



Bienvenido
al curso

Tecnología del Concreto y Materiales

be
su
Carreras
universitarias
para adultos

"La educación no cambia el mundo, cambia a las personas que van a cambiar el mundo"
(Paulo Freire)



Bienvenido
al curso

Tecnología del Concreto y Materiales

sube
Cursos
interactivos
para estudiantes

Pregrado

Ingeniería Civil

3	Cemento Portland: composición, tipos y propiedades. Normas técnicas (NTP) y criterios de selección según uso.	Actividad lectiva: Identifican los tipos de cemento Portland mediante análisis de normativa. - Comparan propiedades del cemento según NTP. - Elaboran un cuadro comparativo de tipos de cemento.	Control de Lectura sobre clasificación de cementos. Cuadro comparativo de tipos de cemento con referencias normativas y su contribución al ODS 9 INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA. (CL)	5.00	
4	Materiales aglomerantes: yeso, cal y aditivos. Propiedades, aplicaciones y ensayos característicos.	Actividad lectiva: Analizan el uso de aditivos mediante estudio de casos. - Investigan la influencia de aditivos en el concreto. - Elaboran informe académico sobre materiales aglomerantes.	Informe Académico: (1er avance Investigación Formativa): Presentación y exposición por equipos. (INV)	5.00	
		Actividad no lectiva: Investigan propiedades de aditivos mediante búsqueda bibliográfica utilizando aula virtual.			
				4.00	



Cemento Portland : NTP 334.001

Un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker de Portland compuesto esencialmente de silicatos de calcio como una adición durante la molienda.

El **clínker de cemento Portland** es un producto semiacabado en forma de pequeñas piedras o gránulos (de 0.5 a 25 mm). Es la materia prima principal del cemento y se obtiene al calentar piedra caliza y arcilla a temperaturas extremas de 1400°C a 1500°C



NORMATIVA TÉCNICA

- **NTP 334**

- NTP 334.009: Requisitos estándar para los cinco tipos clásicos de Cemento Portland.
- NTP 334.082: Especifica el desempeño general de estos cementos.
- NTP 334.090: Regula los cementos Portland adicionados (con puzolana o escoria)
- **ASTM**: Especificación Normalizada para Cemento Portland
- ASTM C150/C150M
- ASTM C595/C595M
- ASTM C1157/C1157M

(ASTM son las siglas en inglés de **American Society for Testing and Materials** (Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales). Es una organización internacional que desarrolla y publica normas técnicas, métodos de prueba y especificaciones para una amplia variedad de materiales, productos y servicios)



Pregrado

Ingeniería Civil



El Peruano / Viernes 21 de enero de 2022

NORMAS LEGALES

29

PRODUCE

Decreto Supremo que aprueba el Reglamento Técnico sobre Cemento Hidráulico utilizado en Edificaciones y Construcciones en General

**DECRETO SUPREMO
N° 001-2022-PRODUCE**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

DECRETA:

Artículo 1. Aprobación

Apruébase el Reglamento Técnico sobre Cemento Hidráulico utilizado en Edificaciones y Construcciones en General, el cual consta de seis (6) capítulos, diecisiete (17) artículos, dos (2) Disposiciones Complementarias Transitorias y cuatro (4) Anexos; que forma parte integrante del presente Decreto Supremo.



El Peruano / Viernes 21 de enero de 2022

NORMAS

REGLAMENTO TÉCNICO SOBRE CEMENTO HIDRÁULICO UTILIZADO EN EDIFICACIONES Y CONSTRUCCIONES EN GENERAL

CAPÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1.- Objeto

1.1 El presente Reglamento Técnico tiene por objeto establecer los requisitos técnicos y de etiquetado que debe cumplir el cemento hidráulico utilizado en edificaciones y construcciones en general.

1.2 Tiene por finalidad prevenir riesgos para la seguridad, la vida de las personas y el ambiente, así como, evitar prácticas que puedan inducir a error, con el fin de proteger y salvaguardar el derecho de información de los consumidores y usuarios aportando a través de ello a la protección de la salud y el bienestar de la sociedad.



Artículo 2.- Campo de aplicación

2.1 Las disposiciones del presente Reglamento Técnico se aplican al cemento hidráulico, utilizado en edificaciones y construcciones en general, para los tipos que se indican a continuación (referidos en la NTP 334.009:2020, NTP 334.082:2020 y NTP 334.090:2020 o ASTM C150/C150M – 20, ASTM C595/C595M – 20 y ASTM C 1157/C1157M – 20):

Tabla 1. Tipos de Cemento Hidráulico

Cementos Hidráulicos	Tipo	Denominación
Cementos Portland	Tipo I	Cemento Portland de uso general
	Tipo II	Cemento Portland de uso general de moderada resistencia a los sulfatos
	Tipo III	Cemento Portland de alta resistencia inicial
	Tipo IV	Cemento Portland de bajo calor de hidratación
	Tipo V	Cemento Portland de alta resistencia a los sulfatos

Cementos hidráulicos adicionados	Tipo IS	Cemento Portland con escoria de alto horno
	Tipo IP	Cemento Portland puzolánico
	Tipo I (PM)	Cemento Portland puzolánico modificado
	Tipo IL	Cemento Portland caliza
	Tipo IT	Cemento adicionado temario
	Tipo ICo	Cemento Portland compuesto
Cementos hidráulicos especificado por desempeño	Tipo GU	Cemento Hidráulico de uso general
	Tipo HE	Cemento Hidráulico de alta resistencia inicial
	Tipo MS	Cemento Hidráulico de moderada resistencia a los sulfatos
	Tipo HS	Cemento Hidráulico de alta resistencia a los sulfatos
	Tipo MH	Cemento Hidráulico de moderado calor de hidratación
	Tipo LH	Cemento Hidráulico de bajo calor de hidratación



Artículo 4.- Definiciones

Para efectos del presente Reglamento Técnico se aplican las siguientes definiciones:

4.1 Adiciones: Material que se mezcla en cantidades limitadas en el cemento hidráulico durante su fabricación (ASTM C219-20 a).

4.2 Adiciones funcionales: Es una adición que se incorpora para modificar una o más propiedades del cemento hidráulico (ASTM C219-20 a).

4.3 Adiciones de proceso: Es una adición que se introduce para ayudar en la fabricación o manejo o ambos, del cemento hidráulico (ASTM C219-20 a).

4.4 Cemento hidráulico: Es el cemento que fragua, endurece y desarrolla resistencia por reacción química tanto al aire como bajo el agua (3.11, NTP 334.001:2019).

4.5 Cemento Portland: Cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más, de lo siguiente: agua, sulfato de calcio, hasta un 5% de piedra caliza y adiciones de procesamiento. (3.18, NTP 334.001:2019).

4.6 Cemento Portland Tipo I o Cemento Portland de uso general: Para uso general en la construcción que no requiere propiedades especiales. (1.1.1 NTP 334.009:2020).

4.7 Cemento Portland Tipo II o Cemento Portland de uso general de moderada resistencia a los sulfatos: Para uso general, específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos. (1.1.2 NTP 334.009:2020).

4.8 Cemento Portland Tipo III o Cemento Portland de alta resistencia inicial: Para ser utilizado cuando se requiere alta resistencia inicial. (1.1.4 NTP 334.009:2020).



Pregrado

Ingeniería Civil

4.8 Cemento Portland Tipo III o Cemento Portland de alta resistencia inicial: Para ser utilizado cuando se requiere alta resistencia inicial. (1.1.4 NTP 334.009:2020).

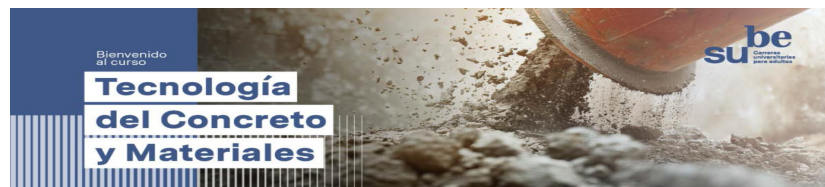
4.9 Cemento Portland Tipo IV o Cemento Portland de bajo calor de hidratación: Para ser utilizado cuando se requiere bajo calor de hidratación. (1.1.5, NTP 334.009:2020).

4.10 Cemento Portland Tipo V o Cemento Portland de alta resistencia a los sulfatos: Para ser utilizado cuando se requiere alta resistencia a los sulfatos (1.1.6, NTP 334.009:2020).

4.11 Cemento hidráulico adicionado: Cemento hidráulico que consta de dos o más componentes inorgánicos (al menos uno de los cuales **no es** cemento Portland o clinker de cemento Portland) que, por separado o en combinación, contribuyen a las propiedades de desarrollo o ganancia de resistencia del cemento, (fabricadas con o sin otros constituyentes, adiciones de procesamiento y adiciones funcionales), mediante molienda u otra mezcla. (3.12, NTP 334.001:2019).

4.12 Cemento hidráulico adicionado tipo IS o cemento Portland con escoria de alto horno: Cemento hidráulico que consiste en una mezcla íntima y uniforme de: cemento Portland y escoria granulada de alto horno o cemento de escoria producido por la molienda conjunta de clinker de cemento Portland y escoria granulada de altos hornos o cemento de escoria, o por la mezcla de cemento Portland y cemento de escoria; o por una combinación de molienda y mezclado en la cual el porcentaje de escoria granulada de alto horno o cemento de escoria se encuentra dentro de los límites especificados (3.21, NTP 334.001:2019).

4.13 Cemento hidráulico adicionado tipo IP o cemento Portland puzolánico: Cemento hidráulico que consiste en una combinación íntima y uniforme de cemento Portland o cemento de escoria de alto horno Portland y puzolana fina producida al intercalar clinker de cemento Portland y puzolana; mezclando el cemento Portland o el cemento Portland de escoria de alto horno y la puzolana finamente dividida; o por una combinación de molienda y mezcla, en la cual la cantidad del constituyente de la puzolana está dentro de los límites especificados. (3.22, NTP 334.001:2019).



4.14 Cemento hidráulico adicionado tipo I (PM) o cemento Portland puzolánico modificado: Es una mezcla uniforme de cemento Portland y puzolana finamente dividida. El producto se obtiene por la pulverización conjunta de clinker de cemento Portland y puzolana o, por la mezcla conjunta de cemento Portland y puzolana finamente molida, o una combinación de molienda y mezclado. En el producto final la puzolana está presente en no más del 20% en masa, de la masa total del cemento Portland puzolánico. (7.1.4, NTP 334.090:2020).

4.15 Cemento hidráulico adicionado tipo IL o cemento Portland caliza: Cemento hidráulico que consiste en una combinación íntima y uniforme de cemento Portland y piedra caliza producida por la molienda conjunta de clinker y piedra caliza; mezclando cemento Portland y caliza finamente dividida; o por una combinación de molienda y mezcla, en la cual la cantidad del constituyente de piedra caliza está dentro de los límites especificados. (3.19, NTP 334.001:2019).

4.16 Cemento hidráulico adicionado tipo ICo o cemento Portland compuesto: Es un cemento Portland obtenido por la pulverización conjunta de clinker Portland, materias calizas y/o inertes hasta un máximo de 30%. (7.1.5, NTP 334.090:2020).

4.17 Cemento hidráulico adicionado tipo IT o cemento adicionado ternario: Cemento hidráulico que consiste en una mezcla uniforme, producido ya sea por la molienda conjunta, mezclado o combinación de clinker de cemento portland o cemento portland adicionado con 1) dos puzolanas diferentes, 2) escoria y una puzolana, 3) una puzolana y una caliza, o 4) una escoria y una caliza. (adaptado 3.3, NTP 334.090:2020).

4.18 Cemento hidráulico por desempeño: Cemento hidráulico que no tiene restricciones en la composición del cemento o de sus constituyentes y que están clasificados por sus requisitos específicos de desempeño para uso general, alta resistencia inicial, resistencia al ataque por sulfatos y calor de hidratación. (adaptado 1, ASTM 1157/C1157-20 y 1, NTP 334.082:2020).

4.19 Cemento Tipo GU o Cemento hidráulico de uso general: para construcciones generales, cuando no se requieran propiedades especiales. (4.2.1, NTP 334.082:2020).



Pregrado

Ingeniería Civil

4.20 Cemento Tipo HE o Cemento hidráulico de alta resistencia inicial: Cemento con propiedades especiales de alta resistencia inicial. (4.2.2, NTP 334.082:2020).

4.21 Cemento Tipo MS o Cemento hidráulico de moderada resistencia a los sulfatos: Cemento con propiedades especiales de moderada resistencia al sulfato. (5.2.3, NTP 334.082:2020).

4.22 Cemento Tipo HS o Cemento hidráulico de alta resistencia al sulfato: Cemento con propiedades especiales de alta resistencia a los sulfatos. (5.2.4, NTP 334.082:2020).

4.23 Cemento Tipo MH o Cemento hidráulico de moderado calor de hidratación: Cemento con propiedades especiales de moderado calor de hidratación. (5.2.5, NTP 334.082:2020).

4.24 Cemento Tipo LH o Cemento hidráulico de bajo calor de hidratación: Cemento con propiedades

especiales de bajo calor de hidratación. (5.2.6, NTP 334.082:2020).

4.25 Certificado de Conformidad: documento mediante el cual el organismo de certificación de productos declara que el cemento hidráulico demuestra cumplimiento de los requisitos técnicos establecidos en el presente Reglamento Técnico.

4.26 Envase: Es todo material primario (contacto directo con el producto) o secundario que contiene o recubre el cemento, y que está destinado a protegerlo del deterioro, contaminación y facilitar su manipulación y transporte.

4.27 Envase Big Bag: Bolsa flexible de tamaño grande que se utiliza para almacenar, mantener y transportar el cemento.

4.28 Granel: Cemento que se transporta sin envasar, empaquetar o embalar en grandes cantidades.



CAPÍTULO II

REQUISITOS TÉCNICOS Y DE ETIQUETADO PARA EL CEMENTO HIDRÁULICO

Artículo 6.- Requisitos técnicos

El cemento hidráulico indicado en el artículo 2 debe cumplir con los requisitos técnicos que se establecen en el Anexo I del presente Reglamento Técnico (referidos en la NTP 334.009:2020, NTP 334.082:2020 y NTP 334.090:2020 o ASTM C150/C150M – 20, ASTM C595/C595M – 20 y ASTM C 1157/C1157M – 20).

Artículo 7.- Requisitos del etiquetado

La información consignada en el etiquetado de los envases del cemento hidráulico debe ser expresada en idioma castellano, conforme a lo establecido en el artículo 3 del Decreto Legislativo N° 1304, sin perjuicio de que además se presente en otros idiomas. Asimismo, debe contener en forma clara y visible, como mínimo, la información que se indica a continuación.

7.1 En envases individuales

7.1.1 La información en los envases individuales, que contienen el cemento hidráulico deben llevar en su superficie como mínimo la siguiente información:

- a) Designación (tipo y denominación) del cemento de acuerdo con lo indicado en el artículo 2 del presente Reglamento Técnico.
- b) País de fabricación.
- c) Fecha de fabricación, indicando día, mes y año.
- d) Fecha recomendada de uso, indicando día, mes y año.
- e) Condiciones de conservación o almacenamiento, debiendo utilizar, como mínimo, la siguiente leyenda "Almacenar en recinto seco y protegido de la intemperie".



Pregrado

Ingeniería Civil

f) Contenido neto del producto indicado en unidades de masa (kilogramos o toneladas). Las tolerancias deben cumplir con lo establecido en la Norma Metrológica Peruana NMP 002:2018 Cantidad de producto en preenvases.

g) Nombre y domicilio fiscal en el Perú del fabricante nacional o importador o envasador o distribuidor responsable, según corresponda, así como su número de Registro Único de Contribuyente (RUC).

h) Marca comercial, de corresponder.

i) Advertencia del riesgo o peligro que pudiera derivarse de la naturaleza del producto, así como de su empleo, cuando éstos sean previsibles.

7.1.2 Para el cemento envasado en bolsas Big Bag, estas deben contar con la información indicada en el numeral 7.1.1 del numeral 7.1. del presente artículo, del presente Reglamento Técnico, la misma que debe estar consignada en el envase o la ficha técnica o en los documentos de transacción comercial.

7.2 Información para el despacho de cemento a granel

El cemento hidráulico que se comercializa a granel en recipientes contenedores debe incluir en los documentos de transacción comercial la siguiente información:

a) Designación (tipo y denominación) de cemento de acuerdo con lo indicado en el artículo 2 del presente Reglamento Técnico.

b) País de fabricación.

c) Fecha de fabricación, indicando día, mes y año.

d) Fecha recomendada de uso, indicando día, mes y año.

e) Contenido neto indicado en unidades de masa (kilogramos o toneladas).

f) Nombre y domicilio fiscal en el Perú del fabricante nacional o importador o distribuidor responsable, según corresponda, así como su número de Registro Único de Contribuyente (RUC).

g) Marca comercial, de corresponder.

h) Advertencia del riesgo o peligro que pudiera derivarse de la naturaleza del producto, así como de su empleo, cuando éstos sean previsibles.



7.3 Reenvasado de bolsas Big-Bag

El cemento envasado en bolsas Big-Bag que sea reenvasado, fraccionado o que haya sufrido cualquier alteración de su contenido, debe mantenerse la fecha de fabricación y la fecha recomendada de uso de la bolsa Big- Bag en el etiquetado de los envases individuales.

Cuando se evalúe nuevamente el cemento y se cuente con un nuevo certificado de conformidad que demuestre que mantiene el cumplimiento de los requisitos establecidos en el artículo 6 del presente Reglamento Técnico, se coloca en el envase individual la nueva fecha recomendada de uso, sin perjuicio del cumplimiento de lo establecido en el numeral 7.1.1. del numeral del 7.1. del artículo 7 del presente Reglamento Técnico.

7.4 Envasado de cemento a granel

El cemento a granel que, en fecha posterior a su fecha de fabricación, se someta a un proceso de envasado en envases individuales destinados al mercado nacional, dichos envases deben indicar lo establecido en los literales a), b), e), f), g), h) e i) del numeral 7.1.1. del numeral 7.1. del presente artículo, del presente Reglamento Técnico y, adicionalmente, como fecha de fabricación y como fecha recomendada de uso se coloca la misma fecha de fabricación y fecha recomendada de uso del cemento a granel.



Pregrado

Ingeniería Civil

ANEXO I

**REQUISITOS TÉCNICOS PARA EL
CEMENTO HIDRÁULICO
(REFERIDOS EN LA NTP 334.009:2020, NTP
334.082:2020 y NTP 334.090:2020 o ASTM C150/
C150M – 20, ASTM C595/C595M – 20 y
ASTM C 1157/C1157M – 20)**

I.1. CLASIFICACIÓN Y DESIGNACIÓN DEL CEMENTO HIDRÁULICO

I.1.1 Clasificación

El cemento hidráulico se clasifica de acuerdo al tipo y denominación como se indica en la Tabla A1.





Pregrado

Ingeniería Civil

TABLA A1 – Clasificación de Cementos

Cementos Hidráulicos	Tipo	Denominación
Cementos Portland	Tipo I	Cemento Portland de uso general
	Tipo II	Cemento Portland de uso general de moderada resistencia a los sulfatos
	Tipo III	Cemento Portland de alta resistencia inicial
	Tipo IV	Cemento Portland de bajo calor de hidratación
	Tipo V	Cemento Portland de alta resistencia al sulfato
Cementos hidráulicos adicionados	Tipo IS	Cemento Portland con escoria de alto horno
	Tipo IP	Cemento Portland puzolánico
	Tipo I (PM)	Cemento Portland puzolánico modificado
	Tipo IL	Cemento Portland con adición calcárea
	Tipo IT	Cemento adicionado ternario
	Tipo ICo	Cemento Portland compuesto

Cementos Hidráulicos	Tipo	Denominación
Cementos hidráulicos especificado por desempeño	Tipo GU	Cemento Hidráulico de uso general
	Tipo HE	Cemento Hidráulico de alta resistencia inicial
	Tipo MS	Cemento Hidráulico de moderada resistencia al sulfato
	Tipo HS	Cemento Hidráulico de alta resistencia al sulfato
	Tipo MH	Cemento Hidráulico de moderado calor de hidratación
	Tipo LH	Cemento Hidráulico de bajo calor de hidratación



I.1.2 Designación

El cemento hidráulico se designa por el Tipo y su denominación (Tabla A1). Para el caso de cementos con propiedades especiales se debe adicionar al Tipo un sufijo (X) que identifica la propiedad de acuerdo con lo indicado en la Tabla A2.

TABLA A2 – Sufijos para Propiedades Especiales

SUFJO	PROPIEDAD
MS	Moderada resistencia a los sulfatos
HS	Alta resistencia a los sulfatos
MH	Moderado calor de hidratación
LH	Bajo calor de hidratación
R	Baja reactividad con agregados de álcali-silice
A	Con aire incorporado

Ejemplos de designación:

Característica del cemento	Designación
a) Cemento Portland con escoria de alto horno con moderada resistencia a los sulfatos	Tipo IS (MS) Cemento Portland con escoria de alto horno
b) Cemento adicionado ternario con bajo calor de hidratación	Tipo IT (LH) Cemento adicionado Ternario
c) Cemento hidráulico de alta resistencia inicial con baja reactividad a los agregados de álcali-silice	Tipo HE (R) Cemento Hidráulico de alta resistencia inicial a los sulfatos
d) Cemento hidráulico de alta resistencia a los sulfatos con moderado calor de hidratación y baja reactividad con agregados álcali-silice	Tipo HS (MH)(R) Cemento Hidráulico de Alta Resistencia a los sulfatos



Pregrado

Ingeniería Civil

I.2. REQUISITOS TÉCNICOS PARA CEMENTOS PORTLAND

El Cemento Portland debe cumplir con los requisitos químicos y físicos que se establecen en las Tablas A3, A4, A5 y A6.

TABLA A3 - Requisitos Químicos

REQUISITOS	MÉTODO DE ENSAYO	TIPO DE CEMENTO				
		I	II	III	IV	V
Óxido de aluminio (Al_2O_3), máx. %	NTP 334.086: 2017 ASTM C114-18	-	6,0	-	-	-
Óxido férrico (Fe_2O_3), máx. %		-	6,0 ^a	-	6,5	-
Óxido de magnesio (MgO), máx. %		6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Trióxido de azufre (SO_3) ^c , máx. %:						
- Cuando (C_3A) ^o es 8% o menos		3,0	3,0	3,5	2,3	2,3
- Cuando (C_3A) ^o es más del 8%		3,5	E	4,5	E	E
Pérdida por ignición, máx. %:						
- Cuando la adición calcárea no es un ingrediente.		3,0	3,0	3,0	2,5	3,0
- Cuando la adición calcárea es un ingrediente.		3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Residuo insoluble, máx. %		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Silicato tricálcico (C_3S) ^o , máx. %	Ver I5	-	-	-	35 ^a	-
Silicato dicálcico (C_2S) ^o , máx. %		-	-	-	40 ^a	-
Aluminato tricálcico (C_3A) ^o , máx. %		-	8	15	7 ^a	5 ^a

REQUISITOS	MÉTODO DE ENSAYO	TIPO DE CEMENTO				
		I	II	III	IV	V
Aluminoferrito tetracálcico más dos veces el aluminato tricálcico ($C_4AF + 2(C_3A)$), o solución sólida ($C_4AF + C_2F$), como sea aplicable, máx. %	-	-	-	-	-	25 ^a

A. No aplicable cuando se especifique el límite de resistencia a los sulfatos de la Tabla A6.

B No aplicable cuando el cemento cumple el límite de calor de hidratación de la Tabla A6.

C. Se permite exceder los valores de la tabla para el contenido de SO_3 , siempre que se haya demostrado por el método de ensayo NTP 334.093:2016 o ASTM C1038/C1038M-19 que el cemento con aumento de SO_3 no desarrollará una expansión superior al 0,020% a los 14 días. Cuando el fabricante provea cemento bajo esta condición, debe suministrar datos de respaldo al comprador.

D. Ver I5 para el cálculo.

E. No aplicable.

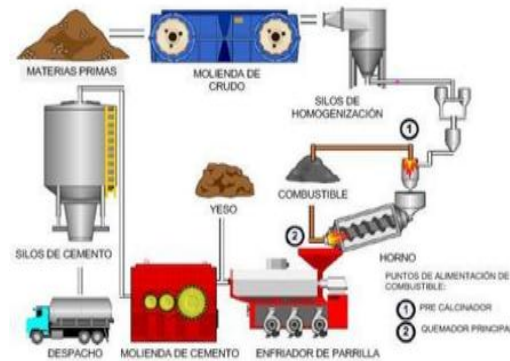


TABLA A4 - Requisitos Químicos Opcionales

REQUISITOS	MÉTODO DE ENSAYO	TIPO DE CEMENTO					OBSERVACIONES
		I	II	III	IV	V	
Aluminato tricálcico (C_3A), máx. %	Ver I5	-	-	8	-	-	Para moderada resistencia a los sulfatos
Aluminato tricálcico (C_3A), máx. %	Ver I5	-	-	5	-	-	Para alta resistencia al sulfato



TABLA A5 - Requisitos Físicos

REQUISITOS	MÉTODO DE ENSAYO	TIPO DE CEMENTO				
		I	II	III	IV	V
Contenido de aire del mortero, volumen %:	NTP 334.048: 2020 ASTM C185-20					
- Máximo		12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
- Mínimo		-	-	-	-	-
Finura, Superficie específica, (m ² /kg)	NTP 334.002: 2018 ASTM C204-18e					
Ensayo de permeabilidad al aire						
- Mínimo		260	260	-	260	260
- Máximo		-	-	-	430	-
Expansión en autoclave, máx. %	NTP 334.004: 2018 ASTM C151/ C151M-18	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

Resistencia, no menor que los valores para las edades indicadas a continuación ^A : Resistencia a la compresión, min, Mpa:	NTP 334.051: 2019 ASTM 109/109M-21					
1 día		-	-	12,0	-	-
3 días		12,0	10,0	24,0	-	8,0
7 días		19,0	17,0	-	7,0	15,0
28 días		-	-	-	17,0	21,0
Tiempo de fraguado; Ensayo Vicat ^B	NTP 334.006: 2019 ASTM C191-19					
- Tiempo de fraguado, min, no menor que		45	45	45	45	45
- Tiempo de fraguado, min, no mayor que		375	375	375	375	375

A La resistencia en cualquier edad especificada de ensayo no debe ser menor que la alcanzada en cualquier edad previa especificada de ensayo.



Pregrado

Ingeniería Civil

B El tiempo de fraguado es el descrito como tiempo inicial de fraguado en el método de ensayo de la NTP 334.006:2019 o ASTM C191-19.

TABLA A6 - Requisitos Físicos Opcionales

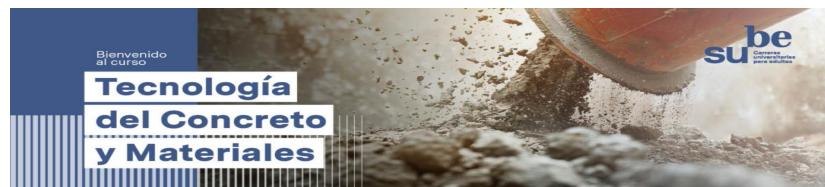
REQUISITOS	MÉTODO DE ENSAYO	TIPO DE CEMENTO				
		I	II	III	IV	V
Falso fraguado, penetración final, min. %	NTP 334.052: 2018 ASTM C451-19	50	50	50	50	50
Calor de hidratación (método alternativo):						
- 3 días, máx. kJ/kg	NTP 334.171: 2019 ASTM C1702-17	-	-	-	200 ^a	-
- 7 días, máx. kJ/kg		-	-	-	225 ^a	-
Resistencia a la compresión:	NTP 334.051: 2019 ASTM C109/ C109M-21					
28 días, máx. MPa.		28	28	-	-	-

Resistencia a sulfatos ^a	NTP 334.065: 2019 ASTM C452-21					
14 días, máx. % de expansión		C	C	-	-	0,04
Ensayo de Gillmore:						
- Fraguado inicial, minutos, no menor que:	NTP 334.056: 2016 ASTM C266-20	60	60	60	60	60
- Fraguado final, minutos, no mayor que:		600	600	600	600	600

A Los límites de C_3S , C_2S , C_3A y Fe_2O_3 en la Tabla A3 no se deben aplicar cuando el cemento cumpla con este límite.

B Cuando se especifique la resistencia a los sulfatos, ésta se indicará en lugar de los límites de C_3A y C_4AF+2C_3A y Fe_2O_3 listados en la Tabla A3.

C El cemento que cumple el límite de alta resistencia a los sulfatos del Tipo V, se considera que cumple los requisitos de moderada resistencia a los sulfatos del Tipo II.



Pregrado

Ingeniería Civil

I.3. REQUISITOS TÉCNICOS PARA CEMENTOS HIDRÁULICOS ADICIONADOS

I.3.1 Cemento hidráulico adicionado

El Cemento Portland adicionado debe cumplir con los requisitos químicos y físicos que se establecen en las Tablas A7 y A8.

TABLA A7 – Requisitos Químicos

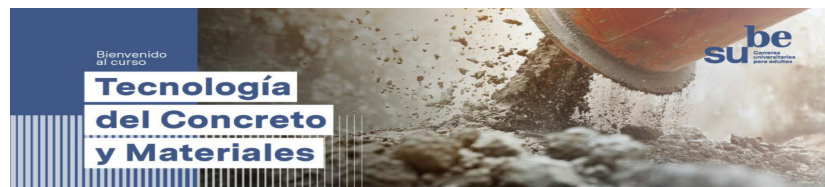
REQUISITOS	METODO DE ENSAYO	TIPO DE CEMENTO				
		IS(<70) IT(P<S<70) IT(L<S<70)	IS(≥70) IT(S≥70)	IP (PM) IT(P≥S) IT(P≥L)	IL IT(L≥S) IT(L≥P)	Ico
Óxido de magnesio (MgO), máx. %	NTP 334.086:2017 ASTM C114-18	-	-	6,0	-	6,0
Azúfre como trióxido de azúfre ^A (SO ₃), máx. %		3,0	4,0	4,0	3,0	4,0
Azúfre como S ²⁻ , máx. %		2,0	2,0	-	-	-
Residuo insoluble ^A , máx. %		1,0	1,0	-	-	-
Pérdida por ignición, máx. %		3,0 ^c	4,0 ^c	5,0 ^A	10,0	-

Donde: “S” = escoria, “P” = puzolana, “L” = adición calcárea.

A El límite máximo de residuo insoluble no se aplica para cementos adicionados ternarios.

B Para cementos adicionados ternarios con adición calcárea, la pérdida por ignición es un máximo de 10,0 % en masa.





Pregrado

Ingeniería Civil

TABLA A8 - Requisitos Físicos

REQUISITOS	MÉTODO DE ENSAYO	TIPOS DE CEMENTO PRT	
		IL, IP, IS(<70), IT (S<70) IPM, ICo	IS(≥70) IT(S≥70)
Finura, m ² /kg	NTP 334.002: 2018 NTP 334.045: 2018 ASTM C204-18e ASTM C430-17	A	A
Densidad	NTP 334.005: 2018 ASTM C188-17	A	A
Expansión en autoclave, máx, % ^b	NTP 334.004: 2018	0,80	0,80
Contracción en autoclave, máx, % ^b	ASTM C 151/151M-18	0,20	0,20
Tiempo de fraguado inicial, ensayo Vicat: ^c			
- Fraguado, minutos, no menos que	NTP 334.006: 2019 ASTM C191-19	45	45
- Fraguado, horas, no más que		7	7
Contenido de aire del mortero, volumen % máx.	NTP 334.048: 2020 ASTM C185-20	12	12
Resistencia a la compresión, mín., MPa:			
- 3 días	NTP 334.051: 2019 ASTM C109/ C109M-21	13,0	-
- 7 días		20,0	5,0
- 28 días		25,0	11,0

A Se deben informar tanto la cantidad retenida por tamizado por vía húmeda en tamiz 45 μm (No. 325) como la superficie específica por el aparato de permeabilidad de aire, en m²/kg, y densidad, g/cm³ en todos los informes de ensayos en fábrica.

B Los especímenes deben permanecer firmes y duros y no mostrar señales de distorsión, agrietamiento, rajaduras, picaduras o desintegración cuando son sometidos al ensayo de expansión en autoclave.

C El tiempo de fraguado de cementos que contienen adiciones funcionales de tipo acelerador o retardador requerido por el usuario, no necesita cumplir con los límites de esta tabla, pero debe ser declarado por el fabricante.





Bienvenido
al curso

Tecnología del Concreto y Materiales

sube
Construcción
para el futuro

Pregrado

Ingeniería Civil

I.3.2 Cemento hidráulico adicionado con propiedades especiales

El Cemento hidráulico adicionado con propiedades especiales debe cumplir con los requisitos físicos establecidos en la Tabla A9.

**TABLA A9 - Requisitos Físicos de Cementos
Hidráulicos Adicionados con
Propiedades Especiales**

REQUISITOS	MÉTODO DE ENSAYO	DENOMINACIÓN DE LA PROPIEDAD ESPECIAL ^A				
		A	MS	HS	MH	LH
Contenido de aire del mortero	NTP 334.048: 2020 ASTM C185-20					
- Volumen, mín., %		16 ^B	-	-	-	-
- Volumen, máx., %		22 ^B	12	12	12	12
Resistencia a la compresión ^C , mín., MPa	NTP 334.051: 2019 ASTM C109/ C109M-21					
- 3 días		10,0	13,0	13,0	10,0	-
- 7 días		16,0	20,0	20,0	17,0	11,0
- 28 días		22,0	25,0	25,0	22,0	21,0

REQUISITOS	MÉTODO DE ENSAYO	DENOMINACIÓN DE LA PROPIEDAD ESPECIAL ^A				
		A	MS	HS	MH	LH
Calor de Hidratación, Calorimetría de conducción isotérmica máx., cal/g - 3 días - 7 días	NTP 334.171: 2019 ASTM C1702-17	-	-	-	80	50
Requerimiento de agua, % en peso del cemento, máx.	NTP 334.051: 2019 ASTM C109/ C109M-21	-	-	-	-	54
Resistencia a los sulfatos, máx. % - Expansión a 180 días - Expansión a 1 año	NTP 334.094: 2017 ASTM C1012/ C1012M-18b	-	0,10	0,05 ^D	-	-

A Estos requisitos se aplican solo si se especifica y se denominan mediante sufijos A, MS, HS, MH, LH, o R como apropiados para los Tipos IL, IP, I(PM), ICo, IS (<70), o de IT (S <70). Los requisitos para la finura, la expansión en autoclave, la contracción en autoclave y el tiempo de fraguado deben cumplir con lo indicado en la Tabla A7.

B Estos requisitos de contenido de aire aplicados a los cementos con denominaciones múltiples de propiedades especiales, cuando una de estas denominaciones sea (A).

C Cuando se aplican denominaciones múltiples de propiedades especiales, se aplicará el conjunto de requisitos de resistencia para la denominación de propiedad especial con el requisito de resistencia mínima más baja de 7 días.

D No se debe ensayar a un año cuando el cemento cumple el límite de 180 días. No se debe rechazar un cemento que no cumple el límite de 180 días a menos que tampoco cumpla el límite de un año.





Bienvenido
al curso

Tecnología del Concreto y Materiales

sube
Comunidad
para aprender

Pregrado

Ingeniería Civil

ANEXO II

LISTADO DE MÉTODOS DE ENSAYOS FÍSICOS Y QUÍMICOS PARA CEMENTOS

CARACTERÍSTICA	NORMA TÉCNICA	
	CÓDIGO	TÍTULO
Análisis químico	NTP 334.086:2017	CEMENTOS. Método para el análisis químico del cemento.
	ASTM C114-18	Standard Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement.
Calor de hidratación (método alternativo)	NTP 334.171:2019	CEMENTOS. Método de ensayo para determinar el calor de hidratación del cemento Portland. Método del calorímetro isotérmico.
	ASTM C1702-17	Standard Test Method for Measurement of Heat of Hydration of Hydraulic Cementitious Materials Using Isothermal Conduction Calorimetry.
Contenido del aire del mortero	NTP 334.048:2020	CEMENTOS. Determinación del contenido de aire en morteros de cemento hidráulico
	ASTM C185-20	Standard Test Method for Air Content of Hydraulic Cement Mortar.
Densidad	NTP 334.005:2018	CEMENTOS. Método de ensayo normalizado para determinar la densidad del cemento Portland.
	ASTM C188-17	Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement.

CARACTERÍSTICA	NORMA TÉCNICA	
	CÓDIGO	TÍTULO
Expansión de la barra de mortero	NTP 334.093:2016	CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la expansión de barras de mortero de cemento hidráulico curadas en agua.
	ASTM C1038/C1038M-19	Standard Test Method for Expansion of Hydraulic Cement Mortar Bars Stored in Water.
Expansión en autoclave	NTP 334.004:2018	CEMENTOS. Ensayo en autoclave para determinar la estabilidad de volumen.
	ASTM C151/151M-18	Standard Test Method for Autoclave Expansion of Hydraulic Cement.
Expansión de mortero de cemento (Baja reactividad con agregados)	NTP 334.067:2019	CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la reactividad potencial alcalina de combinaciones cemento-agregado. Método de la barra de mortero.
	ASTM C227-10	Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Cement-Aggregate Combinations (Mortar-Bar Method).
Ensayo de Gillmore	NTP 334.056:2016	CEMENTOS. Método de ensayo para determinar los tiempos de fraguado de pasta de cemento Portland por medio de las agujas de Gillmore.
	ASTM C266-20	Standard Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement Paste by Gillmore Needles

Falso fraguado	NTP 334.052:2018	CEMENTOS. Método de ensayo para determinar el falso fraguado del cemento. Método de la pasta.
	ASTM C451-19	Standard Test Method for Early Stiffening of Hydraulic Cement (Paste Method).
Finura por tamizado	NTP 334.045:2018	CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la finura del cemento Portland por tamiz de 45 µm (Nº 325).
	ASTM C430-17	Standard Test Method for Fineness of Hydraulic Cement by the 45-µm (No. 325) Sieve.
Finura utilizando el aparato de permeabilidad	NTP 334.002:2018	CEMENTOS. Determinación de la finura expresada por la superficie específica (Blaine).
	ASTM C204-18e	Standard Test Methods for Fineness of Hydraulic Cement by Air-Permeability Apparatus.
Resistencia a la compresión	NTP 334.051:2019	CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de Cemento Portland usando especímenes de 50 mm de lado.
	ASTM C109/C109M-21	Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2 in. or [50-mm] Cube Specimens).
Resistencia a sulfatos	NTP 334.065:2019	CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la expansión potencial de los morteros de cemento Portland expuestos a sulfatos.



Bienvenido
al curso

Tecnología del Concreto y Materiales

sube
Contenido
para subir

Pregrado

Ingeniería Civil

Resistencia a sulfatos	NTP 334.065:2019	CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la expansión potencial de los morteros de cemento Portland expuestos a sulfatos.
	ASTM C452-21	Standard Test Method for Potential Expansion of Portland-Cement Mortars Exposed to Sulfate.
Resistencia a los sulfatos (Expansión por sulfato)	NTP 334.094:2017	CEMENTOS. Método normalizado para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas.

CARACTERÍSTICA	NORMA TÉCNICA	
	CÓDIGO	TÍTULO
	ASTM C1012/ C1012M-18b	Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution.
Tiempo de fraguado	NTP 334.006:2019	CEMENTOS. Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja de Vicat.
	ASTM C191-19	Standard Test Methods for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle.





Pregrado

Ingeniería Civil

El **cemento** es un material de construcción muy popular alrededor del mundo. Es un compuesto en polvo que requiere ser mezclado con agua u otras sustancias para formar una pasta blanquecina-grisácea que se endurece al secarse. Gracias a esta propiedad, es ideal para rellenar huecos en construcciones, como aglutinante en bloques de **hormigón** y como argamasa.

Una definición mucho más completa del cemento es la siguiente:

“ El cemento es un material que presenta propiedades de adherencia y cohesión, el cual se origina mediante la mezcla de diferentes minerales y tiene como principal característica una dureza destacable, lo que lo hace ideal para construcciones. Esta dureza viene dada por la reacciones de hidratos, y la conserva incluso sumergido en agua. ”

Cuando el cemento es mezclado con grava y material árido se crea el hormigón.



Pregrado

Ingeniería Civil

Tipos de cemento

Tradicionalmente, el cemento puede clasificarse en dos tipos principales:

- › **Cemento de origen arcilloso:** Como su nombre lo indica, proviene de la mezcla de arcilla y piedra caliza. La relación entre estas es de aproximadamente 1:4.
- › **Cemento puzolánico:** Proviene de la puzolana, un material silíceo de origen volcánico u orgánico, siendo este material la base de los primeros cementos utilizados por el hombre.

Actualmente existen varias tipos de cemento, entre los cuales podemos destacar los siguientes:

Cemento Portland

Este tipo de cemento es el más utilizado alrededor del mundo para la fabricación de hormigón. Su principal característica es que cuenta con una dureza y una resistencia muy superiores a la del cemento tradicional, lo que lo hace ideal para construcciones de gran envergadura que resistan el paso del tiempo.



Pregrado

Ingeniería Civil

El **cemento Portland** es producido mediante la pulverización del Clinker Portland y la adición de uno o más tipos de yeso y otros aditivos. Este tipo de cemento al ser mezclado con el agua obtiene características plásticas con capacidades adherentes, además solidifica en pocas horas y se endurece cada vez más a medida que pasa el tiempo. Este proceso de solidificación se debe a la hidratación mineral. Cabe destacar, que si se adicionan materiales calcáreos a esta mezcla se obtiene el famoso cemento plástico, el cual fragua mucho más rápido, lo que lo hace ideal para revestimientos exteriores de edificaciones.



Pregrado

Ingeniería Civil

Cementos Portland especiales

Se obtienen de igual forma que los cementos Portland tradicionales, sin embargo, poseen características diferentes debido al cambio de porcentajes de los componentes de la mezcla. Entre los más importantes tenemos:

- › **Portland férrico:** Como su nombre lo indica, es muy rico en hierro. Se obtiene introduciendo cenizas de piritita o minerales de hierro en polvo a la mezcla. Son cementos muy resistentes a aguas agresivas.
- › **Cemento blanco:** Son cementos con bajo contenido de hierro, otorgando una coloración grisácea-blanquecina.
- › **Cemento puzolánico:** Es una mezcla de puzolana, Clinker Portland y yeso. Es ideal para ser utilizado en climas calurosos. Cuentan con una alta impermeabilidad y son muy duraderos.
- › **Cemento siderúrgico:** Similar al anterior, sólo que no se utiliza puzolana, en su lugar se utilizan cenizas de carbón. Son muy alcalinos, lo que los hace ideales para reducir la corrosión, y cuentan con alta resistencia química. Sin embargo, no son resistentes a aguas agresivas.



Pregrado

Ingeniería Civil

Propiedades del cemento

Como material de construcción el cemento cuenta con una serie de propiedades, entre las cuales tenemos:

- › Resistente a ataques químicos.
- › Es refractario (resiste altas temperaturas).
- › Elevada resistencia inicial, que por lo general, disminuye con el tiempo.
- › Exotérmico, lo que lo hace ideal para su uso en lugares con bajas temperaturas.

Principales usos del cemento

Entre los principales usos del cemento, tenemos los siguientes:

- › Para la construcción de carreteras.
- › Como base para la fabricación del hormigón.
- › Como argamasa.
- › Para realizar revestimientos interiores y exteriores de edificaciones.
- › Para crear zonas de vertidos industriales.
- › Como protección para medios marinos.
- › Como mortero en construcciones refractarias.
- › Para la construcción de zonas de alcantarillado y tanques de almacenamiento.



Bienvenido
al curso

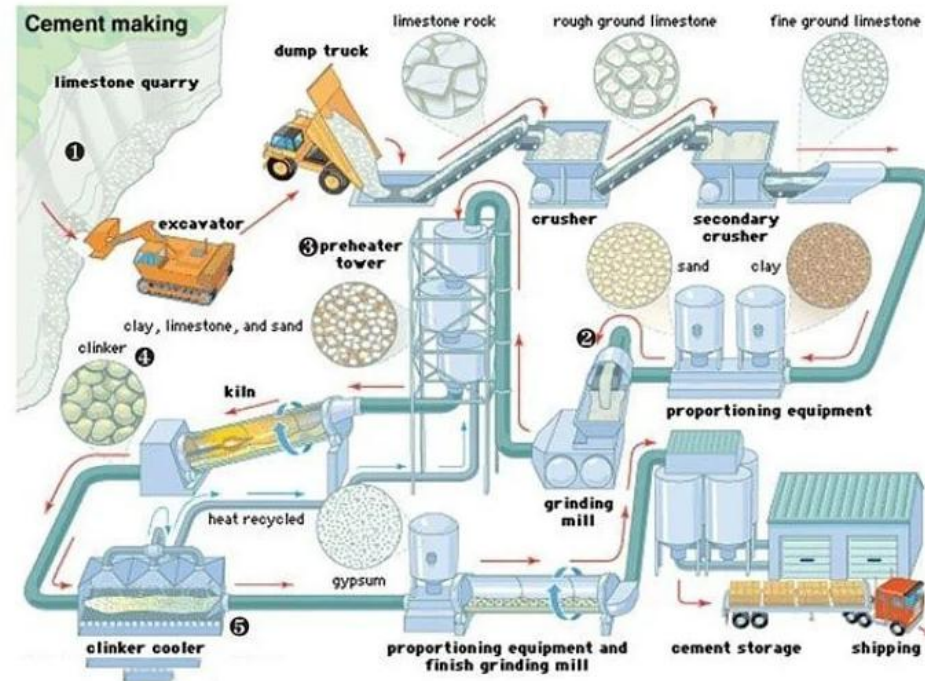
Tecnología del Concreto y Materiales

sube
Construcción
para todos

Pregrado

Ingeniería Civil

Proceso de fabricación del cemento





Pregrado

Ingeniería Civil

Como todo procedimiento industrial, la fabricación del cemento sigue una serie de pasos que permiten la creación del producto final. Estos pasos pueden variar según el tipo de cemento a realizar y la fórmula utilizada, sin embargo, el proceso general es más o menos el mismo y es el que vamos a describir a continuación:

Obtención y preparación de las materias primas

Este es el primer paso del proceso de fabricación y viene dado por la explotación de las materias primas (minerales) directamente de las canteras. Por lo general, se trata de arcillas, piedras calizas y pizarras, así como, otros minerales para la fabricación del Clinker.



Pregrado

Ingeniería Civil

Estos minerales son extraídos mediante máquinas excavadoras, siendo retirados directamente de las canteras y clasificados según el tipo de mineral que se está extrayendo, luego son colocados en camiones y vehículos de carga para ser enviados al proceso de trituración directamente en planta.

Trituración de materias primas

Una vez que llegan las materias primas al área de trituración (que por lo general, cuenta con dos fases, lo cual puede variar según la metodología de fabricación), como primer paso, se colocan en una trituradora primaria mediante tolvas de gran tamaño, reduciendo considerablemente el tamaño de los minerales. Al salir de la trituradora primaria, los minerales son almacenados. Luego, se realiza una verificación de la composición química de los minerales almacenados mediante análisis específicos de muestras aleatorias.

El segundo paso de la trituración consiste en pasar los minerales previamente reducidos de tamaño por una segunda fase de **trituración**, introduciéndolos mediante tolvas a un proceso secundario de trituración para minimizar aún más el tamaño de las partículas, hasta obtener la granulometría necesaria para ser transportados mediante bandas transportadoras al siguiente paso.



Pregrado

Ingeniería Civil

Pre-homogeneización

Una vez obtenidos y seleccionados los polvos crudos para la mezcla, son transportados hacia la siguiente zona del proceso en donde se realizará una **pre-homogeneización** que permite dosificar adecuadamente los componentes, reduciendo su variabilidad. Para ello, se van almacenando los diferentes componentes provenientes de las bandas transportadoras en capas uniformes, para posteriormente ser seleccionados de forma controlada y enviarlos a la molienda.

Molienda de materia prima

El mineral triturado y pre-homogeneizado llega al área de molienda, y una vez allí, es alimentado a molinos que pueden ser de bolas o de rodillos. De esta manera, se obtienen polvos de gran finura, ideales para la mezcla del Clinker. Al salir de la molienda, los polvos son almacenados en silos para aumentar la uniformidad (homogeneización) de la mezcla.

Precalentamiento de materia prima

Con el polvo homogeneizado proveniente de los silos de almacenamiento previos, se alimentan pre-calentadores ciclones (por lo general, 4 o 5 ciclones en cascada), donde la materia prima (polvos) es calentada continuamente, con la finalidad de prepararla para el proceso de cocción (preparación del Clinker).

Para lograr este objetivo se introduce la materia prima homogeneizada en la parte superior del ciclón (pre-calentador), mientras en contracorriente se hacen pasar gases calientes provenientes del horno, de modo, que la materia prima cruda se pre-caliente a temperaturas cercanas a los 1000 °C, antes de salir de la torre por la parte inferior, para luego ser introducida al horno, mientras los gases salen por la parte superior del pre-calentador.



Pregrado

Ingeniería Civil

Clinkerización o fabricación del Clinker

La salida del pre-calentador o pre-calentadores, alimenta directamente un horno que cuenta con una banda transportadora por donde la materia prima pre-calentada pasa y se va cocinando cambiando sus propiedades, hasta obtener el Clinker. Dentro del horno las temperatura son superiores a los 1500 0C (inicialmente son 2000 0C). La materia prima al ir pasando por el horno, va experimentado varias reacciones químicas que dan origen al Clinker.

Al salir del horno, el **Clinker** generado es transportado e introducido en un intercambiador de calor, con el objetivo de reducir su temperatura a unos 1000 0C. Este proceso de enfriamiento se lleva a cabo en un intercambiador de calor (o intercambiadores de calor) donde, por lo general, se inyecta aire frío o ambiente para reducir la temperatura del Clinker. El aire caliente que sale del intercambiador es alimentado al horno, para de esta manera favorecer la combustión y optimizar energéticamente el proceso.



Pregrado

Ingeniería Civil

Molienda del Clinker y fabricación del cemento

Una vez retirado el Clinker enfriado de los intercambiadores de calor (o intercambiador de calor, según sea el caso), es transportado mediante bandas al área de molienda de Clinker, donde es introducido mediante tolvas a un molino que suele ser de rodillos, donde el Clinker se muele y se mezcla con yeso y otros aditivos adicionados mediante tovas al molino.

Este molino es un tubo alargado que rota sobre su propio eje. Dentro del molino hay bolas de acero, las cuales colisionan entre sí, gracias a la rotación del tubo. De esta manera, el Clinker es triturado perfectamente y mezclado a la vez con los otros polvos y aditivos, logrando una mezcla muy fina y homogénea, que es nuestra mezcla final, el cemento.

Almacenamiento

Finalizado el proceso de fabricación del cemento, el producto es transportado mediante medios neumáticos hacia los silos de almacenamiento, previa separación según su clase, si es que se han preparado diferentes tipos de cemento en la planta.

Empaquetado y distribución del cemento

Este viene siendo el paso final de todo el proceso de fabricación del cemento. Consiste en despachar el cemento almacenado en los silos hacia el área de empaquetamiento, donde mediante máquinas de empaquetado, se introduce el cemento en sacos que son sellados y llevados al área de almacén de distribución.

Los sacos son apilados sobre parrillas de madera o pisos de tabla, en condiciones libres de humedad y en hileras de no más de 14 sacos de altura para almacenamientos de 30 días, o de no más de 7 sacos de altura para almacenamientos más prolongados. Luego de ser almacenados, los sacos son colocados en camiones y distribuidos a los clientes mayoristas o enviados directamente a las obras.



¿Cómo reacciona el cemento con el agua?

A continuación, describiremos cómo reacciona el cemento con el agua, con lo que tendremos una idea más clara de lo que ocurre durante esta mezcla y por qué el cemento posee ciertas propiedades:

- › Lo primero que ocurre cuando se mezcla el cemento con el agua es una disolución sólido-líquido, donde se observa una **reacción exotérmica** inicial que tiene una duración de 10 minutos aproximadamente, logrando una mezcla bastante líquida.
- › Seguidamente, se observa que la mezcla va aglutinando (formación de sustancia gelatinosa o aglutinante), debido a la hidratación del cemento, este aglutinamiento dura aproximadamente una hora.
- › Pasada la hora de hidratación, el cemento comienza a endurecer, esto se debe al alto grado de hidratación del cemento, el cual permite a la sustancia aglutinante que se forma crecer de tal manera que crea puntos de contacto entre las partículas que conforman la mezcla. De este modo, se va inmovilizando la masa de cemento, este paso se conoce como **fragua** y consiste en el aumento de la viscosidad de la mezcla.
- › Con el paso del tiempo, la película aglutinante saturada va desarrollando una especie de filamentos tubulares. Estos filamentos van aumentando en número, entramándose entre sí, lo que va adicionando dureza progresiva a la mezcla, así como, resistencia mecánica al cemento hidratado.
- › Mientras más pasa el tiempo, el cemento va perdiendo humedad y se va endureciendo más, hasta formar un sólido que no puede ser deformado por medios naturales, este punto es el final del fraguado e indica que la reacción con el agua ha finalizado.

Como podemos ver, es un procedimiento similar a la **polimerización** donde se observa un aglutinamiento de la mezcla y un aumento de la viscosidad, hasta que el cemento se solidifica por completo.



Pregrado

Ingeniería Civil

Materiales aglomerantes: yeso, cal y aditivos. Propiedades, aplicaciones y ensayos característicos.



Pregrado

Ingeniería Civil

1. El Yeso

Se obtiene de la deshidratación de la piedra de yeso (sulfato de calcio).

- **Propiedades:** Fragua muy rápido (minutos). Es un excelente aislante térmico y acústico. Es higroscópico (absorbe la humedad del aire).
- **Aplicaciones:** Revoques y enlucidos (alisado de paredes) en interiores, molduras decorativas y fabricación de bloques.
- **Ensayos característicos:**
 - *Tiempo de fraguado:* Se mide con la aguja de Vicat para saber en qué momento la pasta se endurece.
 - *Ensayo de finura:* Se pasa el yeso por un tamiz para ver qué tan molido está (más fino significa mayor calidad y resistencia).



Pregrado

Ingeniería Civil

2. La Cal

Se obtiene calcinando rocas calizas (carbonato de calcio) a altas temperaturas.

- **Propiedades:** Es muy plástica (fácil de moldear) y permeable al vapor de agua (deja "respirar" las paredes). Es bactericida (evita hongos) y tiene un fraguado mucho más lento que el yeso.
- **Aplicaciones:** Morteros para pegar ladrillos, pinturas naturales (encalados), estabilización de suelos y restauración de edificios antiguos.
- **Ensayos característicos:**
 - *Determinación del óxido de calcio:* Prueba química para comprobar la pureza de la cal.
 - *Expansión en volumen:* Garantiza que la cal no se hinche ni rompa la pared una vez aplicada.



Pregrado

Ingeniería Civil

3. Los Aditivos

Son pequeños productos químicos o polvos que se añaden a las mezclas para cambiar sus propiedades originales.

- **Propiedades (según el tipo):** Pueden hacer que la mezcla seque más rápido o más lento, repeler el agua, o hacer la masa más fácil de manejar.
- **Aplicaciones:** Se usan en obras donde se necesita un rendimiento especial, como en exteriores húmedos o en muros con riesgo de agrietamiento.
- **Ensayos característicos:**
 - *Contenido de aire:* Mide la cantidad de burbujas diminutas que el aditivo crea en la mezcla para protegerla del frío extremo.
 - *Prueba de consistencia:* Usando el cono de Abrams, se mide si la masa es lo suficientemente fluida y manejable.



Pregrado

Ingeniería Civil

Trabajo Grupal: Analizar el uso de aditivos mediante estudio de casos.

- Investigan la influencia de aditivos en el concreto.
- Elaboran informe académico sobre materiales aglomerantes

Informe Académico: (1er avance Investigación
Formativa):

Presentación y exposición por equipos. (INV)