

**TRABAJO DE GRADO**

**EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE ANCLAJES  
ROSCADOS EN CONCRETO ENDURECIDO PARA  
CONDICIONES DE BORDE**

**Por los Brs.:**

**Di Martino G., Linabel C.**

**Díaz R., Orlando J.**

**Para optar al Título de**

**Ingeniero Civil**

**TRABAJO DE GRADO**

**EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE ANCLAJES  
ROSCADOS EN CONCRETO ENDURECIDO PARA  
CONDICIONES DE BORDE**

**TUTOR ACADÉMICO:**

**Ing. Ronald Torres**

**Por los Brs.:**

**Di Martino G., Linabel C.**

**Díaz R., Orlando J.**

**Para optar al Título de**

**Ingeniero Civil**



*La construcción civil es un ejercicio que viene desde principios de la historia de la humanidad, por lo que en la naturaleza del hombre ha estado la búsqueda del hábitat y mejoramiento del mismo, así lo demuestran los testimonios de ruinas hallados por el hombre hasta nuestros días.*

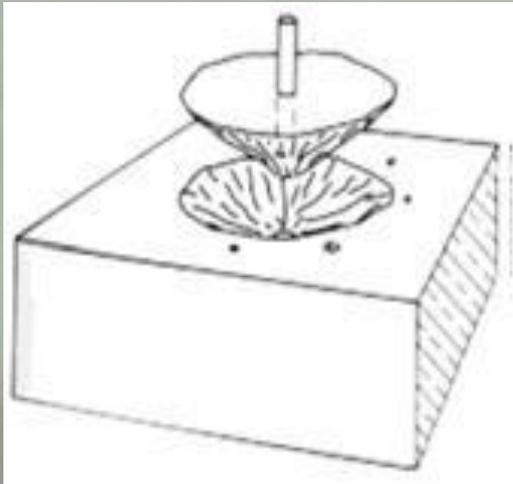
# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

---

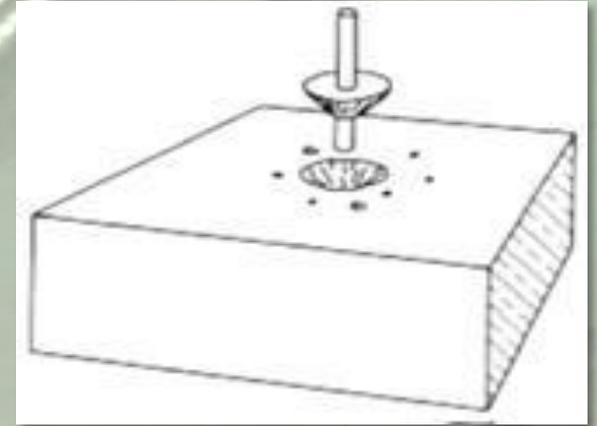
Para el reforzamiento o reparación de estructuras, existen diferentes anclajes mecánicos que se pueden instalar en concreto endurecido, algunos de estos pueden ser: anclajes rebajados, anclajes roscados, anclajes de expansión de torque controlado, anclajes de expansión de desplazamiento, entre otros. Debido a los diversos y elevados costos, al momento de realizar un reforzamiento en una estructura, se ha buscado practicidad a la hora de su ejecución. En Venezuela, una de las herramientas utilizadas es la instalación de uno o varios anclajes roscados en una sección de concreto endurecido; esta herramienta es usada a pesar del desconocimiento de un proceso de instalación del anclaje y de la resistencia que éste puede ofrecer según su ubicación en la estructura (vigas, columnas o losas).

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

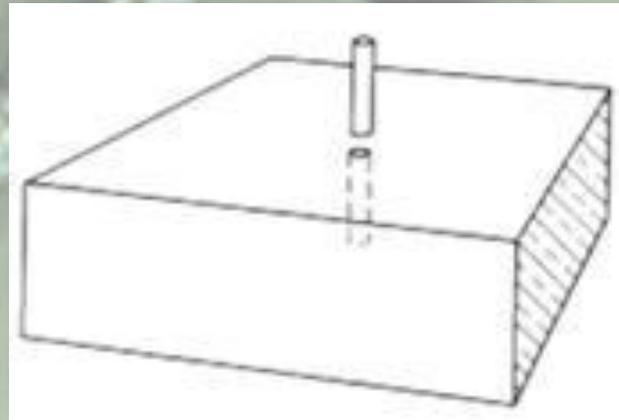
## TIPOS DE FALLA



Falla por concreto



Falla mixta



Falla por deslizamiento

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

---

¿Qué resistencia a la tracción ofrece el sistema de anclajes roscados?

¿Que diferencias de comportamiento tendrían a tracción?

¿Qué comportamiento tendría?

Esta tesis sólo se refiere a anclajes de barras roscadas de acero SEA grado 2 de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro instalados con resina epóxica en pasta sobre concreto endurecido de diversas resistencias ( $180 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $220 \text{ Kg/cm}^2$  y  $250 \text{ Kg/cm}^2$ ) y en una pieza de concreto endurecido que fue sometida a flexión y expuesta al aire libre durante aproximadamente 3 años, estos sistemas se ensayarán a tracción.

# OBJETIVOS

---

## OBJETIVO GENERAL

*Evaluar la resistencia a tracción que ofrece un sistema de anclajes roscados en concreto endurecido.*



## OBJETIVO ESPECÍFICO

- 1.- Obtener la resistencia a tracción del sistema de anclajes roscados instalados en viguetas de diferentes resistencias.*
- 2.- Obtener la resistencia a tracción del sistema de anclajes roscados sobre una vigueta que fue sometida a flexión y expuesta al aire libre durante aproximadamente 3 años.*
- 3.- Caracterizar la resistencia a tracción del acero de las barras roscadas a usar.*
- 4.- Caracterizar la resistencia que ofrece por adherencia la resina epóxica.*
- 5.- Contrastar el comportamiento del concreto para los anclajes roscados individuales en las piezas de concreto endurecido de distintas resistencias.*

# METODOLOGÍA

## SELECCIÓN DE MATERIALES



**Barras roscadas de acero SAE Grado 2 de 1/2" de diámetro.**



**Resina epóxica en pasta marca Quimicon**

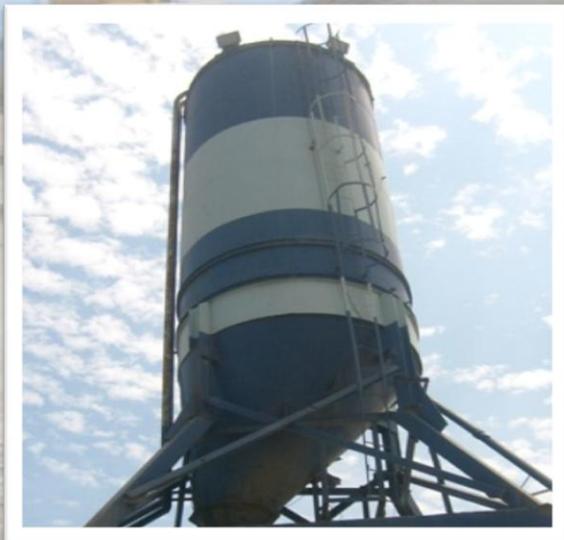
## SELECCIÓN DE MATERIALES

Agregado Grueso: Piedra 1" de la

Cantera PIEDRA MARACAY , Tacagua

Agregado Fino: de Puente Arena, Araguaita

Cemento: Portland Tipo I marca **CEMEX**



**Silo almacenador de cemento**



**Piedra picada y arena**

Materiales Suministrados por Premezcladora

***Rapid Concrete C.A***

# METODOLOGÍA

## SELECCIÓN DE MATERIALES

### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

(Premezcladora Rapid Concreto C.A.)



Almacenamiento de piedra picada y arena



Tanque de agua dispuesta para la realización de mezclas

# METODOLOGÍA

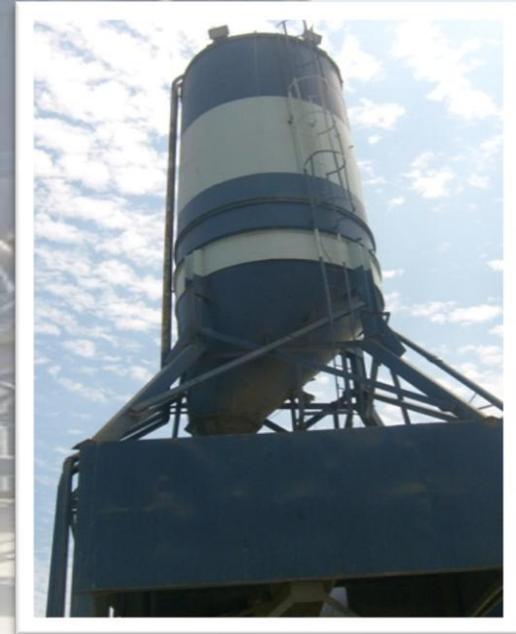
## SELECCIÓN DE MATERIALES

### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

(Premezcladora Rapid Concreto C.A.)



Tanques de almacenamiento de piedra picada  
y arena



Silo almacenador de cemento

# METODOLOGÍA

## SELECCIÓN DE MATERIALES

### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

(Premezcladora Rapid Concreto C.A.)



Dispensadora de agregados



Camiones mezcladores de concreto

# METODOLOGÍA

## SELECCIÓN DE MATERIALES

### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

(Premezcladora Rapid Concreto C.A.)



**Piscinas dispuestas para el curado de cilindros y viguetas.**

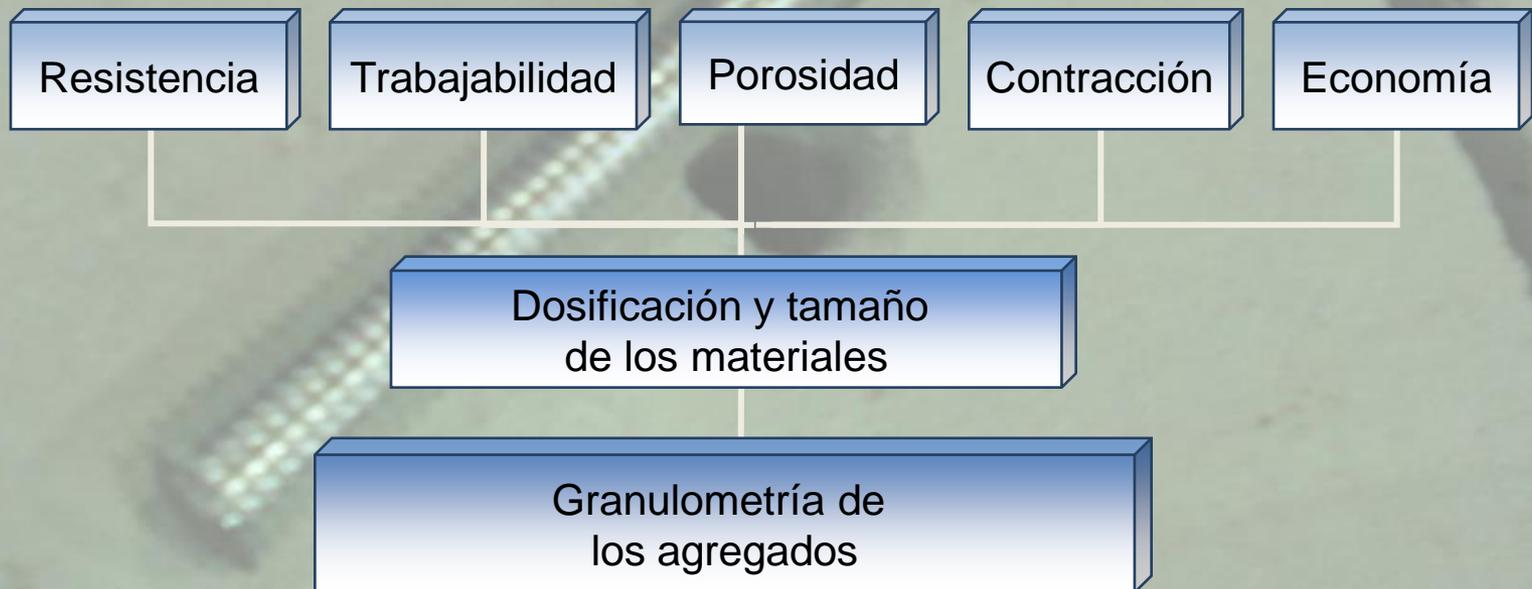


**Piscina dispuesta para el curado de cilindros y viguetas, ubicado en el IMME de la Universidad Central de Venezuela.**

# METODOLOGÍA

## CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

### GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS



## CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

*Granulometría del agregado grueso:* Se realizó según lo estipulado en la Norma COVENIN 255-98 “Agregados. Determinación de la composición granulométrica.”



**Agregado Grueso.**



**Tamizado del agregado grueso**

## CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

*Granulometría del agregado fino:* Se realizó según lo estipulado en la Norma COVENIN 255-98 “Agregados. Determinación de la composición granulométrica.”



**Tamizado del agregado fino**



**Determinación de masa de cada pasante**

## CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

*Humedad:* Se realizó según lo estipulado en la Norma COVENIN 1375-79 “Método de ensayo para determinar por secado, el contenido de humedad total y superficie en el agregado.”



**Proceso de secado de los agregados**



**Determinación de masa de los agregados después del secado.**

## CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

*Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso:* Se realizó según lo estipulado en la Norma COVENIN 269-98 “Agregado grueso. Determinación de la Densidad y la Absorción.”



**Agregado grueso**



**Colocación del agregado saturado con superficie seca en recipiente o cesta de alambre**

## CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

*Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino:* Se realizó según lo estipulado en la Norma COVENIN 268-98 “Agregado fino. Determinación de la Densidad y la Absorción.”



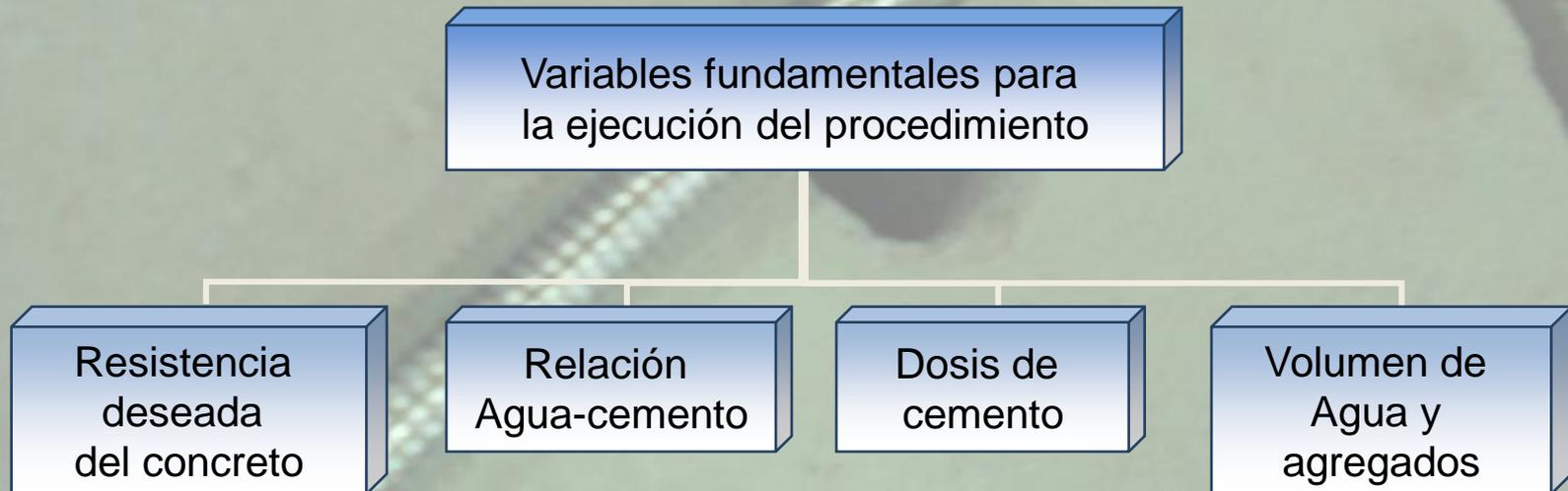
**Compactación de la muestra del agregado fino**



**Añadidura de la muestra saturada de superficie seca en el picnómetro con agua.**

## DISEÑO DE MEZCLAS

Se realizó según lo descrito en el “Manual de concreto” de Joaquín Porrero (Diseño de mezclas convencional).



## DISEÑO DE MEZCLAS

Cantidades a elaborar de viguetas y cilindros por resistencia

<b>Resistencia del concreto deseada (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	180	220	250
<b>Nomenclatura</b> (según fecha de elaboración de la mezcla)	M3	M1	M2
<b>Cantidad de viguetas</b>	4	4	4
<b>Cantidad de cilindros</b>	15	15	15

## ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS

➤ **Medición de asentamiento con el cono de Abrams:**

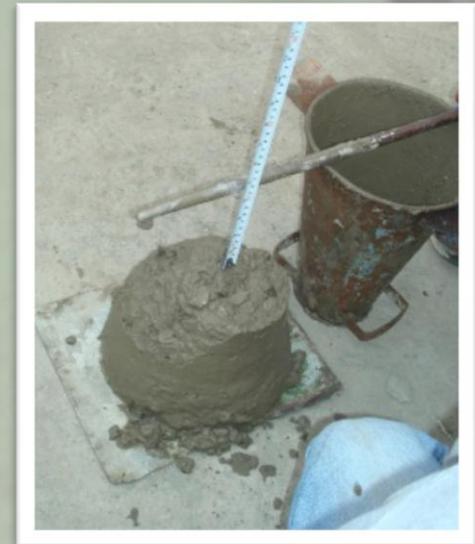
Se realizó según la Norma COVENIN 338 – 2002 *“Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto”*



**Proceso de vaciado del cono de Abrams.**



**Compactación por cada capa con 25 golpes con barra compactadora**



**Medición del asentamiento de la mezcla de concreto**

# METODOLOGÍA

## ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS

- Elaboración, curado y ensayo a compresión de probetas cilíndricas



1) Cepillado de moldes



2) Colocación de gasoil con estopa



3) Vaciado y compactación del concreto en los moldes

## ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS

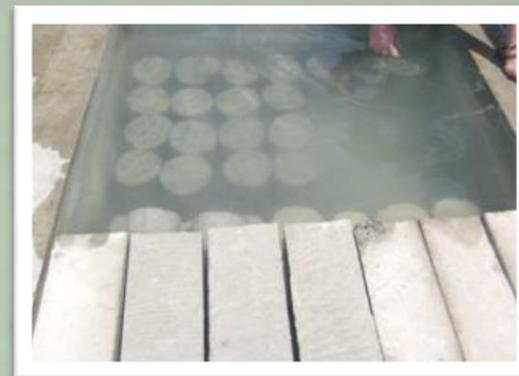
- Elaboración, curado y ensayo a compresión de probetas cilíndricas



4) Enrasado de concreto en los moldes



5) Desencofrado a las 24 horas

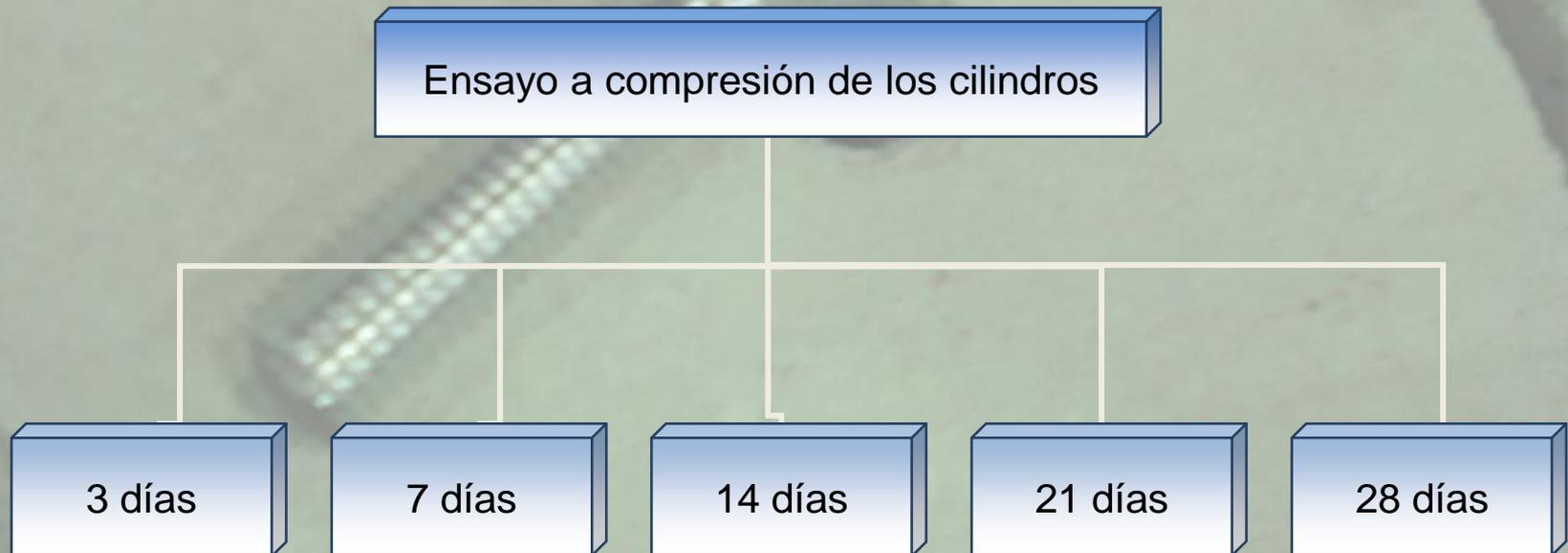


6) Curado de probetas

## ENSAYO A COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS

### ➤ Ensayo a compresión de cilindros

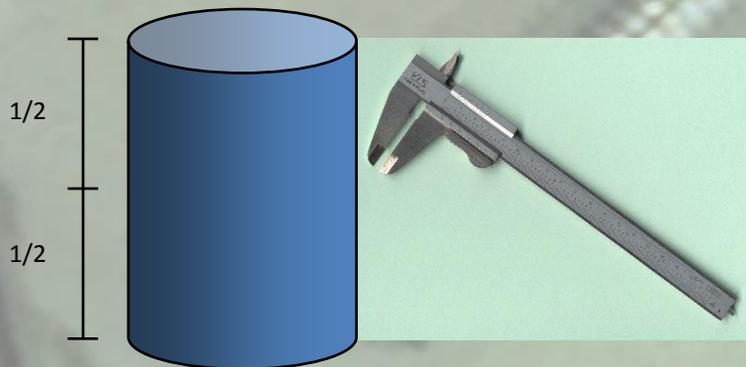
Se realizó según lo indicado en la Norma COVENIN 338-2002 *“Concreto. Método para la Elaboración, Curado y Ensayo a compresión de Cilindros de Concreto”*.



## ENSAYO A COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS

### ➤ Ensayo a compresión de cilindros

Se realizó según lo indicado en la Norma COVENIN 338-2002 *“Concreto. Método para la Elaboración, Curado y Ensayo a compresión de Cilindros de Concreto”*.



Medición de peso, diámetro y altura



Ensayo a compresión en prensa universal

# METODOLOGÍA

## EXTRACCIÓN Y ENSAYO A COMPRESIÓN DE CODRILES DE LA VIGUETA SOMETIDA A FLEXIÓN Y EXPUESTA AL AIRE LIBRE



Extracción del codril



Corte de extremos del codril



nivelación de los codriles

# METODOLOGÍA

## EXTRACCIÓN Y ENSAYO A COMPRESIÓN DE CODRILES DE LA VIGUETA SOMETIDA A FLEXIÓN Y EXPUESTA AL AIRE LIBRE



**Medición de diámetro y altura**



**Determinación de masa de los codriles**



**Compresión de codriles**

## ENSAYO DE ULTRASONIDO

Este ensayo se realizó según lo indicado en el punto 8.2 de la Norma COVENIN 1976-2003 *“Concreto. Evaluación y Métodos de Ensayo”* y se evaluó según la Norma COVENIN 1681:1980 *“Método de Ensayo Para Determinar la Velocidad de Propagación de Onda en el Concreto”*



**Equipo para realización de ensayo de ultrasonido.**



**Realización del ensayo de ultrasonido con monitor y palpadores**

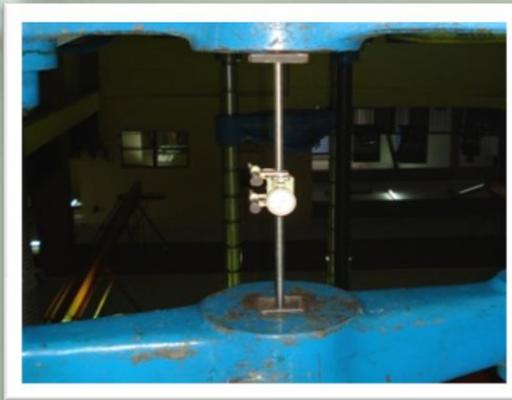
# METODOLOGÍA

## ENSAYO DE TRACCIÓN DE BARRAS ROSCADAS

Este ensayo se realizó según lo indicado en la Norma COVENIN 299-89 "*Materiales Metálicos. Ensayo de Tracción*".



Barras roscadas de acero SAE Grado 2 de 1/2" de diámetro y una longitud de 70 cm



Ensayo de tracción de barras roscadas



Medición de deformación de las barras

## CALIBRACIÓN DEL GATO HIDRÁULICO

Este ensayo se realizó según lo indicado en la Norma COVENIN 2534-2000 *“Requisitos Generales que Permiten Evaluar la Competencia Técnica de los Laboratorios de Calibración y Ensayo”*.



**Gato**



**Bomba hidráulica marca  
Power Unit y Manómetro**

# METODOLOGÍA

## ENSAYO DE ADHERENCIA DE LA RESINA



Viguetas marcadas con una distancia entre perforación y perforación de 30 cm



Se marcó la broca de 5/8" con una altura de 4 cm para identificar la profundidad de la perforación



Perforación con taladro roto-percusor Hilti para caracterización del epóxico.

# METODOLOGÍA

## ENSAYO DE ADHERENCIA DE LA RESINA



**Extracción de partículas de polvo en orificios taladrados**



**Corte de barras roscadas a 25 cm con segueta y prensa mecánica**



**Mezcla de la resina epóxica en pasta. (Componente A con componente B).**

# METODOLOGÍA

## ENSAYO DE ADHERENCIA DE LA RESINA



Colocación de epóxico en orificios de las viguetas. Se dejó secar durante 24 horas



Colocación y nivelación de barras roscadas



Ensayo de tracción para caracterización del epóxico

# METODOLOGÍA

## ENSAYO DE EXTRACCIÓN DEL ANCLAJE DE BARRA ROSCADA CON RESINA EPÓXICA (PULL OUT)



Viguetas marcadas con una distancia entre punto y punto de 25 cm



Se marcó la broca de 5/8" con una altura de 10 cm para identificar la profundidad de la perforación



Perforación de viguetas con mecha de 5/8" de diámetro con la profundidad de perforación de 10 cm. Espacio entre perforaciones de 25 cm

# METODOLOGÍA

## ENSAYO DE EXTRACCIÓN DEL ANCLAJE DE BARRA ROSCADA CON RESINA EPÓXICA (PULL OUT)



**Extracción de partículas de polvo en orificios taladrados**



**Colocación de epóxico en orificios de las viguetas**



**Nivelación de las barras**

# METODOLOGÍA

## ENSAYO DE EXTRACCIÓN DEL ANCLAJE DE BARRA ROSCADA CON RESINA EPÓXICA (PULL OUT)



Secado de la resina en 24 horas (Este procedimiento también se realizó en la viga expuesta a flexión y dejada al aire libre)



Extracción de las barras roscadas por medio de tracción después de 24 hora luego de haber colocado el epóxico

# METODOLOGÍA

## ENSAYO DE EXTRACCIÓN DEL ANCLAJE DE BARRA ROSCADA CON RESINA EPÓXICA (PULL OUT)



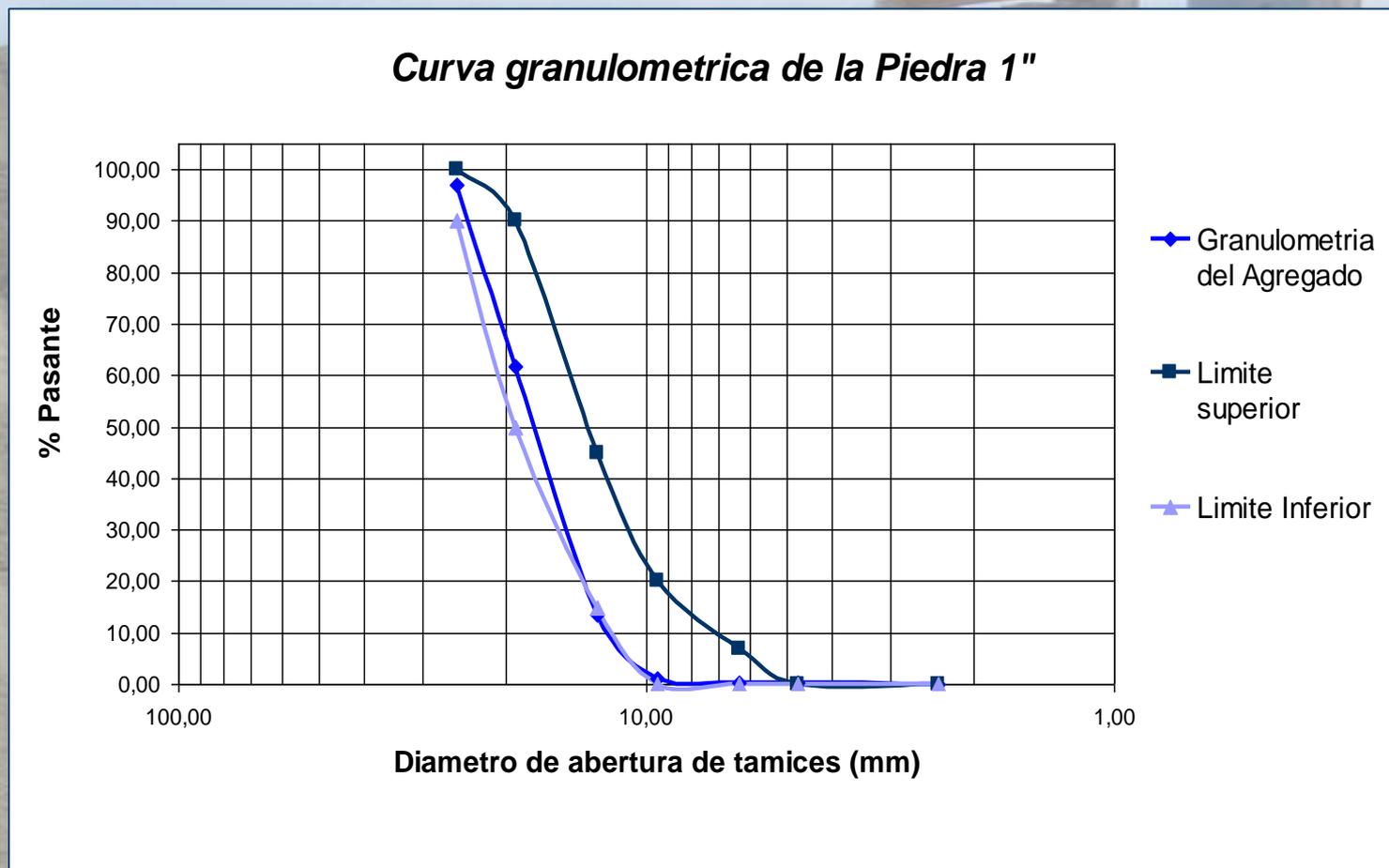
**Cono de falla por concreto y resina**



**Medición de diámetro y altura de zona de deslizamiento y cono de concreto**

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

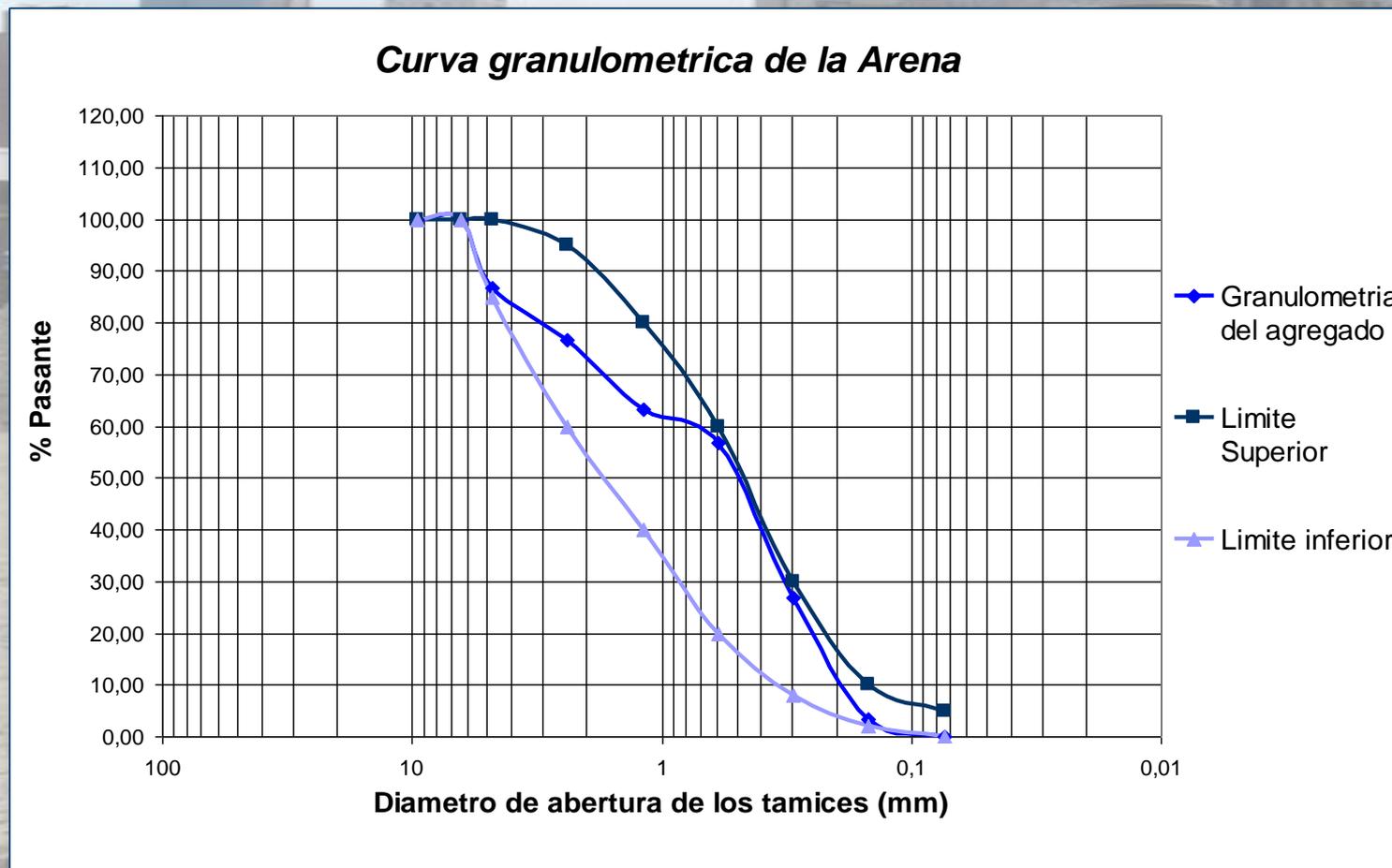
## GRANULOMETRIA



Curva Granulométrica del Agregado Grueso

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## GRANULOMETRIA



Curva Granulométrica del Agregado Fino

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## HUMEDAD, PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS.

Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca	$W_2$ (gr)	5000
Peso en el aire de la muestra seca	$W_1$ (gr)	4948
Peso en el agua de la muestra saturada	$W_3$ (gr)	3121
Peso especifico saturado con superficie seca	$\gamma_s$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2,66
% de Absorción	$A_b$ (%)	1,05
Densidad aparente con muestra saturada y superficie seca	$\rho_a$ (g/ml)	2,66
Densidad Nominal con muestra saturada y superficie seca	$\rho$ (g/ml)	2,71
% Humedad	w (%)	0,00

### Densidad, Absorción y Peso Especifico del Agregado Grueso

Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca	W (gr)	500
Peso en el aire de la muestra seca	$W_1$ (gr)	488
Peso del picnómetro con agua	$W_a$ (gr)	1093
Peso del picnómetro con muestra+agua	$W_p$ (gr)	1412
Peso especifico saturado con superficie seca	$\gamma_s$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2,76
% de Absorción	$A_b$ (%)	2,46
Densidad aparente con muestra saturada y superficie seca	$\rho_s$ (g/ml)	2,70
Modulo de finura		2,87

### Densidad, Absorción y Peso Unitario del Agregado Fino.

Peso aire muestra húmeda	W (g)	664
Peso aire muestra seca	$W_1$ (g)	629
Peso agua	$W_a$ (g)	35
Contenido de humedad	w (%)	5,56

### Humedad del Agregado Fino.

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## DISEÑO DE MEZCLA Y DOSIFICACIÓN

**Dosificación para 0,5 m<sup>3</sup> de M-1 (220 Kg/cm<sup>2</sup>)**

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
Agua (lt)	95
Cemento (Kg)	174,40
Arena (Kg)	421,00
Piedra 1" (Kg)	514,00

**Dosificación de la Mezcla 1 de resistencia 220 Kg/cm<sup>2</sup>.**

**Dosificación para 0,5m<sup>3</sup> de M-2 (250 Kg/cm<sup>2</sup>)**

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
Agua (lt)	98
Cemento (Kg)	196,74
Arena (Kg)	408,50
Piedra 1" (Kg)	499,00

**Dosificación de la Mezcla 2 de resistencia 250 Kg/cm<sup>2</sup>**

**Dosificación para 0,5 m<sup>3</sup> de M-3 (180 Kg/cm<sup>2</sup>)**

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
Agua (lt)	91
Cemento (Kg)	147,68
Arena (Kg)	437,00
Piedra 1" (Kg)	533,50

**Dosificación de la Mezcla 3 de resistencia 180 Kg/cm<sup>2</sup>.**

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## VELOCIDAD DE PULSO ULTRASONICO DE LA VIGUETAS

Cilindros	Resistencia del Concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Longitud (cm)	Longitud (m)	Tiempo (μ seg.)	Tiempo (seg.)	Velocidad (m/s)	Velocidad promedio (m/s)
1	220	15	0,15	37,5	$3,8 \times 10^{-05}$	4.000,0	3.985,9
2		15	0,15	37,9	$3,8 \times 10^{-05}$	3.957,8	
3		15	0,15	37,5	$3,8 \times 10^{-05}$	4.000,0	

Velocidad de pulso ultrasónico en probetas de la mezcla 1 (220 Kg/cm<sup>2</sup>).

Resistencia	Promedio	desviación	Coef. de variación
220	3.985,9	594,074	14,9043

Coefficiente de variación de pulso ultrasónico para probetas de la mezcla 1 (220 Kg/cm<sup>2</sup>). 08/07/2012 Covenin 1976

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## VELOCIDAD DE PULSO ULTRASONICO DE LA VIGUETAS

Cilindros	Resistencia del Concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Longitud (cm)	Longitud (m)	Tiempo (μ seg.)	Tiempo (seg.)	Velocidad (m/s)	Velocidad promedio (m/s)
7	250	15	0,15	36,9	$3,7 \times 10^{-05}$	4.065,0	4.039,8
8		15	0,15	37,6	$3,8 \times 10^{-05}$	3.989,4	
9		15	0,15	36,9	$3,7 \times 10^{-05}$	4.065,0	

Velocidad de pulso ultrasónico en probetas de la mezcla 2 (250 Kg/cm<sup>2</sup>).

Resistencia	Promedio	desviación	Coef. de variación
250	4.039,8	1909,101	47,2571

Coeficiente de variación de pulso ultrasónico para probetas de la mezcla 2 (250 Kg/cm<sup>2</sup>)

0,0472571

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## VELOCIDAD DE PULSO ULTRASONICO DE LA VIGUETAS

Cilindro	Resistencia del Concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Longitud (cm)	Longitud (m)	Tiempo (μ seg.)	Tiempo (seg.)	Velocidad (m/s)	Velocidad promedio (m/s)
1	180	15	0,15	43,5	4,4x10 <sup>-05</sup>	3.448,3	3.419,6
2		15	0,15	43,8	4,4x10 <sup>-05</sup>	3.424,7	
3		15	0,15	44,3	4,4x10 <sup>-05</sup>	3.386,0	

Velocidad de pulso ultrasónico en probetas de la mezcla 3 (180 Kg/cm<sup>2</sup>).

Resistencia	Promedio	desviación	Coef. de variación
180	3.419,6	988,267	28,8997

Coeficiente de variación de pulso ultrasónico para probetas de la mezcla 3 (180 Kg/cm<sup>2</sup>) 2012

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## VELOCIDAD DE PULSO ULTRASONICO DE LA VIGUETAS

Cilindros	Resistencia del Concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Longitud (cm)	Longitud (m)	Tiempo (μ seg.)	Tiempo (seg.)	Velocidad (m/s)	Velocidad promedio (m/s)
1	275	30	0,3	77,3	7,7x10 <sup>-05</sup>	3.881,0	3.856,1
2		30	0,3	77,8	7,8E <sup>-05</sup>	3.856,0	
3		30	0,3	78,3	7,8x10 <sup>-05</sup>	3.831,4	

Velocidad de pulso ultrasónico en viga que fue sometida a flexión.

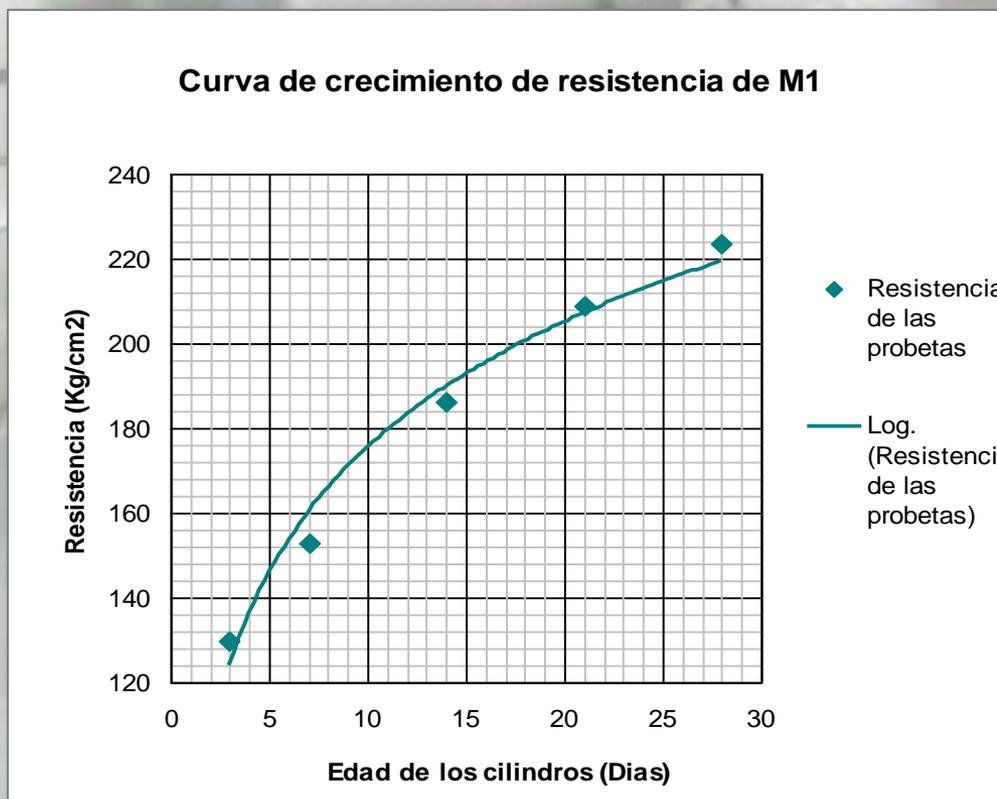
Resistencia	Promedio	desviación	Coef. de variación
275	3.856,1	614,19	15,9276

Coeficiente de variación de pulso ultrasónico en viga que fue sometida a flexión

04/2012

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

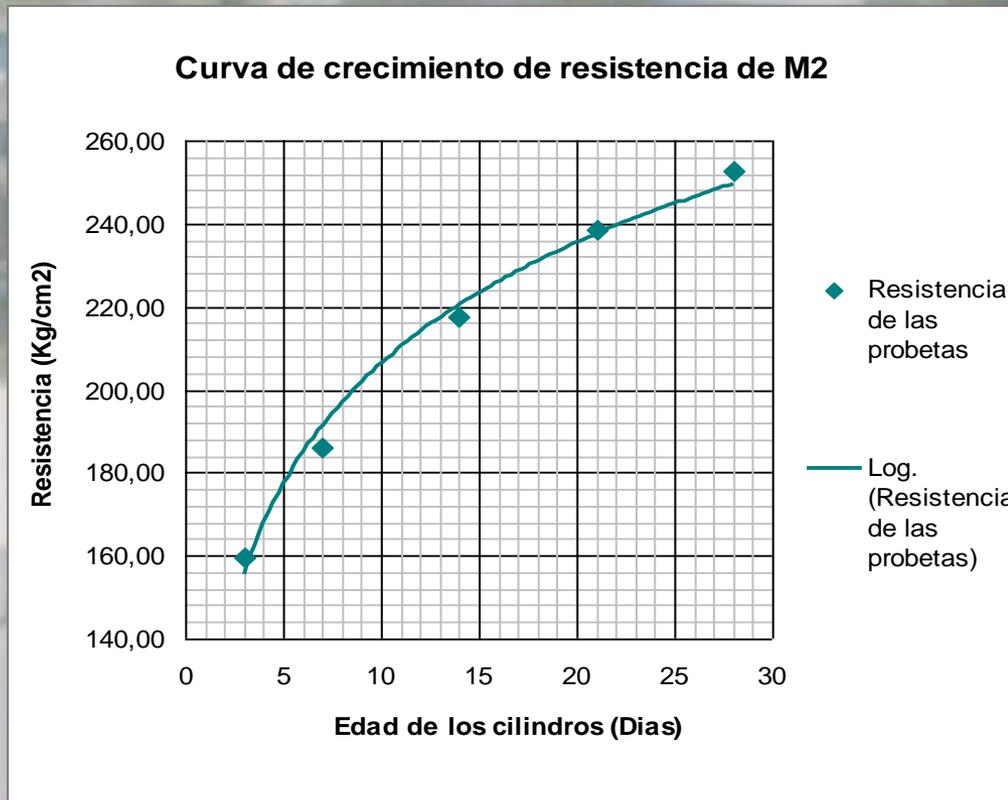
## ENSAYO A COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS DE CONCRETO



Curva de crecimiento de resistencia de la mezcla 1 (220 Kg/cm<sup>2</sup>).

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

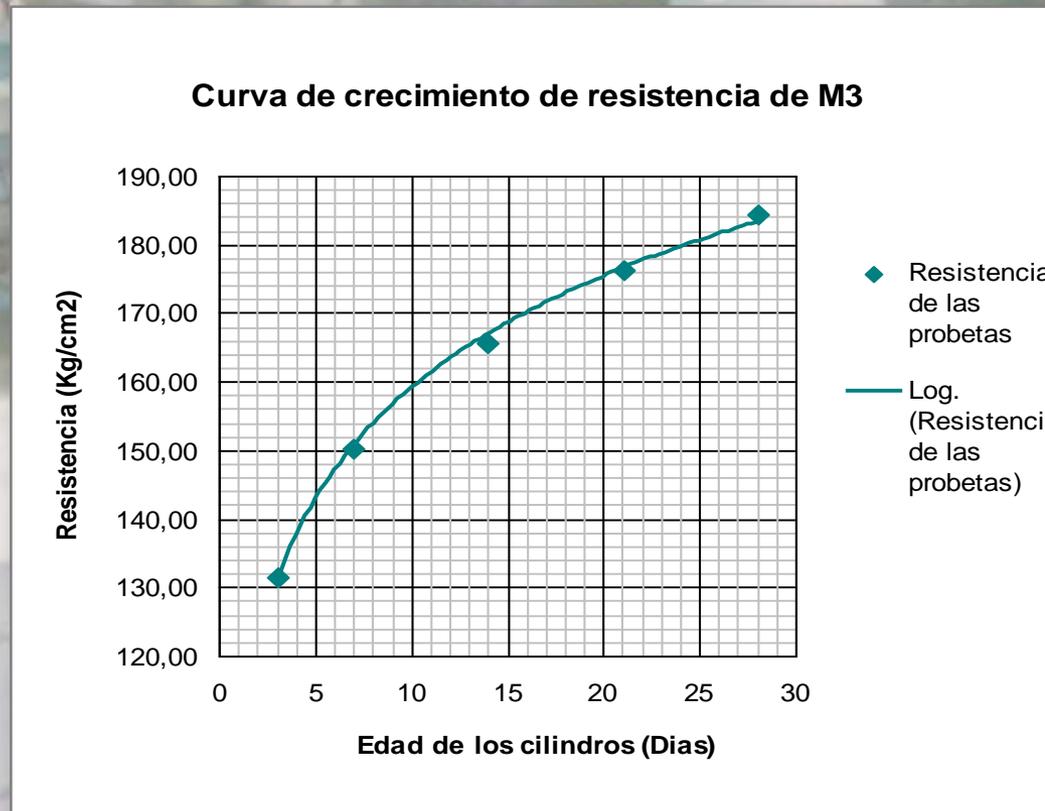
## ENSAYO A COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS DE CONCRETO



Curva de crecimiento de resistencia de la mezcla 2 (250 Kg/cm<sup>2</sup>).

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## ENSAYO A COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS DE CONCRETO



Curva de crecimiento de resistencia de la mezcla 3 (180 Kg/cm<sup>2</sup>).

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## ENSAYO A COMPRESIÓN SIMPLE DE NUCLEOS DE VIGUETA



Núcleo	Diámetro (cm)	Carga máx. (kgf)	f'c (kgf/cm <sup>2</sup> )	f'c/0.85 (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resist Promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	7,6	10400	229	269	275
2	7,5	10600	239	281	
3	7,5	10200	232	273	

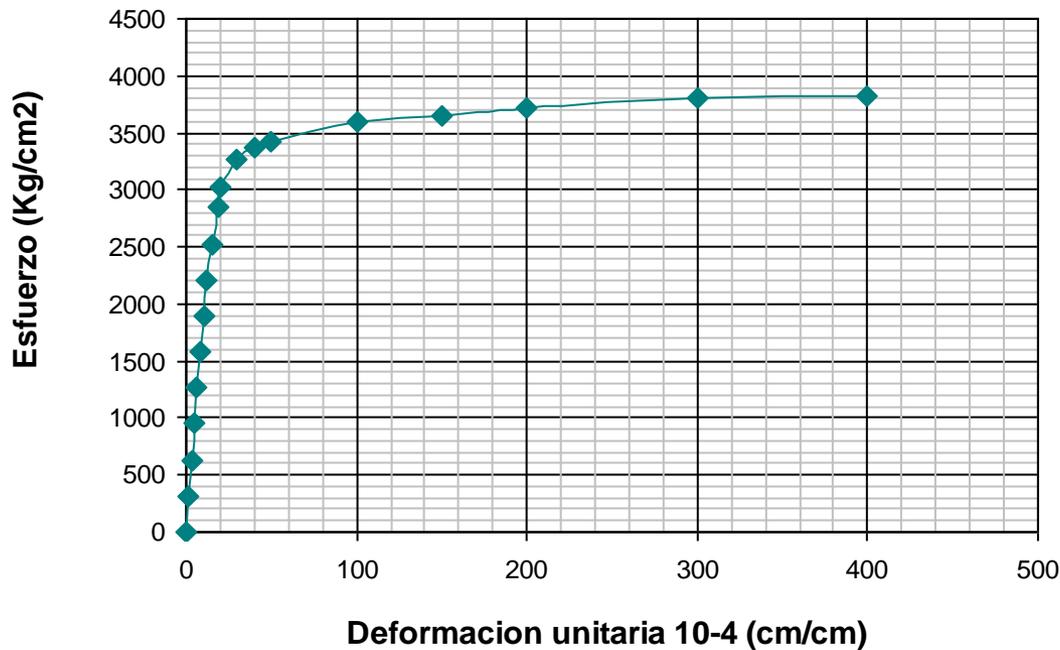
Resistencia de los núcleos a compresión para vigueta después de ser sometida a flexión.

23/03/2012

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## ENSAYO A TRACCIÓN DE BARRAS ROSCADAS

### Ensayo de tracción de la muestra 1



Esfuerzo vs deformación unitaria de la muestra 1

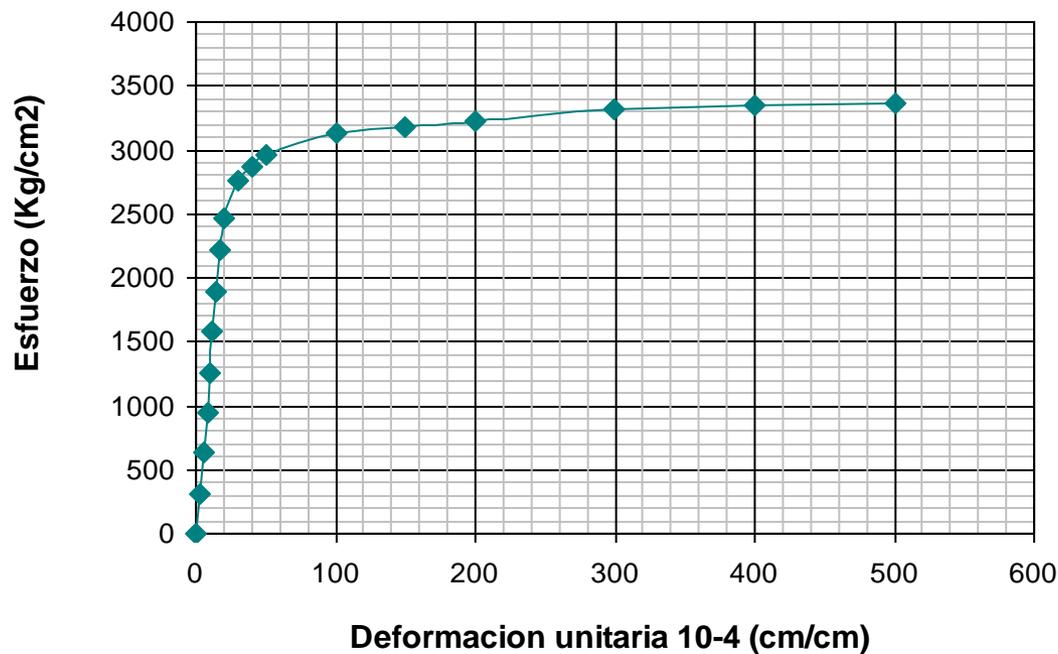
Muestra 1	
Fecha:	11/05/2009
N de ensayo	1
Longitud de la muestra	70 cm
Carga Max	4850 Kg
Diámetro	1/2" (1,27 cm)
Fy	3340 Kg/cm <sup>2</sup>
Área (cm <sup>2</sup> )	1,267
% de Alargamiento	11,25 %
Fuerza de cedencia	4231 Kg

**Resumen de los datos obtenidos del ensayo de tracción para la muestra 1**

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## ENSAYO A TRACCIÓN DE BARRAS ROSCADAS

Ensayo de tracción de la muestra 2



Esfuerzo vs deformación unitaria de la muestra 2

Muestra 2	
Fecha:	12/05/2009
N de ensayo	2
Longitud de la muestra	70 cm
Carga Max	4270 Kg
Diámetro	1/2" (1,27 cm)
Fy	2890 Kg/cm <sup>2</sup>
Área (cm <sup>2</sup> )	1,267
% de Alargamiento	7,5 %
Fuerza de cedencia	3661 Kg

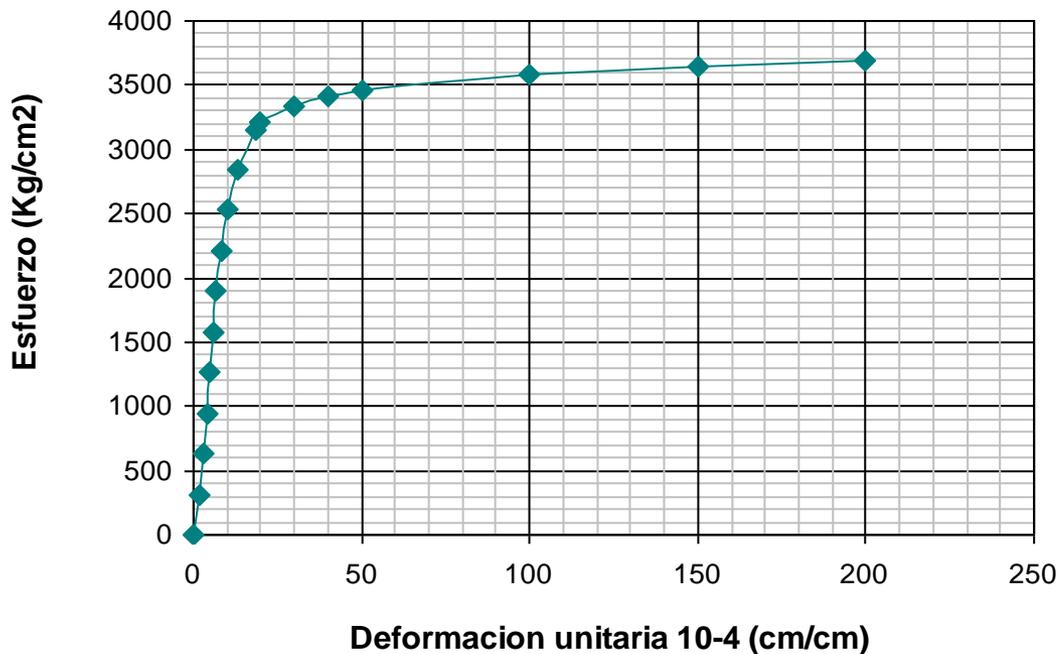
Resumen de los datos obtenidos  
del ensayo de tracción para la  
muestra 2

04/04/2012

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## ENSAYO A TRACCIÓN DE BARRAS ROSCADAS

### Ensayo de traccion de la muestra 3



Esfuerzo vs deformación unitaria de la muestra 3

Muestra 3	
Fecha:	12/05/2009
N de ensayo	3
Longitud de la muestra	70 cm
Carga Max	4850 Kg
Diámetro	1/2" (1,27 cm)
Fy	3380 Kg/cm <sup>2</sup>
Área (cm <sup>2</sup> )	1,267
% de Alargamiento	11,25 %
Fuerza de cedencia	4282 Kg

Resumen de los datos obtenidos  
del ensayo de tracción para la  
muestra 2

04/04/2012

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## ENSAYO A TRACCIÓN DE BARRAS ROSCADAS

Muestra 1	
Fecha:	11/05/2009
N de ensayo	1
Longitud de la muestra	70 cm
Carga Max	4850 Kg
Diámetro	1/2" (1,27 cm)
Fy	3340 Kg/cm <sup>2</sup>
Área (cm <sup>2</sup> )	1,267
% de Alargamiento	11,25 %
Fuerza de cedencia	4231 Kg

Muestra 2	
Fecha:	12/05/2009
N de ensayo	2
Longitud de la muestra	70 cm
Carga Max	4270 Kg
Diámetro	1/2" (1,27 cm)
Fy	2890 Kg/cm <sup>2</sup>
Área (cm <sup>2</sup> )	1,267
% de Alargamiento	7,5 %
Fuerza de cedencia	3661 Kg

Muestra 3	
Fecha:	12/05/2009
N de ensayo	3
Longitud de la muestra	70 cm
Carga Max	4850 Kg
Diámetro	1/2" (1,27 cm)
Fy	3380 Kg/cm <sup>2</sup>
Área (cm <sup>2</sup> )	1,267
% de Alargamiento	11,25 %
Fuerza de cedencia	4282 Kg

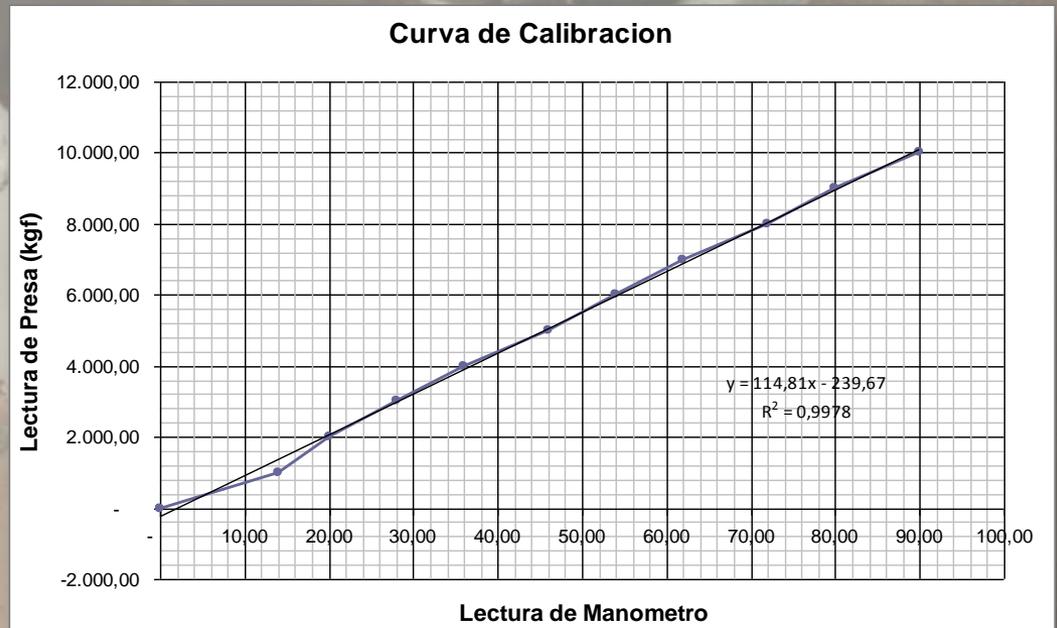
# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## CALIBRACIÓN DEL GATO HIDRAULICO

Lectura de la Prensa (kgf)	Lectura del Manómetro			Promedio
	1	2	3	
0	0	0	0	0
1.000,00	14,00	14,00	14,00	14,00
2.000,00	20,00	20,00	20,00	20,00
3.000,00	28,00	28,00	28,00	28,00
4.000,00	36,00	36,00	36,00	36,00
5.000,00	46,00	46,00	46,00	46,00
6.000,00	54,00	54,00	54,00	54,00
7.000,00	62,00	62,00	62,00	62,00
8.000,00	72,00	72,00	72,00	72,00
9.000,00	80,00	80,00	80,00	80,00
10.000,00	90,00	90,00	90,00	90,00

Calibración del Gato Hidráulico

Curva de Calibración del Gato Hidráulico



# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## ADHERENCIA DE LA RESINA EPÓXICA

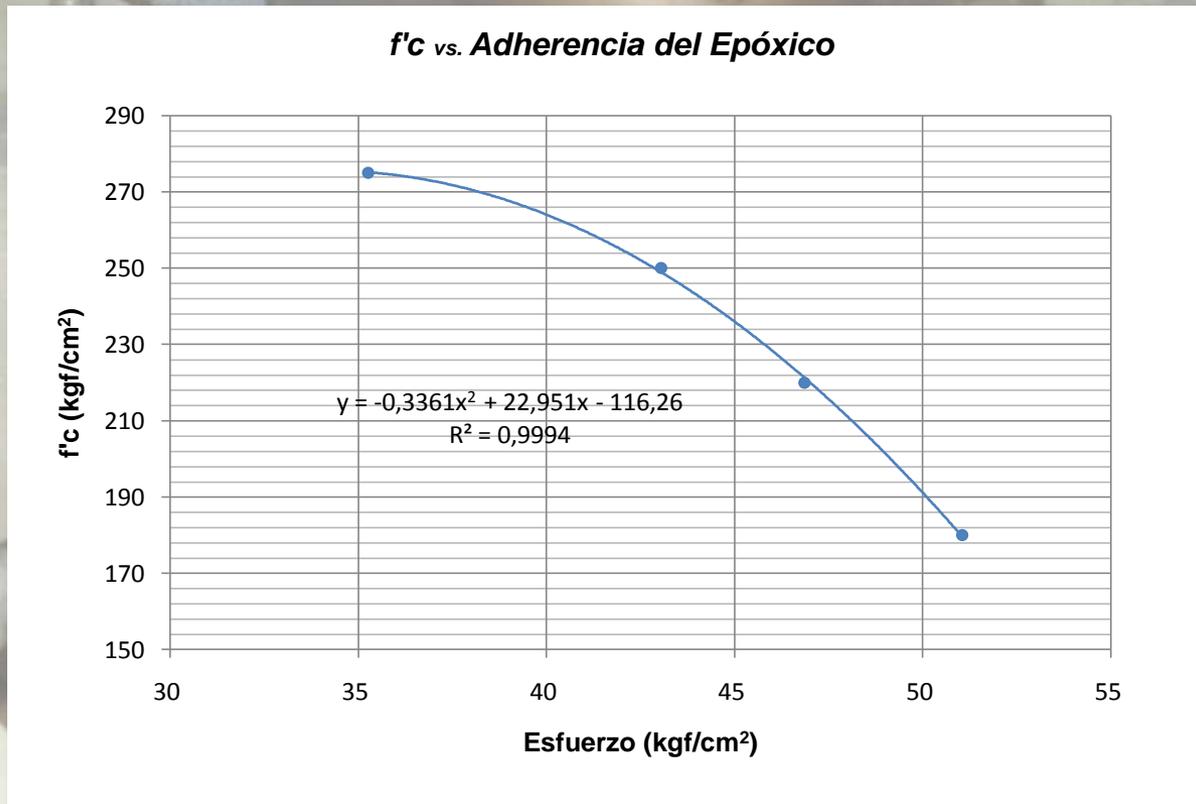
Anclaje	Resist. del Concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Lectura del Manómetro	Fuerza (kgf)	Ø (cm)	h (cm)	Superficie (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Ē (Kgf/cm <sup>2</sup> )
1	180	18,00	1.817,8	1,650	4,034	41,822	43	51
2		20,00	2.046,4	1,678	3,310	34,898	59	
3	220	20,00	2.046,4	1,710	3,800	40,828	50	47
4		18,00	1.817,8	1,652	4,018	41,706	44	
5	250	18,00	1.817,8	1,620	3,768	38,354	47	43
6		16,00	1.589,2	1,658	3,942	41,066	39	
7	275	16,00	1.589,2	1,700	3,962	42,320	38	35
8		14,00	1.360,6	1,660	3,956	41,261	33	

Adherencia de la Resina Epóxica al Concreto

27/04/2012

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## ADHERENCIA DE LA RESINA EPÓXICA



**Gráfica de Adherencia del Epóxico vs. Resistencia del Concreto.**

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## ENSAYO A TRACCIÓN DEL SISTEMA DE ANCLAJE

Viga	Anclaje	Resistencia del Concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Lectura del Manómetro	Fuerza del anclaje (kgf)	Observación
1	1	180	38,00	4.103,80	Falla mixta, en concreto en forma de cono y deslizamiento del epóxico
	2		34,00	3.646,60	Falla mixta, en concreto en forma de cono y deslizamiento del epóxico
	3		36,00	3.875,20	Falla mixta, en concreto en forma de cono y deslizamiento del epóxico
2	4	180	38,00	4.103,80	Falla mixta, en concreto en forma de cono y deslizamiento del epóxico
	5		36,00	3.875,20	Falla mixta, en concreto en forma de cono y deslizamiento del epóxico
	6		36,00	3.875,20	Falla mixta, en concreto en forma de cono y deslizamiento del epóxico

**Resultados del Ensayo de Tracción para Concreto de 180 kgf/cm<sup>2</sup>**

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## ENSAYO A TRACCIÓN DEL SISTEMA DE ANCLAJE

Viga	Anclaje	Resistencia del Concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Lectura del Nanómetro	Fuerza del anclaje (kgf)	Observación
3	7	220	38,00	4.103,80	Falla mixta, en concreto en forma de cono y deslizamiento del epóxico
	8		32,00	3.418,00	Falla mixta, en concreto en forma de cono y deslizamiento del epóxico
	9		30,00	3.189,40	Falla mixta, en concreto en forma de cono y deslizamiento del epóxico
4	10	220	38,00	4.103,80	Falla mixta, en concreto en forma de cono y deslizamiento del epóxico
	11		38,00	4.103,80	Falla mixta, en concreto en forma de cono y deslizamiento del epóxico
	12		32,00	3.418,00	Falla mixta, en concreto en forma de cono y deslizamiento del epóxico

Resultados del Ensayo de Tracción para Concreto de 220 kgf/cm<sup>2</sup>

26/04/2012

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## ENSAYO A TRACCIÓN DEL SISTEMA DE ANCLAJE

Viga	Anclaje	Resistencia del Concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Lectura del Manómetro	Fuerza del anclaje (kgf)	Observación
5	13	250	36,00	3.875,20	Falla mixta, en concreto en forma de cono y deslizamiento del epóxico
	14		38,00	4.103,80	Falla mixta, en concreto en forma de cono y deslizamiento del epóxico
	15		40,00	4.332,40	Falla mixta, en concreto en forma de cono y deslizamiento del epóxico
6	16	250	40,00	4.332,40	Falla mixta, en concreto en forma de cono y deslizamiento del epóxico
	17		40,00	4.332,40	Falla mixta, en concreto en forma de cono y deslizamiento del epóxico
	18		36,00	3.875,20	Falla mixta, en concreto en forma de cono y deslizamiento del epóxico

Resultados del Ensayo de Tracción para Concreto de 250 kgf/cm<sup>2</sup>

26/04/2012

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## ENSAYO A TRACCIÓN DEL SISTEMA DE ANCLAJE

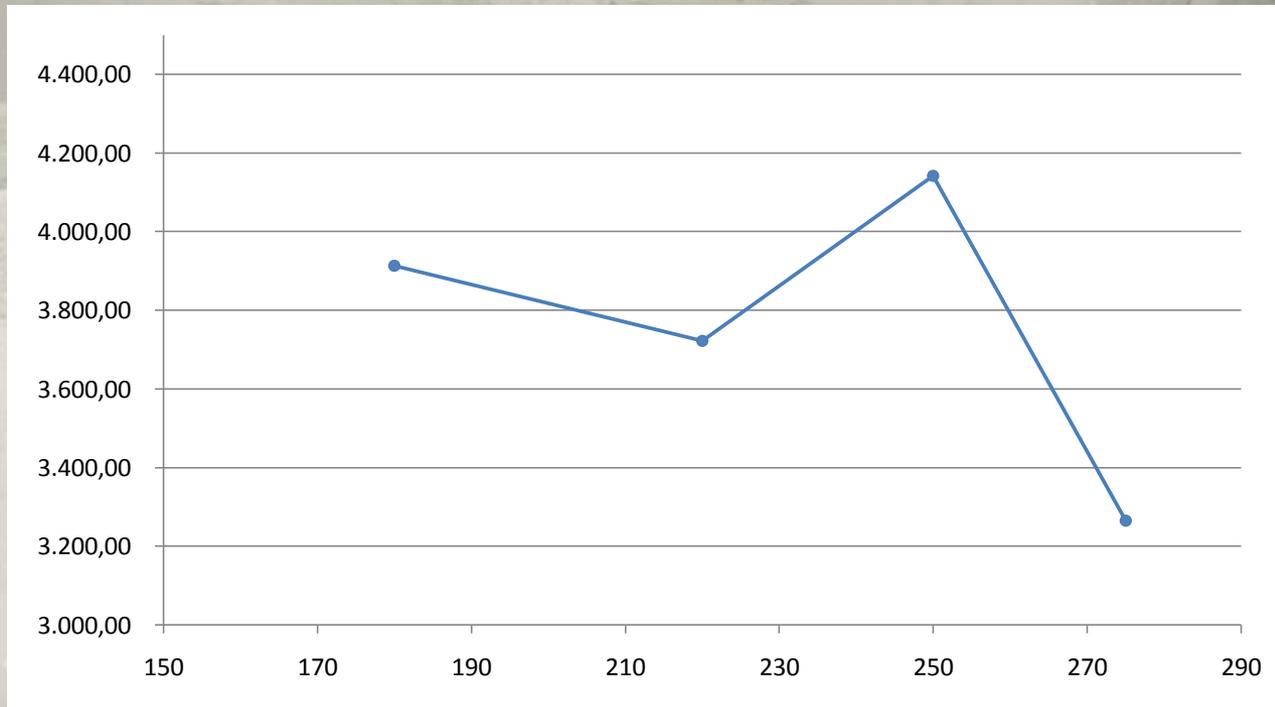
Viga	Anclaje	Resistencia del Concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Lectura del Manómetro	Fuerza del anclaje (kgf)	Observación
7	19	275	32,00	3.418,00	Falla mixta, en concreto en forma de cono y deslizamiento del epóxico
	20		36,00	3.875,20	Falla mixta, en concreto en forma de cono y deslizamiento del epóxico
	21		40,00	4.332,40	Falla de barra
8	22	275	36,00	3.875,20	Falla mixta, en concreto en forma de cono y deslizamiento del epóxico
	23		20,00	2.046,40	Falla mixta, en concreto en forma de cono y deslizamiento del epóxico
	24		20,00	2.046,40	Falla mixta, en concreto en forma de cono y deslizamiento del epóxico

Resultados del Ensayo de Tracción para Concreto de 275 kgf/cm<sup>2</sup>

27/04/2012

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## ENSAYO A TRACCIÓN DEL SISTEMA DE ANCLAJE



# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## ENSAYO A TRACCIÓN DEL SISTEMA DE ANCLAJE

Viga	Anclaje	Resistencia del Concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Diámetro del cono de concreto (cm)	Altura del cono de concreto (cm)	Ø de adherencia (cm)	h de adherencia (cm)
1	1	180	7,69	7,01	1,675	2,99
	2		5,70	5,29	1,675	4,71
	3		4,51	3,09	1,675	6,91
2	4	180	5,12	5,40	1,675	4,60
	5		8,56	5,94	1,675	4,06
	6		9,83	5,54	1,675	4,46

Medidas del cono de concreto y resina para Concreto 180 kgf/cm<sup>2</sup>

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## ENSAYO A TRACCIÓN DEL SISTEMA DE ANCLAJE

Viga	Anclaje	Resistencia del Concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Diámetro del cono de concreto (cm)	Altura del cono de concreto (cm)	Ø de adherencia (cm)	h de adherencia (cm)
3	7	220	5,62	4,92	1,675	5,08
	8		5,43	3,46	1,675	6,54
	9		-	-	-	-
4	10	220	4,63	5,92	1,675	4,08
	11		8,72	4,23	1,675	5,77
	12		5,66	4,17	1,675	5,83

Medidas del cono de concreto y resina para Concreto 220 kgf/cm<sup>2</sup>

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## ENSAYO A TRACCIÓN DEL SISTEMA DE ANCLAJE

Viga	Anclaje	Resistencia del Concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Diámetro del cono de concreto (cm)	Altura del cono de concreto (cm)	Ø de adherencia (cm)	h de adherencia (cm)
5	13	250	4,29	4,49	1,675	5,51
	14		6,66	5,30	1,675	4,70
	15		4,85	4,45	1,675	5,55
6	16	250	3,82	5,73	1,675	4,27
	17		6,77	4,45	1,675	5,55
	18		3,81	3,98	1,675	6,02

Medidas del cono de concreto y resina para Concreto 250 kgf/cm<sup>2</sup>

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## ENSAYO A TRACCIÓN DEL SISTEMA DE ANCLAJE

Viga	Anclaje	Resistencia del Concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Diámetro del cono de concreto (cm)	Altura del cono de concreto (cm)	Ø de adherencia (cm)	h de adherencia (cm)
7	19	275	5,81	2,50	1,675	7,50
	20		6,76	1,96	1,675	8,04
	21		-	-	-	-
8	22	275	9,33	2,33	1,675	7,67
	23		7,99	2,09	1,675	7,91
	24		7,01	2,48	1,675	7,52

Medidas del cono de concreto y resina para Concreto 275 kgf/cm<sup>2</sup>

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## ENSAYO A TRACCIÓN DEL SISTEMA DE ANCLAJE

Viga	Anclaje	Resistencia del Concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Altura Inicial de la barra (cm)	Altura Final de la barra (cm)	% Estiramiento
1	1	180	22,20	22,20	0,000%
	2		22,60	22,60	0,000%
	3		22,10	22,10	0,000%
2	4	180	22,00	22,10	0,455%
	5		21,90	21,90	0,000%
	6		21,60	21,70	0,463%

**Estiramiento de la barra de acero del sistema de anclajes para Concreto 180 kgf/cm<sup>2</sup>**

Viga	Anclaje	Resistencia del Concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Altura Inicial de la barra (cm)	Altura Final de la barra (cm)	% Estiramiento
3	7	220	22,20	22,20	0,000%
	8		22,30	22,30	0,000%
	9		22,30	22,30	0,000%
4	10	220	22,50	22,55	0,222%
	11		22,20	22,25	0,225%
	12		21,80	21,90	0,459%

**Estiramiento de la barra de acero del sistema de anclajes para Concreto 220 kgf/cm<sup>2</sup>**

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## ENSAYO A TRACCIÓN DEL SISTEMA DE ANCLAJE

Viga	Anclaje	Resistencia del Concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Altura Inicial de la barra (cm)	Altura Final de la barra (cm)	% Estiramiento
5	13	250	22,10	22,20	0,452%
	14		21,50	21,60	0,465%
	15		22,40	22,50	0,446%
6	16	250	22,40	22,40	0,000%
	17		21,90	22,00	0,457%
	18		22,10	22,10	0,000%

**Estiramiento de la barra de acero del sistema de anclajes para Concreto 250 kgf/cm<sup>2</sup>**

Viga	Anclaje	Resistencia del Concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Altura Inicial de la barra (cm)	Altura Final de la barra (cm)	% Estiramiento
7	19	275	20,50	20,60	0,488%
	20		20,90	21,00	0,478%
	21		20,90	21,28	1,818%
8	22	275	20,30	20,40	0,493%
	23		22,60	22,70	0,442%
	24		24,30	24,40	0,412%

**Estiramiento de la barra de acero del sistema de anclajes para Concreto 275 kgf/cm<sup>2</sup>**

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## ENSAYO A TRACCIÓN DEL SISTEMA DE ANCLAJE

Viga	Anclaje	Resistencia del Concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Fuerza de tracción para el cono (Kg)	Fuerza de tracción promedio para el cono (Kg)	Fuerza de adherencia (Kg)	Fuerza Promedio de adherencia por epóxico (Kg)	FUERZA TOTAL DE TRACCIÓN (kg)
1	1	180	1.658,940	1.249,97	1.607,59	2.483,74	3.733,71
	2		960,988		2.529,58		
	3		484,637		3.713,78		
2	4	180	879,828		2.473,71		
	5		1.647,306		2.180,34		
	6		1.868,146		2.397,41		

Resultados del Ensayo de Tracción para Concreto de 180 kgf/cm<sup>2</sup>

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## ENSAYO A TRACCIÓN DEL SISTEMA DE ANCLAJE

Viga	Anclaje	Resistencia del Concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Fuerza de tracción para el cono (Kg)	Fuerza de tracción promedio para el cono (Kg)	Fuerza de adherencia (Kg)	Fuerza Promedio de adherencia por epóxico (Kg)	FUERZA TOTAL DE TRACCIÓN (kg)
3	7	220	1.087,561	1.112,52	2.506,96	2.692,17	3.804,70
	8		794,178		3.223,94		
	9		23,689		-		
4	10	220	1.066,484	1.112,52	2.011,88	2.692,17	3.804,70
	11		1.654,402		2.844,25		
	12		959,998		2.873,84		

Resultados del Ensayo de Tracción para Concreto de 220 kgf/cm<sup>2</sup>

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## ENSAYO A TRACCIÓN DEL SISTEMA DE ANCLAJE

Viga	Anclaje	Resistencia del Concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Fuerza de tracción para el cono (Kg)	Fuerza de tracción promedio para el cono (Kg)	Fuerza de adherencia (Kg)	Fuerza Promedio de adherencia por epóxico (Kg)	FUERZA TOTAL DE TRACCIÓN (kg)
5	13	250	879,885	1.090,89	2.495,37	2.385,73	<b>3.476,63</b>
	14		1.574,891		2.129,31		
	15		980,601		2.512,58		
6	16	250	998,436		1.932,69		
	17		1.403,466		2.516,21		
	18		708,081		2.728,23		

Resultados del Ensayo de Tracción para Concreto de 250 kgf/cm<sup>2</sup>

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

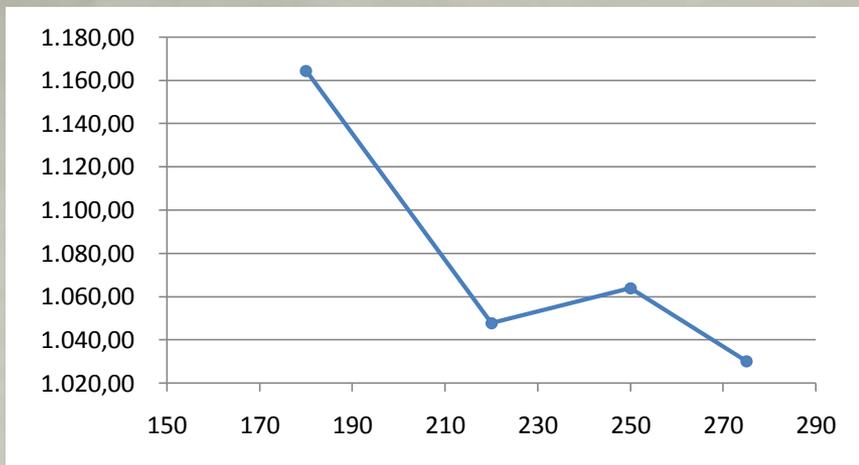
## ENSAYO A TRACCIÓN DEL SISTEMA DE ANCLAJE

Viga	Anclaje	Resistencia del Concreto (kgf/cm <sup>2</sup> )	Fuerza de tracción para el cono (Kg)	Fuerza de tracción promedio para el cono (Kg)	Fuerza de adherencia (Kg)	Fuerza Promedio de adherencia por epóxico (Kg)	FUERZA TOTAL DE TRACCIÓN (Kg)
7	19	275	878,642	1.236,80	2.782,71	2.868,21	4.105,02
	20		995,305		2.983,11		
	21		29,611		-		
8	22	275	1.813,135	1.236,80	2.846,54	2.868,21	4.105,02
	23		1.344,667		2.937,09		
	24		1.152,259		2.791,61		

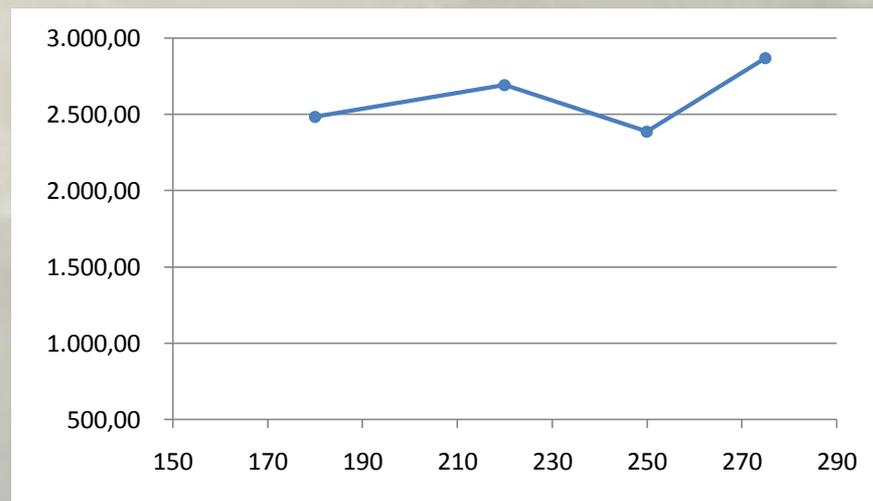
Resultados del Ensayo de Tracción para Concreto de 275 kgf/cm<sup>2</sup>

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## ENSAYO A TRACCIÓN DEL SISTEMA DE ANCLAJE



**Fuerzas ejercidas por el Cono de Concreto**



**Fuerzas ejercidas por Adherencia**

# RESULTADOS Y ANÁLISIS

## AJUSTE DE DISEÑO

Resistencia del concreto (Kg/cm <sup>2</sup> )	Fuerza de adherencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Fuerza max de diseño (Kg)	Perimetro (cm)	Longitud de anclaje (cm)
180	51	3.638	4,0	18
220	47	3.638	4,0	19
250	43	3.638	4,0	21
275	35	3.638	4,0	26

Resultados del Ajuste de Diseño

# CONCLUSIONES

1. Se determinó tanto para el agregado grueso como para el agregado fino, la existencia de una granulometría que favorece la producción de concreto trabajable y con una resistencia mecánica.
2. Se comprobó que la resistencia calculada en los diversos diseños de mezcla elaborados para las viguetas y cilindros de concreto, coincidió con la resistencia obtenida de los ensayos a compresión de las probetas de concreto, para cada una de las mezclas preparadas.
3. Se demostró la homogeneidad de las viguetas de concreto elaboradas mediante el ensayo de pulso ultrasónico.
4. Se caracterizaron las barras roscadas ensayándolas a tracción y chequeando el límite elástico, porcentaje de alargamiento y esfuerzo máximo admisible, lo cual aportó confiabilidad en su aplicación como anclaje mecánico.
5. Los ensayo a compresión de los núcleos de la vigueta expuesta al ambiente, demostraron que una pieza de concreto al ser sometida a flexión y al dejarla expuesta al aire libre durante un tiempo considerable, pierde gran parte de su resistencia, lo cual en una estructura influye en la estabilidad de la misma requiriendo refuerzo.

# CONCLUSIONES

5. Se caracterizó la resina epóxica en pasta Venezolana usada en las viguetas de diferentes resistencias y en la expuesta a condiciones desfavorables, observando que a mayor resistencia del concreto menor será la adherencia existente entre el epóxico y el concreto, esto se debe a que a mayor resistencia del concreto existe mayor cantidad de pasta de cemento, lo cual crea una menor fricción entre el epóxico y el concreto. Con base a esta caracterización, se logro calcular la carga máxima teórica esperada para cada tipo de resistencia de las piezas de concreto empleadas en los ensayos.
6. En el ensayo de extracción a tracción de los anclajes roscados (Pull out), se observó que las resistencias calculadas, a pesar de que son dispersas, presentan la misma tendencia que los resultados obtenidos en los ensayos de caracterización de la resina epóxica, comprobando que a mayor resistencia menor será la fuerza de adherencia. A pesar de ello hay una discrepancia en la mezcla de resistencia  $250 \text{ Kg/cm}^2$  y aunque los valores son mayores, tiene la misma tendencia.

# CONCLUSIONES

7. A pesar de las variaciones de resistencia del concreto y del uso de una vigueta expuesta a condiciones desfavorables, se observó el mismo tipo de falla mixta, la cual fue por deslizamiento de la barra y desprendimiento del concreto de forma cónica. Este comportamiento se atribuye a que la longitud de empotramiento de la barra fue menor a la requerida.
8. En resumen, para lograr la efectividad de la aplicación de los anclajes con barras roscadas y adheridos con resina epóxica en pasta, es necesario caracterizar los materiales a emplear y verificar el cumplimiento de los requerimientos exigidos. Es fundamental realizar el ensayo de adherencia en probetas o en la estructura a reforzar (ensayo planteado en este Trabajo de Grado en la *Sección III.7*) para calcular el valor real sobre los pernos o anclajes.

# RECOMENDACIONES

1. Para este Trabajo de Grado, tanto el agregado grueso como el fino, obedecen con los requisitos de calidad estipulados en la Norma 277 *“Concreto. Agregados. Requisitos”*, a pesar de esto, se sabe que no siempre resulta de esta forma, en dichos casos se recomienda que se realicen las correcciones pertinentes en los diseños de mezclas y así poder compensar las deficiencias de los agregados.
2. Realizar el ensayo de tracción a las barras roscadas como método de comprobación de la resistencia de las mismas.
3. Es recomendable incluir rugosidad en la superficie taladrada para mejorar la adherencia.
4. Se recomienda realizar un estudio de corte para anclajes colocados en concreto endurecido con resina epóxica.
5. Se propone realizar un estudio combinado de corte y Tracción.

A woman in a yellow t-shirt and blue jeans is leaning forward, smiling. A man in a light blue polo shirt and grey pants is kneeling on a wooden plank. In the background, another person is visible near a doorway. The scene is outdoors on a construction site with concrete and wooden planks.

**... a todos, gracias  
por su atención....**