

## **ARTÍCULO 501 – 07**

### **SUMINISTRO DE CEMENTO PORTLAND NORMAL**

#### **501.1 DESCRIPCIÓN**

Esta especificación se refiere a los requisitos que deberá cumplir el cemento Portland a utilizar en la fabricación de las estabilizaciones, mezclas, morteros y lechadas que se requieran para ejecutar las unidades de obra consideradas en los Artículos que integran las presentes especificaciones y que demanden la utilización de dicho cemento.

#### **501.2 MATERIALES**

##### **501.2.1 Definición**

El cemento Portland es un producto que se obtiene de la pulverización del clinker, consistiendo esencialmente en silicatos de calcio hidratados. Usualmente contiene adiciones de una o más formas de sulfato de calcio. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker, formando una mezcla íntima y uniforme.

##### **501.2.2 Designación**

El cemento Portland se clasifica en ocho (8) tipos de acuerdo con sus propiedades.

- Cemento Portland Tipo 1. Destinado a obras de concreto hidráulico en general, al que no se le exigen propiedades especiales.
- Cemento Portland Tipo 1A. Cemento con agente para incorporar aire, destinado para los mismos usos del cemento Tipo 1, donde se requiere aire incluido.
- Cemento Portland Tipo 2. Destinado a obras de concreto hidráulico expuestas a la acción moderada de sulfatos y a obras en las que se requiera moderado calor de hidratación.
- Cemento Portland Tipo 2A. Cemento con agente para incorporar aire, destinado para los mismos usos del cemento Tipo 2, donde se requiere aire incluido.
- Cemento Portland Tipo 3. Desarrolla altas resistencias iniciales.
- Cemento Portland Tipo 3A. Cemento con agente para incorporar aire, destinado para los mismos usos del cemento Tipo 3, donde se requiere aire incluido.
- Cemento Portland Tipo 4. Desarrolla bajo calor de hidratación.
- Cemento Portland Tipo 5. Cemento que ofrece alta resistencia a la acción de los sulfatos.

Algunos cementos tienen una clasificación combinada, como el Tipo 1/2, indicando que el cemento reúne los requisitos de ambos tipos y por lo tanto su utilización es adecuada cuando se requiera cualquiera de ellos.

### 501.2.3 Requisitos del cemento Portland

#### 501.2.3.1 Requisitos químicos

El cemento Portland deberá cumplir con los requisitos químicos indicados en la Tabla 501.1. Si los documentos técnicos del proyecto lo establecen o el Interventor lo exige, el cemento Portland deberá cumplir con los requisitos químicos opcionales que se especifican en la Tabla 501.2

Tabla 501.1  
Requisitos químicos del cemento Portland

PARÁMETRO	1 Y 1A	2 Y 2A	3 Y 3A	4	5
Dióxido de sílice ( $S_1O_2$ ), mín%	-	20.0 <sup>b,c</sup>	-	-	-
Óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ), máx%	-	6.0	-	-	-
Óxido de hierro ( $Fe_2O_3$ ), máx%	-	6.0 <sup>b,c</sup>	-	6.5	-
Óxido de magnesio ( $MgO$ ), máx%	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Trióxido de azufre ( $SO_3$ ) <sup>d</sup> , máx%					
Cuando ( $C_3A$ ) <sup>e</sup> es 8% o menor	3.0	3.0	3.5	2.3	2.3
Cuando ( $C_3A$ ) <sup>e</sup> es mayor que 8%	3.5	f	4.5	f	f
Pérdida al fuego, máx%	3.0	3.0	3.0	2.5	3.0
Residuo insoluble, máx%	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Silicio tricálcico ( $C_3S$ ) <sup>e</sup> , máx%	-	58.0	-	35 <sup>b</sup>	-
Silicato dicálcico ( $C_2S$ ) <sup>e</sup> , mín%	-	-	-	40 <sup>b</sup>	-
Aluminato tricálcico ( $C_3A$ ) <sup>e</sup> , máx%	-	8.0	15.0	7 <sup>b</sup>	5 <sup>c</sup>
Ferroluminato tetracálcico más el doble de aluminato tricálcico <sup>e</sup> ( $C_4AF+2(C_3A)$ ), o solución sólida ( $C_4AF+C_2F$ ), la que sea aplicable, máx%	-	-	-	-	25 <sup>c</sup>

<sup>b</sup> No aplica cuando el requisito de calor de hidratación de la Tabla 501.4 es especificado.

<sup>c</sup> No aplica cuando el requisito de resistencia a los sulfatos en la Tabla 501.4 es especificado.

<sup>e</sup> Existen casos donde el  $SO_3$  óptimo (utilizando la norma ASTM C563) para un cemento en particular, excede el límite de esta especificación. En tales casos, donde las propiedades de un cemento se pueden mejorar al exceder los límites del  $SO_3$  establecidos en la tabla, se permitirá exceder los valores de la Tabla, si se demuestra que el cemento, con el exceso de  $SO_3$ , no experimenta expansión en agua mayor de 0.020 en catorce (14) días, según la norma ASTM C1038. Cuando el fabricante provea cemento bajo esta condición, deberá proporcionar datos de soporte al Constructor.

Tabla 501.2  
Requisitos químicos opcionales del cemento Portland

PARÁMETRO	1 Y 1A	2 Y 2A	3 Y 3A	4	5
Aluminato tricálcico (C <sub>3</sub> A), <sup>b</sup> máx% (Nota 1)	-	-	8.0	-	-
Aluminato tricálcico (C <sub>3</sub> A), <sup>b</sup> máx% (Nota 2)	-	-	5.0	-	-
La suma de Silicato tricálcico y Aluminato tricálcico, <sup>b</sup> máx %	-	58 <sup>c</sup>	-	-	-
Equivalente Alkali (NA <sub>2</sub> O+0,658K <sub>2</sub> O), máx %	0.60 <sup>d</sup>	0.60 <sup>d</sup>	0.60 <sup>d</sup>	0.60 <sup>d</sup>	0.60 <sup>d</sup>

<sup>b</sup> El requisito para el calor de hidratación en la Tabla 501.4 no será obligatorio cuando éste parámetro opcional sea requerido.

<sup>d</sup> Se especifica éste límite cuando el cemento vaya a ser usado en concreto con agregados que sean potencialmente reactivos.

Nota 1. Para resistencia moderada a los sulfatos

Nota 2. Para alta resistencia a los sulfatos

### 501.2.3.2 Requisitos físicos

El cemento Portland deberá cumplir con los requisitos físicos indicados en la Tabla 501.3. Si los documentos técnicos del proyecto lo establecen o el Interventor lo exige, el cemento Portland deberá cumplir con los requisitos físicos opcionales que se especifican en la Tabla 501.4

## 501.3 Equipo

### 501.3.1 Vehículos de transporte

El cemento Portland podrá ser transportado a granel o en sacos. En ambos casos los vehículos deberán garantizar que el producto no estará expuesto a humedecimiento, sea por lluvia o por la humedad del ambiente.

Si el cemento se transporta en sacos, los vehículos deberán tener un cobertor adecuado, debidamente asegurado, que impida un eventual vertido de la carga sobre las vías por las que circulan.

Los vehículos deberán tener al día los certificados sobre emisión de gases.

### 501.3.2 Silos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera el cemento Portland transportado a granel se realizará en silos adecuados para tal fin, los cuales tendrán los aparatos de medida y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento. Así mismo, dispondrán de dispositivos adecuados para la toma de muestras y deberán ser herméticos para evitar el humedecimiento del cemento.

Tabla 501.3  
Requisitos físicos del cemento Portland

ENSAYO	TIPO 1	TIPO 1A	TIPO 2	TIPO 2A	TIPO 3	TIPO 3A	TIPO 4	TIPO 5
<b>Contenido de aire del mortero,<sup>b</sup> % en volumen Norma INV E-328</b>								
Máximo	12.0	22.0	12.0	22.0	12.0	22.0	12.0	22.0
Mínimo	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Finura<sup>c</sup> Método del turbidímetro (m<sup>2</sup>/Kg). Norma INV E-303</b>								
Valor medio, mínimo <sup>d</sup>	160.0	160.0	160.0	160.0	-	-	160.0	160.0
Valor mínimo, un solo resultado <sup>e</sup>	150.0	150.0	150.0	150.0	-	-	150.0	150.0
Valor medio, máximo <sup>d</sup>	220.0	220.0	220.0	220.0	-	-	220.0	220.0
Valor máximo, un solo resultado <sup>e</sup>	230.0	230.0	230.0	230.0	-	-	230.0	230.0
<b>Ensayo de permeabilidad al aire Norma INV E-302</b>								
Valor medio, mínimo <sup>d</sup>	280.0	280.0	280.0	280.0	-	-	280.0	280.0
Valor mínimo, un solo resultado <sup>e</sup>	260,0	260,0	260,0	260,0	-	-	260,0	260,0
Valor medio, máximo <sup>d</sup>	400,0	400,0	400,0	400,0	-	-	400,0	400,0
Valor máximo, un solo resultado <sup>e</sup>	420,0	420,0	420,0	420,0	-	-	420,0	420,0
<b>Expansión en autoclave, % máximo Norma INV E-304</b>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>Resistencia a la compresión Mpa/ (psi) Norma INV E-323</b>								
1 día	-	-	-	-	12 (1740)	10 (1450)	-	-
3 días	12 (1740)	10 (1450)	10 (1450) 7,0 <sup>g</sup> (1020) <sup>g</sup>	8,0 (1160) 6,0 <sup>g</sup> (870) <sup>g</sup>	24 (3480)	19 (2760)	-	8,0 (1160)
7 días	19 (2760)	16 (2320)	17 (2470) 12 <sup>g</sup> (1740) <sup>g</sup>	14 (2030) 19 <sup>g</sup> (1310) <sup>g</sup>	-	-	7,0 (1020)	15 (2180)
28 días	-	-	-	-	-	-	17 (2470)	21 (3050)
<b>Tiempo de fraguado<sup>h</sup> Gillmore Norma INV E-306</b>								
Tiempo inicial, en minutos valor mínimo	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Tiempo final, en minutos valor máximo	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0
<b>Tiempo de fraguado<sup>h</sup> Vicat Norma INV E-305</b>								
Tiempo inicial, en minutos valor mínimo	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0
Tiempo final, en minutos valor máximo	375,0	375,0	375,0	375,0	375,0	375,0	375,0	375,0

<sup>b</sup> Se advierte que aún cumpliendo con los requerimientos de ésta especificación, no necesariamente se asegura que el contenido de aire deseado se obtendrá en el concreto.

<sup>c</sup> Métodos alternativos para finura se podrán usar para realizar la prueba de laboratorio. Sin embargo, cuando la muestra no cumpla con los requerimientos de permeabilidad al aire, la prueba del Turbidímetro deberá ser usada y los requerimientos en ésta Tabla por el método del Turbidímetro gobernarán.

<sup>d</sup> El valor medio será determinado en las cinco (5) muestras consecutivas de una fuente.

<sup>e</sup> El valor representativo de una muestra cualquiera será el resultado de una sola prueba, si es el caso, o el promedio de los ensayos que integren la muestra la muestra.

<sup>f</sup> La resistencia a cualquier edad especificada no podrá ser menor que la resistencia a una edad menor.

<sup>g</sup> Cuando el calor de hidratación opcional o el límite químico en la suma del silicato tricálcico y aluminato tricálcico es especificada.

<sup>h</sup> El Constructor deberá especificar el tipo de prueba requerida. En caso de que no lo especifique, el fabricante estará obligado a suministrar solamente los resultados de la prueba de Vicat.

Tabla 501.4  
Requisitos físicos opcionales del cemento Portland

ENSAYO	TIPO 1	TIPO 1A	TIPO 2	TIPO 2A	TIPO 3	TIPO 3A	TIPO 4	TIPO 5
<b>Falso fraguado, penetración final, % mínimo</b> Norma INV E-308	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
<b>Calor de hidratación</b> Norma INV E-309								
7 días, máximo Kj/Kg (cal/g)	-	-	290 (70) <sup>b</sup>	290 (70) <sup>b</sup>	-	-	250 (60) <sup>c</sup>	-
28 días, máximo Kj/Kg (cal/g)	-	-	-	-	-	-	290 (70) <sup>c</sup>	-
<b>Resistencia a la compresión 28 días, Mpa (psi)</b> Norma INV E-323	28,0 (4060)	22,0 (3190)	28,0 (4060) 22,0 <sup>b</sup> (3190) <sup>b</sup>	22,0 (3190) 18,0 <sup>b</sup> (2610) <sup>b</sup>	-	-	-	-
<b>Resistencia a los sulfatos,<sup>d</sup> 14 días, % máximo de expansión</b> Norma INV E-329	-	-	-	-	-	-	-	0,040

<sup>b</sup> El requisito de la suma del silicato tricálcico y aluminato tricálcico en la Tabla 501.2 no será requerido cuando éste parámetro opcional sea exigido. Estos requerimientos de resistencia aplican cuando los requisitos de calor de hidratación o la suma del silicato tricálcico y aluminato tricálcico no sean exigidos.

<sup>c</sup> Cuando el requisito de calor de hidratación sea exigido, éste deberá ser usado en vez de los requisitos de C<sub>3</sub>S, C<sub>2</sub>S y C<sub>3</sub>A indicados en la Tabla 501.1.

<sup>d</sup> Cuando la resistencia al sulfato sea especificada, ésta será usada en vez de los requisitos de C<sub>3</sub>A y C<sub>4</sub>AF +2(C<sub>3</sub>A) indicados en la Tabla 501.1.

## 501.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

### 501.4.1 Aspectos generales

El Constructor deberá suministrar el cemento Portland cumpliendo todas las disposiciones legales referentes a las dimensiones y pesos de los vehículos de transporte y al control de la contaminación ambiental de los mismos.

A la llegada de cada vehículo al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante del cemento Portland, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, así como los resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas las condiciones establecidas en el numeral 501.2 del presente Artículo. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. De todas maneras, el Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de cemento Portland que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

El Interventor deberá comprobar, con la frecuencia que considere pertinente, los sistemas de transporte, y trasvase si la entrega es a granel, y las condiciones de almacenamiento, en todo cuanto pueda afectar la calidad del material y podrá ordenar la suspensión de la utilización del producto, mientras realiza las comprobaciones que estime convenientes de las características de calidad del cemento Portland.

El empleo del cemento Portland en la elaboración de las distintas unidades de obra de las que formará parte, se hará conforme lo establece el Artículo correspondiente.

#### **501.4.2 Manejo ambiental**

El suministro de cemento Portland se realizará teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

### **501.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DEL PRODUCTO**

#### **501.5.1 Controles generales**

El Interventor adelantará los siguientes controles principales:

- Verificar que en las operaciones de suministro del cemento Portland, el Constructor cumpla la legislación vigente en relación con las materias ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte.
- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento del cemento Portland.

#### **501.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias**

Al respecto, el Interventor adelantará las siguientes actividades:

- Realizar una vez por cada mes de ejecución de las obras y como mínimo tres (3) veces a intervalos convenientemente espaciados si la obra dura menos de tres (3) meses, los ensayos que considere necesarios para verificar las características del cemento utilizado en la obra, de aquellos especificados en las Tablas 501.1, 501.2, 501.3 501.4 del presente Artículo. La toma de las muestras se deberá hacer siguiendo la norma INV E-301 “Muestreo y aceptación del cemento

hidráulico” y los ensayos se deberán realizar en un laboratorio certificado. No se admitirá tolerancia alguna en relación con los límites que se establecen en las Tablas enunciadas en este inciso o con los establecidos en la especificación particular del proyecto, si fuese el caso. Por lo tanto, el incumplimiento de alguno de los ensayos implica el rechazo del producto.

- Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de cemento Portland incorporado en las mezclas que haya aceptado a satisfacción.

#### **501.6 MEDIDA**

La unidad de medida del cemento Portland será el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo completo, incorporado en la base estabilizada con cemento, debidamente aceptada por el Interventor.

Para determinar la cantidad de cemento Portland por pagar, se calculará el peso de la mezcla aceptada en su posición final, mediante el producto del volumen aprobado por su densidad media en obra en cada lote y, posteriormente, aplicando a este valor el porcentaje de cemento promedio que resulte de los ensayos realizados sobre muestras representativas del volumen de mezcla aceptada.

Cuando el cómputo de la fracción decimal de cemento Portland resulte mayor o igual a medio kilogramo ( $\geq 0.5$  kg), la aproximación al entero se realizará por exceso y si resulta menor de medio kilogramo ( $< 0.5$  kg), la aproximación se realizará por defecto.

#### **501.7 FORMA DE PAGO**

El pago se hará al precio unitario del contrato, por el cemento Portland efectivamente incorporado en las mezclas y recibido a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

### **ÍTEM DE PAGO**

501.1 Cemento Portland normal

Kilogramo (kg)