

Ensayos de control de calidad para hormigón reforzado con fibras empleado como revestimiento en túneles de la Ciudad de México

Carlos Aire
Instituto de Ingeniería - UNAM

Obras subterráneas



❖ Aplicaciones del HRF en Túneles - México



Túnel Grijalba-Shotcrete



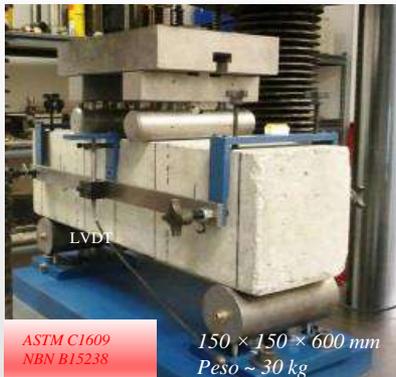
Túnel El Sinaloense



Edo Mexico, Lumbreras

Métodos de prueba estandarizados para HRF – Parámetros de caracterización

✓ Ensayo de Vigas



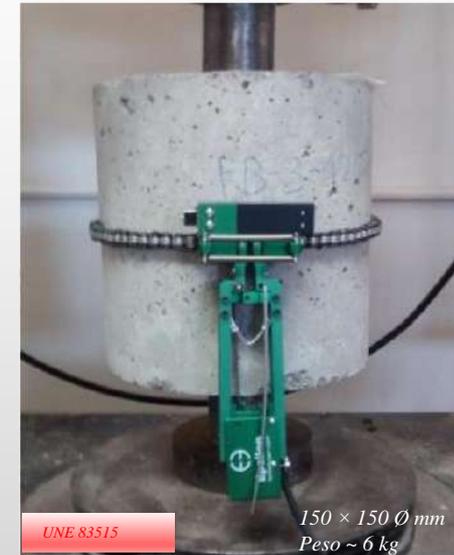
- ✓ Resistencia residual
- ✓ Tenacidad

✓ Ensayo de Paneles



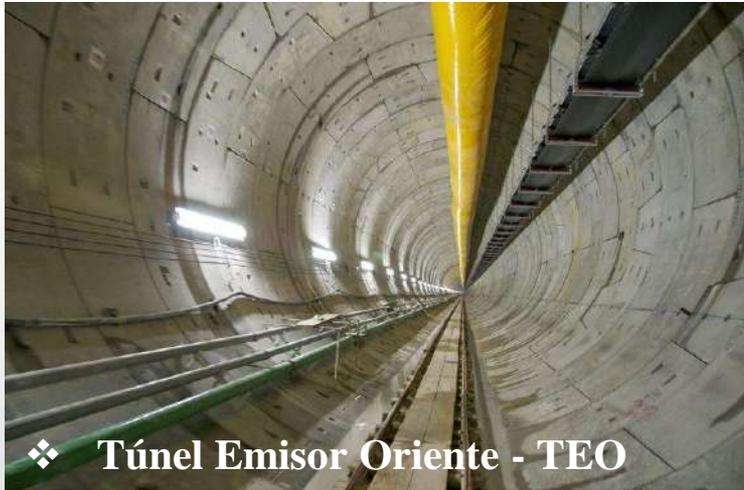
- ✓ Tenacidad

✓ Ensayo de Cilindros



- ✓ Resistencia residual
- ✓ Tenacidad

Túneles de la CONAGUA y Sistema de Transporte Colectivo Metro - CDMX



Ensayos de control de calidad para hormigón reforzado con fibras empleado como revestimiento en túneles de la ciudad de México

Carlos Aire

Túneles de la CONAGUA – Túnel Emisor Oriente

Longitud: 62 km Diámetro: 7 m



Características del túnel:		Dámetro: 7 m	Profundidad: 30 a 150 m	Lumbreras: 24
		Longitud: 62 km	Desnivel: 100 m	Capacidad: 150 m ³ /s
				Periodo de retorno: 50 años



Ensayos de control de calidad para hormigón reforzado con fibras empleado como revestimiento en túneles de la ciudad de México

Carlos Aire

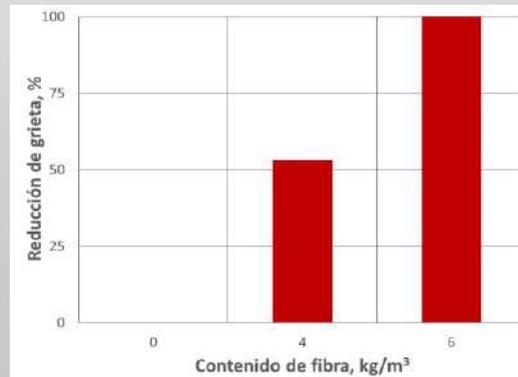
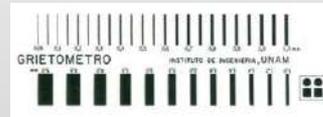
Túneles de la CONAGUA – Túnel Emisor Oriente



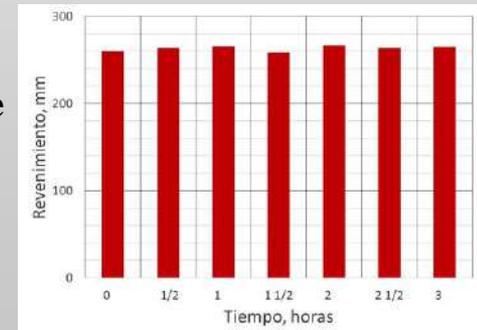
Grietas



#, l, e, A



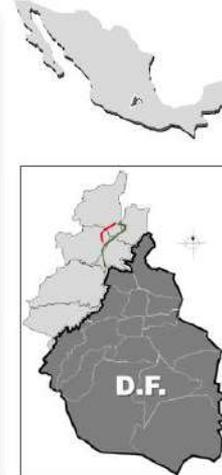
Permanencia de revenimiento 24 cm



Ensayos de control de calidad para hormigón reforzado con fibras empleado como revestimiento en túneles de la ciudad de México

Carlos Aire

Túneles de la CONAGUA – Túnel Emisor Poniente II



Longitud: 9.8 km Diámetro: 8.5 m



Características del túnel:

Capacidad: 112 m³/s

Longitud: 9,8 km

Profundidad: 12 a 110 m

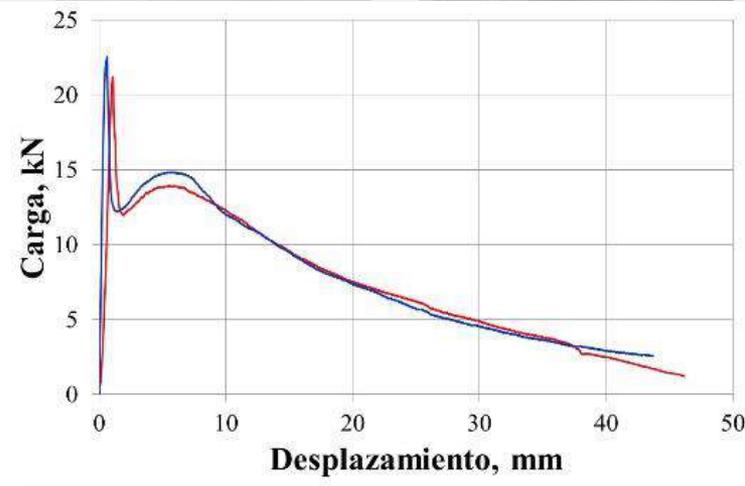


Ensayos de control de calidad para hormigón reforzado con fibras empleado como revestimiento en túneles de la ciudad de México

Carlos Aire

Túneles de la CONAGUA – Túnel Emisor Poniente II

Panel ASTM C1550



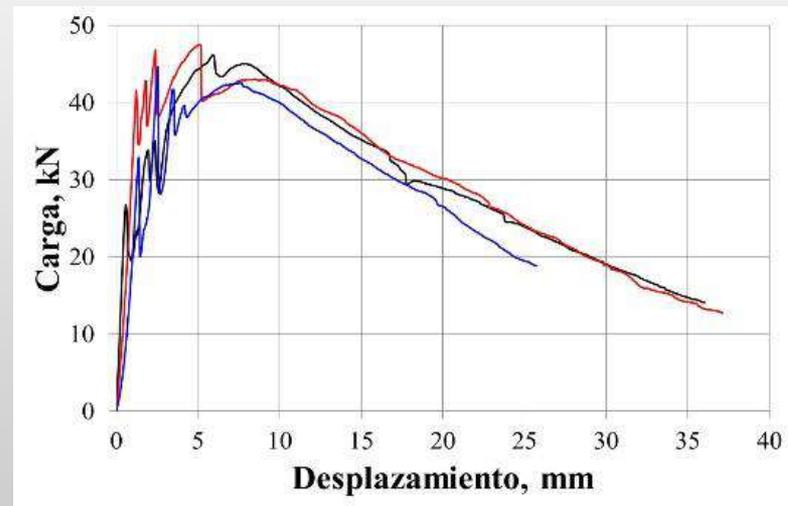
Panel circular	Absorción de energía	
	Joules.	C.V.
ASTM C1550		
T δ_5 mm	66.2	6.7%
T δ_{10} mm	134.2	4.9%
T δ_{20} mm	230.2	2.4%
T δ_{40} mm	326.9	0.9%

Ensayos de control de calidad para hormigón reforzado con fibras empleado como revestimiento en túneles de la ciudad de México

Carlos Aire

Túneles de la CONAGUA – Túnel Emisor Poniente II

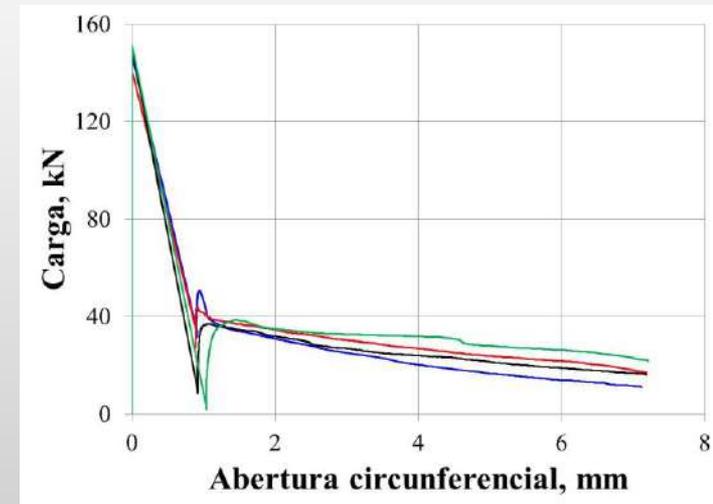
Panel EN 14488-5 AENOR
CONSEJO REGULADOR DE
NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN



Panel cuadrado	Absorción de energía	
EN 14488-5	Joules.	C.V.
T $\delta_{25\text{ mm}}$	888.2	3.5%

Túneles de la CONAGUA – Túnel Emisor Poniente II

Cilindro UNE 83515 AENOR
ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE
RESISTENCIA Y DÁMAGED



Cilindro	Absorción de energía (viga 1)		Absorción de energía (viga 2)	
	Joules.	C.V.		
UNE 83515				
T δc 2.0 mm	120.5	0.8%	112.6	2.2%
T δc 2.5 mm	136.2	0.3%	128.8	2.9%
T δc 4.0 mm	176.3	3.5%	172.7	6.0%
T δc 6.0 mm	217.2	7.5%	222.9	9.2%

Sistema de Transporte Colectivo Metro – Línea 12

Panel EN 14488-5 AENOR



**AMPLIACIÓN
DE LA LÍNEA 12
MIXCOAC - OBSERVATORIO**

AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12

El objetivo de esta obra es mitigar los problemas de movilidad del poniente de la urbe, de acuerdo con las autoridades de la Ciudad de México. Estas serán las zonas afectadas.



Longitud: 4.6 km Diámetro: 11 m



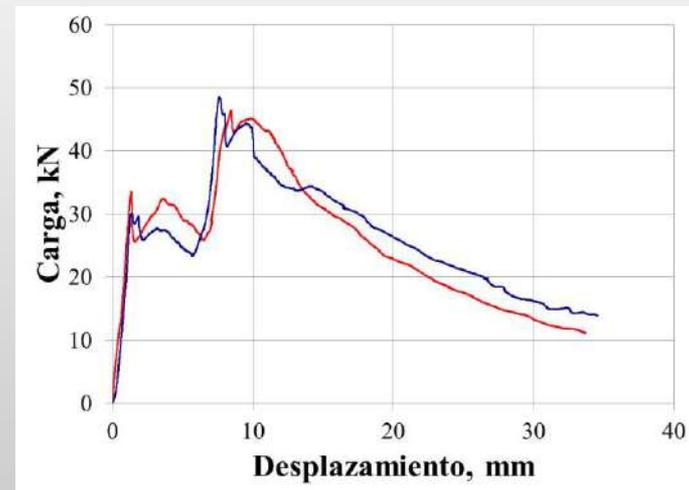
Ensayos de control de calidad para hormigón reforzado con fibras empleado como revestimiento en túneles de la ciudad de México

Carlos Aire

Sistema de Transporte Colectivo Metro – Línea 12

Panel EN 14488-5

AENOR
ANEXO TECNICO A
EN 12518-1 Y 12518-2



Panel cuadrado	Absorción de energía	
EN 14488-5	Joules.	C.V.
T $\delta_{25\text{ mm}}$	738.5	0.5%

Ensayos de control de calidad para hormigón reforzado con fibras empleado como revestimiento en túneles de la ciudad de México

Carlos Aire

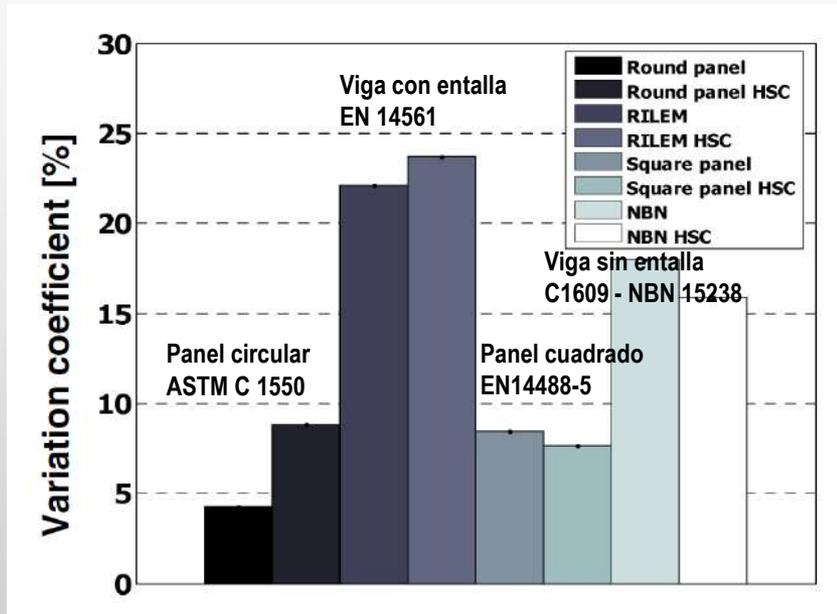
Variabilidad de los resultados – Factores que influyen en la elección del método

✓ **Dispersión de los resultados**

➤ **Tipo de prueba**

✓ **Factores**

➤ **Espécimen, equipo, tiempo, # ensayos**



Ref.: Dispersion of the mechanical properties of FRC investigated by different bending test
Parmentier; De Grove, Vandewalle y Van Rickstal, 2008



Control de calidad en Obras Subterráneas - Muestreo



Ensayos de control de calidad para hormigón reforzado con fibras empleado como revestimiento en túneles de la ciudad de México

Carlos Aire

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Carlos Aire

aire@pumas.ii.unam.mx