

ANEXO 1

TABLAS DE DOSIFICACION

Tabla 1. Resistencia Característica según Resistencia de diseño

Resistencia de Diseño Cuando no Hay Datos que Permitan Determinar la Desviación Estándar (a)	
Resistencia específica f_{ck} en (kg/cm ²)	Resistencia de diseño de la mezcla f_{cm} en (kg/cm ²)
Menos de 210 kg/cm ²	$f_{ck} + 70$ kg/cm ²
De 210 a 350 kg/cm ²	$f_{ck} + 85$ kg/cm ²
Más de 350 kg/cm ²	$f_{ck} + 100$ kg/cm ²

Tabla 2. Asentamiento según cada tipo de construcción

Asentamientos Recomendados para Diversos Tipos de Construcción y Sistemas de Colocación y Compactación				
Consistencia	Asentamiento mm.	Ejemplo de Tipo de construcción	Sistema De colocación	Sistema de compactación
Muy seca	0-20	Prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantallas de cimentación	Con vibradores de formaleta; hormigones de proyección neumática (lanzado)	Secciones sujetas a vibración extrema, puede requerirse presión
Seca	20-35	Pavimentos	Pavimentadoras con terminadora vibratoria	Secciones sujetas a vibración intensa
Semi - seca	35-50	Pavimentos, fundaciones en homigón simple	Colocación con máquinas operadas manualmente	Secciones simplemente reforzadas, con vibración
Media	50-100	Elementos compactados a mano, losas muros, vigas	Colocación manual	Secciones medianamente reforzadas, sin vibración
Húmeda	100-150	Elementos estructurales esbeltos	Bombeo	Secciones bastante reforzadas, sin vibración
Muy húmeda	150 o más	Elementos muy esbeltos, pilotes fundidos "in situ"	Tubo-embudo Tremie	Secciones altamente reforzadas, sin vibración (Normalmente no adecuados para vibrarse)

Tabla 3. Relación agua / cemento

Correspondencia entre la Resistencia a la Compresión a los 28 Días de Edad y la Relación Agua-Cemento para los Cementos Colombianos, Pórtland Tipo I, en Hormigones sin Aire Incluido			
Resistencia a la compresión Kg/cm ²	Relación agua-cemento en peso		
	Límite superior	Línea media	Límite inferior
140	-	0,72	0,65
175	-	0,65	0,58
210	0,7	0,58	0,53
245	0,64	0,53	0,49
280	0,59	0,48	0,45
315	0,54	0,44	0,42
350	0,49	0,40	0,38

Tabla 4. Volumen de agregado grueso por volumen unitario de hormigón.

Volumen de agregado grueso, seco y compactado con varilla (a), por volumen de hormigón para diferentes módulos de finura de la arena (b)					
Tamaño máximo nominal del agregado mm. pulg.		Módulo de finura de la arena			
		2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	3/8"	0,50	0,48	0,46	0,44
12,7	1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
19,0	3/4"	0,66	0,64	0,62	0,60
25,4	1"	0,71	0,69	0,67	0,65
38,1	1 1/2"	0,75	0,73	0,71	0,69
50,8	2"	0,78	0,76	0,74	0,72
76,1	3"	0,82	0,80	0,78	0,76
152,0	6"	0,87	0,85	0,83	0,81

Tabla 5. Requerimientos aproximados de agua de mezclado

Requerimiento Aproximado de Agua de Mezclado para Diferentes Asentamientos y Tamaños Máximos de Agregado, con Partículas de Forma Angular y Textura Rugosa, en Hormigón sin Aire Incluido									
Asentamiento		Tamaño máximo del agregado, en mm (pulg.)							
		9,51 3/8"	12,70 1/2"	19,00 3/4"	25,40 1"	38,10 1 1/2"	50,80 2"	64,00 2 1/2"	76,10 3"
mm	pulg.	Agua de mezclado, en Kg/m ³ de hormigón							
0	0	223	201	186	171	158	147	141	132
25	1	231	208	194	178	164	154	147	138
50	2	236	214	199	183	170	159	151	144
75	3	241	218	203	188	175	164	156	148
100	4	244	221	207	192	179	168	159	151
125	5	247	225	210	196	183	172	162	153
150	6	251	230	214	200	187	176	15	157
175	7	256	235	218	205	192	181	170	163
200	8	260	240	224	210	197	186	176	168



GRANULOMETRÍA - AGREGADO GRUESO (MÉTODO ASTM C136)

Proyecto: "Análisis del Comportamiento de Vigas de Hormigón Armado Reforzadas con Fibra de Carbono"

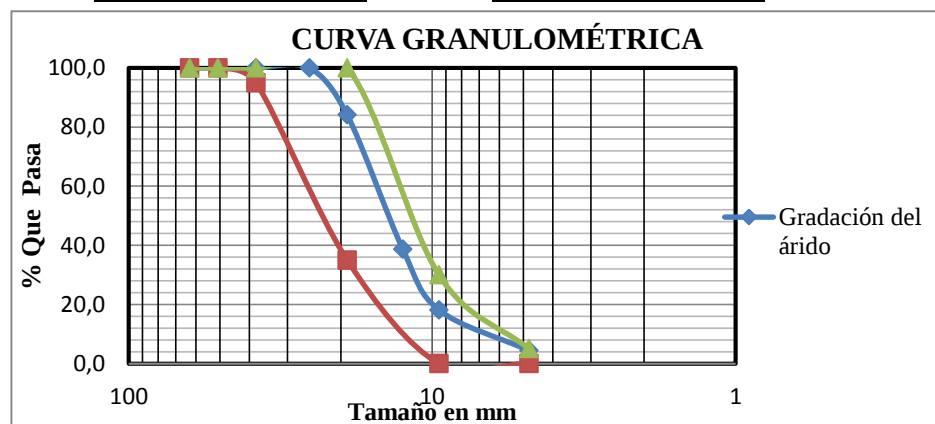
Estudiante: Marisol Griselda Rodriguez Albino

Material: Río Santa Ana - Tarija

Identif. Muestra: Gravilla chancada

Fecha: Julio/2022

Peso Total (gr.) =			10000				
Tamiz	Tamaño (mm)	Peso Retenido	Retenido Acumulado (gr)		% q. pasa del total	% Que pasa s/g Especific. ASTM	
2 1/2"	63	0,00	0,00	0,00	100,0	100	100
2"	50,8	0,00	0,00	0,00	100,0	100	100
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	0,00	100,0	95	100
1"	25,40	0,00	0,00	0,00	100,0		
3/4"	19,05	1587,68	1587,68	15,88	84,1	10	30
1/2"	12,50	4540,16	6127,84	61,28	38,7	0	5
3/8"	9,50	2059,04	8186,88	81,87	18,1		
Nº4	4,80	1371,20	9558,08	95,58	4,4	0	5
BASE	0	437,44	9995,52	99,96	0,0		
SUMA =		9995,52					
PÉRDIDAS =		4,48					
MF =		6,93					
			TAMANO MAXIMO		1"		



HUMEDAD	
DATO	gr
Peso Muestra Húmeda	1000,00
Peso Muestra seca	997,40
Peso Agua	2,60
% de Humedad	0,26

Marisol Rodriguez Albino
ESTUDIANTE DE PROYECTO DE GRADO

Ing. Moisés Díaz Ayarde
JEFE LAB. HORMIGONES - RESISTENCIA MAT.
U.A.J.M.S.



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES

**PESO ESPECÍFICO - AGREGADO GRUESO MÉTODO
(ASTM C 127)**

Proyecto: "Análisis del Comportamiento de Vigas de Hormigón Armado Reforzadas con Fibra de Carbono"
Estudiante: Marisol Griselda Rodriguez Albino Material: Río Santa Ana - Tarija
Identif. Muestra: Gravilla chancada Fecha: Julio/2022

MUESTRA/ Nº	PESO MUESTRA SECADA "A" (gr)	SATURADA CON SUP. SECA "B" (gr)	PESO MUESTRA SAT. DENTRO DEL AGUA "C" (gr)	PESO ESPECÍFICO A GRANEL (gr/cm3)	PESO ESPECÍFICO S.S.S. (gr/cm3)	PESO ESPECÍFICO APARENTE (gr/cm3)	% DE ABS.
1	4913,30	5000,00	3087,00	2,57	2,61	2,69	1,76
2	4910,50	5000,00	3081,00	2,56	2,61	2,68	1,82
3	4909,70	5000,00	3084,00	2,56	2,61	2,69	1,84
PROMEDIO				2,56	2,61	2,69	1,79

(B-C) = Este término es la pérdida de peso de la muestra sumergida y significa por lo tanto el volumen de agua desplazado o sea el volumen de la muestra

Marisol Rodriguez Albino
ESTUDIANTE DE PROYECTO DE GRADO

Ing. Moisés Díaz Ayarde
JEFE LAB. HORMIGONES - RESISTENCIA MAT.
U.A.J.M.S.



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES

PESO UNITARIO - AGREGADO GRUESO (ASTM C 29)

Proyecto: "Análisis del Comportamiento de Vigas de Hormigón Armado Reforzadas con Fibra de Carbono"
Estudiante: Marisol Griselda Rodriguez Albino Material: Río Santa Ana - Tarija
Identif. Muestra: Gravilla chancada Fecha: Julio/2022

PESO UNITARIO SUELTO					
MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm3)	PESO RECIP. + MUESTRA SUELTA (gr)	PESO MUESTRA SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm3)
1	5725,00	9919,00	20525,00	14800,00	1,492
2	5725,00	9919,00	20380,00	14655,00	1,477
3	5725,00	9919,00	20425,00	14700,00	1,482
PROMEDIO					1,484

PESO UNITARIO COMPACTADO					
MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm3)	PESO RECIP. + MUESTRA COMPACTADA (gr)	PESO MUESTRA COMPACTADA (gr)	PESO UNITARIO COMPACTADA (gr/cm3)
1	5725,00	9919,00	22685,00	16960,00	1,710
2	5725,00	9919,00	22595,00	16870,00	1,701
3	5725,00	9919,00	22540,00	16815,00	1,695
PROMEDIO					1,702

Marisol Rodriguez Albino
ESTUDIANTE DE PROYECTO DE GRADO

Ing. Moisés Díaz Ayarde
JEFE LAB. HORMIGONES - RESISTENCIA MAT.
U.A.J.M.S.



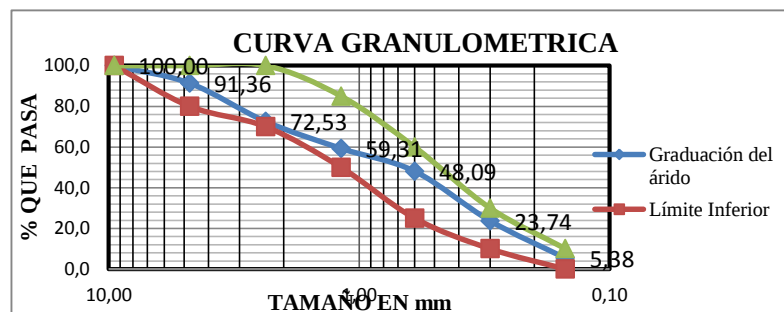
UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES

GRANULOMETRÍA - AGREGADO FINO (ASTM C 136)

Proyecto: "Análisis del Comportamiento de Vigas de Hormigón Armado Reforzadas con Fibra de Carbono"
 Estudiante: Marisol Griselda Rodriguez Albino Material: Río Santa Ana - Tarija
 Identif. Muestra: Arena Fecha: Julio/2022

Peso Total (g)			1000,00				
Tamices	tamaño (mm)	Peso Ret. (g)	Ret. Acum (g)	% Ret	% q. pasa del total	Especificacion ASTM C-33	
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00	100	100
Nº4	4,75	86,45	86,45	8,65	91,36	80	100
Nº8	2,36	188,30	274,75	27,48	72,53	70	100
Nº16	1,18	132,15	406,90	40,69	59,31	50	85
Nº30	0,60	112,25	519,15	51,92	48,09	25	60
Nº50	0,30	243,50	762,65	76,27	23,74	10	30
Nº100	0,15	183,55	946,20	94,62	5,38	2	10
BASE		47,30	993,50	99,35	0,65		
SUMA		993,50					
PÉRDIDAS		6,50					
MF =		3,00					



HUMEDAD	
DATO	gr
Peso Muestra Húmeda	500,00
Peso Muestra seca	486,00
Peso Agua	14,00
% de Humedad	2,88

Marisol Rodriguez Albino
 ESTUDIANTE DE PROYECTO DE GRADO

Ing. Moisés Díaz Ayarde
 JEFE LAB. HORMIGONES - RESISTENCIA MAT.
 U.A.J.M.S.



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES

PESO ESPECÍFICO - AGREGADO FINO (ASTM C 128)

Proyecto: "Análisis del Comportamiento de Vigas de Hormigón Armado Reforzadas con Fibra de Carbono"
Estudiante: Marisol Griselda Rodriguez Albino Material: Río Santa Ana - Tarija
Identif. Muestra: Arena Fecha: Julio/2022

MUESTRA N°	PESO MUESTRA (gr)	PESO MATRÁZ (gr)	MUESTRA - AGUA MATRAZ + AGUA MATRÁZ "A" (gr)	AGUA MATRÁZ "V" (ml) ó (gr)	PESO MUESTRA SECA "A" (gr)	VOL. DEL MATRÁZ "V" (ml)	P. E. A GRANEL (gr/cm3)	P. E. SAT. CON SUP. SECA (gr/cm3)	P. E. APARENTE (gr/cm3)	% DE ABSORC.
1	500	221,50	1027,50	306,00	494,1	500,00	2,55	2,58	2,63	1,18
2	500	247,80	1053,00	305,20	494,60	500,00	2,54	2,57	2,61	1,08
3	500	236,80	1040,60	303,80	493,00	500,00	2,51	2,55	2,61	1,40
PROMEDIO							2,53	2,56	2,61	1,22

Marisol Rodriguez Albino
ESTUDIANTE DE PROYECTO DE GRADO

Ing. Moisés Díaz Ayarde
JEFE LAB. HORMIGONES - RESISTENCIA MAT.
U.A.J.M.S.



PESO UNITARIO - AGREGADO FINO (ASTM C 29)

Proyecto: "Análisis del Comportamiento de Vigas de Hormigón Armado Reforzadas con Fibra de Carbono"
Estudiante: Marisol Griselda Rodriguez Albino Material: Río Santa Ana - Tarija
Identif. Muestra: Arena Fecha: Julio/2022

PESO UNITARIO SUELTO					
MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm3)	PESO RECIP. + MUESTRA SUELTA (gr)	PESO MUESTRA SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm3)
1	2605,00	2994,06	7420,00	4815,00	1,608
2	2605,00	2994,06	7480,00	4875,00	1,628
3	2605,00	2994,06	7500,00	4895,00	1,635
PROMEDIO					1,624

PESO UNITARIO COMPACTADO					
MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm3)	PESO RECIP. + MUESTRA COMPACTADA (gr)	PESO MUESTRA SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm3)
1	2605,00	2994,06	8090,00	5485,00	1,832
2	2605,00	2994,06	8045,00	5440,00	1,817
3	2605,00	2994,06	8090,00	5485,00	1,832
PROMEDIO					1,827

Marisol Rodriguez Albino
ESTUDIANTE DE PROYECTO DE GRADO

Ing. Moisés Díaz Ayarde
JEFE LAB. HORMIGONES - RESISTENCIA MAT.
U.A.J.M.S.



DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES - MÉTODO ACI 211

Proyecto: "Análisis del Comportamiento de Vigas de Hormigón Armado Reforzadas con Fibra de Carbono"
Estudiante: Marisol Griselda Rodriguez Albino Material: Río Santa Ana - Tarija
Identificación: H-21 Fecha: Julio/2022

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

ENSAYO	Unidad	Valor
1.- Modulo de finura de la arena (MF)	s/u	3,00
2.- Peso unitario Compactado de la grava (PUC)	kg/m ³	1702
3.- Peso específico de la arena (γ_f)	gr/cm ³	2,53
4.- Peso específico de la grava (γ_g)	gr/cm ³	2,56
5.- Absorción de la arena (Aa)	%	1,22
6.- Absorción de la Grava (Ag)	%	1,8
7.- Humedad de la Arena (Ha)	%	2,88
8.- Humedad de la Grava (Hg)	%	0,26
9.- Tamaño máximo Nominal (TMN)	pulg	3/4"
10.- Tamaño Máximo (TM)	pulg	1"
11.- Peso específico del cemento	gr/cm ³	3,15

CARACTERISTICAS DEL DISEÑO

Resistencia de diseño (fck')	210	kg/cm ²
Resistencia Característica (fck) (Tabla 11.12)	295	kg/cm ²
Asentamiento (S) (Tabla 11.4)	3	pulg
Relacion Agua / Cemento (a/c) (Tabla 11,13)	0,46	s/u

DATOS DE TABLAS

Vol. Agr. Grueso / Vol. unitario concreto (b/bo) (Tabla 11.15)	0,65	s/u
Requerimiento de Agua (A) (Tabla 11.6)	172	kg/m ³

CALCULOS

Peso Agregado Grueso (Pag)	= (b/bo)xPUC 1106,269113 kg/m ³
Peso cemento (Pc)	= A / (a/c) 373,91 kg/m ³
Volumen de Agregado Grueso (Vag)	= Pag/γg 431,52 lt/m ³
Volumen del cemento (Vc)	= Pc/γc 118,70 lt/m ³
Volumen de Arena (Vaf)	= 1000 - Vc - A - Vag 277,77 lt/m ³
Peso del agregado fino (Paf)	= Vaf x γf 703,57 kg/m ³

PESOS SECOS DE LOS INGREDIENTES POR (m³) DE CONCRETO

Ingrediente	Peso Seco kg/m ³	Volumen Absoluto lt/m ³	Peso especifico gr/cm ³
<i>Cemento</i>	373,91	118,70	3,15
<i>Agua</i>	172,00	172,00	1,00
<i>Grava</i>	1106,27	431,52	2,56
<i>Arena</i>	703,57	277,77	2,53
TOTAL	2355,75	1000,00	

PESOS HUMEDOS DE LOS MATERIALES

Peso Húmedo de la arena (Pha)	= Paf x (1 + Ha) 723,83 kg/m ³
Peso Húmedo de la Grava (Phg)	= Pag x (1 + Hg) 1109,15 kg/m ³

CORRECCION DEL AGUA

Agua corregida a la grava (Acg)	= Pag x (Ag - Hg) 16,96 lt/m ³
Agua corregida a la Arena (Acf)	= Paf x (Aa - Ha)

	-11,68	lt/m ³
Total Agua Corregida (Atc)	= Acg + Acf	
	5,27	lt/m ³

PESOS HUMEDOS DE LOS INGREDIENTES POR (m³) DE HORMIGON

Ingrediente	Peso Seco kg/m ³	Peso Húmedo kg/m ³
<i>Cemento</i>	373,91	373,91
<i>Agua</i>	172,00	177,27
<i>Grava</i>	1106,27	1109,15
<i>Arena</i>	703,57	723,83
<i>TOTAL</i>	2355,75	2384,18

PROPORCIONES DE MEZCLA

<i>Cemento</i>	<i>Arena</i>	<i>Gravilla</i>
1,0	1,88	2,96

Marisol Rodriguez Albino
ESTUDIANTE DE PROYECTO DE GRADO

Ing. Moisés Díaz Ayarde
JEFE LAB. HORMIGONES - RESISTENCIA MAT.
U.A.J.M.S.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN (ASTM C39)

Proyecto: "Análisis del Comportamiento de Vigas de Hormigón Armado Reforzadas con Fibra de Carbono"
Estudiante: Marisol Griselda Rodriguez Albino Identificación: Probetas cilíndricas H-21
Procedencia: Río Santa Ana - Tarija Fecha: Agosto/2022

Nº	Identificación	F. de Vaciado	F. de Rotura	Edad (días)	Area (cm ²)	Lectura (KN)	Carga (Kg)	Resist. (Kg/cm ²)	Proyección 28d (Kg/cm ²)
1	Probeta 1	05/08/2022	12/08/2022	7	176,72	298,50	30.447,00	172,29	239,17
2	Probeta 2	05/08/2022	12/08/2022	7	176,72	301,00	30.702,00	173,74	241,18
3	Probeta 3	05/08/2022	19/08/2022	14	176,72	341,00	34.782,00	196,83	231,56
4	Probeta 4	05/08/2022	19/08/2022	14	176,72	342,00	34.884,00	197,40	232,24

Marisol Rodriguez Albino
ESTUDIANTE DE PROYECTO DE GRADO II

Ing. Moisés Díaz Ayarde
JEFE LAB. HORMIGONES - RESISTENCIA MAT.

U.A.J.M.S.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES

**RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE
HORMIGÓN (ASTM C39)**

Proyecto: "Análisis del Comportamiento de Vigas de Hormigón Armado Reforzadas con Fibra de Carbono"
Estudiante: Marisol Griselda Rodriguez Albino Identificación: Probetas cilíndricas H-
Procedencia: Río Santa Ana - Tarija Fecha: Septiembre/2022

Nº	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Area (cm ²)	Lectura (KN)	Carga (Kg)	Resist. (Kg/cm ²)
1	Probeta 5	05/08/2022	02/09/2022	28	176,72	437,40	44.614,80	252,47
2	Probeta 6	05/08/2022	02/09/2022	28	176,72	428,00	43.656,00	247,04
3	Probeta 7	05/08/2022	02/09/2022	28	176,72	440,50	44.931,00	254,26
4	Probeta 8	05/08/2022	02/09/2022	28	176,72	438,60	44.737,20	253,16

Marisol Rodriguez Albino
ESTUDIANTE DE PROYECTO DE GRADO II

Ing. Moisés Díaz Ayarde
JEFE LAB. HORMIGONES-RESISTENCIA MAT.
U.A.J.M.S.



DISEÑO DE VIGA RECTANGULAR DE HORMIGÓN ARMADO (NORMA CBH - 87)

Proyecto: "Análisis del Comportamiento de Vigas de Hormigón Armado Reforzadas con Fibra de Carbono"

Estudiante: Marisol Griselda Rodriguez Albino

1. Datos de los Materiales

$$\begin{aligned} f'_c &= 210 \frac{Kgf}{cm^2} && \text{Resistencia del hormigón} \\ f_y &= 4200 \frac{Kgf}{cm^2} && \text{Fluencia del acero} \\ E_s &= 21000 \frac{Kgf}{cm^2} && \text{Módulo elástico del acero} \\ E_c &= 21000 * \sqrt{f'_c} \text{ Kg/cm}^2 && \text{Módulo elástico del concreto} \end{aligned}$$

2. Cálculo de cargas

☐ Carga Aplicada 30 Ton = 294,1995KN

☐ Peso propio

$$\gamma_H = 25 \text{ KN/m}^3$$

$$b = 0,12 \text{ m}$$

$$h = 0,25 \text{ m}$$

$$q = \gamma_H * b * h = 25 * 0,12 * 0,25 = 0,75 \text{ KN/m}$$

3. Cálculo del Momento Máximo

$$M_{max} = \frac{P * l}{4} + \frac{q * l^2}{8} = \frac{294,1995 * 1}{4} + \frac{0,75 * 1^2}{8}$$

$$M_{max} = 73,644 \text{ KN-m}$$

4. Cálculo de la altura de la viga

$$\text{Esfuerzo} \quad \sigma = \frac{M}{I} * Y$$

$$\sigma = \frac{\frac{M * \frac{h}{2}}{\frac{b * h^3}{12}}}{12} = \frac{12 * M * h}{2 * b * h^3} = \frac{6 * M}{b * h^2} = 210$$

$$\sigma = 210 \text{ Kg/cm}^2 = 20593,965 \text{ KN/m}^2$$

Despejando h tenemos:

$$h = \sqrt{\frac{6 * M}{b * \sigma}} = \sqrt{\frac{6 * 73,644}{0,12 * 20593,965}}$$
$$h = 0,423 \text{ m}$$

Por tanto se asume una altura $h = 0,45 \text{ m}$

5. Cálculo del nuevo Momento Máximo

☐ Carga Aplicada $30 \text{ Ton} = 294,1995 \text{ KN}$

☐ Peso propio

$$\gamma_H = 25 \text{ KN/m}^3$$

$$b = 0,12 \text{ m}$$

$$h = 0,45 \text{ m}$$

$$q = \gamma_H * b * h = 1,35 \text{ KN/m}$$

$$M_{max} = \frac{P * l}{4} + \frac{q * l^2}{8} = \frac{294,1995 * 1}{4} + \frac{1,35 * 1^2}{8}$$

$$M_{max} = 73,719 \text{ KN-m}$$

6. Cálculo de la Armadura Longitudinal

Resistencia de acero corrugado $f_{yk} = 4200 \text{ Kg/cm}^2 = 411879,30 \text{ KN/m}^2$

Resistencia del concreto $f_{ck} = 210 \text{ Kg/cm}^2 = 20593,965 \text{ KN/m}^2$

Mediante metodos simplicados usamos las ecuaciones del Dominio III

□ Canto mínimo

$$d_{min} = 1,77 \sqrt{\frac{M_{max}}{b * f_{ck}}}$$

$$d_{min} = 1,77 \sqrt{\frac{73,719}{0,12 * 20593,965}}$$

$$d_{min} = 0,306 \text{ m}$$

□ Esfuerzo reducido de cálculo

$$\mu_d = \frac{Md}{bw * d^2 * f_{ck}}$$

$$\mu_d = \frac{73,719}{0,12 * 0,3933^2 * 20593,965}$$

$$\mu_d = 0,193$$

□ Calculo de la cuantía mecánica

Conociendo μ_d usamos las tablas universales (Tabla 2.5)
para hallar la cuantía mecánica

Para $\mu = 0,19$ tenemos $\square = 0,2134$

Para $\mu = 0,2$ tenemos $\square = 0,2263$

Interpolando obtenemos la cuantía mecánica

$$W = 0,2173$$

□ Cálculo del area de acero longitudinal

$$A_{s1} = w * bw * d * \frac{f_{ck}}{f_{yk}} =$$

$$A_{s1} = 0,2173 * 12 * 39,33 * \frac{210}{4200} =$$

$$A_{s1} = 5,128 \text{ cm}^2$$

□ Cálculo de área mínima

Según tabla para Acero AE - 42

$$w_{smin} = 0,0033$$

$$A_{min} = w_{smin} * bw * d = 0,00015444 \text{ m}^2$$

$$1,5444 \text{ cm}^2$$

☐ Cálculo del número de barras

Con barras de acero de diámetro $\varnothing 12 \text{ mm}$ se tiene $A'_1 = 1.13 \text{ cm}^2$

$$\text{N}^\circ \text{ de barras de acero} = \frac{A_{s1}}{A'_1} = \frac{5.12}{1.13} = 3.944 \approx 4 \text{ barras}$$

Las vigas estarán diseñadas con 4 barras de acero de diámetro $\varnothing 12 \text{ mm}$

7. Cálculo del Módulo de Elasticidad del concreto

$$E_o = 21000 * \sqrt{f_{ck}} = 21000 * \sqrt{210 \text{ Kg/cm}^2} = 304318.9117 \text{ Kg/cm}^2$$
$$29843490.55 \text{ KN/m}^2$$

8. Cálculo de Deformación

☐ Para carga puntual

$$F1 = \frac{P * L^3}{48 * E * I} = 0.02254 \text{ cm}$$

☐ Para carga distribuida

$$F1 = \frac{5}{384} * \frac{q * L^4}{E * I} = 0.000064637 \text{ cm}$$

☐ Deflexion Total

$$F_T = 0.0226025 \text{ cm}$$



DISEÑO A CORTANTE DE VIGA RECTANGULAR DE HORMIGÓN ARMADO (NORMA CBH - 87)

Proyecto: "Análisis del Comportamiento de Vigas de Hormigón Armado Reforzadas con Fibra de Carbono"

Estudiante: Marisol Griselda Rodríguez Albino

1. Datos de los Materiales

Resistencia de acero corrugado $f_{yk} = 4200 \text{ Kg/cm}^2 = 411879,30 \text{ KN/m}^2$
Resistencia del concreto $f_{ck} = 210 \text{ Kg/cm}^2 = 20593,965 \text{ KN/m}^2$

2. Cálculo de cargas

□ Carga Aplicada 30 Ton = 294,1995 KN

□ Peso propio

$$\gamma_H = 25 \text{ KN/m}^3$$

$$b = 0,12 \text{ m}$$

$$h = 0,45 \text{ m}$$

$$q = \gamma_H * b * h = 25 * 0,12 * 0,45 = 1,35 \text{ KN/m}$$

$$q = 1,378 \text{ Kg/cm}$$

3. Cálculo del Esfuerzo Cortante actuante

$$V_A = V_B$$

$$V_A = \frac{P}{2} + \frac{q * l}{2} =$$

$$V_A = \frac{30000}{2} + \frac{1,377 * 100}{2} =$$

$$V_A = 15068,850 \text{ Kg} = V_d$$

$$V_A = 147,825 \text{ KN}$$

4. Cálculo de Esfuerzo cortante absorbido por el hormigón

$$V_{CU} = F_{vd} * bw * d$$

$$F_{vd} = 0,5 * \sqrt{F_{cd}}$$

$$F_{vd} = 0,5 * \sqrt{210} = 7,246 \text{ Kg/cm}^2 = 710,590 \text{ KN/m}^2$$

$$V_{CU} = 7,246 * 12 * 39.33 = 3419,675 \text{ Kg} = 33,547 \text{ KN}$$

$$V_{CU} < V_d \quad \text{Por tanto necesita armadura transversal}$$

5. Cálculo de la armadura mínima

$$A_{Smin} = \frac{0,02 * f_{cd} * bw * s}{f_{yd}}$$

$$A_{Smin} = \frac{0,02 * 210 * 12 * 100}{4200} = 1,2 \text{ cm}^2$$

$$V_{su} = V_d - V_{cu}$$

6. Esfuerzo cortante máximo de agotamiento por compresión del alma

$$V_{su} = 15068,85 - 3419,675 = 11649,175 \text{ Kg} = 114,278 \text{ KN}$$

$$V_{ou} = 0,3 * f_{cd} * bw * d$$

$$V_{ou} = 0,3 * 210 * 12 * 39.33 = 29733,480 \text{ Kg} = 291,685 \text{ KN}$$

$$V_{cu} < V_d < V_{ou}$$

7. Cálculo de la armadura transversal

$$A_s = \frac{V_{su} * s}{0,9 * d * f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{11649,175 * 100}{0,9 * 39.33 * 4200} = 7,836 \text{ cm}^2$$

$$A_{sp1} = \frac{A_s}{2} \quad A_{sp1} = \frac{7,836}{2} = 3,918 \text{ cm}^2$$

$$\text{Acero de } \varnothing = 6 \text{ mm se tiene} \quad A'_1 = 0,283 \text{ cm}^2$$

$$\eta = \frac{A_{sp1}}{A'_1} \quad \eta = \frac{3,918}{0,283} \quad \eta = 13,844$$

$$\eta \approx 14 \text{ barras}$$



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE REFUERZO DE VIGA DE H° A° CON PLATINA DE FIBRA DE CARBONO (NORMA ACI 440.2R)

Proyecto: "Análisis del Comportamiento de Vigas de Hormigón Armado Reforzadas con Fibra de Carbono"

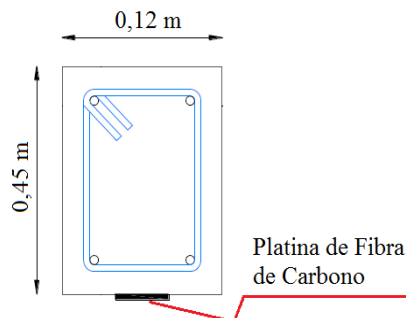
Estudiante: Marisol Griselda Rodriguez Albino

Cálculo del refuerzo a flexión de vigas de hormigón armado con Platinas de Fibra de Carbono

1. Características de los materia

1.1 Geometría de la viga

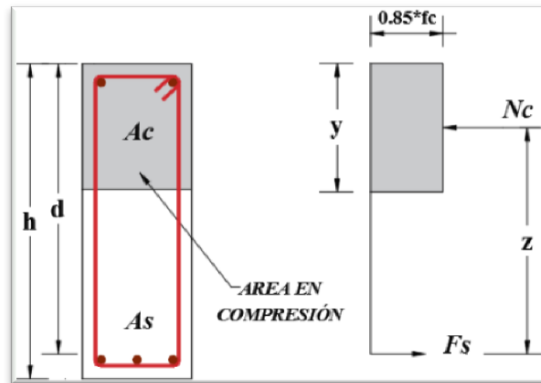
Sección transversal



1.2 Datos de los Materiales

Resistencia característica del concreto	$f_{ck} = 21 \text{ MPa}$
Límite elástico del acero	$f_{yk} = 420 \text{ MPa}$
Módulo de elasticidad del acero	$E_s = 200 \text{ GPa}$
Momento Ultimo sin reforzar	$M_U = 73,719 \text{ KN-m}$
Area de Acero longitudinal de la viga	$A_s = 4 \cdot 1,13 = 4,52 \text{ cm}^2 =$
	$A_s = 0,000452 \text{ m}^2$

2. Verificación de la armadura para resistir a la flexión



$$F_s = A_s * F_y =$$

$$F_s = 4,52 * 420 = 0,18984 \text{ MN} = 189,84 \text{ KN}$$

$$y = \frac{F_s}{0,85 * f'_c * b}$$

$$y = \frac{0,18984}{0,85 * 21 * 0,12} = 0,0886 \text{ m}$$

☐ Resistencia nominal

$$M_n = \phi * F_s * h - r - d_{st} - \frac{d_b}{2} - \frac{y}{2}$$

$$M_n = 0,9 * 189,84 * (0,45 - 0,025 - 0,006 - 0,012 - \frac{0,088627}{2})$$

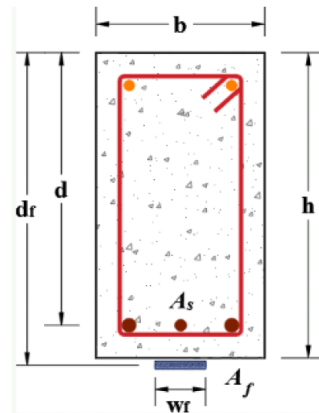
$$M_n = 61,967 \text{ KN-m}$$

☐ Se verifica que se cumpla la siguiente condición

$$M_n \geq M_U \quad 61,97 \geq 73,719 \quad \text{No Cumple}$$

☐ Al no cumplir la condición se deberá colocar un refuerzo adicional

3 Resistencia FRP



3.1 Características del refuerzo FRP

Tipo de Fibra= Carbono

Nº de capas = $n_f = 1$

Espesor = $t_f = 1,2$ mm

Ancho de refuerzo $w_f = 50$ mm

Deformación última de rotura $\epsilon'_{fu} = 0,0166$

Tension última de tracción $f'_{fu} = 2900$ MPa

Factor reduccion de resistencia $\Psi_f = 0,85$

Módulo de elasticidad de la fibra de carbono $E_f = 165$ GPa

3.2 Condiciones de exposición

El factor de reducción medio ambiental es obtenido de la norma ACI 440-2R el cual considera el tipo de fibra utilizada en el refuerzo y la condicion de exposición del mismo.

Exposure conditions	Fiber type	Environmental reduction factor C_E
Interior exposure	Carbon	0.95
	Glass	0.75
	Aramid	0.85
Exterior exposure (bridges, piers, and unenclosed parking garages)	Carbon	0.85
	Glass	0.65
	Aramid	0.75
Aggressive environment (chemical plants and wastewater treatment plants)	Carbon	0.85
	Glass	0.50
	Aramid	0.70

Condiciones de exposición = Exposición Interna

Factor de reducción medio ambiental $C_e = 0,95$

3.3 Cálculo de las propiedades del material de diseño FRP

- Deformación última de rotura del refuerzo FRP

$$\varepsilon_{fu} = C_e * \varepsilon'_{fu} = 0,95 * 0,0166 = 0,01577$$

- Tensión última de tracción del refuerzo FRP

$$f_{fu} = C_e * f'_{fu} =$$

$$f_{fu} = 0,95 * 2900 = 2755 \text{ MPa}$$

3.4 Cálculos preliminares

- Módulo de elasticidad del concreto

$$E_c = 4700 * \sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 4700 * \sqrt{21} = 21538,1058 \text{ MPa}$$

$$E_c = 21538105,77 \text{ KN/m}^2$$

- Area del Refuerzo FRP

$$A_f = n_f * t_f * w_f$$

$$A_f = 1 * 1,2 * 50 = 60 \text{ mm}^2$$

- Relación entre el módulo de elasticidad del acero y concreto

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$n = \frac{200000}{21538,106} = 9,2859$$

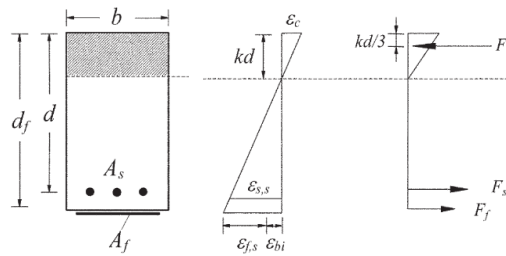
- Altura útil del refuerzo de FRP

$$d_f = h = 45 \text{ cm}$$

3.5 Deformación específica inicial

La deformación específica inicial previo a la colocación del FRP se analiza considerando la acción de cargas muertas y considerando a la viga fisurada

$$\varepsilon_{fd} = \frac{M_D * (d_f - k * d)}{E_c * I_{cr}}$$



□ Para el cálculo de la deformación en la cara inferior se deberá resolver la ecuación de segundo grado

$$\frac{b * kd^2}{2} + n * A_s * kd - n * A_s * d$$

Reemplazando $c=kd$ y despejando el valor de "c" tenemos

$$\frac{b * c^2}{2} + n * A_s * c - n * A_s * d$$

Despejando c

$$c = \frac{-n * A_s \pm \sqrt{(n * A_s)^2 + 2 * n * A_s * b * d}}{2 * b}$$

$$c = \frac{-9,2859 * 4,52 \pm \sqrt{(9,2859 * 4,52)^2 + 2 * 9,2859 * 4,52 * 12 * 40}}{2 * 12}$$

$$c1 = 7,246490417 \text{ cm} \quad 0,0724649 \text{ m}$$

$$c2 = -11,0645429 \text{ cm} \quad -0,1106454 \text{ m}$$

Consideramos para los cálculos el valor positivo de "c".

□ Momento de inercia crítico de la sección transformada y fisurada de hormigón

$$I_{cr} = \frac{b * c_1^3}{3} + n * A_s * (d - c_1)^2$$

$$I_{cr} = \frac{12 * 7,2465^3}{3} + 9,2859 * 4,52 * (42 - 7,2465)^2$$

$$I_{cr} = 1522,105941 + 55337,59045$$

$$I_{cr} = 56859,69639 \text{ cm}^4 \quad 48683,5$$

$$0,000568597 \text{ m}^4$$

□ El valor de la deformación de la fibra de hormigón al momento de instalación del refuerzo es de:

$$\varepsilon_{bi} = \frac{MD * (d - c_1)}{E_c * I_{cr}}$$

$$\varepsilon_{bi} = \frac{0,09375 * (0,42 - 0,072465)}{21538105,77 * 0,000568597}$$

$$\varepsilon_{bi} = \frac{0,03258}{12246,5023} = 0,0000026824 \quad \text{m}$$

$$\varepsilon_{bi} = 0,00026824 \quad \text{cm}$$

3.5 Determinación de la deformacion del sistema FRP

□ Deformación del refuerzo externo de FRP calculado de acuerdo a ensayos de flexión:

$$\varepsilon_{fd} = 0,41 * \sqrt{\frac{f'_c}{n_f * E_f * t_f}} =$$

$$\varepsilon_{fd} = 0,41 * \sqrt{\frac{21 \text{ N/mm}^2}{1 * 165000 \text{ N/mm}^2 * 1,2 \text{ mm}}} = 0,0042224$$

Para prevenir fisuración previa al modo de fallo de despegue, la deformación efectiva en el refuerzo FRP debe limitarse al nivel de deformación a la que esta puede ocurrir, tal como se define en ACI 440.2R

$$\varepsilon_{fd} \leq 0,9 * \varepsilon_{fu}$$

$$0,0042224 \leq 0,9 * 0,0158$$

Se cumple la condición mencionada

$$0,004222 \leq 0,014193 \quad \text{CUMPLE}$$

3.6 Estimacion de la profundidad del eje neutro "c"

Se adoptará un valor para la profundidad del eje neutro

Una estimacion inicial razonable de $c = 0,20 * d$

El valor despues sara ajustado

Para este caso asumiremos un valor de:

$$c = 150 \quad \text{mm}$$

Se debera cumplir la siguiente condicion

3.7 Determinacion de la deformacion efectiva del refuerzo FRP

Deformación efectiva del refuerzo de FRP bajo condiciones de falla se obtiene con:

$$\varepsilon_{fe} \leq \varepsilon_{fd}$$

$$\varepsilon_{fe} = 0,003 * \left(\frac{d_f - c}{c} \right) - \varepsilon_{bi} \leq \varepsilon_{fd}$$

$$\varepsilon_{fe} = 0,003 * \left(\frac{450 - 150}{150} \right) - \varepsilon_{bi}$$

$$\varepsilon_{fe} = 0,003 * \left(\frac{450 - 150}{150} \right) - 0,0000026824$$

$$\varepsilon_{fe} = 0,003 * \left(\frac{450 - 150}{150} \right) - 0,0000026824$$

$$\varepsilon_{fe} = 0,00599732 \leq \varepsilon_{fd}$$

$$0,005997318 \leq 0,0042224 \quad \text{No se cumple la condición}$$

Al no cumplirse la condición se aplicará:

$$\varepsilon_{fe} = \varepsilon_{fd} = 0,0042224$$

Para la profundidad del eje neutro elegida, como la segunda expresión controla el cálculo, la falla se encuentra en el FRP y no en el hormigón, por lo cual la deformación del hormigón tendrá que ser menor a 0.003 y se calcula con:

$$\varepsilon_c = (\varepsilon_{fe} + \varepsilon_{bi}) * \left(\frac{c}{d_f - c} \right)$$

$$\varepsilon_c = (0,0042224 + 0,00026824) * \left(\frac{150}{450 - 150} \right)$$

$$\varepsilon_c = 0,0022453$$

3.8 Calculo de la deformación en el acero de refuerzo existente

Basado en la deformación del FRP, se puede calcular el valor de la deformación del acero usando compatibilidad de deformaciones:

$$\varepsilon_s = (\varepsilon_{fe} + \varepsilon_{bi}) * \left(\frac{d - c}{d_f - c} \right)$$
$$\varepsilon_s = (0,0042224 + 0,00026824) * \left(\frac{420 - 150}{450 - 150} \right)$$
$$\varepsilon_s = 0,004041585$$

3.9 Calculo de la tension en el acero de refuerzo y el FRP

□ Tensión del acero según su comportamiento elasto-plastico

$$f_s = E_s * \varepsilon_s$$
$$f_s = 200000 * 0,004041585$$
$$f_s = 808,318 \quad \text{MPa}$$

□ Tensión del refuerzo FRP según su comportamiento elasto-plastico

$$f_{fe} = E_f * \varepsilon_{fe}$$
$$f_{fe} = 165000 * 0,0042224$$
$$f_{fe} = 696,696 \quad \text{MPa}$$

3.10 Cálculo de las fuerzas internas resultantes y comprobación del equilibrio

□ Máxima deformación del hormigón sin refuerzo correspondiente a la resistencia del hormigon f'c.

$$\varepsilon'_c = \frac{1,7 * f'_c}{E_c}$$
$$\varepsilon'_c = \frac{1,7 * 21}{21538,106}$$
$$\varepsilon'_c = 0,00165753$$

□ Con la tensión y deformación del acero y el FRP, se puede recalculer la profundidad del eje neutro “c” y verificar la estimación inicial con las siguientes ecuaciones:

$$\beta_1 = \frac{4 * \varepsilon'_c - \varepsilon_c}{6 * \varepsilon'_c - 2 * \varepsilon_c}$$

$$\beta_1 = \frac{4 * 0,001658 - 0,0022453}{6 * 0,001658 - 2 * 0,0022453}$$

$$\beta_1 = 0,80380767$$

$$\alpha_1 = \frac{3 * \varepsilon'_c * \varepsilon_c - \varepsilon_c^2}{3 * \beta_1 * \varepsilon_c^2} =$$

$$\alpha_1 = \frac{3 * 0,001658 * 0,0022453 - 0,0022453^2}{3 * 0,8038077 * 0,001658^2}$$

$$\alpha_1 = 0,92424628$$

$$c = \frac{A_s * f_s + A_f * f_{fe}}{\alpha_1 * f'_c * \beta_1 * b}$$

$$c = \frac{493,4 * 808,317 + 60 * 696,96}{0,92425 * 21 * 0,80381 * 120}$$

$$c = 235,367 \text{ mm}$$

$$c = 23,537 \text{ cm}$$

3.11 Recalculer la deformación efectiva del refuerzo FRP

□ Deformación efectiva del refuerzo de FRP bajo condiciones de falla se obtiene con:

$$\varepsilon_{fe} \leq \varepsilon_{fd}$$

$$\varepsilon_{fe} = 0,003 * \left(\frac{d_f - c}{c} \right) - \varepsilon_{bi}$$

$$\varepsilon_{fe} = 0,003 * \left(\frac{450 - 235,367}{235,367} \right) - 0,0000026824$$

$$\varepsilon_{fe} = 0,002733041$$

$$0,002733041 \leq 0,0042224$$

Cumple la condición

3.12 Cálculo del diseño a flexión de la sección

□ La resistencia de diseño a la flexión se calcula utilizando

$$\phi M_n = \phi * [M_{ns} + \Psi_f * M_{nf}]$$

Se aplica un factor de reducción $\psi_f=0.85$ adicional a la contribución del sistema FRP.

$$\phi M_{nf} = A_f * f_{fe} * (d_f - \frac{\beta_1 * c}{2})$$

$$\phi M_{nf} = 60 * 696,96 * (450 - \frac{0,804 * 150}{2})$$

$$\phi M_{nf} = 16296946 \text{ N-mm}$$

$$\phi M_{nf} = 16,297 \text{ KN-m}$$

3,12 El momento resistente final es:

$$\phi M_n = \phi * M_{ns} + \phi * \Psi_f * M_{nf}$$

$$\phi M_n = 61,967 + 0,9 * 0,85 * 16,297$$

$$\phi M_n = 74,4342 \text{ KN-m}$$

3,13 El momento resistente final sin factores de reducción es:

$$\phi M_n = M_{ns} + M_{nf}$$

$$\phi M_n = 68,852 + 16,297$$

$$\phi M_n = 85,149 \text{ KN-m}$$



ROTURA A FLEXION DE VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO

Proyecto: "Análisis del Comportamiento de Vigas de Hormigón Armado Reforzadas con Fibra de Carbono"

Identificación: Vigas de Hormigón Armado

Estudiante: Marisol Griselda Rodríguez Albino

Fecha: 21/10/2024

VIGA N° 1 o VIGA PATRON

Esta viga de hormigón armado NO tiene el refuerzo de platinas de fibra de carbono

Tabla de datos obtenidos de la Prensa Universal y cálculo del momento producido por la carga puntual

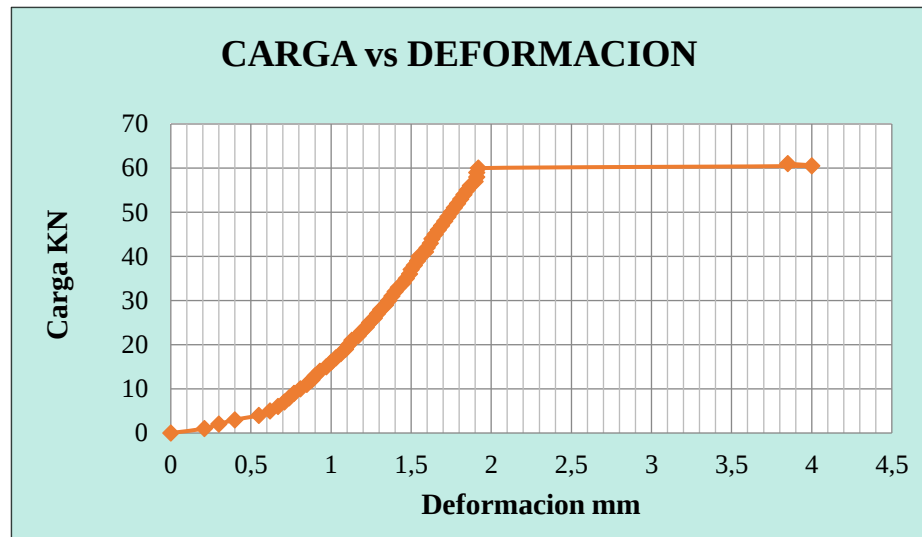
$$M = \frac{P * L}{4} = KN.m$$

N°	Carga Aplicada	Deformación	Momento
	KN	mm	KN-m
1	0	0	0,00
2	1	0,21	0,25
3	2	0,3	0,50
4	3	0,4	0,75
5	4	0,55	1,00
6	5	0,62	1,25
7	6	0,67	1,50
8	7	0,71	1,75
9	8	0,74	2,00
10	9	0,77	2,25
11	10	0,81	2,50
12	11	0,85	2,75
13	12	0,88	3,00
14	13	0,9	3,25
15	14	0,93	3,50
16	15	0,97	3,75
17	16	1	4,00
18	17	1,03	4,25
19	18	1,06	4,50
20	19	1,09	4,75
21	20	1,11	5,00
22	21	1,13	5,25
23	22	1,17	5,50
24	23	1,19	5,75

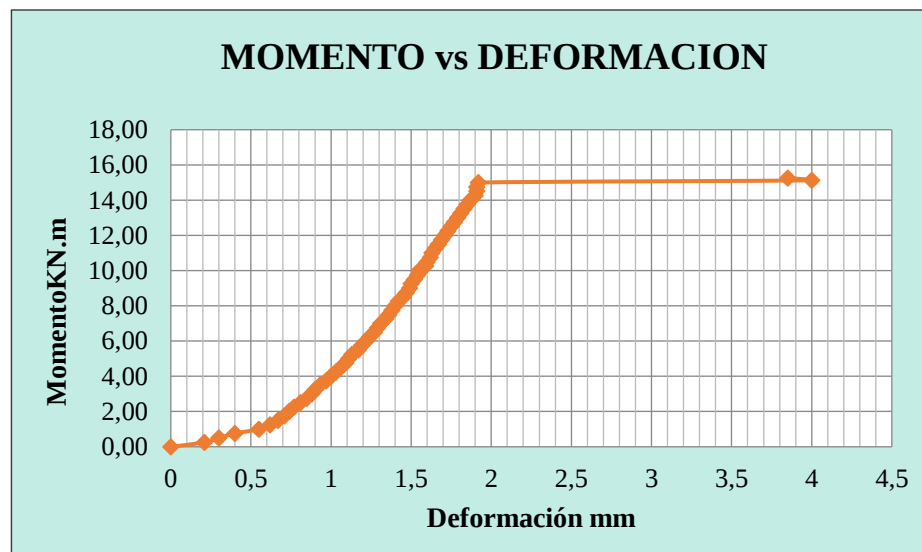
25	24	1,22	6,00
26	25	1,24	6,25
27	26	1,27	6,50
28	27	1,29	6,75
29	28	1,31	7,00
30	29	1,34	7,25
31	30	1,36	7,50
32	31	1,38	7,75
33	32	1,4	8,00
34	33	1,42	8,25
35	34	1,45	8,50
36	35	1,47	8,75
37	36	1,49	9,00
38	37	1,5	9,25
39	38	1,52	9,50
40	39	1,54	9,75
41	40	1,55	10,00
42	41	1,59	10,25
43	42	1,6	10,50
44	43	1,62	10,75
45	44	1,63	11,00
46	45	1,65	11,25
47	46	1,67	11,50
48	47	1,69	11,75
49	48	1,71	12,00
50	49	1,73	12,25
51	50	1,75	12,50
52	51	1,77	12,75
53	52	1,79	13,00
54	53	1,81	13,25
55	54	1,83	13,50
56	55	1,85	13,75
57	56	1,87	14,00
58	57	1,9	14,25
59	58	1,91	14,50
60	59	1,91	14,75
61	60	1,92	15,00
62	60,5	4	15,13
63	61	3,85	15,25
64	70		17,50
65	80		20,00
77	160		40,00

Primera fisura		Falla final	
Carga (KN)	Deformación (mm)	Carga última (KN)	Deformación última (mm)
60,5	4	230	-

Gráfica de Carga vs Deformación



Gráfica de Momento vs Deformación



Marisol Rodriguez Albino
ESTUDIANTE DE PROYECTO DE GRADO

Ing. Ariel Castillo Gareca
ENC. LAB. TECNOLOGIA DE LA MADERA
FCAYF. - U.A.J.M.S.



**ROTURA A FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON ARMADO REFORZADAS CON
FIBRA DE CARBONO**

Proyecto: "Análisis del Comportamiento de Vigas de Hormigón Armado Reforzadas con Fibra de Carbono"

Identificación: Vigas de Hormigón Armado

Estudiante: Marisol Griselda Rodríguez Albino

Fecha: 21/10/2024

VIGA N° 2

Esta viga de hormigón armado cuenta con refuerzo de platinas de fibra de carbono

Tabla de datos obtenidos de la Prensa Universal y cálculo del momento producido por la carga puntual

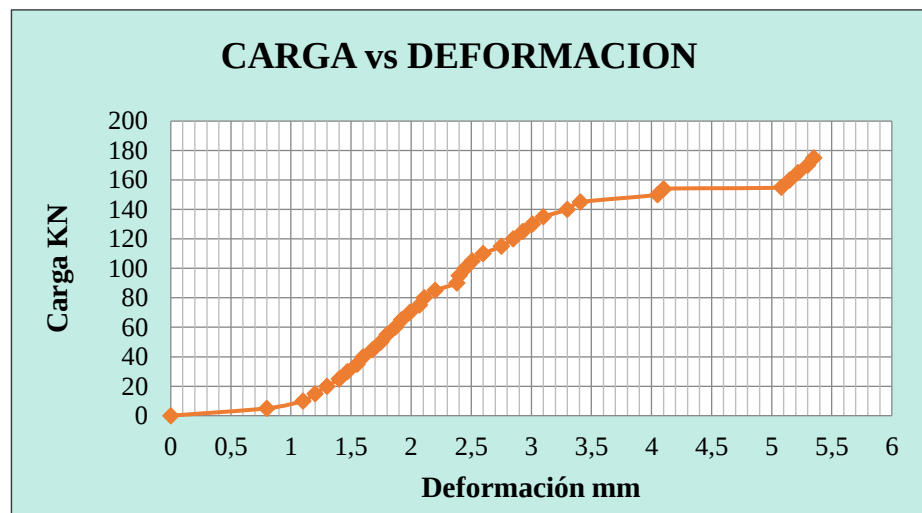
N°	Carga Aplicada	Deformación	Momento
	KN	mm	KN-m
1	0	0	0,00
2	5	0,8	1,25
3	10	1,1	2,50
4	15	1,2	3,75
5	20	1,3	5,00
6	25	1,4	6,25
7	30	1,47	7,50
8	35	1,55	8,75
9	40	1,6	10,00
10	45	1,68	11,25
11	50	1,75	12,50
12	55	1,8	13,75
13	60	1,87	15,00
14	65	1,92	16,25
15	70	1,99	17,50
16	75	2,07	18,75
17	80	2,11	20,00
18	85	2,2	21,25
19	90	2,38	22,50
20	95	2,4	23,75
21	100	2,45	25,00
22	105	2,51	26,25
23	110	2,6	27,50
24	115	2,75	28,75
25	120	2,85	30,00
26	125	2,93	31,25
27	130	3,01	32,50
28	135	3,1	33,75

$$M = \frac{P * L}{4} = KN.m$$

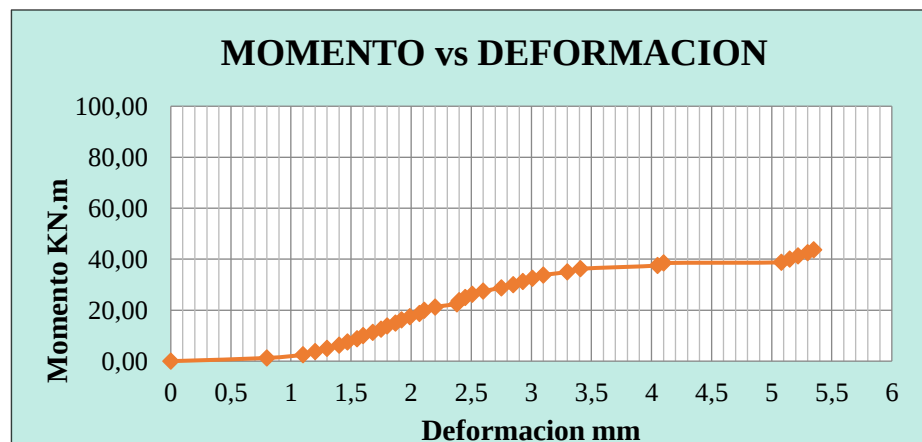
29	140	3,3	35,00
30	145	3,41	36,25
31	150	4,05	37,50
32	154	4,1	38,50
33	155	5,08	38,75
34	160	5,15	40,00
35	165	5,22	41,25
36	170	5,3	42,50
37	175	5,35	43,75
38	375		93,75

Primera fisura		Falla final	
Carga (KN)	Deformación (mm)	Carga última (KN)	Deformación última (mm)
154	4,1	375	.

Curva de Carga vs Deformación



Gráfica de Carga vs Momento



ETAPA DE PRIMERA FISURA				
Eficiencia de la Viga 2 en comparacion con la Viga Patron				
Espécimen	Deformación (mm)	Carga (KN)	Momento (KN.m)	Eficiencia %
Viga 1	4	60,5	15,13	154,55
Viga 2	4,1	154	38,5	

ETAPA DE FALLA ULTIMA				
Eficiencia de la Viga 2 en comparacion con la Viga Patron				
Espécimen	Deformación (mm)	Carga (KN)	Momento (KN.m)	Eficiencia %
Viga 1	-	160	40	134,38
Viga 2	-	375	93,75	

Marisol Rodriguez Albino
ESTUDIANTE DE PROYECTO DE GRADO

Ing. Ariel Castillo Gareca
ENC. LAB. TECNOLOGIA DE LA MADERA
FCyF. - U.A.J.M.S.



**ROTURA A FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON ARMADO REFORZADAS CON
FIBRA DE CARBONO**

Proyecto: "Análisis del Comportamiento de Vigas de Hormigón Armado Reforzadas con Fibra de Carbono"

Identificación: Vigas de Hormigon Armado

Estudiante: Marisol Griselda Rodriguez Albino

Fecha: 21/10/2024

VIGA N° 3

Esta viga de hormigón armado cuenta con refuerzo de platinas de fibra de carbono

Tabla de datos obtenidos de la Prensa Universal y cálculo del momento producido por la carga puntual

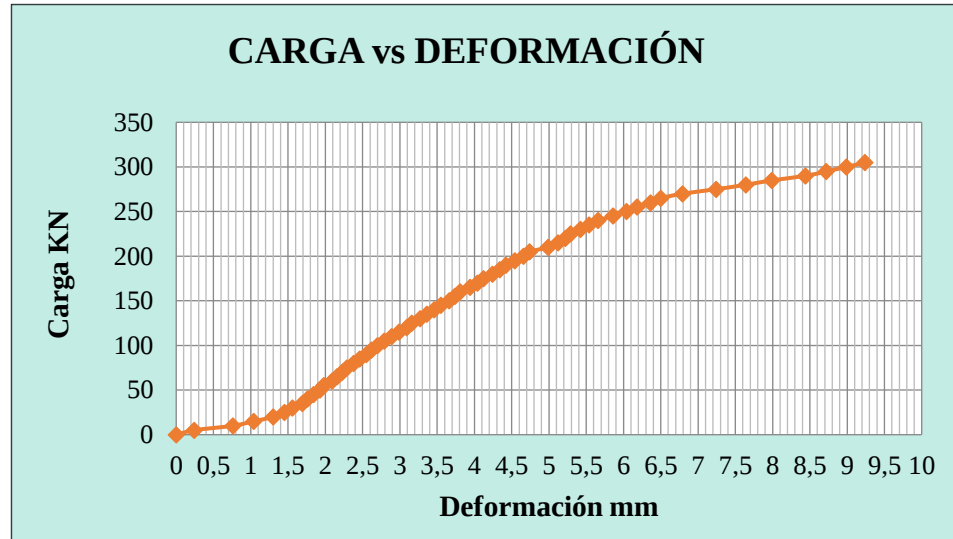
N°	Carga Aplicada	Deformación	Momento
	KN	mm	KN-m
1	0	0	0,00
2	5	0,24	1,25
3	10	0,76	2,50
4	15	1,04	3,75
5	20	1,3	5,00
6	25	1,45	6,25
7	30	1,56	7,50
8	35	1,69	8,75
9	40	1,76	10,00
10	45	1,84	11,25
11	50	1,93	12,50
12	55	1,98	13,75
13	60	2,09	15,00
14	65	2,16	16,25
15	70	2,23	17,50
16	75	2,29	18,75
17	80	2,38	20,00
18	85	2,46	21,25
19	90	2,55	22,50
20	95	2,62	23,75
21	100	2,7	25,00
22	105	2,79	26,25
23	110	2,89	27,50
24	115	2,99	28,75
25	120	3,09	30,00

$$M = \frac{P * L}{4} = KN.m$$

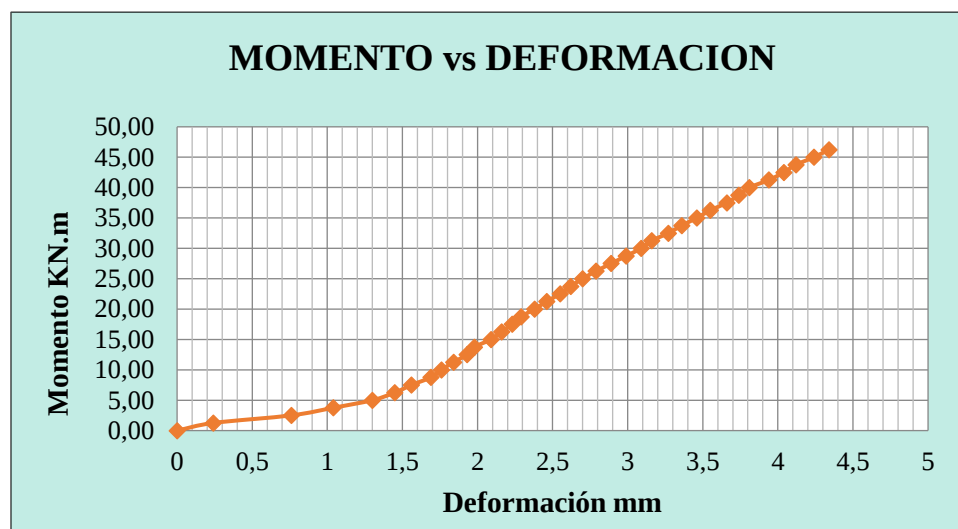
26	125	3,16	31,25
27	130	3,27	32,50
28	135	3,36	33,75
29	140	3,46	35,00
30	145	3,55	36,25
31	150	3,66	37,50
32	155	3,74	38,75
33	160	3,81	40,00
34	165	3,94	41,25
35	170	4,04	42,50
36	175	4,12	43,75
37	180	4,24	45,00
38	185	4,34	46,25
39	190	4,42	47,50
40	195	4,54	48,75
41	200	4,66	50,00
42	205	4,74	51,25
43	210	4,99	52,50
44	215	5,12	53,75
45	220	5,22	55,00
46	225	5,29	56,25
47	230	5,42	57,50
48	235	5,54	58,75
49	240	5,66	60,00
50	245	5,86	61,25
51	250	6,04	62,50
52	255	6,18	63,75
53	260	6,36	65,00
54	265	6,5	66,25
55	270	6,79	67,50
56	275	7,24	68,75
57	280	7,64	70,00
58	285	7,99	71,25
59	290	8,44	72,50
60	295	8,72	73,75
61	300	8,99	75,00
62	305	9,24	76,25
63	370		92,50

Primera fisura		Falla final	
Carga (KN)	Deformación (mm)	Carga última (KN)	Deformación última (mm)
210	4,99	370	.

Gráfica de Carga vs Deformación



Gráfica de Carga vs Momento



ETAPA DE PRIMERA FISURA

Eficiencia de la Viga 3 en comparacion con la Viga Patron

Espécimen	Deformación (mm)	Carga (KN)	Momento (KN.m)	Eficiencia %
Viga 1	4	60,5	15,13	247,11
Viga 3	4,99	210	52,5	

ETAPA DE FALLA ULTIMA				
Eficiencia de la Viga 3 en comparacion con la Viga Patron				
Espécimen	Deformación (mm)	Carga (KN)	Momento (KN.m)	Eficiencia %
Viga 1	-	160	40	131,25
Viga 3	-	370	92,5	

Marisol Rodriguez Albino
ESTUDIANTE DE PROYECTO DE GRADO

Ing. Ariel Castillo Gareca
ENC. LAB. TECNOLOGIA DE LA MADERA
FCyF. - U.A.J.M.S.



ROTURA A FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON ARMADO REFORZADAS CON FIBRA DE CARBONO

Proyecto: "Análisis del Comportamiento de Vigas de Hormigón Armado Reforzadas con Fibra de Carbono"

Identificación: Vigas de Hormigon Armado

Estudiante: Marisol Griselda Rodriguez Albino

Fecha: 21/10/2024

VIGA N° 4

Esta viga de hormigón armado cuenta con refuerzo de platinas de fibra de carbono

Tabla de datos obtenidos de la Prensa Universal y cálculo del momento producido por la carga puntual

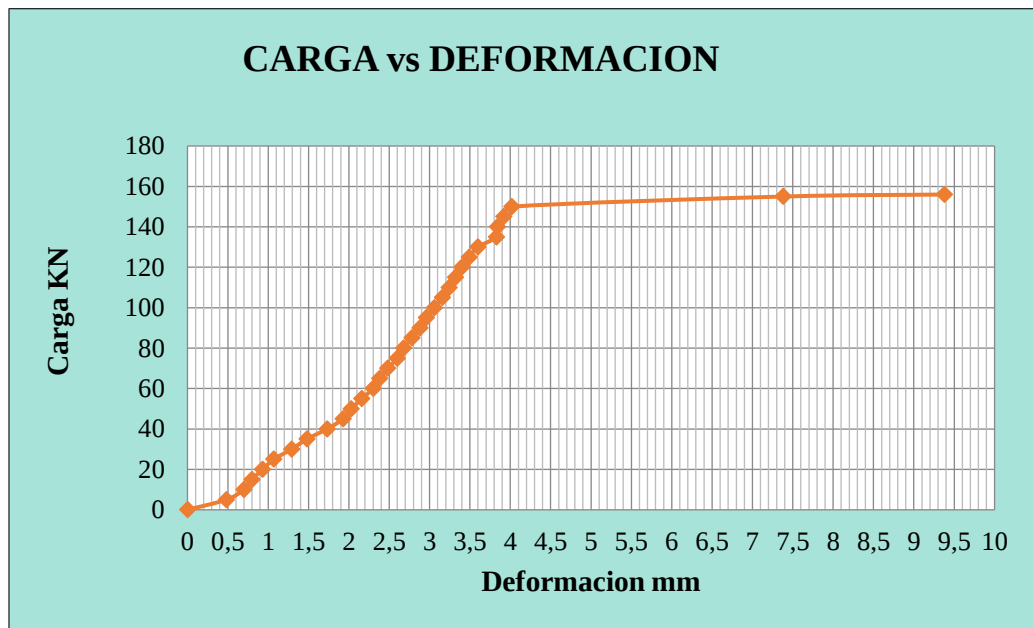
N°	Carga Aplicada	Deformación	Momento
	KN	mm	KN-m
1	0	0	0,00
2	5	0,48	1,25
3	10	0,7	2,50
4	15	0,8	3,75
5	20	0,93	5,00
6	25	1,07	6,25
7	30	1,29	7,50
8	35	1,48	8,75
9	40	1,73	10,00
10	45	1,93	11,25
11	50	2,03	12,50
12	55	2,16	13,75
13	60	2,3	15,00
14	65	2,38	16,25
15	70	2,48	17,50
16	75	2,6	18,75
17	80	2,68	20,00
18	85	2,78	21,25
19	90	2,88	22,50
20	95	2,96	23,75
21	100	3,06	25,00
22	105	3,16	26,25
23	110	3,24	27,50
24	115	3,32	28,75
25	120	3,4	30,00

$$M = \frac{P * L}{4} = KN.m$$

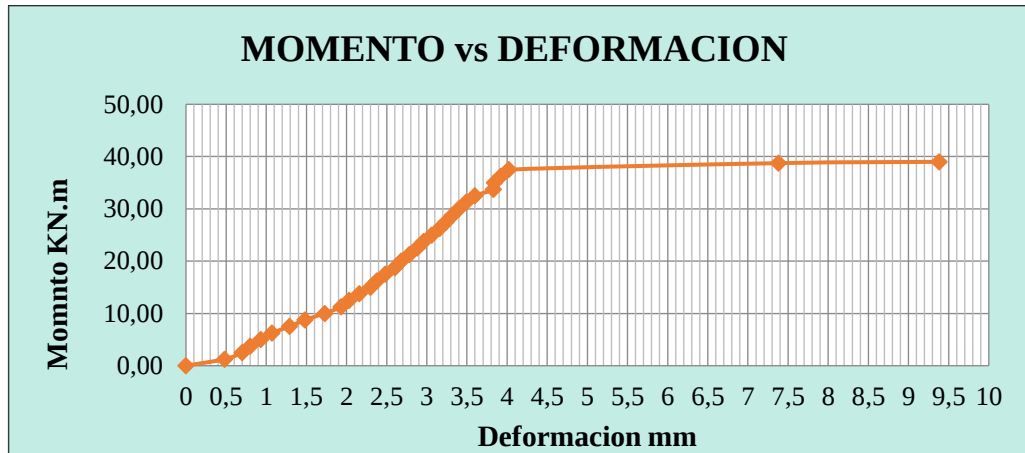
26	125	3,49	31,25
27	130	3,6	32,50
28	135	3,83	33,75
29	140	3,84	35,00
30	145	3,92	36,25
31	150	4,02	37,50
32	155	7,38	38,75
33	156	9,38	39,00
34	160		40,00
35	165		41,25
36	170		42,50
37	365		91,25

Primera fisura		Falla final	
Carga (KN)	Deformación (mm)	Carga última (KN)	Deformación última (mm)
156	9,38	365	.

Gráfica de Carga vs Deformación



Gráfica de Momento vs Deformacion



ETAPA DE PRIMERA FISURA

Eficiencia de la Viga 4 en comparacion con la Viga Patron

Espécimen	Deformación (mm)	Carga (KN)	Momento (KN.m)	Eficiencia %
Viga 1	4	60,5	15,13	157,85
Viga 4	9,38	156	39	

ETAPA DE FALLA ULTIMA

Eficiencia de la Viga 4 en comparacion con la Viga Patron

Espécimen	Deformación (mm)	Carga (KN)	Momento (KN.m)	Eficiencia %
Viga 1	-	160	40	128,13
Viga 4	-	365	91,25	

Marisol Rodriguez Albino
ESTUDIANTE DE PROYECTO DE GRADO

Ing. Ariel Castillo Gareca
ENC. LAB. TECNOLOGIA DE LA MADERA
FCyF. - U.A.J.M.S.



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES
"Con Ética y Responsabilidad Social"

**ROTURA A FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON ARMADO REFORZADAS CON
FIBRA DE CARBONO**

Proyecto: "Análisis del Comportamiento de Vigas de Hormigón Armado Reforzadas con Fibra de Carbono"

Identificación: Vigas de Hormigon Armado

Estudiante: Marisol Griselda Rodriguez Albino

Fecha: 21/10/2024

VIGA N° 5

Esta viga de hormigon armado tiene platina de fibra de carbono encolada hasta 2 cm antes de llegar a los puntos de apoyo

Tabla de datos obtenidos de la Prensa Universal y cálculo del momento producido por la carga puntual

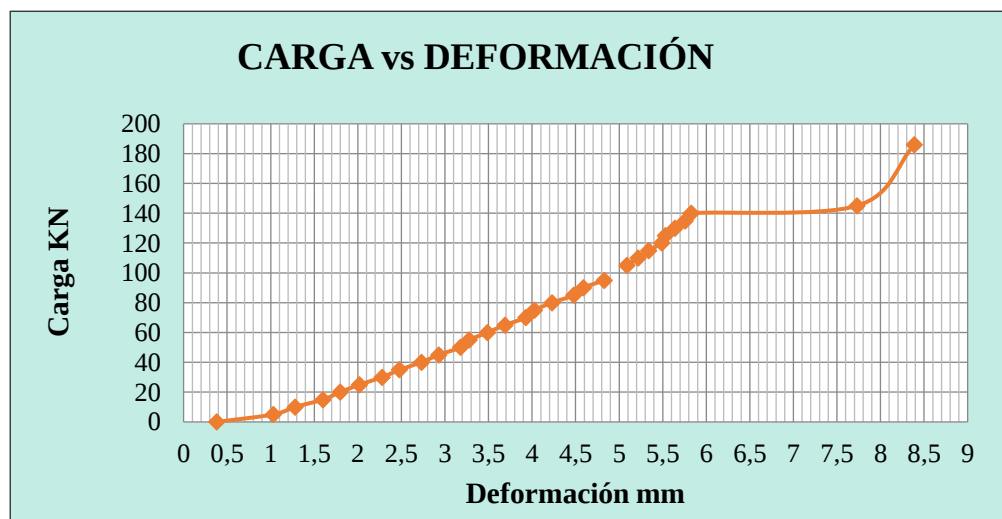
N°	Carga Aplicada	Deformación	Momento
	KN	mm	KN-m
1	0	0	0,00
2	5	0,38	1,25
3	10	1,03	2,50
4	15	1,28	3,75
5	20	1,6	5,00
6	25	1,8	6,25
7	30	2,02	7,50
8	35	2,28	8,75
9	40	2,48	10,00
10	45	2,73	11,25
11	50	2,93	12,50
12	55	3,18	13,75
13	60	3,28	15,00
14	65	3,49	16,25
15	70	3,69	17,50
16	75	3,93	18,75
17	80	4,03	20,00
18	85	4,23	21,25
19	90	4,48	22,50
20	95	4,59	23,75
21	100	4,83	25,00

$$M = \frac{P * L}{4} = KN.m$$

22	105	4,98	26,25
23	110	5,09	27,50
24	115	5,22	28,75
25	120	5,34	30,00
26	125	5,49	31,25
27	130	5,53	32,50
28	135	5,64	33,75
29	140	5,76	35,00
30	145	5,83	36,25
31	186	7,73	46,50
	215	8,39	53,75
	240		60,00

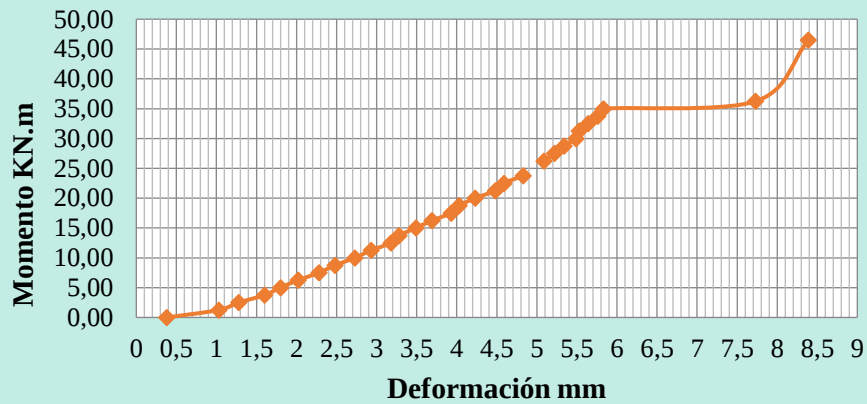
Primera fisura		Falla final	
Carga (KN)	Deformación (mm)	Carga última (KN)	Deformación última (mm)
120	5,34	240	.

Gráfica de Carga vs Deformación



Gráfica de Carga vs Momento

MOMENTO vs DEFORMACIÓN



ETAPA DE PRIMERA FISURA

Eficiencia de la Viga 5 en comparacion con la Viga Patron

Espécimen	Deformación (mm)	Carga (KN)	Momento (KN.m)	Eficiencia %
Viga 1	4	60,5	15,13	98,35
Viga 5	5,34	120	30	

ETAPA DE FALLA ULTIMA

Eficiencia de la Viga 5 en comparacion con la Viga Patron

Espécimen	Deformación (mm)	Carga (KN)	Momento (KN.m)	Eficiencia %
Viga 1	-	160	40	50,00
Viga 5	-	240	60	

Marisol Rodriguez Albino
ESTUDIANTE DE PROYECTO DE GRADO

Ing. Ariel Castillo Gareca
ENC. LAB. TECNOLOGIA DE LA MADERA
FCyF. - U.A.J.M.S.



**ROTURA A FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON ARMADO REFORZADAS
CON FIBRA DE CARBONO**

s de Hormigón Armado Reforzadas con Fibra de Carbono"

igas de Hormigon Armado

l Griselda Rodriguez Albino

Fecha: 21/10/2024

VIGA N° 6

Esta viga de hormigon armado tiene platina de fibra de carbono

Tabla de datos obtenidos de la Prensa Universal y cálculo del momento producido por la carga puntual

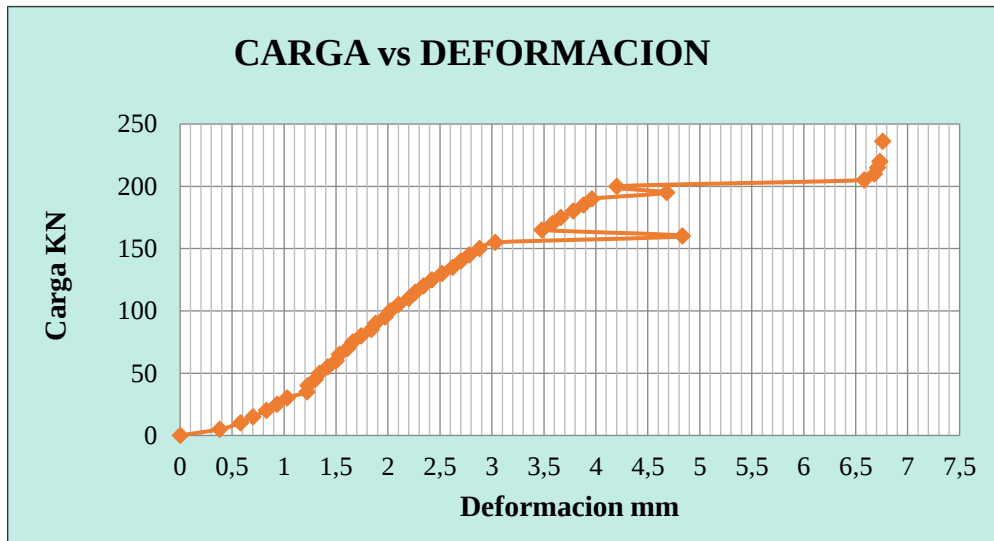
$$M = \frac{P * L}{4} = KN.m$$

Nº	CARGA APLICADA (KN)	DEFORMACION mm	DEFLEXION		MOMENTO KN-m
			Parcial mm	Acumulado mm	
1	0	0	0	0	0,00
2	5	0,38	0,04	0,04	1,25
3	10	0,58	0,05	0,09	2,50
4	15	0,7	0,05	0,14	3,75
5	20	0,83	0,05	0,19	5,00
6	25	0,93	0,05	0,24	6,25
7	30	1,03	0,05	0,29	7,50
8	35	1,22	0,05	0,34	8,75
9	40	1,23	0,04	0,38	10,00
10	45	1,3	0,05	0,43	11,25
11	50	1,34	0,045	0,475	12,50
12	55	1,42	0,04	0,515	13,75
13	60	1,5	0,05	0,565	15,00
14	65	1,53	0,05	0,615	16,25
15	70	1,61	0,05	0,665	17,50
16	75	1,66	0,04	0,705	18,75
17	80	1,74	0,06	0,765	20,00
18	85	1,84	0,08	0,845	21,25
19	90	1,88	0,05	0,895	22,50
20	95	1,97	0,07	0,965	23,75
21	100	2,02	0,04	1,005	25,00

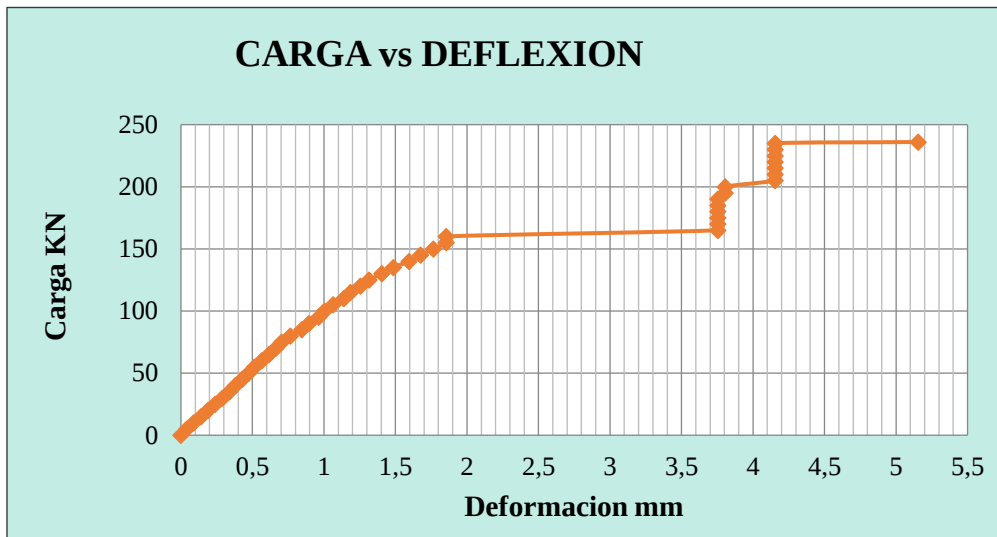
22	105	2,1	0,06	1,065	26,25
23	110	2,2	0,075	1,14	27,50
24	115	2,26	0,045	1,185	28,75
25	120	2,34	0,07	1,255	30,00
26	125	2,42	0,06	1,315	31,25
27	130	2,52	0,09	1,405	32,50
28	135	2,62	0,08	1,485	33,75
29	140	2,7	0,11	1,595	35,00
30	145	2,78	0,08	1,675	36,25
31	150	2,88	0,09	1,765	37,50
32	155	3,03	0,09	1,855	38,75
33	160	4,83		1,855	40,00
34	165	3,48	1,9	3,755	41,25
35	170	3,58		3,755	42,50
36	175	3,66		3,755	43,75
37	180	3,78		3,755	45,00
38	185	3,88		3,755	46,25
39	190	3,96		3,755	47,50
40	195	4,68	0,05	3,805	48,75
41	200	4,2		3,805	50,00
42	205	6,58	0,35	4,155	51,25
43	210	6,68		4,155	52,50
44	215	6,71		4,155	53,75
45	220	6,73		4,155	55,00
46	225			4,155	56,25
47	230			4,155	57,50
48	235			4,155	58,75
49	236	6,76	1	5,155	59,00
50	340				85,00

Primera fisura		Falla final	
Carga (KN)	Deformación (mm)	Carga última (KN)	Deformación última (mm)
160	4,83	340	.

Gráfica de Carga vs Deformacion



Gráfica de Carga vs Deformacion



ETAPA DE PRIMERA FISURA

Eficiencia de la Viga 6 en comparacion con la Viga Patron

Espécimen	Deformación (mm)	Carga (KN)	Momento (KN.m)	Eficiencia %
Viga 1	4	60,5	15,13	164,46
Viga 6	4,83	160	40	

ETAPA DE FALLA ULTIMA				
Eficiencia de la Viga 6 en comparacion con la Viga Patron				
Espécimen	Deformación (mm)	Carga (KN)	Momento (KN.m)	Eficiencia %
Viga 1	-	160	40	112,50
Viga 6	-	340	85	

Marisol Rodriguez Albino
ESTUDIANTE DE PROYECTO DE GRADO

Ing. Ariel Castillo Gareca
ENC. LAB. TECNOLOGIA DE LA MADERA
FCAyF. - U.A.J.M.S.



**ROTURA A FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON ARMADO REFORZADAS CON
FIBRA DE CARBONO**

Proyecto: "Análisis del Comportamiento de Vigas de Hormigón Armado Reforzadas con Fibra de Carbono"

Identificación: Vigas de H°A° reforzadas con Platinas de Fibra de Carbono

Estudiante: Marisol Griselda Rodriguez Albino

Fecha: 21/10/2024

VIGA N° 7

Esta viga de hormigon armado tiene platina de fibra de carbono

Tabla de datos obtenidos de la Prensa Universal y cálculo del momento producido por la carga puntual

$$M = \frac{P * L}{4} = KN.m$$

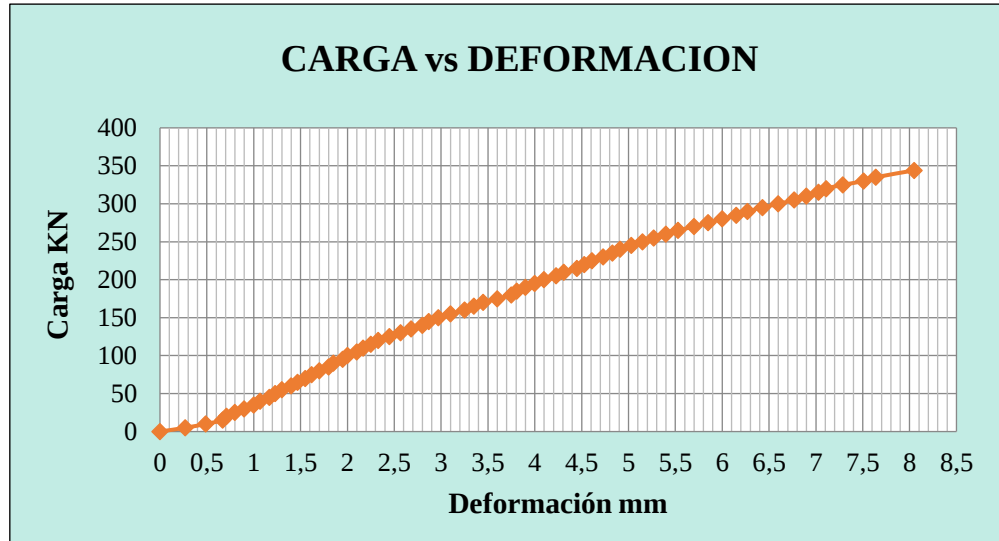
N°	Carga Aplicada	Deformación	Deflexion mm		Momento
	KN	mm	Parcial	Acumulado	KN-m
1	0	0	0	0	0,00
2	5	0,27	0,03	0,03	1,25
3	10	0,49	0,02	0,05	2,50
4	15	0,67	0,03	0,08	3,75
5	20	0,71	0,03	0,11	5,00
6	25	0,8	0,03	0,14	6,25
7	30	0,9	0,02	0,16	7,50
8	35	1	0,025	0,185	8,75
9	40	1,07	0,025	0,21	10,00
10	45	1,17	0,03	0,24	11,25
11	50	1,23	0,02	0,26	12,50
12	55	1,3	0,025	0,285	13,75
13	60	1,4	0,025	0,31	15,00
14	65	1,47	0,02	0,33	16,25
15	70	1,55	0,02	0,35	17,50
16	75	1,62	0,02	0,37	18,75
17	80	1,7	0,03	0,4	20,00
18	85	1,8	0,03	0,43	21,25
19	90	1,85	0,03	0,46	22,50
20	95	1,95	0,04	0,5	23,75
21	100	2	0,03	0,53	25,00
22	105	2,1	0,04	0,57	26,25
23	110	2,17	0,04	0,61	27,50

24	115	2,25	0,03	0,64	28,75
25	120	2,33	0,05	0,69	30,00
26	125	2,45	0,08	0,77	31,25
27	130	2,57	0,06	0,83	32,50
28	135	2,68	0,05	0,88	33,75
29	140	2,8	0,06	0,94	35,00
30	145	2,87	0,06	1	36,25
31	150	2,97	0,06	1,06	37,50
32	155	3,1	0,06	1,12	38,75
33	160	3,25	0,09	1,21	40,00
34	165	3,35	0,06	1,27	41,25
35	170	3,45	0,05	1,32	42,50
36	175	3,6	0,08	1,4	43,75
37	180	3,75	0,05	1,45	45,00
38	185	3,81	0,06	1,51	46,25
39	190	3,9	0,06	1,57	47,50
40	195	4	0,04	1,61	48,75
41	200	4,1	0,05	1,66	50,00
42	205	4,23	0,07	1,73	51,25
43	210	4,31	0,08	1,81	52,50
44	215	4,45	0,09	1,9	53,75
45	220	4,53	0,07	1,97	55,00
46	225	4,61	0,06	2,03	56,25
47	230	4,73	0,08	2,11	57,50
48	235	4,83	0,07	2,18	58,75
49	240	4,91	0,08	2,26	60,00
50	245	5,03	0,09	2,35	61,25
51	250	5,15	0,05	2,4	62,50
52	255	5,27	0,08	2,48	63,75
53	260	5,4	0,1	2,58	65,00
54	265	5,53	0,07	2,65	66,25
55	270	5,7	0,13	2,78	67,50
56	275	5,85	0,1	2,88	68,75
57	280	6	0,11	2,99	70,00
58	285	6,15	0,8	3,79	71,25
59	290	6,27	0,8	4,59	72,50
60	295	6,43	0,1	4,69	73,75
61	300	6,6	0,1	4,79	75,00
62	305	6,77	0,8	5,59	76,25
63	310	6,9	0,5	6,09	77,50
64	315	7,03	0,06	6,15	78,75
65	320	7,11	0,07	6,22	80,00
66	325	7,29	0,1	6,32	81,25
67	330	7,51	0,1	6,42	82,50
68	335	7,64	0,33	6,75	83,75
69	344	8,05	0,2	6,62	86,00
70	380				95,00

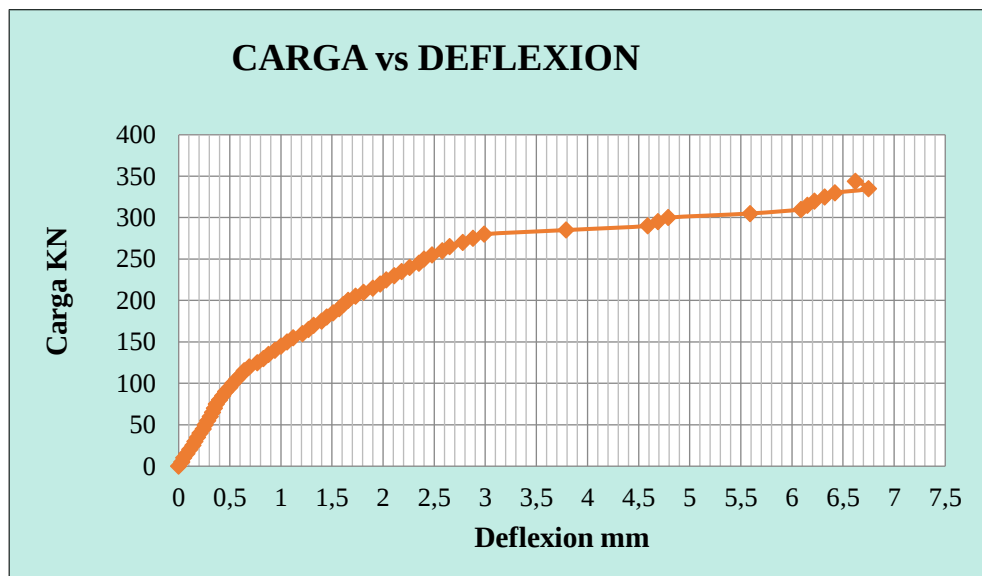
||

Primera fisura			Falla final	
Carga (KN)	Deformación (mm)	Deflexión (mm)	Carga última (KN)	Deformación última (mm)
140	2,8	0,94	380	.

Gráfica de Carga vs Deflexion



Gráfica de Carga vs Deflexion



ETAPA DE PRIMERA FISURA				
Eficiencia de la Viga 7 en comparacion con la Viga Patron				
Espécimen	Deformación (mm)	Carga (KN)	Momento (KN.m)	Eficiencia %
Viga 1	4	60,5	15,13	131,40
Viga 7	3,55	140	35	

ETAPA DE FALLA ULTIMA				
Eficiencia de la Viga 7 en comparacion con la Viga Patron				
Espécimen	Deformación (mm)	Carga (KN)	Momento (KN.m)	Eficiencia %
Viga 1	-	160	40	137,50
Viga 7	-	380	95	

Marisol Rodriguez Albino
ESTUDIANTE DE PROYECTO DE GRADO

Ing. Ariel Castillo Gareca
ENC. LAB. TECNOLOGIA DE LA MADERA
FCyF. - U.A.J.M.S.



**ROTURA A FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON ARMADO REFORZADAS CON
FIBRA DE CARBONO**

Proyecto: "Análisis del Comportamiento de Vigas de Hormigón Armado Reforzadas con Fibra de Carbono"

Identificación: Vigas de Hormigon Armado

Estudiante: Marisol Griselda Rodriguez Albino

Fecha: 21/10/2024

VIGA N° 8

Esta viga de hormigon armado tiene platina de fibra de carbono

Tabla de datos obtenidos de la Prensa Universal y cálculo del momento producido por la carga puntual

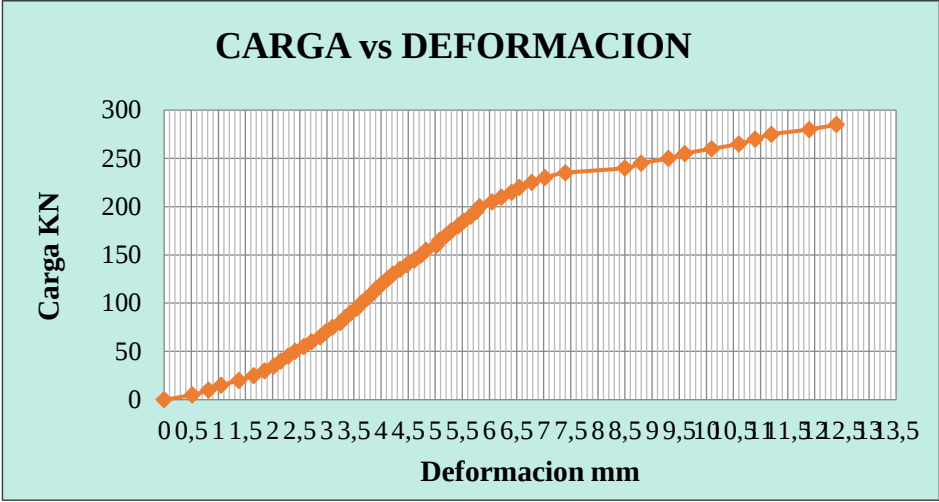
$$M = \frac{P * L}{4} = KN.m$$

N°	CARGA APLICADA	DEFORMACION	DEFLEXION		Momento
	KN	mm	Parcial	acumulado	KN-m
			mm	mm	
1	0	0	0	0	0,00
2	5	0,52	0,03	0,03	1,25
3	10	0,82	0,03	0,06	2,50
4	15	1,05	0,03	0,09	3,75
5	20	1,38	0,04	0,13	5,00
6	25	1,65	0,04	0,17	6,25
7	30	1,85	0,04	0,21	7,50
8	35	2,02	0,04	0,25	8,75
9	40	2,15	0,04	0,29	10,00
10	45	2,29	0,03	0,32	11,25
11	50	2,41	0,03	0,35	12,50
12	55	2,58	0,04	0,39	13,75
13	60	2,72	0,04	0,43	15,00
14	65	2,88	0,04	0,47	16,25
15	70	2,98	0,04	0,51	17,50
16	75	3,1	0,05	0,56	18,75
17	80	3,25	0,08	0,64	20,00
18	85	3,34	0,07	0,71	21,25
19	90	3,44	0,065	0,775	22,50
20	95	3,56	0,06	0,835	23,75
21	100	3,64	0,05	0,885	25,00

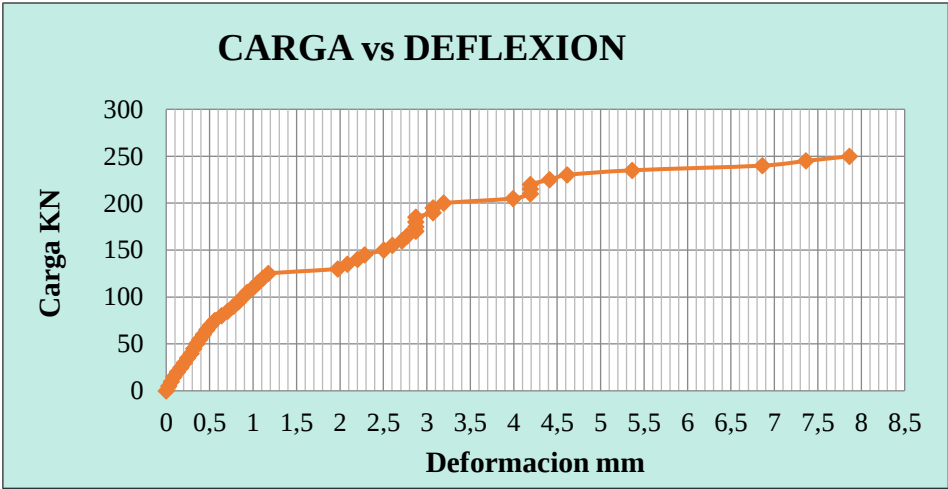
22	105	3,74	0,05	0,935	26,25
23	110	3,84	0,07	1,005	27,50
24	115	3,92	0,05	1,055	28,75
25	120	4,02	0,06	1,115	30,00
26	125	4,12	0,06	1,175	31,25
27	130	4,22	0,8	1,975	32,50
28	135	4,35	0,11	2,085	33,75
29	140	4,48	0,12	2,205	35,00
30	145	4,62	0,08	2,285	36,25
31	150	4,74	0,22	2,505	37,50
32	155	4,83	0,1	2,605	38,75
33	160	5,02	0,11	2,715	40,00
34	165	5,08	0,06	2,775	41,25
35	170	5,2	0,1	2,875	42,50
36	175	5,3		2,875	43,75
37	180	5,42		2,875	45,00
38	185	5,52		2,875	46,25
39	190	5,65	0,2	3,075	47,50
40	195	5,75		3,075	48,75
41	200	5,82	0,12	3,195	50,00
42	205	6,05	0,8	3,995	51,25
43	210	6,22	0,2	4,195	52,50
44	215	6,41		4,195	53,75
45	220	6,55		4,195	55,00
46	225	6,78	0,22	4,415	56,25
47	230	7,02	0,2	4,615	57,50
48	235	7,4	0,75	5,365	58,75
49	240	8,5	1,5	6,865	60,00
50	245	8,8	0,5	7,365	61,25
51	250	9,3	0,5	7,865	62,50
52	255	9,6			63,75
53	260	10,1			65,00
54	265	10,6			66,25
55	270	10,9			67,50
56	275	11,2			68,75
57	280	11,9			70,00
58	285	12,4			71,25
59	370				92,50

Primera fisura		Falla final	
Carga (KN)	Deformación (mm)	Carga última (KN)	Deformación última (mm)
160	5,02	370	.

Gráfica de Carga vs Deformación



Gráfica de Momento vs Deflexion



ETAPA DE PRIMERA FISURA				
Eficiencia de la Viga 8 en comparacion con la Viga Patron				
Espécimen	Deformación (mm)	Carga (KN)	Momento (KN.m)	Eficiencia %
Viga 1	4	60,5	15,13	164,46
Viga 8	5,02	160	40	

ETAPA DE FALLA ULTIMA				
Eficiencia de la Viga 8 en comparacion con la Viga Patron				
Espécimen	Deformación (mm)	Carga (KN)	Momento (KN.m)	Eficiencia %
Viga 1	-	160	40	131,25
Viga 8	-	370	92,5	

Marisol Rodriguez Albino
ESTUDIANTE DE PROYECTO DE GRADO

Ing. Ariel Castillo Gareca
ENC. LAB. TECNOLOGIA DE LA MADERA
FCyF. - U.A.J.M.S.

HOJA TECNICA

Sika® CarboDur® S**Láminas de fibra de carbono para refuerzo estructural****GENERAL**

Las láminas **Sika® CarboDur® S** son de fibras de carbono pultrusionadas reforzadas con polímeros (CFRP) diseñadas para refuerzo de estructuras de hormigón, madera, albañilería, acero y polímeros reforzados con fibras.

Las láminas de **Sika® CarboDur® S** se adhiere sobre la estructura, como refuerzo externo, usando el adhesivo epóxico Sikadur® 30

Consulte la Ficha de Producto respectiva para información detallada de cada adhesivo.

USOS

Sika® CarboDur® S puede ser usado sólo por profesionales experimentados.

Los sistemas **Sika® CarboDur® S** son usados para mejorar, incrementar o rehabilitar el comportamiento y resistencia de estructuras por:

Incremento de la capacidad de carga

- Aumento de capacidad de losas, vigas y secciones de puentes.
- Aumento de capacidad de puentes, según carga por eje.
- Instalación de maquinaria pesada.
- Estabilizar estructuras que vibran.
- Cambio de uso en edificaciones.

Daño de elementos estructurales debido a:

- Deterioro de los materiales de construcción originales.
- Corrosión del acero de refuerzo.
- Accidentes (impacto de vehículos, sismos, etc.)

Mejoramiento del servicio y durabilidad

- Reducción de la deflexión y del ancho de fisuras.
- Reducción del esfuerzo en el acero de refuerzo.
- Mejoramiento de la resistencia a fatiga.

Cambio en el sistema estructural:

- Remoción de muros o columnas.
- Remoción de secciones de losas y muros para pasadas.

Resistencia a posibles eventos:

- Mejoramiento de resistencia a sismos, impacto, explosión, etc.

Para reparar defectos de diseño o construcción tales como:

- Insuficiente / inadecuado acero de refuerzo.
- Insuficiente / inadecuado espesor de la estructura.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- No corrosivo.
- Elevada resistencia.
- Excelente durabilidad y resistencia a fatiga.
- Longitud ilimitada, no requiere juntas.
- Bajo espesor, puede ser revestido.
- Fácil transporte (rollos).
- Bajo espesor del sistema, simple intersección y empalmes de láminas.
- Liviano, muy fácil instalación, especialmente sobre cabeza (sin soporte temporal).
- Mínima preparación de láminas, aplicable en varias capas.
- Disponible combinaciones de elevada resistencia y módulo de elasticidad.
- Bordes suaves sin fibras expuestas, como resultado de la fabricación por pultrusión.
- Ensayos y aprobaciones disponibles en diversos países en el mundo.

DATOS BÁSICOS

ASPECTO Y COLOR

Fibra de carbono reforzada con una matriz epóxica de color negro.

ALMACENAMIENTO

La vida útil es ilimitada siempre y cuando no se exponga a la luz directa del sol y las condiciones de almacenaje sean en ambiente seco y temperaturas no mayores a 50°C.

Transporte: Sólo en su embalaje original o protegido contra cualquier daño.

CONSERVACIÓN

Ilimitado, siempre y cuando se cumplan las condiciones de almacenamiento.

PRESENTACIÓN

Por metro lineal.

DATOS TÉCNICOS

DENSIDAD

1.60 g/cm³

NORMA DE ENSAYO

- **EE.UU.:** ACI 440.2R-08, Guide for the Design and construction of Externally Bonded FRP Systems for strengthening concrete structures, July 2008.
- **Reino Unido:** Concrete Society Technical Report No. 55, Design guidance for strengthening concrete structures using fibre composite material, 2012.
- **Suiza:** SIA 166:2004 Klebebewehrungen.
- **Italia:** CNR-DT 200 R1/2013 - Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Existing Structures.

DIMENSIONES

TIPO Sika® CarboDur® S	ANCHO	ESPESOR	AREA TRANSVERSAL
512	50 mm	1.2 mm	60 mm ²
514	50 mm	1.4 mm	70 mm ²
614	60 mm	1.4 mm	84 mm ²
626	60 mm	2.6 mm	156 mm ²
812	80 mm	1.2 mm	96 mm ²
814	80 mm	1.4 mm	112 mm ²
914	90 mm	1.4 mm	126 mm ²
1012	100 mm	1.2 mm	120 mm ²
1014	100 mm	1.4 mm	140 mm ²
1214	120 mm	1.4 mm	168 mm ²
1512	150 mm	1.2 mm	180 mm ²

Nota: La platina Sika® CarboDur® S512 se encuentra normalmente disponible inmediatamente. Las otras pletinas se deben solicitar a pedido.

CONTENIDO DE FIBRA EN VOLUMEN > 68 %

RESISTENCIA A TRACCIÓN DEL LAMINADO

(EN 2561)

Valor Medio	3 100 N/mm ²
Valor Fractil 5%	2 900 N/mm ²

Valores en la dirección longitudinal de las fibras.

MÓDULO DE ELASTICIDAD A TRACCIÓN DEL LAMINADO

(EN 2561)

Valor Medio	170 000 N/mm ²
Valor Fractil 5%	165 000 N/mm ²

Valores en la dirección longitudinal de las fibras.

ELONGACIÓN A ROTURA DEL LAMINADO

TEMPERATURA DE TRANSICIÓN VITREA

(EN 2561)

Valor Medio	1.80 %
-------------	--------

Valores en la dirección longitudinal de las fibras.

TEMPERATURA DE TRANSICIÓN VITREA

>100 °C

**APLICACIÓN
CONSUMO**

Ancho de la pletina Sika® CarboDur® S	Consumo típico de Sikadur®-30*
50 mm	0.20 - 0.28 kg/m
60 mm	0.24 - 0.32 kg/m
80 mm	0.32 - 0.44 kg/m
90 mm	0.40 - 0.56 kg/m
100 mm	0.44 - 0.64 kg/m
120 mm	0.45 - 0.80 kg/m
150 mm	0.68 - 1.00 kg/m

***Nota:** El consumo indicado es solamente para una aplicación estándar.

Substratos con superficies rugosas o desniveladas, cruce de pletinas y pérdidas pueden llevar a consumos de adhesivo más altos hasta 20% - 30%.

CALIDAD DE SOPORTE	Platinas de Sika® CarboDur® S adheridas externamente a la superficie del hormigón: Mínima resistencia pull-off recomendada después de la preparación de la superficie. ■ Media: 2.0 N/mm² ■ Mínima: 1.5 N/mm² Debe verificarse la resistencia pull-off efectiva del hormigón. Cuando la resistencia pull-off del hormigón está bajo los requerimientos mínimos, las soluciones Sika disponibles son: ■ Refuerzo con Sika® CarboDur® S aplicado en ranuras en la superficie. ■ Tejido SikaWrap®: Por favor consultar la Ficha del Producto SikaWrap®. El hormigón debe tener generalmente a lo menos 28 días de edad (dependiendo de las condiciones de curado y el tipo de hormigón, etc.) Platinas de Sika® CarboDur® S adheridas a otros substratos: Para la aplicación de las platinas Sika® CarboDur® S a otros substratos (ladrillo, piedra, acero, madera, polímeros reforzados con fibra, etc.)
PREPARACIÓN DEL SOPORTE	El hormigón debe ser preparado y limpiado hasta alcanzar una superficie de textura abierta y libre de lechada y contaminación.
MÉTODO DE APLICACIÓN / HERRAMIENTAS	Favor consultar la Ficha de Producto del adhesivo epóxico Sikadur® 30. Las platinas Sika® CarboDur® S pueden ser cortadas con sierra de diamante o sierra para metales.
LIMITACIONES	Favor consultar la Ficha de Producto del adhesivo epóxico Sikadur®-30. Un ingeniero calificado debe ser responsable del diseño de los trabajos de refuerzo. Dado el uso estructural de esta aplicación, se debe tener gran cuidado en seleccionar para la aplicación un contratista especialista experimentado y entrenado apropiadamente. El sistema de Sika® CarboDur® S se debe proteger contra la exposición permanente a la luz directa del sol, el agua y/o humedad. Favor consulte el correspondiente Método de Ejecución y las Fichas de Producto aplicables para la selección de un apropiado revestimiento de protección, en las situaciones en que el sistema quedará completa o parcialmente expuesto. La temperatura máxima permitida de servicio es aproximadamente +50°C. Recomendaciones detalladas pueden siempre ser obtenidas en el Departamento Técnico de Sika.
NOTAS	Los datos indicados están basados en ensayos de laboratorio. Si hubiera variaciones respecto a los resultados indicados, los mismos se deben a las diferencias existentes por las dosificaciones, los materiales empleados en ellas, los equipos de producción y las condiciones de obra.
RESTRICCIONES LOCALES	Ha de tenerse en cuenta que como resultado de las legislaciones locales específicas, la ejecución del presente producto puede variar de país a país. Consulte la Ficha Técnica y Hoja de Seguridad local más reciente previo a cualquier uso. Disponibles en la compañía Sika Local y/o en su respectiva página web.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

PRECAUCIÓN DE MANIPULACIÓN

Durante la manipulación de cualquier tipo de producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias.

Para mayor información solicite la última versión de la Hoja de seguridad de éste producto al proveedor.

Se recomienda protegerse utilizando guantes de goma y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y acudir a un especialista.

NOTA LEGAL

La información, y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y uso final de los productos Sika® son proporcionadas de buena fe en base al conocimiento y experiencia de los productos siempre y cuando estén adecuadamente almacenados y manipulados, así como también aplicados en condiciones normales de acuerdo a las recomendaciones de Sika®.

En la práctica, las diferencias en materiales, sustratos y condiciones donde se aplicarán los productos Sika®, no permiten que emitamos garantías respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto para propósitos particulares, así como ninguna responsabilidad legal o contractual puede derivar de esta información o de alguna recomendación escrita o asesoramiento técnico proporcionado. El usuario del producto debe probar la conveniencia del producto para la aplicación que desea realizar.

Sika® se reserva el derecho de cambiar las propiedades de sus productos, los derechos de propiedad de terceros deben ser respetados.

Todos los pedidos aceptados por **SIKA BOLIVIA S.A.** están sujetos a nuestros actuales términos de venta y entrega de productos. Los usuarios deben siempre referirse a la última versión de las Fichas Técnicas del producto, cuya copia puede ser entregada por nuestro Departamento de Ventas a solicitud del usuario o a través de nuestra página web: <http://bol.sika.com>

Santa Cruz: Carretera Cotoca km 11;
Telf./Fax: (591-3) 3464504 - 3648700
El Alto: Av. Juan Pablo II N° 2, Villa Tunari;
Telf.: (591-2) 2840804 - Fax: 2862622
Cochabamba : Av. Villazón N° 4123,
Carretera a Sacaba km 3.5;
Telf./Fax: (591-4) 4716049



HOJA TECNICA

Sikadur® 30

Adhesivo para pegado de refuerzos en hormigón laminas (CFRP)

GENERAL

Sikadur® 30 es un adhesivo epóxico tixotrópico de 2 componentes, libre de solventes.

USOS

- Como adhesivo para pegar refuerzos Sika® Carbodur (CFRP) sobre hormigón y madera.
- Como adhesivo para pegar refuerzos metálicos sobre hormigón, madera y piedra.
- Unión de elementos de hormigón, fibrocemento, acero, piedra, madera, epóxicos.
- Anclajes en cualquier posición.
- Corrección de pequeñas imperfecciones dimensionales en elementos de hormigón.

VENTAJAS

- Pot Life extenso.
- Altas resistencias mecánicas a la abrasión y al impacto.
- Puede ser aplicado sobre superficies ligeramente húmedas.
- Aplicable en superficies verticales y sobrecabeza.
- No contiene componentes volátiles.
- Elevadas resistencias mecánicas.
- No sufre retracciones.
- Fácil de mezclar y aplicar.

DATOS BÁSICOS

APARIENCIA Y COLOR

- Gris (mezcla A+B).
- Pasta color blanco (Componente A)

ALMACENAMIENTO

Mantener en sitio fresco y bajo techo, conservando el producto en el envase original bien cerrado.

TIEMPO DE VIDA ÚTIL

Como se indica en el envase.

PRESENTACIÓN

- Juego 5 kg

DATOS TÉCNICOS

■ Densidad componente A	1,70 – 1,90 g/cc
■ Densidad componente B	1,80 – 1,90 g/cc
■ Valor anímico	110 – 145 mgKOH/g
■ Resistencia a compresión:	950 kg/cm ² aprox.
■ Resistencia a tracción:	300 kg/cm ² aprox.
■ Resistencia a corte:	150 kg/cm ² (rotura hormigón)
■ Adherencia en húmedo:	30 kg/cm ² (rotura hormigón)
■ Módulo de elasticidad:	12 800 N/mm ² (130 480 kg/cm ²)
■ Tiempo abierto:	30 minutos (a 35 °C)
■ Pot life:	40 minutos (a 35 °C)
■ Proporción de mezcla:	A:B = 3:1 (en peso y volumen)

Nota: Estos valores pueden variar dependiendo de la intensidad de mezclado y del aire incluido durante el mismo.

APLICACIÓN

CONSUMO

250 a 500 gramos por metro lineal de lámina de refuerzo colocado en 5 cm de ancho.

El consumo está en función del ancho de la lámina de refuerzo a colocarse (ver catálogo Sika® Carbodur (CFRP)).

PREPARACIÓN DE LAS SUPERFICIES

Hormigón:

- Al momento de aplicarse Sikadur® 30, el hormigón debe tener a lo menos 28 días de edad, encontrarse limpio, exento de polvo, partes sueltas o mal adheridas, sin impregnaciones de aceite, grasa, pintura, etc., firme y sano con respecto a sus resistencias.
- Para una adecuada limpieza es recomendable un arenado, hidroarenado, escarificado o chorro de agua a alta presión.

Madera:

- La superficie debe estar sana, limpia, libre de partículas sueltas, contaminación de grasa, aceite, pinturas, etc.
- Para una adecuada limpieza se debe utilizar chorro de arena o lijado.

Metales:

- Deben encontrarse limpios sin óxido, grasa, aceite, pinturas, etc. Se recomienda un tratamiento con chorro de arena a metal blanco o en su defecto, utilizar métodos térmicos o fisicoquímicos.

Epóxicos:

- La superficie debe estar sana y firme, limpia, libre de elementos contaminantes, grasas, aceites, etc.
- Para una adecuada preparación se debe dar rugosidad a la superficie mediante métodos abrasivos mecánicos.

INSTRUCCIONES DE MEZCLADO

Acondicione el producto entre 18 °C y 30 °C antes de usarlo.

Homogeneizar separadamente los componentes, verter completamente el componente B sobre el componente A y mezclar durante un mínimo de 3 minutos con taladro a bajas revoluciones (máximo 500 r.p.m.) para evitar al máximo la inclusión de aire, hasta obtener una mezcla homogénea.

En el caso que el volumen a utilizar sea inferior al entregado en los envases, se podrán subdividir los componentes, respetando en forma rigurosa las proporciones indicadas en Datos técnicos.

MÉTODO DE APLICACIÓN

Si existen cavidades en la superficie del hormigón se deben rellenar con un mortero epóxico de reparación.

Una vez mezclado correctamente el adhesivo Sikadur® 30, aplicar cuidadosamente empleando plancha o espátula sobre la superficie de hormigón o madera y sobre la superficie de la lámina de refuerzo de acero o Sika® Carbodur (CFRP), en espesores de 0,5 a 2 mm.

El adhesivo debe ser aplicado con cuidado sobre la superficie del hormigón de modo de asegurar el llenado de todos los poros y pequeñas cavidades.

Los refuerzos mediante láminas Sika® Carbodur o acero deben ser posicionados dentro del "tiempo abierto" del adhesivo.

Los refuerzos deben ser mantenidos en su posición mediante dispositivos adecuados, cuando el sistema de refuerzo lo requiera. La superficie de los refuerzos debe ser presionada hasta que el adhesivo reviente por los costados de la lámina.

En el caso de pegado de láminas de refuerzo de acero, los elementos de soporte deben ser retirados después de 2 días como mínimo.

Para comprobar la adherencia deben golpearse las láminas de refuerzo con un pequeño martillo para detectar áreas no adheridas.

Para el control del material adhesivo usado referente a desarrollo de resistencias, se recomienda fabricar probetas de ensayo en la obra.

Después del endurecimiento medir las resistencias a compresión, flexotracción y adherencia.

LIMPIEZA DE HERRAMIENTAS

Limpiar las herramientas inmediatamente con diluyente piroxilina. El producto endurecido sólo puede ser removido mecánicamente.

NOTAS SOBRE APLICACIÓN

- Humedad máxima de sustrato: 10%.
- Resistencia mínima de adherencia de la superficie del hormigón: 15 kg/cm².

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

PRECAUCIONES DE MANIPULACIÓN

Durante la manipulación de cualquier tipo de producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias.

Se recomienda protegerse utilizando guantes de goma y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y acudir a un especialista.

A la vez se recomienda lavarse las manos antes de ingerir alimentos.

ECOLOGÍA

No disponer el producto en el suelo o cursos de agua sino conforme a las regulaciones locales y previa neutralización. Para mayor información solicite la hoja de seguridad del producto.

NOTA LEGAL

La información, y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y uso final de los productos Sika® son proporcionadas de buena fe en base al conocimiento y experiencia de los productos siempre y cuando estén adecuadamente almacenados y manipulados, así como también aplicados en condiciones normales de acuerdo a las recomendaciones de Sika®.

En la práctica, las diferencias en materiales, sustratos y condiciones donde se aplicarán los productos Sika®, no permiten que emitamos garantías respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto para propósitos particulares, así como ninguna responsabilidad legal o contractual puede derivar de esta información o de alguna recomendación escrita o asesoramiento técnico proporcionado. El usuario del producto debe probar la conveniencia del producto para la aplicación que desea realizar.

Sika® se reserva el derecho de cambiar las propiedades de sus productos, los derechos de propiedad de terceros deben ser respetados.

Todos los pedidos aceptados por SIKABOLIVIA S.A. están sujetos a nuestros actuales términos de venta y entrega de productos. Los usuarios deben siempre referirse a la última versión de las Fichas Técnicas del producto, cuya copia puede ser entregada por nuestro Departamento de Ventas a solicitud del usuario o a través de nuestra página web: <http://bo.sika.com.bo>

Santa Cruz: Carretera Cotoca Km. 11;
Telf./Fax: (591-3) 3464504 - 3648700
El Alto: Av. Juan Pablo II N° 2, Villa Tunari;
Telf.: (591-2) 2840804 - Fax: 2862622
Cochabamba : Av. Villazón N° 4123,
Km. 3,5 Carretera a Sacaba;
Telf./Fax: (591-4) 4716049

ANEXO 10

IMÁGENES DE LOS ENSAYOS

REALIZADOS

Alisado de la viga con amoladora



Alisado de la viga con lija



Traslado de las vigas desde el Lab de hormigones hacia el Lab. de Maderas



Preparación del Pegamento Resina Epoxi



Pegado de las Platinas de fibra de Carbono



Colocado de la Platina en la viga



Colocación de la viga sobre el dispositivo de Flexión



Colocación de la viga en el dispositivo de flexión



Verificar que la viga quede centrada sobre el dispositivo



Aplicación de la carga



Lectura de la deformación en el indicador dial



Lectura de la carga en la Prensa Universal



Fisuras por falla de corte



Viga ensayada



Platina de Fibra de Carbono después del ensayo



Fisuras en la Viga con Refuerzo



Vigas ensayadas



Vigas ensayadas

