



ASOCEM ASOCIACION DE PRODUCTORES DE CEMENTO

REVISIÓN DEL MÉTODO PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE ACTIVIDAD PUZOLÁNICA UTILIZANDO CEMENTO PÓRTLAND



ASOCEM ASOCIACION DE PRODUCTORES DE CEMENTO

Presentación

La presente edición recoge el trabajo de la Dra. Ing. Rosaura Vásquez Arrieta y del Ing. Hugo Villanueva, que fuera presentado al VII Coloquio de Química del Cemento, organizado por ASOCEM en 1998.



ASOCEM ASOCIACION DE PRODUCTORES DE CEMENTO

**REVISIÓN DEL MÉTODO PARA DETERMINAR
EL ÍNDICE DE ACTIVIDAD PUZOLÁNICA
UTILIZANDO CEMENTO PÓRTLAND**

(NORMA ASTM C 311)

Rosaura Vásquez, Hugo Villanueva

Cementos Rioja S.A.



REVISIÓN DEL MÉTODO PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE ACTIVIDAD PUZOLÁNICA UTILIZANDO CEMENTO PORTLAND

Resumen

Sobre la base de una revisión cronológica se dan apreciaciones sobre los métodos de ensayo mecánicos para determinar el índice de actividad puzolánica. Se presentan datos de ensayos comparativos de los dos últimos métodos vigentes (ASTM C 311-85 y ASTM C 311-98), para seis muestras de puzolana. Adicionalmente, se realiza el ensayo de puzolanidad (UNE-EN 196-5) Y se determina el índice de actividad puzolánica con cal (NTP 334.055).

De los ensayos realizados se deduce que el método para determinar el índice de actividad puzolánica con Cemento Pórtland según la Norma ASTM C 311 - 85 tiene condiciones más exigentes para evaluar el material, que el método de la Norma ASTM C 311 - 98.

Introducción

Los métodos de ensayo mecánicos para determinar el índice de actividad puzolánica han sufrido modificaciones con el tiempo. Se describe brevemente los resultados de la revisión cronológica realizada (ver Anexo) a estos métodos:

Ensayo de Actividad Puzolánica con Cal

- Su publicación original data de 1954, como parte de la Norma ASTM C 340: Especificación Tentativa para Cementos Pórtland Adicionados. En 1967, esta norma se modifica y se convierte en la Norma ASTM C 595: Especificación Normalizada para Cementos Hidráulicos Adicionados. Posteriormente, a fines de los años sesenta se incrementa substancialmente el requisito de la resistencia a la compresión de los especímenes de 600 a 800 psi, a los 7 días.
- En 1985, el Ensayo de Actividad Puzolánica con Cal desaparece como parte de los requisitos de las Puzolanas para su Uso en Cementos adicionados (Norma ASTM C 595). Sin embargo, el método de ensayo sigue en vigencia como requisito de las Puzolanas para su Uso como Adición Mineral en Concreto de Cemento Pórtland (Norma ASTM C 618).
- En 1987 se cambia la geometría de los especímenes, de cilindros a cubos de 2" de lado. Este hecho implica, en términos de resistencia, un incremento del 15%¹.
- Finalmente, a comienzos de los noventa, el ensayo se elimina como requisito de las



Puzolanas para su Uso como Adición Mineral en Concreto de Cemento Pórtland (Norma ASTM C 618) y desaparece de la normativa ASTM.

Ensayo de Actividad Puzolánica con Cemento Pórtland

- En 1976, aproximadamente, el Ensayo de Actividad Puzolánica con Cemento Pórtland, figura como ensayo en las Normas ASTM 595 y ASTM C 311 y como requisito de las Normas ASTM C 595 y ASTM C 618.
- En 1990, al método de ensayo se le realizan modificaciones substanciales en cuanto a la cantidad de puzolana empleada, cantidad de agua, fluidez y condiciones de curado. Asimismo el ensayo cambia de nombre: de Índice de Actividad Puzolánica con Cemento Pórtland, hasta 1989; a Índice de Actividad Resistente con Cemento Pórtland, a partir de 1990.
- A partir de 1997, al parecer, se cae en una contradicción: la Norma ASTM C 595 recomienda verificar el requisito del Índice de Actividad Puzolánica mediante el ensayo ASTM C 311 - 85; mientras que la Norma ASTM C 618 recomienda verificar el requisito del Índice de Actividad Resistente mediante el ensayo ASTM C 311 - 97. Es decir actualmente están en vigencia dos normas diferentes para evaluar la actividad de un mismo material.

Resultados y Discusión

En vista de que existen dos métodos vigentes para evaluar el Índice de Actividad con Cemento Pórtland se realizaron los ensayos correspondientes a fin de analizar las diferencias en sus metodologías y en el cumplimiento de los requisitos. Con este propósito, se ensayaron seis muestras diferentes de puzolana natural, con un mismo operador.

En la Tabla I, se presentan los resultados del ensayo del Índice de Actividad Resistente y en la Tabla II, se muestran los resultados del ensayo del Índice de Actividad Puzolánica. Asimismo, en la Tabla III, se recogen los Valores Comparativos de dichos Índices de Actividad.

¹ Ensayo comparativo realizado en el Laboratorio de Elaboración de Pastas, Morteros y Concreto de ARPL Tecnología Industrial S. A., sobre una misma muestra y con un mismo operador. 1993



**Tabla I. Índice de Actividad Resistente con Cemento Portland
(Ensayo ASTM C 311 - 98, Especificación ASTM C618 - 98)**

MUESTRA	RM 325 (%)	Agua (mL)	Fluidez (%)	Resistencia 7 días (psi)	Ind. Actv. 7 días (%)	Resistencia 28 días (psi)	Ind.Actv. 28 días (%)
CONTROL	16,50	242	70,9	3 775	100,0	4 932	100,0
PUZ-906	6,93	300	71,9	2 273	60,2	3 990	80,9
PUZ-907	7,30	292	72,4	2 388	63,3	4 440	90,0
PUZ-908	9,57	290	74,6	2 673	70,8	4 776	96,8
PUZ-909	4,87	302	71,2	2 328	61,7	4 858	98,5
PUZ-910	10,93	305	74,5	2 296	60,8	4 440	90,0
PUZ-911	9,42	290	73,5	2 503	66,3	4 523	91,7

**Tabla II. Índice de Actividad Puzolánica con Cemento Portland, a 28 días
(ASTM C 311 - 85, Especificación ASTM C 595 - 98)**

MUESTRA	RM 325 (%)	Agua (mL)	Fluidez (%)	Resistencia (psi)	Ind. Actv. (%)
CONTROL	16,50	137	108,5	4 560	100,0
PUZ-906	6,93	180	106,7	3 283	72,0
PUZ-907	7,30	160	107,8	3 586	78,7
PUZ-908	9,57	166	109,4	3 706	81,3
PUZ-909	4,87	176	110,6	3 164	69,1
PUZ-910	10,93	172	108,8	3 104	68,1
PUZ-911	9,42	174	110,8	3 090	67,8



Tabla III. Valores Comparativos de los Índices de Actividad con Cemento Portland

MUESTRAS	Índice de Actividad ASTM C311 - 98 (a 7 días, %)	Índice de Actividad ASTM C311 - 98 (a 28 días, %)	Índice de Actividad ASTM C311 - 85 (a 28 días, %)
PUZ-906	60,2	80,9	72,0
PUZ-907	63,3	90,0	78,7
PUZ-908	70,8	96,8	81,3
PUZ-909	61,7	98,5	69,4
PUZ-910	60,8	90,0	68,1
PUZ-911	66,3	91,7	67,8

En los resultados obtenidos observamos que todas las muestras de puzolana, a los 28 días, cumplen con el requisito del Índice de Actividad de la Norma ASTM C 311 - 98. Contrariamente, únicamente dos muestras de puzolana cumplen con el requisito del Índice de Actividad de la Norma ASTM C 311 - 85.

Las diferencias en los valores obtenidos del Índice de Actividad se deben básicamente a lo siguiente:

- Según la Norma ASTM C 311 - 85, la muestra a ensayar contiene aproximadamente un 35% de puzolana; mientras que de acuerdo con la Norma ASTM C 311 - 98, la muestra de ensayo contiene solo un 20% de puzolana.
- En el ensayo de la Norma ASTM C 311 - 85, se emplea una mayor cantidad de agua de mezcla con el fin de conseguir una fluidez mayor, del orden del 100 al 115%. Adicionalmente, en los ensayos evaluados se emplean diferentes procedimientos de almacenamiento y curado.
- Cabe destacar, que el ensayo del Índice de Actividad Puzolánica según Norma ASTM C 311 - 85 es empleado para verificar los requisitos de la Puzolana para su Uso en Cementos adicionados (Especificación ASTM C 595 - 98); mientras que el ensayo del Índice de Actividad Resistente correspondiente a la Norma ASTM C 311 - 98 es empleado para verificar los requisitos de la Puzolana para su Uso como Adición Mineral en Concreto (Especificación ASTM C 618 - 98).

Adicionalmente, a las seis muestras de puzolana se les realizó el Ensayo de Puzolanidad (UNE-EN 196-5) y se les determinó el Índice de Actividad por el método de la cal (NTP 334.055), (Tabla IV).



Tabla IV. Ensayo de Puzolanicidad (UNE-EN 196-5) e Índice de Actividad Puzolánica con Cal (NTP 334.055)

MUESTRAS	ENSAYO DE PUZOLANICIDAD Cemento		Índice de Actividad con Cal, 7 días (psi)
	+ 15% Puz. Cemento + 40% Puz. (8 días y 15 días)	(8 días)	
PUZ-906	No cumple	Si cumple	523
PUZ-907	No cumple	Si cumple	752
PUZ-908	No cumple	Si cumple	655
PUZ-909	No cumple	Si cumple	582
PUZ-910	No cumple	Si cumple	451
PUZ-911	No cumple	Si cumple	575

El Ensayo de Puzolanicidad nos da idea de la re actividad química del material, es decir del grado de reacción entre la puzolana y el hidróxido de calcio liberado en la hidratación del cemento Pórtland. En el método desarrollado por Fratini (UNE-EN 196-5), la puzolanicidad es comprobada comparando la cantidad de hidróxido de calcio que contiene la disolución acuosa en contacto con el cemento hidratado, con la cantidad de hidróxido de calcio capaz de saturar un medio de la misma alcalinidad. Para un cemento puzolánico, el hidróxido de calcio en solución debería ser inferior a la concentración de saturación.

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla IV, para el cemento con 15% de puzolana, probablemente la proporción de los componentes ácidos de la puzolana, esto es SiO_2 y Al_2O_3 principalmente, no es suficiente para poder fijar químicamente el hidróxido de calcio liberado en la hidratación del cemento, y en consecuencia no se cumple con el Ensayo de Puzolanicidad. Esto no sucede para el cemento con un mayor contenido del mismo tipo de puzolana, del orden del 40%, el cual cumple ya a los 8 días con dicho ensayo.

Con respecto al Índice de Actividad por el método de la cal, este método está vinculado con la reactividad físico-química del material, esto es con el grado de reacción química entre la puzolana y el hidróxido de calcio y con su capacidad para adquirir resistencia mecánica.

Según los resultados obtenidos en la determinación del Índice de Actividad por el método de la cal, las muestras de puzolana no cumplen con el requisito de la resistencia a la compresión de los especímenes de 800 psi, en consecuencia no tienen actividad. Lo cual no es congruente con los resultados obtenidos del Índice de la Actividad Resistente (ASTM C 311 - 98) y con los resultados del Ensayo de Puzolanicidad para el cemento con 40% de puzolana, los cuales corroboran la actividad de las puzolanas evaluadas.

Esta discrepancia se puede deber a que el método de la cal (NTP 334.066), vigente en nuestro país, tiene como antecedente la Norma ASTM C 311- 72.



No obstante, este método fue modificado por ASTM en 1987, cambiándose la geometría de los especímenes, de cilindros a cubos de 2" de lado, modificación que implica conseguir mayores valores de resistencia a la compresión en los especímenes de ensayo.

Adicionalmente, en 1996, durante el XVII Programa de Ensayo en Común del Cemento realizado en nuestro país con la participación de seis laboratorios, se concluyó que el método de la cal para la evaluación de la actividad puzolánica resulta poco preciso y presenta mayor dispersión que el método del cemento. Asimismo, se evidenció que el método del cemento por si solo no define la actividad puzolánica de un material, la que debe ser evaluada previamente.

Conclusiones

Se debe efectuar un análisis sobre los criterios de los Comités de ASTM C-1 (Cemento) y C-9 (Concreto y Agregados para Concreto), a fin de averiguar el porque están vigentes dos normas para evaluar el Índice de Actividad, si en ambos casos el destino final de la puzolana será el concreto.

Con respecto a la Normativa Peruana, la NTP 334.044 - 97 (Cementos Pórtland Puzolánico IP y IPM) considera como métodos para determinar la actividad de la puzolana el método del cemento (NTP 334.066 - 84) y el método de la cal (NTP 334.055 - 79). El método del cemento (NTP 334.066) tiene como antecedente la Norma ASTM C 311 - 77 que es similar a la Norma ASTM C 311 - 85, y en consecuencia estaría en vigencia. Sin embargo, el método de la cal (NTP 334.055) tiene como antecedente la Norma ASTM C 311 - 72, ensayo que en 1987 se modificó y posteriormente en 1994 ha sido eliminado de las Normas ASTM.

En razón de lo expuesto, se recomienda profundizar la investigación con miras a revisar el método de la cal (NTP 334.055), con el fin de adaptarlo a la normativa ASTM de 1987. Asimismo, se debe consultar a los Comités ASTM anteriormente señalados, sobre el porque el método de la cal ha sido eliminado de las Normas ASTM. Si bien se trata de un método menos preciso que el método del cemento, éste es el único método conocido en nuestro medio que nos permite determinar si un material tiene actividad puzolánica y si dicho material tiene capacidad para adquirir resistencia mecánica con el tiempo.

Por otra parte, debería evaluarse la conveniencia de adaptar el Ensayo de Puzolanidad a la Normativa Peruana a fin de poder verificar el correcto performance de los cementos puzolánicos, básicamente de los tipo IP.

De los ensayos comparativos realizados se deduce que el Ensayo de Actividad Puzolánica con Cemento Pórtland según la Norma ASTM C 311 - 85 tiene condiciones más exigentes para evaluar la actividad de un material puzolánico.



De la evaluación realizada se puede concluir que las seis muestras evaluadas tienen actividad puzolánica. Posteriormente habría que diseñar un cemento puzolánico con la dosificación adecuada, de tal manera que cumpla con el Ensayo de Puzolanidad, y a la par cumpla con los requisitos de resistencia a 3, 7 y 28 días.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ing. Wilfredo Quintana, de ARPL Tecnología industrial S. A., por su importante aporte en la revisión cronológica.

Bibliografía

1. Annual Book of ASTM Standards. Part 4. Cement, Concrete, Mortars, Road Materials, Water Proofing, Soils. 1958.
2. Annual Book of ASTM Standards. Part 13. Cement, Lime, Ceilings and Walls. 1974.
3. Annual Book of ASTM Standards. Part 13. Cement; Lime; Gypsum. 1980, 1982.
4. Annual Book of ASTM Standards. Part 14. Concrete and Mineral Aggregates. 1982.
5. Annual Book of ASTM Standards. Volume 04.02. Concrete and Aggregates. 1983,1985,1987,1989, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998.
6. Annual Book of ASTM Standards. Volume 04.01. Cement; Lime; Gypsum. 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1989, 1990, 1991, 1992, 1994,1995,1996,1997,1998.
7. ASOCEM. VII Programa de Ensayo en Común del Cemento. Informe Final. Junio, 1996.
8. Calleja, J. Las Puzolanas. Monografías del Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento. Madrid, julio 1969.
9. Calleja, J. Adiciones y cementos con adiciones. Cemento-Hormigón. N°594; pp 439-459. Mayo, 1983.
10. Calleja, J. Adiciones activas, tradicionales y no tradicionales, en cementos y hormigones. Trabajos Presentados en las Jornadas en Español y Portugués sobre Estructuras y Materiales. Madrid, mayo 1988.
11. CEN. UNE-EN 196-5 Métodos de ensayo de cementos. Parte 5: Ensayo de puzolanidad para cementos puzolánicos. Mayo, 1996.
12. CEN. UNE-ENV 197-1 Cemento. Composición, especificaciones y criterios de conformidad. Cementos comunes. Mayo, 1995.



13. Frigone, G.; Frigione, M. Role of Blended Cements in Optimisation of Energy in Cement Manufacture. Progress in Cement and Concrete. Vol. 2. Energy Conservation and Environmental Control in Cement Industry. 1996. pp182-223.
14. Gonzáles de la Cotera, M. Adiciones Minerales al Cemento Pórtland. VI Congreso de Ingeniería Química. Lima; 1997.
15. Gonzáles de la Cotera, M. Apreciación de la Actividad puzolánica. ASOCEM, VI Coloquio de Química del Cemento. Lima; 1996.
16. INDECOPI. Norma Técnica Peruana 334.066-1984. Método de ensayo para determinar el índice de actividad puzolánica utilizando cemento Portland (Antecedente ASTM C 311 - 77).
17. INDECOPI. Norma Técnica Peruana 334.055-1979. Actividad puzolánica por el método de la cal (Antecedente ASTM C 595 72).
18. INDECOPI. Norma Técnica Peruana 334.044-1997. Cementos. Cementos Pórtland Puzolánico IP y I(PM).
19. Rojas, Sergio. Cementos con puzolanas naturales. Cemento-Hormigón. N°544; pp 231-247. Marzo, 1979.



ASOCEM ASOCIACION DE PRODUCTORES DE CEMENTO

ANEXO I

Revisión cronológica de las normas ASTM
para determinar el Índice de actividad puzolánica
período 1958-1994



Revisión Cronológica

1958

- C 340-58 T Especificación Tentativa para Cementos Pórtland Puzolánicos
Editada en 1954. Revisada en 1955, 1957 y 1958.
- Ensayo Actividad Puzolánica con Cal (Cilindros de d=2" y h = 4")
- Materiales
- | | |
|----------|-----------------------|
| Cal | 1 parte |
| Puzolana | 2 partes |
| Arena | 9 partes |
| Agua | Fluidez $110 \pm 5\%$ |
- Curado 1d a $23 \pm 1,7$ °C y 6d a $55 \pm 1,7$ °C (sin pérdida de humedad).
- Req. Norma Actividad Puzolánica, 7d, min. 600 psi

1972

- C 595 -72 Especificación Normalizada para Cementos Hidráulicos Adicionados
Publicación original C 595 - 67 T
- Ensayo Actividad Puzolánica con Cal (Cilindros de d = 2" y h = 4")
- Materiales
- | | |
|----------|--------------------------|
| Cal | 1 parte |
| Puzolana | 2 x g Cal x d Puz./d Cal |
| Arena | 9 partes |
| Agua | Fluidez $110 \pm 5\%$ |
- Curado 1d a $23 \pm 1,7$ °C y 6d a $55 \pm 1,7$ °C (sin pérdida de humedad).
- Req. Norma Actividad Puzolánica, 7d, min. 800 psi

1976

- C 595 -76 Especificación Normalizada para Cementos Hidráulicos Adicionados
- Ensayos Actividad Puzolánica con Cal, similar a C 595-72.
Actividad Puzolánica con Cemento(Cubos de 2")
- Materiales
- | Control | Ensayo | |
|-------------|-----------|------------------------|
| Cemento, g | 250 | 162,5 |
| Arena, g | 687,5 | 687,5 |
| Puzolana, g | ----- | 87,5 x d
Puz./d Cem |
| Agua, %F | 100 - 115 | 100 - 115 |
- Curado 1d a $23 \pm 1,7$ °C y 27d* a $38 \pm 1,7$ °C
* Cubos se introducen en frascos y se sellan herméticamente
- Req. Norma Actividad Puzolánica con Cal, 7d, min. 800 psi
Actividad Puzolánica con Cemento, 28d, min. 75%



1981

C 311 –77 Método Normalizado de Muestreo y Ensayo de Cenizas Volantes o Puzolanas Naturales para su Uso como Adición Mineral en Concreto de Cemento Pórtland.

Publicación Original C 311 - 53

Ensayo Actividad Puzolánica con Cal, similar a C 595-72.
Actividad Puzolánica con Cemento, similar a C 595-76.

C 595 - 81a Especificación Normalizada para Cementos Hidráulicos Adicionados.

Ensayos Actividad Puzolánica con Cal, similar a C 595-72.
Actividad Puzolánica con Cemento, similar a C 595-76.

Req. Norma Actividad Puzolánica con Cal, 7d, min. 800 psi
Actividad Puzolánica con Cemento, 28d, min. 75%

C 618 - 80 Especificación Normalizada para Cenizas Volantes y Puzolana Natural o Calcinada para uso como Adición Mineral en Concreto.

Publicación original C 618 – 68 - T

Ensayos Actividad Puzolánica con Cal, ASTM C 311
Actividad Puzolánica con Cemento, ASTM C 311

Req. Norma Actividad Puzolánica con Cal, 7d, min. 800 psi
Actividad Puzolánica con Cemento, 28d, min. 75%

1983

C 311 –77 Método Normalizado de Muestreo y Ensayo de Cenizas Volantes o Puzolanas Naturales para su Uso como Adición Mineral en Concreto de Cemento Pórtland.

Ensayos Actividad Puzolánica con Cal, similar a C 595-72.
Actividad Puzolánica con Cemento, similar a C 595-76.

C 595 - 83 Especificación Normalizada para Cementos Hidráulicos Adicionados.

Ensayos Actividad Puzolánica con Cal, ASTM C 311
Actividad Puzolánica con Cemento, ASTM C311

Req. Norma Actividad Puzolánica con Cal, 7d, min. 800 psi
Actividad Puzolánica con Cemento, 28d, min. 75%

C 618 - 83 Especificación Normalizada para Cenizas Volantes y Puzolana Natural o Calcinada para uso como Adición Mineral en Concreto.

Ensayos Actividad Puzolánica con Cal, ASTM C 311
Actividad Puzolánica con Cemento, ASTM C 311

Req. Norma Actividad Puzolánica con Cal, 7d, min. 800 psi
Actividad Puzolánica con Cemento, 28d, min. 75%



1985

- C 311 –85 Método Normalizado de Muestreo y Ensayo de Cenizas Volantes o Puzolanas Naturales para su Uso como Adición Mineral en Concreto de Cemento Pórtland.
Ensayos Actividad Puzolánica con Cal, similar a C 311- 77
 Actividad Puzolánica con Cemento, similar a C 311- 77
- C 595 - 85 Especificación Normalizada para Cementos Hidráulicos Adicionados.
Ensayo Actividad Puzolánica con Cemento, ASTM C 311
Req. Norma Actividad Puzolánica con Cemento, 28d, min. 75%
- C 618 - 85 Especificación Normalizada para Cenizas Volantes y Puzolana Natural o Calcinada para uso como Adición Mineral en Concreto.
Ensayos Actividad Puzolánica con Cal, ASTM C 311
 Actividad Puzolánica con Cemento, ASTM C 311
Req. Norma Actividad Puzolánica con Cal, 7d, min. 800 psi
 Actividad Puzolánica con Cemento, 28d, min. 75%

1987

- C 311 –85 Método Normalizado de Muestreo y Ensayo de Cenizas Volantes o Puzolanas Naturales para su Uso como Adición Mineral en Concreto de Cemento Pórtland.
Ensayos Actividad Puzolánica con Cal, (Cubos de 2")
 Actividad Puzolánica con Cemento, similar a C 311- 77
- C 595 - 85 Especificación Normalizada para Cementos Hidráulicos Adicionados.
Ensayo Actividad Puzolánica con Cemento, ASTM C 311
Req. Norma Actividad Puzolánica con Cemento, 28d, min. 75%
- C 618 - 87 Especificación Normalizada para Cenizas Volantes y Puzolana Natural o Calcinada para uso como Adición Mineral en Concreto.
Ensayos Actividad Puzolánica con Cal, ASTM C 311
 Actividad Puzolánica con Cemento, ASTM C 311
Req. Norma Actividad Puzolánica con Cal, 7d, min. 800 psi
 Actividad Puzolánica con Cemento, 28d, min. 75%



1990

C 311 – 90 Método Normalizado de Muestreo y Ensayo de Cenizas Volantes o Puzolanas Naturales para su Uso como Adición Mineral en Concreto de Cemento Pórtland.

Ensayos Actividad Puzolánica con Cal, similar a C 311 - 87
Actividad Resistente con Cemento (Cubos de 2")

<u>Materiales</u>	Control	Ensayo	
Cemento, g		500	400
Arena, g		1375	1375
Puzolana, g		-----	100
Agua, mL		242 (F)	F \pm 5%

Curado 1da23 \pm 1,7 °C y 6d ó 27d en agua saturada con cal.

C 595 - 89 Especificación Normalizada para Cementos Hidráulicos Adicionados.

Ensayo Actividad Puzolánica con Cemento, ASTM C 311
Req. Norma Actividad Puzolánica con Cemento, 7d ó 28d, min. 75%

C 618 - 90 Especificación Normalizada para Cenizas Volantes y Puzolana Natural o Calcinada para uso como Adición Mineral en Concreto.

Ensayos Actividad Puzolánica con Cal, ASTM C 311
Actividad Puzolánica con Cemento, ASTM C 311
Req. Norma Actividad Puzolánica con Cal, 7d, min. 800 psi
Actividad Resistente con Cemento, 7d ó 28d, min. 75%

1994

C 311 – 94 Método Normalizado de Muestreo y Ensayo de Cenizas Volantes o Puzolanas Naturales para su Uso como Adición Mineral en Concreto de Cemento Pórtland.

Ensayo Actividad Resistente con Cemento, similar a C 311 - 90

C 595 - 92 Especificación Normalizada para Cementos Hidráulicos Adicionados.

Ensayo Actividad Puzolánica con Cemento, ASTM C 311
Req. Norma Actividad Puzolánica con Cemento, 7d ó 28d, min. 75%

C 618 – 94a Especificación Normalizada para Cenizas Volantes y Puzolana Natural o Calcinada para uso como Adición Mineral en Concreto.

Ensayo Actividad Resistente con Cemento, ASTM C 311
Req. Norma Actividad Resistente con Cemento, 7d ó 28d, min. 75%



De 1997 a 1998

C 311-97,98 Método Normalizado de Muestreo y Ensayo de Cenizas Volantes o Puzolanas Naturales para su Uso como Adición Mineral en Concreto de Cemento Pórtland.

Ensayo Actividad Resistente con Cemento, similar a C 311 - 90

C 595-97,98 Especificación Normalizada para Cementos Hidráulicos Adicionados.

Ensayo Actividad Puzolánica con Cemento, ASTM C 311 - 85

Req. Norma Actividad Puzolánica con Cemento, 7d ó 28d, min. 75%

C 618-97,98 Especificación Normalizada para Cenizas Volantes y Puzolana Natural o Calcinada para uso como Adición Mineral en Concreto.

Ensayo Actividad Resistente con Cemento, ASTM C 311 - 97

Req. Norma Actividad Resistente con Cemento, 7d ó 28d, min. 75%