

MATERIA: TECNOLOGÍA INDUSTRIAL I.

BLOQUE III. MATERIALES.

TEMA 14. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN.
2. MATERIALES PÉTREOS.
 - 2.1. Rocas.
 - 2.2. Materiales granulados.
3. MATERIALES CERÁMICOS.
 - 3.1. Arcillas cocidas.
 - 3.2. Loza.
 - 3.3. Materiales refractarios.
 - 3.4. Porcelana.
 - 3.5. Gres.
4. EL VIDRIO.
 - 4.1. Variedades de vidrio.
 - 4.2. Derivados del vidrio.
5. MATERIALES AGLOMERANTES.
 - 5.1. El yeso.
 - 5.2. La cal aérea.
 - 5.3. La cal hidráulica.
 - 5.4. Las puzolanas.
 - 5.5. Los cementos.
6. PRODUCTOS AGLOMERADOS.
7. MATERIALES REFORZADOS.
8. ACTIVIDADES DE SÍNTESIS.
9. RECURSOS WEB.
10. BIBLIOGRAFÍA.



A lo largo de los tiempos la humanidad ha hecho uso de materiales de todo tipo para la construcción de edificios y carreteras y para la fabricación de artículos artesanales de utilización cotidiana, así como una amplia variedad de objetos de ornamentación. Primero fueron la arcilla, la piedra y la madera. Posteriormente el progreso de la técnica hizo posible disponer de otros materiales, como el vidrio, el acero, el cemento y el hormigón. Hoy en día el cemento y los polímeros, reforzados con fibra de vidrio u otros aditivos, están comenzando a imponer su supremacía como materiales de construcción. Son ejemplos de ello la cúpula del Millenium Dome en Londres, o la cubierta de la estación del AVE en la Expo 92 de Sevilla.

La elección del material adecuado depende, en cada caso, de múltiples factores de tipo físico, químico, mecánico, estético, económico..., factores que a veces se contraponen y hacen necesario un estudio riguroso que permita encontrar la solución más apropiada.

En este Tema se aborda el análisis de los materiales de construcción más adecuados, haciendo hincapié en sus propiedades más significativas y en el papel que han desempeñado en el progreso de la humanidad, cuyo testimonio aún permanece patente a todo lo largo y ancho de la superficie de nuestro planeta.

1. INTRODUCCIÓN.

Los materiales utilizados actualmente en construcción y ornamentación se pueden clasificar en dos grandes grupos: naturales y artificiales, entendidos estos últimos como materiales que se fabrican a partir de los naturales.

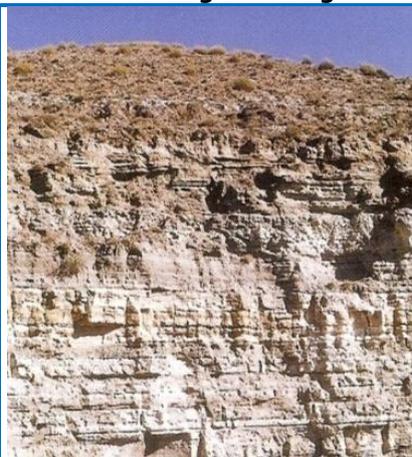
A su vez, cada uno de estos grupos admite una nueva subdivisión, lo que permite facilitar el estudio de los diversos materiales, estableciendo entre ellos características comunes. En el cuadro siguiente se recoge una clasificación de los más empleados, en la que no incluimos el acero, la madera y sus derivados y los materiales plásticos, que son objeto de estudio de otros Temas.

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	MATERIALES NATURALES	MATERIALES PÉTREOS	Rocas (ígneas, sedimentarias y metamórficas).		
			Materiales granulados.		
		MATERIALES CERÁMICOS	POROSOS	Arcilla cocida.	
				Loza.	
			IMPERMEABLES	Refractarios.	
		Porcelana.			
	VIDRIOS	Vidrio plano.		Vidrio hueco.	
		Vidrio colado.		Vidrio prensado.	
		Fibra de vidrio.			
		MATERIALES AGLOMERANTES	AGLOMERANTES AÉREOS	Yeso.	
				Cal aérea.	
	MATERIALES ARTIFICIALES	AGLOMERANTES HIDRÁULICOS	Cal hidráulica.		
			Puzolanas.		
Cementos.					
PRODUCTOS AGLOMERADOS	Ladrillos de escoria.		Piedra artificial.		
	CEMENTOS REFORZADOS	Fibro cemento, etc.			

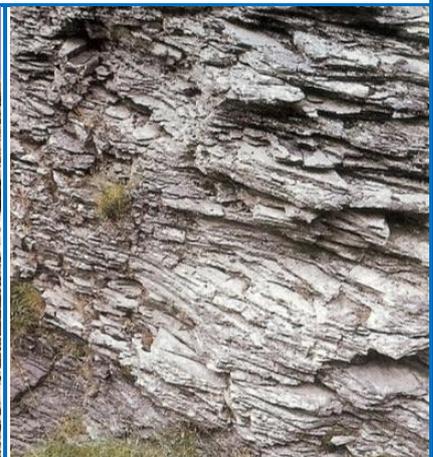
Las rocas según su origen.



Ígneas o magmáticas. Se forman mediante el enfriamiento y la cristalización de un magma.



Sedimentarias. Se forman por erosión y acumulación de sedimentos que, posteriormente, se compactan.



Metamórficas. Se forman a partir de la transformación de otras rocas, cuando se someten a altas presiones y temperaturas.

2. MATERIALES PÉTREOS.

En este grupo se incluyen las rocas y los materiales granulados. Todos ellos poseen una gran resistencia a las condiciones meteorológicas, así como a los golpes y a los agentes químicos.

2.1. Rocas.

Son agregados naturales de minerales, que se encuentran en la corteza terrestre.

Con el nombre genérico de **pedra**, fueron utilizadas desde muy antiguo por el ser humano para la construcción de edificios, paredes, estatuas, etc., y, debido a su resistencia a los agentes meteorológicos, muchas de estas construcciones aún se conservan en la actualidad.

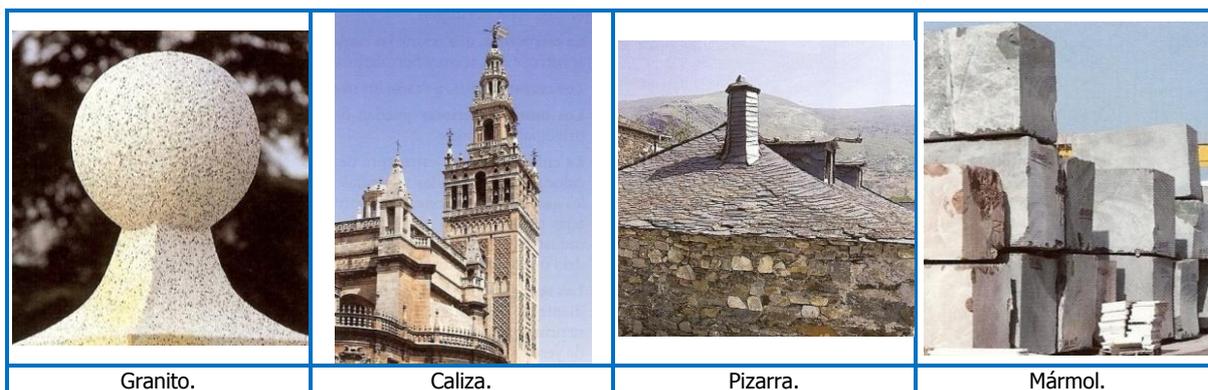
Sirvan como ejemplos las pirámides de Egipto, los puentes, acueductos, templos y anfiteatros de la antigua Roma o las catedrales románicas y góticas de muchas ciudades de Europa. En nuestros tiempos todavía se emplea la piedra para el cerramiento de bancales en las laderas de las montañas, con el fin de evitar que las aguas de la lluvia arrastren la tierra de cultivo.

Las rocas se obtienen directamente de las canteras, cuyo acceso suele resultar difícil. Este inconveniente, unido al elevado coste de la maquinaria utilizada en la extracción y corte de las rocas, y a la gran fragilidad que éstas poseen, explica que en la actualidad hayan sido sustituidas por otros materiales artificiales. También conviene señalar como factores negativos la alta densidad de las rocas y su pequeña resistencia a la tracción, aunque su resistencia a la compresión resulta ser elevada.

PROPIEDADES DE ALGUNAS ROCAS		
Roca	Densidad (kg/m ³)	Resistencia a la compresión (kp/cm ²)
Granito	2600-2700	800-2700
Gabro	2800-3100	1500-2500
Diorita	2800-3000	1700-3000
Areniscas	2300-2900	100-1800
Pizarras	2700-2800	2000-2500
Mármol	2700-2800	800-1500

Entre las rocas más utilizadas con fines constructivos y ornamentales podemos citar las siguientes:

- **Granito.** Fue muy empleada en otro tiempo para la construcción (el acueducto de Segovia y el monasterio del Escorial han sido construidos en su totalidad de granito), pero hoy en día prácticamente solo se utiliza en forma de grava machacada para fabricar hormigón, y también para bordillos de aceras.
- **Gabro y diorita.** Se usan como piedras ornamentales y para el tendido del firme de las carreteras.
- **Liparita y piedra pómez.** Debido a su carácter poroso y baja densidad, se utilizan para preparar conglomerados ligeros.
- **Areniscas.** Están formadas por arenas cementadas. Las areniscas han sido -y lo son todavía en la actualidad- utilizadas universalmente en construcción y pavimentación.
- **Calcita.** Está constituida por carbonato de calcio. Posee una gran resistencia a la compresión y se utiliza abundantemente en la construcción.
- **Pizarra.** Se exfolia con facilidad en láminas paralelas, lo que permite emplearla para cubrimientos de edificios.
- **Mármol.** Está constituido por carbonato de calcio prácticamente puro. Se puede pulir con facilidad y por ese motivo se utiliza con fines ornamentales. Es justamente reconocido por su calidad el mármol de Carrara (Italia), con el que Miguel Ángel esculpió sus famosas estatuas *David* y *La Piedad*.



2.2. Materiales granulados.

Son materiales que, en forma de partículas de mayor o menor tamaño, se emplean en la fabricación de morteros y hormigones. Por este motivo, no deben reaccionar químicamente con el cemento y resulta aconsejable que permanezcan inalterados al paso del tiempo.

De acuerdo con el tamaño creciente de las partículas o granos que los constituyen, estos materiales se clasifican en harina, arena, gravilla, grava y guijarros.

3. MATERIALES CERÁMICOS.

Son aquellos materiales constituidos fundamentalmente por arcilla que, una vez moldeada, se somete a un proceso de cocción posterior que le hace perder el agua, lo que convierte a estos materiales en duros y frágiles. Las arcillas son silicatos de aluminio hidratados, con algo de hierro, y en algunos casos poseen también cuarzo y granito. Son químicamente inertes y, por lo general, resisten temperaturas elevadas. Según la clase de arcilla utilizada y el proceso de cocción a que han sido sometidos, los materiales cerámicos pueden ser:

- **Porosos.** Su fractura es de aspecto terroso y son permeables a los gases, líquidos y grasas. La temperatura de cocción es relativamente baja, de modo que no han experimentado proceso alguno de vitrificación; es decir, la arena de cuarzo no ha llegado a fundir. Pertenecen a este grupo la arcilla cocida, la loza y los materiales refractarios.
- **Impermeables.** Son más duros que los anteriores. El proceso de cocción tiene lugar a temperatura más elevada, de manera que la arena de cuarzo se vitrificó por entero. Se incluyen en este tipo de materiales cerámicos el gres y la porcelana.

3.1. Arcillas cocidas.

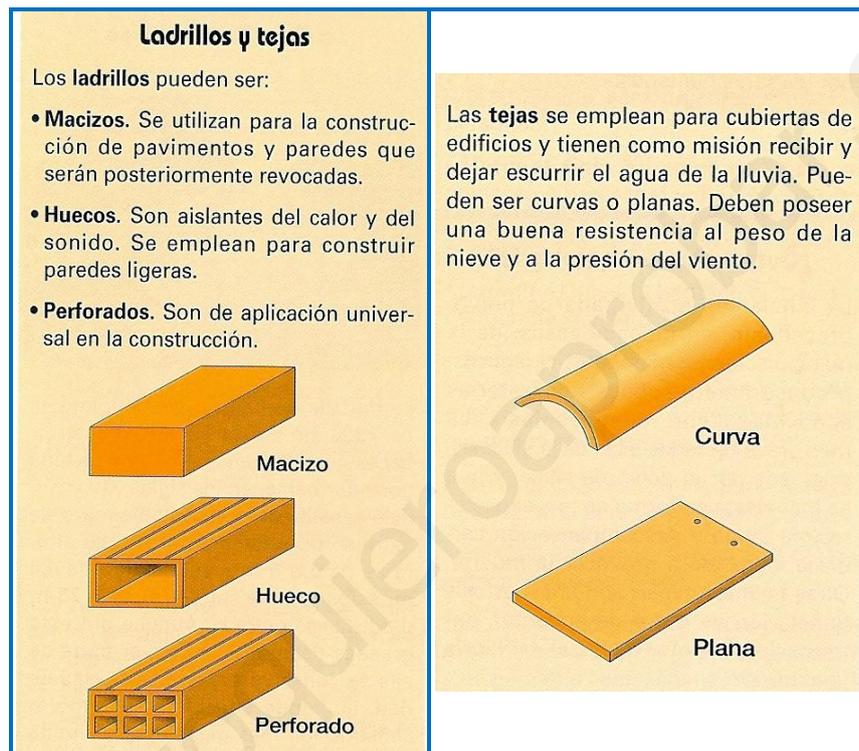
Contienen una cantidad considerable de óxido de hierro, que les confiere un color rojizo. Una vez moldeadas, se dejan secar y se someten posteriormente a un proceso de cocción a temperaturas comprendidas entre 800 y 1.100 °C, que les comunica una resistencia mecánica considerable. Con ellas se pueden fabricar ladrillos, tejas y piezas de alfarería (jarrones, botijos, cazuelas, tiestos, macetas, etc.).

3.2. Loza.

La loza es un material cerámico que se fabrica a partir de arcilla que, una vez moldeada y cocida, se recubre de barniz o esmalte y se somete posteriormente a una segunda cocción, a una temperatura ligeramente inferior a la primera. Según la naturaleza de la arcilla y de la cubierta, la loza se clasifica en:

- **Cacharrería barnizada.** Son objetos de barro cocido, con una capa de barniz transparente en su superficie. Se trata de artículos de muy baja calidad, que algunos autores encuadran dentro del grupo de las terracotas (figuras de barro cocido constituidas por arcillas totalmente deshidratadas por medio del fuego).

- **Loza común.** Básicamente es idéntica a la anterior, con la única diferencia de que la cubierta es un esmalte opaco que enmascara el color de la pasta arcillosa.
- **Loza fina** (también llamada loza inglesa). La cubierta es transparente y la pasta, que es de color blanco, contiene sílice que le confiere dureza, arcilla que le da plasticidad, feldespato que le proporciona fusibilidad, y caolín, al que se deben la blancura y la resistencia a los cambios de temperatura.
- **Loza para la construcción.** Se incluyen en este grupo los ladrillos esmaltados, los azulejos y la loza sanitaria. Los primeros son cacharrería barnizada y en algunos casos loza común. Los azulejos son placas de loza fina que tienen como misión el revestimiento de interiores. En lo que respecta a la loza sanitaria (lavabos, bañeras, etc.), su gran volumen de fabricación ha obligado a sustituir el moldeo de la pasta por un colado en moldes abiertos o cerrados entre dos paredes de yeso.



La Gran Muralla China.

La muralla de China, cuya longitud es de 7.300 km, se comenzó a construir hace unos 2.200 años, siendo reforzada posteriormente, en los siglos XIV y XV. Está constituida por un doble muro de ladrillo con relleno de tierra, su altura es de 6 a 8 m y su anchura de 4,4 m, estando provista de torres a 75 m de distancia entre sí. Aunque presenta grandes deterioros, la mayor parte de ella se conserva todavía en la actualidad, pudiendo considerarse como la construcción más gigantesca realizada por los seres humanos.

¿Qué son las neumoconiosis?

La inhalación prolongada de polvo, procedente, en muchos casos, de la manipulación de materiales cerámicos, produce enfermedades respiratorias conocidas como **neumoconiosis**. La más grave de todas ellas es la **silicosis**, originada por el polvo de sílice, y que se manifiesta en forma de tos, expectoración, fatiga y descompensación cardíaca, llegando a provocar la muerte. Otras neumoconiosis son la **asbestosis** (inhalación de polvo de amianto), antracosilicosis (polvo de hulla), beriliosis (berilio). etc.

3.3. Materiales refractarios.

Están constituidos fundamentalmente por arcillas porosas cocidas que contienen en proporciones bastante elevadas óxidos de aluminio, torio, berilio y circonio, y que se caracterizan por su estabilidad a altas temperaturas.

La cocción se verifica a temperaturas elevadas, realizándose su enfriamiento posterior de una forma lenta, con objeto de evitar la formación de grietas y la aparición de tensiones internas. Se utilizan en forma de ladrillos refractarios (resistentes a altas temperaturas) para el revestimiento interior de altos hornos,

convertidores LD, hornos de Siemens-Martin, etc. También es posible su empleo, sustituyendo a los metales, en la fabricación de motores de automóviles, aviones, generadores eléctricos, etc., con el fin de lograr mayores temperaturas y, por consiguiente, mejores rendimientos.

3.4. Porcelana.

A diferencia de la loza, en los objetos de porcelana la vitrificación afecta a toda la masa. La porcelana se obtiene sometiendo a una doble cocción al caolín (arcilla pura), al que se añade feldespato como fundente, y un desengrasante, que puede ser *cuarzo* o *sílex*.

Según la temperatura a la que se verifiquen los dos procesos de cocción, las porcelanas se pueden clasificar en dos tipos:

- **Porcelanas blandas.** La primera cocción se verifica a unos 1.000 °C, y después de aplicarles un esmalte se introducen en el horno a una temperatura de 1.250 °C o mayor.
- **Porcelanas duras.** La primera cocción se efectúa también a unos 1.000 °C, y la segunda a 1.400 °C o más. En caso de que se decoren, una vez efectuada esta operación se vuelven a introducir en el horno a una temperatura elevada.

3.5. Gres.

El gres es un material cerámico vitrificado, constituido por una pasta a base de arcilla plástica y arena de cuarzo. Se emplea para fabricar objetos que, después de una cocción a temperatura de 1.200 a 1.400 °C, son impermeables, resistentes y refractarios. Ofrece una gama de tonalidades que abarcan desde el gris claro al pardo oscuro. Su fabricación es similar a la de la porcelana, diferenciándose de ella por su color menos puro, su menor finura y su opacidad. Sirve para fabricar objetos de adorno, vasijas, tubos y aparatos para la industria y el laboratorio, así como losetas para mosaicos y pavimentos.

4. EL VIDRIO.

El vidrio es un material amorfo, transparente o translúcido, duro y frágil a temperatura ambiente. Es muy resistente a la mayor parte de los reactivos químicos y muy buen aislante del calor y de la electricidad. Además, su resistencia a la tracción es muy elevada, de manera que algunas fibras de vidrio pueden soportar esfuerzos mayores que los aceros.

Se obtiene por fusión de una mezcla, en las proporciones adecuadas, de las siguientes sustancias:

- **Arena de cuarzo** (SiO_2) molida. Es el componente principal del vidrio, al que confiere su resistencia mecánica. Posee el inconveniente de que su punto de fusión es muy elevado (del orden de los 1.700 °C).
- **Caliza** (CaCO_3). Es el componente estabilizante; comunica al vidrio resistencia, brillo y dureza.
- **Sosa** (Na_2CO_3). Actúa como fundente, rebajando la temperatura de fusión hasta por debajo de los 1.000 °C.

Además, se suelen añadir otros componentes, tales como óxidos de sodio, potasio, aluminio, boro o plomo, que confieren al vidrio unas determinadas características.

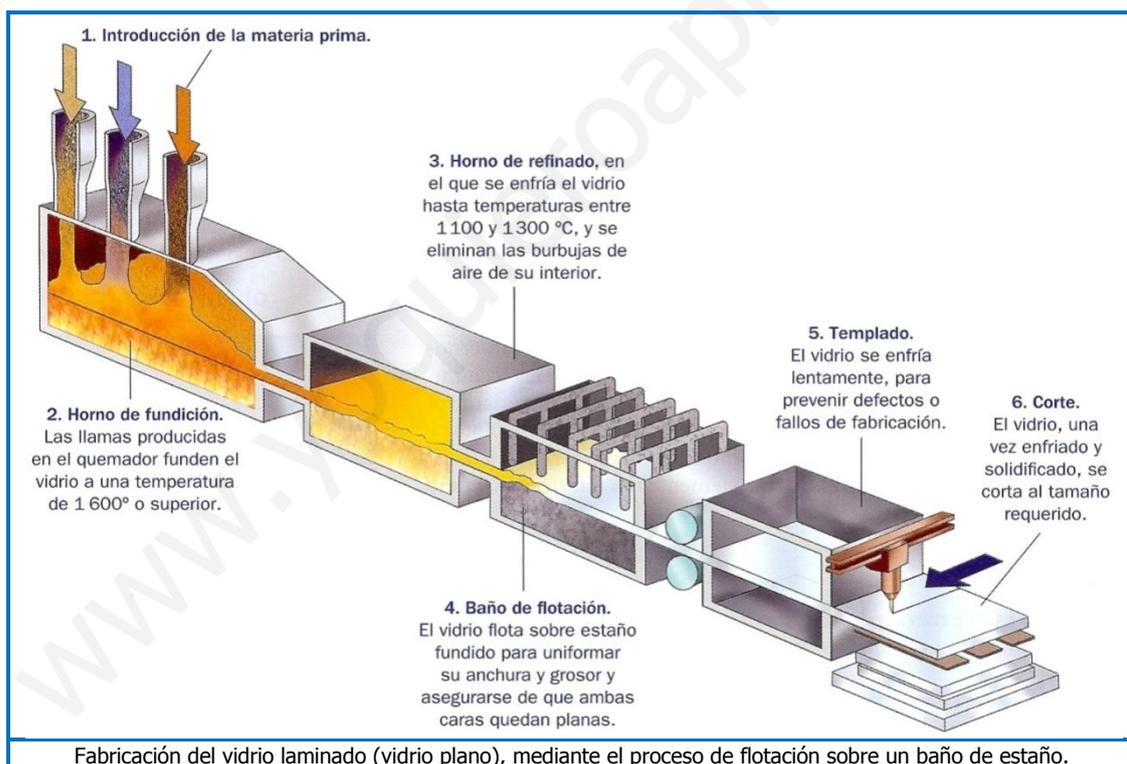
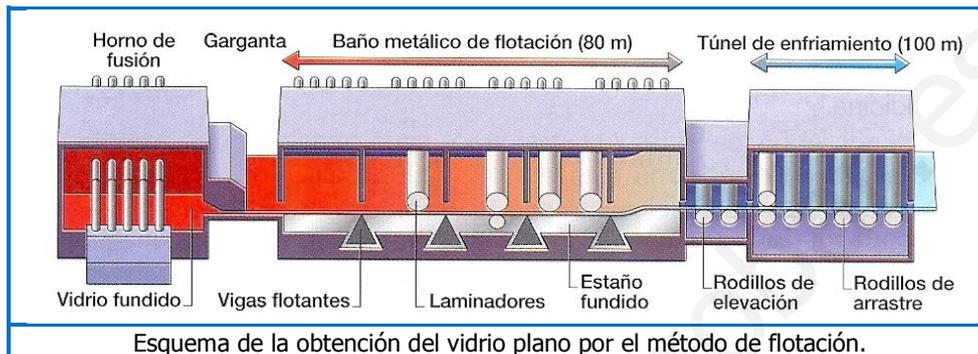
Como resultado de la fusión se obtiene un material viscoso y claro que, una vez extraído del horno, si se enfría rápidamente se hace quebradizo, rompiéndose con facilidad por medio de un pequeño golpe o un simple rasguño. Por el contrario, si se enfría muy lentamente el vidrio se desvitrifica y se vuelve opaco. Para evitar estos inconvenientes, los objetos de vidrio se someten a un proceso de recocido, que los hace menos quebradizos, eliminando tensiones internas.

4.1. Variedades de vidrio.

De acuerdo con la aplicación a la que se les destine, existen distintos tipos de vidrio, que se diferencian en el proceso de fabricación empleado.

• **Vidrio plano.** Está constituido por un 72% de cuarzo, un 14% de sosa y un 9% de cal, correspondiendo el 5% restante a aditivos. Se utiliza para ventanas, espejos, mesas, etc. Para su fabricación se suele seguir el *método de flotación*. El vidrio fundido se extrae del horno a través de una ranura, llamada garganta, lo que da lugar a una lámina de un determinado espesor, la cual se hace deslizar sobre un baño de estaño fundido, en el que la lámina de vidrio flota, a causa de su menor densidad. El avance de la lámina tiene lugar por medio de una serie de rodillos que, además, le comunican el espesor adecuado. Este método de fabricación justifica que al vidrio obtenido se le conozca en el argot técnico como *float glass* (vidrio flotante).

Finalizado el proceso, el vidrio se somete a un tratamiento de recocido, haciéndolo pasar por un túnel de enfriamiento de temperatura decreciente. De esta forma se evita la aparición de tensiones internas que conferirían al vidrio una excesiva fragilidad.



¿Sabías que...?

- El vidrio de color se obtiene añadiendo a la masa de vidrio en fusión distintos óxidos metálicos. El hierro y el cromo dan vidrios verdes; el cobalto y el cobre, azules; y el manganeso, violeta o amatista. El vidrio rubí contiene oro o selenio finamente divididos.
- El vidriado sobre productos cerámicos (loza, porcelana, etc.) y los esmaltes color granito de los artículos de hierro esmaltado se obtienen con vidrio muy fusible que se vuelve opaco añadiéndole dióxido de titanio, dióxido de estaño o sesquióxido de antimonio.

Breve historia del vidrio.

- El hombre primitivo utilizó un vidrio natural de origen volcánico, la obsidiana, para fabricar cuchillos, puntas de flechas y lanzas, etc.
- En Egipto, ya en el siglo XVI a. C., se fabricaba vidrio artificial, que era empleado para objetos de adorno personal.

- Hacia el siglo XII a. C. se comenzó a prensar el vidrio, lo que hizo posible la fabricación de platos, fuentes, etc.
- Durante el Imperio Romano apareció el método de soplado.
- Después de las Cruzadas surgió en Venecia un gran centro de fabricación, que mantendría su primacía mundial durante cuatro o cinco siglos.
- En 1879 aparecieron los primeros globos de vidrio para lamparillas eléctricas.
- En 1886 el alemán August F. Siemens fabrica el vidrio armado.
- En 1904 se descubre el *vidrio pyrex*, de gran resistencia a los agentes químicos y de pequeño coeficiente de dilatación.
- En 1926 se comienza a fabricar vidrio inastillable.
- En 1931 se descubre la fibra de vidrio.
- En 1958 el británico Alastair Pilkington comienza a obtener vidrio plano por el método de flotación.
- En 1968 la fábrica Schott de Mainz (Alemania) fabrica por vez primera vidrio antirreflectante.

• **Vidrio hueco.** Está constituido por un 73% de cuarzo, un 16% de sosa y un 9% de cal, correspondiendo el 2% restante a otros componentes. Se emplea para fabricar botellas, vasos, frascos, jarras y otros artículos análogos. Para su obtención se sigue el llamado *método de soplado*, que puede realizarse de forma artesanal o automáticamente.

En el primer caso se introduce en el interior del vidrio fundido un tubo hueco de hierro, llamado caña, en cuyo extremo queda adherida una cierta cantidad de vidrio. A continuación la caña se introduce en un molde y se sopla por el extremo opuesto del tubo hasta que el vidrio adquiere la forma de la cavidad del molde. Se separa la caña y se recorta el vidrio sobrante, dejando enfriar posteriormente. Este proceso resulta muy lento, pues solo se obtiene una pieza de cada vez y el rendimiento es muy pequeño.

Actualmente el soplado se realiza por medio de máquinas sopladoras, inventadas por Farthing en 1846, que insuflan aire en el interior de una masa de vidrio colocada en la boca de un molde metálico. De esta forma el vidrio se adapta a las paredes del molde, el cual se abre a continuación, extrayéndose la pieza fabricada. El proceso resulta sumamente rápido y mucho más rentable que el anterior.

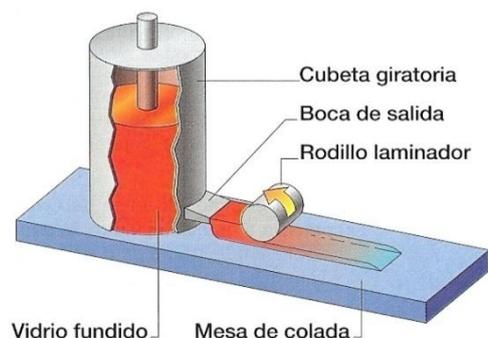
• **Vidrio colado.** Se presenta en forma de láminas de distintos espesores, y cuyas superficies ofrecen diversas texturas.

Se obtiene por los métodos de colada y de laminado. En ambos casos el vidrio fundido se encuentra almacenado en una cubeta giratoria y sale de ella por su parte inferior, vertiéndose sobre una mesa de colada provista de un rodillo laminador refrigerado interiormente por agua (método de colada), o bien se hace pasar entre dos ladrillos laminadores refrigerados (método de laminado). Se consigue un espesor adecuado para la lámina de vidrio regulando la distancia entre el rodillo y la mesa, o la distancia entre ambos rodillos.

El vidrio colado se emplea para fabricar planchas de mesas, suelos, vidrios coloreados para usos ornamentales, etc.



Vidrieras de la Catedral de León.



Método de colada.

- **Vidrio prensado.** Se fabrica vertiendo el vidrio fundido en el interior de un molde metálico y comprimiéndolo luego con una estampa. Se emplea para la fabricación en serie de objetos de paredes gruesas, tales como ladrillos, baldosas, vidrieras, ceniceros, etc.

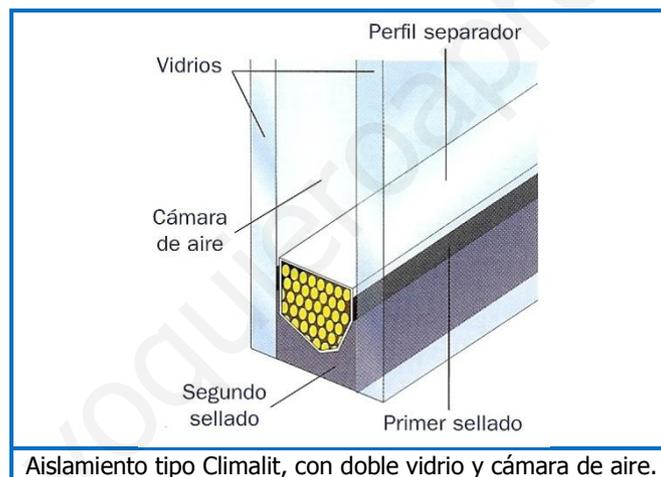
- **Fibra de vidrio.** Se fabrica haciendo pasar el vidrio a través de una hilera con orificios de un diámetro inferior a 0,1 mm. Los hilos obtenidos se deshilachan y secan, estirándolos posteriormente para que adquieran una mayor resistencia. A continuación se torsionan y enrollan en una bobina.

La fibra de vidrio se emplea para la fabricación de tejidos aislantes (térmicos, eléctricos y acústicos), en la construcción de techados y paredes, así como para la fabricación de fibras ópticas, utilizadas en Telecomunicaciones y en Medicina.

4.2. Derivados del vidrio.

En construcción y ornamentación se utilizan una gran variedad de productos derivados de los diferentes tipos de vidrio que acabamos de considerar.

- **Vidrio de ventana.** Se obtiene a partir del vidrio plano, fabricándose en distintos espesores comprendidos entre 2 y 19 mm. Es un material transparente a la luz visible, pero no a la ultravioleta; su dureza es de 6 - 7 en la escala de Mohs, es buen aislante acústico y posee una gran resistencia a la acción de los agentes atmosféricos, de los ácidos y de las bases, siendo atacado solamente por el ácido fluorhídrico. Su resistencia a la compresión es bastante elevada (90-95 kp/mm^2) y muy superior a la resistencia a la tracción (3,1-10 kp/mm^2).



- **Vidrio armado.** Es vidrio colado en el que se ha introducido una malla metálica durante el proceso de laminado. De esta forma, en caso de rotura, la malla impide que los fragmentos salgan despedidos y resulten peligrosos para la integridad de las personas.

- **Vidrio de seguridad.** Es un vidrio plano, que puede estar constituido por una o por varias lunas.

El *vidrio de una sola luna* está pretensado; es decir, ha sido calentado a unos 600 °C y sometido a continuación a un enfriamiento rápido. Este tratamiento le confiere elasticidad y resistencia a los golpes, a la vez que un coeficiente de dilatación bajo, de manera que en caso de rotura se desmenuza en múltiples fragmentos de superficie roma, que carecen de peligrosidad. Se utiliza en mesas, puertas, balcones, miradores, escaleras, pabellones deportivos, etc.

El *vidrio de varias lunas* consta de dos o más láminas de vidrio pegadas, entre las que se colocan capas transparentes de un material sintético (policarbonatos o metacrilatos). Si el vidrio se rompe a causa de un golpe, las capas flexibles interiores retienen los fragmentos, evitando que puedan producir lesiones. Se utiliza en escaparates de joyerías, en entidades financieras, en lunas de automóviles, etc.

- **Vidrio antirreflectante.** Se trata de vidrio plano, en cuyas caras va provisto de una capa dura y resistente que impide la reflexión de la luz. Su transparencia es igual que la del vidrio de ventana y por ese motivo se utiliza para cuadros, vitrinas, lunas de escaparates, etc.

El vidrio Pyrex.

Recibe este nombre un tipo de vidrio especialmente resistente al calor y al choque térmico.

Su composición porcentual es la siguiente:

- Dióxido de silicio (SiO_2): 80,5%
- Sesquióxido de boro (B_2O_3): 10,5%
- Óxido de aluminio (Al_2O_3): 3,5%
- Óxido de sodio (Na_2O): 4,8%
- Óxido de calcio (CaO): 0,7%

Debido a su composición, se puede considerar como una porcelana dura, completamente vitrificada, por haberse empleado bórax como fundente, en lugar de feldespato.

Su coeficiente de dilatación térmica es menor que el de los vidrios comunes, aunque mayor que el del cuarzo fundido; sin embargo, presenta sobre éste la ventaja de su transparencia y mayor facilidad de elaboración, de manera especial en vidrios huecos y soplados. Transmite la luz y el calor mejor que los demás vidrios, y resiste perfectamente el contacto directo con la llama. Por todos estos motivos, se utiliza ampliamente en la construcción de todo tipo de aparatos para el laboratorio y la industria, e incluso para el montaje completo de plantas piloto.

5. MATERIALES AGLOMERANTES.

Son materiales que, amasados con agua, tienen la propiedad de fraguar y endurecerse, lo que permite utilizarlos para aglutinar otros materiales heterogéneos empleados en la construcción. Dejando aparte algunos de origen orgánico, tales como betunes y alquitranes, los materiales aglomerantes más usuales se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- **Aglomerantes aéreos.** No contienen arcilla y solo fraguan y endurecen en contacto con el aire. Pertenecen a este grupo el yeso y la cal aérea.
- **Aglomerantes hidráulicos.** Contienen arcilla en cantidad considerable.

El proceso de fraguado de estos aglomerantes tiene lugar tanto en el aire como en el agua. Los más importantes son la cal hidráulica, las puzolanas y los cementos.

5.1. El yeso.

El yeso es un mineral cuya fórmula química corresponde al sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Se presenta en la Naturaleza en grandes masas granulares o compactas y, en ocasiones, en cristales en forma de flecha. Es muy blando (su dureza es 2 en la escala de Mohs) y muy poco resistente a los agentes atmosféricos, por lo que su empleo queda prácticamente restringido al interior de los edificios.

Breve historia del yeso.

Las civilizaciones más antiguas de Mesopotamia y Egipto ya conocían el yeso.

Los griegos y los romanos lo utilizaron en la construcción como aglomerante y como elemento de decoración de interiores.

A partir de la I Guerra Mundial la industria del yeso experimentó un gran desarrollo, debido al perfeccionamiento de los métodos de fabricación y al aumento de la variedad y la calidad de los productos.

¿Sabías que...?

- El yeso se utiliza en Cirugía y en Odontología, para la inmovilización de fracturas óseas y el moldeado de prótesis dentales.
- El estuco es un tipo especial de yeso obtenido por mezcla de yeso, mármol en polvo, sulfato de potasio y cola animal. Es brillante y lavable y se utiliza para decoración de exteriores e interiores y en revoques.
- El esgrafiado es un estuco de dos capas de colores diferentes. Siguiendo los contornos de un dibujo con un palillo se hace saltar la capa superior y aparece el color de la capa del fondo.
- Existe un tipo de yeso, llamado hidráulico, que se obtiene por cocción entre 1.000 y 1.400 °C. Endurece bajo el agua, fragua al cabo de varios días y es muy resistente y duro. Se emplea en pavimentación.

Es blanco lechoso, aunque en estado natural suele presentar coloración amarillenta, verdosa, azulada, rojiza, etc., a causa de distintas impurezas. De todas las que pueden estar presentes en el producto destinado a la construcción, solo son tolerables, en cantidades pequeñas, la arcilla, la arena y el carbonato de calcio.

Por lo general, el yeso se extrae de canteras, que se explotan a cielo abierto. A continuación el material se muele y se somete a un proceso de cocción a temperatura superior a 120 °C, que le hace perder las

tres cuartas partes del agua de cristalización, transformándose en un polvo blanco que posee la propiedad de endurecerse rápidamente al ser mezclado con agua.

La cocción puede verificarse:

- Según el *procedimiento tradicional*, en hornos cuya bóveda son las piedras de yeso, utilizando leña como combustible. El material que se obtiene presenta color grisáceo, debido a que contiene cenizas procedentes de la combustión de la leña.
- En *hornos de cuba*, que se llenan por la parte superior y se vacían por la inferior. Puede emplearse cualquier combustible, obteniéndose un yeso de mejor calidad, pues los gases procedentes de la combustión no entran en contacto con él.
- En *hornos rotatorios*. Es el método más moderno y permite realizar la deshidratación de una forma homogénea.

La calidad del yeso cocido depende en gran manera de la composición y calidad de la materia prima empleada, del grado de selección utilizado, del método seguido en la cocción y de la temperatura a la que se verifique, etc. La combinación de todos estos factores da lugar a muchas clases de yeso, con propiedades muy diferentes. En España los yesos se clasifican en tres grandes categorías:

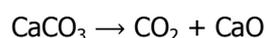
- **Yeso negro**, utilizado para el revoque y enlucido de obras no vistas. Se obtiene por el método tradicional.
- **Yeso blanco**, más puro que el anterior. Se emplea para enlucido y estucado de paredes vistas.
- **Escayola** de alta calidad. Se utiliza para molduras, acabados y decoración de interiores.

El yeso cocido se mezcla con una cantidad variable de agua para formar una pasta o mortero. Las proporciones en que se realiza la mezcla dependen de la calidad y el tipo del yeso empleado, de la temperatura del agua y del uso a que se destine. En términos generales, cuanto menor sea la proporción de agua utilizada, mayores serán la dureza conseguida y la velocidad de fraguado. El amasado se puede realizar a mano o a máquina.

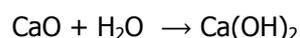
Los principales inconvenientes que presenta el yeso son su pequeña resistencia mecánica y su excesiva sensibilidad frente a la humedad. Pese a ello, sus aplicaciones en la industria de la construcción son numerosas. Se utiliza como aglomerante para la construcción de muros, pilares, paredes y tabiques, en revoques, enlucidos, estucos y esgrafiados, en pavimentos, suelos y techos, y como aislante del sonido y material ignífugo. Se emplea también para fabricar piedras artificiales o prefabricadas, como ladrillos o bloques de yeso, baldosas, machihembrados y paneles. Otra aplicación importante del yeso se dirige hacia las industrias de decoración (cornisas, frisos, plafones, florones, artesonados, etc.).

5.2. La cal aérea.

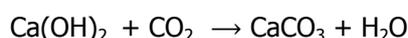
La cal, conocida generalmente como *cal viva*, es el óxido de calcio (CaO), que procede de la calcinación de rocas calizas a temperaturas del orden de 900 °C:



Este óxido de calcio, por hidratación, se convierte en hidróxido de calcio (*cal apagada*):



La cal apagada, en forma de pasta, endurece (fragua) lentamente en el aire, perdiendo primero el agua y reaccionando a continuación con el dióxido de carbono existente en la atmósfera, dando lugar a cristales de carbonato de calcio:



El endurecimiento y la eliminación del agua formada en la reacción comienzan a las veinticuatro horas después de utilizada la pasta y termina al cabo de unos seis meses. Por lo tanto, cuando se emplea como material aglomerante en la construcción las obras tardan demasiado tiempo en adquirir la solidez definitiva.

El fraguado de la cal aérea se verifica solo en el aire seco o con muy poca humedad; si está muy húmedo lo hace con mucha dificultad, y dentro del agua no se realiza. Por este motivo no se puede emplear para obras hidráulicas.

Además, durante el proceso de fraguado experimenta una contracción, lo que da lugar a la aparición de asentamientos y grietas en los edificios. Todas estas circunstancias explican la escasa utilización que en la actualidad se hace de la cal aérea.



5.3. La cal hidráulica.

Proviene de rocas calizas con cierta cantidad de arcilla. En el transcurso del proceso de calcinación de la caliza, al llegar a 900 °C se forman óxido de calcio (CaO), dióxido de silicio (SiO_2) y alúmina (Al_2O_3), que a temperaturas más elevadas reaccionan dando lugar a silicatos y aluminatos que, junto con el hidróxido de calcio, constituyen el aglomerante llamado cal hidráulica.

Las reacciones de fraguado de esta cal son bastante complejas y transcurren lentamente. Además, una vez fraguada, su resistencia mecánica es pequeña. Se emplea en el enlucido de paredes, revoques y revestimientos.

5.4. Las puzolanas.

Son sustancias silíceas que, reducidas a polvo y amasadas con cal, originan aglomerantes hidráulicos. Pueden ser naturales y artificiales.

- **Puzolanas naturales.** Son rocas existentes en la Naturaleza. Constan fundamentalmente de una masa vítrea que cementa fragmentos de escoria, pómez, pequeños cristales de augita, piroxeno, mica, etc. Para su empleo lo único que necesitan es ser sometidas a molienda.

- **Puzolanas artificiales.** Se forman calentando las arcillas y pizarras a temperaturas que oscilan entre 600 y 900 °C, enfriándolas luego rápidamente y sometiéndolas a pulverización.

¿Sabías que...?

El nombre de puzolana proviene del yacimiento de Puzzuoli, en la bahía de Nápoles (Italia).

Los griegos y romanos ya conocían las puzolanas y con ellas fabricaron aglomerantes hidráulicos que utilizaron en muchas de sus construcciones.

5.5. Los cementos

Los cementos son materiales pulverulentos que, mezclados con agua, forman una masa plástica capaz de endurecer (fraguar) en contacto con el aire adquiriendo, al cabo de un tiempo relativamente corto, una buena resistencia a la compresión.

Existen muchas variedades de cemento, de las cuales la más importante y conocida es el **cemento Portland**, obtenido a partir de una mezcla de CaO (60-67%), SiO₂ (17-25%), Al₂O₃ (3,8-8%), Fe₂O₃ (0,5-6%), MgO (0,1-5%) y SO₃ (1-3%).

Su proceso de fabricación consta de las siguientes fases:

- **Preparación del crudo.** Las materias primas se extraen de las canteras, se trituran y se muelen, mezclándose a continuación, bien sea en seco o en húmedo.
- **Calcinación.** Se lleva a cabo en un horno rotatorio que gira sobre un eje inclinado, utilizando como combustible carbón pulverizado. Se alcanzan temperaturas de 1.300-1.400 °C, y se forma una masa de granos duros, de 3 - 20 mm de diámetro, que recibe el nombre de **clínquer**. En el extremo inferior del horno el clínquer pasa a unos enfriadores y se almacena.
- **Molienda.** El clínquer se muele a continuación en molinos enfriados exteriormente con agua, para favorecer la disipación del calor liberado. Durante esta operación se agrega un 2 - 3 % de sulfato de calcio, en forma de yeso, para regular el fraguado posterior del cemento. Una vez molido, se almacena en silos y se envasa en sacos de papel kraft, o bien se transporta en cisternas.

La reacción de fraguado de este cemento tiene lugar en dos fases: la primera es rápida, con una duración de unas 24 horas; la segunda consiste en un endurecimiento lento, lo que requiere tiempos cercanos al mes.

El cemento Portland se presenta en forma de polvo de color grisáceo, de densidad comprendida entre 2,9 y 3,1 g/cm³. Aunque su resistencia a la tracción es pequeña, su resistencia a la compresión es considerable. Es atacado lentamente por el agua, los ácidos diluidos y algunas disoluciones salinas. También el agua carbonatada descompone lentamente el cemento fraguado.

A causa de su composición, es un producto de bajo precio en relación con su peso. En sus aplicaciones el cemento se usa mezclado con áridos (arena, gravilla, grava); se emplea como aglomerante en construcción, en la forma de *mortero*; como material de construcción en el *hormigón*; como *cemento prensado*, en losetas para pavimentos y piezas prefabricadas en funciones de ladrillaría, etcétera.

Otros tipos de cemento.

Otros tipos de cemento Además del cemento Portland, existen otros tipos de cemento, que se diferencian entre sí por su composición. Entre ellos se pueden citar el cemento natural, el siderúrgico, el puzolánico, el aluminoso (no se usa para fabricar hormigón armado porque ataca y corroe la armadura de acero), el compuesto...

Efectos medioambientales.

La industria del cemento da lugar a diversos problemas de contaminación medioambiental (emisión de polvo, deterioro del hábitat, influencia negativa en la agricultura...) que es preciso evitar. Una investigación responsable obliga a que el binomio industria-medio ambiente progrese simultáneamente en beneficio de todos.

5.5.1. Morteros de cemento.

Están constituidos por una mezcla de cemento, arena y agua. Los que contienen cemento Portland son de gran calidad y resistencia y endurecen rápidamente sin necesidad de contacto con la atmósfera.

5.5.2. Hormigón.

El hormigón es una mezcla en diferentes proporciones de cemento, arena, gravilla, grava y agua.

La cantidad de **cemento** por metro cúbico de hormigón determina su resistencia mecánica y su impermeabilidad, pero, en contrapartida, hace que aumente su contracción durante el proceso de fraguado, lo que se traduce en la aparición de grietas. Por este motivo, no resulta conveniente que el cemento supere un límite de 460 kg/m^3 .

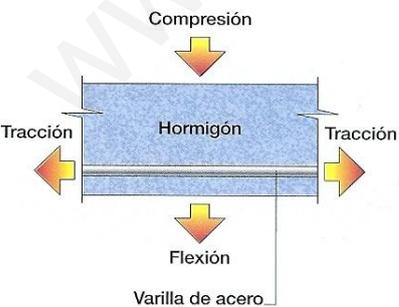
Los **áridos** (arenas, gravillas y gravas) influyen en mayor o menor grado en la resistencia del hormigón a los esfuerzos de tracción. Es necesario tener en cuenta que cuando rompe un hormigón sometido a tracción la rotura comienza en las superficies de unión entre el cemento y la grava; por lo tanto, cuanto más áspera sea ésta tanto más resistente será el hormigón. En lo que respecta al **agua**, es necesario que no posea dióxido de carbono u otras sustancias disueltas.

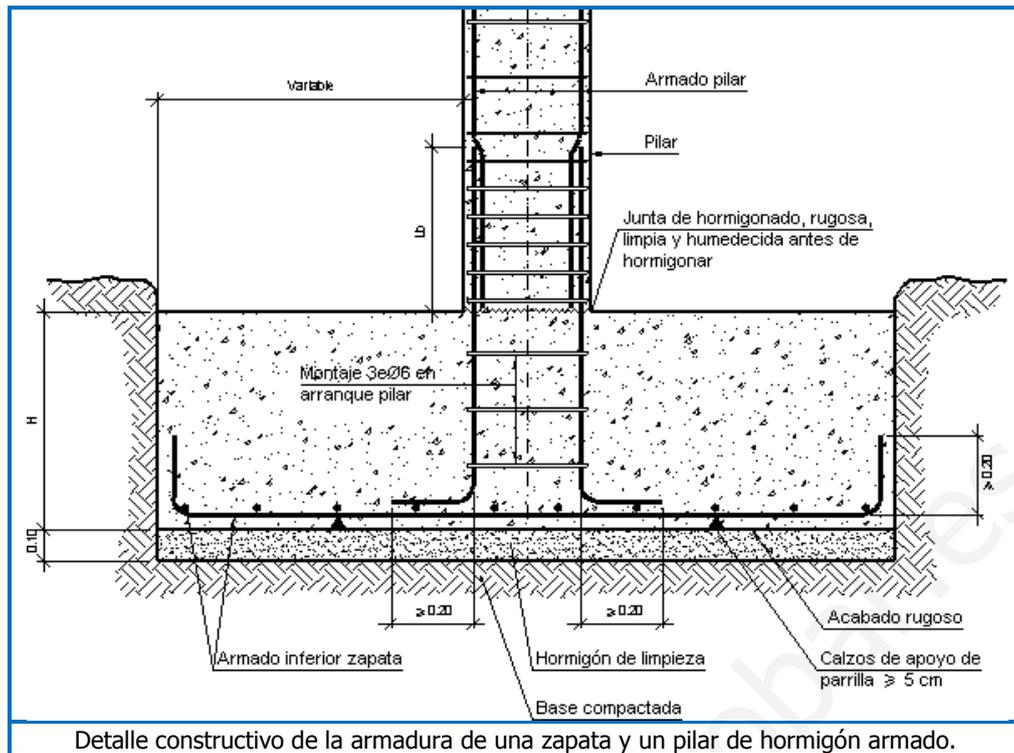
En ocasiones, al hormigón se le añaden **aditivos**, que tienen como misión mejorar o modificar algunas de sus propiedades. Como tales se pueden citar los *aceleradores de fraguado* (carbonato de sodio, cloruro de potasio, cloruro de magnesio); *aceleradores de endurecimiento* (cloruro de calcio); *aireantes*, que incorporan al hormigón gran cantidad de burbujas de aire (resinas o aceites sulfonados); *plastificantes* (cal grasa, puzolanas en polvo, cenizas volantes, bentonita), *fluidificantes*, etc.

El principal inconveniente del hormigón es que, si bien su resistencia a la compresión es elevada, apenas resiste esfuerzos de tracción. Por ese motivo, se suele emplear en estructuras destinadas a soportar únicamente cargas de compresión, tales como las presas de gravedad y los macizos de cimentación.

Con el fin de incrementar la resistencia del hormigón a los esfuerzos de tracción surgieron el hormigón armado y el pretensado.

• **Hormigón armado.** Se obtiene añadiendo al hormigón antes de fraguar un armazón de barras o varillas de acero dispuestas para que absorban los esfuerzos de tracción (para fabricar un elemento resistente de una estructura de hormigón armado, el proceso es el siguiente: encofrado, colocación de la armadura de acero y posteriormente se hormigona). La causa más importante que determina que el acero y el hormigón puedan utilizarse juntos es que sus coeficientes de dilatación son prácticamente iguales. Al endurecerse, el hormigón aprieta fuertemente las varillas de acero, quedando adherido a ellas por rozamiento. La adherencia entre el acero y el hormigón se favorece por medio de dibujos y resaltes practicados en las superficies de las varillas (barras corrugadas), las cuales se sitúan en aquellos lugares de la estructura que previsiblemente vayan a estar sometidos a esfuerzos de tracción. Así, en el caso de una viga las varillas de acero se colocarán en la parte inferior (que es la que va a estar sometida a esfuerzos de tracción), mientras que el hormigón ocupará la zona superior (esfuerzos de compresión): de esta manera, se consigue que la viga resista adecuadamente esfuerzos de flexión, resultantes de la combinación de esfuerzos de tracción y de compresión. El hormigón armado presenta frente a los demás materiales de construcción la ventaja de que puede adaptarse a las más diversas formas. Por ello, se utiliza en la mayoría de las obras, tales como zapatas, pilares, vigas, jácenas, paneles de muros, elementos de cobertura, etc. Se emplea también en obras de gran magnitud, como puentes, viaductos, calzadas de autopistas, pistas de aeropuertos, etc.

	
<p>Una viga de hormigón armado (hormigón más una armadura compuesta por varillas de acero de diámetros calculados) resiste esfuerzos de flexión, tracción, cortante, compresión y torsión.</p>	<p>La fabricación de estructuras de hormigón armado se lleva a cabo construyendo en primer lugar un encofrado de madera, en el que se introducen las varillas de acero (armadura) y a continuación el hormigón, de manera que cubra por entero la armadura metálica. Una vez que el hormigón ha fraguado, se quita el encofrado.</p>



- Hormigón pretensado.** Si el hormigón armado se somete a esfuerzos de tracción demasiado elevados, puede agrietarse, dejando al descubierto la armadura de acero en una serie de puntos, con el consiguiente peligro de oxidación. Este inconveniente se soluciona utilizando el llamado *hormigón pretensado*, obtenido tensando las varillas de acero antes de que el hormigón haya fraguado. Una vez endurecido el hormigón, el acero intenta recuperar su longitud inicial, si bien no lo consigue a causa de su adherencia con el hormigón, el cual queda así sometido a una compresión adicional. El hormigón pretensado es el más aconsejable para vigas de gran longitud; además, su duración es elevada, por la ausencia de grietas, lo que supone una buena protección del acero contra la corrosión. En las estructuras de hormigón pretensado las deformaciones son muy pequeñas, y su resistencia a la fatiga es mayor incluso que la de las estructuras de acero.



6. PRODUCTOS AGLOMERADOS.

Entre ellos, mencionaremos los siguientes:

- Piedra artificial.** Está formada por trozos de piedras naturales unidos por hormigón, y con una forma adaptada a las necesidades de cada aplicación. Resulta más fácil de moldear y es más barata que la piedra natural.
- Ladrillos de escoria.** Son ladrillos que proceden de unión por medio de cemento de la escoria producida en los altos hornos y también en los hornos eléctricos.

7. MATERIALES REFORZADOS.

Un material de este tipo es el **fibrocemento**, que consiste en cemento Portland reforzado con fibras de amianto, que constituyen como una armadura que permite al conjunto, una vez fraguado, soportar esfuerzos de tracción y, por tanto, de flexión. Es de color grisáceo, de 1,5-1,7 g/cm³ de densidad, incombustible y mal conductor del calor y de la electricidad. En forma de chapas onduladas se emplea para formar cubiertas (uralita). Las placas planas se utilizan en paredes y tabiques y, en forma de tubos y canalones, para desagües, canalizaciones y conducciones de agua.

El fibrocemento, al incluir en su fabricación fibras de amianto, no se utiliza en la construcción, dado que las fibras de amianto producen asbestosis.

El cemento también se puede reforzar con **fibra de vidrio**. El material obtenido es muy buen aislante del calor, presenta gran resistencia al fuego y es transparente a las ondas electromagnéticas, siendo muy útil para aquellas construcciones que alojan equipos de comunicaciones.

El refuerzo del hormigón con un 0,5% de **fibra de carbono** incrementa considerablemente su resistencia, y da lugar a materiales que pueden actuar como sensores, siendo posible medir automáticamente las cargas que actúan sobre el hormigón (por ejemplo, tablero de un puente o piso de un edificio).



Estadio Nacional de Pekín ("Nido de Pájaro"), sede principal de los Juegos olímpicos de 2008. Diseñado por los arquitectos suizos Jacques Herzog y Pierre de Meuron.

8. ACTIVIDADES DE SINTESIS.

1. ¿Existe en tu localidad algún edificio que haya sido construido con materiales pétreos? Busca información acerca de su antigüedad y del tipo de material utilizado.

2. Una columna de mármol tiene una altura de 3 m y una sección circular de 20 cm de diámetro. ¿Cuál es el máximo peso que puede soportar esa columna? Resultado: 471 toneladas

3. ¿Qué diferencia fundamental existe entre la loza y la porcelana?

4. Aunque la porcelana ya se conocía en China en el siglo VI a. C., en Europa no se consiguió fabricarla hasta el año 1.709. ¿A qué se puede deber este retraso? Busca información al respecto.

5. El vidrio es transparente a la luz visible, pero no a la ultravioleta. ¿Es posible ponerse moreno exponiéndose al sol a través del vidrio de una ventana? Razona tu respuesta.

6. El yeso es muy higroscópico, es decir, posee una gran avidez por el agua. ¿Qué inconvenientes plantea esta propiedad del yeso en lo que respecta a sus aplicaciones?

7. Busca información acerca de las fábricas de cemento existentes en tu Comunidad Autónoma. ¿Qué tipo o tipos de cemento producen? ¿Qué sistemas de distribución utilizan? ¿Qué efectos medioambientales acarrear?

8. En las viguetas de hormigón la armadura se coloca siempre en su parte inferior. ¿Cuál es la razón de que se sitúe en esta posición? ¿Qué sucedería si se colocase en la parte superior?

9. Queremos construir una columna de hormigón de base cuadrada, de 25 cm de lado y de 4 m de altura. El hormigón utilizado posee una resistencia a la compresión de 60 MN/m^2 y contiene, por cada m^3 , 125 kg de cemento, 510 litros de arena y 810 litros de grava. Halla:

a) La cantidad de cada componente que se necesita.

b) El peso máximo que es capaz de soportar la columna.

Resultados: a) 31,25 kg de cemento; 127,5 l de arena; 202,5 l de grava; b) $P_{\text{máx}} = 383 \text{ t}$.

10. Una columna cilíndrica de hormigón (resistencia a la compresión = 620 kg/cm^2), de 5 m de altura, debe soportar un peso de 500 toneladas. ¿Cuál ha de ser su diámetro mínimo? Resultado: $D_{\text{mín}} = 32 \text{ cm}$

11. Completa el cuadro siguiente, señalando las aplicaciones más importantes de cada uno de los materiales de construcción que se relacionan:

Material	Aplicaciones
Arcilla cocida	
Cal hidráulica	
Fibra de vidrio	
Fibrocemento	
Granito	
Gres	
Hormigón	
Hormigón armado	
Pizarra	
Vidrio colado	
Vidrio de seguridad	
Vidrio hueco	
Vidrio prensado	
Yeso	