

El uso de la Zeolita
como una adición mineral
para producir Cemento Puzolánico



Introducción

- Han tenido un gran desempeño en diversas ramas
- Es un valioso recurso para la rama de la construcción.
- El empleo de minerales puzolánicos en las mezclas con cal en las construcciones antiguas.
- Es una aplicación innovadora de una tecnología antigua.



Objetivos

- Desarrollar la aplicación de las zeolitas naturales como una adición mineral.
- Componente alternativo en las mezclas de hormigones y morteros.
- Demostrar mediante ensayos las bondades de la zeolita como adición.



Puzolanas

Materiales naturales o artificiales, que por si solas poseen poco o ningún valor cementante.

Existen dos tipos principales de puzolanas:

- **puzolanas artificiales**
- **puzolanas naturales**



Clasificación y características

- Las puzolanas se clasifican en 3 tipos según la norma **ASTM C 618-01**
- Los tipos de puzolanas son: **N, F y C**
- Esta especificación cubre su uso como una adición mineral al cemento y concreto

REQUERIMIENTOS QUÍMICOS

		CLASE DE ADICION MINERAL		
		N	F	C
Oxido de silicio(SiO ₂), oxido de Aluminio(Al ₂ O ₃),		70	70	50
Oxido férrico (Fe ₂ O ₃), min, %				
Anhídrido sulfúrico (SO ₃), Max, %		4	5	5
Contenido de humedad, max, %		3	3	3
Pérdida al fuego, max, %		10	6	6

REQUERIMIENTOS FÍSICOS

		CLASE DE ADICION MINERAL		
		N	F	C
Finura:				
Cantidad retenida en el tamiz No.325, max,%		34	34	34
Indice de Esfuerzos:				
Con Cemento Portland, a 7 días, min % de control		75c	75c	75c
Con Cemento Portland, a 28 días, min % de control		75c	75c	75c
Requerimiento de agua, max,% de control		115	105	105
Sonido:				
Autoclave, expansión o retracción, max, %		0,8	0,8	0,8
Requerimientos de uniformidad:				
La densidad y finura de las muestras individuales no debe variar de las establecidas en las 10 muestras siguientes por mas de:				
Densidad, max variación de la promedio, %		5	5	5
Porcentaje retenido en tamiz No.325, max variación de % del promedio		5	5	5



Zeolitas

Su nombre se deriva de dos palabras griegas:

zeo: que ebulle

lithos: piedra.

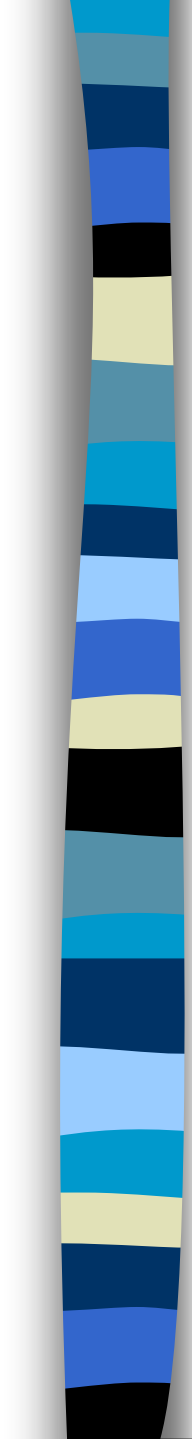
Este mineral es utilizado para diversas aplicaciones:

- nutrición animal
- agricultura
- control de malos olores
- construcción



Cemento Portland Puzolánico

- Producido por la molienda de un material conocido como puzolana que se ha incorporado al cemento.
- Existen dos tipos:
 - **Cemento Portland Puzolánico Tipo IP**
 - **Cemento Puzolánico, Tipo IPM**
- Porcentaje adicionado del 20%



La adición de la puzolana confiere propiedades para los cementos, tales como:

- **Calor de hidratación**
- **Fraguado**
- **Fluencia**
- **Resistencia**
- **Retracción**
- **Durabilidad**

Preparación de la zeolita

- Muestreo
- Trituración
- Molienda



Muestras de zeolita



Trituradora de quijadas



Molino de Rodillos



Material triturado

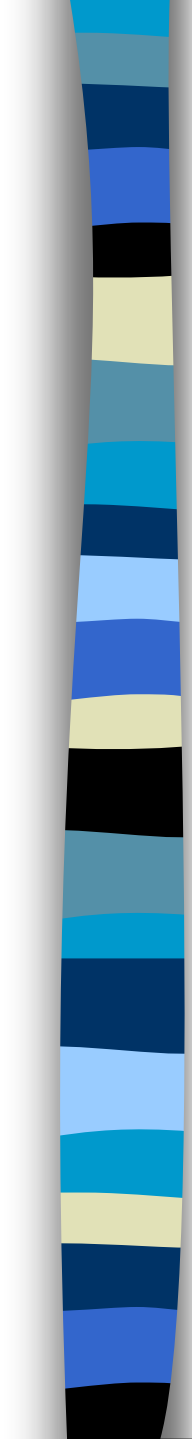


Zeolita en el horno



Molino de bolas





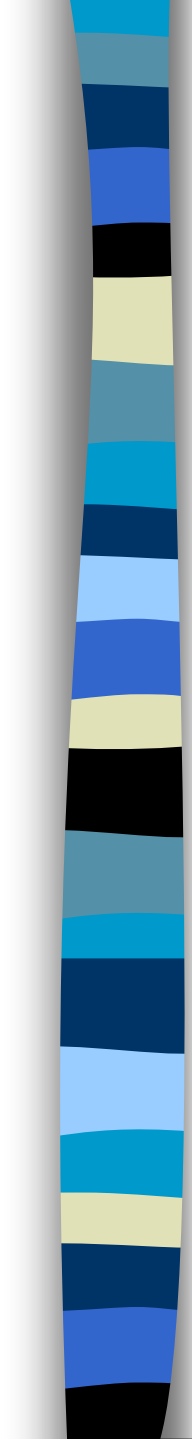
Caracterización del material según norma **ASTM C 311-98b**

- Retenido # 325
- Densidad
- Análisis químico
- Superficie específica
- Determinación del factor b
- Resistencia a la compresión simple
- Pruebas de Índice de puzolanidad
- Contenido de aire atrapado en mortero

Norma **ASTM C430** para el ensayo del retenido en el tamiz #325

- Lavado a presión
- En este caso nos dio una lectura de 15%





ASTM C128-01 *“Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate”*.

Método gravimétrico obteniendo una densidad de:

$$D = 2423 \text{ Kg/m}^3$$



Industrias Rocacem S. A	
REPORTE DE ANALISIS QUIMICO	
MUESTRA: Zeolita	FECHA: 11/03/03
P. Fuego	% 10,00
SiO2	% 63,10
Al2O3	% 14,30
Fe2O3	% 5,70
CaO	% 2,40
MgO	% 1,77
SO3	% 0,01
K2O	% 0,97
Na2O	% 1,31
Total	% 99,40
Res. Insoluble	% 52,00

Superficie específica o Blaine

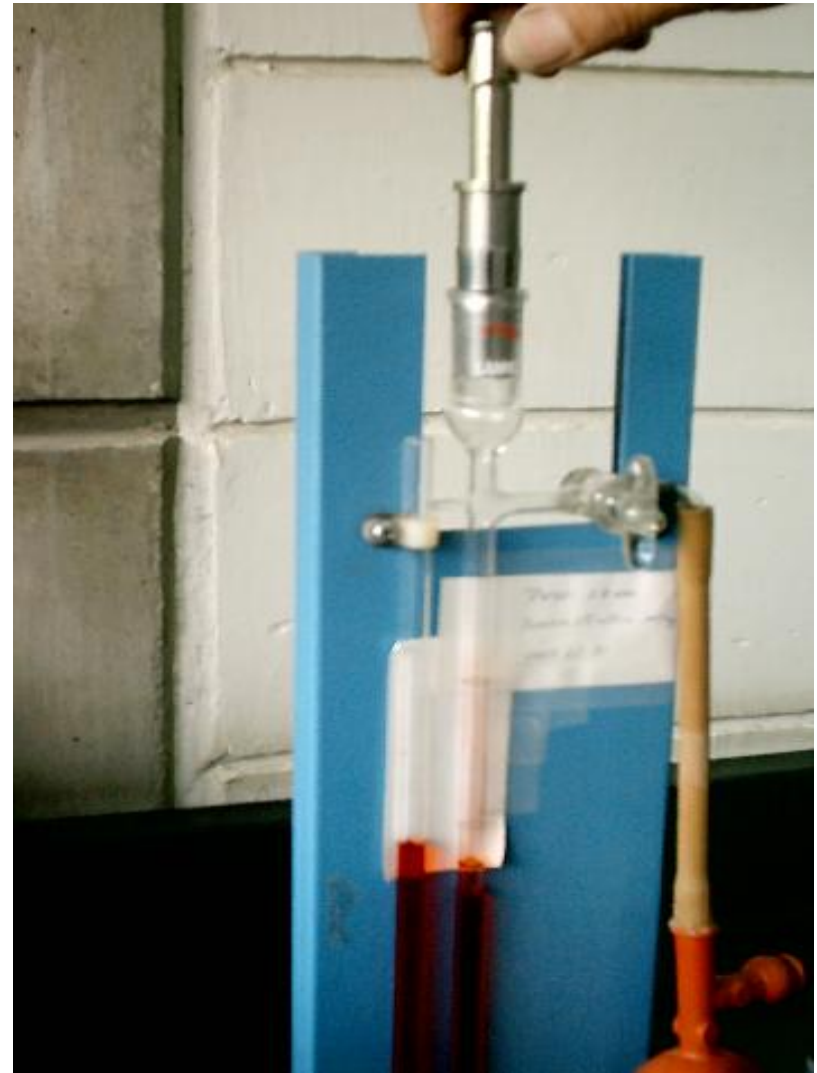


- Define la cantidad de aire que pasa por una cama preparada de cemento
- Se obtuvo una superficie específica de $4840 \text{ cm}^2/\text{g}$

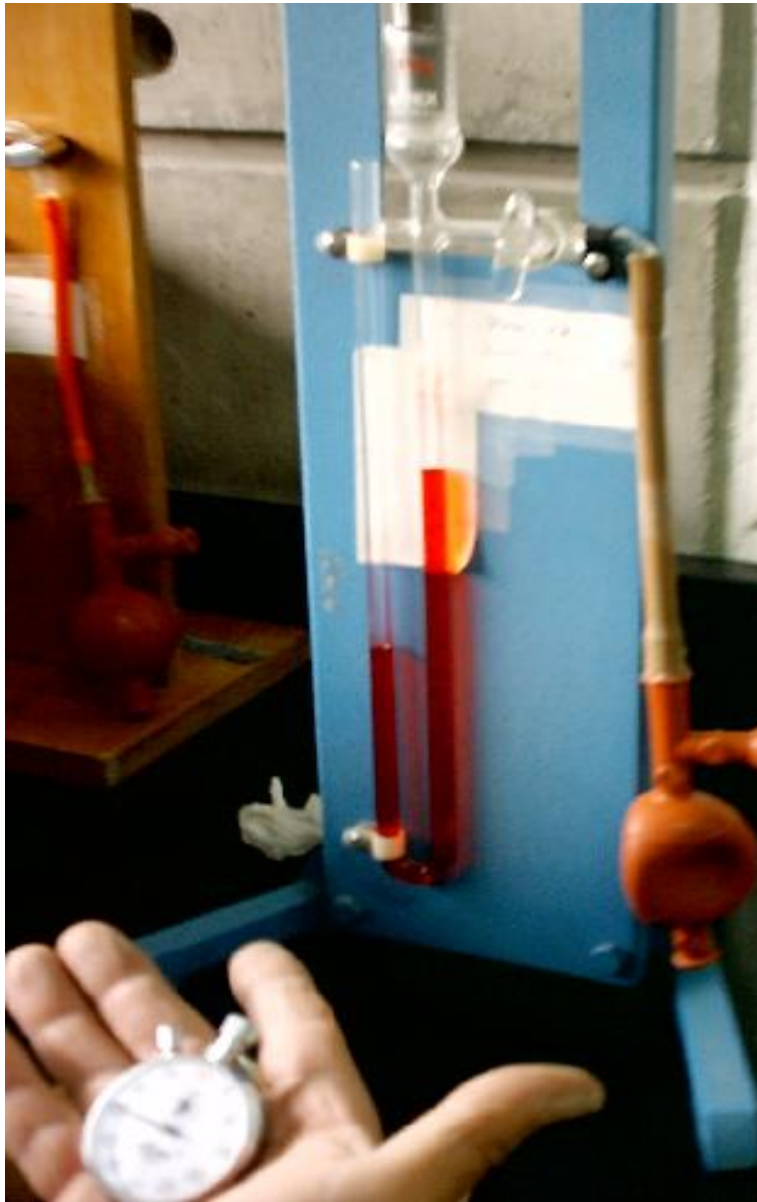
Ensayo de blaine



Ensayo de blaine



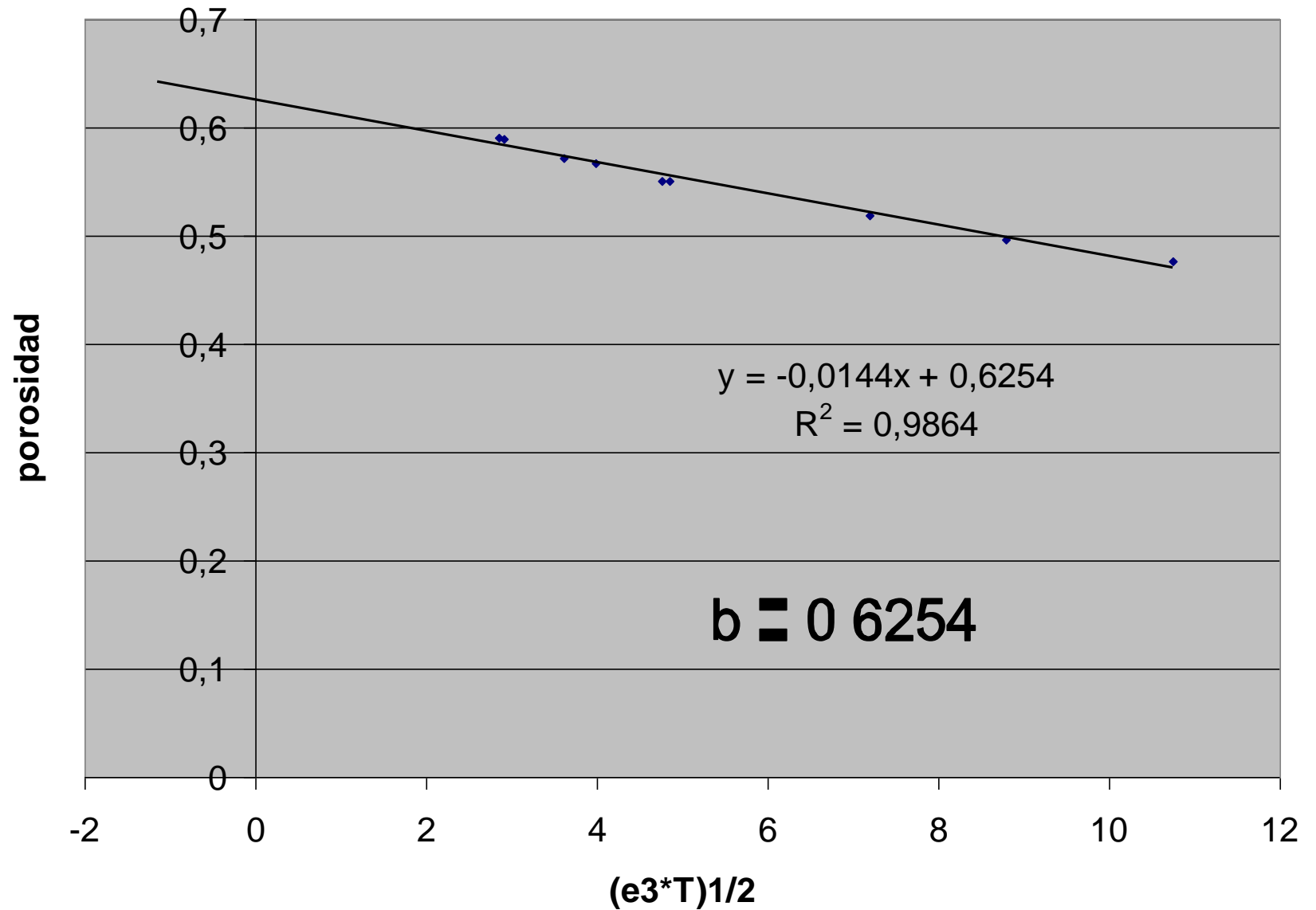
Ensayo de blaine



El factor b es utilizado para los cálculos de finura en materiales que no sea el cemento portland

W g	T s	e porosidad	(e³*T)^{1/2}
1,80	39,6	0,5904	2,8551
1,80	41,4	0,5893	2,9107
1,90	70,0	0,5715	3,6144
1,90	86,6	0,5674	3,9778
2,00	141,0	0,5509	4,8551
2,00	136,0	0,5505	4,7631
2,15	370,2	0,5191	7,1952
2,25	629,0	0,4970	8,7887
2,35	1068,0	0,4762	10,7395

Determinación del factor b





Prueba para la resistencia según la norma
ASTM C109/C109 M-99

- Preparación de las mezclas: ***patrón*** y ***muestra***
- Determinación del flujo (mesa)
- Confección de cubos
- Curado
- Resistencia a la compresión simple
- Resultados de Índice de puzolanidad
- Tablas y resultados

Dosificación y preparación de las mezclas



9 CUBOS PATRON P2

Materiales	Cantidad
Cemento Portland, g	740
Arena, g	2035
Agua, ml para una fluidez de 110 ± 5	359
A/C	0,485
Fluidez	105

MUESTRA M 2

Materiales	Cantidad
Cemento Portland, g	592
Zeolita, g	148
Arena, g	2035
Agua, ml para una fluidez de 110 ± 5	363
A/C	0,613
Fluidez	101

Mezcladora



Mesa de flujo



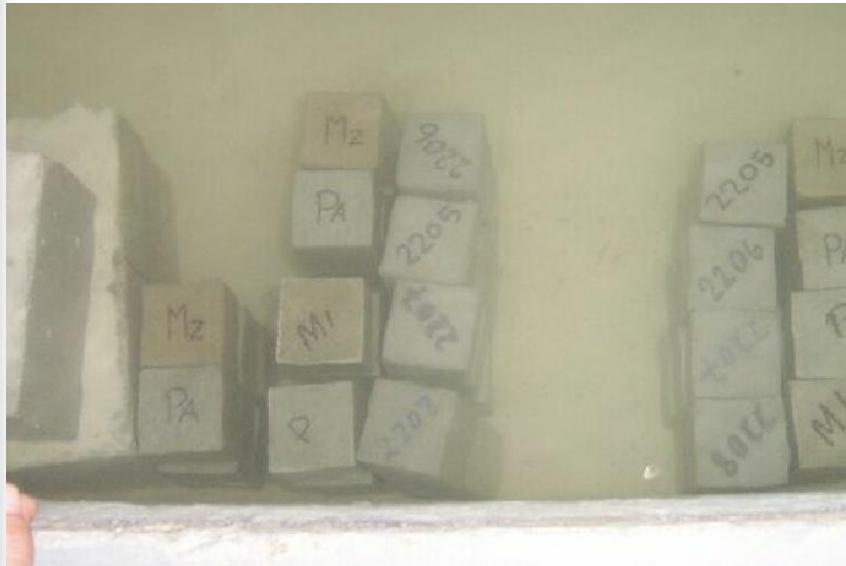
Compactación de cubos



Cámara húmeda



Piscina con cubos



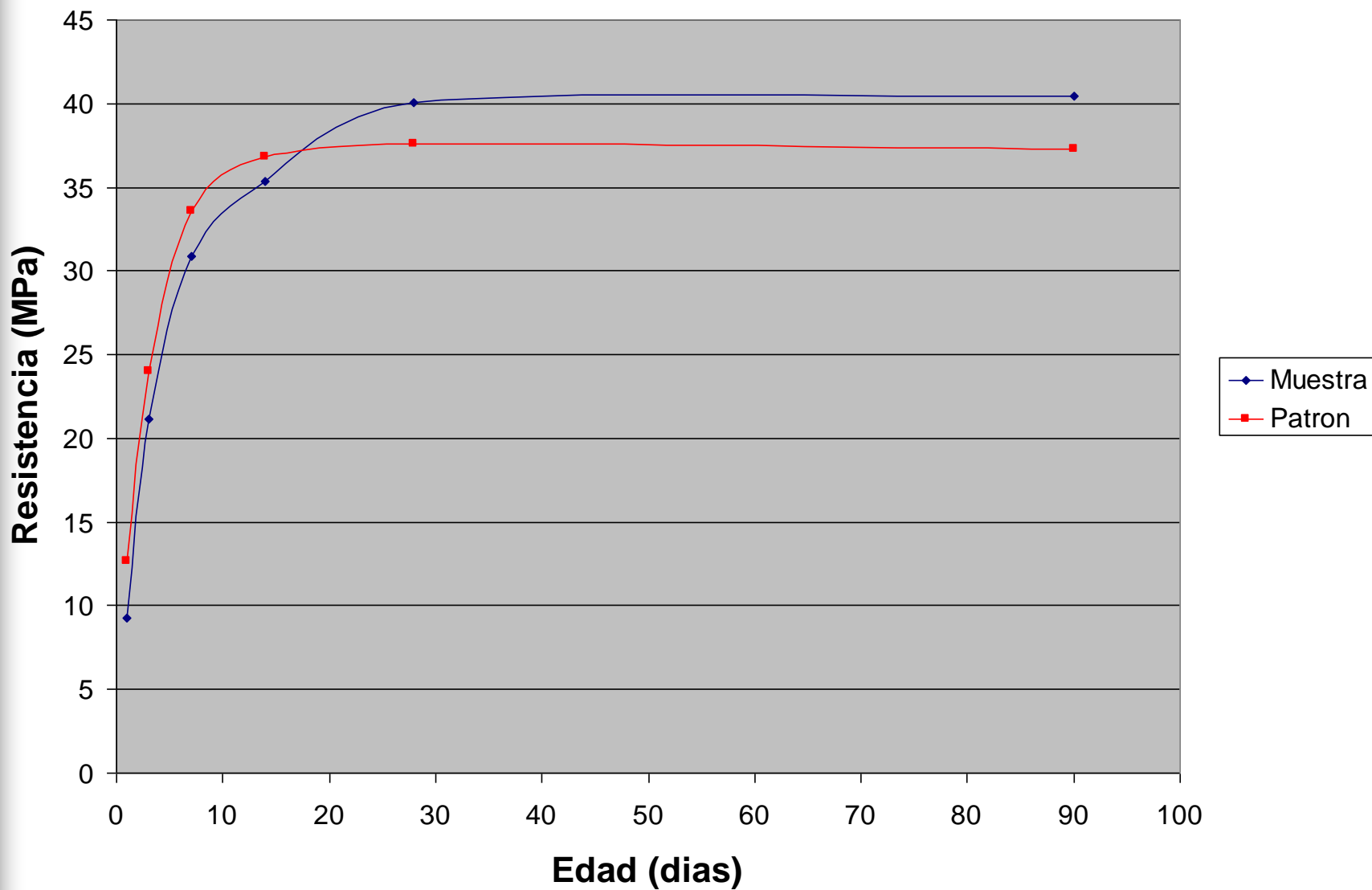
Prensa



Indice de puzolanidad ASTM C109/C109 M-99

DIAS		RESISTENCIA	INDICE DE
muestra/patron		Mpa	PUZOLANIDAD
			%
M	1	9,26	73,15
P	1	12,66	
M	3	21,14	88,12
P	3	23,99	
M	7	30,87	91,86
P	7	33,60	
M	14	35,38	96,03
P	14	36,84	
M	28	40,06	106,50
P	28	37,61	
M	90	40,48	108,61
P	90	37,27	

Gráfica comparativa de resistencias muestra/patrón



Aire atrapado en mortero

Especificación ASTM C150

- Preparación de las muestras norma ASTM C185
- La zeolita no tiene incidencia
- Cumple con la norma ASTM que debe ser $< 20\%$

	W ml	P %	Wa Kg/m ³	Wc Kg/m ³	% aire
Muestra	856,5	58,6	2141	2231,0	7,5
Patrón	854,5	58,6	2136	2245,0	7,7

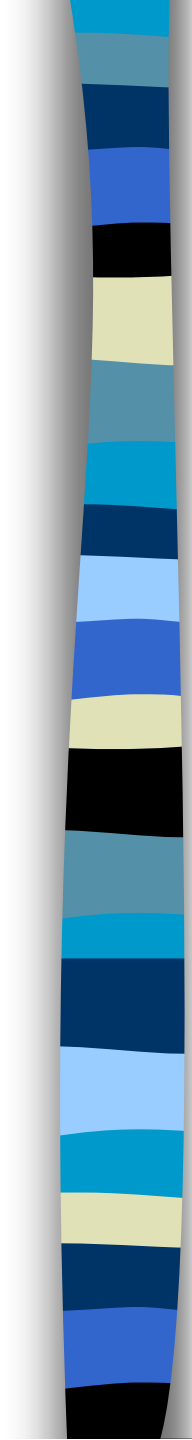


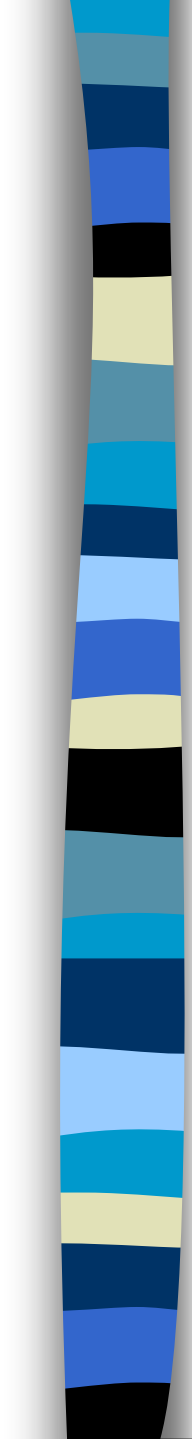
Conclusiones

- Incremento en las resistencias finales
- Mayor fluencia que en cementos portland
- Disminución del calor de hidratación
- Se pueden obtener hormigones durables
- Ahorro en el transporte

Requerimientos a cumplir

Norma	Ensayo	Requerimientos	Resultados	
C618-03	Indice de Puzolanidad	a los 7 días	75%	91,86%
		a los 28 días	75%	106,50%
	Análisis Químico	Oxido de silicio(SiO ₂), oxido de aluminio(Al ₂ O ₃)		83,10%
		oxido ferrico(Fe ₂ O ₃),	min 70%	0,01%
		Anhidrido sulfurico(SO ₃),	max 4%	10%
Perdida al fuego	max 10%			
Contenido de aire atrapado en mortero		max 20%	7,50%	
Finura	Cantidad retenida en el tamiz No.325,	max 34%	15%	

- 
- Componente alternativo en las mezclas de hormigones y morteros
 - Enfocar este recurso hacia la rama de la construcción
 - Ubicación de yacimientos de zeolita en la ESPOLO
 - Evaluación detallada de estas reservas



El uso de la Zeolita
como una adición mineral
para producir Cemento Puzolánico