ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA, GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

TEMA 3

MATERIALES AGLOMERANTES

ÍNDICE

1. Introducción
2. Yeso
3. Cal
4. Cemento
5. Bituminosos

BIBLIOGRAFÍA

1. Introducción

Se denominan materiales aglomerantes a aquellos que se adhieren a otras materias a la par que endurecen, facilitando de este modo su unión entre si o a materiales diferentes.

Los aglomerantes adquieren esa cualidad de forma inherente o por medio de una reacción química.

Tradicionalmente se han clasificado en cuatro grandes grupos:

- Aglomerantes aéreos, endurecen en contacto con el aire, caso del yeso o la cal.
- Aglomerantes hidráulicos, endurecen tanto en aire como en agua, caso del cemento o la cal hidráulica.
- Aglomerantes hidrocarbonatos, endurecen con frío o con la eliminación de disolventes, como los betunes.
- Aglomerantes químicos, endurecen como consecuencia de una reacción química, como las resinas y los pegamentos.

2. Yeso

2.1. Origen

El yeso es un material conocido desde las épocas correspondientes a las más antiguas civilizaciones, que, en muchos casos, se correspondieron con países de clima seco como Egipto o Mesopotamia. Es un material que se encuentra fácilmente y es de extracción y trabajo sencillos.

En la naturaleza lo encontramos en dos presentaciones:

- CRISTALINA, SO_4Ca (sulfato cálcico). Se le denomina Anhidrita y presenta un aspecto incoloro o blanco.

Cristal de Yeso

- HIDRATADO, $SO_4Ca.2H_2O$ (sulfato cálcico dihidrato). Denominado Algez y es de color blanco, normalmente, con impurezas.

Ambas presentaciones se encuentran en grandes masas en el terreno y se pueden explotar a cielo abierto, aunque existe un reducido número de explotaciones subterráneas, reducido por que no compensa por el riesgo de estabilidad y por el precio de extracción.

Cantera de yeso en Molino del Río Aguas (Almería)

2.2. Propiedad aglomerante

El yeso más común es el dihidrato. Este yeso posee una molécula y media de agua débilmente unidas, de manera que al calentarlo, esta agua se desprende,

$$2\ (SO_4Ca.2H_2O) + \text{CALOR}\ (\textit{125-170ºC}) \rightarrow 2\ SO_4Ca.\textit{1/2}\ H_2O + 3\ H_2O\ (\textit{vaporizada})$$

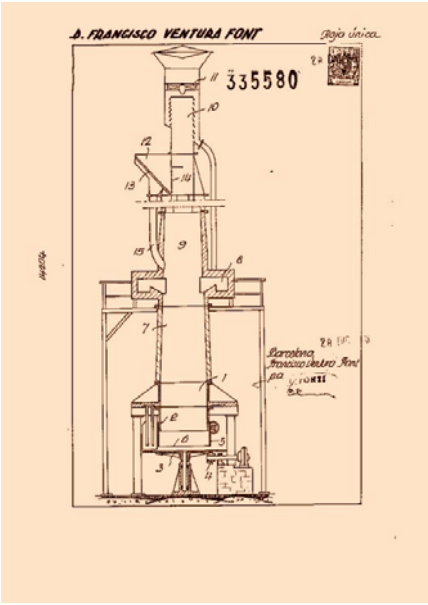
De esta forma se obtiene el denominado yeso hemihidrato

El yeso hemihidrato no es estable y, en presencia de agua, cristaliza formando finas agujas entrelazadas, proceso que se denomina FRAGUADO.

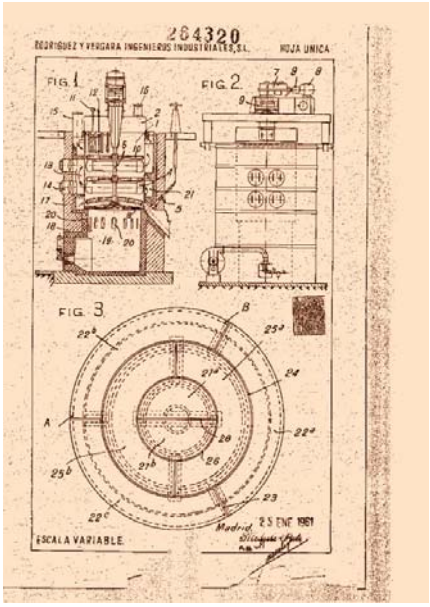
$$2\ SO_4Ca.\textit{1/2}\ H_2O + 3\ H_2O \rightarrow 2\ (SO_4Ca.2H_2O) + \text{CALOR}$$

2.3. Proceso de fabricación

El proceso es muy sencillo, comprende la extracción del material en bruto, trituración de la roca mediante molinos de mandíbulas, conos o bolas, cocción en hornos y molienda del producto cocido para su almacenamiento en silos o en sacos preservándolo del contacto con el aire.



Horno continuo cocción Yeso



Caldera cocción Yeso

Tradicionalmente la roca de yeso se cocía en hornos junto al combustible del mismo, lo que originaba un producto con mucha impureza, hornos rudimentarios, de cuba o de colmena.

Modernamente se emplean hornos en los que no hay contactos entre los gases de combustión y la roca de yeso. Existen modelos fijos como los de panadeo, autoclaves o calderas y modelos continuos rotatorios.

2.4. Clasificación

- Por el tipo de cocción:
  - YESO NEGRO, a partir de una algez impuro y cocido junto al combustible. La proporción de yeso hemihidrato supera el 50% del total. Es poco preciso.
  - YESO BLANCO, a partir de un algez más puro y horno industrial. La proporción de yeso hemihidrato debe superar el 66%.
  - ESCAYOLA, como el yeso blanco pero alcanzando una proporción de yeso hemihidrato del 80%
- Por la temperatura de cocción:
  - 125-170 ºC, hemihidrato en sus variedades compacta, cristalina y terrosa.
  - 170-300 ºC, anhidrita soluble SO_4Ca- γ de fraguado rápido.
  - 300-600 ºC, anhidrita insoluble SO_4Ca- β de fraguado lento.
  - 900-1000 ºC, yeso hidratado SO_4Ca- α .
  - 1450 ºC, se fusiona.
- Por la resistencia:
  - Escayola, E-30 y E-35, donde el número indica resistencia a flexotracción en kp/cm^2.
  - Yeso negro o grueso, Y-20 ó YG
  - Yeso blanco o fino, Y-25 ó YF

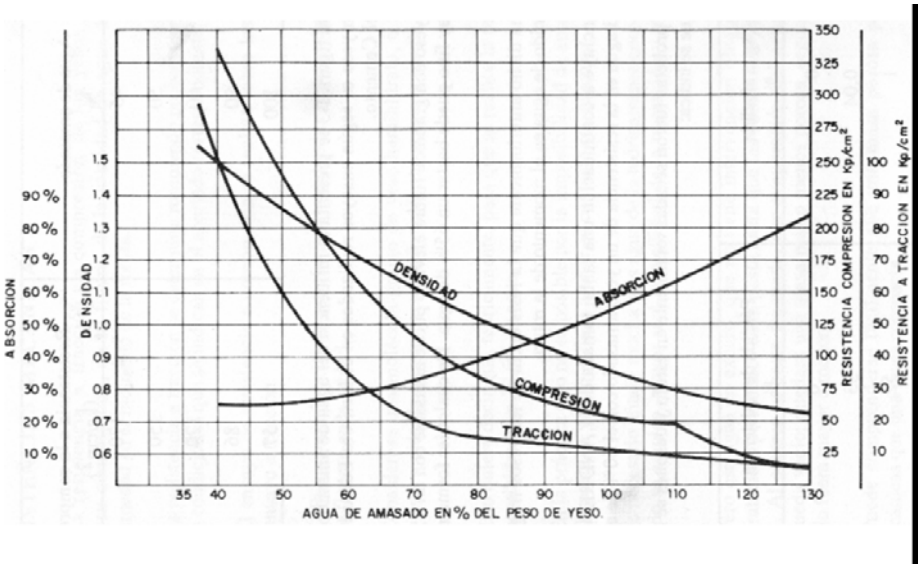
2.5. Fraguado

Se prodece tras añadir agua al yeso cocido previamente. La proporción de agua ronda el 45-50%, si se añadiese un exceso de agua se produciría una pérdida de resistencia. Obviamente la reacción es más competa cuanto más fino esté molido el yeso.

El proceso es muy rápido, el yeso endurece a partir de 2-3 minutos de realizar la mexcla con agua y culmina el proceso en 15-20 minutos. Tal velocidad de

endurecimiento lo hace difícil de manejar, por lo que se le suelen añadir retardadores que prolonguen el proceso.

Una vez hidratado cristaliza en mallas entrelazadas



Propiedades del yeso en función del agua de amasado

2.6. Propiedades

a) Expansión, al fraguar, el yeso se expande. Este aumento de volumen es muy útil para la fabricación de molduras, figuras y otras piezas ya que rellena completamente el molde que contiene la pasta sin dejar huecos.

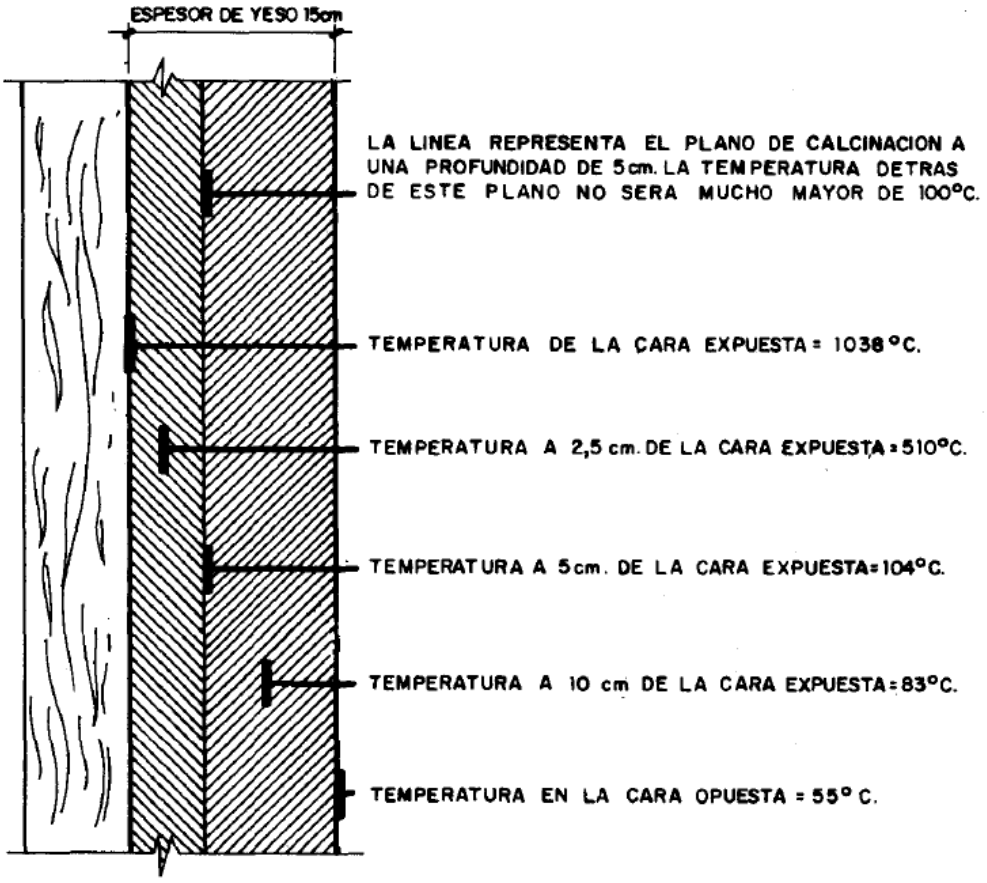
b) Resistencia mecánica, como se ha comentado está condicionada por el agua de amasado, manejándose valores para la resistencia a compresión del orden de 80-180 kp/cm^2. Para la resistencia a flexotración los valores oscilan entre 20-35 kp/cm^2 .

c) Permeabilidad, el agua penetra con bastante facilidad entre los poros que dejan los cristales de yeso fraguado y los lubrica y separa. Por ello, el agua afecta a la resistencia y hace desaconsejable el empleo del yeso en exteriores.

d) Adherencia, es muy buena con muchos materiales como la mayoría de las rocas, la madera o el hierro.

e) Corrosión, en presencia de agua, los sulfatos atacan al hierro y a cemento porland.

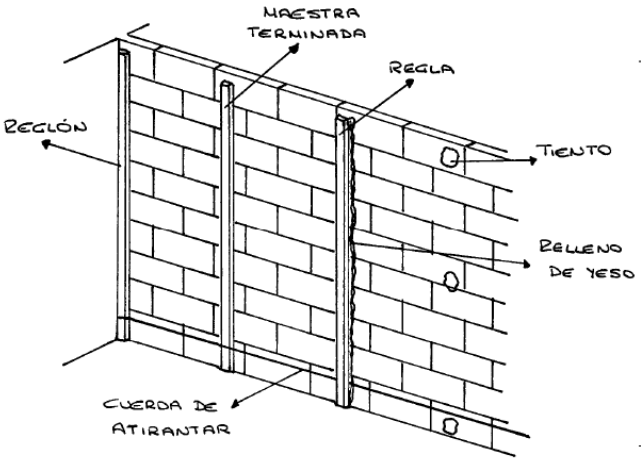
f) Resistencia al fuego, es muy alta, por ello su uso como aislante térmico está muy extendido



Comportamiento como aislante al fuego.

2.7. Empleo

a) Guarnecidos y tendidos. El guarnecido es una papa de 10-15 mm. ejecutada con yeso negro para regularizar los paños de ladrillo o bloque. El tendido es una capa de acabado, espesor entre 1-3 mm. ejecutada con yeso blanco. Sobre el tendido se aplica la pintura. La extensión de las capas de yeso se puede relizar con maestra, a buena vista o con máquinas proyectantes.

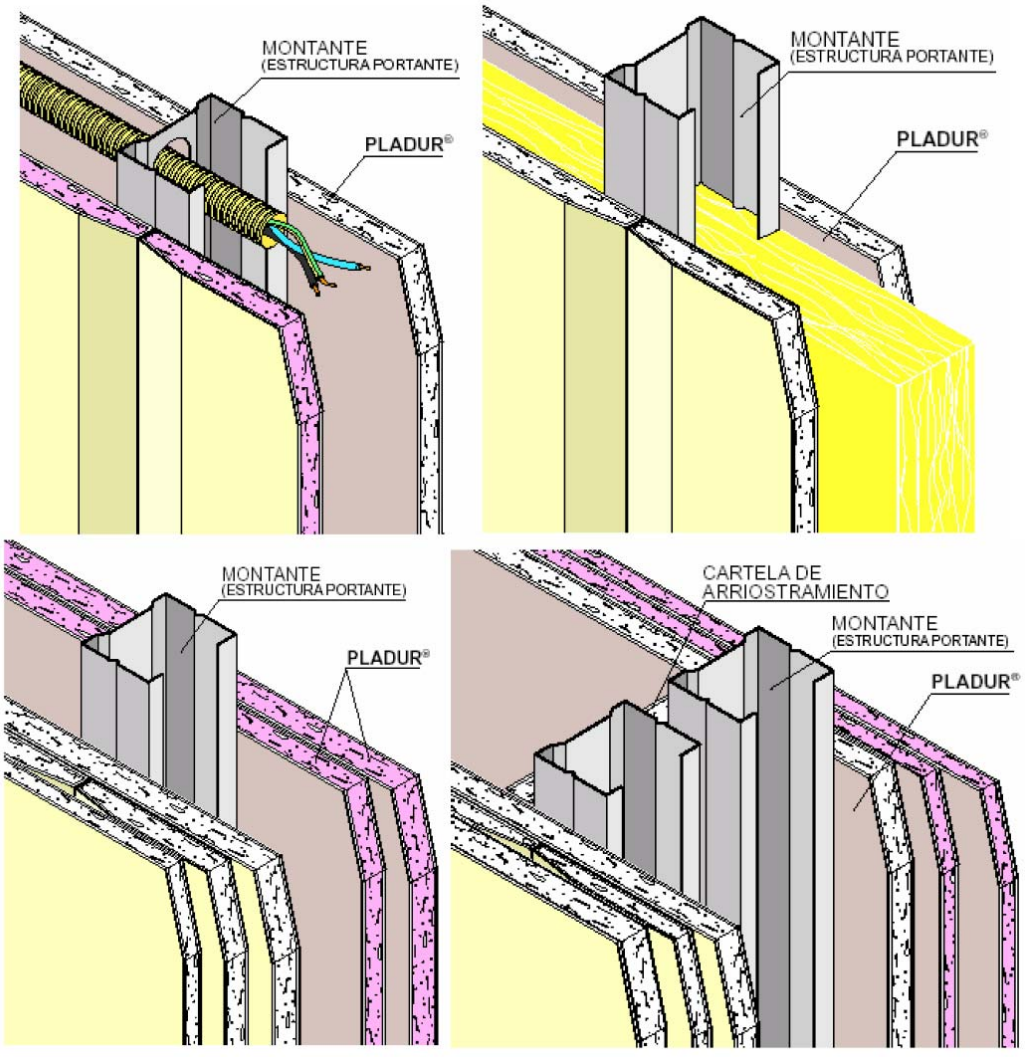


b) Molduras, son elementos prefabricados que se instalan en obra pegándolos con pasta de yeso.

c) Estucos, son mezclas de yeso blanco y gelatina o cola animal y pigmentos de color. Se le da brillo con aceite o ceras y su acabado se asemeja a la piedra natural, sobre todo al marmol.

d) Tabiques, placas prefabricadas colocadas sobre rastreles verticales. La pared se forma con un cierto número de capas de panel de yeso y rellenos con material aislante. Hay diferentes espesores de placa y

.



para conseguir características especiales tales como resistencia al fuego o al agua.

e) Elementos prefabricados, como placas para falso techo, falso suelo y otras muchas variedades.

3. Cal

3.1. Origen

La piedra caliza y las propiedades del material calizo como aglomerante son conocidas desde la antigüedad. Está muy documentado su uso por las diferentes culturas griegas clásicas y posteriormente por la civilización romana.
La roca se extrae del terreno en minas que suelen ser a cielo abierto

3.2. Propiedad aglomerante

La piedra caliza se calienta para obtener cal viva:

CO_3Ca (*Carbonato cálcico*)+ CALOR (*900-1000 ºC*) → CO_2 + CaO (*cal viva*)

La cal viva se apaga con agua produciendo hidróxido de cal o cal apagada

$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$ (*Cal apagada*)+ CALOR

La cal apagada reacciona con el CO_2 contenido en el aire atmosférico reconstruyendo el carbonato y endureciendo.

$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CO_3Ca + H_2O$

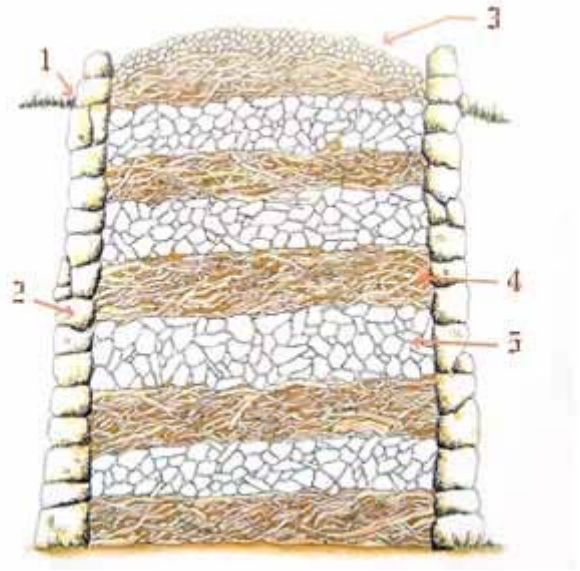
Si en lugar de la piedra caliza se cuece una mezcla de caliza y arcilla a 1200 ºC se forma un producto denominado Cal Hidráulica, que fragua en el agua y que, de hecho, es un primer paso para la fabricación de cemento.

3.3. Proceso de fabricación.

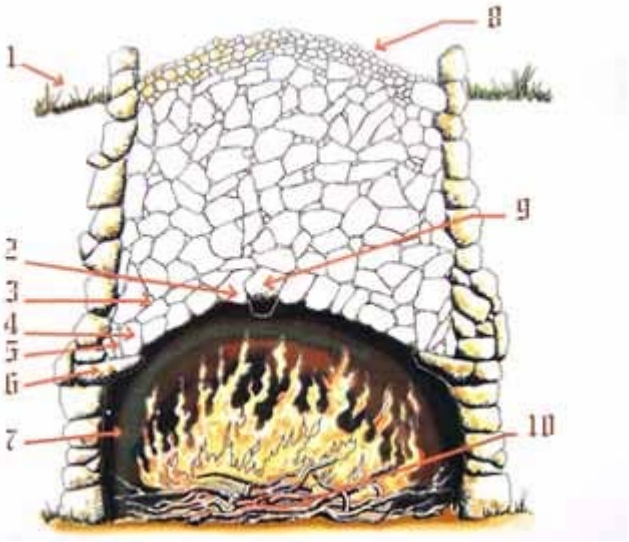
Es similar al del yeso, pero requiere de hornos más sofisticados para que se consigan las temperaturas elevadas necesarias en el proceso.

Normalmente el material debe terciarse más para que la cocción sea adecuada, tamaño máximo de 20 cm.

Los más básicos son los rudimentarios con alternancia de capas de combustible y cal y los de cuba. Se requieren unos 5 días para completar la cocción.

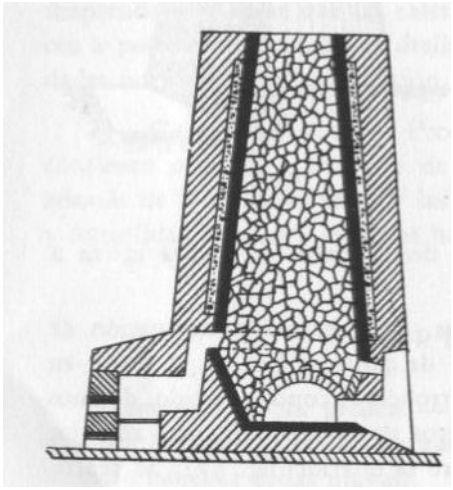


Horno rudimentario



Horno de Cuba

Existen hornos más sofisticados como el Rüdersdorf, el de llama corta, el vertical o el rotatorio que permite una cocción continua de la cal.



Horno vertical

Horno Rüdersdorf

3.4. Apagado de la cal

El paso clave del proceso es el apagado de la cal. Es una reacción fuertemente exotérmica y expansiva, es decir, el volumen crece.

Al desprenderse tanto calor, hay que extremar las precauciones en la operación.

Existen diversos procedimientos de apagado:

- Al aire, con la humedad atmosférica.
- Por aspersión, capas finas de cal que, en ocasiones, se recubren de arena para su posterior empleo en obra o su envasado.
- Por fusión, mezclando cal y agua en un recipiente o en un lecho de arena. Si se añade poco agua el proceso desprende mucha temperatura y si se añade mucha agua el proceso se ralentiza.
- En autoclave, mediante la inyección de vapor de agua, se obtiene cal de calidad alta.

- En hidratadotes mecánicos, donde también es posible añadir arena.

3.5. Clasificación

Las cales aéreas se denominan CL seguido de un número que indica el porcentaje mínimo de CaO-MgO. Las más usuales son CL-70, CL-80 y CL-90. Si poseen mucho MgO se les denomina por las letras DL provenientes de la roca típica de magnesio que es la dolomía.

Para las cales hidráulicas las siglas son HL seguidas de un número que indica la resistencia mínima a compresión en Mpa. Las más usuales son HL-2, HL-3,5 y HL-5.

Las cales hidráulicas tienen una proporción variable de óxidos de Si, Al y Fe. En función de la cantidad de estos óxidos se clasifican en tipos I, II y III con porcentajes mínimos del 20,15 y 10% respectivamente.

3.6. Propiedades

a) Fraguado, es más lento que el del yeso, empieza a las 2 horas y termina a las 48.

b) Plasticidad, mientras esta fresca, es fácil extenderla, incluso con llana.

c) Resistencia, se comprueba con probetas prismáticas de 4x4x26 cm. Oscila entre 1,5 y 5 Mpa.

3.7. Empleo

a) Usos industriales en metalurgia, química y vidrio.
b) Usos agrícolas como fertilizante
c) Morteros de cal mezclada con arena en proporciones cal/arena ½ a 1/3. En ocasiones para morteros bastardos (cemento/cal/arena) en proporción 1/2/8, incluso en proporción 1/1/5 en condiciones de frío extremo.
d) Enlucidos, mezclado habitualmente con yeso o cemento, para evitar agrietamientos en interiores y exteriores.

4. Cemento

4.1. Origen

Hay referencias al uso de cementos en el antiguo Egipto y está constatado su uso en Grecia y Roma.

El cemento aparece en ocasiones de forma natural en forma de margas (mezclas de caliza y arcilla), pero casi todo el cemento que se utiliza hoy es artificial. De entre ellos, el más usual es el denominado cemento Portland.

Históricamente ha habido una serie de hitos que merecen ser reseñados:

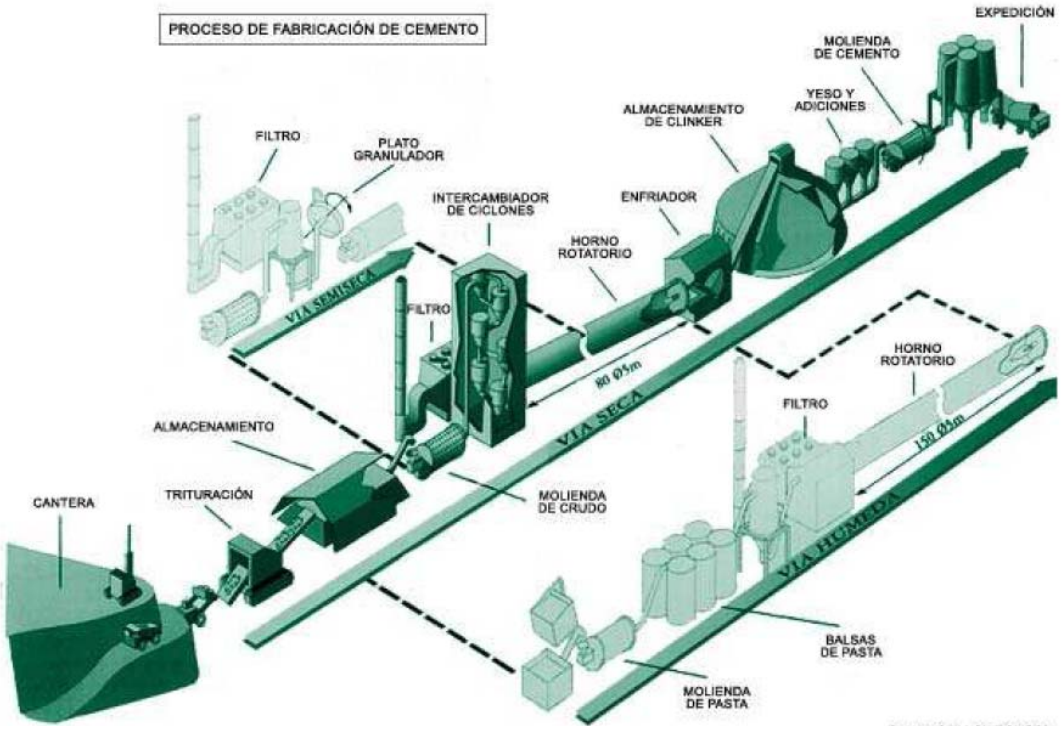
- En 1756, el ingeniero inglés J.Smeaton se encargó de construir el faro de Eddystone Rock en Cornwall y, en contra de las teorías que prevalecian, formo un mortero con cal de baja calidad, es decir, muy mezclada con arcilla y de la que resulto, una vez cocida, un mortero de alta resistencia.
- J Parker patento un “cemento romano” obtenido a partir de margas del Támesis en 1796.
- L.J.Vicat y J.F.John, aunque por separado, determinaron una proporción de arcilla del 25-30% para la fabricación de morteros en 1819.
- Joseph Aspdin, constructor de Leeds, patenta en 1824 una mezcla de arcilla/cal que una vez cocida y endurecida resultaba muy resistente y de aspecto similar a las rocas extraidas de las canteras de Portland, de ahí que se reservase esa denominación para el cemento.
- Pero realmente fue J.C.Jhonson el que en 1844 apreció las calidades superiores de los restos sobrecocidos recogidos en hornos de Aspdin y calibrando las proporciones de arcilla y cal y utilizando hornos más potentes que elevaron la temperatura de cocción a 1400 ºC desarrolla un trabajo científico, que es la base del conocido como cemento Portland

4.2. Proceso de fabricación

El proceso varía para cementos naturales y artificiales.

En cementos naturales la mezcla está hecha, se cuece, se tritura y se ensaca. En España hay cemento natural en Zumaya.

Para cementos artificiales el proceso es algo más complejo



La caliza se tritura, se seca y se dosifica. La arcilla se muele, se seca y se dosifica. Ambas se mezclan y se muelen en crudo, normalmente con un molino de bolas. Esta pasta cruda (sin cocer) se introduce en un horno y, una vez cocida pasa a denominarse clinker. El clinker puede recibir adiciones (yeso), se muele y se envasa en sacos o silos.

Los hornos de cocción pueden ser verticales pero suelen ser rotatorios de funcionamiento continuo.

El yeso que se añade al clinker regula la reacción de hidratación al retener parte del agua y , por tanto, ralentizar el proceso

Las fábricas de cemento se sitúan siempre ceca de las canteras de caliza y arcilla.

4.3. Composición

El crudo de cemento Portland está compuesto por los materiales base de caliza y arcilla. Los más relevantes para el crudo de cemento Portland se aprecian en la siguiente tabla:

Compuesto		Proporción
Sílice	SiO_2	14,7%
Alúmina	Al_2O_3	4,0%
Óxido de hierro	Fe_2O_3	1,9%
Carbonato cálcico	CO_3Ca	77,0%
Carbonato magnésico	CO_3Mg	0,5%
Otros		1,9%

Una vez cocido, el clinker tiene la siguiente composición:

Compuesto		Proporción
Óxido de Calcio	CaO	60-67%
Silice	SiO_2	17-25%
Alumina	Al_2O_3	3-8%
Óxido de hierro	Fe_2O_3	0,5-6%
Óxido de magnesio	MgO	0,1-5,5%
Óxido de azufre	SO_3	1-3%
Óxidos de sodio y potasio	Na_2O+K_2O	0,5-5,5%

Aunque es más habitual manejar combinaciones de estos elementos:

- $SiO_2 + 3\ CaO \rightarrow$ (SC3) Silicato tricálcico – 45%
- $SiO_2 + 2\ CaO \rightarrow$ (SC2) Silicato bicálcico – 25%
- $Al_2O_3 + 3\ CaO \rightarrow$ (AC3) Aluminato tricálcico – 13%
- $Al_2O_3 + Fe_2O_3 + 4\ CaO \rightarrow$ (FAC4) Ferroaluminato tetracálcico – 12%

De estas combinaciones, son las dos primeras las que endurecen al entrar en contacto con el agua.

4.4. Fraguado

La reacción de fraguado del cemento ha sido explicada por distintas teorías:

- Teoría cristaloide, original de H. Le Chatelier que distinguía entre compuestos anhidros e hidratados. Los primeros son más solubles y precipitan en forma de cristales. Los hidratados se

descomponen en anhidros y prodigue la reacción. Los cristales entrelazados serían los que dan dureza al cemento.

- Teoría coloide, original de W. Michaelis que indica que la mezcla de cemnto y agua forma una masa amorfa (gel) con cristales que solidifican en el conjunto, dando resistencia a la mezcla.

Hoy parece claro que ambos científicos de finales del S XIX, principios del XX estaban en parte acertados y que se forma un gel con cristales entrelazados.

4.5. El uso del cemento en España.

El uso de cemento en España está regulado por la norma RC-08, Instrucción para la recepción de cementos del Ministerio de Fomento.

En la misma se regulan los distintos tipos de cemento, las características de cada uno de ellos y las de los los cementos especiales.

Las tablas y gráficos que se exponen a continuación están extraidos de esta norma.

La primera tabla incluida A1.1.1 contiene las prescripciones de composición para cementos comunes.

El cemento CEM I es el cemento Portland puro.

Los cementos CEM II son mezclas de cemento Portland y adiciones. Estas adiciones son productos residuales de procesos industriales o aparaecen directamente en la Naturaleza y proporcionan propiedades muy relevantes a la mezcla. Así por ejemplo el humo de sílice se produce en la fabricación de silicio o las puzolanas (del pueblo italiano Puzzuoli al pie del Vesubio) que pueden ser naturales o artificiales.

Los CEM III, CEM IV y CEM V son cementos en los que las adiciones pueden ser más significativas e incluso preponderantes frente al cemento Portland.

Además de los cementos comunes la norma contempla otros cementos como los blancos, para usos especiales, de aluminato de calcio y de carcaterísticas especiales

Tabla A1.1.1 Cementos comunes

Tipos	Denominación	Designación	Composición (proporción en masa [1])										
			Componentes principales										Componentes. minoritarios
			Clínker K	Escoria de horno alto S	Humo de sílice D [2]	Puzolana		Cenizas volantes		Esquistos calcinados T	Caliza [4]		
						Natural P	Natural calcinada Q	Silíceas V	Calcáreas W		L	LL	
CEM I	Cemento pórtland	CEM I	95-100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5
CEM II	Cemento pórtland con escoria	CEM II/A-S	80-94	6-20	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5
		CEM II/B-S	65-79	21-35	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5
	Cemento pórtland con humo de sílice	CEM II/A-D	90-94	–	6-10	–	–	–	–	–	–	–	0-5
	Cemento pórtland con puzolana	CEM II/A-P	80-94	–	–	6-20	–	–	–	–	–	–	0-5
		CEM II/B-P	65-79	–	–	21-35	–	–	–	–	–	–	0-5
		CEM II/A-Q	80-94	–	–	–	6-20	–	–	–	–	–	0-5
		CEM II/B-Q	65-79	–	–	–	21-35	–	–	–	–	–	0-5
	Cemento pórtland con ceniza volante	CEM II/A-V	80-94	–	–	–	–	6-20	–	–	–	–	0-5
		CEM II/B-V	65-79	–	–	–	–	21-35	–	–	–	–	0-5
		CEM II/A-W	80-94	–	–	–	–	–	6-20	–	–	–	0-5
		CEM II/B-W	65-79	–	–	–	–	–	21-35	–	–	–	0-5
	Cemento pórtland con esquistos calcinados	CEM II/A-T	80-94	–	–	–	–	–	–	6-20	–	–	0-5
		CEM II/B-T	65-79	–	–	–	–	–	–	21-35	–	–	0-5
	Cemento pórtland con caliza	CEM II/A-L	80-94	–	–	–	–	–	–	–	6-20	–	0-5
		CEM II/B-L	65-79	–	–	–	–	–	–	–	21-35	–	0-5
		CEM II/A-LL	80-94	–	–	–	–	–	–	–	–	6-20	0-5
		CEM II/B-LL	65-79	–	–	–	–	–	–	–	–	21-35	0-5
	Cemento pórtland mixto [3]	CEM II/A-M	80-94	<---------- 6-20 ---------->									0-5
		CEM II/B-M	65-79	<---------- 21-35 ---------->									0-5
CEM III	Cemento con escorias de horno alto	CEM III/A	35-64	36-65	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5
		CEM III/B	20-34	66-80	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5
		CEM III/C	5-19	81-95	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5
CEM IV	Cemento puzolánico [3]	CEM IV/A	65-89	–	<---------- 11-35 ---------->					–	–	–	0-5
		CEM IV/B	45-64	–	<---------- 36-55 ---------->					–	–	–	0-5
CEM V	Cemento compuesto [3]	CEM V/A	40-64	18-30	–	<---- 18-30 ---->			–	–	–	–	0-5
		CEM V/B	20-38	31-50	–	<------- 31-50 -------->			–	–	–	–	0-5

1) Los valores de la tabla se refieren a la suma de los componentes principales y minoritarios (núcleo de cemento).
2) El porcentaje de humo de sílice está limitado al 10%.
3) En cementos pórtland mixtos CEM II/A-M y CEM II/B-M, en cementos puzolánicos CEM IV/A y CEM IV/B y en cementos compuestos CEM V/A y CEM V/B los componentes principales diferentes del clinker deben ser declarados en la designación del cemento (véase el apartado A1.1.2).).
4) El contenido de carbono orgánico total (TOC), determinado conforme al UNE EN 13639, será inferior al 0,20% en masa para calizas LL, o inferior al 0,50% en masa para calizas L.

4.6. Cementos comunes CEM

Las prescripciones mecánicas para estos cementos aparecen en la siguiente tabla:

Tabla A1.1.3 Prescripciones mecánicas y físicas de los cementos comunes, incluidos los de bajo calor de hidratación

Clase de resistencia[1]	Resistencia a compresión UNE-EN 196-1 [2]				Tiempo de fraguado UNE-EN196-3		Estabilidad de volumen según UNE-EN 196-3	Calor de hidratación [3]	
	Resistencia inicial (N/mm²)		Resistencia nominal (N/mm²)		Inicio (min)	Final (h)	Expansión (mm)	UNE-EN 196-9 (J/g)	UNE-EN 196-8 (J/g)
	2 días	7 días	28 días					41 horas	7días
32,5N	-	≥ 16,0	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 75	≤ 12	≤ 10	≤ 270	
32,5R	≥ 10,0	-							
42,5N	≥ 10,0	-	≥42,5	≤ 62,5	≥ 60				
42,5R	≥ 20,0	-							
52,5N	≥ 20,0	-	≥52,5	-	≥ 45				
52,5R	≥ 30,0								

[1] R = Alta resistencia inicial
N = Resistencia inicial normal
[2] 1 N/mm² = 1 MPa
[3] Solo para los comunes de bajo calor de hidratación

Y las químicas en esta otra tabla:

Tabla A1.1.4 Prescripciones químicas de los cementos comunes, incluidos los de bajo calor de hidratación

Característica	Norma de ensayo	Tipo de cemento	Clase de resistencia	Prescripción[1]
Pérdida por calcinación	UNE-EN 196-2	CEM I CEM III	Todas	≤ 5,0%
Residuo insoluble	UNE-EN 196-2[2]	CEM I CEM III	Todas	≤ 5,0%
Contenido de sulfatos (expresado como SO_3)	UNE-EN 196-2	CEM I CEM II[3] CEM IV CEM V	32,5 N 32,5 R 42,5 N	≤ 3,5%
			42,5 R 52,5 N 52,5 R	≤ 4,0%
		CEM III[4]	Todas	
Contenido de cloruros (Cl^-)	UNE-EN 196-2	Todos[5]	Todas	≤ 0,10%[6]
Puzolanicidad	UNE-EN 196-5	CEM IV	Todas	Puzolanicidad a la edad de 8 ó 15 días

1) En el caso en que las prescripciones se expresan en porcentajes, estos se refieren a la masa del cemento final.
2) La determinación del residuo insoluble se realizará por el método basado en la disolución de la muestra en ácido clorhídrico y posterior ataque con disolución de carbonato de sodio.
3) El cemento tipo CEM II/B-T puede contener hasta el 4,5% de sulfato para todas las clases de resistencia.
4) El cemento tipo CEM III/C puede contener hasta el 4,5% en masa de sulfato.
5) El tipo de cemento CEM III puede contener más del 0,10% de cloruros, pero en tal caso el contenido máximo debe ser consignado en los envases y en los albaranes de entrega.
6) Para aplicaciones de pretensado, el cemento puede haber sido fabricado expresamente con valores de cloruros inferiores al máximo admisible. En este caso, se debe expresar el valor real en losenvases y albaranes de entrega, reemplazando en su caso, el valor por defecto del 0,10% en masa.

4.7. Cementos blancos BL

Son cementos de los grupos I,II y IV que dan color blanco por bajo contenido en metales como el cromo, el hierro o el manganeso.

Salvo por los resultados de blancura exigidas, las prescripciones son las mismas de los cementos comunes. Al ser blancos, mediante la adición de pigmentos, permiten fabricar hormigón de diversos colores.

4.8. Cementos para usos especiales ESP

Son cementos de endurecimiento más lento. Las exigencias de resistencia se verifican a 90 días en lugar de a 28. Están destinados a grandes obras de

hormigón en masa. Sus características más relevantes se aprecian en la

Tabla A2.4.3 Prescripciones mecánicas y físicas de los cementos para usos especiales

Clases de resistencia	Resistencia a compresión N/mm² UNE-EN 196-1			Principio de tiempo de fraguado UNE-EN 196-3	Estabilidad de Volumen UNE-EN 196-3
	28 días		90 días	min	Expansión (mm)
22,5 N 32,5 N 42,5 N	≥ 12,5 ≥ 22,5 ≥ 32,5	≤ 32,5 ≤ 42,5 ≤ 52,5	≥ 22,5 ≥ 32,5 ≥ 42,5	≥ 60	≤ 10

siguiente tabla:

4.9. Cemento de Aluminato de Calcio CAC/R

Son cementos de altísima resistencia inicial. Su resistencia a 28 días es

Tabla A1.4.3 Prescripciones mecánicas y físicas del cemento de aluminato de calcio

Resistencia a compresión Normas UNE-EN 196-1 y UNE-EN 14647 (aptdo. 7.1) (N/mm²)		Tiempo de fraguado (Inicio) Normas UNE-EN 196-3 y UNE-EN 14647 (aptdo. 7.2 (min)
A 6 horas	A 24 horas	
≥ 18,0	≥40,0	≥90

irrelevante.

4.10. Cementos con características adicionales

Son cementos que disponen de alguna característica adicional. Fundamentalmente se distinguen 2 grupos:

- Cementos resistentes a los sulfatos y/o al agua de mar

Sus características de composición se detallan en las siguientes tablas

Tabla A2.1.1 Prescripciones adicionales para los cementos resistentes a los sulfatos

Tipos	Denominaciones		Designaciones	Especificaciones del clínker de los cementos resistentes a los sulfatos (SR)	
				C_3A%	C_3A% + C_4AF%
I	Cementos pórtland resistentes a sulfatos		I	≤ 5,0	≤ 22,0
II	Cementos pórtland con adiciones, resistentes a sulfatos	Con escoria de horno alto (S)	II/A-S	≤ 6,0	≤ 22,0
II			II/B-S		
II		Con humo de sílice (D)	II/A-D		
II		Con Puzolana Natural (P)	II/A-P		
II			II/B-P		
II		Con ceniza volante (V)	II/A-V		
II			II/B-V		
III	Cementos con adiciones, resistentes a sulfatos	Con escoria de horno alto (S)	III/A	≤ 8,0	≤ 25,0
III			III/B	Ninguna	
III			III/C	Ninguna	
IV		Cementos Puzolánicos (D+P+V)	IV/A	≤ 6,0	≤ 22,0
IV			IV/B	≤ 8,0	≤ 25,0
V		Cementos compuestos (S+P+V)	V/A	≤ 8,0	≤ 25,0

Las prescripciones sobre C_3A y (C_3A + C_4AF) se refieren a porcentajes en masa de clínker. Los contenidos de C_3A y C_4AF se determinarán por cálculo, según la norma UNE 80304, a partir de los ensayos realizados sobre el clínker según la norma UNE-EN 196-2

Tabla 2.2.1 Prescripciones adicionales para los cementos resistentes al agua de mar

Tipos	Denominaciones		Designaciones	Especificaciones del clínker de los cementos resistentes a agua de mar (MR)	
				C_3A%	C_3A% + C_4AF%
I	Cementos pórtland resistentes a agua de mar		I	≤ 5,0	≤ 22,0
II	Cementos pórtland con adiciones, resistentes a agua de mar	Con escoria de horno alto (S)	II/A-S	≤ 8,0	≤ 25,0
II			II/B-S		
II		Con humo de sílice (D)	II/A-D		
II		Con Puzolana Natural (P)	II/A-P		
II			II/B-P		
II		Con ceniza volante (V)	II/A-V		
II			II/B-V		
III	Cementos con adiciones, resistentes a agua de mar	Con escoria de horno alto (S)	III/A	≤10,0	≤ 25,0
III			III/B	Ninguna	
III			III/C	Ninguna	
IV		Cementos Puzolánicos (D+P+V)	IV/A	≤8,0	≤ 25,0
IV			IV/B	≤ 10,0	≤ 25,0
V		Cementos compuestos (S+P+V)	V/A		

Las prescripciones sobre C_3A y (C_3A + C_4AF) se refieren a porcentajes en masa de clínker. Los contenidos de C_3A y C_4AF se determinarán por cálculo, según la norma UNE 80304, a partir de los ensayos realizados sobre el clínker según la norma-EN 196-2

Estos cementos se designan como cualquier otro con las letras SR o MR adicionales para delatar esta característica.

- Cementos de bajo calor de hidratación LH

Desprenden menos calor al hidratarse, lo que es relevante en el hormigonado de grandes piezas.

4.11. Suministro e identificación

Se expediran en sacos o a granel con una etiqueta con los datos que figuran en el gráfico adjunto.

Figura A4.3a Ejemplo de etiquetado de cementos sujetos al marcado CE

CE **0123** [1] Empresa **Dirección registrada** **Fábrica** Año (o sello con la fecha) **0123-CPD-0456** EN 197-1 CEM I 42,5 R Información Adicional	**El marcado CE de conformidad consiste en el símbolo «CE» dado en la directiva 93/68/EEC** **Número de identificación del organismo de certificación** **Nombre o marca comercial del fabricante** **Dirección del fabricante** **Nombre o marca comercial de la fábrica donde se produce el cemento** **Los dos últimos dígitos del año en que el fabricante puso el marcado CE** **Número de certificado de conformidad CE** **Número de norma europea** **Ejemplo de designación normalizada que indique el tipo de cemento y su clase de resistencia, tal y como se especifica en el capítulo 8 de la Norma Europea EN 197-1** **Límite de cloruros,[2] en %. Límite superior de pérdida por calcinación de cenizas volantes,[3] en %. Notación normalizada de los aditivos empleados[4].**

1) Número de organismo notificado asignado por la Comisión Europea y que figura en la siguiente página web: < http://ec.europa.eu/enterprise/newapproach/nando/>.
2) Sólo cuando el cemento se produce para cumplir con un límite de contenido de cloruros diferente al valor especificado en la Tabla A1.1.1 del Anejo 1 de esta Instrucción.
3) Sólo cuando se use ceniza volante como componente principal.
4) Sólo cuando se use un aditivo de los que son conformes con la norma UNE EN 934.

Como muestra, se adjunta un saco de cemento de 25 Kg

5. Bituminosos

5.1. Origen

El uso de materiales de origen bituminoso está documentado desde la civilización babilónica en la que se aprovecho el material que afloraba en el entorno de los ríos Tigris y Eufrates (450 aC). Se sabe que se utilizo para la construcción de muros defensivos.

La Biblia cita el uso de materiales bituminosos en el Arca de Noe y en la construcción de la Torre de Babel.

En el antiguo Egipto se utilizó en construcción de grandes obras funerarias y para embalsamamientos.

5.2. Tipos

De entre los materiales bituminosos y desde 1926 se han descrito tres grandes grupos:

- Betunes, son mezclas de hidrocarburos. Se obtienen de forma natural o como producto de la destilación del petróleo. Pueden ser sólidos o líquidos viscosos. Siempre son solubles en sulfuro de carbono.
- Asfaltos, que son mezclas de betunes y sustancias inertes (arena). La proporción de sustancia inerte debe ser supeior al 5%. Se pueden fabricar, aunque existen yacimientos naturales.
- Alquitranes, son productos residuales de la destilación destructiva de materiales de origen orgánico (hulla, lignito o madera). Pueden ser semisólidos o líquidos viscosos.

5.3. Betún

Es un producto de la destilación del petróleo, aunque hay betún de origen natural, éste último suele aparecer mezclado con áridos, que es lo que se conoce como asfalto.

Como hidrocarburo que es tiene una composición de base de carbono (80-88%) más hidrógeno (9-12%). Puede aparecr también Oxígeno, Azufre y Nitrógeno.

Los betunes tienen cuatro propiedades necesarias:

- FLUIDEZ al utilizarse, es necesario que el betún sea un fluido para que envuelva completamente los áridos de las mezclas bituminosas. Para ello se calientan, se fluidifican o se emulsionan.
- CONSISTENCIA, deben permanecer estables, es decir, no deben deformarse en circunstancias adversas por alta temperatura o por cargas de tráfico.
- FLEXIBILIDAD, deben mantenerse flexibles a baja temperatura sin romperse o agrietarse.
- ENVEJECIMIENTO, sus propiedades no deben alterarse en el tiempo que soportan cargas de tráfico e inclemencias metereológicas.

5.4. Betunes de penetración

Son el ligante básico de las mezclas bituminosas de uso en carreteras. A temperatura ambiente son sólidos o semisólidos, por lo que su manejo requiere de calor. Se vuelven líquidos viscosos a 100-160ºC que resultan bombeables y se calientan hasta 150-180ºC para mezclarlos con los áridos.

Para su clasificación se emplea el ensayo de resistencia a la penetración, ensayo que consiste en apoyar durante 5 segundos una aguja de 1mm de diámetro con carga de 100 gramos a 25ºC y medir cuantas décimas de milímetro penetra.

Como es lógico, cuanto mayor es el valor obtenido en el ensayo, más blando es el betún.

Usualmente los betunes se califican en duros (penetración entre 30-60), semiduros (80-100), semiblandos (150-200), blandos (200-300) y muy blandos (>300).

Para carreteras se suelen usar betunes duros y semiduros.

Se ncluye a continuación la tablas de betunes normalizados vigente en el PG-3, Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes del Ministerio de Fomento, donde se aprecian las características más relevantes.

Debe destacarse que está muy limitada la presencia de agua por su efecto de formación de espuma al utilizarse.

TABLA 211.1 - ESPECIFICACIONES DE LOS BETUNES ASFÁLTICOS

CARACTERÍSTICA		UNIDAD	NORMA NLT	B13/22		B40/50		B60/70		B80/100		B150/200		B200/300	
				mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
BETÚN ORIGINAL															
PENETRACIÓN (25 ºC; 100 g; 5 s)		0,1 mm	124	13	22	40	50	60	70	80	100	150	200	200	300
INDICE DE PENETRACIÓN			181	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
PUNTO DE REBLANDECIMIENTO ANILLO Y BOLA		ºC	125	60	72	52	61	48	57	45	53	38	45	34	41
PUNTO DE FRAGILIDAD FRAASS		ºC	182	-	+1	-	-5	-	-8	-	-10	-	-15	-	-20
DUCTILIDAD (5 cm/min.)	a 15 ºC	cm	126	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-
	a 25 ºC			10	-	70	-	90	-	100	-	100	-	-	-
SOLUBILIDAD en tolueno		%	130	99,5	-	99,5	-	99,5	-	99,5	-	99,5	-	99,5	-
CONTENIDO EN AGUA (en volumen)		%	123	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2
PUNTO DE INFLAMACIÓN		ºC	127	235	-	235	-	235	-	235	-	220	-	175	-
(*)DENSIDAD RELATIVA (25 ºC/25 ºC)			122	1,0	-	1,0	-	1,0	-	1,0	-	1,0	-	0,99	-
RESIDUO DESPUÉS DE PELÍCULA FINA															
VARIACIÓN DE MASA		%	185	-	0,5	-	0,8	-	0,8	-	1,0	-	1,4	-	1,5
PENETRACIÓN (25 ºC; 100 g; 5 s)		% p.o.	124	60	-	55	-	50	-	45	-	40	-	35	-
VARIACIÓN PUNTO DE REBLANDECIMIENTO ANILLO Y BOLA		ºC	125	-	7	-	8	-	9	-	10	-	11	-	12
DUCTILIDAD (5 cm/min.)	a 15 ºC	cm	126	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-
	a 25 ºC			5	-	40	-	50	-	75	-	100	-	-	-

(*) Valores orientativos.

Los betunes de penetración se transporten en bidones y cisternas calefactados. Han de manejarse con precaución por que pueden inflamarse.

5.5. Betunes fluidificados para riegos de imprimación

Son betunes de penetración a los que se añade un fluidificante para hacerlos manejables a temperatura ambiente. También se los conoce como “cut-backs”.

Un vez utilizados, el fluidificante se volatiliza y el betún solidifica, proceso que se conoce como curado.

Dependiendo del fluidificante empleado pueden ser de curado rápido (fluidificados con nafta o gasolina), curado medio (petróleo o queroseno) o curado lento (gasoil)

La cantidad de fluidificante oscila entre el 40-50% en volumen

La normativ vigente limita su uso a ruegos deimprimación, es decir, a preparar una capa granular no estabilizada antes de extender soble la misma una mezcla bituminosa.

TABLA 212.1 - ESPECIFICACIONES DEL BETÚN FLUIDIFICADO PARA RIEGOS DE IMPRIMACIÓN

CARACTERÍSTICA		UNIDAD	NORMA NLT	FM100	
				mín.	máx.
BETÚN FLUIDIFICADO					
PUNTO DE INFLAMACIÓN		ºC	136	38	-
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL a 25 ºC		s	133	75	150
DESTILACIÓN (% sobre volumen total destilado hasta 360 ºC)	a 225 ºC	%	134	-	25
	a 260 ºC			40	70
	a 316 ºC			75	93
RESIDUO DE DESTILACIÓN a 360 ºC (% en volumen por diferencia)		%	134	50	60
CONTENIDO DE AGUA (en volumen)		%	123	-	0,2
RESIDUO DE DESTILACIÓN					
PENETRACIÓN (25 ºC; 100 g; 5 s)		0,1 mm	124	120	300
DUCTILIDAD (25 ºC, 5 cm/min.)		cm	126	100	-
SOLUBILIDAD en tolueno		%	130	99,5	-

5.6. Emulsiones asfálticas

Son mezclas de dos líquidos no miscibles, en la que uno de ellos se dispersa en forma de gotitas en el otro. Uno de ellos , por tanto, hace de soporte y se lo conoce como fase continua y el otro sería la fase discontinua en la que aparecen gotitas dispersas. La fase continua será agua y la discontinua el betún.

Para evitar que las gotitas de betún se reunan se añade un agente emulsionante que facilita la dispersión, carga electricamente a todas ellas de una misma carga eléctrica además de facilitar posteriormente la adhesividad del betún con los áridos.

Al proceso de eliminación del agua se lo conoce como rotura.

Las emulsiones se clasifican por dos criterios, uno por su velocidad de rotura en rotura rápida, media y lenta y dos por la carga eléctrica que si es negativa se denominan emulsiones aniónicas o básicas y si positiva, catiónicas o ácidas.

La fabricaión de emulsiones utiliza un molino coloidal (rotor+estator) que dispersa betún caliente en agua con la ayuda del emulsionante y dotando a las gotas de carga eléctrica.

Las emulsiones aniónicas presentan mejor adherencia al árido calizo y las catiónicas al árido silíceo.

La proporción de betún oscila entre el 55-67%

TABLA 213.1 - ESPECIFICACIONES DE LAS EMULSIONES BITUMINOSAS ANIÓNICAS

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	NORMA NLT	EAR-1		EAR-2		EAM		EAL-1		EAL-2		EAI(1)	
			mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
EMULSIÓN ORIGINAL														
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL a 25 ºC	s	138	-	50	50	-	40	-	-	100	-	50	-	50
CARGAS DE LAS PARTÍCULAS		194	negativa		negativa		negativa		negativa		negativa		negativa	
CONTENIDO DE AGUA (en volumen)	%	137	-	40	-	35	-	40	-	45	-	40	-	50
BETÚN ASFÁLTICO RESIDUAL	%	139	60	-	65	-	57	-	55	-	60		40	-
FLUIDIFICANTE POR DESTILACIÓN (en volumen)	%	139	-	0	-	0	-	10	-	8	-	1	5	15
SEDIMENTACIÓN (a 7 días)	%	140	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5	-	10
TAMIZADO	%	142	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10
ESTABILIDAD: ENSAYO DE DEMULSIBILIDAD (35 cm^3 Cl_2Ca 0,02N)	%	141	60	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESTABILIDAD: ENSAYO DE MEZCLA CON CEMENTO	%	144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
RESIDUO POR DESTILACIÓN (NLT-139)														
PENETRACIÓN (25 ºC; 100 g; 5 s)	0,1 mm	124	130 (*)60	200 (*)100	130 (*)60	200 (*)100	130	250	130 (*)60	200 (*)100	130 (*)60 (**)220	200 (*)100 (**)330	200	300
DUCTILIDAD (25 ºC; 5 cm/min.)	cm	126	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-
SOLUBILIDAD en tolueno	%	130	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-

(*) Estas emulsiones con residuos por destilación más duros se denominarán con el tipo correspondiente, seguido de la letra **d.**

(**) Estas emulsiones para su empleo en reciclado de materiales bituminosos y/o granulares se denominarán con el tipo correspondiente, seguido de la letra **b.**

(1) Emulsión bituminosa específica para riegos de imprimación

TABLA 213.2 - ESPECIFICACIONES DE LAS EMULSIONES BITUMINOSAS CATIÓNICAS

CARACTERÍSTICAS		UNIDAD	NORMA NLT	ECR-1		ECR-2		ECR-3		ECM		ECL-1		ECL-2		ECI (1)	
				mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
EMULSIÓN ORIGINAL																	
VISCOSIDAD SAYBOLT	FUROL a 25 ºC	S	138	-	50	-	-	-	-	-	-	-	100	-	50	-	50
	FUROL a 50 ºC			-	-	20	-	40	-	20	-	-	-	-	-	-	-
CARGAS DE LAS PARTÍCULAS			194	positiva		positiva		positiva		positiva		positiva		positiva		positiva	
CONTENIDO DE AGUA (en volumen)		%	137	-	43	-	37	-	32	-	35	-	45	-	40	-	50
BETÚN ASFÁLTICO RESIDUAL		%	139	57	-	63	-	67	-	59	-	55		60	-	40	-
FLUIDIFICANTE POR DESTILACIÓN (en volumen)		%	139	-	5	-	5	-	2	-	12	-	8	-	1	5	15
SEDIMENTACIÓN (a 7 días)		%	140	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5	-	10	-	10
TAMIZADO		%	142	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10
ESTABILIDAD: ENSAYO DE MEZCLA CON CEMENTO		%	144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
RESIDUO POR DESTILACIÓN (NLT-139)																	
PENETRACIÓN (25 ºC; 100 g; 5 s)		0,1 mm	124	130 (*)60	200 (*)100	130 (*)60	200 (*)100	130 (*)60	200 (*)100	130	250	130 (*)60	200 (*)100	130 (*)60 (**)220	200 (*)100 (**)330	200	300
DUCTILIDAD (25 ºC; 5 cm/min.)		cm	126	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-
SOLUBILIDAD en tolueno		%	130	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-

(*) Estas emulsiones con residuos por destilación más duros se denominarán con el tipo correspondiente, seguido de la letra **d.**

(**) Estas emulsiones para su empleo en reciclado de materiales bituminosos y/o granulares se denominarán con el tipo correspondiente, seguido de la letra **b.**

(1) Emulsión bituminosa específica para riegos de imprimación.

El transporte se puede realizar en bidones o cisternas con la precaución de que no se mezclen polaridades distintas que harían precipitar el betún.

5.7. Betunes asfálticos modificados con polímeros

Son betunes que se modifican con polímeros, compuestos orgánicos de elevado peso molecular formados por la repetición sucesiva de grupos estructurales. Estos polímeros son de tres tipos, termoplásticos, elastómeros y termoendurecibles.

Estos betunes modificados presentan mejores características que los betunes originales y se emplean en mezclas de alta calidad, para capas de rodadura en tráficos pesados o en mezclas de alto módulo.

TABLA 215.1 - ESPECIFICACIONES DE BETUNES ASFÁLTICOS MODIFICADOS CON POLÍMEROS

CARACTERÍSTICA		UNIDAD	NORMA NLT	BM-1		BM-2		BM-3a		BM-3b		BM-3c		BM-4		BM-5	
				mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
BETÚN ORIGINAL																	
PENETRACIÓN (25ºC; 100g; 5s)		0,1 mm	124	15	30	35	50	55	70	55	70	55	70	80	130	150	200
PUNTO DE REBLANDECIMIENTO ANILLO Y BOLA		ºC	125	70	-	65	-	58	-	60	-	65	-	60	-	55	-
PUNTO DE FRAGILIDAD FRAASS		ºC	182	-	-4	-	-8	-	-10	-	-12	-	-15	-	-15	-	-20
DUCTILIDAD (5cm/min)	a 5 ºC	cm	126	-	-	2	-	4	-	25	-	30	-	40	-	50	-
	a 25 ºC			10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONSISTENCIA (Flotador a 60ºC)		s	183	3.000	-	2.000	-	700	-	1.200	-	2.000	-	1.200	-	1.200	-
ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO(*)			328														
Diferencia Punto Reblandecimiento		ºC		-	5	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5
Diferencia Penetración (25 ºC)		0,1 mm		-	5	-	8	-	10	-	10	-	10	-	12	-	20
RECUPERACIÓN ELÁSTICA	25 ºC	%	329	-	-	10	-	15	-	40	-	70	-	60	-	60	-
	40 ºC			15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONTENIDO EN AGUA (en volumen)		%	123	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2
PUNTO DE INFLAMACIÓN		ºC	127	235	-	235	-	235	-	235	-	235	-	220	-	200	-
DENSIDAD RELATIVA (25ºC/25ºC)			122	1,0	-	1,0	-	1,0	-	1,0	-	1,0	-	1,0	-	1,0	-
RESIDUO DESPUÉS DE PELÍCULA FINA																	
VARIACIÓN DE MASA		%	185	-	0,8	-	0,8	-	1,0	-	1,0	-	1,0	-	1,4	-	1,5
PENETRACIÓN (25ºC; 100g; 5s)		% p.o.	124	70	-	70	-	65	-	65	-	65	-	60	-	55	-
VARIACIÓN DEL PUNTO DE REBLANDEC. ANILLO Y BOLA		ºC	125	-4	+8	-4	+8	-5	+10	-5	+10	-5	+10	-6	+10	-6	+10
DUCTILIDAD (5cm/min)	a 5 ºC	cm	126	-	-	1	-	2	-	12	-	15	-	20	-	25	-
	a 25 ºC			5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(*) No se exigirá esta prescripción cuando los elementos de transporte y almacenamiento estén provistos de un sistema de homogeneización adecuado, aprobado por el Director de las Obras.

Su transporte se realiza en cisternas calefactadas.

5.8. Asfaltos

Son mezclas de betún y sustancias inertes en proporción superior al 5%.

Es un producto de uso limitado y puntual en construcción, por ejemplo, para el sellado de grietas en una capa de aglomerado o fabricación de algunas láminas impermeabilizantes

5.9. Alquitranes

Proceden de la destilación destructiva en ausencia de aire de materiales de origen orgánico como la hulla, el lignito o la madera. También se obtienen como subproducto en la fabricación de gas ciudad.

En España ya no hay fábricas de gas ciudad y no se obtiene alquitrán por otras vías, por lo que su utilización está prácticamente extinguida. Hay países como Reino Unido en los que hay fábricas de coque siderúrgicoque obtienen alquitrán y su utilización es frecuente, a veces mezclado con betún.

Para su uso se mezclaban las breas que son el residuo final con los distintos aceites recogidos en el proceso de destilación. Se distinguen alquitranes tipo AQ con breas duras y aceites volátiles y BQ con breas blandas y aceite poco volatil. Se califican por la temepratura en la que alcanzan viscosidad constante o equiviscosidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes. PG-3
- Instrucción para la Recepción de Cementos RC-08
- Manual del Yeso. Luis de Villanueva Domínguez y otro. Ed. ATEDY. 2001
- Generalidades sobre Materiales de Construcción. Francisco Arredondo. Ed UPM