ensayos, los cuales se pudieron medir y con ello se puede verificar las hipótesis.

Por último, según Oblitas (2018), el tipo de investigación experimental indica que: “Se basa en la manipulación de variables en condiciones altamente controladas, replicando un fenómeno concreto y observando el grado en que la o las variables implicadas y manipuladas producen un efecto determinado. (p.27).”

La investigación es de tipo experimental debido a que se realizó ensayos en laboratorio según las normas técnicas, manipulando las variables, para conocer el comportamiento de los elementos.

## **2.2. Materiales, Instrumentos y Métodos**

### **Materiales:**

Los materiales usados son el cemento portland tipo I, el agregado grueso, el agregado fino, así también el agua. Además, se tiene las varillas de fibra de vidrio en diámetros de 6mm, 10mm y 12mm fabricadas por la empresa Hengshui Jiubo Composites ubicada en República Popular China, por último, las varillas de acero en diámetros de 6mm, 3/8” y 12mm de la empresa SIDERPERU.

### **Instrumentos**

Para someter al ensayo a flexión a las vigas de concreto tanto con refuerzo de varilla de fibra de vidrio como con acero se utilizará un marco de carga de 60t con un gato hidráulico de 20t y un comparador de caratula analógico. Los resultados son anotados en el instrumento de recolección de datos para luego ser analizados.

### **Método**

Es necesario indicar que, aunque los ensayos se basan según la norma ASTM C78 o NTP 339.078 las características de las vigas de concreto reforzadas con varillas de fibra de vidrio y acero, no se ajustan exactamente a ella, debido a que se desea determinar las cargas,

la resistencia a la flexión nominal o momento nominal y deflexiones inmediatas, basado en las investigaciones realizadas por Hidalgo et al. (2018) y Murayari (2020). Es decir, se realizó mediciones de carga ubicadas a los tercios del tramo en una viga simplemente apoyada en un marco de carga de 60t con un gato hidráulico de 20t, así también las deflexiones son medidas mediante comparador de caratula analógico. Los resultados son anotados en el instrumento de recolección de datos los cuales servirán para calcular la resistencia a la flexión nominal, por último, realizar las comparaciones entre los materiales.

### **2.3.Población y Muestra**

#### **Población:**

Según Oblitas (2018) población es el “Conjunto de personas, seres u objetos a los que se refieren los resultados de la investigación” (p.28). Como población se tiene los elementos tipo vigas de concreto en edificaciones, sometidas a esfuerzo a la flexión, con una resistencia de concreto de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , reforzadas con varillas de fibra de vidrio y varillas de acero.

#### **Muestra:**

De acuerdo con Oblitas (2018) la muestra es el” Conjunto de mediciones que constituye parte de una población” (p.28). Para esta investigación la muestra es no probabilística, según Hernández (2014) señala que “En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador”(p.176),por ello la cantidad de vigas se determinó según la Norma Técnica Peruana NPT 339.183 donde indica que normalmente se moldean tres o más especímenes por edad y situaciones de prueba al menos se especifique algo diferente. Así también una cantidad similar de especímenes para

cada variable, por ello se elaboraron 6 vigas reforzadas con varillas de fibra de vidrio y 6 vigas reforzadas varillas de acero, en total 12 unidades para la edad de 7 días, similarmente se realizó para la edad de 28 días, es decir se realizó un total de 24 vigas.

Cabe indicar que según la norma los ensayos a esfuerzo a la flexión usualmente son a edades de ensayo de 14 y 28 días, sin embargo, en vista que el porcentaje de la resistencia a la compresión que alcanza el concreto en estas edades no es muy lejana, esta entre 90% y 99% respectivamente, para la presente investigación se tomara a los 7 y 28 días es decir entre 60% y 99%, por lo tanto, se busca averiguar el comportamiento de las vigas a edad temprana.

En la Tabla 22 se muestra las características y cantidad de vigas de concreto reforzado para los ensayos de resistencia a la flexión.

**Tabla 22**  
*Características y Cantidad de Vigas Ensayadas*

<b>Descripción</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Día</b>	<b>Unidades</b>	<b>Día</b>	<b>Unidades</b>
Varillas de Fibra de Vidrio	10mm	7	3	28	3
	12mm	7	3	28	3
Varillas de Acero	Ø3/8"	7	3	28	3
	12mm	7	3	28	3
<b>Sub Total</b>			12		12
<b>Total</b>				<b>24</b>	

Fuente: Propia

#### **2.4. Características de las vigas de concreto**

Las dimensiones de las vigas se han obtenido, en cuanto a dimensión longitudinal, según lo indicado por Lalvay (2017) menciona que el ACI318S-08 indica que un elemento, como una viga sea considerado como tal, no debe ser inferior a cuatro veces su altura útil de esta forma se garantiza al 100% la teoría de la flexión, Así también la norma E.060(2009) señala de manera similar en el capítulo 21 inciso 21.5.1.2.

Para la altura de la viga ( $h$ ) se puede observar en la Tabla 14 (para varillas de fibra de vidrio), con respecto a vigas simplemente apoyadas, es  $L/10$  y la Tabla 16 (para varillas de acero)  $L/16$  ( $L$ =longitud de viga), por lo tanto y para estar acorde con lo anteriormente mencionado por Lalvay (2017), se considera una longitud efectiva para el ensayo de 0,90m, sin embargo su longitud total es de 1.10m, con una altura de 0,20m, ya que según las tablas indicadas arrojaría una altura pequeña.

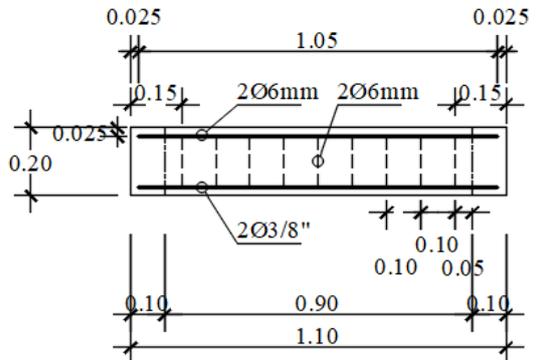
Para el ancho de la viga se toma en cuenta lo indicado por Blanco (1994), señala que el ancho de una viga puede variar entre 0,3  $h$  a 0,5 $h$ , para este caso se considera 0,15m

El recubrimiento se determinó de acuerdo con las Tabla 15 para PRFV, menciona en cuanto a vigas es 1 ½” (3.81cm), en la norma E.060(2009) 40mm (4cm) y en la norma E.070 (2006) indica 2cm, se decidió colocar 2.5cm para uniformizar los ensayos ya que estas vigas pueden ser utilizadas tanto para vigas en pórtico como en albañilería confinada. Los refuerzos fueron calculados según la norma E.060(2009) para el caso del acero y para varillas de fibra de vidrio se utilizó el ACI 440.1R-15, 2015(Ver Anexo N°1)

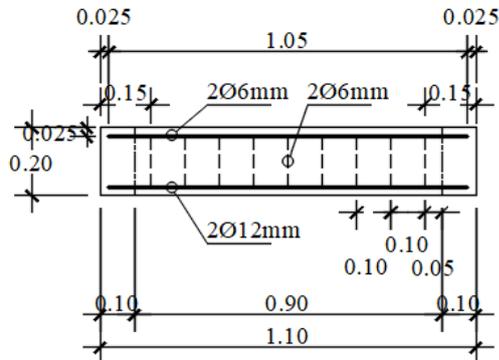
En la Figura 28,29,30 y 31 se muestran las dimensiones y características de las vigas de concreto reforzadas en el caso de vigas con refuerzo con acero, existen 2 tipos, las dos tienen ,2 refuerzos longitudinales negativos de diámetros de 6mm, y en la parte positiva una de ellas tiene dos refuerzos de diámetro 3/8” y la otra dos de diámetro 12 mm, estas tienen estribos de diámetro de 6mm; en el caso de la varillas de fibra de vidrio refuerzo, también existen 2 tipos, las dos tienen ,2 refuerzos longitudinales negativos de diámetros de 6mm, y en la parte positiva una de ellas tiene dos refuerzos de diámetro 10mm y la otra 2 de diámetro 12 mm, estas tienen estribos de diámetro de 6mm.

**Figura 28**

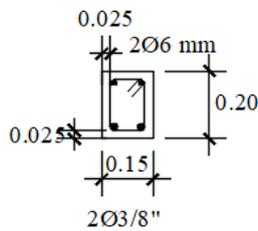
*Vigas de Concreto Reforzadas con Varillas de Acero Positivo de  $\varnothing 3/8"$  y  $\varnothing 12\text{mm}$*



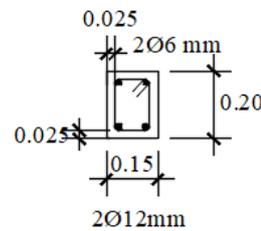
SECCIÓN LONGITUDINAL DE VIGA DE CONCRETO REFORZADA CON VARILLAS DE ACERO POSITIVO DE  $\varnothing 3/8"$



SECCIÓN LONGITUDINAL DE VIGA DE CONCRETO REFORZADA CON VARILLAS DE ACERO POSITIVO DE  $\varnothing 12\text{mm}$



SECCIÓN TRANSVERSAL DE VIGA DE CONCRETO REFORZADA CON VARILLAS DE ACERO POSITIVO DE  $\varnothing 3/8"$  CON ESTRIBOS DE  $\varnothing 6\text{mm}$



SECCIÓN TRANSVERSAL DE VIGA DE CONCRETO REFORZADA CON VARILLAS DE ACERO POSITIVO DE  $\varnothing 12\text{mm}$  CON ESTRIBOS DE  $\varnothing 6\text{mm}$

Fuente: Propia

**Figura 29**

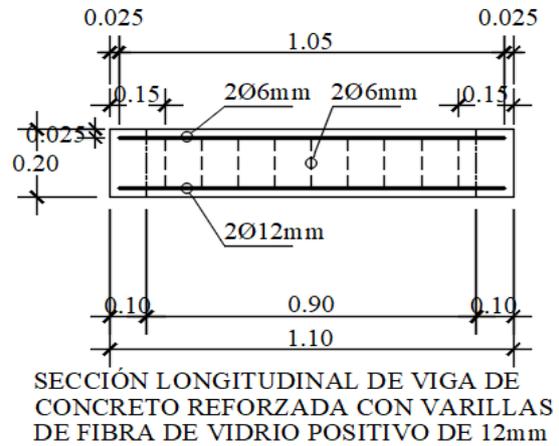
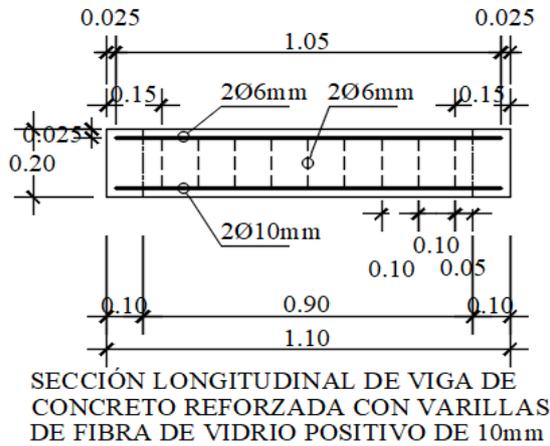
*Viga reforzada con Varillas de Acero*



Fuente: Propia

**Figura 30**

*Vigas de Concreto Reforzado con Varillas de Fibra de Vidrio Positivo de Ø10mm y Ø12mm*



**Figura 31**

*Viga Reforzada con Varilla de Fibra de Vidrio*



Fuente: Propia

## **2.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección y Análisis de Datos**

### **Técnicas:**

Para la presente investigación la técnica es la observación, siguiendo un sistema para poder evaluar los eventos en el ensayo que ocurren en el objeto de estudio, de esta forma se recolecta datos siguiendo protocolos

### **Instrumentos de Recolección:**

Los instrumentos de recolección de datos son las guías de observación, como las Normas Técnicas Peruanas (NPT), las normas American Society for Testing and Materials (ASTM), y las normas American Concrete Institute (ACI), ellas son las guías de los diferentes ensayos para la caracterización de los agregados, que nos servirán para el diseño de mezcla de concreto. Así también se tiene las guías de recolección de datos para concreto fresco y concreto endurecido.

De igual forma se utilizará un cuaderno para apuntes, cámara fotográfica y video, así como la hoja digital del programa Excel para realizar los cálculos respectivos.

### **Análisis de Datos**

En el análisis de datos, se usó la estadística descriptiva y luego se aplicó la estadística inferencial. Según Oblitas (2018) señala que la estadística descriptiva “Se describen los datos, valores, puntuaciones y distribución de frecuencias para cada variable. Se representan mediante tablas y gráficos. Se calculan las medidas de tendencia central y de variabilidad o dispersión.” (p.34). En la presente investigación se presentaron tablas con resultados de los ensayos de cargas, resistencia a la flexión y deflexiones inmediatas, calculando el promedio de vigas de concreto tomando en cuenta el tipo de refuerzo y la edad.

Además, Oblitas (2018) señala que “En la estadística inferencial, la hipótesis es una proposición respecto a uno o varios parámetros. El análisis consiste en determinar si la hipótesis es congruente con los datos de la muestra” (p.34). Para la presente investigación se presentaron datos, con los cuales se puede dar conclusiones al comparar los resultados de los ensayos indicados. El software para realizar los cálculos será Microsoft Excel.

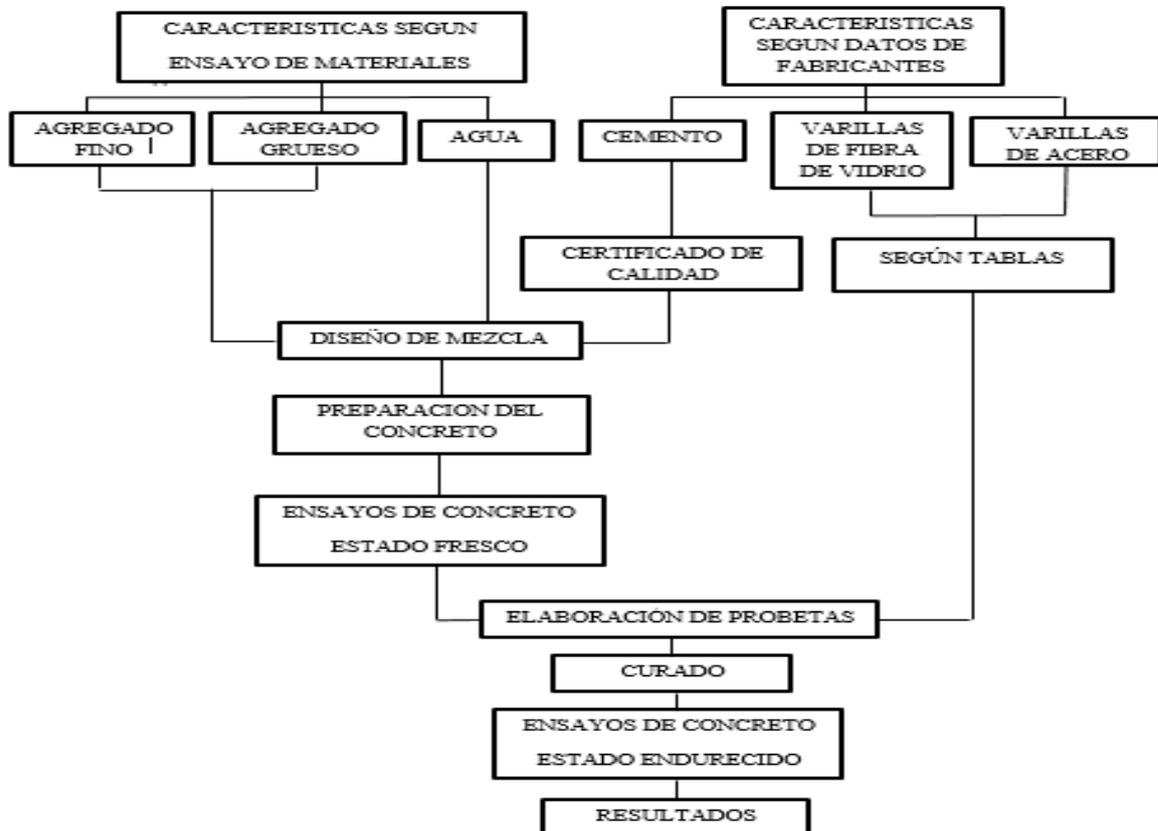
## 2.6. Validez y Confiabilidad de los Instrumentos de Medición

La validez de los equipos de instrumentos de medición en los cuales se realizaron los ensayos según las normas, son mediante certificados de calibración los cuales son proveídos por los representantes del laboratorio.

## 2.7. Procedimiento

**Figura 32**

*Flujograma de procedimientos*



Fuente: Propia

En la Figura 32 se muestra el flujograma de procedimientos que se utiliza en la presente investigación.

### **Ensayo de los Materiales**

Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de INGEOCONTROL SAC ubicado en Lima, distrito de San Martín de Porres, Urb. Mayorazgo 2da etapa, Mz. A lote 24. Antes de realizar el diseño de mezcla y el posterior armado de las vigas de concreto reforzado, se necesita conocer las características de los materiales que lo componen, para ello se necesita realizar en el caso de los agregados los siguientes ensayos:

### **Ensayo Reducción de Muestras de Agregado a Tamaño de Prueba.**

Se procede conforme a la norma ASTM C 702, el procedimiento presenta las técnicas para reducir el tamaño de las muestras de agregado a un tamaño adecuado para su prueba, se busca reducir las diferencias en las características medibles entre la muestra seleccionada para el ensayo y la muestra total. Se utiliza el método B cuarteo manual.

### **Figura 33**

*Reducción de Muestras de Agregados*



Fuente: Propia

## Ensayo de Granulometría

Se procede conforme a la norma ASTM C 136, el procedimiento es para determinar el tamaño de los agregados finos y gruesos mediante la utilización de un tamizado. (Ver informes en Anexos N°2y N°3).

### Figura 34

*Análisis Granulométrico Agregado Fino*



Fuente: Propia

### Figura 35

*Análisis Granulométrico Agregado Grueso*



Fuente: Propia

## Ensayo de Contenido de Humedad

Se procede conforme a la norma ASTM C 566, el procedimiento mide la cantidad de humedad evaporable presente en una muestra de agregado mediante el proceso de secado, así como también detectar la humedad superficial y la humedad en los poros del agregado. (Ver informes en Anexos N°4)

**Figura 36**  
*Contenido de Humedad Agregado Fino*



Fuente: Propia

**Figura 37**  
*Contenido de Humedad Agregado Grueso*



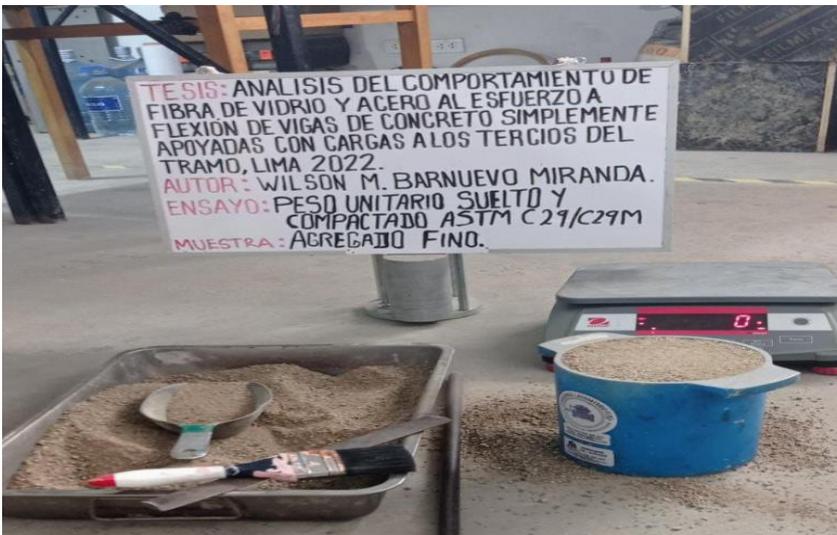
Fuente: Propia

### Ensayo de Peso Unitario Suelto y Compactado

Se procede conforme a la norma ASTM C 29, el procedimiento se utiliza para determinar la densidad aparente tanto de los agregados finos como gruesos, así como el contenido de vacíos en el agregado fino. (Ver informes en Anexos N°5 y N°6)

**Figura 38**

*Peso Unitario Suelto y Compactado Agregado Fino*



Fuente: Propia

**Figura 39**

*Peso unitario Suelto y Compactado Agregado Grueso*



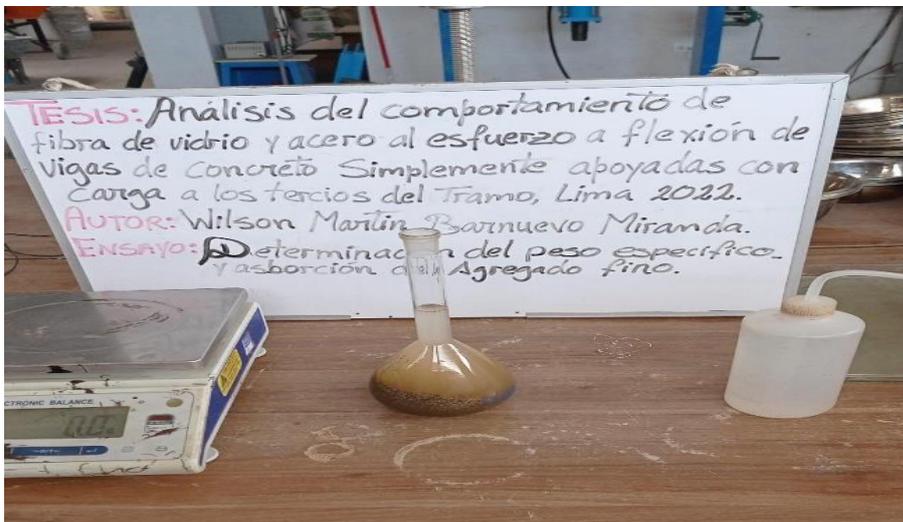
Fuente: Propia

### Ensayo Gravedad Específica, Peso Específico y Absorción de Agregado Grueso y Fino

Se procede conforme a la norma ASTM C 127, ASTM C 128 el procedimiento se utiliza para determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, peso específico aparente y absorción de agregado grueso y fino respectivamente. (Ver informes en Anexos N°7y N°8)

#### Figura 40

*Peso Específico y Absorción de Agregado Fino*



Fuente: Propia

#### Figura 41

*Gravedad Especifica y Absorción de Agregado Grueso*



Fuente: Propia

## Cemento

El Cemento Portland Tipo I, cumple con las normas NTP 334.009 y la ASTM C-150 de acuerdo con lo indicado en su ficha técnica. (Ver ficha en Anexo N°9). El tipo de cemento indicado se utiliza generalmente para elementos estructurales de concreto de aplicación en general.

### Figura 42

*Cemento Portland Tipo I*



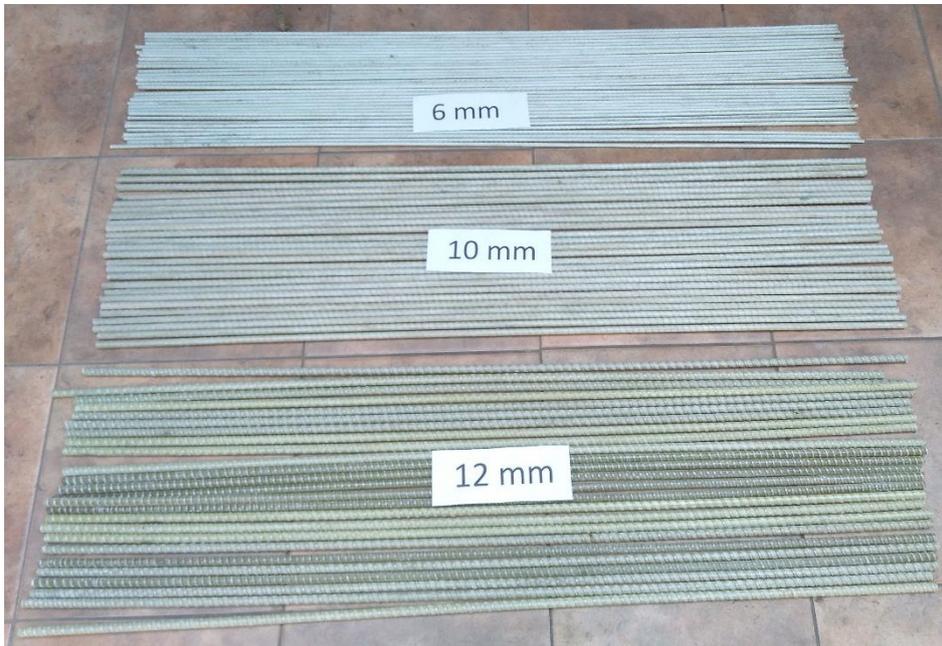
Fuente: Cemento Sol

## Varillas de Fibra de Vidrio

También conocidas por la abreviatura GFRP (Glass –Fiber Reinforced Polymer), o PRFV (Polímero Reforzado con Fibra de Vidrio). Las varillas fabricadas por la empresa Hengshui Jiubo Composites de diámetros de 6mm, 10mm y 12mm, son las utilizadas en la presente investigación. La procedencia de la República Popular de China.

Las propiedades mecánicas están expuestas en la Tabla 7 según lo reportado por la empresa fabricante.

**Figura 43**  
*Varillas de Fibra de Vidrio*



Fuente: Propia

### **Varillas de Acero**

Las varillas de acero en diámetros de 6mm, 3/8” y 12mm de la empresa SIDERPERU las cuales cumplen con las normas NTP 341.031. Grado 60 y ASTM A615/A615M Grado 60. (Ver ficha técnica en Anexo N°10).

**Figura 44**  
*Varillas de Acero*



Fuente: SIDERPERU

## Diseño de Mezcla

Después de culminar con la caracterización de los materiales se procede a determinar el diseño de mezcla la cual se efectuó siguiendo los procedimientos del método de ACI 211.1, para una resistencia del concreto de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ . Los datos, así como el diseño de mezcla se encuentran en Anexo N°11. La mezcla se preparó en una maquina mezcladora de concreto.

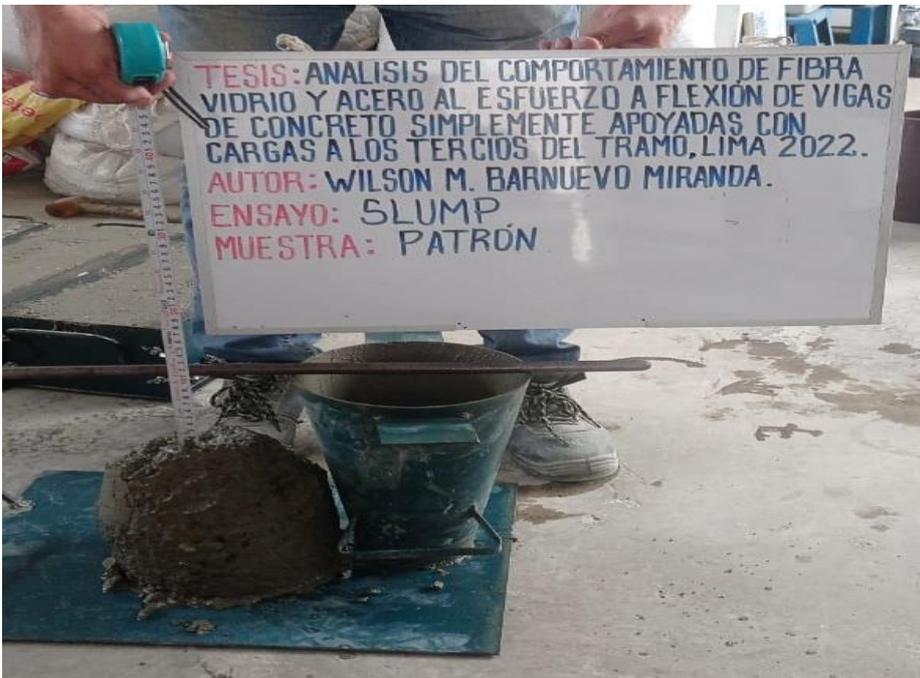
## Ensayos de Concreto Fresco

### Método de Ensayo Estándar para Revenimiento del Concreto de Cemento Hidráulico

Se procede conforme a la norma ASTM C 143 o NTP 339.035 el procedimiento se utiliza para determinar el asentamiento que tiene el hormigón en laboratorio, así como en campo, es decir se precisa la consistencia de la mezcla de concreto en estado fresco.

### Figura 45

#### *Revenimiento del Concreto*



Fuente: Propia

## **Método de Ensayo Estándar para la Medición de la Temperatura del Concreto de Cemento Hidráulico.**

Se procede conforme a la norma ASTM C 1064 o NTP 339.184, el procedimiento se utiliza para medir la temperatura de mezclas de concreto recientemente mezclado.

### **Figura 46**

*Medición de Temperatura del Concreto Fresco*



Fuente: Propia

## **Ensayo Práctica Normalizada para la Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto en Laboratorio**

Se procede conforme a la norma ASTM C 192 o NTP 339.183, el procedimiento tiene como propósito de informar la forma correcta de elaboración y curado de testigos de concreto para posteriormente realizar la rotura. Para el caso de testigos cilíndricos tuvieron dimensiones de 0.15m de diámetro y 0.30m de altura. La cantidad fue de 3 unidades para la edad de 7 días y 3 unidades para la edad de 28 días en total fueron 6 unidades los cuales se

elaboran al mismo momento. Luego pasado las 24h se desmolda el testigo y se lleva a la poza de curado. Las cuáles serán retirados un día antes del ensayo a compresión.

Para el caso de las vigas las características y cantidades se encuentran en la Tabla 22 donde se muestra que son en total 24 unidades de las cuales 12 unidades con refuerzo de acero y 12 unidades con refuerzo de fibra de vidrio, ensayadas a edades de 7 y 28 días; en las Figuras 28 y 30 se muestra las dimensiones las cuales tienen 0.15m de base, 0.20m de altura y 1.10m de largo, así también se presenta el tipo de refuerzo y el modo de armado. Antes de realizar el procedimiento de llenado según norma, a las vigas se le realizó una serie de pasos previos, como el armado del molde y la colocación del refuerzo.

El tipo de molde o encofrado de los especímenes son de Triplay Plywood Film 2 caras, armado con tornillos autorroscante de 50mm colocados a cada 0.20m. esto permite su desarmado, ya que se construyeron 12 moldes para un primer vaciado para la edad de 7 días, luego se procedió para el armado para la edad de 28 días.

**Figura 47**  
*Moldes o Encofrado para Vigas*



Fuente: Propia

Luego se procede con el armado de los refuerzos de acero y varillas de fibra de vidrio, tal y como lo indican la Figura 48 y Figura 49, amarrando los estribos con alambre de acero N°16 cortados previamente.

**Figura 48**

*Armado de Viga con Refuerzo de Acero*



Fuente: Propia

**Figura 49**

*Armado de Viga con Refuerzo de Fibra de Vidrio*



Fuente: Propia

**Figura 50**

*Vista Refuerzo longitudinal de Acero y Fibra de Vidrio*



Fuente: Propia

**Figura 51**

*Vista Refuerzo Transversal de Acero y Fibra de Vidrio*



Fuente: Propia

Antes de colocar los refuerzos en los moldes, estos deben que ser impregnados con desmoldante, luego las varillas de acero y fibra de vidrio deben de tener un recubrimiento de 2.5cm, esto se logra colocando un separador de concreto tipo baso.

**Figura 52**

*Instalación de Refuerzo de Acero con Separador de Concreto*



Fuente: Propia

**Figura 53**

*Instalación de Refuerzo de Fibra de Vidrio con Separador de Concreto*



Fuente: Propia

Se llenó las vigas en 3 capas, realizándose una compactación por varillado por ello se efectuó 15 golpes por capa con comba de goma Por último se ejecuta el enrase.

**Figura 54**

*Llenado de Vigas de Concreto*



Fuente: Propia

**Figura 55**

*Enrase de Vigas de Concreto*



Fuente: Propia

Se les coloca a las vigas una etiqueta donde indica el tipo de refuerzo y el día de llenado. Transcurridos 24 horas se desmolda y se procede a su curado, que en esta investigación se realizó bajo condiciones de obra, es decir, se le curó a razón de 3 veces por día hasta el día del ensayo.

**Figura 56**  
*Vigas de Concreto*



Fuente: Propia

## Ensayos de Concreto Endurecido

### Resistencia a la Compresión de Probetas Cilíndricas

Se procede conforme a la norma ASTM C 39 o NTP 339.034, el procedimiento se basa en la aplicación de una carga axial a compresión, hasta producirse la falla. La resistencia a la compresión se establece entre la división de la carga aplicada y el área de esta. En ella se verifica si se cumplió con el diseño de mezcla propuesto que este caso es para una resistencia del concreto de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ . Para ello se ensayaron 3 probetas cilíndricas por edad, es decir, para 7 y 28 días. (Ver informe en Anexos N°12).

**Figura 57**

*Ensayo Resistencia a la Compresión Edad 7días*



Fuente: Propia

**Figura 58**

*Ensayo Resistencia a la Compresión Edad 28 Dias*



Fuente: Propia

## Ensayo a la Flexión en Vigas de Concreto

Como se ha indicado, aunque los ensayos se basan según la norma ASTM C78 o NTP 339.078, sin embargo, debido a las características de las vigas y los materiales a ensayar, no se ajustan exactamente a ella, por ese motivo está basado en las investigaciones realizadas por Hidalgo et al. (2018) y Murayari (2020).

El ensayo comprendió en someter a flexión las vigas de concreto simplemente apoyadas, reforzadas con varillas de acero y varillas de fibra de vidrio (ver Figuras 28 y 30) por medio de dos cargas puntuales ubicadas a los tercios del tramo a analizar y apoyadas sobre dos puntos ubicados a 0.10m de los extremos de la viga, de tal forma que el tercio central de viga se encuentre a flexión pura. Así también en la parte central se colocó un comparador de caratula analógica marca INSIZE el cual mide las deflexiones. Todo esto dentro de un marco de carga de 60t con un gato hidráulico de 20t, las cargas que aparecen en la unidad de lectura digital marca ADR Touch se anotan cada 1mm de deflexión.

**Figura 59**  
*Unidad de Lectura Digital Marca ADR Touch*



Fuente: Propia

**Figura 60**  
*Comparador de Caratula Analógico Marca INSIZE*



Fuente: Propia

**Figura 61**  
*Marco de Carga 60t con gato hidráulico de 20t*



Fuente: Propia

La presente investigación busca comparar el comportamiento de vigas de concreto con reforzamiento positivo de acero de diámetro 3/8” con otra de reforzamiento positivo de fibra de vidrio de diámetro de 10mm. De la misma manera comparar vigas con reforzamiento positivo de acero de diámetro de 12mm con otra de reforzamiento positivo de fibra de vidrio de diámetro de 12mm. Para los resultados no se considerará aquellas vigas que fallen a cortante, pues se busca conocer el comportamiento a flexión del refuerzo en vigas de concreto.

Para ello y antes de realizar el ensayo, las vigas se marcan con líneas rectas divididas en tercios de su longitud para ubicación de las cargas, así también la ubicación de los apoyos, se coloca una nomenclatura para su identificación el cual indica el tipo de refuerzo, el diámetro fabricado y la edad.

### Figura 62

*Posición de Viga en Marco de Carga*



Fuente: Propia

En el proceso de ensayo se anota la carga en que apareció la primera grieta, las cargas a cada 1mm de deflexión y la carga máxima de rotura, con esta información se calcula los momentos nominales. (Ver informes en Anexos N°13 al N°37).

**Figura 63**

*Vista de Viga de Concreto Ensayada*



Fuente: Propia

Al retirar la viga del marco de carga se dibujan los patrones de fisuras y grietas para su posterior informe.

**Figura 64**

*Vista de Viga con Fisuras y Grietas*



Fuente: Propia

## Aspectos éticos

Los estudios presentados en esta investigación serán de fuentes documentales confiables, de modo tal que a lo largo de la presente investigación serán citados como corresponde, respetándose las Normas APA y de investigaciones. Además, los datos recopilados en los ensayos experimentales no son manipulados, respetando las normas Nacionales e Internacionales respectivas, así como el RNE y procesos constructivos vigentes.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

En este capítulo se presentarán los resultados de los ensayos obtenidos del laboratorio tanto de las características de los materiales para realizar el diseño de mezcla como los resultados de ensayos a compresión de probetas cilíndricas y vigas de concreto a flexión.

**Tabla 23**

*Resumen de Resultados de laboratorio Características de Materiales*

<b>Agregado</b>	<b>Fino</b>	<b>Grueso</b>
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1570	1416
Peso Unitario Compacto (kg/m <sup>3</sup> )	1766	1542
Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	2692	2863
Módulo de Fineza	3.23	6.64
Tamaño Máximo Nominal	---	1/2"
% Absorción	0.40%	0.60%
% Contenido de Humedad	1.13%	0.25%

Fuente: Propia

**Tabla 24**

*Resumen Componentes para Mezcla de Concreto*

<b>Datos</b>	<b>Descripción</b>
Marca de Cemento	Sol Tipo 1
Peso Específico del Cemento	3120 kg/m <sup>3</sup>
Asentamiento de Diseño	Slump:3" a 4"
Peso Específico del Agua	1000 kg/cm <sup>3</sup>
Relación agua cemento	0.54
Aire Atrapado	2.50%

Fuente: Propia

**Tabla 25**

*Resumen Diseño de Mezcla  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. Según ACI 211.1*

Condiciones	Laboratorio	Obra
<b>Volumen de Mezcla</b>	0.038 m <sup>3</sup>	1.00m <sup>3</sup>
Componente	Peso Húmedo	Peso Húmedo
Cemento Sol Tipo I	16.26 kg	428 kg
Agua	8.68 L	228 L
Agregado Grueso	34.42 kg	906 kg
Agregado Fino	34.42 kg	793 kg
Slump Obtenido	4 1/4"	---
Temperatura	24.8C°	---

Fuente: Propia

**Tabla 26**

*Resumen de Resistencia a Compresion de Probetas Cilindricas Edad 7 dias*

N° de Probeta	Edad	Resistencia a Compresión Diseño (  kg/cm <sup>2</sup> )	Diámetro (cm)	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a Compresión Ensayo (kg/cm <sup>2</sup> )	% de Resistencia
1	7 días	210	15.02	34994.0	197	94.0
2	7 días	210	15.03	35803.0	202	96.1
3	7 días	210	15.00	36448.0	206	98.2
<b>Promedio</b>					201.67	96

Fuente: Propia

**Tabla 27**

*Resumen de Resistencia a Compresión de Probetas Cilíndricas Edad 28días*

N° de Probeta	Edad	Resistencia a Compresión Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Diámetro (cm)	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a Compresión Ensayo (kg/cm <sup>2</sup> )	% de Resistencia
1	28 días	210	15.02	43858	248	117.9
2	28 días	210	15.04	42982	242	115.2
3	28 días	210	15.04	44891	253	120.3
<b>Promedio</b>					247.67	118

Fuente: Propia

Para poder identificar las vigas tanto el tipo de refuerzo y la edad se realiza una nomenclatura mostrada en la Tabla 28

**Tabla 28**  
*Nomenclatura de Identificación de Vigas*

Descripción	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Tipo de Refuerzo	Diámetro (mm)	Edad (días)
VF-1	21/12/2022	28/12/2022	Varillas de Fibra de Vidrio (PRFV)	10 mm	7
VF-2	21/12/2022	28/12/2022			
VF-3	22/12/2022	29/12/2022			
VF-4	22/12/2022	29/12/2022	Varillas de Fibra de Vidrio (PRFV)	12mm	
VF-5	22/12/2022	29/12/2022			
VF-6	22/12/2022	29/12/2022			
VF-7	22/12/2022	19/01/2023	Varillas de Fibra de Vidrio (PRFV)	10 mm	28
VF-8	23/12/2022	20/01/2023			
VF-9	23/12/2022	20/01/2023			
VF-10	23/12/2022	20/01/2023	Varillas de Fibra de Vidrio (PRFV)	12 mm	
VF-11	23/12/2022	20/01/2023			
VF-12	23/12/2022	20/01/2023			
V-1	20/12/2022	27/12/2022	Varillas de Acero	3/8"	7
V-2	20/12/2022	27/12/2022			
V-3	20/12/2022	27/12/2022			
V-4	9/01/2023	16/01/2023	Varillas de Acero	12mm	
V-5	9/01/2023	16/01/2023			
V-6	9/01/2023	16/01/2023			
V-7	22/12/2022	19/01/2023	Varillas de Acero	3/8"	28
V-8	22/12/2022	19/01/2023			
V-9	22/12/2022	19/01/2023			
V-10	22/12/2022	19/01/2023	Varillas de Acero	12mm	
V-11	22/12/2022	19/01/2023			
V-12	22/12/2022	19/01/2023			

Fuente: Propia

En la Tabla 29 se muestran los datos de los ensayos de cada una de las vigas de concreto, se calculó los promedios de cargas máximas, momentos y deflexiones por tipo de refuerzo y edad. Los momentos máximos fueron calculados según la Ecuación (2)

**Tabla 29**

*Datos de Cargas Máximas, Momentos Nominales y Deflexiones Inmediatas de Vigas*

Descripción	Tipo de Refuerzo	Edad (días)	Carga Máxima (t)	Promedio Carga Máxima (t)	Momento Nominal (t-m)	Promedio Momento Nominal (t-m)	Deflexion Inmediata (mm)	Promedio Deflexión Inmediata (mm)	Tipo de Falla
VF-1	Ø10 mm PRFV	7	7.91	8.39	1.19	1.26	17	18	Flexion-Cortante
VF-2			8.25		1.24		17		Flexion-Cortante
VF-3			9.01		1.35		20		Flexion-Cortante
VF-4	Ø12 mm PRFV	7	10.12	10.42	1.52	1.56	19	20	Flexion-Cortante
VF-5			10.72		1.61		20		Flexion-Cortante
VF-6			8.35		1.25		15		Cortante
VF-7	Ø10 mm PRFV	28	8.47	9.98	1.27	1.50	19	19	Cortante
VF-8			10.07		1.51		19		Flexion-Cortante
VF-9			9.89		1.48		18		Flexion-Cortante
VF-10	Ø12 mm PRFV	28	11.46	11.68	1.72	1.75	20	20	Flexion-Cortante
VF-11			12.19		1.83		22		Flexion-Cortante
VF-12			11.38		1.71		19		Flexion-Cortante
V-1	Ø3/8" Acero	7	6.77	6.58	1.02	0.99	20	22	Flexion
V-2			6.58		0.99		25		Flexion
V-3			6.38		0.96		22		Flexion
V-4	Ø12 mm Acero	7	8.20	7.96	1.23	1.19	21	22	Flexion
V-5			7.73		1.16		23		Flexion
V-6			7.97		1.19		22		Flexion
V-7	Ø3/8" Acero	28	10.38	10.50	1.56	1.57	25	23	Flexion
V-8			10.25		1.54		20		Flexion
V-9			10.86		1.63		24		Flexion
V-10	Ø12 mm Acero	28	11.91	12.18	1.79	1.83	24	23	Flexion
V-11			12.01		1.80		23		Flexion
V-12			12.63		1.89		23		Flexion

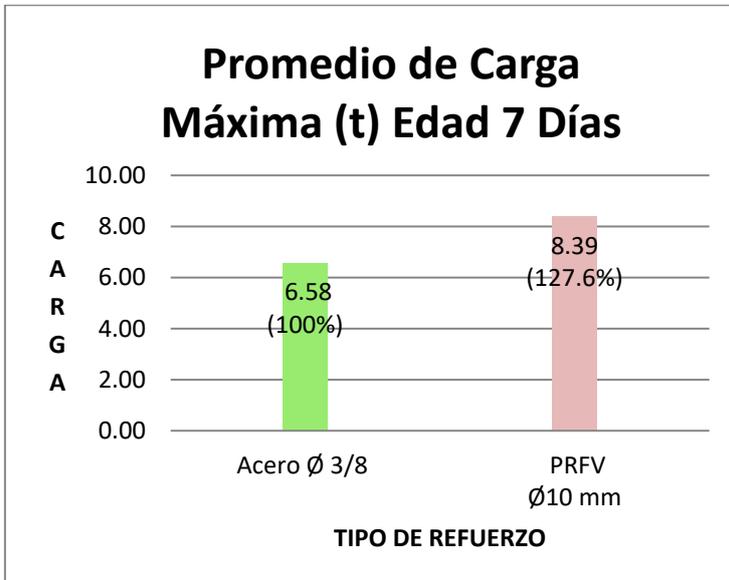
Fuente: Propia

La viga VF-6 y VF-7 no está considerandos en los promedios debido a que fallaron por cortante.

Se presentan a continuación luego de procesados, los resultados de ensayos de laboratorio correspondientes para la edad de 7 días.

**Figura 65**

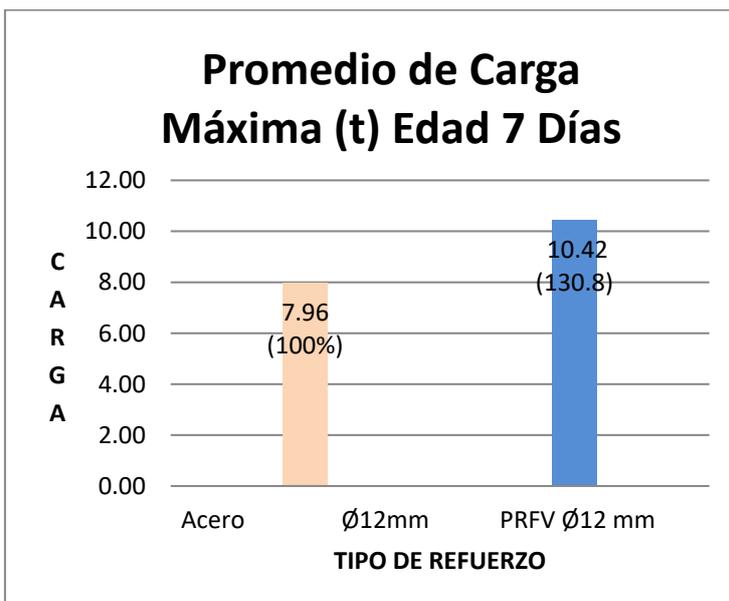
*Promedio Carga Máxima y Comparación Acero  $\phi 3/8$ ” vs PRFV $\phi 10$ mm, Edad 7 Días*



Fuente: Propia

**Figura 66**

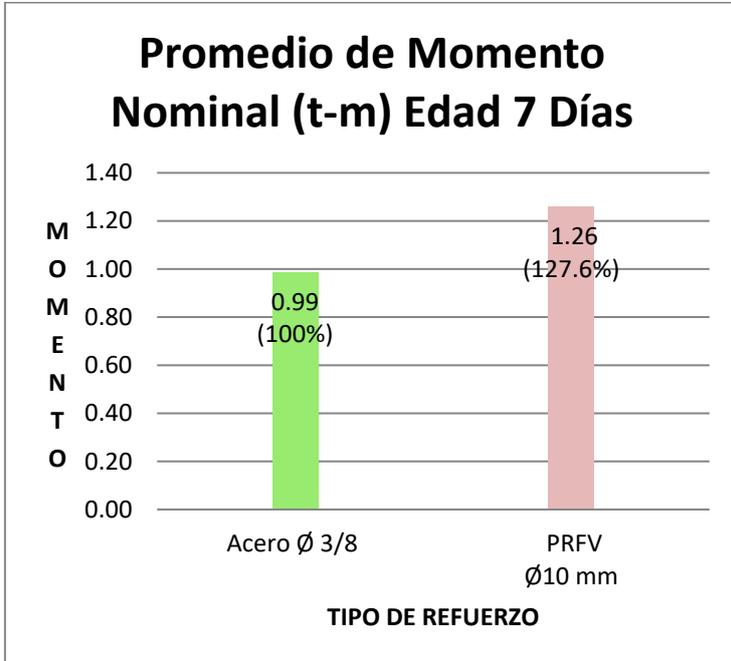
*Promedio Carga Máxima y Comparación Acero  $\phi 12$ mm vs PRFV $\phi 12$ mm, Edad 7 Días*



Fuente: Propia

**Figura 67**

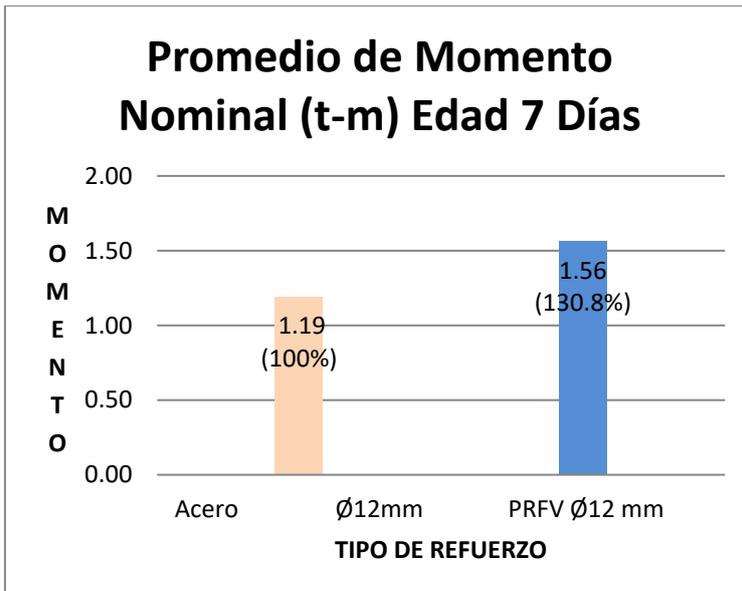
*Promedio Momento Nominal y Comparación Acero  $\phi 3/8$  vs PRFV  $\phi 10$ mm, Edad 7 Días*



Fuente: Propia

**Figura 68**

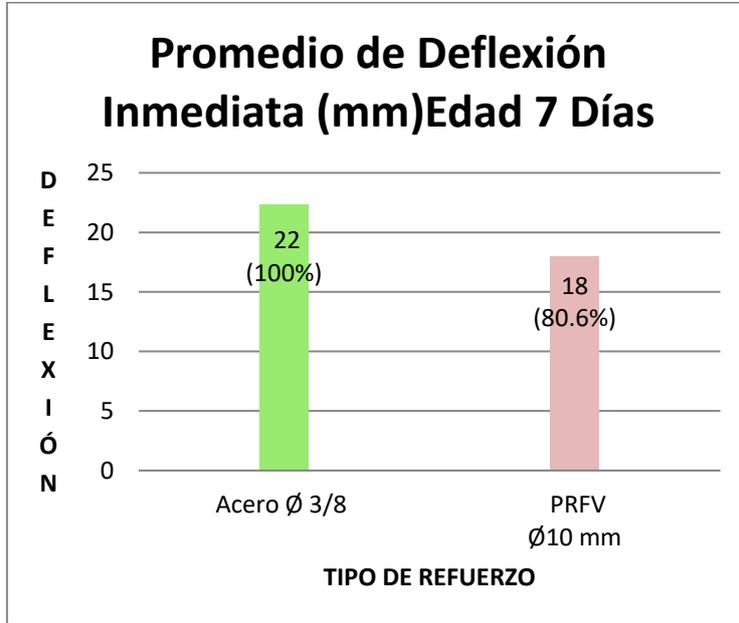
*Promedio Momento Nominal y Comparación Acero  $\phi 12$ mm vs PRFV  $\phi 12$ mm, Edad 7 Días*



Fuente: Propia

**Figura 69**

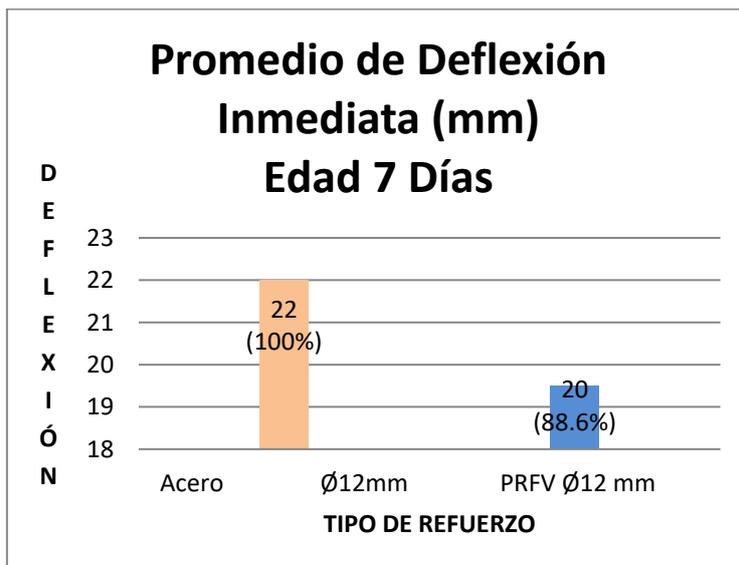
*Deflexión Inmediata y Comparación Acero  $\phi 3/8$ ” vs PRFV $\phi 10$ mm, Edad 7 Días*



Fuente: Propia

**Figura 70**

*Deflexión Inmediata y Comparación Acero  $\phi 12$ mm vs PRFV $\phi 12$ mm, Edad 7 Días*



Fuente: Propia

En las Figuras 65,66,67,68,69 y 70 se está considerando como patrón para la comparación, a las varillas de acero para realizar la interpretación, ellas representaran el 100%. Esto con fin de conocer que tan superior o inferior se encuentran en porcentajes los valores de refuerzos de vigas unas de la otras.

En las figuras indicadas se muestran los valores arrojados por los ensayos de laboratorio, para luego comparar las vigas que tienen similar diámetro y edad, es decir, se confronta una viga con refuerzo positivo de acero de diámetro 3/8” con otra viga de refuerzo positivo de varillas de fibra de vidrio (PRFV) de diámetro 10mm, por otro lado, se compara una viga con refuerzo positivo de acero de diámetro 12mm con otra viga de refuerzo positivo de varillas de fibra de vidrio (PRFV) de diámetro 12mm.

Se puede observar en la Figura 65 que las vigas con refuerzo de PRFV  $\varnothing 10\text{mm}$ , soportaron cargas máximas de 8.39t y el acero  $\varnothing 3/8$ ” de 6.58t, realizando la comparación se tiene que la viga con PRFV  $\varnothing 10\text{mm}$  resistió un 27.6% más carga que las vigas con refuerzo de acero  $\varnothing 3/8$ ”.

Se puede visualizar en la Figura 65 que las vigas con refuerzo PRFV  $\varnothing 12\text{mm}$ , soportaron cargas máximas de 10.42t y el acero  $\varnothing 12\text{mm}$  de 7.96t, haciendo la comparación se tiene que la viga con PRFV  $\varnothing 12\text{mm}$  resistió un 30.8% más carga que las vigas con refuerzo de acero  $\varnothing 12\text{mm}$ .

Se puede notar en la Figura 67 que las vigas con refuerzo de PRFV  $\varnothing 10\text{mm}$  soporta momentos nominales de 1.26t y el acero  $\varnothing 3/8$ ” de 0.99t, efectuando la comparación se tiene que la viga con PRFV  $\varnothing 10\text{mm}$  soportaron un 27.6% más momento nominal que las vigas con refuerzo de acero  $\varnothing 3/8$ ”.

Se puede notar en la Figura 68 que las vigas con refuerzo de PRFV  $\phi$  12mm soportaron momentos nominales de 1.56t y el acero  $\phi$  12mm de 1.19t, haciendo la comparación se tiene que la viga con PRFV  $\phi$ 12mm soportaron un 30.8% más momento nominal que las vigas con refuerzo de acero  $\phi$  12mm.

Se puede interpretar que a través de las Figuras 65 hasta la Figura 68 que en la edad temprana de 7 días las vigas con refuerzo de las varillas de fibra de vidrio son quienes soportaron más carga y mayor momento nominal que las vigas con refuerzo de acero.

En cuanto a la Figura 69 se puede notar que en las vigas con refuerzo de PRFV  $\phi$  10mm, tuvieron deflexiones inmediatas de 18mm y el acero  $\phi$  3/8” de 22mm, efectuando la comparación se tiene que la viga con PRFV  $\phi$ 10mm tiene deflexiones de un 19.4% menos que las vigas con refuerzo de acero  $\phi$  3/8”.

También se puede visualizar en la Figura 66 que las vigas con refuerzo de PRFV  $\phi$  12mm, tuvieron deflexiones inmediatas de 20mm y el acero  $\phi$  12mm de 22mm, efectuando la comparación se tiene que la viga con PRFV  $\phi$ 12mm tuvieron deflexiones de un 11.4% menos que las vigas con refuerzo de acero  $\phi$  12mm.

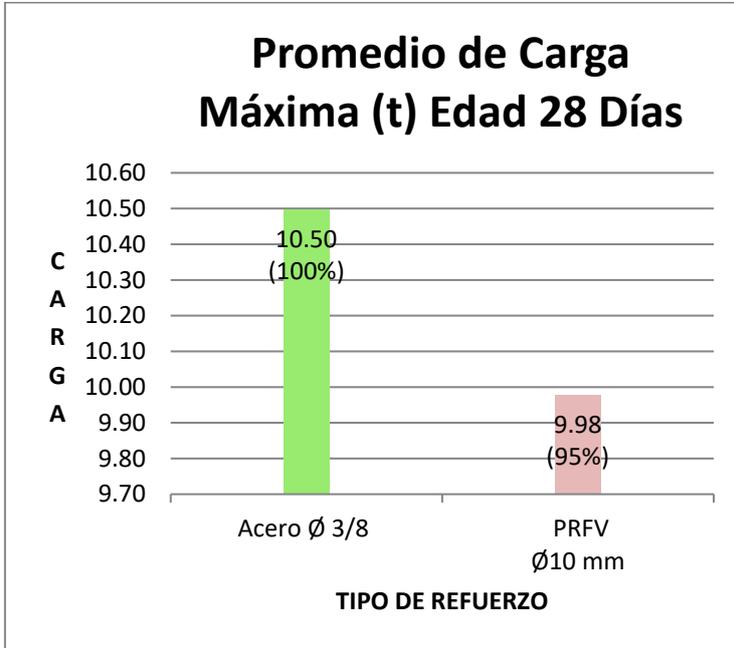
En la Figura 69 y 70 se puede interpretar que edad temprana las vigas con refuerzo de varillas de fibra de vidrio a edad temprana de 7 días tiene menores deflexiones inmediatas.

Se presentan a continuación luego de procesados, los resultados de ensayos de laboratorio correspondientes para la edad de 28 días. En ellas vemos el promedio de las cargas máximas, momentos nominales y deflexiones inmediatas, de las vigas de concreto reforzadas con varillas de fibra de vidrio y acero.

El fin era observar el comportamiento que tienen las vigas de concreto a la edad indicada y si mostrada alguna diferencia.

**Figura 71**

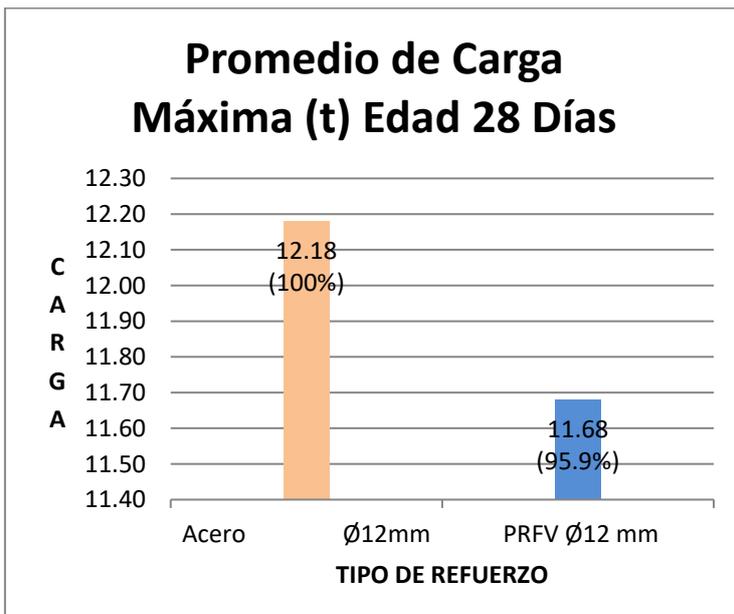
*Promedio Carga Máxima y Comparación Acero  $\phi 3/8$  vs PRFV  $\phi 10$ mm, Edad 28 Días*



Fuente: Propia

**Figura 72**

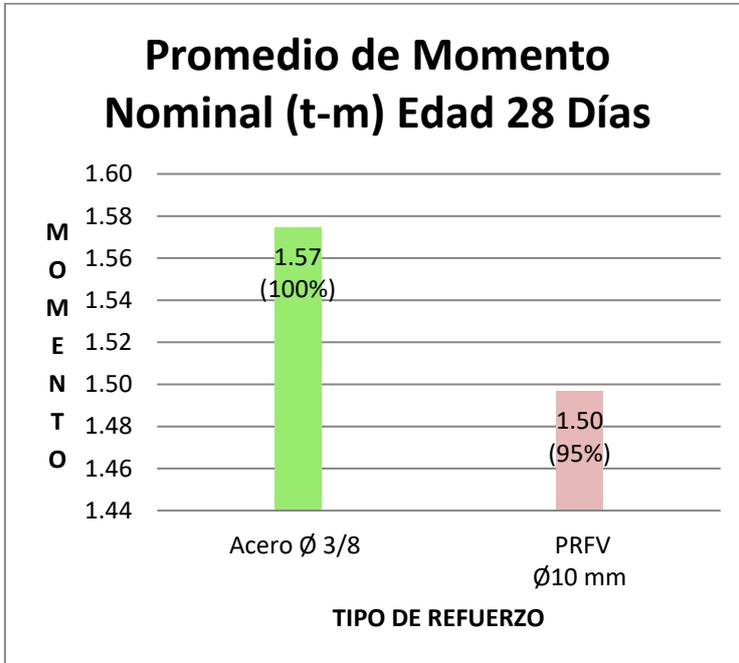
*Promedio Carga Máxima y Comparación Acero  $\phi 12$ mm vs PRFV  $\phi 12$ mm, Edad 28 Días*



Fuente: Propia

**Figura 73**

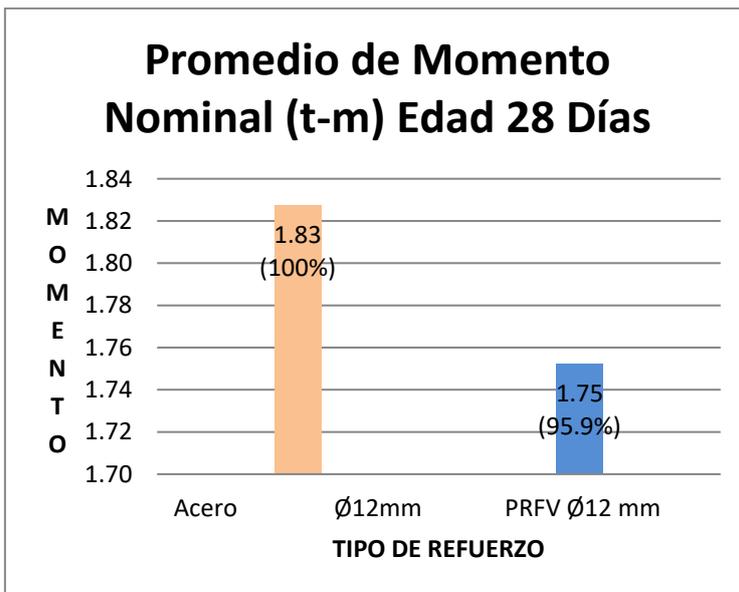
*Promedio Momento Nominal y Comparación Acero  $\phi 3/8$ ” vs PRFV $\phi 10$ mm, Edad 28 Días*



Fuente: Propia

**Figura 74**

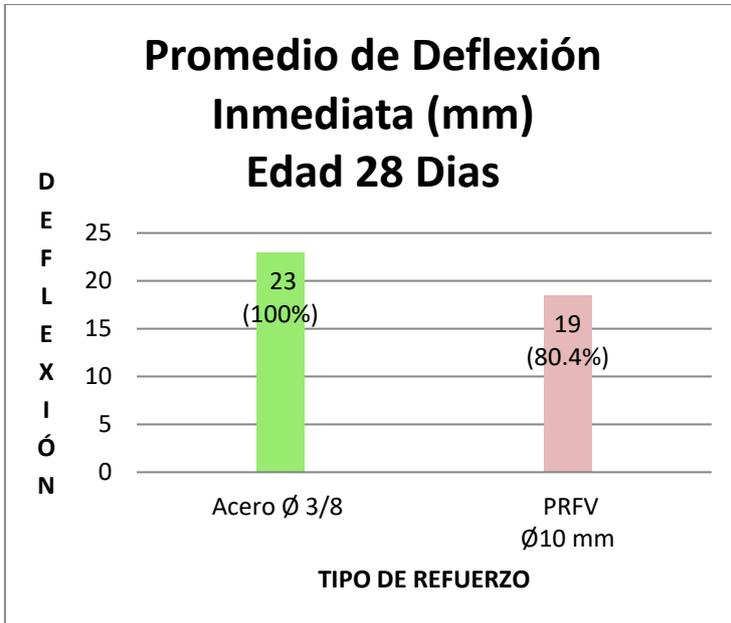
*Promedio Momento Nominal y Comparación Acero  $\phi 12$ mm vs PRFV $\phi 12$ mm, Edad 28Días*



Fuente: Propia

**Figura 75**

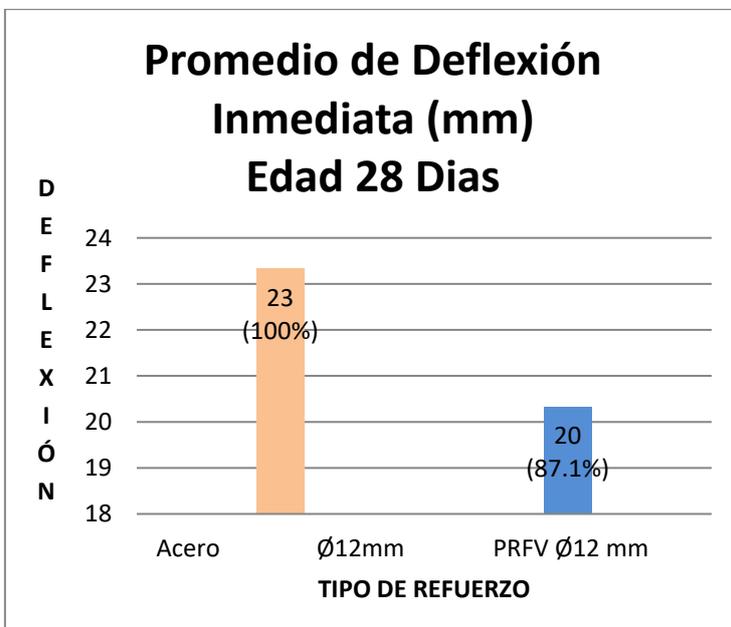
*Deflexión Inmediata y Comparación Acero  $\phi 3/8$ ” vs PRFV $\phi 10$ mm, Edad 28 Días*



Fuente: Propia

**Figura 76**

*Deflexión Inmediata y Comparación Acero  $\phi 12$ mm vs PRFV $\phi 12$ mm, Edad 28 Días*



Fuente: Propia

En las Figuras 71,72,73,74,75 y 76 se está considerando como patrón para la comparación, a las varillas de acero para realizar la interpretación, ellas representaran el

100%. Esto con fin de conocer que tan superior o inferior se encuentran en porcentajes unas de la otras.

Se puede observar en la Figura 65 que las vigas con refuerzo de PRFV  $\varnothing 10\text{mm}$ , soportaron cargas máximas de 9.98t y el acero  $\varnothing 3/8''$  de 10.50t, realizando la comparación se tiene que las vigas con PRFV  $\varnothing 10\text{mm}$  resistieron un 5% menos carga que las vigas con refuerzo de acero  $\varnothing 3/8''$ .

Se puede visualizar en la Figura 65 que las vigas con refuerzo PRFV  $\varnothing 12\text{mm}$ , soporta cargas máximas de 11.68t y el acero  $\varnothing 12\text{mm}$  de 12.18t, haciendo la comparación se tiene que la viga con PRFV  $\varnothing 12\text{mm}$  resiste un 4.1% menos carga que las vigas con refuerzo de acero  $\varnothing 12\text{mm}$ .

Se puede notar en la Figura 73 que las vigas con refuerzo de PRFV  $\varnothing 10\text{mm}$  soporta momentos nominales de 1.50t y el acero  $\varnothing 3/8''$  de 1.57t, efectuando la comparación se tiene que la viga con PRFV  $\varnothing 10\text{mm}$  soporta un 5% menos momento nominal que las vigas con refuerzo de acero  $\varnothing 3/8''$ .

Se puede notar en la Figura 74 que las vigas con refuerzo de PRFV  $\varnothing 12\text{mm}$  soporta momentos nominales de 1.75t y el acero  $\varnothing 12\text{mm}$  de 1.83t, haciendo la comparación se tiene que la viga con PRFV  $\varnothing 12\text{mm}$  soporta un 4.1% menos momento nominal que las vigas con refuerzo de acero  $\varnothing 12\text{mm}$ .

Se puede interpretar que a través de las Figuras 71 hasta la Figura 74 que a la edad de 28 días las vigas con refuerzo de las varillas de fibra de vidrio son quien soporta menos carga y menor momento nominal que la varilla de acero.

En cuanto a la Figura 75 se puede notar que en las vigas con refuerzo de PRFV  $\varnothing 10\text{mm}$ , tiene deflexiones inmediatas de 19mm y el acero  $\varnothing 3/8''$  de 23mm, efectuando la

comparación se tiene que la viga con PRFV  $\varnothing 10\text{mm}$  tiene deflexiones de un 19.6% menos que las vigas con refuerzo de acero  $\varnothing 3/8$ ”.

También se puede visualizar en la Figura 66 que las vigas con refuerzo de PRFV  $\varnothing 12\text{mm}$ , tiene deflexiones inmediatas de 20mm y el acero  $\varnothing 12\text{mm}$  de 23mm, efectuando la comparación se tiene que la viga con PRFV  $\varnothing 12\text{mm}$  tiene deflexiones de un 12.9% menos que las vigas con refuerzo de acero  $\varnothing 12\text{mm}$ .

En la Figura 75 y 76 se puede interpretar que las vigas con refuerzo de varillas de fibra de vidrio a edad de 28 días tienen menores deflexiones inmediatas.

Realizando la comparación de figuras en cuanto al paso del tiempo ,ahora que se tiene un panorama más amplio, se puede indicar que en tanto a la capacidad de recibir cargas máximas ,se tiene que la varilla de PRFV  $\varnothing 10\text{mm}$  a los 7 días soporta cargas de 8.39t y a los 28 días 9.98t es decir un aumento de 19%,el acero  $\varnothing 3/8$ ”a la misma edad soporta cargas de 6.58t y a los 28 días 10.50t es decir un aumento de 59.6%,en el caso de la varillas de PRFV  $\varnothing 12\text{mm}$  soporta cargas de 10.42t y a los 28 días 11.68t es decir un aumento de 12%,en cambio el acero  $\varnothing 12\text{mm}$  de 7.96t a los 7 días pasa a 12.18t a los 28 días es decir un aumento de 53%. Los mismos valores se aprecian en los momentos nominales ya que fueron calculados según la carga máxima con la Ecuación (2).En cuanto a deflexiones inmediatas se tiene que la varilla de PRFV  $\varnothing 10\text{mm}$  a los 7 días tiene una deflexión de 18mm y a los 28 días 19mm,un aumento de 5.6%,el acero  $\varnothing 3/8$ ” a los 7 días tiene una deflexión de 22mm y a los 28 días 23mm, un aumento de 4.5%, las varillas de PRFV  $\varnothing 12\text{mm}$ , a los 7 días tiene una deflexión de 20mm y a los 28 días 20mm, no aumenta, en cambio el acero  $\varnothing 12\text{mm}$  a los 7 días tiene una deflexión de 22mm y a los 28 días 23mm un aumento de 4.5%.

En la Tabla 30 y 31 se muestran los momentos nominales y las deflexiones inmediatas de cada viga ensayada en laboratorio, así como el promedio de estas, a edad de 7 días. Los momentos nominales fueron calculados según la Ecuación (2).

**Tabla 30**

*Momento Nominal vs Deflexión, Refuerzo con Varillas Acero  $\phi 3/8$ ", Edad 7 Días*

Momento Nominal (t-n)			Momento Nominal Promedio (t-n)	Deflexión Inmediata (mm)
V-1	V-2	V-3		
0.11	0.07	0.10	0.09	1.00
0.20	0.16	0.18	0.18	2.00
0.30	0.27	0.29	0.29	3.00
0.40	0.35	0.38	0.37	4.00
0.48	0.43	0.47	0.46	5.00
0.56	0.52	0.56	0.55	6.00
0.66	0.61	0.66	0.64	7.00
0.75	0.71	0.76	0.74	8.00
0.83	0.76	0.81	0.80	9.00
0.89	0.80	0.86	0.85	10.00
0.90	0.81	0.87	0.86	11.00
0.92	0.86	0.87	0.88	12.00
0.92	0.88	0.90	0.90	13.00
0.96	0.91	0.94	0.93	14.00
0.98	0.92	0.94	0.95	15.00
0.99	0.93	0.94	0.95	16.00
1.01	0.97	0.95	0.98	17.00
1.01	0.98	0.96	0.98	18.00
1.02	0.97	0.96	0.98	19.00
0.99	0.98	0.95	0.97	20.00
0.00	0.97	0.96	0.96	21.00
0.00	0.93	0.95	0.94	22.00
0.00	0.97	0.00	0.97	23.00
0.00	0.97	0.00	0.97	24.00
0.00	0.95	0.00	0.95	25.00

Fuente: Propia

**Tabla 31**

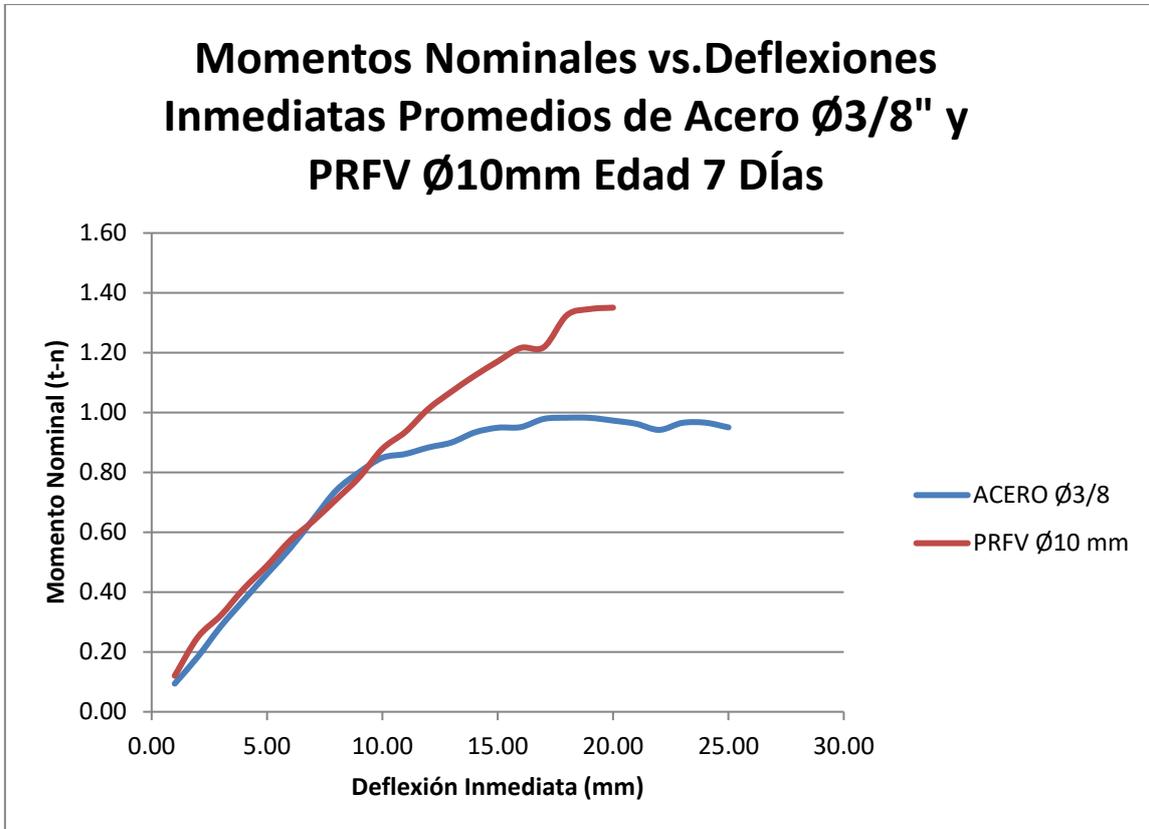
*Momento Nominal vs Deflexión, Refuerzo Varillas de PRFV $\phi$ 10mm, Edad 7Días*

Momento Nominal (t-n)			Momento Nominal Promedio (t-n)	Deflexión Inmediata (mm)
VF-1	VF-2	VF-3		
0.12	0.10	0.14	0.12	1.00
0.27	0.22	0.26	0.25	2.00
0.33	0.32	0.32	0.32	3.00
0.40	0.41	0.43	0.41	4.00
0.47	0.47	0.53	0.49	5.00
0.56	0.56	0.60	0.57	6.00
0.63	0.63	0.64	0.64	7.00
0.72	0.69	0.72	0.71	8.00
0.78	0.76	0.82	0.78	9.00
0.87	0.85	0.92	0.88	10.00
0.91	0.91	0.99	0.94	11.00
0.99	1.00	1.05	1.01	12.00
1.05	1.06	1.10	1.07	13.00
1.09	1.14	1.14	1.12	14.00
1.14	1.18	1.19	1.17	15.00
1.18	1.24	1.23	1.22	16.00
1.16	0.00	1.27	1.22	17.00
0.00	0.00	1.33	1.33	18.00
0.00	0.00	1.35	1.35	19.00
0.00	0.00	1.35	1.35	20.00

Fuente: Propia

**Figura 77**

*Momento Nominal vs. Deflexión Inmediata de Acero  $\phi 3/8$ " y PRFV  $\phi 10$ mm, Edad 7 días*



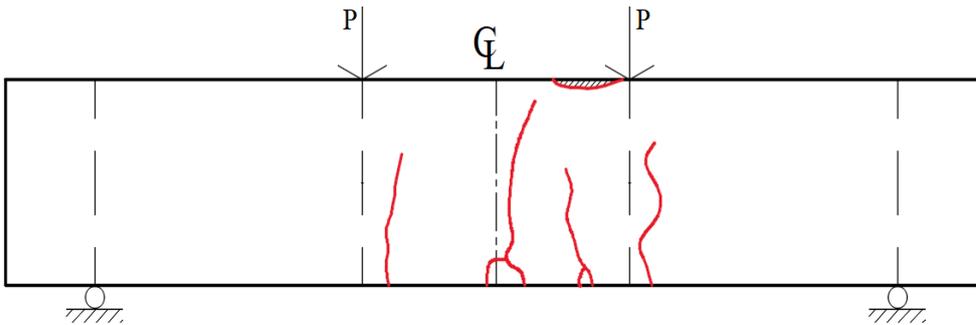
Fuente: Propia

A pesar de que la varilla de fibra de vidrio tiene un módulo de elasticidad bajo con respecto al acero, se puede apreciar en la Figura 77, que las pendientes son similares en el caso de la comparación de estos diámetros y a la edad de 7 días, además la varilla de fibra de vidrio de  $\phi 10$ mm soporta más momento nominal que la varilla de acero de  $\phi 3/8$ ", esto debido a su mayor resistencia a la tracción, sin embargo no tiene fluencia pues se pudo observar en los ensayos, que las vigas con PRFV mostraba fisuras, a pesar de que indica que soportaban más carga, súbitamente la viga falla, no obstante, la varilla no sufría ruptura. Las vigas con refuerzo con acero si presentaba fluencia, las deflexiones se incrementaban, sin embargo, la carga no aumentaba, luego ocurría el aplastamiento del concreto.

En la siguiente se presentará el patrón de fisuras de cada viga ocurrido en el ensayo, se verá el patrón de fisuras y grietas comparadas por tipo de refuerzo.

**Figura 78**

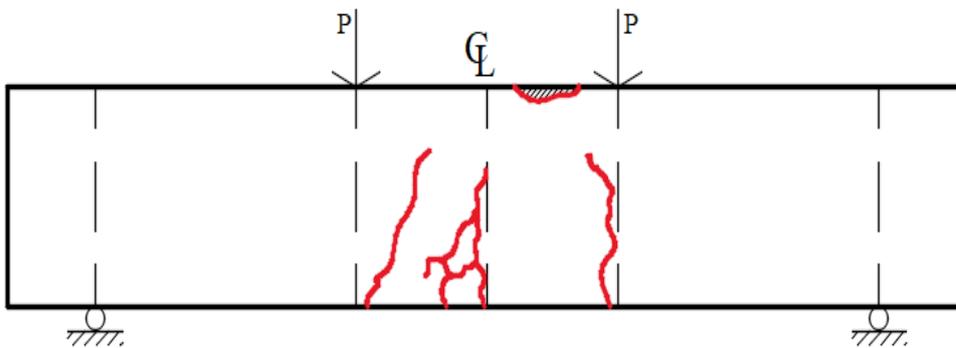
*Patrón de Fisuras de V-1, Refuerzo de Acero  $\phi 3/8$ ", Edad 7 Días*



Fuente: Propia

**Figura 79**

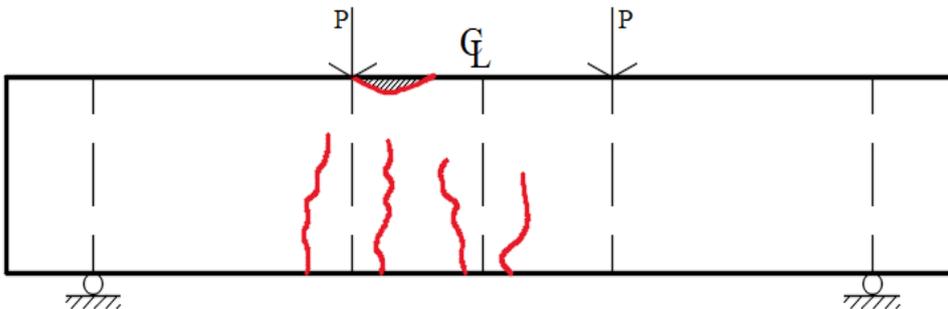
*Patrón de Fisuras de V-2, Refuerzo de Acero  $\phi 3/8$ ", Edad 7 Días*



Fuente: Propia

**Figura 80**

*Patrón de Fisuras de V-3, Refuerzo de Acero  $\phi 3/8$ ", Edad 7 Días*



Fuente: Propia

**Figura 81**

*Patrón Típico de Fisuras con Refuerzo de Acero  $\phi 3/8$ ", Edad 7 Días*

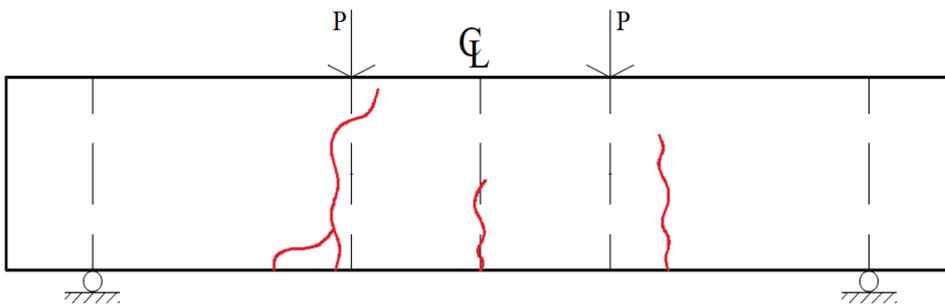


Fuente: Propia

Las Vigas V-1, V-2 y V-3 mostradas en las Figuras 78,79y80, fallaron por flexión en ellas se presentó la fluencia del acero y luego el aplastamiento del concreto, las fisuras estuvieron en el orden de 1 a 4mm y estuvieron mayormente dentro del tercio medio de la viga.

**Figura 82**

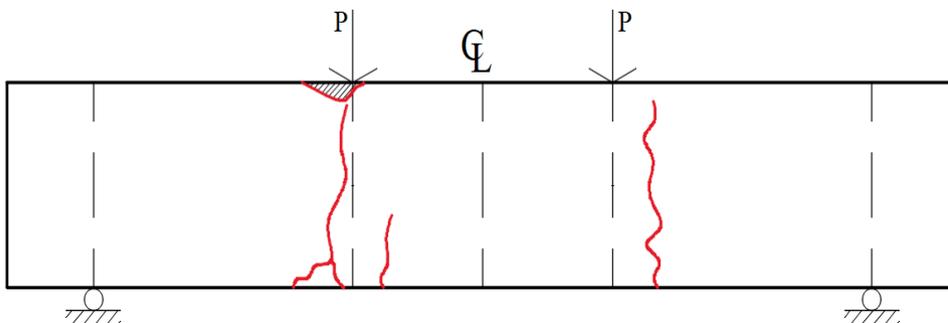
*Patrón de Fisuras de VF-1, Refuerzo de PRFV $\phi 10$ mm, Edad 7 Días*



Fuente: Propia

**Figura 83**

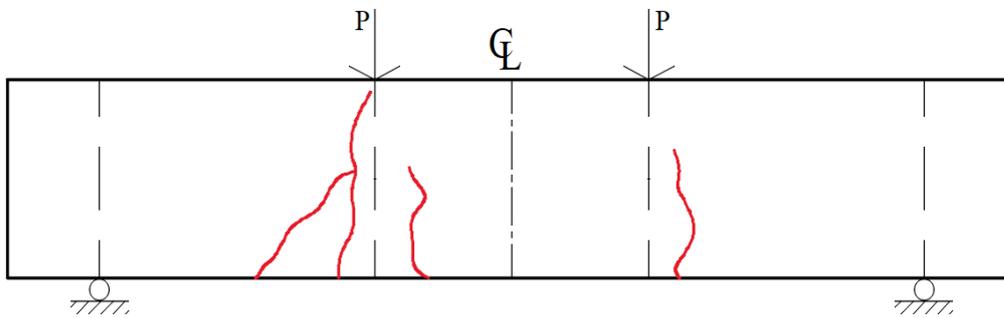
*Patrón de Fisuras de VF-2, Refuerzo de PRFV $\phi 10$ mm, Edad 7 Días*



Fuente: Propia

**Figura 84**

*Patrón de Fisuras de VF-3, Refuerzo de PRFV $\phi$ 10mm, Edad 7 Días*



Fuente: Propia

**Figura 85**

*Patrón Típico de Fisuras y Grietas con Refuerzo de PRFV $\phi$ 10mm, Edad 7 Días*



Fuente: Propia

Las Vigas VF-1, VF-2 y VF-3 mostradas en las Figuras 82,83 y84, las fisuras primeramente aparecían por falla a flexión sin embargo mientras se desarrollaba el ensayo comenzaron a aparecer fisuras fuera del tercio medio, luego la vigas fallaron por la composición de flexión y cortante ,en ellas no se presentó la fluencia, la viga falló , no obstante la varilla no se fracturó , esto ocurría de manera súbita, se mostrada en la pantalla de la unidad de lectura digital ,que aun podía soportar carga , las fisuras y grietas estuvieron en el orden de 1 a 7 mm y estuvieron fuera del tercio medio de la viga.

En la Tabla 32 y 33 se muestran los momentos nominales y las deflexiones inmediatas de cada viga ensayada en laboratorio, así como el promedio de estas, a edad de 7 días. Los momentos nominales fueron calculados según la Ecuación (2).

**Tabla 32**
*Momento Nominal vs Deflexión, Refuerzo de Acero  $\phi 12\text{mm}$ , Edad 7Días*

Momento Nominal (t-n)			Momento Nominal Promedio (t-n)	Deflexión Inmediata (mm)
V-4	V-5	V-6		
0.10	0.07	0.16	0.11	1.00
0.27	0.20	0.32	0.26	2.00
0.42	0.38	0.48	0.43	3.00
0.55	0.50	0.67	0.57	4.00
0.75	0.69	0.82	0.75	5.00
0.89	0.83	0.95	0.89	6.00
1.00	0.93	1.01	0.98	7.00
1.06	0.97	1.04	1.02	8.00
1.10	0.98	1.07	1.05	9.00
1.13	1.03	1.11	1.09	10.00
1.19	1.05	1.15	1.13	11.00
1.19	1.09	1.15	1.14	12.00
1.22	1.11	1.17	1.17	13.00
1.22	1.13	1.19	1.18	14.00
1.23	1.14	1.19	1.19	15.00
1.22	1.15	1.18	1.18	16.00
1.18	1.16	1.14	1.16	17.00
1.13	1.13	1.13	1.13	18.00
1.17	1.11	1.12	1.13	19.00
1.15	1.11	1.11	1.12	20.00
1.15	1.12	1.11	1.13	21.00
0.00	1.11	1.12	1.12	22.00
0.00	1.10	0.00	1.10	23.00

Fuente: Propia

**Tabla 33**

*Momento Nominal vs Deflexión, Refuerzo de PRFV $\phi$ 12mm, Edad 7Días*

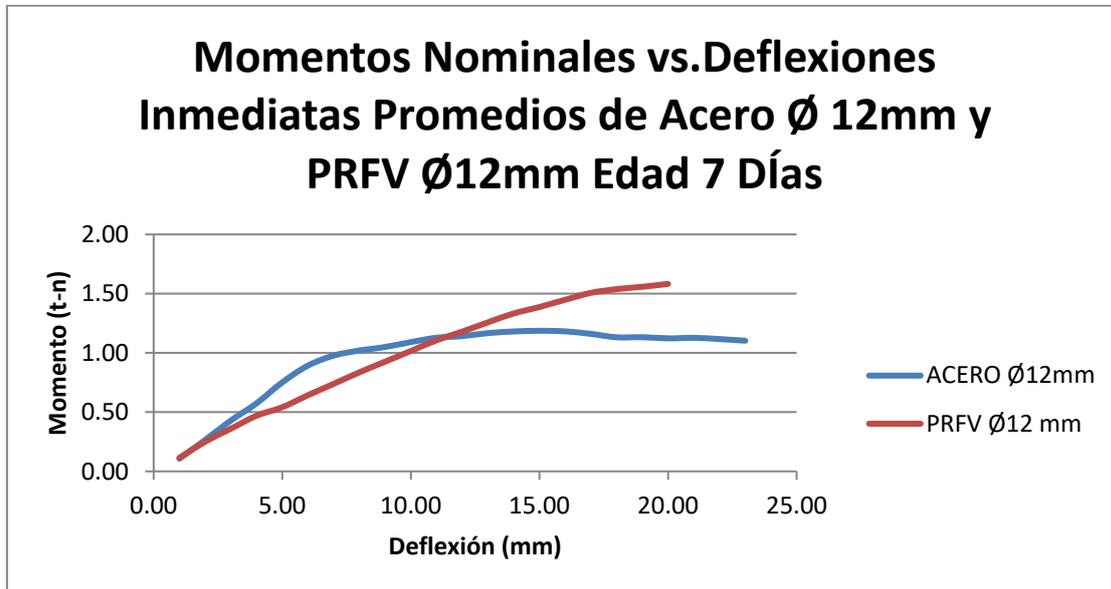
Momento Nominal (t-n)			Momento Nominal Promedio (t-n)	Deflexión Inmediata (mm)
VF-4	VF-5	VF-6		
0.14	0.09	0.11	0.11	1.00
0.28	0.22	0.26	0.25	2.00
0.37	0.35	0.35	0.36	3.00
0.49	0.45	0.44	0.47	4.00
0.57	0.52	0.54	0.54	5.00
0.67	0.61	0.68	0.64	6.00
0.74	0.74	0.78	0.74	7.00
0.84	0.83	0.82	0.84	8.00
0.93	0.92	0.91	0.93	9.00
1.01	1.02	1.00	1.02	10.00
1.10	1.12	1.08	1.11	11.00
1.17	1.19	1.15	1.18	12.00
1.24	1.28	1.22	1.26	13.00
1.31	1.35	1.25	1.33	14.00
1.36	1.42	1.13	1.39	15.00
1.42	1.47	0.00	1.45	16.00
1.48	1.54	0.00	1.51	17.00
1.51	1.56	0.00	1.54	18.00
1.51	1.61	0.00	1.56	19.00
0.00	1.58	0.00	1.58	20.00

Fuente: Propia

La viga VF-6 falló por cortante, aunque aparecen sus datos no se está considerando en el promedio.

**Figura 86**

*Momentos Nominal vs. Deflexión Inmediata, Acero  $\phi 12\text{mm}$  y PRFV $\phi 12\text{mm}$ , Edad 7 Días*



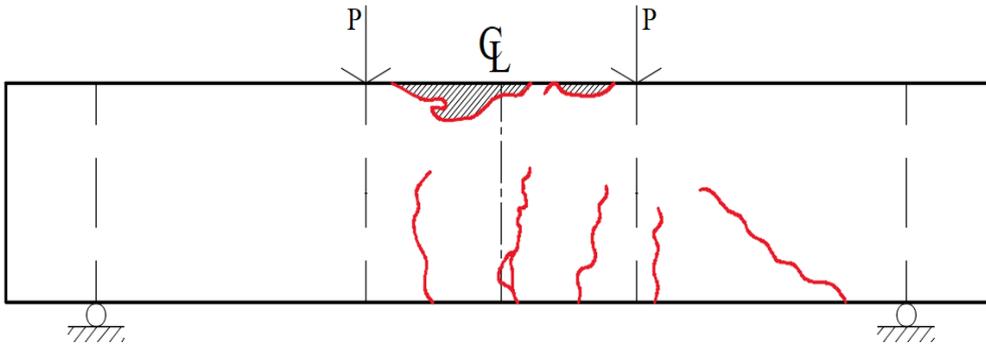
Fuente: Propia

La varilla de fibra de vidrio tiene un módulo de elasticidad bajo con respecto al acero, es por ello que se puede apreciar en la Figura 86, que las pendientes son diferentes, el caso de la comparación de estos diámetros y a la edad de 7 días, además la varilla de fibra de vidrio de  $\phi 12\text{mm}$  soporta más momento nominal que la varilla de acero de  $\phi 12\text{mm}$ , esto debido a su mayor resistencia a la tracción sin embargo también aquí no se presenta la fluencia pues se pudo observar en los ensayos, que las vigas con PRFV mostraba una fisura importantes, sin embargo, soportaban más carga, para luego presentarse la falla del elemento, lo que ocurría súbitamente, no obstante, la varilla no sufría ruptura. Las vigas con refuerzo con acero también aquí si presentaba fluencia, las deflexiones se incrementaban, sin embargo, la carga no aumentaba, luego ocurría el aplastamiento del concreto.

En la siguiente se presentará el patrón de fisuras de cada viga ocurrido en el ensayo, se verá las fisuras comparadas por tipo de refuerzo.

**Figura 87**

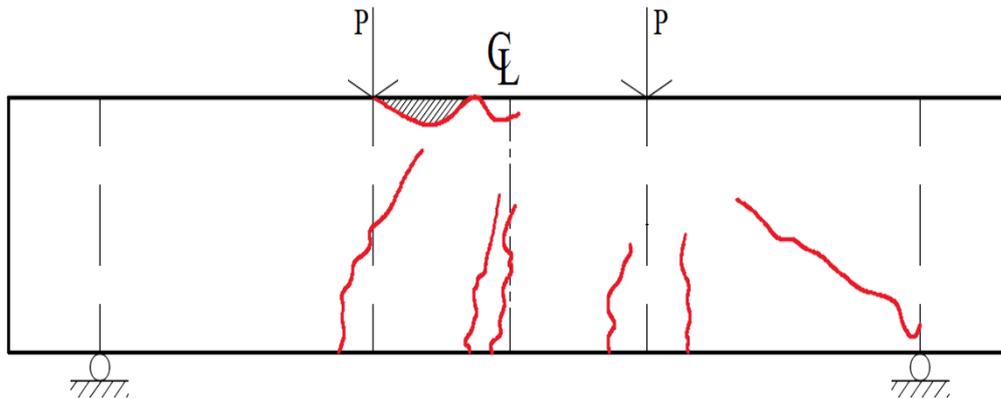
*Patrón de Fisuras de V-4, Refuerzo de Acero  $\phi 12\text{mm}$  Edad 7 Días*



Fuente: Propia

**Figura 88**

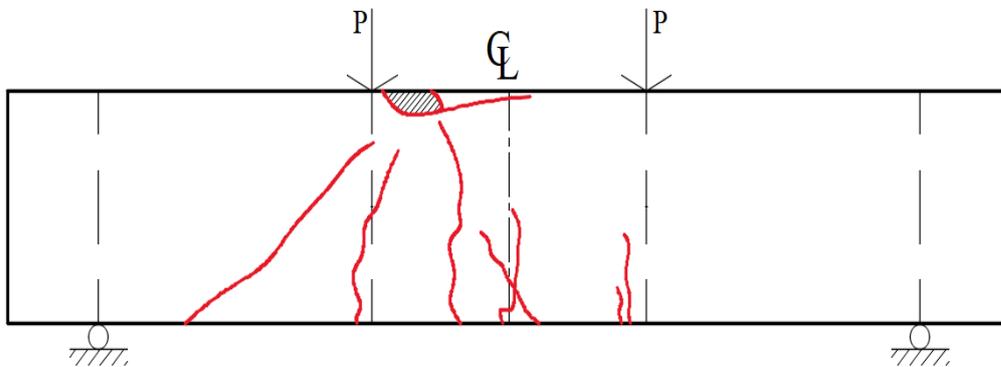
*Patrón de Fisuras de V-5, Refuerzo de Acero  $\phi 12\text{mm}$  Edad 7 Días*



Fuente: Propia

**Figura 89**

*Patrón de Fisuras de V-6, Refuerzo de Acero  $\phi 12\text{mm}$  Edad 7 Días*



Fuente: Propia

**Figura 90**

*Patrón Típico de Fisuras con Refuerzo de Acero  $\phi 12\text{mm}$ , Edad 7 Días*



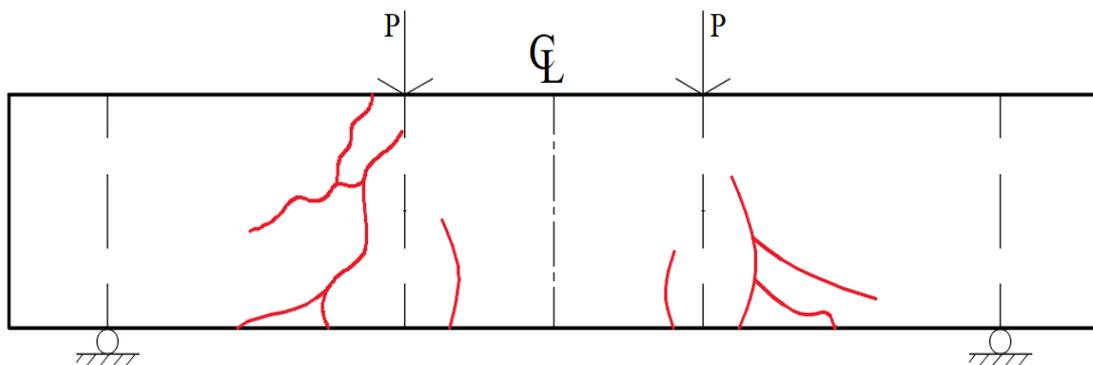
Fuente: Propia

Las Vigas V-4, V-5 y V-6 mostradas en las Figuras 87,88 y 89, principalmente fallaron por flexión, aunque se presentó una fisura a cortante, está no fue el motivo de la falla, pues no prosperó ya que se notaron fisuras muy pequeñas en el orden de 0.15mm, en ellas se presentó la fluencia del acero y luego el aplastamiento del concreto, las fisuras estuvieron en el orden de 0.5 a 4mm y estuvieron mayormente dentro del tercio medio de la viga.

En las siguientes líneas se presenta la fisuras y grietas correspondientes a las varillas de fibra de vidrio de diámetro 12mm.

**Figura 91**

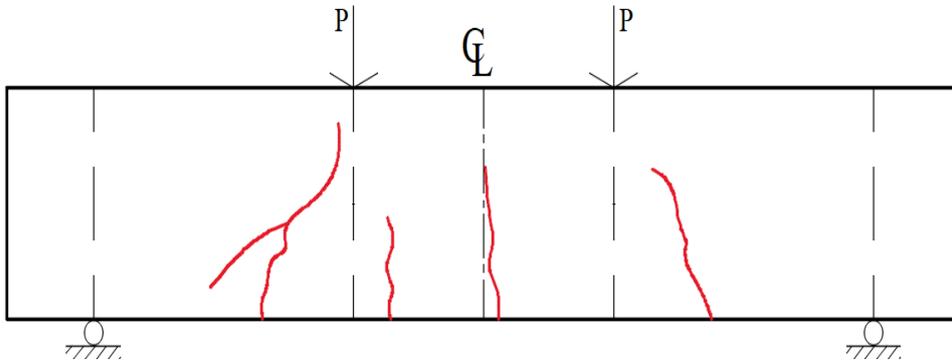
*Patrón de Fisuras de VF-4, Refuerzo de PRFV  $\phi 12\text{mm}$ , Edad 7 Días*



Fuente: Propia

**Figura 92**

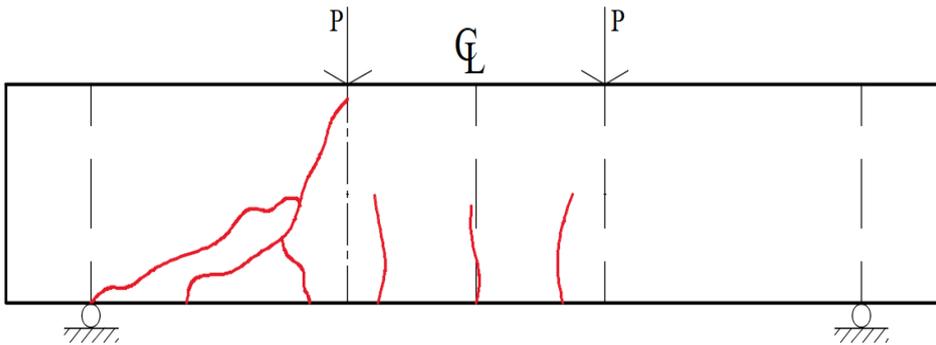
*Patrón de Fisuras de VF-5, Refuerzo de PRFV $\phi$ 12mm, Edad 7 Días*



Fuente: Propia

**Figura 93**

*Patrón de Fisuras de VF-6, Refuerzo de PRFV $\phi$ 12mm, Edad 7 Días*



Fuente: Propia

**Figura 94**

*Patrón Típico de Fisuras y Grietas con Refuerzo de PRFV $\phi$ 12mm, Edad 7 Días*



Fuente: Propia

Las Vigas VF-4, VF-5 y VF-6 mostradas en las Figuras 91,92 y 93, las fisuras primeramente aparecían por falla a flexión sin embargo mientras se desarrollaba el ensayo comenzaron a aparecer fisuras fuera del tercio medio, luego la vigas fallaron por la composición de flexión y cortante ,también aparecieron fisuras por falla de adherencia ,tampoco aquí se presentó la fluencia, debido a que se producía una ruptura del elemento esto ocurría de manera súbita, la varilla no se fracturó , en la pantalla de la unidad de lectura digital ,indicaba que aun podía soportar carga, las fisuras y grietas estuvieron en el orden de 0.5 a 6 mm y estuvieron fuera del tercio medio de la viga. En caso de la VF-6 se produjo una falla por cortante, en el proceso de ensayo las grietas eran de 5mm, sin embargo, soportaba carga, y luego se produjo el colapso de manera súbita, un hecho importante es que al retirar la carga la viga recuperaba su estado inicial, es decir la deflexión desaparecía.

**Figura 95**

*Falla por Cortante en VF-6 con Refuerzo de PRFV $\phi$ 12mm, Edad 7 Días*



Fuente: Propia

En la Tabla 34 y 35 se muestran los momentos nominales y las deflexiones inmediatas de cada viga ensayada en laboratorio, así como el promedio de estas, a edad de 28 días. Los momentos nominales fueron calculados según la Ecuación (2).

**Tabla 34**
*Momento Nominal vs Deflexión, Refuerzo de Acero  $\phi 3/8$ ", Edad 28 Días*

Momento Nominal (t-n)			Momento Nominal Promedio (t-n)	Deflexión Inmediata (mm)
V-7	V-8	V-9		
0.09	0.15	0.12	0.12	1.00
0.21	0.32	0.34	0.29	2.00
0.37	0.52	0.50	0.46	3.00
0.54	0.72	0.61	0.62	4.00
0.72	0.88	0.77	0.79	5.00
0.89	1.02	0.91	0.94	6.00
1.02	1.16	1.07	1.08	7.00
1.16	1.29	1.23	1.23	8.00
1.30	1.41	1.37	1.36	9.00
1.43	1.44	1.45	1.44	10.00
1.47	1.45	1.49	1.47	11.00
1.52	1.47	1.51	1.50	12.00
1.54	1.50	1.55	1.53	13.00
1.55	1.53	1.58	1.55	14.00
1.51	1.54	1.60	1.55	15.00
1.53	1.53	1.62	1.56	16.00
1.54	1.50	1.63	1.55	17.00
1.55	1.50	1.62	1.56	18.00
1.56	1.50	1.62	1.56	19.00
1.49	1.49	1.61	1.53	20.00
1.50	0.00	1.60	1.55	21.00
1.51	0.00	1.61	1.56	22.00
1.51	0.00	1.60	1.55	23.00
1.53	0.00	1.59	1.56	24.00
1.53	0.00	0.00	1.53	25.00

Fuente: Propia

**Tabla 35**

*Momento Nominal vs Deflexión, Refuerzo de PRFV  $\phi$ 10mm, Edad 28 Días*

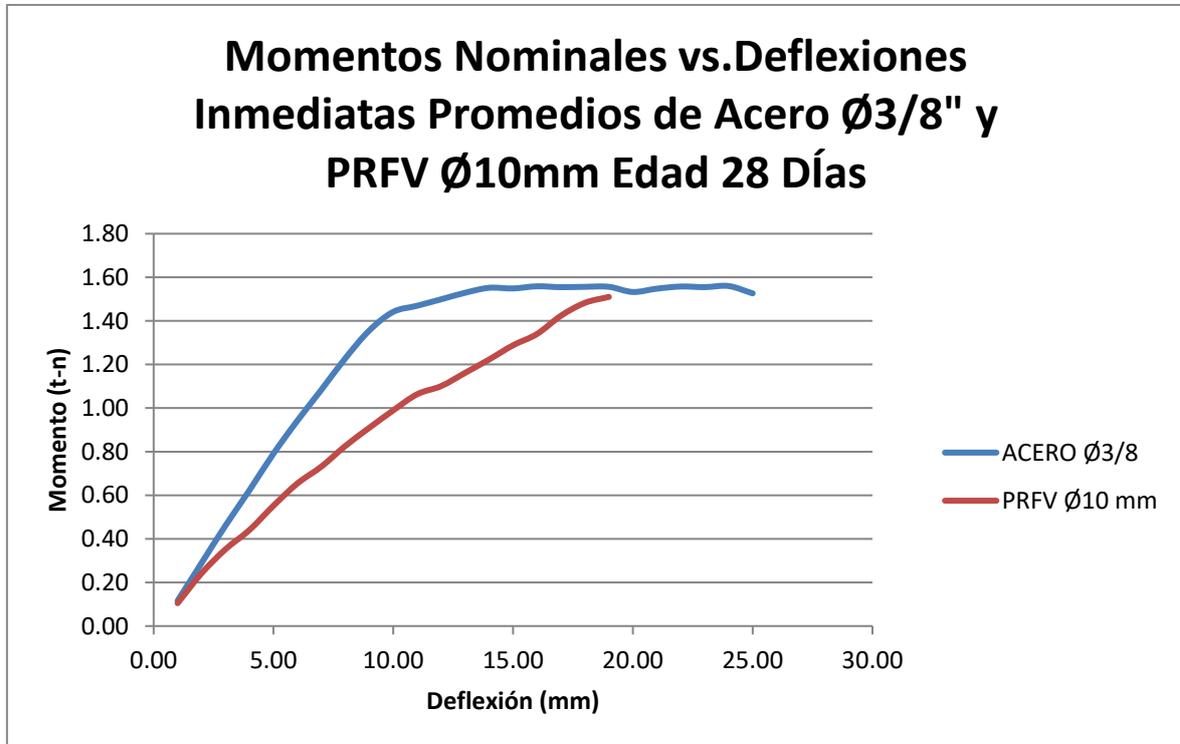
Momento Nominal (t-n)			Momento Nominal Promedio (t-n)	Deflexión Inmediata (mm)
VF-7	VF-8	VF-9		
0.12	0.10	0.11	0.10	1.00
0.29	0.25	0.24	0.24	2.00
0.31	0.36	0.34	0.35	3.00
0.41	0.45	0.44	0.44	4.00
0.54	0.54	0.56	0.55	5.00
0.61	0.66	0.65	0.65	6.00
0.69	0.74	0.73	0.73	7.00
0.78	0.84	0.81	0.83	8.00
0.86	0.93	0.89	0.91	9.00
0.94	1.02	0.96	0.99	10.00
0.97	1.09	1.03	1.06	11.00
1.11	1.17	1.03	1.10	12.00
1.14	1.23	1.09	1.16	13.00
1.17	1.29	1.15	1.22	14.00
1.19	1.35	1.23	1.29	15.00
1.27	1.40	1.28	1.34	16.00
1.17	1.44	1.41	1.42	17.00
1.09	1.48	1.48	1.48	18.00
1.06	1.51	0.00	1.51	19.00

Fuente: Propia

La viga VF-7 falló por cortante, aunque aparecen sus datos no se está considerando en el promedio.

**Figura 96**

*Momento Nominal vs. Deflexión Inmediata de Acero  $\phi 3/8$ " y PRFV  $\phi 10$ mm, Edad 28 Días*



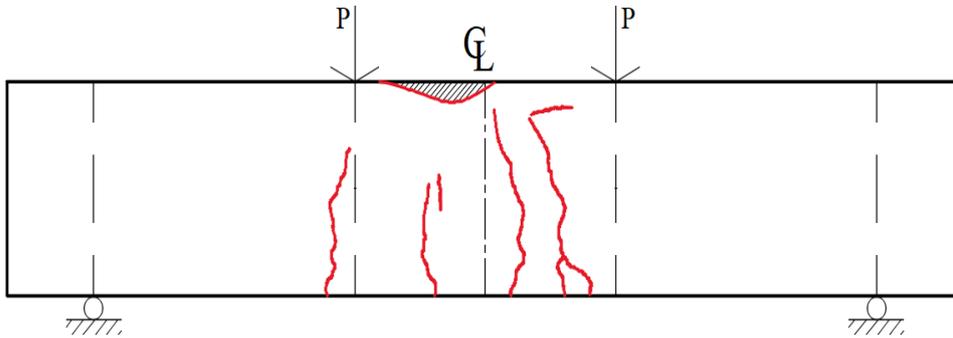
Fuente: Propia

La varilla de fibra de vidrio tiene un módulo de elasticidad bajo con respecto al acero, es por ello que se puede apreciar en la Figura 96, que las pendientes son diferentes, el caso de la comparación de estos diámetros y a la edad de 28 días, además la varilla de fibra de vidrio de  $\phi 10$ mm soporta momentos nominales por debajo que la varilla de acero de  $\phi 3/8$ ", a pesar de que tiene mayor resistencia a la tracción, aquí el comportamiento es diferente que la Figura 71, también no se presenta la fluencia pues se pudo observar en los ensayos, que las vigas con PRFV mostraba una fisura importante, sin embargo, en pantalla de lectura, indicaba que soportaban más carga, aunque luego se presentó la falla del elemento, no obstante, la varilla no sufría ruptura. Las vigas con refuerzo con acero si presentaba fluencia, las deflexiones se incrementaban, sin embargo, la carga no aumentaba, luego ocurría el aplastamiento del concreto.

En la siguiente se presentará el patrón de fisuras de cada viga ocurrido en el ensayo, se verá las fisuras comparadas por tipo de refuerzo

**Figura 97**

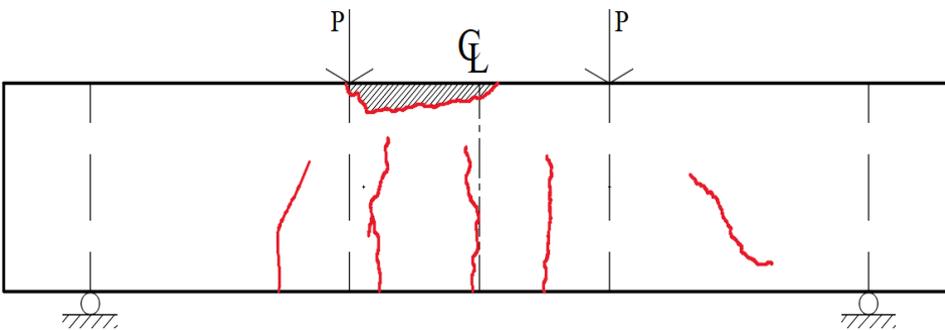
*Patrón de Fisuras de V-7, Refuerzo de Acero  $\phi 3/8$ ", Edad 28 Días*



Fuente: Propia

**Figura 98**

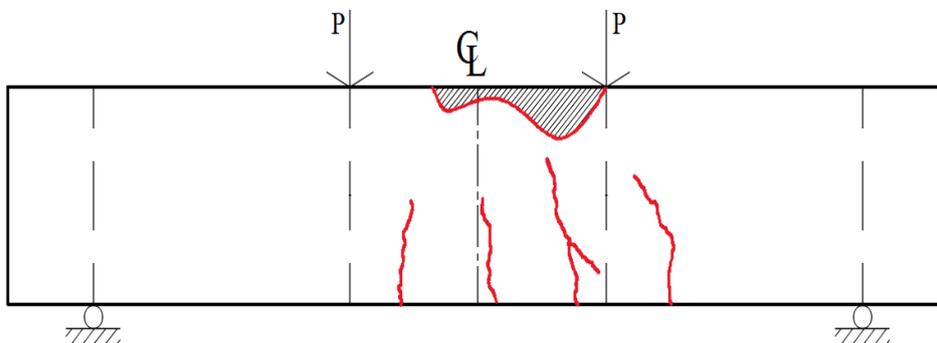
*Patrón de Fisuras de V-8, Refuerzo de Acero  $\phi 3/8$ ", Edad 28 Días*



Fuente: Propia

**Figura 99**

*Patrón de Fisuras de V-9, Refuerzo de Acero  $\phi 3/8$ ", Edad 28 Días*



Fuente: Propia

**Figura 100**

*Patrón Típico de Fisuras con Refuerzo de Acero  $\phi 3/8$ ", Edad 28 Días*

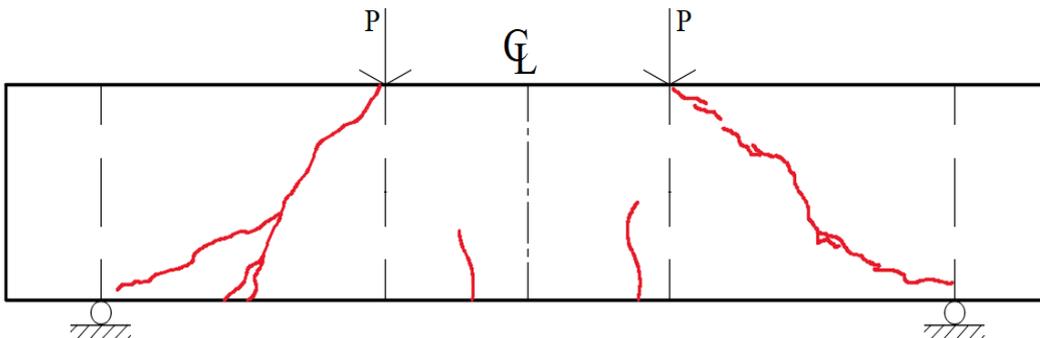


Fuente: Propia

Las Vigas V-7, V-8 y V-9 mostradas en las Figuras 97,98y99, fallaron por flexión en ellas se presentó la fluencia del acero y luego el aplastamiento del concreto, las fisuras estuvieron en el orden de 0.2 a 4mm y estuvieron mayormente dentro del tercio medio.

**Figura 101**

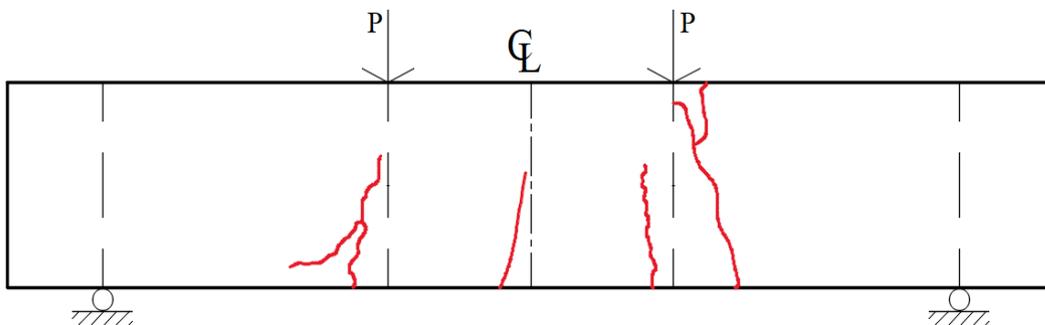
*Patrón de Fisuras de VF-7, Refuerzo PRFV $\phi 10$ mm, Edad 28 Días*



Fuente: Propia

**Figura 102**

*Patrón de Fisuras de VF-8, Refuerzo PRFV  $\phi 10$ mm, Edad 28 Días*



Fuente: Propia

**Figura 103**

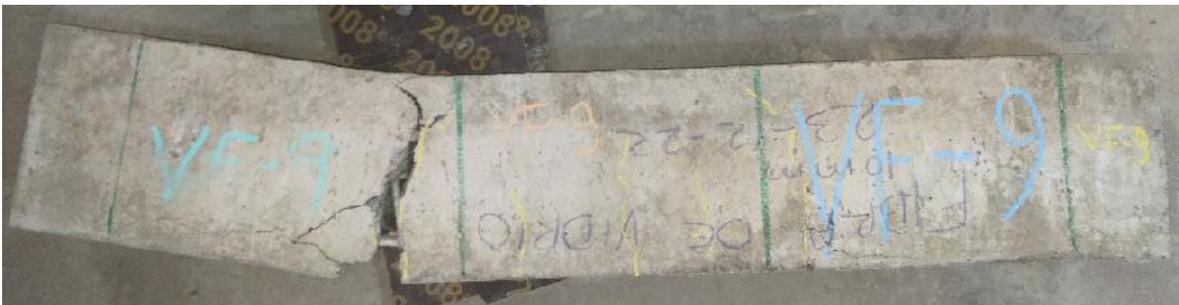
*Patrón de Fisuras de VF-9, Refuerzo PRFV  $\phi 10\text{mm}$ , Edad 28 Días*



Fuente: Propia

**Figura 104**

*Patrón Típico de Fisuras y Grietas con Refuerzo de PRFV  $\phi 10\text{mm}$ , Edad 28 Días*



Fuente: Propia

Las Vigas VF-7, VF-8 y VF-9 mostradas en las Figuras 101, 102 y 103, las fisuras primeramente aparecían por falla a flexión sin embargo mientras se desarrollaba el ensayo comenzaron a aparecer fisuras fuera del tercio medio, luego las vigas fallaron por la composición de flexión y cortante, también aparecieron fisuras por falla de adherencia, la varilla no presentó fluencia, luego se producía la falla del concreto, sin embargo la varilla no se fracturó, esto ocurría de manera súbita, se mostrada en la pantalla de la unidad de lectura digital, que aun podía soportar carga, las fisuras y grietas estuvieron en el orden de 0.1 a 4mm y estuvieron fuera del tercio medio de la viga. En caso de la VF-7 se produjo una falla por cortante, en el proceso de ensayo las grietas eran de 5mm, sin embargo, soportaba carga, y luego se produjo el colapso es decir la falla frágil.

En la Tabla 36 y 37 se muestran los momentos nominales y las deflexiones inmediatas de cada viga ensayada en laboratorio, así como el promedio de estas, a edad de 28 días. Los momentos nominales fueron calculados según la Ecuación (2).

**Tabla 36**
*Momento Nominal vs Deflexión, Refuerzo de Acero  $\phi 12\text{mm}$ , Edad 28 Días*

Momento Nominal (t-n)			Momento Nominal Promedio (t-n)	Deflexión Inmediata (mm)
V-10	V-11	V-12		
0.08	0.13	0.12	0.11	1.00
0.20	0.30	0.26	0.25	2.00
0.34	0.44	0.46	0.41	3.00
0.49	0.60	0.64	0.58	4.00
0.66	0.79	0.84	0.76	5.00
0.83	1.00	1.06	0.96	6.00
1.01	1.17	1.23	1.14	7.00
1.17	1.33	1.38	1.29	8.00
1.30	1.48	1.61	1.47	9.00
1.38	1.64	1.69	1.57	10.00
1.49	1.65	1.71	1.62	11.00
1.60	1.68	1.74	1.67	12.00
1.65	1.73	1.78	1.72	13.00
1.66	1.76	1.84	1.75	14.00
1.70	1.77	1.88	1.78	15.00
1.71	1.78	1.89	1.79	16.00
1.71	1.78	1.88	1.79	17.00
1.72	1.79	1.86	1.79	18.00
1.75	1.80	1.87	1.81	19.00
1.77	1.76	1.87	1.80	20.00
1.78	1.73	1.86	1.79	21.00
1.76	1.70	1.85	1.77	22.00
1.75	1.76	1.82	1.78	23.00
1.76	0.00	0.00	1.76	24.00

Fuente: Propia

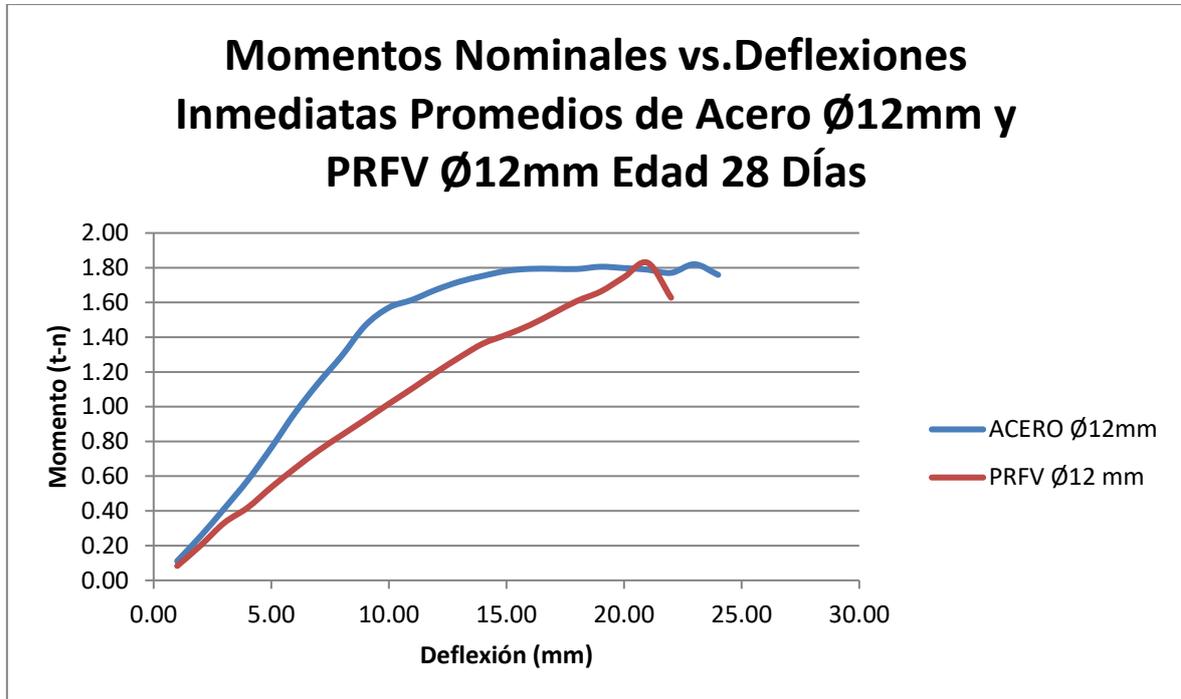
**Tabla 37**
*Momento Nominal vs Deflexión, Refuerzo de PRFV  $\phi 12\text{mm}$ , Edad 28 Días*

Momento Nominal (t-n)			Momento Nominal Promedio (t-n)	Deflexión Inmediata (mm)
VF-10	VF-11	VF-12		
0.09	0.06	0.10	0.08	1.00
0.21	0.17	0.22	0.20	2.00
0.34	0.31	0.34	0.33	3.00
0.43	0.40	0.43	0.42	4.00
0.54	0.50	0.57	0.54	5.00
0.64	0.59	0.70	0.64	6.00
0.74	0.70	0.79	0.75	7.00
0.82	0.79	0.90	0.84	8.00
0.91	0.88	0.98	0.93	9.00
1.00	0.97	1.08	1.02	10.00
1.09	1.06	1.17	1.11	11.00
1.17	1.15	1.27	1.20	12.00
1.24	1.27	1.34	1.28	13.00
1.33	1.36	1.40	1.36	14.00
1.38	1.40	1.46	1.41	15.00
1.46	1.44	1.51	1.47	16.00
1.52	1.54	1.55	1.54	17.00
1.59	1.60	1.63	1.61	18.00
1.65	1.63	1.71	1.66	19.00
1.72	1.77	0.00	1.75	20.00
0.00	1.83	0.00	1.83	21.00
0.00	1.63	0.00	1.63	22.00

Fuente: Propia

**Figura 105**

*Momento Nominal vs. Deflexión Inmediata de Acero 12mm y PRFV $\phi$ 12mm, Edad 28 días*



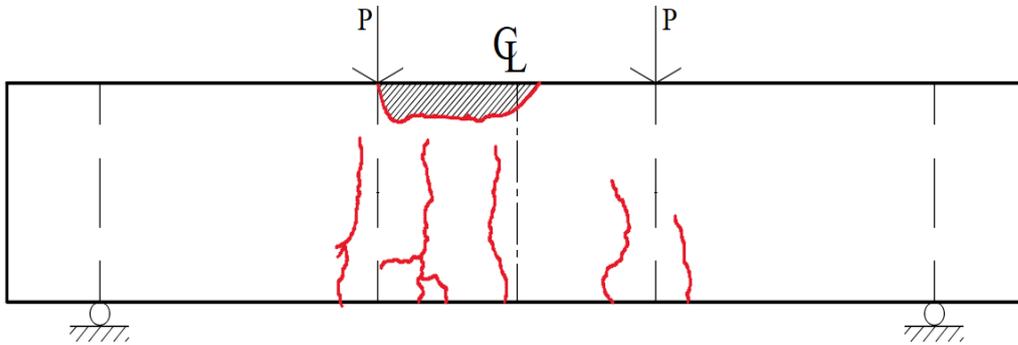
Fuente: Propia

Se puede apreciar en la Figura 105, que las pendientes son diferentes debido a que la varilla de fibra de vidrio tiene un módulo de elasticidad bajo, el caso de la comparación de estos diámetros y a la edad de 28 días, además la varilla de fibra de vidrio de  $\phi$ 12mm soporta momentos por debajo que la varilla de acero de  $\phi$ 12mm, a pesar de que tiene mayor resistencia a la tracción, se puede apreciar un comportamiento diferente que la Figura 86, no se presenta la fluencia pues se pudo observar en los ensayos, que las vigas con PRFV mostraba una fisura importante, sin embargo, soportaban más carga, para luego presentarse una falla del concreto, no obstante, la varilla no sufría ruptura. Las vigas con refuerzo con acero si presentaba fluencia, las deflexiones se incrementaban, sin embargo, la carga no aumentaba, luego ocurría el aplastamiento del concreto.

En la siguiente se presentará el patrón de fisuras de cada viga ocurrido en el ensayo, se verá las fisuras comparadas por tipo de refuerzo

**Figura 106**

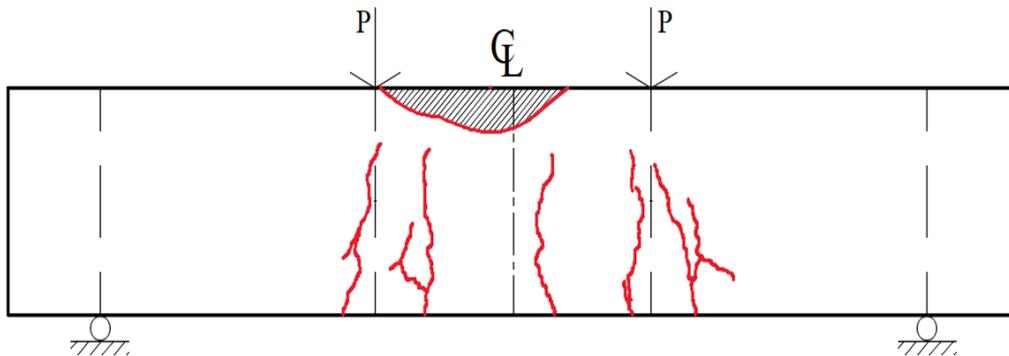
*Patrón de Fisuras de V-10, Refuerzo de Acero  $\phi 12\text{mm}$ , Edad 28 Días*



Fuente: Propia

**Figura 107**

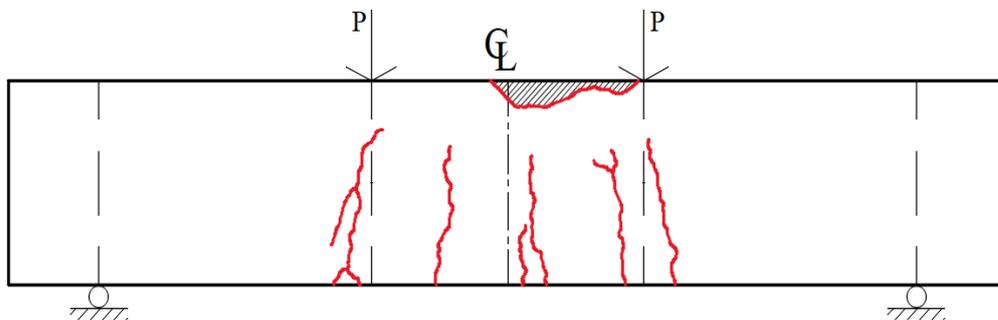
*Patrón de Fisuras de V-11, Refuerzo de Acero  $\phi 12\text{mm}$ , Edad 28 Días*



Fuente: Propia

**Figura 108**

*Patrón de Fisuras de V-12, Refuerzo de Acero  $\phi 12\text{mm}$ , Edad 28 Días*



Fuente: Propia

**Figura 109**

*Patrón Típico de Fisuras y Grietas con Refuerzo de Acero  $\phi 12\text{mm}$ , Edad 28 Días*

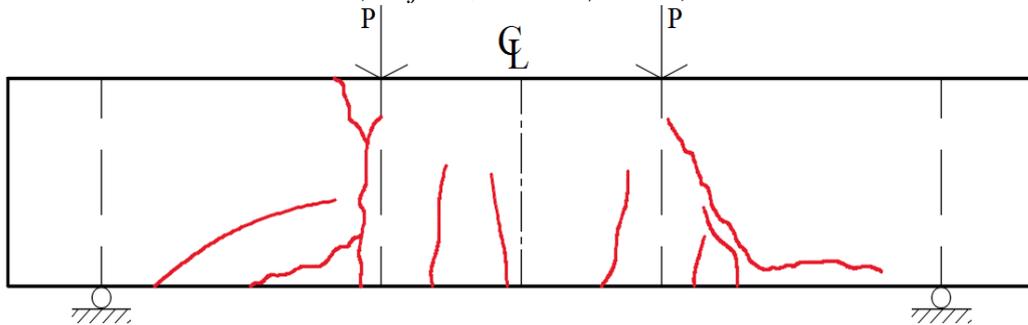


Fuente: Propia

Como se puede apreciar las Vigas V-10, V-11 y V-12 mostradas en las Figuras 106, 107 y 108, fallaron por flexión en ellas se presentó la fluencia del acero y luego el aplastamiento del concreto, las fisuras estuvieron en el orden de 1 a 4mm y estuvieron mayormente dentro del tercio medio de la viga.

**Figura 110**

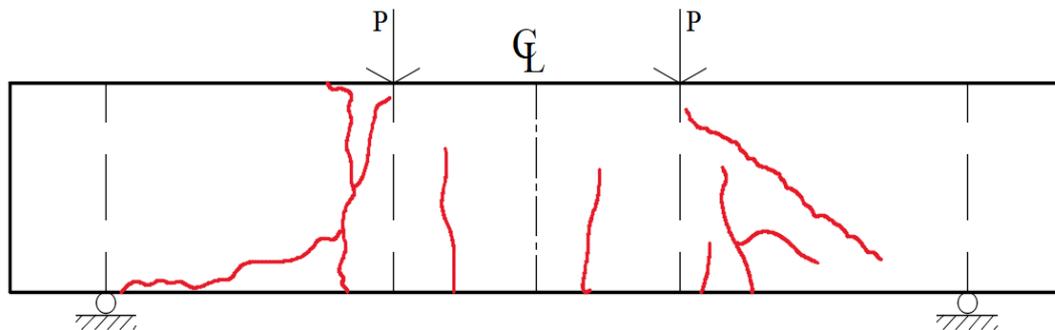
*Patrón de Fisuras de VF-10, Refuerzo PRFV  $\phi 12\text{mm}$ , Edad 28 Días*



Fuente: Propia

**Figura 111**

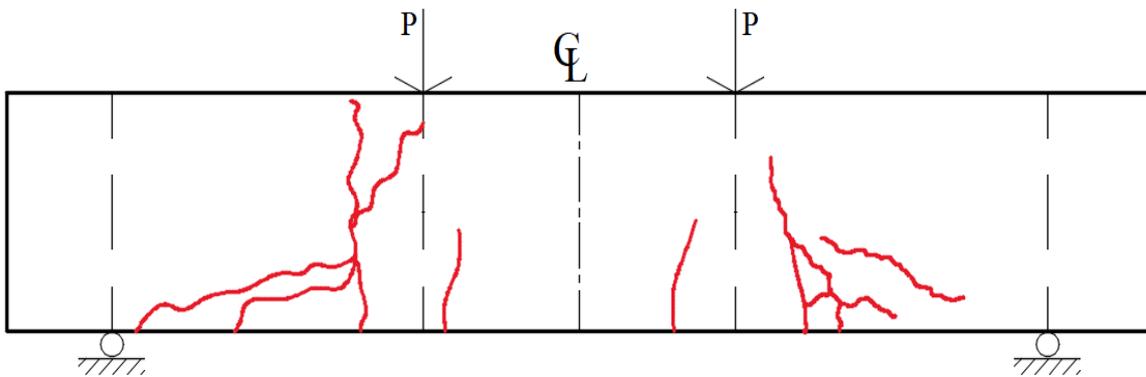
*Patrón de Fisuras de VF-11, Refuerzo PRFV  $\phi 12\text{mm}$ , Edad 28 Días*



Fuente: Propia

**Figura 112**

*Patrón de Fisuras de VF-12, Refuerzo PRFV  $\phi 12\text{mm}$ , Edad 28 Días*



Fuente: Propia

**Figura 113**

*Patrón Típico de Fisuras y Grietas con Refuerzo PRFV  $\phi 12\text{mm}$ , Edad 28 Días*



Fuente: Propia

Las Vigas VF-10, VF-11 y VF-12 mostradas en las Figuras 110, 111 y 112, las fisuras primeramente aparecían por falla a flexión no obstante en el desarrollo del ensayo aparecieron fisuras fuera del tercio medio, luego las vigas fallaron por la combinación de flexión y cortante, también aparecieron fisuras por falla de adherencia, la varilla no presentó fluencia, luego se producía la falla del concreto, sin que la varilla se fracturara, esto ocurría de forma súbita, a pesar de que se mostraba en la pantalla de la unidad de lectura digital, que aun podía soportar carga, las fisuras y grietas estuvieron en el orden de 0.1 a 5mm y estuvieron fuera del tercio medio de la viga.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### Limitaciones

Una de las más grandes limitaciones que se tubo al realizar el presente trabajo de investigación es la obtención del material, debido a que éste es inexistente en nuestro país y sólo se fabrican en el extranjero, además no lo venden en poca cantidad, es por ello por lo que algunas empresas no proporcionaban el pedido, solo la empresa Hengshui Jiubo Composites ubicada en la República Popular China proporcionó el material, así también, demoró la importación. Esto influyó en el tiempo de investigación.

Siendo las normas que rigen en nuestro país son de origen de EE. UU., como la normas ACI-4401R15 y ASTM, las varillas siendo de origen de China podrían tener otro tipo de reglamento, es por ello que la presente investigación se basa en la información que indica el fabricante.

Las vigas de concreto ensayadas son a escala reducida de 1.10m de longitud

### Discusión

Con respecto al OE-1 se determinó y comparó la capacidad de carga en los tercios del tramo en vigas de concreto simplemente apoyadas con varillas de fibra de vidrio y acero, se encontró que a la edad de 7 días las vigas con refuerzo PRFV  $\varnothing 10\text{mm}$  resiste un 27.6% más carga que las vigas con refuerzo de acero  $\varnothing 3/8''$ . Además, las vigas con refuerzo PRFV  $\varnothing 12\text{mm}$  resiste un 30.8% más carga que las vigas con refuerzo de acero  $\varnothing 12\text{mm}$ , transcurrido los 28 días se tiene que las vigas con refuerzo PRFV  $\varnothing 10\text{mm}$  resiste un 5% menos carga que las vigas con refuerzo de acero  $\varnothing 3/8''$  y las vigas con PRFV  $\varnothing 12\text{mm}$  resiste un 4.1% menos carga que las vigas con refuerzo de acero  $\varnothing 12\text{mm}$ .

Esto nos indica que las vigas de concreto reforzadas de PRFV a los 7 días soportan más carga que las vigas con refuerzo de acero, sin embargo, transcurrido los 28 días son las vigas con refuerzo de acero las que soportan más carga. Tomando en cuenta que la norma E060 se basa en resultados de ensayos de  $f'c$  a los 28 días, se señala que, no se demostró la HE-1 la cual indicaba que la capacidad de carga en los tercios del tramo en vigas de concreto simplemente apoyadas con varillas de fibra de vidrio, es superior al acero en un 10%, por lo tanto, se requiere colocar más refuerzo de varillas de fibra de vidrio en las vigas de concreto que su equivalente en las vigas de concreto con refuerzo con acero. Estos hallazgos coinciden con Murayari (2020) en su investigación llega a concluir que se “niega el incremento de las cargas en las vigas de concreto reforzadas con barras de fibra de vidrio” (p.61) también se concuerda con Lalvay (2017) pero solo en parte ya que menciona que la varilla de 12mm es inferior al acero sin embargo en diámetros menores como 6 y 8mm estas superan al acero.

En cuanto al OE-2 se conoció y comparó la resistencia a la flexión nominal o momento nominal en vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo con varillas de fibra de vidrio y acero. Se logró hallar que a la edad de 7 días las vigas con refuerzo PRFV  $\phi 10\text{mm}$  soporta un 27.6% más momento nominal que las vigas con refuerzo de acero  $\phi 3/8$ ”, así mismo las vigas con refuerzo PRFV  $\phi 12\text{mm}$  soporta un 30.8% más momento nominal que las vigas con refuerzo de acero  $\phi 12\text{mm}$ . Al pasar los 28 días, las vigas con refuerzo PRFV  $\phi 10\text{mm}$  soporta un 5% menos momento nominal que las vigas con refuerzo de acero  $\phi 3/8$ ”, así también las vigas con refuerzo PRFV  $\phi 12\text{mm}$  soporta un 4.1% menos momento nominal que las vigas con refuerzo de acero  $\phi 12\text{mm}$ .

Esto significa que las vigas de concreto reforzadas con PRFV a los 7 días resisten un momento nominal superior a las vigas con refuerzo de acero, no obstante, al pasar el tiempo de 28 días ocurre lo contrario, es decir ,son las varillas de acero las que soportan más

momento nominal, es necesario señalar que según la norma E060 los resultados están basados en ensayos de  $f_c$  a los 28 días, por lo tanto se determina que no se demostró la HE-2, la cual mencionaba que la resistencia a la flexión nominal o momento nominal en vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo con varillas de fibra de vidrio supera al acero en un 20%. En consecuencia, se precisa poner mayor refuerzo de varillas de fibra de vidrio en las vigas de concreto que su homólogo en las vigas de concreto con refuerzo con acero o también aumentar el peralte de la viga. Estos hallazgos coinciden con Murayari (2020) en su investigación llega a concluir que se “desarrolló una disminución de los momentos flexionantes generados en las vigas de concreto reforzados con barras de fibra de vidrio” (p.61). también con Vila (2020) señala que tomando el momento de servicio como referencia, es la viga con refuerzo de acero quien soporta mayor carga, por tener el menor esfuerzo de compresión y tensión del concreto. Sin embargo no se concuerda con Poma (2021) el cual nos dice que las vigas de concreto armado reforzado con varillas de fibra de vidrio presentan mayores niveles de resistencia última, esto porque en su tesis la realizó de manera analítica, ya que como lo indica Hidalgo et al., (2018) en sus conclusiones “las restricciones que ofrece el código de diseño para preservar la seguridad estructural, considerando la filosofía de diseño en los PRFV con falla centrada en el concreto, se puede concluir que el diseño subreforzado está del lado de la seguridad con márgenes conservadores.”(p.9). Tampoco se coincide con Rivadeneira (2016) el cual indica que en ensayos a flexión el acero en edades tempranas aporta mayor resistencia a hormigón sin embargo cuando el concreto alcanza su resistencia de diseño, es la GFRP la que aporta mayor esfuerzo a la flexión.

En lo referente al OE-3 se evaluaron y compararon las deflexiones inmediatas en vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo con varillas de

fibra de vidrio y acero. Se averiguó que a la edad de 7 días las vigas con refuerzo PRFV  $\varnothing 10\text{mm}$  tiene deflexiones de un 19.4% menos que las vigas con refuerzo de acero  $\varnothing 3/8$ ". y las vigas con PRFV  $\varnothing 12\text{mm}$  tiene deflexiones de un 11.4% menos que las vigas con refuerzo de acero  $\varnothing 12\text{mm}$ . A los 28 días las vigas con refuerzo PRFV  $\varnothing 10\text{mm}$  tiene deflexiones de un 19.6% menos que las vigas con refuerzo de acero  $\varnothing 3/8$ " y las vigas con PRFV  $\varnothing 12\text{mm}$  tiene deflexiones de un 12.9% menos que las vigas con refuerzo de acero  $\varnothing 12\text{mm}$ . Esto significa que las vigas de concreto reforzadas con acero tienen deflexiones inmediatas mayores que las vigas reforzadas con PRFV ya sea tanto a los 7 días como a los 28 días sin embargo es necesario señalar que esto sólo ocurre en el escenario de la falla de la viga de concreto, mas no en el proceso de desarrollo de aplicación de cargas, se puede ver en la Figura 96 y 105 donde se evidencia que existen deflexiones superiores al acero ante momento nominales similares. La deflexión mayor que ocurre en la viga es debido a la fluencia del acero pues la viga sigue deformándose, aunque no se incremente la carga, lo que no ocurre con las vigas con refuerzo de PRFV pues ellas tiene un comportamiento lineal hasta la falla, y se deforma más en el proceso debido a su bajo módulo de elasticidad; tomando en cuenta que los ensayos a 28 días son los que se basa la norma E060, por consiguiente y limitando el valor de la deflexión inmediata ante un escenario de falla de la viga, se evidencia una disminución de deflexión inmediata menor en las vigas con refuerzo de PRFV con respecto a las vigas reforzadas con acero por ello se demuestra la HE-3 la cual señalaba que las deflexiones inmediatas en vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo con varillas de fibra de vidrio es inferior al acero en un 15%. Estos hallazgos coinciden con Murayari (2020) en su investigación llega a concluir que “Para las deformaciones, se observó una reducción de deformaciones en las vigas de concreto reforzadas con barras de fibra (p.61). Por el contrario no se coincide con Lalvay(2017) donde “Ante el análisis a flexión las

vigas presentaron una flecha mayor a la calculada; en la del acero la deformación de la viga sobrepasó con unos 3mm, y en las vigas de fibra de vidrio la deformación sobrepasó con unos 10mm aproximadamente, esto se debe a que el módulo de elasticidad de la varilla de fibra de vidrio es muy bajo.(p.118).

### **Implicancias**

La implicancia teórica de la presente investigación es que con los hallazgos que se encontraron podemos aportar conocimiento en cuanto a diseño de elementos tipo viga, de tal forma que se puede contrastar con la norma vigente y se puede aportar alguna mejora.

La implicancia practica que tiene la presente tesis es que se puede utilizar las vigas con refuerzo de varillas de fibra de vidrio de esta forma se resuelve el problema de la corrosión que afectan de manera negativa a las vigas con refuerzo de acero.

### **Conclusiones**

- Con respecto al OG se determinó el comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, Lima, 2022, se concluye que las varillas de fibra de vidrio y acero tienen un comportamiento diferente al esfuerzo a flexión, estas diferencias están en la resistencia y la deformación, el acero es más resistente al esfuerzo a flexión que las varillas de fibra de vidrio, además en el acero se producen mayores deflexiones inmediatas.

- Con respecto al OE-1 se determinó y comparó la capacidad de carga en los tercios del tramo en vigas de concreto simplemente apoyadas con varillas de fibra de vidrio y acero, se concluye que las vigas de concreto reforzadas de PRFV soportan más carga que las vigas

con refuerzo de acero en los primeros 7 días, luego a los 28 días son las vigas con refuerzo de acero las que soportan más carga.

-En cuanto al OE-2 se conoció y comparó la resistencia a la flexión nominal o momento nominal en vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo con varillas de fibra de vidrio y acero, se concluye que las vigas de concreto reforzadas con PRFV a la edad temprana de 7 días resisten un momento nominal mayor a las vigas con refuerzo de acero, sin embargo, a los 28 días son las varillas de acero las que soportan más momento nominal.

-En lo referente al OE-3 se evaluaron y compararon las deflexiones inmediatas en vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo con varillas de fibra de vidrio y acero, se concluye que las vigas de concreto reforzadas con acero tienen deflexiones inmediatas superiores a las vigas reforzadas con PRFV, sea tanto a los 7 días como a los 28 días.

## REFERENCIAS

- A.C.I. 440.5. (2008). *ACI 440.5-2008 Specification for Construction with Fiber-Reinforced Polymer Reinforcing Bars*. American Concrete Institute.
- A.C.I.440.1R.-15. (2015). *ACI 440.1R-15 Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Bars*. American Concrete Institute.
- Amador Núñez, M. A. (2017). *Diseño a flexión de vigas de concreto armadas con refuerzo combinado de acero y PRFV (refuerzo híbrido) [Tesis de Licenciatura, Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría]*. Repositorio Institucional. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18014.74560>
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Pearson educación.
- Blasco, B. A. (1994). *Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado*. Colegio de Ingenieros del Perú.
- Cruz, J. O. (2018). *Guía de investigación científica 2018*. Universidad privada del Norte.
- Díaz Pérez, I., & Wainshtok Rivas, H. R. (21-25 de Noviembre de 2016). Diseño de Viga Continua de Hormigón Armada con Barras de Polímeros Reforzados con Fibras de Vidrio (PRFV). [https://www.researchgate.net/publication/322642216\\_DISENO\\_DE\\_VIGA\\_CONTINUA\\_DE\\_HORMIGON\\_ARMADA\\_CON\\_BARRAS\\_DE\\_POLIMEROS\\_REFORZADOS\\_CON\\_FIBRAS\\_DE VIDRIO\\_PRFV\\_CONTINUOUS\\_BEAM\\_DESIGN\\_OF\\_REINFORCED\\_CONCRETE\\_WITH\\_GLASS\\_FIBER\\_REINFORCED\\_POLYMERS\\_BARS\\_GFRP](https://www.researchgate.net/publication/322642216_DISENO_DE_VIGA_CONTINUA_DE_HORMIGON_ARMADA_CON_BARRAS_DE_POLIMEROS_REFORZADOS_CON_FIBRAS_DE VIDRIO_PRFV_CONTINUOUS_BEAM_DESIGN_OF_REINFORCED_CONCRETE_WITH_GLASS_FIBER_REINFORCED_POLYMERS_BARS_GFRP)
- E.060. (2009). *Norma E.060 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción –SENCICO.
- E.070. (2006). *Norma E.070 Albañilería del reglamento Nacional de Edificaciones*. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción –SENCICO.
- Faria Joaquim, L., Díaz Pérez, I. d., & Rivas, W. (2017). Estructuras de hormigón armado con barras de Polímero Reforzado con Fibras de Vidrio (PRFV). *Revista de*

*Arquitectura* e *Ingeniería*, 11(3),1-16.  
<https://www.redalyc.org/pdf/1939/193955164003.pdf>

Hengshui Jiubo Composites. (2021). *FRP Rebar & Rebar Machine*. Hengshui Jiubo Composites: <https://www.jiubofrp.com/product/FRP-Rebarand-Rebar-Machine-196/-FRP-Rebar-and-Rebar-Machine-639.html>

Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. Interamericana Editores, S.A. de C.V.

Hidalgo Toxqui, J. P., Sánchez Hernández, J. A., Zepeda Morales, L. E., & Moreno Trujillo, G. d. (26-30 de Noviembre de 2018). Evaluación del comportamiento a flexión y de los criterios de diseño de vigas de concreto sub reforzadas con barras de polímeros reforzados con fibra de vidrio. [https://www.researchgate.net/publication/329020379\\_evaluacion\\_del\\_comportamiento\\_a\\_flexion\\_y\\_de\\_los\\_criterios\\_de\\_diseño\\_de\\_vigas\\_de\\_concreto\\_subreforzadas\\_con\\_barras\\_de\\_polimeros\\_reforzados\\_con\\_fibra\\_de\\_vidrio\\_assessment\\_for\\_the\\_flexural\\_behavior\\_and\\_](https://www.researchgate.net/publication/329020379_evaluacion_del_comportamiento_a_flexion_y_de_los_criterios_de_diseño_de_vigas_de_concreto_subreforzadas_con_barras_de_polimeros_reforzados_con_fibra_de_vidrio_assessment_for_the_flexural_behavior_and_)

Lalvay Llivigañay, B. H. (2017). *Análisis, Comportamiento y Comparación de Varillas Corrugadas en Fibra de Vidrio, con Relación a las Varillas Convencionales; Conjuntamente en Elementos Estructurales de Hormigón [Tesis de licenciatura, Universidad del Azuay, Cuenca]*. Repositorio Institucional. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7337>

Lascano Rodríguez, N. E. (2021). *Diseño a flexión de elementos de hormigón reforzado con varillas corrugadas de fibra de vidrio [Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil]*. Repositorio Institucional. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/16610>

Loayza Seminario, J. M. (2008). *Reparación de un muro de albañilería confinada mediante varillas de fibra de vidrio [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima]*. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/182>

Morales, R. M. (2013). *Diseño en Concreto Armado*. Instituto de la Construcción y Gerencia.

Murayari Ramirez, G. A. (2020). *Estudio del comportamiento a flexión de vigas de concreto reforzadas con barras de fibra de vidrio, Lima 2019 [Tesis de*

- licenciatura, Universidad Cesar Vallejo, Lima*]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/59706>
- Ottazzi, P. G. (2004). *Apuntes del curso concreto armado I*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Temas de Tecnología del concreto en el Perú*. Colegio de Ingenieros del Perú.
- Pichardo, N. C., & Tovar, P. W. (2020). *Estudio comparativo estructural de una sección circular de concreto armado con barras de fibra de vidrio (GFRP) en lugar de barras de acero expuesto a la corrosión por cloruros en la costa peruana [Tesis de licenciatura, Universidad de Ciencias Aplicadas]*. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/182>
- Poma Martel, C. D. (2021). *Análisis Comparativo de vigas Reforzadas con Varillas de Fibra [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/59381>
- Rivadeneira Benítez, G. F. (2016). *Correlación entre vigas de hormigón armadas con varillas de acero y con varillas de fibra [Tesis de licenciatura, Universidad Central de Ecuador, Quito]*. Repositorio Institucional. <https://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/8133>
- Sánchez, J. (2022). *PRFV(GFRP) Y AGRIETAMIENTO*. PROYEST Ingeniería: <https://proyest.com/prfv-grfp-agrietamiento/>
- Vila Carbajal, E. G. (2020). *Análisis comparativo del comportamiento estructural en flexión, entre vigas reforzadas con varillas de vidrio frente a las reforzadas con acero [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima]*. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/3349>

**ANEXOS****ANEXO N° 1***Calculo de Refuerzo de Vigas con Acero y PRFV***Viga de Concreto con Refuerzo de Acero  $\phi 3/8$ ”**

La viga propuesta para los ensayos tiene 2 $\phi$  6mm negativos y 2  $\phi 3/8$ ” positivos con estribos de  $\phi$  6mm, (Ver Figura 28) verificaremos si es correcto el armado mínimo.

**Datos**

b=15 cm; h=20cm; r=2.5cm; d=16.42cm;  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ ;  $f_y = 4200\text{kg/cm}^2$

$A_s = 2\phi 3/8 = 1.42 \text{ cm}^2$ ;  $\beta_1 = 0.85$

**Cálculo de la cuantía mínima**

Aplicando la Ecuación (53)

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0.7\sqrt{f'_c}}{f_y} bd$$

Reemplazando datos se tiene:

$$A_{s \text{ min}} = 0.59\text{cm}^2 = 1 \phi 3/8$$

Por lo tanto, el armado según lo propuesto es correcto

**Cálculo de cuantía balanceada**

Aplicando la Ecuación (51)

$$\rho_b = \frac{0.85\beta_1 f'_c}{f_y} \frac{6,000}{6,000 + f_y}$$

Reemplazando datos se tiene:

$$\rho_b = 0.02125$$

**Cálculo de cuantía máxima**

Verificaremos si es correcto el armado máximo

Aplicando Ecuación (51)

$$\rho_{max} = 0.75\rho_b$$

Reemplazando datos se tiene:

$$\rho_{max} = 0.01594$$

Verificando se tiene

Aplicando Ecuación (46)

$$\rho = \frac{A_s}{bd} =$$

Reemplazando datos se tiene:

$$\rho = 0.00577$$

por lo tanto,  $\rho < \rho_{max}$  OK

### **Cálculo de Momentos Nominales para Acero $\phi 3/8$ ”**

Verificaremos la resistencia a la flexión de Acero  $2\phi 3/8$ ” positivos

Aplicando la Ecuación (48)

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

Reemplazando datos se tiene:

$$a = 16.42 \text{ cm}$$

Aplicando la Ecuación (49)

$$M_n = A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 91308.84 \text{ Kg} - \text{cm}$$

$$M_n = 0.913 \text{ Tn} - \text{m}$$

Con este dato podemos verificar si los estribos propuesto resistente la cortante en la sección

Aplicando la Ecuación (1) y (2)

$$M = P * \frac{L}{3}$$

Se tiene  $V_1=V_2 = P$ ,  $L=0.90\text{m}$  (Ver Figura 30)

$$V_1=V_2=3.04\text{t}$$

### **Cálculo de Estribos**

Según la Figura 28 se propuso estribos de  $\varnothing 6\text{mm}$  a cada 10cm verificaremos el cortante que resiste.

$$A_v=0.564\text{cm}^2$$

Aplicando la Ecuación (57)

$$V_c = 0.53\sqrt{f'_c}bw d$$

$$V_c = 1891.68 \text{ kg}$$

$$V_c = 1.89 \text{ Tn}$$

Aplicando la Ecuación (63) no se aplica el factor de reducción de resistencia, debido a que se quiere conocer la resistencia nominal a cortante.

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

$$V_s = 3889.56 \text{ Kg}$$

$$V_s = 3.89\text{t}$$

Aplicando la Ecuación (55)

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_n = 5.78\text{t}$$

Por lo tanto, resiste el cortante calculado

### **Viga de Concreto con Refuerzo de Acero $\varnothing 12\text{mm}$**

La viga propuesta para los ensayos tiene 2 $\varnothing$  6mm negativos y 2  $\varnothing 12\text{mm}$  positivos con estribos de  $\varnothing$  6mm (Ver Figura 28), verificaremos si es correcto el armado mínimo.

Datos

$$b=15 \text{ cm}; h=20\text{cm}; r=2.5\text{cm}; d=16.30\text{cm}; f'_c=210\text{kg/cm}^2; f_y=4200\text{kg/cm}^2$$

$$A_s = 2\phi 12\text{mm} = 2.26 \text{ cm}^2; \beta_1 = 0.85$$

Se realiza el mismo procedimiento y se tiene

$$A_{s \text{ min}} = 0.59 \text{ cm}^2 = 1 \phi 3/8''$$

En la viga propuesta se colocó 2  $\phi 12\text{mm}$  positivos, por lo tanto, el armado es correcto

### **Cálculo de cuantía balanceada**

Aplicando la Ecuación (51)

$$\rho_b = 0.02125$$

Aplicando Ecuación (46)

$$\rho = 0.00974$$

### **Cálculo de cuantía máxima**

Aplicando la Ecuación (51)

$$\rho_{max} = 0.01594$$

por lo tanto,  $\rho < \rho_{max}$  OK

### **Cálculo de Momentos Nominales para Acero $\phi 12\text{mm}$**

Verificaremos la resistencia a la flexión de Acero 2 $\phi 12\text{mm}$  positivos

Aplicando la Ecuación (48)

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

Reemplazando datos se tiene:

$$a = 16.42 \text{ cm}$$

Aplicando la Ecuación (49)

$$M_n = A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 137918.76 \text{ Kg} - \text{cm}$$

$$M_n = 1.379 \text{ Tn} - \text{m}$$

Con este dato podemos verificar si los estribos propuesto resistente la cortante en la sección

Aplicando la Ecuación (1) y (2)

$$M = P * \frac{L}{3}$$

Se tiene  $V_1=V_2 = P$ ,  $L=0.90\text{m}$  (Ver Figura 30)

$$V_1=V_2=3.60\text{t}$$

### Cálculo de Estribos

Según la Figura 28 se propuso estribos de  $\varnothing 6\text{mm}$  a cada 10cm verificaremos el cortante que resiste.

$$A_v=0.564\text{cm}^2$$

Aplicando la Ecuación (57)

$$V_c = 0.53\sqrt{f'_c}bw d$$

$$V_c = 1877.86 \text{ kg}$$

$$V_c = 1.877 \text{ Tn}$$

Aplicando la Ecuación (63) no se aplica el factor de reducción de resistencia, debido a que se quiere conocer la resistencia nominal a cortante.

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

$$V_s = 3861.144 \text{ Kg}$$

$$V_s = 3.861\text{t}$$

Aplicando la Ecuación (55)

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_n=5.74\text{t}$$

Por lo tanto, resiste el cortante calculado

### Viga de Concreto con Refuerzo de PRFV Ø10mm

La viga propuesta para los ensayos tiene 2Ø 6mm negativos y 2 Ø10mm positivos con estribos de Ø 6mm, veremos si es correcto el armado mínimo.

Datos

$b=150\text{ mm}; h=200\text{mm}; r=25\text{mm}; d=164\text{mm}; f'_c=210\text{kg/cm}^2= 20.59\text{Mpa};$

$E_f=40000\text{Mpa}, f_{fu}^* = 980\text{Mpa}, \varepsilon_{cu} = 0.003, E_c = 21326.81\text{Mpa}$

$A_f=2\phi 10\text{mm}=146\text{ mm}^2; \beta_1=0.85, CE=0.80$

Aplicando Ecuación (12)

$$\rho_f = \frac{A_f}{bd}$$

$$\rho_f = 0.00593$$

### Cálculo de cuantía balanceada

Aplicando Ecuación (13) y (6)

$$f_{fu} = C_E f_{fu}^* =$$

$$f_{fu} = 784\text{ Mpa}$$

$$\rho_{fb} = 0.85\beta_1 \frac{f'_c}{f_{fu}} \frac{E_f \varepsilon_{cu}}{E_f \varepsilon_{cu} + f_{fu}}$$

$$\rho_{fb} = 0.00252$$

Como  $\rho_f > \rho_{fb}$  entonces la sección es controlada por compresión, por lo tanto, no es necesario verificar la cuantía mínima

Otra forma de verificar si la sección es controlada por compresión es utilizar la ecuación (5)

$$\lambda_p = \frac{\rho f}{\rho_f b}$$

Reemplazamos valores

$\lambda_p = 2.35$ ; si  $\lambda_p > 1$  entonces según Ecuación (4) y Figura 21 se tiene que la sección es controlada por compresión.

### Cálculo de Momentos Nominales para PRFV $\varnothing 10\text{mm}$

Verificaremos la resistencia a la flexión de PRFV 2  $\varnothing 10\text{mm}$  positivos

Aplicando la Ecuación (16)

$$f_f = \left( \sqrt{\frac{(E_f \varepsilon_{cu})^2}{4} + \frac{0.85 \beta_1 f'_c}{\rho_f} e_f \varepsilon_{cu}} - 0.5 E_f \varepsilon_{cu} \right) \leq f_{fu}$$

$$f_f = 491.93 \text{ Mpa} \leq 784 \text{ Mpa} \dots \text{OK}$$

Aplicando la Ecuación (15)

$$a = \frac{A_f f_f}{0.85 f'_c b}$$

$$a = 27.35 \text{ mm}$$

Como se tiene el dominio de la sección por compresión se utiliza la Ecuación (14)

$$M_n = A_f f_f \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 10796609.0785 \text{ N} - \text{mm}$$

$$M_n = 10.79 \text{ KN} - \text{m}$$

$$M_n = 1.0829 \text{ Tn} - \text{m}$$

Con este dato podemos calcular la cortante que resiste la sección.

Aplicando la Ecuación (1) y (2)

$$M = P * \frac{L}{3}$$

Se tiene  $V_1 = V_2 = P$ ,  $L = 0.90\text{m}$  (Ver Figura 30)

$$V_1 = V_2 = 3.60\text{t}$$

### Cálculo de Estribos

Según la Figura 28 se propuso estribos de  $\phi 6\text{mm}$  a cada 10cm verificaremos el cortante que resiste.

$$A_v = 0.56\text{cm}^2; \phi = 0.75,$$

$$f_{fv} = 150\text{Mpa} (\text{dato del fabricante})$$

Aplicando la Ecuación (37)

$$n_f = \frac{E_f}{E_c}$$

$$n_f = 1.88$$

Aplicando la Ecuación (37)

$$k_s = \sqrt{(n_f \rho_f)^2 + 2n_f \rho_f} - n_f \rho_f$$

$$k_s = 0.138$$

Aplicando la Ecuación (35)

$$V_c = (0.40k_s) \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$V_c = 6161.79\text{ N}$$

$$V_c = 6.16\text{ KN}$$

Aplicando la Ecuación (35)

$$V_u = \frac{\phi A_{fv} f_{fv} d}{s} + \phi V_c$$

$$V_u = 14953.34\text{ N}$$

$$V_u = 14.95\text{ KN}$$

$$V_u = 1.52\text{ t}$$

Por lo tanto, no resiste el cortante calculado, sin embargo, se desea comparar el mismo que diámetro que tiene las vigas con refuerzo de acero.

### Viga de Concreto con Refuerzo de PRFV $\varnothing 12\text{mm}$

La viga propuesta para los ensayos tiene 2 $\varnothing$  6mm negativos y 2  $\varnothing 12\text{mm}$  positivos con estribos de  $\varnothing$  6mm, veremos si es correcto el armado mínimo.

Datos

$b=150\text{ mm}$ ;  $h=200\text{mm}$ ;  $r=25\text{mm}$ ;  $d=163\text{mm}$ ;  $f'_c=210\text{kg/cm}^2= 20.59\text{Mpa}$ ;

$E_f=40000\text{Mpa}$ ,  $f_{fu}^* = 870\text{Mpa}$ ,  $\varepsilon_{cu} = 0.003$ ,  $E_c = 21326.81\text{Mpa}$

$A_f=2\varnothing 12\text{mm}=206\text{ mm}^2$ ;  $\beta_1=0.85$ ,  $CE=0.80$

Aplicando Ecuación (12)

$$\rho_f = 0.00843$$

### Cálculo de cuantía balanceada

Aplicando Ecuación (13) y (6)

$$f_{fu} = 696\text{ Mpa}$$

$$\rho_{fb} = 0.00314$$

Como  $\rho_f > \rho_{fb}$  entonces la sección es controlada por compresión, por lo tanto, no es necesario verificar la cuantía mínima

### Cálculo de Momentos Nominales para PRFV $\varnothing 12\text{mm}$

Verificaremos la resistencia a la flexión de PRFV 2  $\varnothing 10\text{mm}$  positivos

Aplicando la Ecuación (16)

$$f_f = 464.07\text{ Mpa} \leq 696\text{Mpa} \dots \text{OK}$$

Aplicando la Ecuación (15)

$$a = 36.41\text{ mm}$$

Como se tiene el dominio de la sección por compresión se utiliza la Ecuación (14)

$$M_n = 13\,842\,173.22\text{N} - \text{mm}$$

$$Mn = 13.84 \text{ KN} - m$$

$$Mn = 1.38 \text{ Tn} - m$$

Con este dato podemos calcular la cortante que resiste la sección.

Aplicando la Ecuación (1) y (2)

$$L=0.90\text{m (Ver Figura 30)}$$

$$V1=V2=4.60\text{t}$$

### Cálculo de Estribos

Según la Figura 28 se propuso estribos de  $\varnothing 6\text{mm}$  a cada 10cm verificaremos el cortante que resiste.

$$A_v=0.56\text{cm}^2; \varnothing=0.75,$$

$$f_{fv} = 150\text{Mpa}(\text{dato del fabricante})$$

Aplicando la Ecuación (37)

$$n_f = 1.88$$

Aplicando la Ecuación (37)

$$k_s = \sqrt{(n_f \rho_f)^2 + 2n_f \rho_f} - n_f \rho_f$$

$$k_s = 0.163$$

Aplicando la Ecuación (35)

$$V_c = 7.23 \text{ KN}$$

Aplicando la Ecuación (35)

$$V_u = \frac{\varnothing A_{fv} f_{fv} d}{s} + \varnothing V_c$$

$$V_u = 15.69\text{KN}$$

$$V_u = 1.60\text{t}$$

Por lo tanto, no resiste el cortante calculado, sin embargo, se desea comparar el mismo que diámetro que tiene las vigas con refuerzo de acero.

**ANEXO N° 2**

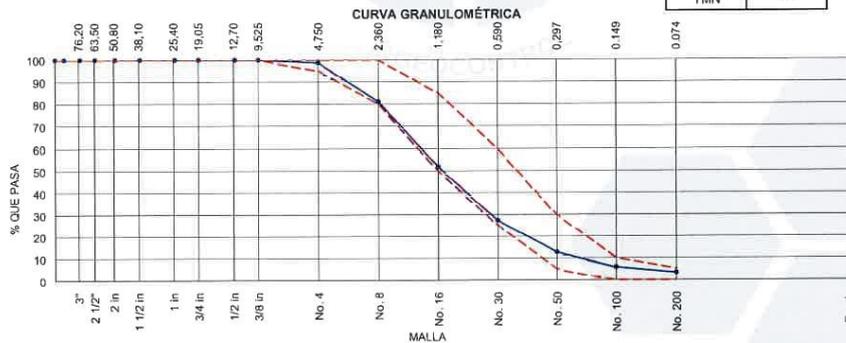
*Informe Análisis Granulométrico Agregado Fino*

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-63
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136</b>	Versión	01
		Fecha	07-05-2018
		Página	1 de 1

Proyecto	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, Lima 2022	Registro N°:	L22-198-02
Solicitante	: Wilson Martin Barnuevo Miranda	Muestreado por :	Solicitante
Cliente	: Wilson Martin Barnuevo Miranda	Ensayado por :	R. Leyva
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo :	7/12/2022
Material	: Agregado Fino	Turno :	Diurno
Código de Muestra	: ---		
Procedencia	: Cantera Trapiche		
N° de Muestra	: ---		
Progresiva	: ---		

**AGREGADO FINO ASTM C33/C33M - 18 - ARENA GRUESA**

ABERTURA DE TÁMICOS Marco de 8" de diámetro		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	ESPECIFICACIÓN	
Nombre	mm					Mínimo	Máximo
4 in'	100.00 mm						
3 1/2 in	90.00 mm						
3 in	75.00 mm						
2 1/2 in	63.00 mm						
2 in	50.00 mm						
1 1/2 in	37.50 mm						
1 in	25.00 mm						
3/4 in	19.00 mm						
1/2 in	12.50 mm						
3/8 in	9.50 mm				100.00	100.00	100.00
No. 4	4.75 mm	7.6	1.33	1.33	98.67	95.00	100.00
No. 8	2.36 mm	101.0	17.61	18.94	81.06	80.00	100.00
No. 16	1.18 mm	166.7	29.07	48.01	51.99	50.00	85.00
No. 30	600 µm	142.0	24.76	72.77	27.23	25.00	60.00
No. 50	300 µm	83.4	14.54	87.31	12.69	5.00	30.00
No. 100	150 µm	40.3	7.02	94.33	5.67	0.00	10.00
No. 200	75 µm	14.0	2.44	96.76	3.24		
< No. 200	< No. 200	18.6	3.24	100.00	0.00		
						MF	3.23
						TMN	---



INGEOCONTROL SAC		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b></p> <p>Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.</p> <p>Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.</p> <p>La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.</p>	<p><b>REVISADO POR</b></p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.</p>	<p><b>AUTORIZADO POR</b></p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Arnaldo Pérez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico</p>

**ANEXO N° 3**

*Informe Análisis Granulométrico Agregado Grueso*

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-63
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136</b>	Versión	01
		Fecha	07-05-2016
		Página	1 de 1

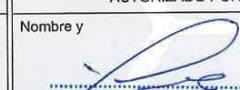
**Proyecto** : Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, Lima 2022  
**Registro N°:** L22-198-03  
**Solicitante** : Wilson Martín Barnuevo Miranda  
**Muestreado por** : Solicitante  
**Ciente** : Wilson Martín Barnuevo Miranda  
**Ensayado por** : R. Leyva  
**Ubicación de Proyecto** : Lima  
**Fecha de Ensayo** : 7/12/2022  
**Material** : Agregado Grueso  
**Turno** : Diurno

**Código de Muestra** : ---  
**Procedencia** : Cantera Trapiche  
**N° de Muestra** : ---  
**Progresiva** : ---

**AGREGADO GRUESO ASTM C33/C33M - 18 - HUSO # 67**

ABERTURA DE TAMICES Marco de 8" de diámetro		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	ESPECIFICACIÓN	
Nombre	mm					Mínimo	Máximo
4 in'	100.00 mm					100.00	100.00
3 1/2 in	90.00 mm					100.00	100.00
3 in	75.00 mm					100.00	100.00
2 1/2 in	63.00 mm					100.00	100.00
2 in	50.00 mm					100.00	100.00
1 1/2 in	37.50 mm				100.00	100.00	100.00
1 in	25.00 mm				100.00	100.00	100.00
3/4 in	19.00 mm				100.00	90.00	100.00
1/2 in	12.50 mm	1721.0	42.69	42.69	57.31	50.00	79.00
3/8 in	9.50 mm	977.7	24.25	66.95	33.05	20.00	55.00
No. 4	4.75 mm	1275.7	31.65	98.60	1.40	0.00	10.00
No. 8	2.36 mm	38.8	0.96	99.56	0.44	0.00	5.00
No. 16	1.18 mm	7.0	0.17	99.73	0.27	0.00	0.00
No. 30	600 µm	2.0	0.05	99.78	0.22	0.00	0.00
No. 50	300 µm	1.6	0.04	99.82	0.18	0.00	0.00
No. 100	150 µm	3.4	0.08	99.90	0.10	0.00	0.00
No. 200	75 µm	3.1	0.08	99.98	0.02	0.00	0.00
< No. 200	< No. 200	0.8	0.02	100.00	0.00	-	-
						MF	6.64
						TMN	1/2"



<b>INGEOCONTROL SAC</b>		
<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos quede a entera responsabilidad del usuario solicitante.	<b>REVISADO POR</b> Nombre y firma:  Luis Mejía Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.	<b>AUTORIZADO POR</b> Nombre y  Arnaldo Pérez Coscco CIP: 190140 Gerente Técnico

**ANEXO N° 4**

*Informe Contenido de Humedad Agregado Fino y Grueso*

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>AE-FO-87</b>
	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE DE LOS AGREGADOS ASTM C566-19</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Fecha</b>	<b>30-04-2018</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

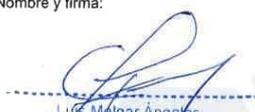
Proyecto : Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, Lima 2022 Solicitante : Wilson Martín Barnuevo Miranda Atención : Wilson Martín Barnuevo Miranda Ubicación de proyecto : Lima	REGISTRO N°: <b>L22-198-01</b>  MUESTREADO POR : Solicitante ENSAYADO POR : R. Leyva FECHA DE ENSAYO : 7/12/2022 TURNO : Diurno
--	--

**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO**

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	CANTERA
1	Peso del Recipiente	g	673.0	TRAPICHE
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	4714.0	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	4704.0	
4	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	%	<b>0.25</b>	

**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO**

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	CANTERA
1	Peso del Recipiente	g	243.0	TRAPICHE
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	822.9	
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	816.5	
4	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	%	<b>1.13</b>	

INGEOCONTROL SAC		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b></p> <p>Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.</p> <p>Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.</p> <p>La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.</p>	<p style="text-align: center;"><b>REVISADO POR</b></p> <p>Nombre y firma:</p> <div style="text-align: center;">             Luis Miguel Angeles            JEFE DE LABORATORIO            INGEOCONTROL S.A.C.         </div>	<p style="text-align: center;"><b>AUTORIZADO POR</b></p> <p>Nombre y</p> <div style="text-align: center;">             Arnaldo Pérez Coscco            CIP: 190140            Gerente Técnico         </div>

**ANEXO N° 5**

*Informe Peso Unitario Suelto y Compactado Agregado Fino*

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>AE-FO-101</b>
	<b>DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS ASTM C29 / C29M - 17a</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Fecha</b>	<b>30-04-2018</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

<b>Proyecto</b> : Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, Lima 2022 <b>Solicitante</b> : Wilson Martín Barnuevo Miranda <b>Cliente</b> : Wilson Martín Barnuevo Miranda <b>Ubicación de Proyecto</b> : Lima <b>Material</b> : Agregado Fino	<b>Registro N°:</b> L22-198-04  <b>Muestreado por :</b> Solicitante <b>Ensayado por :</b> R. Leyva <b>Fecha de Ensayo :</b> 7/12/2022 <b>Turno :</b> Diurno
<b>Código de Muestra</b> : --- <b>Procedencia</b> : Cantera Trapiche <b>N° de Muestra</b> : --- <b>Progresiva</b> : ---	

**PESO UNITARIO SUELTO**

IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	1.628	1.628	
Volumen de molde (m3)	0.002809	0.002809	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	6.037	6.041	
Peso de muestra suelta (kg)	4.409	4.413	
<b>PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)</b>	<b>1570</b>	<b>1571</b>	<b>1570</b>

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	1.628	1.628	
Volumen de molde (m3)	0.002809	0.002809	
Peso de molde + muestra Compactada (kg)	6.559	6.618	
Peso de muestra Compactada (kg)	4.931	4.990	
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m3)</b>	<b>1755</b>	<b>1776</b>	<b>1766</b>

INGEOCONTROL SAC		
<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.  Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.  La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.	<b>REVISADO POR</b>	<b>AUTORIZADO POR</b>
	Nombre y firma:   Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.	Nombre y firma:   Arnaldo Perez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico

## ANEXO N° 6

### Informe Peso Unitario Suelto y Compactado Agregado Grueso

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-101
	<b>DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS ASTM C29 / C29M - 17a</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1
Proyecto	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, Lima 2022	Registro N°:	L22-198-05
Solicitante	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	Muestreado por :	Solicitante
Cliente	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	Ensayado por :	R. Leyva
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo :	5/12/2022
Material	: Agregado Grueso	Turno :	Diurno
Código de Muestra	: ---		
Procedencia	: Cantera Trapiche		
N° de Muestra	: ---		
Progresiva	: ---		

#### PESO UNITARIO SUELTO

IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	6.376	6.376	
Volumen de molde (m3)	0.009273	0.009273	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	19.373	19.639	
Peso de muestra suelta (kg)	12.997	13.263	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)	1402	1430	1416

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	6.376	6.376	
Volumen de molde (m3)	0.009273	0.009273	
Peso de molde + muestra Compactado (kg)	20.599	20.748	
Peso de muestra Compactado (kg)	14.223	14.372	
PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m3)	1534	1550	1542

INGEOCONTROL SAC		
<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.  Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.  La interpretación y uso de los resultados emitidos quedará a entera responsabilidad del usuario solicitante.	<b>REVISADO POR</b> Nombre y firma:  Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.	<b>AUTORIZADO POR</b> Nombre y firma:  Arnaldo Perez Coscco CIP: 190140 Gerente Técnico

**ANEXO N° 7**

*Peso Específico y Absorción de Agregado Fino*

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-07
	<b>DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO ASTM C128-15</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

Proyecto	Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, Lima 2022	Registro N°:	L22-198-06
Solicitante	Wilson Martín Barnuevo Miranda	Muestreado por :	Solicitante
Atención	Wilson Martín Barnuevo Miranda	Ensayado por :	R. Leyva
Ubicación de Proyecto	Lima	Fecha de Ensayo:	7/12/2022
Material	Agregado Fino	Turno:	Diurno

Código de Muestra : ---  
 Procedencia : Cantera Trapiche  
 N° de Muestra : ---  
 Progresiva : ---

IDENTIFICACIÓN		1	2	
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (SSS)	500.0	500.0	
B	Peso Frasco + agua	647.3	645.4	
C	Peso Frasco + agua + muestra SSS	963.1	959.7	
D	Peso del Mat. Seco	498.0	497.9	
Pe Bulk (Base seca) o Peso específico de masa = D/(B+A-C)		2.70	2.68	<b>2.692</b>
Pe Bulk (Base Saturada) o Peso específico SSS = A/(B+A-C)		2.71	2.69	<b>2.704</b>
Pe Aparente (Base seca) o Peso específico aparente = D/(B+D-C)		2.73	2.71	<b>2.723</b>
% Absorción = 100*((A-D)/D)		0.4	0.4	<b>0.4</b>

INGEOCONTROL SAC		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b>          Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEA-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.          Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.          La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.</p>	<p style="text-align: center;"><b>REVISADO POR</b></p> <p>Nombre y firma:</p> <div style="text-align: center;">               Luis Mejías Angeles              JEFE DE LABORATORIO              INGEOCONTROL S.A.C.           </div>	<p style="text-align: center;"><b>AUTORIZADO POR</b></p> <p>Nombre y firma:</p> <div style="text-align: center;">               Arnaldo Perez Ccoscco              CIP: 190140              Gerente Técnico           </div>

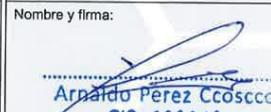
## ANEXO N° 8

### Gravedad Especifica y Absorción de Agregado Grueso

	<b>INFORME</b>		Código	AE-FO-78
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y LA ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS ASTM C127-15		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1
Proyecto	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, Lima 2022		Registro N°:	L22-198-07
Solicitante	: Wilson Martín Barnuevo Miranda		Muestreado por :	Solicitante
Cliente	: Wilson Martín Barnuevo Miranda		Ensayado por :	R. Leyva
Ubicación de Proyecto	: Lima		Fecha de Ensayo:	7/12/2022
Material	: Agregado Grueso		Turno:	Diurno
Tipo de muestra	: ---			
Procedencia	: Cantera Trepiche			
N° de Muestra	: ---			
Progresiva	: ---			

DATOS		A	B
1	Peso de la muestra sss	1584.9	1571.4
2	Peso de la muestra sss sumergida	1033.2	1027.8
3	Peso de la muestra secada al horno	1575.1	1561.1

RESULTADOS	1	2	PROMEDIO
PESO ESPECÍFICO DE MASA	2.855	2.872	<b>2.863</b>
PESO ESPECÍFICO DE MASA S.S.S	2.873	2.891	<b>2.882</b>
PESO ESPECÍFICO APARENTE	2.906	2.927	<b>2.917</b>
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.6	0.7	<b>0.6</b>

INGEOCONTROL SAC		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b></p> <p>Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.</p> <p>Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.</p> <p>La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.</p>	<p>REVISADO POR</p>	<p>AUTORIZADO POR</p>
	<p>Nombre y firma:</p>  <p>Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.</p>	<p>Nombre y firma:</p>  <p>Arnaldo Pérez Cooscco CIP: 190140 Gerente Técnico</p>

ANEXO N° 9

Ficha Técnica Cemento Portland



**FICHA TÉCNICA**  
**CEMENTO**  
**SOL**

**DESCRIPCIÓN:**

Tipo I, Cemento Portland de uso general.

**BENEFICIOS:**

- > Acelerado desarrollo de resistencias iniciales.
- > Óptima trabajabilidad.
- > Permite menor tiempo de desencofrado.
- > Excelente desarrollo de resistencias en shotcrete.
- > Excelente permanencia del slump.

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:**

- > Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP - 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

**APLICACIONES:**

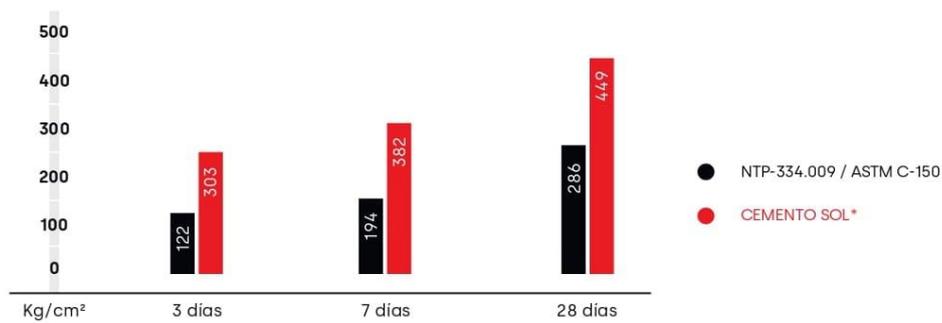
- > Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- > Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.

**FORMATO DE DISTRIBUCIÓN:**

- > Bolsas de 42.5 kg: 03 pliegos (02 de papel + 01 film plástico).
- > Bolsas de 25 kg: 03 pliegos (02 de papel + 01 film plástico).
- > Granel: A despacharse en camiones bombonas y *big bags*.

**REQUISITOS MECÁNICOS:**

COMPARACIÓN RESISTENCIAS NTP-334.009 / ASTM C-150 VS. CEMENTO SOL



\* Valores referenciales

### PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

PARÁMETRO	UNIDAD	CEMENTO SOL	REQUISITOS NTP-334.009/ ASTM C-150
Contenido de aire	%	7	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg	323	Mínimo 260
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	3.13	No específica
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	303	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	382	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	449	Mínimo 285 (*)
<b>TIEMPO DE FRAGUADO</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	129	45 a 375
<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA</b>			
MgO	%	2.9	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	2.8	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.2	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.9	Máximo 1.5
<b>FASES MINERALÓGICAS</b>			
C2S	%	12	No específica
C3S	%	55	No específica
C3A	%	10	No específica
C4AF	%	10	No específica

(\*) Requisito opcional

### RECOMENDACIONES GENERALES

#### DOSIFICACIÓN:

- > Utilizar agua, arena y piedra libre de impurezas.
- > Respetar la relación agua-cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- > Para desarrollar la resistencia a la compresión del concreto y evitar grietas, se necesita curar por lo menos durante 7 días.

#### MANIPULACIÓN:

- > Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- > Usar la vestimenta y epp adecuados: casco, protectores para los ojos, guantes y botas.
- > El contacto con la humedad o con el polvo de cemento sin protección puede causar irritación o daño en la piel.

#### ALMACENAMIENTO:

- > Las bolsas con cemento deben ser almacenadas en recintos secos, protegidos de la intemperie, lluvia y humedad.
- > Las bolsas deben ser colocadas sobre parihuelas de madera seca, en áreas niveladas y estables. Posteriormente cubrirlas con mantas de plástico.
- > Apilar como máximo 10 bolsas de cemento y evitar tiempos prolongados de almacenamiento.

ANEXO N° 10

*Ficha Técnica acero SiderPeru*



## BARRAS DE CONSTRUCCIÓN



**NTP 341.031 G60**  
**ASTM A615/A615M G60**

---

EMPRESA SIDERURGICA DEL PERU S.A.A.  
Av. Juan de Arona 151, Torre B, 5to piso, San Isidro    Teléfono: 51-1-6186868  
Av. Santiago Antúnez de Mayolo s/n - Chimbote.    Teléfono: 51-43-483000  
[www.siderperu.com.pe](http://www.siderperu.com.pe)

Rev: 2 – 2019-10-19



### DESCRIPCIÓN

Las barras de refuerzo, también conocidas como barras corrugadas, son usadas como refuerzo en elementos de concreto armado, por su alta adherencia con el concreto debido a que cuenta con corrugas o resaltes tipo High-Bond.

### DOCUMENTOS DE REFERENCIA

**NTP 341.031. Grado 60. Norma Técnica Peruana - Barras de acero al carbono, corrugadas, para refuerzo de concreto armado.**

**ASTM A615/A615M Grado 60. Standard Specification for Deformed and Plain Carbon-Steel Bars for Concrete Reinforcement.**

**Norma Técnica de Edificaciones – E060. Concreto armado.**

### COMPOSICIÓN QUÍMICA

El contenido de Fosforo (P) máximo 0.062 % (análisis de producto)

### ESPECIFICACIONES DIMENSIONALES Y PESO

Designación de la barra corrugada	Peso métrico nominal kg/m	Dimensiones nominales			Dimensiones resaltes (mm)		
		Diámetro mm	Área sección nominal	Perímetro nominal mm	Espaciamiento promedio máximo	Altura promedio mínimo	Separación (GAP) 12% del perímetro nominal máxima
6 mm	0.220	6.0	28	18.8	4.2	0.24	2.35
8 mm	0.395	8.0	50	25.1	5.6	0.32	3.14
3/8"	0.560	9.5	71	29.9	6.7	0.38	3.60
12 mm	0.888	12.0	113	37.7	8.4	0.48	4.71
1/2"	0.994	12.7	129	39.9	8.8	0.51	4.90
5/8"	1.552	15.9	199	49.9	11.1	0.71	6.1
3/4"	2.235	19.1	284	59.8	13.3	0.97	7.3
1"	3.973	25.4	510	79.8	17.8	1.27	9.7
1 3/8"	7.907	35.8	1006	112.5	25.1	1.80	13.7

Nota1: La variación permisible en el peso métrico no excederá el 6% por debajo del peso nominal.

### PROPIEDADES MECÁNICAS

Diámetro nominal (d)	Requisitos de Tracción				Doblado a 180° Diámetro de mandril de doblado
	Límite de fluencia MPa (kgf/mm <sup>2</sup> )	Resistencia de tracción MPa (kgf/mm <sup>2</sup> ) mínimo	Relación RT/LF mínimo	% de alargamiento Lo=200 mm mínimo	
6 mm	420 (42,8) A 540(55,1)	620 (63.2)	1.25	11	3 d
8 mm				14	
3/8"					
12 mm					
1/2"					5 d
5/8"					
3/4"					
1"				12	7 d
1 3/8"					

Nota 2: d = Diámetro nominal de la barra, Lo = Longitud calibrada de la probeta de ensayo.

### LONGITUD

Fabricadas en longitudes de nueve (9) metros consideradas como longitudes estándar o normal. Se pueden fabricar en otras longitudes previo acuerdo con el cliente.

### VARIACIÓN PERMISIBLE EN LA LONGITUD

La tolerancia en la longitud es de: + 100 mm  
- 0 mm

### PRESENTACIÓN

Se suministran en rollos o barras rectas en longitudes estándar.

### IDENTIFICACIÓN

Las barras, son identificadas mediante marcas laminadas en alto relieve, que indican al fabricante, designación de tamaño, tipo de acero y designación de la fluencia mínima.



ANEXO N° 11

Diseño de Mezcla Método ACI 211.1

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-93
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - DISEÑO COMPROBADO REFERENCIA ACI 211.1	Versión	01
		Fecha	30-09-2019
		Página	1 de 1
Proyecto : Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con Solicitante : Wilson Martín Barnuevo Miranda Atención : Wilson Martín Barnuevo Miranda Ubicación de Proyecto : Lima	REGISTRO N°: L22-198-08 REALIZADO POR : R. Leyva REVISADO POR : L. Meigar FECHA DE ELABORACIÓN : 13/12/2022		
Agregado : Ag. Grueso / Ag. Fino Procedencia : Cantera Trapiche Cemento : Cemento Sol tipo I	Fc de diseño: 210 kg/cm <sup>2</sup> Asentamiento: 3" a 4" Código de mezcla: ...		

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA  
F<sub>cr</sub> = 294

2. RELACIÓN AGUA CEMENTO  
R<sub>a/c</sub> = 0.54

3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA  
Agua = 231 L

4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO  
Aire = 2.5%

5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO  
Cemento 428 kg = 10.1 Bolsas x m<sup>3</sup>

6. ADITIVO  
No aplica

7. FIBRAS  
No Aplica

8. ADICIONES  
No Aplica

9. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO							
Cemento Sol tipo I	3120 kg/m <sup>3</sup>	0.1371 m <sup>3</sup>							
Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>	0.2310 m <sup>3</sup>							
Aire atrapado = 2.5%	---	0.0250 m <sup>3</sup>	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U.S.	P.U.C.	TMN	
Agregado grueso	2863 kg/m <sup>3</sup>	0.3156 m <sup>3</sup>	0.3%	0.6%	6.64	1416	1542	1/2"	
Agregado fino	2692 kg/m <sup>3</sup>	0.2913 m <sup>3</sup>	1.1%	0.4%	3.23	1570	1766	---	
Volumen de pasta		0.3831 m <sup>3</sup>							
Volumen de agregados		0.6069 m <sup>3</sup>							

10. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS  
Agregado grueso 52.0% ≈ 0.3156 m<sup>3</sup> ≈ 904 kg  
Agregado fino 48.0% ≈ 0.2913 m<sup>3</sup> ≈ 784 kg

11. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD  
Agregado grueso 906 kg  
Agregado fino 793 kg

12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD  
Agua 228 L

13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA  
CEM A.F. A.G. AGUA  
: 1 : 1.8 : 2.2 : 22.7 L

14. RESUMEN DE PROPORCIONES EN PESO

COMPONENTE	PESO SECO	PESO HÚMEDO
Cemento Sol tipo I	428 kg	428 kg
Agua	231 L	228 L
Agregado grueso	904 kg	906 kg
Agregado fino	784 kg	793 kg
PUT		2355 kg

15. TANDA DE PRUEBA MÍNIMA

COMPONENTE	0.038 m <sup>3</sup> PESO HÚMEDO
Cemento Sol tipo I	16.26 kg
Agua	9.68 kg
Agregado grueso	34.42 kg
Agregado fino	30.14 kg
Slump obtenido pulg.	4 1/4"
Temperatura °C	24.8°C

OBSERVACIONES:

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de INGEOCONTROL
- Los valores presentados en el presente diseño pueden variar ligeramente en obra por cambios en la granulometría del agregado, correcciones por humedad y absorción, la limpieza de los agregados, el cambio de tipo de cemento y/o proporción de aditivo.

INGEOCONTROL SAC		
AVISO DE CONFIDENCIALIDAD: Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.	REVISADO POR	AUTORIZADO POR
	Nombre y firma:  Luis Meigar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.	Nombre y firma:  Arnaldo Perez Cosocco CIP: 190140 Gerente Técnico

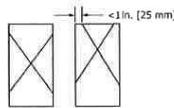
**ANEXO N° 12**

*Informe Resistencia a la Compresión de Probetas Cilíndricas*

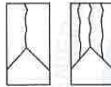
REPORTE DE ENSAYO		Código	INGEO-LAB-F-C008
<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN</b>		Verión	02
		Fecha	10/10/2022
		Página	1 de 1
Proyecto	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, Lima 2022	Registro N°:	L22-198-21
Solicitante	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	Muestreado por:	Solicitante
Cliente	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	Ensayado por:	R. Leyva
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	22/11/2022
Fecha de emisión	: 23/11/2022	Turno:	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Especímenes cilíndricos 6" x 12"		
F'c de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>		

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens  
ASTM C39/C39M-21**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO	F'c	% F'c
PATRÓN	20/12/2022	27/12/2022	7	15.02	30.01	5	2.00	34994.0	197 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>	94.0%
PATRÓN	20/12/2022	27/12/2022	7	15.03	30.05	5	2.00	35803.0	202 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>	96.1%
PATRÓN	20/12/2022	27/12/2022	7	15.00	30.03	5	2.00	36448.0	206 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>	98.2%
PATRÓN	20/12/2022	17/1/2023	28	15.02	30.03	5	2.00	43858.0	248 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>	117.9%
PATRÓN	20/12/2022	17/1/2023	28	15.04	30.05	5	2.00	42982.0	242 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>	115.2%
PATRÓN	20/12/2022	17/1/2023	28	15.04	30.06	5	2.00	44891.0	253 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>	120.3%



**Tipo 1**  
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 1 in (25 mm)



**Tipo 2**  
Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definidos en el otro extremo

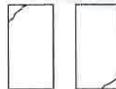


**Tipo 3**  
Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, conos no bien formados



**Tipo 4**  
Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; golpee suavemente con un martillo para distinguirlos del Tipo 1

Fuente: ASTM C39



**Tipo 5**  
Fracturas en los lados en las partes superior o inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos)



**Tipo 6**  
Similar a Tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 11:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fuente: ASTM C39

	Coefficient of Variation*	Acceptable Range* of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
150 by 300 mm [6 by 12 in.]			
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %
100 by 200 mm [4 by 8 in.]			
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %

Fuente: ASTM C39

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGENIOCONTROL
  - \* En caso que las muestras no cumplan con la relación altura / diámetro, se utilizara el factor de corrección de esfuerzo
- El presente documento reemplaza al doc. AE-FO-101, ver. 1, del 19/04/2020

INGEOCONTROL SAC		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b></p> <p>Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.</p> <p>Prohíbese la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.</p> <p>La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.</p>	<p>REVISADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Arnaldo Perez Costco CIP: 190140 Gerente Técnico</p>

**ANEXO N° 13**

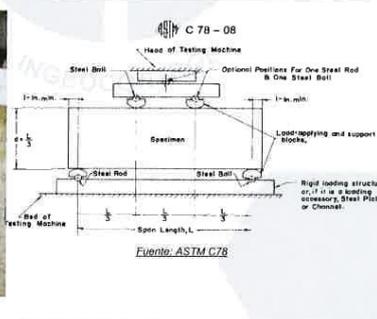
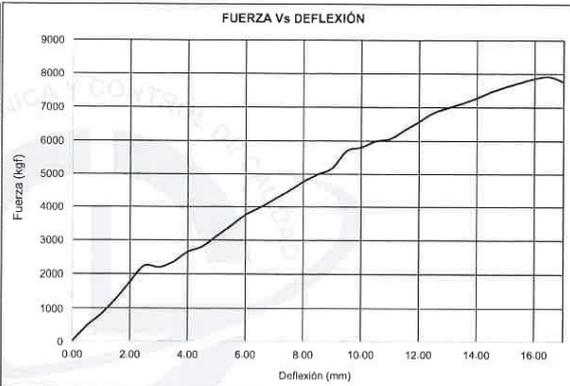
*Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo  $\phi 10\text{mm}$ , VF-1*

	<b>INFORME</b>		Código	AE-FO-124
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO</b>		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1
PROYECTO	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, Lima 2022		REGISTRO N°:	L22-198-15
SOLICITANTE	: Wilson Martín Barnuevo Miranda		REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Wilson Martín Barnuevo Miranda		REVISADO POR :	L. Meigar
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima		FECHA DE ENSAYO :	28/12/2022
FECHA DE EMISIÓN	: ---		TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido			
Presentación	: Viga de 0.15 x 0.20 x 1.10m			
F'c de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>			

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con Fibra de Vidrio de refuerzo de 10 mm VF-1	21/12/2022	28/12/2022	20.0	90.0	2190.4	7906.4	3	FUERA DEL TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	815.3	18.00	
2.00	1776	19.00	
3.00	2190.4	20.00	
4.00	2656	21.00	
5.00	3117.9	22.00	
6.00	3760.8	23.00	
7.00	4232	24.00	
8.00	4768.7	25.00	
9.00	5178.2	26.00	
10.00	5803.2	27.00	
11.00	6062.8	28.00	
12.00	6570	29.00	
13.00	6981	30.00	
14.00	7271.7	31.00	
15.00	7607	32.00	
16.00	7848.8	33.00	
17.00	7746.8	34.00	



MR (límite) = 28.5 kg/cm<sup>2</sup>  
MR (máximo) = 102.8 kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGENIOCONTROL
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL

<b>INGENIOCONTROL SAC</b>		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b></p> <p>Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGENIOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.</p> <p>Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.</p> <p>La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.</p>	<p>REVISADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Luis Meigar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGENIOCONTROL S.A.C.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Arnaldo Perez Coscco CIP: 190140 Gerente Técnico</p>

**ANEXO N° 14**

*Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo  $\phi 10\text{mm}$ , VF-2*

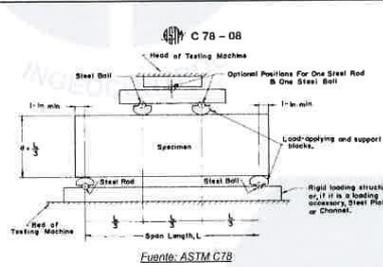
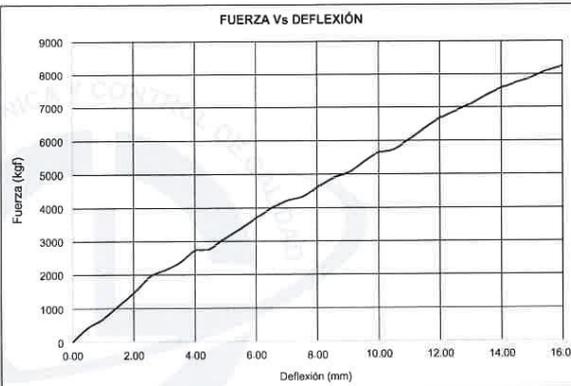
	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-124
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, Lima 2022	REGISTRO N°:	L22-198-16
SOLICITANTE	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	REVISADO POR :	L. Melgar
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima	FECHA DE ENSAYO :	28/12/2022
FECHA DE EMISIÓN	: ---	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Viga de 0.15 x 0.20 x 1.10m		
F <sub>c</sub> de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con Fibra de Vidrio de refuerzo de 10 mm VF-2	21/12/2022	28/12/2022	20.0	90.0	2134.6	8249.6	3	FUERA DEL TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	686.7	18.00	
2.00	1451.7	19.00	
3.00	2134.6	20.00	
4.00	2727.3	21.00	
5.00	3103.8	22.00	
6.00	3705.6	23.00	
7.00	4228.8	24.00	
8.00	4613.9	25.00	
9.00	5042.8	26.00	
10.00	5647.8	27.00	
11.00	6049.3	28.00	
12.00	6670.4	29.00	
13.00	7099.3	30.00	
14.00	7577.9	31.00	
15.00	7899.1	32.00	
16.00	8249.6	33.00	
17.00		34.00	



MR (Inicia) = 29.9 kg/cm<sup>2</sup>  
MR (máximo) = 115.5 kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGEOCONTROL
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

<b>INGEOCONTROL SAC</b>		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.</p>	<p>REVISADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Arnaldo Perez Coscco CIP: 190140 Gerente Técnico</p>

**ANEXO N° 15**

*Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo  $\phi 10\text{mm}$ , VF-3*

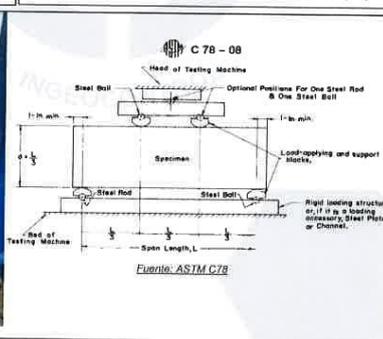
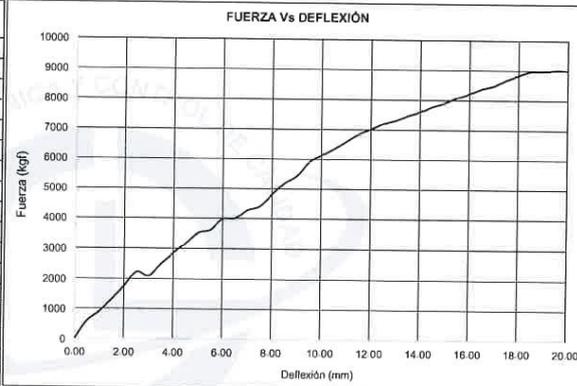
	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-124
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, Lima 2022	REGISTRO N°:	L22-198-17
SOLICITANTE	: Wilson Martin Barnuevo Miranda	REALIZADO POR	: R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Wilson Martin Barnuevo Miranda	REVISADO POR	: L. Melgar
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima	FECHA DE ENSAYO	: 29/12/2022
FECHA DE EMISIÓN	: ---	TURNO	: Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Viga de 0.15 x 0.20 x 1.10m		
Fc de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con Fibra de Vidrio de refuerzo de 10 mm VF-3	22/12/2022	29/12/2022	20.0	90.0	2245	9011.3	2.5	FUERA DEL TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	803.4	18.00	8835
2.00	1752.1	19.00	8972.4
3.00	2119.5	20.00	9003.7
4.00	2852.4	21.00	
5.00	3540	22.00	
6.00	3978.2	23.00	
7.00	4286.7	24.00	
8.00	4811.8	25.00	
9.00	5451	26.00	
10.00	6125.7	27.00	
11.00	6599	28.00	
12.00	7013.6	29.00	
13.00	7322.6	30.00	
14.00	7611.4	31.00	
15.00	7910.5	32.00	
16.00	8221.4	33.00	
17.00	8499.7	34.00	



MR (inicio) = 30.3 kg/cm<sup>2</sup>  
MR (máximo) = 121.7 kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGENIOCONTROL
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL

<b>INGEOCONTROL SAC</b>		
<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.  Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.  La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.	REVISADO POR Nombre y firma:  Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGENIOCONTROL S.A.C.	AUTORIZADO POR Nombre y firma:  Arnaldo Perez Coscco CIP: 190140 Gerente Técnico

**ANEXO N° 16**

*Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo  $\phi 12\text{mm}$ , VF-4*

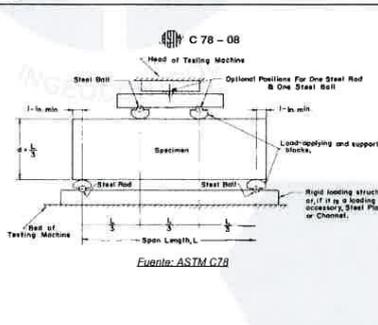
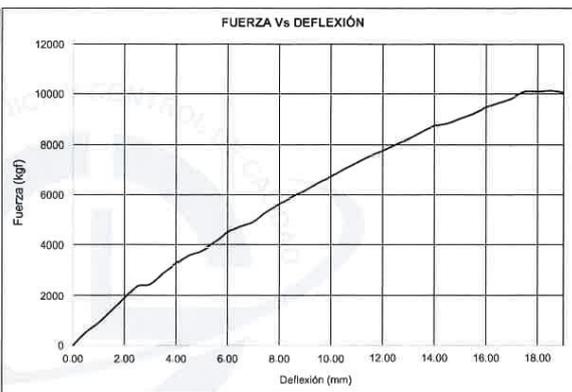
	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-124
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, Lima 2022	REGISTRO N°:	L22-198-18
SOLICITANTE	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	REVISADO POR :	L. Melgar
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima	FECHA DE ENSAYO :	29/12/2022
FECHA DE EMISIÓN	: ---	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Viga de 0.15 x 0.20 x 1.10m		
F'c de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con Fibra de Vidrio de refuerzo de 12 mm VF-4	22/12/2022	29/12/2022	20.0	90.0	2470.7	10118.4	3	FUERA DEL TERCIO CENTRAL

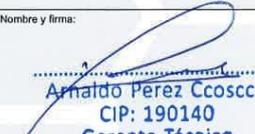
DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	914.7	18.00	10084.7
2.00	1884.6	19.00	10052
3.00	2470.7	20.00	
4.00	3270.3	21.00	
5.00	3778	22.00	
6.00	4487.7	23.00	
7.00	4928.2	24.00	
8.00	5630.2	25.00	
9.00	6187.1	26.00	
10.00	6737.2	27.00	
11.00	7303.8	28.00	
12.00	7769.2	29.00	
13.00	8242.8	30.00	
14.00	8750.7	31.00	
15.00	9048.3	32.00	
16.00	9481	33.00	
17.00	9838.4	34.00	



MR (inicio) = 34.6 kg/cm<sup>2</sup>  
MR (máximo) = 141.7 kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGENIOCONTROL
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL

<b>INGENIOCONTROL SAC</b>		
<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGENIOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.	<b>REVISADO POR</b> Nombre y firma:   Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGENIOCONTROL S.A.C.	<b>AUTORIZADO POR</b> Nombre y firma:   Arnaldo Perez Coscco CIP: 190140 Gerente Técnico

ANEXO N° 17

Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo  $\phi 12\text{mm}$ , VF-5

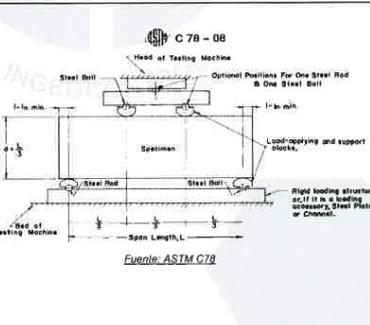
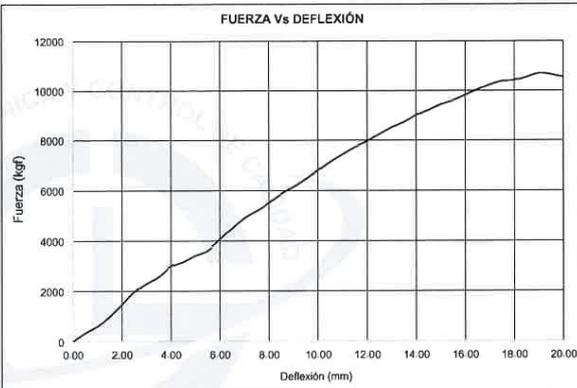
	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-124
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, Lima 2022	REGISTRO N°:	L22-198-19
SOLICITANTE	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	REVISADO POR :	L. Melgar
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima	FECHA DE ENSAYO :	29/12/2022
FECHA DE EMISIÓN	: ---	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Viga de 0.15 x 0.20 x 1.10m		
F'c de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>		

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con Fibra de Vidrio de refuerzo de 12 mm VF-5	22/12/2022	29/12/2022	20.0	90.0	2322.7	10722.7	3	FUERA TERCIO CENTRAL

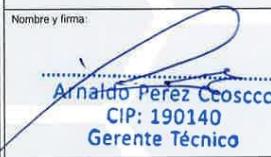
DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	601.3	18.00	10422.6
2.00	1452	19.00	10722.7
3.00	2322.7	20.00	10546.5
4.00	2994.3	21.00	
5.00	3442.8	22.00	
6.00	4074.7	23.00	
7.00	4927.5	24.00	
8.00	5518.7	25.00	
9.00	6164.6	26.00	
10.00	6808.4	27.00	
11.00	7450.8	28.00	
12.00	7964	29.00	
13.00	8530.4	30.00	
14.00	9024.3	31.00	
15.00	9450.2	32.00	
16.00	9829.9	33.00	
17.00	10251.3	34.00	



MR (hacia) = 33.7 kg/cm<sup>2</sup>  
MR (máximo) = 155.5 kg/cm<sup>2</sup>

OBSERVACIONES:

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGENIOCONTROL
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.</p>	<p>REVISADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Arnaldo Pérez Cooscco CIP: 190140 Gerente Técnico</p>

**ANEXO N° 18**

*Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo  $\phi 12\text{mm}$ , VF-6*

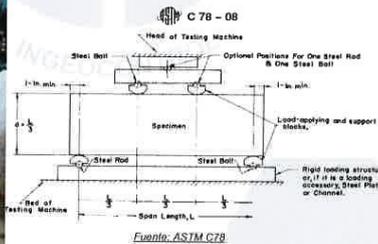
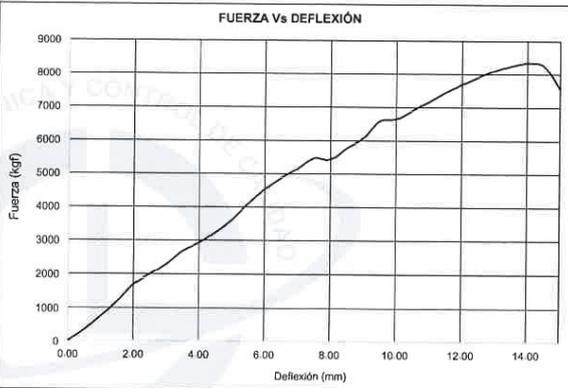
	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-124
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, Lima 2022	REGISTRO N°:	L22-198-20
SOLICITANTE	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	REALIZADO POR	: R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	REVISADO POR	: L. Melgar
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima	FECHA DE ENSAYO	: 29/12/2022
FECHA DE EMISIÓN	: ---	TURNOS	: Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Viga de 0.15 x 0.20 x 1.10m		
Fc de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con Fibra de Vidrio de refuerzo de 12 mm VF-6	22/12/2022	29/12/2022	20.0	90.0	2003.7	8346.1	2.5	FUERA TERCIO CENTRAL

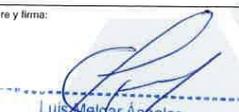
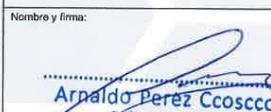
DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	739.6	18.00	
2.00	1700.4	19.00	
3.00	2308.6	20.00	
4.00	2929.4	21.00	
5.00	3620.5	22.00	
6.00	4539.2	23.00	
7.00	5168.6	24.00	
8.00	5437.4	25.00	
9.00	6083.4	26.00	
10.00	6650.4	27.00	
11.00	7173.6	28.00	
12.00	7692.8	29.00	
13.00	8118.3	30.00	
14.00	8346.1	31.00	
15.00	7557.4	32.00	
16.00		33.00	
17.00		34.00	



MR (inicio) = 20.0 kg/cm<sup>2</sup>  
MR (máximo) = 83.5 kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGENIOCONTROL
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL

<b>INGENIOCONTROL SAC</b>		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGENIOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.</p>	<p>REVISADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGENIOCONTROL S.A.C.	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  Arnaldo Perez Coscco CIP: 190140 Gerente Técnico

**ANEXO N° 19**

*Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo  $\phi 10\text{mm}$ , VF-7*

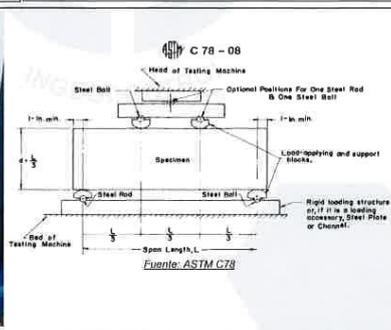
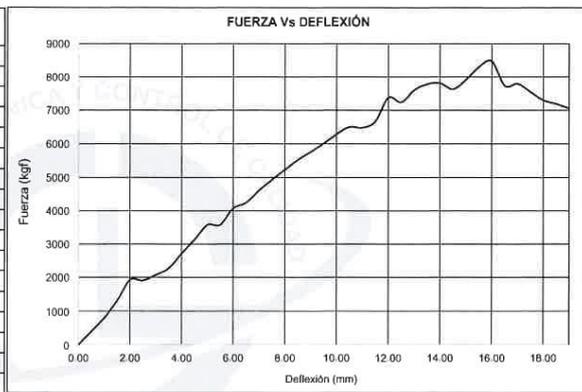
	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-124
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con	REGISTRO N°:	L22-198-31
SOLICITANTE	: Wilson Martin Barnuevo Miranda	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Wilson Martin Barnuevo Miranda	REVISADO POR :	L. Melgar
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima	FECHA DE ENSAYO :	23/1/2023
FECHA DE EMISIÓN	: ---	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Viga de 0.15 x 0.20 x 1.10m		
F'c de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con Fibra de Vidrio de refuerzo de 10mm VF-7	22/12/2022	19/1/2023	20.0	90.0	1925.7	8470.9	2	FUERA DEL TERCIO LATERAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	797	18.00	7288.00
2.00	1925.7	19.00	7050.90
3.00	2070.7	20.00	
4.00	2720.7	21.00	
5.00	3577	22.00	
6.00	4070.8	23.00	
7.00	4614.8	24.00	
8.00	5230.6	25.00	
9.00	5756.8	26.00	
10.00	6282.2	27.00	
11.00	6473.8	28.00	
12.00	7370	29.00	
13.00	7597.3	30.00	
14.00	7806.7	31.00	
15.00	7907.9	32.00	
16.00	8470.9	33.00	
17.00	7790.6	34.00	



MR (initial) = 25.0 kg/cm<sup>2</sup>  
MR (maximo) = 110.1 kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGENOCONTROL
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENOCONTROL

<b>INGENOCONTROL SAC</b>		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b></p> <p>Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGENOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.</p> <p>Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.</p> <p>La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.</p>	<p>REVISADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGENOCONTROL S.A.C.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Arnaldo Perez Coscco CIP: 190140 Gerente Técnico</p>

**ANEXO N° 20**

*Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo  $\phi 10\text{mm}$ , VF-8*

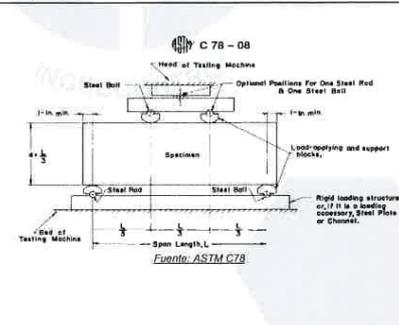
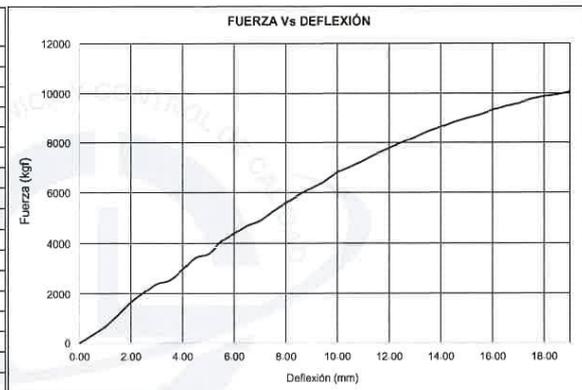
	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-124
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con	REGISTRO N°:	L22-198-32
SOLICITANTE	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	REVISADO POR :	L. Melgar
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima	FECHA DE ENSAYO :	23/1/2023
FECHA DE EMISIÓN	: ---	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Viga de 0.15 x 0.20 x 1.10m		
F'c de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con Fibra de Vidrio de refuerzo de 10mm VF-8	23/12/2022	20/1/2023	20.0	90.0	2040.5	10067.4	2.5	FUERA DEL TERCIO LATERAL

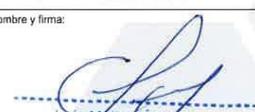
DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	668.2	18.00	9882.30
2.00	1642.3	19.00	10067.40
3.00	2416.7	20.00	
4.00	2967	21.00	
5.00	3607.8	22.00	
6.00	4387.2	23.00	
7.00	4901.6	24.00	
8.00	5600.5	25.00	
9.00	6193.7	26.00	
10.00	6805.9	27.00	
11.00	7284.3	28.00	
12.00	7779.5	29.00	
13.00	8232.5	30.00	
14.00	8633.2	31.00	
15.00	9000.4	32.00	
16.00	9325.5	33.00	
17.00	9614.5	34.00	



MR (módulo) = 26.5 kg/cm<sup>2</sup>  
MR (máximo) = 130.9 kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGEOCONTROL
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

<b>INGEOCONTROL SAC</b>		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.</p>	<p>REVISADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Arnaldo Perez Coscco CIP: 190140 Gerente Técnico</p>

**ANEXO N° 21**

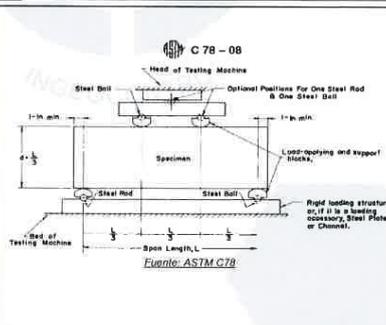
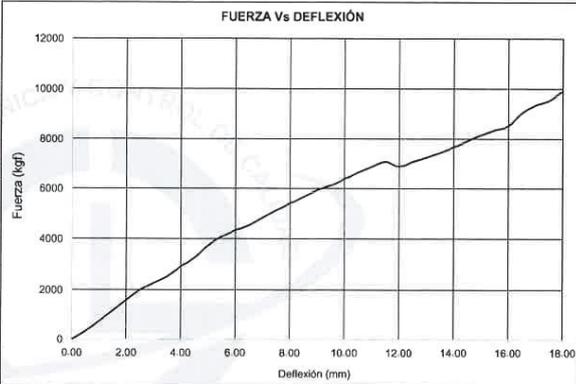
*Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo  $\phi 10\text{mm}$ , VF-9*

	<b>INFORME</b>		Código	AE-FO-124
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO</b>		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1
PROYECTO	Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con		REGISTRO N°:	L22-198-33
SOLICITANTE	: Wilson Martín Barnuevo Miranda		REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Wilson Martín Barnuevo Miranda		REVISADO POR :	L. Melgar
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima		FECHA DE ENSAYO :	23/1/2023
FECHA DE EMISIÓN	: ---		TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido			
Presentación	: Viga de 0.15 x 0.20 x 1.10m			
Fc de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>			

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con Fibra de Vidrio de refuerzo de 10mm VF-9	23/12/2022	20/1/2023	20.0	90.0	1582.4	9887.7	2	FUERA DEL TERCIO LATERAL

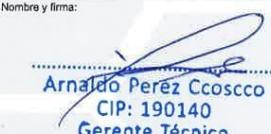
DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	728.8	18.00	9887.70
2.00	1582.4	19.00	
3.00	2280.5	20.00	
4.00	2908.7	21.00	
5.00	3752.3	22.00	
6.00	4337.8	23.00	
7.00	4852.7	24.00	
8.00	5414.9	25.00	
9.00	5933.6	26.00	
10.00	6387.8	27.00	
11.00	6897.4	28.00	
12.00	6897.4	29.00	
13.00	7254.8	30.00	
14.00	7671.1	31.00	
15.00	8173.4	32.00	
16.00	8540.6	33.00	
17.00	9369.3	34.00	



MR (inicio) = 20.6 kg/cm<sup>2</sup>  
 MR (máximo) = 128.5 kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGEOCONTROL
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

<b>INGEOCONTROL SAC</b>		
<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.	<b>REVISADO POR</b> Nombre y firma:  <b>Luis Melgar Angeles</b> <b>JEFE DE LABORATORIO</b> <b>INGEOCONTROL SAC</b>	<b>AUTORIZADO POR</b> Nombre y firma:  <b>Arnaldo Pérez Coscco</b> <b>CIP: 190140</b> <b>Gerente Técnico</b>

**ANEXO N° 22**

*Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo  $\phi 12\text{mm}$ , VF-10*

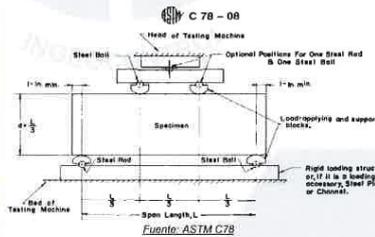
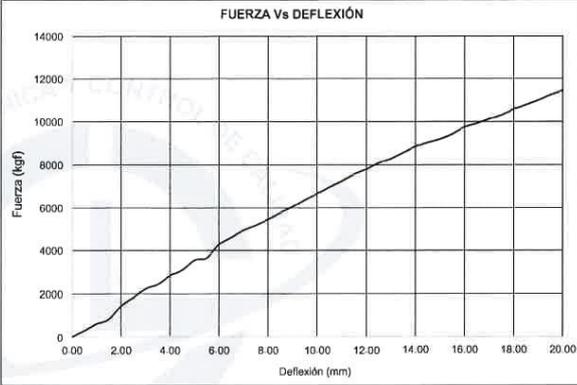
	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-124
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con	REGISTRO N°:	L22-198-34
SOLICITANTE	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	REVISADO POR :	L. Melgar
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima	FECHA DE ENSAYO :	23/1/2023
FECHA DE EMISIÓN	: ---	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Viga de 0.15 x 0.20 x 1.10m		
F'c de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con Fibra de Vidrio de refuerzo de 12mm VF-10	23/12/2022	20/1/2023	20.0	80.0	2250.8	11463.9	3	FUERA DEL TERCIO LATERAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	609	18.00	10588.70
2.00	1418.1	19.00	11018.90
3.00	2250.8	20.00	11463.90
4.00	2852.6	21.00	
5.00	3573	22.00	
6.00	4278.9	23.00	
7.00	4958.8	24.00	
8.00	5461.7	25.00	
9.00	6061.7	26.00	
10.00	6656.7	27.00	
11.00	7250.4	28.00	
12.00	7784.3	29.00	
13.00	8296.3	30.00	
14.00	8853.9	31.00	
15.00	9202.8	32.00	
16.00	9752.6	33.00	
17.00	10129	34.00	



MR (mínima) = 29.3 kg/cm<sup>2</sup>  
MR (máxima) = 149.0 kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGENOCONTROL
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENOCONTROL

<b>INGENOCONTROL SAC</b>		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGENOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohíbe la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.</p>	<p>REVISADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGENOCONTROL S.A.C.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Arnaldo Perez Coscco CIP: 190140 Gerente Técnico</p>

**ANEXO N° 23**

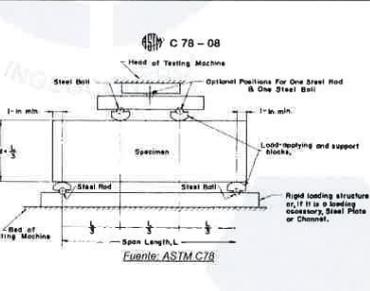
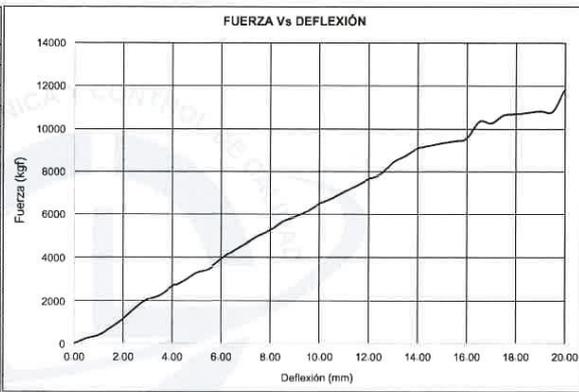
*Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo  $\phi 12\text{mm}$ , VF-11*

	<b>INFORME</b>		Código	AE-FO-124
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO</b>		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1
PROYECTO	Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con		REGISTRO N°:	L22-198-35
SOLICITANTE	Wilson Martin Barnuevo Miranda		REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	Wilson Martin Barnuevo Miranda		REVISADO POR :	L. Melgar
UBICACIÓN DE PROYECTO	Lima		FECHA DE ENSAYO :	23/1/2023
FECHA DE EMISIÓN	---		TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	Concreto endurecido			
Presentación	Viga de 0.15 x 0.20 x 1.10m			
F'c de diseño	210 kg/cm <sup>2</sup>			

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con Fibra de Vidrio de refuerzo de 12mm VF-11	23/12/2022	20/1/2023	20.0	90.0	2688.6	12192.7	4	FUERA DEL TERCIO LATERAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	387.9	18.00	10695.70
2.00	1138.6	19.00	10849.70
3.00	2091.5	20.00	11613.40
4.00	2688.6	21.00	12192.70
5.00	3335.1	22.00	10848.50
6.00	3933.2	23.00	
7.00	4676.3	24.00	
8.00	5275.6	25.00	
9.00	5884.3	26.00	
10.00	6497.5	27.00	
11.00	7060	28.00	
12.00	7657.7	29.00	
13.00	8458.1	30.00	
14.00	9093.7	31.00	
15.00	9360.4	32.00	
16.00	9574.3	33.00	
17.00	10298.4	34.00	



MR (inicio) = 35.0 kg/cm<sup>2</sup>  
MR (máximo) = 158.5 kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**  
\* Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGEOCONTROL  
\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

<b>INGEOCONTROL SAC</b>		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.</p>	<p>REVISADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <b>Luis Melgar Angeles</b> JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <b>Arnaldo Perez Ccoscco</b> CIP: 190140 Gerente Técnico

**ANEXO N° 24**

*Informe Viga de Concreto con PRFV de Refuerzo  $\phi 12\text{mm}$ , VF-12*

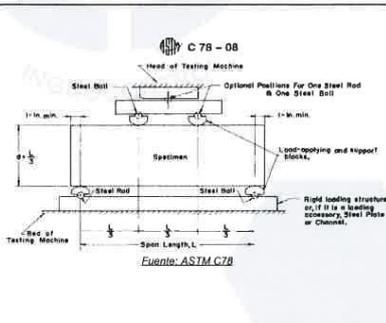
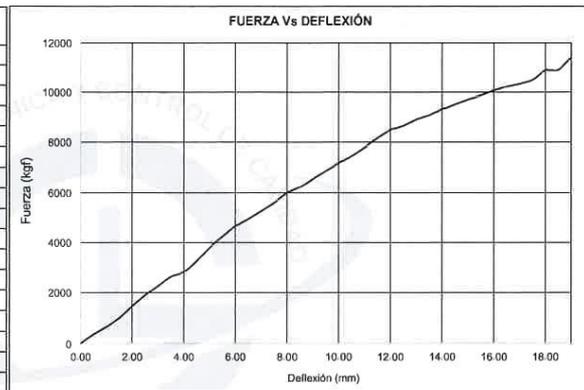
	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-124
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con	REGISTRO N°:	L22-198-36
SOLICITANTE	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	REVISADO POR :	L. Melgar
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima	FECHA DE ENSAYO :	23/1/2023
FECHA DE EMISIÓN	: ---	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Viga de 0.15 x 0.20 x 1.10m		
F'c de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con Fibra de Vidrio de refuerzo de 12mm VF-12	23/12/2022	20/1/2023	20.0	90.0	2277.6	11383.9	3	FUERA DEL TERCIO LATERAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	659.2	18.00	10886.80
2.00	1463.3	19.00	11383.90
3.00	2277.6	20.00	
4.00	2838.4	21.00	
5.00	3807.3	22.00	
6.00	4670.7	23.00	
7.00	5290.3	24.00	
8.00	5999.3	25.00	
9.00	6564.7	26.00	
10.00	7177.4	27.00	
11.00	7791.8	28.00	
12.00	8487.4	29.00	
13.00	8917.5	30.00	
14.00	9313.2	31.00	
15.00	9720.7	32.00	
16.00	10072.5	33.00	
17.00	10352.2	34.00	



MR (módulo) = 29.6 kg/cm<sup>2</sup>  
MR (módulo) = 148.0 kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGENIOCONTROL
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL

<b>INGENIOCONTROL SAC</b>		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGENIOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante</p>	<p>REVISADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGENIOCONTROL S.A.C.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Arnaldo Perez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico</p>

**ANEXO N° 25**

*Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo  $\phi 3/8"$ , V-1*

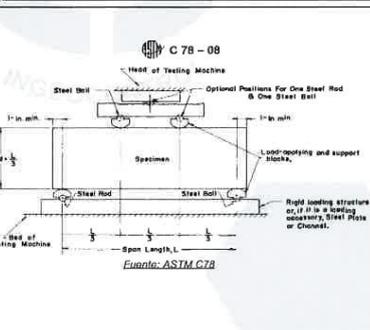
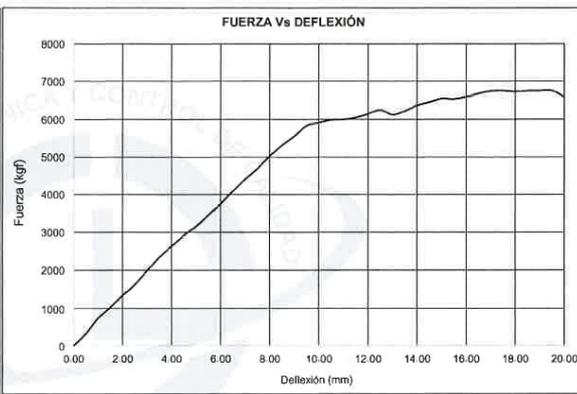
	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, Lima 2022	REGISTRO N°:	L22-198-09
SOLICITANTE	: Wilson Martin Barnuevo Miranda	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Wilson Martin Barnuevo Miranda	REVISADO POR :	L. Melgar
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima	FECHA DE ENSAYO :	27/12/2022
FECHA DE EMISIÓN	: ---	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Viga de 0.15 x 0.20 x 1.10m		
F <sub>c</sub> de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con acero de refuerzo de $\phi 3/8"$ V-1	20/12/2022	27/12/2022	20.0	90.0	5847	6768.7	9.5	TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	747.8	18.00	6730.00
2.00	1347.8	19.00	6768.70
3.00	1989.3	20.00	6576.40
4.00	2633.7	21.00	
5.00	3170	22.00	
6.00	3746.3	23.00	
7.00	4418.6	24.00	
8.00	5026.2	25.00	
9.00	5561.7	26.00	
10.00	5910.3	27.00	
11.00	5999	28.00	
12.00	6148	29.00	
13.00	6126.4	30.00	
14.00	6373.4	31.00	
15.00	6544.7	32.00	
16.00	6590	33.00	
17.00	6747.3	34.00	



MR (inicio) = 87.7 kg/cm<sup>2</sup>  
 MR (máximo) = 101.5 kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGEOCONTROL
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b></p> <p>Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.</p> <p>Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.</p> <p>La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.</p>	<p>REVISADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p> <p>Luis Melgar Angeles          JEFE DE LABORATORIO          INGEOCONTROL S.A.C.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p> <p>Arnaldo Pérez Cooscco          CIP: 190140          Gerente Técnico</p>

**ANEXO N° 26**

*Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo  $\phi 3/8$ ", V-2*

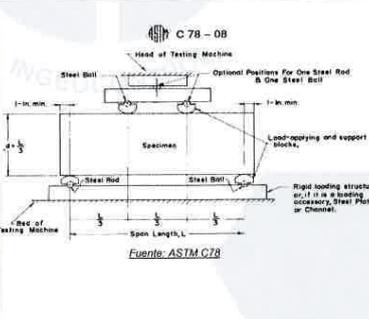
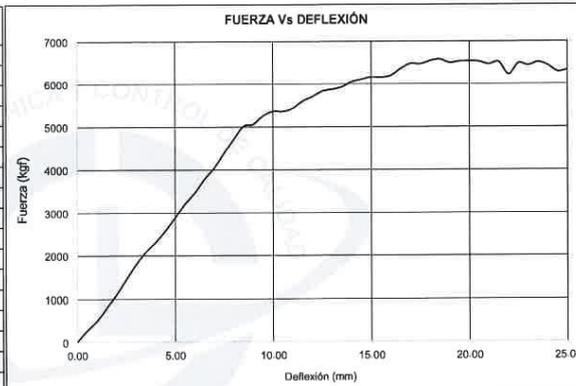
	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-124
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, Lima 2022	REGISTRO N°:	L22-198-10
SOLICITANTE	: Wilson Martín Barruevo Miranda	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Wilson Martín Barruevo Miranda	REVISADO POR :	L. Melgar
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima	FECHA DE ENSAYO :	27/12/2022
FECHA DE EMISIÓN	: ---	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Viga de 0.15 x 0.20 x 1.10m		
F'c de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con acero de refuerzo de $\phi 3/8$ " V-2	20/12/2022	27/12/2022	20.0	90.0	2887.3	6579	5	TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	490.1	18.00	6541.8
2.00	1096.3	19.00	6498.7
3.00	1791.2	20.00	6537.8
4.00	2313.7	21.00	6464.7
5.00	2887.3	22.00	6225.7
6.00	3466.3	23.00	6436.8
7.00	4041.7	24.00	6440.8
8.00	4710	25.00	6336
9.00	5080.2	26.00	
10.00	5364.8	27.00	
11.00	5429	28.00	
12.00	5704	29.00	
13.00	5870	30.00	
14.00	6046.6	31.00	
15.00	6162.7	32.00	
16.00	6196.7	33.00	
17.00	6480.4	34.00	



MR (inicial) = 43.3 kg/cm<sup>2</sup>  
MR (máximo) = 98.7 kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGEOCONTROL
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

<b>INGEOCONTROL SAC</b>		
<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.	<b>REVISADO POR</b> Nombre y firma:  Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.	<b>AUTORIZADO POR</b> Nombre y firma:  Arnaldo Pérez Coscco CIP: 190140 Gerente Técnico

**ANEXO N° 27**

*Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo  $\phi 3/8$ ", V-3*

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, Lima 2022	REGISTRO N°:	L22-198-11
SOLICITANTE	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	REALIZADO POR	: R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	REVISADO POR	: L. Melgar
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima	FECHA DE ENSAYO	: 27/12/2022
FECHA DE EMISIÓN	: ---	TURNO	: Diurno

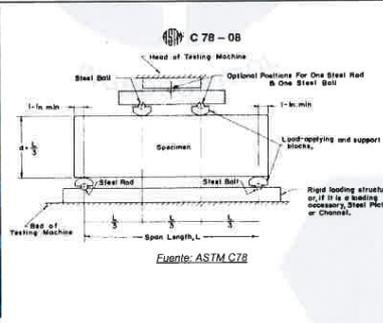
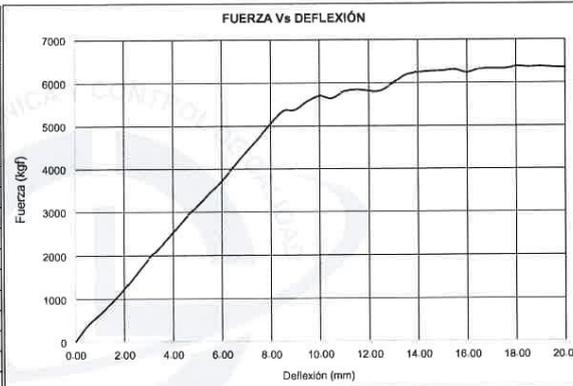
  

Tipo de muestra	: Concreto endurecido
Presentación	: Viga de 0.15 x 0.20 x 1.10m
F'c de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con acero de refuerzo de $\phi 3/8$ " V-3	20/12/2022	27/12/2022	20.0	90.0	2227.4	6383	3.5	TERCIO CENTRAL

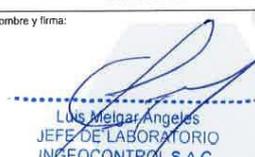
DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	642.3	18.00	6383
2.00	1231	19.00	6377.4
3.00	1934.5	20.00	6349
4.00	2532.3	21.00	6368.8
5.00	3155.4	22.00	6335.9
6.00	3711.4	23.00	
7.00	4402.7	24.00	
8.00	5059.8	25.00	
9.00	5391.5	26.00	
10.00	5702.2	27.00	
11.00	5802.7	28.00	
12.00	5814.7	29.00	
13.00	6003.4	30.00	
14.00	6250.4	31.00	
15.00	6279.4	32.00	
16.00	6240.7	33.00	
17.00	6348	34.00	



MR (inicial) = 33.4 kg/cm<sup>2</sup>  
MR (máximo) = 95.7 kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGEOCONTROL
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.  Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.  La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.	REVISADO POR	AUTORIZADO POR
	Nombre y firma:   Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.	Nombre y firma:   Arnaldo Perez Coscco CIP: 190140 Gerente Técnico

**ANEXO N° 28**

*Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo  $\phi 12\text{mm}$ , V-4*

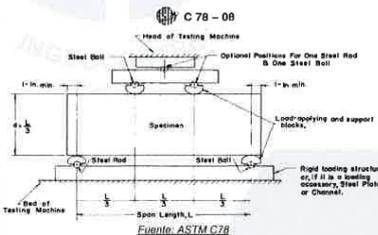
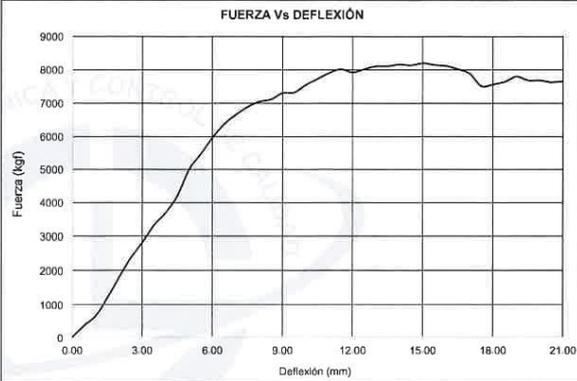
	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con	REGISTRO N°:	L22-198-22
SOLICITANTE	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	REVISADO POR :	L. Melgar
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima	FECHA DE ENSAYO :	16/1/2023
FECHA DE EMISIÓN	: ---	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Viga de 0.15 x 0.20 x 1.10m		
Fc de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con acero de refuerzo de 12mm - V-4	9/1/2023	16/1/2023	20.0	90.0	5002	8195.7	5	TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	648.3	18.00	7561.00
2.00	1787	19.00	7795.00
3.00	2801.4	20.00	7680.40
4.00	3697	21.00	7654.00
5.00	5002	22.00	
6.00	5960.4	23.00	
7.00	6650.9	24.00	
8.00	7048.3	25.00	
9.00	7308.8	26.00	
10.00	7555.3	27.00	
11.00	7900.8	28.00	
12.00	7916.3	29.00	
13.00	8107	30.00	
14.00	8158	31.00	
15.00	8195.7	32.00	
16.00	8114.7	33.00	
17.00	7882.3	34.00	



MR (mínima) = 75.0 kg/cm<sup>2</sup>  
MR (máxima) = 122.9 kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGENIOCONTROL
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL

<b>INGENIOCONTROL SAC</b>		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b></p> <p>Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGENIOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.</p> <p>Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.</p> <p>La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.</p>	<p>REVISADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGENIOCONTROL S.A.C.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Arnaldo Perez Coscco CIP: 190140 Gerente Técnico</p>

**ANEXO N° 29**

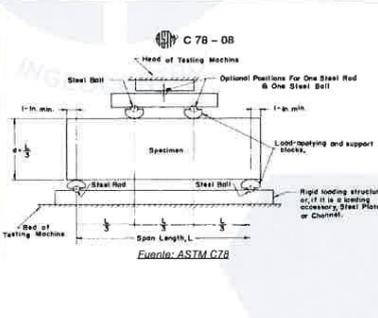
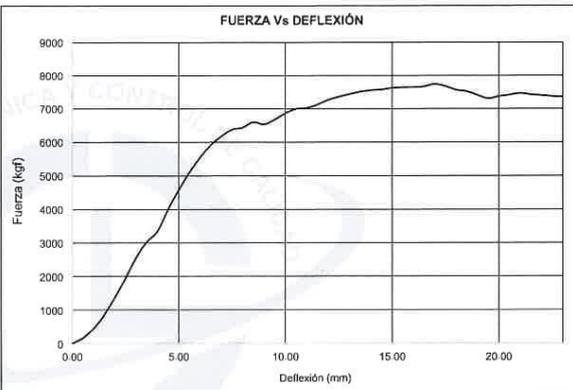
*Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo  $\phi 12\text{mm}$ , V-5*

	<b>INFORME</b>		Código	AE-FO-124
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO</b>		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1
PROYECTO	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con		REGISTRO N°:	L22-198-23
SOLICITANTE	: Wilson Martín Barnuevo Miranda		REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Wilson Martín Barnuevo Miranda		REVISADO POR :	L. Melgar
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima		FECHA DE ENSAYO :	23/1/2023
FECHA DE EMISIÓN	: ---		TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido			
Presentación	: Viga de 0.15 x 0.20 x 1.10m			
F'c de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>			

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con acero de refuerzo de 12mm - V-5	9/1/2023	16/1/2023	20.0	90.0	5908.3	7730.4	6.5	TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	446.4	18.00	7556.70
2.00	1361.4	19.00	7404.80
3.00	2554	20.00	7370.20
4.00	3344.7	21.00	7463.00
5.00	4580	22.00	7398.70
6.00	5544.1	23.00	7352.80
7.00	6170.2	24.00	
8.00	6437	25.00	
9.00	6531.7	26.00	
10.00	6866	27.00	
11.00	7020.8	28.00	
12.00	7258.8	29.00	
13.00	7430.8	30.00	
14.00	7548.7	31.00	
15.00	7618	32.00	
16.00	7639.8	33.00	
17.00	7730.4	34.00	



MR (inicial) = 88.6 kg/cm<sup>2</sup>  
MR (máximo) = 116.0 kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGENIOCONTROL
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL

<b>INGENIOCONTROL SAC</b>		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b></p> <p>Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGENIOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.</p> <p>Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.</p> <p>La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.</p>	<p>REVISADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGENIOCONTROL S.A.C.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Arnaldo Perez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico</p>

**ANEXO N° 30**

*Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo  $\phi 12\text{mm}$ , V-6*

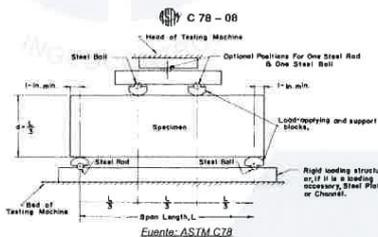
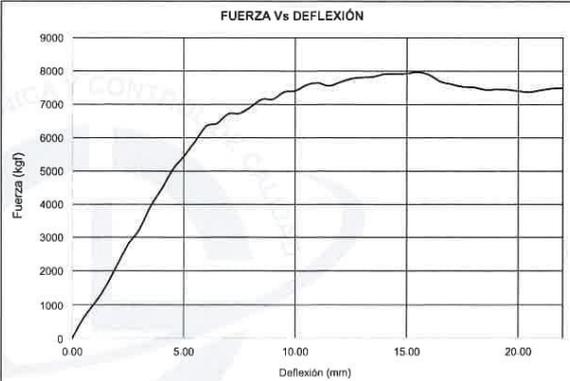
	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-124
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con	REGISTRO N°:	L22-198-24
SOLICITANTE	: Wilson Martin Barnuevo Miranda	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Wilson Martin Barnuevo Miranda	REVISADO POR :	L. Meigar
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima	FECHA DE ENSAYO :	23/1/2023
FECHA DE EMISIÓN	: ---	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: #REFI		
F <sub>c</sub> de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con acero de refuerzo de 12mm - V-6	9/1/2023	16/1/2023	20.0	90.0	3926	7966.3	3.5	TERCIO CENTRAL

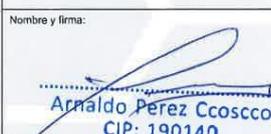
DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	1051.3	18.00	7514.00
2.00	2144	19.00	7449.70
3.00	3220.7	20.00	7400.00
4.00	4450	21.00	7426.00
5.00	5444	22.00	7490.00
6.00	6354.8	23.00	
7.00	6722	24.00	
8.00	6918	25.00	
9.00	7156.3	26.00	
10.00	7404.2	27.00	
11.00	7640	28.00	
12.00	7855	29.00	
13.00	7800	30.00	
14.00	7907.1	31.00	
15.00	7916.4	32.00	
16.00	7877.4	33.00	
17.00	7600.4	34.00	



MR (elical) = 58.9 kg/cm<sup>2</sup>  
MR (máximo) = 119.5 kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGENOCONTROL
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b></p> <p>Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.</p> <p>Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.</p> <p>La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.</p>	<p>REVISADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Luis Meigar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Arnaldo Perez Coscco CIP: 190140 Gerente Técnico</p>

**ANEXO N° 31**

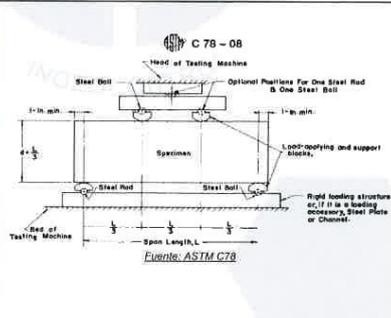
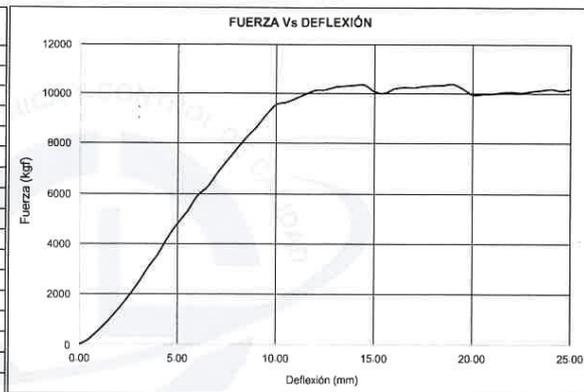
*Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo  $\phi 3/8$ ", V-7*

	<b>INFORME</b>		Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1
PROYECTO	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con		REGISTRO N°:	L22-198-25
SOLICITANTE	: Wilson Martin Barnuevo Miranda		REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Wilson Martin Barnuevo Miranda		REVISADO POR :	L. Melgar
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima		FECHA DE ENSAYO :	19/1/2023
FECHA DE EMISIÓN	: ---		TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido			
Presentación	: Viga de 0,15 x 0,20 x 1,10m			
Fc de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>			

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con acero de refuerzo de $\phi 3/8$ " V-7	22/12/2022	19/1/2023	20.0	90.0	5323.4	10380.6	5.5	TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	570	18.00	10321.70
2.00	1391.8	19.00	10380.60
3.00	2437.5	20.00	9946.00
4.00	3580.4	21.00	9987.40
5.00	4824.7	22.00	10061.50
6.00	5930.2	23.00	10087.00
7.00	6802.5	24.00	10180.00
8.00	7760.4	25.00	10175.00
9.00	8643.4	26.00	
10.00	9544.8	27.00	
11.00	9801.8	28.00	
12.00	10123.4	29.00	
13.00	10260.8	30.00	
14.00	10332.1	31.00	
15.00	10066.7	32.00	
16.00	10192.3	33.00	
17.00	10233.4	34.00	



MR (inicio) = 79.9 kg/cm<sup>2</sup>  
MR (máximo) = 155.7 kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGENOCONTROL
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b></p> <p>Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.</p> <p>Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.</p> <p>La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.</p>	<p>REVISADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Arnaldo Perez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico</p>

**ANEXO N° 32**

*Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo  $\phi 3/8$ ", V-8*

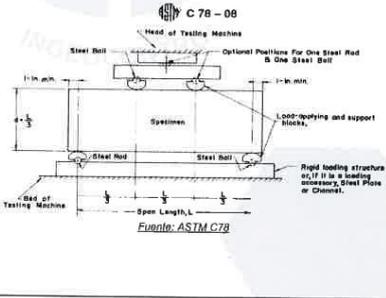
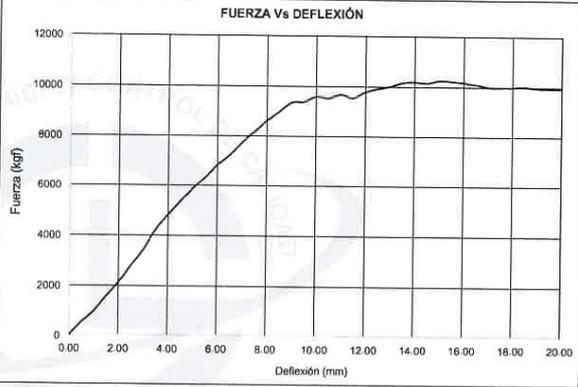
	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-124
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con	REGISTRO N°:	L22-198-26
SOLICITANTE	: Wilson Martin Barnuevo Miranda	REALIZADO POR	: R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Wilson Martin Barnuevo Miranda	REVISADO POR	: L. Melgar
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima	FECHA DE ENSAYO	: 23/11/2023
FECHA DE EMISIÓN	: ---	TURNO	: Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Viga de 0.15 x 0.20 x 1.10m		
F'c de diseño	: 210 kg/cm2		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con acero de refuerzo de $\phi 3/8$ " V-8	22/12/2022	19/11/2023	20.0	90.0	5389	10250.5	4.5	TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	971.7	18.00	10000.70
2.00	2140.3	19.00	9970.50
3.00	3437.6	20.00	9962.70
4.00	4830.9	21.00	
5.00	5880.7	22.00	
6.00	6829.4	23.00	
7.00	7743.2	24.00	
8.00	8628.1	25.00	
9.00	9374.7	26.00	
10.00	9596.5	27.00	
11.00	9680.5	28.00	
12.00	9790.4	29.00	
13.00	10009	30.00	
14.00	10195.7	31.00	
15.00	10250.5	32.00	
16.00	10177	33.00	
17.00	9999.7	34.00	



MR (módulo) = 80.8 kg/cm<sup>2</sup>  
MR (módulo) = 153.8 kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGECONTROL
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGECONTROL

<b>INGECONTROL SAC</b>		
<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGECONTROL) y jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.	<b>REVISADO POR</b> Nombre y firma:  Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGECONTROL S.A.C.	<b>AUTORIZADO POR</b> Nombre y firma:  Arnaldo Perez Coscco CIP: 190140 Gerente Técnico

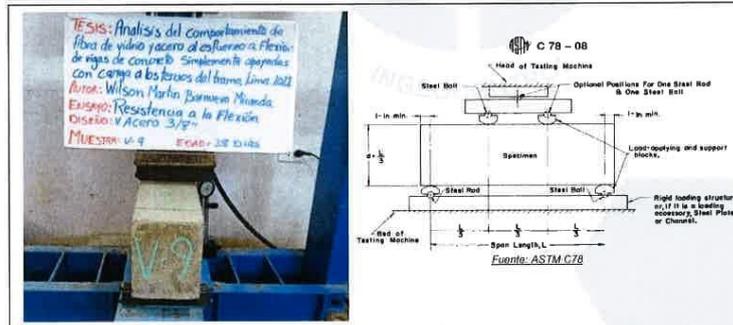
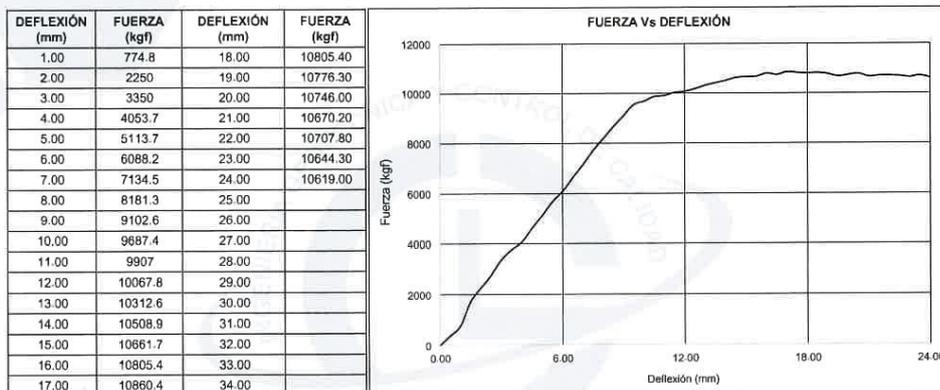
**ANEXO N° 33**

*Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo  $\phi 3/8$ ", V-9*

	<b>INFORME</b>		Código	AE-FO-124
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO</b>		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1
PROYECTO	Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con		REGISTRO N°:	L22-198-26
SOLICITANTE	Wilson Martin Barnuevo Miranda		REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	Wilson Martin Barnuevo Miranda		REVISADO POR :	L. Meigar
UBICACIÓN DE PROYECTO	Lima		FECHA DE ENSAYO :	23/1/2023
FECHA DE EMISIÓN	---		TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	Concreto endurecido			
Presentación	Viga de 0.15 x 0.20 x 1.10m			
F'c de diseño	210 kg/cm <sup>2</sup>			

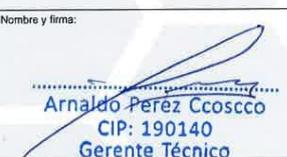
**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con acero de refuerzo de $\phi 3/8$ " V-9	22/12/2022	19/1/2023	20.0	90.0	5113.7	10860.4	5	TERCIO CENTRAL



MR (initial) = 76.7 kg/cm<sup>2</sup>  
 MR (máximo) = 162.9 kg/cm<sup>2</sup>

- OBSERVACIONES:**
- Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGENIOCONTROL
  - Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL

<b>INGEOCONTROL SAC</b>		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b></p> <p>Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.</p> <p>Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.</p> <p>La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.</p>	<p style="text-align: center;"><b>REVISADO POR</b></p> <p>Nombre y firma:</p> <div style="text-align: center;">               Luis Meigar Angeles              JEFE DE LABORATORIO              INGENIOCONTROL S.A.C.           </div>	<p style="text-align: center;"><b>AUTORIZADO POR</b></p> <p>Nombre y firma:</p> <div style="text-align: center;">               Arnaldo Perez Coscco              CIP: 190140              Gerente Técnico           </div>

**ANEXO N° 34**

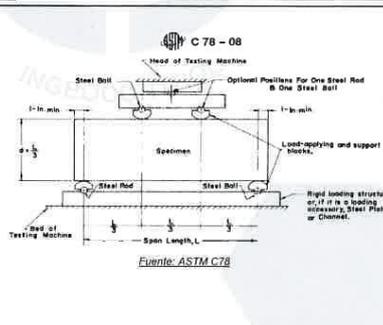
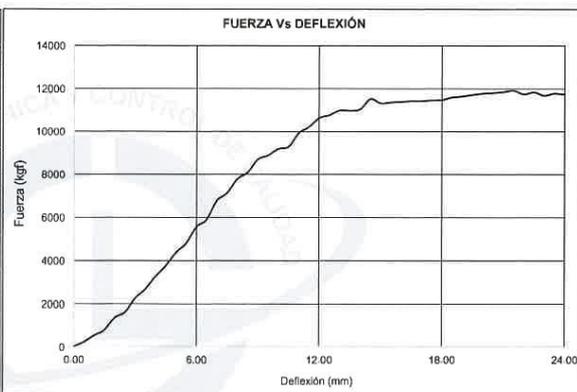
*Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo  $\phi 12\text{mm}$ , V-10*

	<b>INFORME</b>		Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1
PROYECTO	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con		REGISTRO N°:	L22-198-28
SOLICITANTE	: Wilson Martín Barnuevo Miranda		REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Wilson Martín Barnuevo Miranda		REVISADO POR :	L. Melgar
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima		FECHA DE ENSAYO :	16/1/2023
FECHA DE EMISIÓN	: ---		TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido			
Presentación	: Viga de 0.15 x 0.20 x 1.10m			
F'c de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>			

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con Acero de refuerzo de 12 mm V-10	22/12/2022	19/1/2023	20.0	90.0	3761.4	11908	4.5	TERCIO CENTRAL

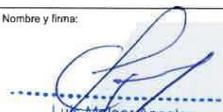
DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	527.5	18.00	11481.3
2.00	1338.3	19.00	11641.5
3.00	2255.2	20.00	11778
4.00	3277.8	21.00	11845.8
5.00	4378.5	22.00	11742.3
6.00	5564	23.00	11680.4
7.00	6759.5	24.00	11727
8.00	7775.5	25.00	
9.00	8698.5	26.00	
10.00	9188.5	27.00	
11.00	9936.8	28.00	
12.00	10634.9	29.00	
13.00	10994	30.00	
14.00	11052.7	31.00	
15.00	11330.6	32.00	
16.00	11397.7	33.00	
17.00	11433.3	34.00	



MR (inicio) = 37.6 kg/cm<sup>2</sup>  
MR (máximo) = 119.1 kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGENEOCONTROL
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENEOCONTROL

<b>INGEOCONTROL SAC</b>		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b></p> <p>Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.</p> <p>Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerado como COPIA NO CONTROLADA.</p> <p>La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.</p>	<p>REVISADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Arnaldo Pérez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico</p>

**ANEXO N° 35**

*Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo  $\phi 12\text{mm}$ , V-11*

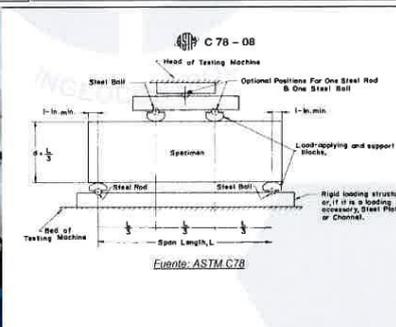
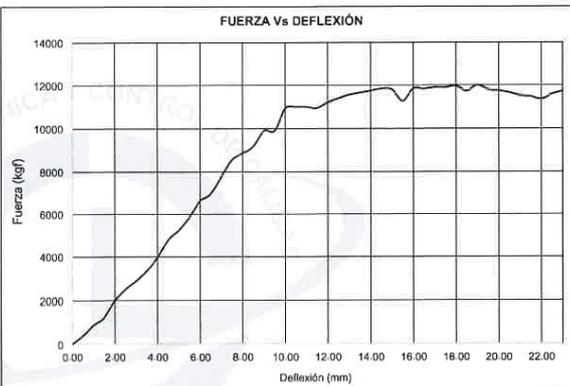
	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-124
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con	REGISTRO N°:	L22-198-29
SOLICITANTE	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Wilson Martín Barnuevo Miranda	REVISADO POR :	L. Melgar
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima	FECHA DE ENSAYO :	16/1/2023
FECHA DE EMISIÓN	: ---	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Viga de 0.15 x 0.20 x 1.10m		
F'c de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con Acero de refuerzo de 12 mm V-11	22/12/2022	19/1/2023	20.0	90.0	3976.7	12005.7	4	TERCIO CENTRAL

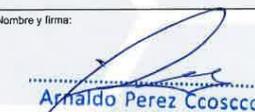
DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	882.1	18.00	11964.6
2.00	2003	19.00	12005.7
3.00	2921.5	20.00	11745
4.00	3976.7	21.00	11519
5.00	5270.1	22.00	11353.7
6.00	6645.9	23.00	11712.8
7.00	7779.2	24.00	
8.00	8858	25.00	
9.00	9896.6	26.00	
10.00	10925.6	27.00	
11.00	10992.9	28.00	
12.00	11199.6	29.00	
13.00	11548.2	30.00	
14.00	11736.2	31.00	
15.00	11799.6	32.00	
16.00	11845	33.00	
17.00	11899.1	34.00	



MR (inicial) = 39.8 kg/cm<sup>2</sup>  
MR (máximo) = 120.1 kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGENIOCONTROL
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL

<b>INGEOCONTROL SAC</b>		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.</p>	<p>REVISADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Arnaldo Perez Coscco CIP: 190140 Gerente Técnico</p>

**ANEXO N° 36**

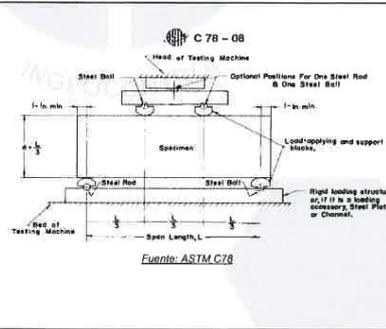
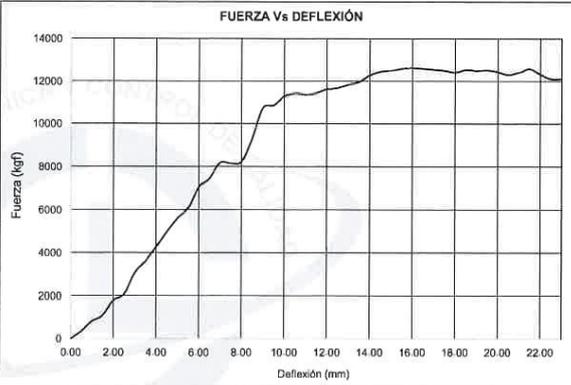
*Informe Viga de Concreto con Acero de Refuerzo  $\phi 12\text{mm}$ , V-12*

	<b>INFORME</b>		Código	AE-FO-124
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO</b>		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1
PROYECTO	: Análisis del comportamiento de las varillas de fibra de vidrio y acero al esfuerzo a flexión de vigas de concreto simplemente apoyadas con		REGISTRO N°:	L22-198-30
SOLICITANTE	: Wilson Martín Barnuevo Miranda		REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Wilson Martín Barnuevo Miranda		REVISADO POR :	L. Melgar
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima		FECHA DE ENSAYO :	16/1/2023
FECHA DE EMISIÓN	: ---		TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido			
Presentación	: Viga de 0.15 x 0.20 x 1.10m			
F <sub>c</sub> de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>			

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto con Acero de refuerzo de 12 mm V-12	22/12/2022	19/1/2023	20.0	90.0	5621.5	12629.3	5	TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	810.4	18.00	12406
2.00	1757.2	19.00	12493.3
3.00	3082.5	20.00	12437.3
4.00	4271.1	21.00	12412.4
5.00	5621.5	22.00	12313.4
6.00	7044.9	23.00	12109.5
7.00	8184.6	24.00	
8.00	8231.4	25.00	
9.00	10759.7	26.00	
10.00	11292.7	27.00	
11.00	11382	28.00	
12.00	11622.7	29.00	
13.00	11853.5	30.00	
14.00	12271.3	31.00	
15.00	12508.6	32.00	
16.00	12629.3	33.00	
17.00	12544.3	34.00	



MR (inicio) = 56.2 kg/cm<sup>2</sup>  
MR (máximo) = 126.3 kg/cm<sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal de INGENIOCONTROL
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL

<b>INGEOCONTROL SAC</b>		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohíbida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.</p>	<p>REVISADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>Arnaldo Perez Cooscco CIP: 190140 Gerente Técnico</p>

## ANEXO N° 37

### Comparador de Caratula Analógico

#### LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia  
(+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640  
www.pinzuar.com.co



### Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud

L-27472-004 R0

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Page / Pág 1 de 3

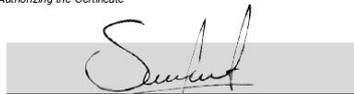
<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	COMPARADOR DE CARATULA	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	INSIZE	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	No. 2309-50	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	0109906	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	No presenta	
<b>Intervalo de Medición</b> <i>Measurement Range</i>	0 mm a 25 mm	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	MZA. A LOTE. 24 INT. 1 URB. MAYORAZGO NARANJAL 2DA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	LIMA	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of Calibration</i>	2022 - 10 - 12	
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of Issue</i>	2022 - 10 - 19	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	03	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

*Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.*

#### Firmas que Autorizan Certificado

Signatures Authorizing the Certificate



**Ing. Sergio Iván Martínez**  
Director Laboratorio de Metrología



**Tecg. Jaiver Arnulfo López**  
Metrólogo Laboratorio de Metrología

LM-PC-26-F-01 RB.3

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

## ANEXO N° 38

### Maquina de Ensayo a Compresión

#### LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia  
(+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640  
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017  
11-LAC-004

### Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

Calibration Certificate - Laboratory of Force

F-27211-001 R1

Page / Pág. 1 de 6

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN	<p>Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	ELE INTERNACIONAL	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	36 - 0690/06	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	180300131 // 1939-1-10045	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	LC-00135	
<b>Capacidad Máxima</b> <i>Maximum Capacity</i>	1200 KN	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	MZA. A LOTE 24 INT. 1 URB. MAYORAZGO NARANJAL 2DA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	LIMA - PERÚ	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2022 - 09 - 15	
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2022 - 12 - 07	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	06	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

#### Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate



Ing. Miguel Andrés Vela Avellaneda  
Metrólogo Laboratorio de Metrología



Tecg. Francisco Durán Róhnero  
Metrólogo Laboratorio de Metrología

LM-PC-05-F-01 R12.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO  
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

## ANEXO N° 39

### Sistema de Carga Multiensayo

#### LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia  
(+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640  
www.pinzuar.com.co



### Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

Calibration Certificate - Laboratory of Force

NA-27473-005 R0

Page / Pág. 1 de 5

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	SISTEMA DE CARGA MULTIENSAYO	<p>Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	ELE INTERNATIONAL	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	ADR TOUCH	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	1887-1-00082	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	No presenta	
<b>Capacidad Máxima</b> <i>Maximum Capacity</i>	250 kN	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	MZA. A LOTE. 24 INT. 1 URB. MAYORAZGO NARANJAL 2DA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	Lima - Perú	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2022 - 10 - 14	
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2022 - 10 - 21	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	05	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

#### Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate



Ing. Miguel Andrés Vela Avellaneda  
Metrólogo Laboratorio de Metrología



Tegg. William Andrés Molina  
Metrólogo Laboratorio de Metrología

LM-PC-05-F-01 R12.6

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO  
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

**ANEXO N° 40**

*Panel Fotográfico Rotura de Vigas*



Vigas para Ensayar



Viga Ensayada



Vista de Vigas de Concreto



Rotura de Viga con Refuerzo de PRFV



Vigas de Concreto con Refuerzo de Acero, Falla Flexión



Viga de Concreto con Refuerzo de PRFV, Falla Flexión-Cortante



Viga de Concreto con Refuerzo de PRFV, Falla Flexión-Cortante