



Universidad Politécnica de Cartagena

Arquitectura Técnica

Materiales de Construcción II

Materiales de Construcción II

Curso 2007-2008

Profesor Antonio Garrido Hernández

Introducción

Los materiales de construcción constituyen un cuerpo de conocimiento imprescindible para todo estudiante de arquitectura técnica. En la Universidad Politécnica de Cartagena se imparten en dos cursos y cubren una totalidad 16,5 créditos URL. El primer curso se ocupa de los materiales tradicionales en sus usos actuales, tales como la piedra, la cerámica, la madera, el yeso y la cal, además del cemento. En este segundo curso se ocupa del hormigón, los metales, los polímeros y los revestimientos continuos, tales como las pinturas o los morteros monocapa. Estos conocimientos influyen sobre la docencia posterior en materias tales como construcción, estructuras o mediciones y presupuestos. Además hay que considerar el enfoque finalista que supone adquirir las competencias en aplicaciones de estos conocimientos en la realización de pliegos de condiciones técnicas, planes de control o estudios de patología en la edificación.

Tanto en su enfoque tradicional (adquisición de conocimientos en abstracto), como en su enfoque moderno (adquisición de competencias), es necesario proporcionar al estudiantes varias fuentes de contenidos, procedimientos y actitudes. Por eso no hay que privilegiar a los apuntes tomados en clase o preparados con antelación por el profesor como el único y exclusivo material de trabajo, pues así se confunde al alumno haciéndole creer (en todo caso invitándolo a creer) que lo que necesita estará siempre enlatado, sintetizado y listo para el uso, como si de un programa de ordenador con sus menús desplegados se tratara. Por esas razones esta asignatura está organizada para que el alumno obtenga una visión compleja de las fuentes de información como parte de su aprendizaje y que, la construcción que él debe hacer para su preparación como profesional será resultado de su esfuerzo cognitivo o no será nada.

Pero si esto es verdad, no es menos cierto que el material que se aporte por parte del profesor debe ofrecerse, entre otras cosas por dar ejemplo, de forma ordenada y actualizada. Este texto responde a esa idea.

Está organizado del siguiente modo:

1. Un discurso breve pero significativo que dote de unidad a todo lo que sigue y ponga el valor la necesidad de que un técnico exprese de forma coherente su conocimiento.

2. Un bloque de contenidos elementales dedicados al hormigón estructurales
3. Un bloque de contenidos elementales dedicados a los metales más habituales en la construcción
4. Un bloque de contenidos elementales dedicados a los polímeros más utilizados en la construcción
5. Un bloque de contenidos elementales dedicados a los revestimientos continuos.

Pero es voluntad del redactor que constituyan una fuente más entre las que suponen una bibliografía muy seleccionada y otras fuentes como Internet.

1 El discurso

1. Generalidades

- 1.1. Legislación y normativa.- Se llama genéricamente **legislación** a las disposiciones de carácter general que se promulgan para regular las distintas actividades. En la construcción la cadena de legislación empieza en la Directiva de la Unión Europea CEE 89/106 y continua con la Ley de Ordenación de la Edificación, El Código Técnico de la Edificación y los Reglamentos específicos como, por ejemplo la EHE (Instrucción de Hormigón Estructural)
- 1.2. Reglamentos.- Los **reglamentos** son documentos oficiales que contienen requisitos **obligatorios**. Desde hace unos meses el **Código Técnico de la Edificación (CTE)** aglutina toda la normativa sobre la edificación. El CTE hereda el punto de vista de la directiva europea de «nuevo enfoque» **CEE 89/106** que establece seis requisitos esenciales relativos a la **seguridad y estabilidad estructural, protección contra incendios, seguridad en el uso, salubridad y medio ambiente, protección contra el ruido y aislamiento térmico**. En la Ley de Ordenación de la Edificación los requisitos esenciales se convierten requisitos básicos y en el CTE se completan con las **exigencias básicas** que constituyen los documentos básicos. El CTE se estructura **Parte General; Documentos Básicos y Documentos Reconocidos**.
- 1.3. Normas.- Las **normas** son documentos **voluntarios** elaborados por organismos **autorizados** para concertar la producción industrial. Cuando se trate de productos no convencionales sin norma se debe obtener el **Documento de Idoneidad Técnica** que garantice sus productos.
- 1.4. Certificación.- La **certificación** es un proceso que permite comprobar durante el proceso de fabricación y de distribución que un producto cumple los requisitos reglamentarios. Este cumplimiento se registra mediante **certificados y distintivos (marcas)**. Si el proceso de certificación es reconocido por las administraciones se trataría de **distintivos oficialmente reconocidos**. Sólo existe una marca obligatoria que se denomina **Marcado CE**. Todas las demás, reconocidas o no, son voluntarias.
- 1.5. Organismos y empresas.- La legislación la elaboran las administraciones; las normas organismos autorizados. El español es AENOR. Las entidades (laboratorios, organismos de certificación, empresas auditoras, etc.) han de estar acreditadas. El organismos que acredita en España es ENAC (Entidad Nacional de Acreditación).
- 1.6. Estadísticas.- La **estadística** es una parte de la matemática que estudia los datos que son resultado de observaciones o mediciones. La estadística **descriptiva** permite conocer la estructura de los datos cuando se conocer todos ellos. La estadística **inductiva** permite establecer la **probabilidad** de que determinados valores se den a partir de los datos de una **muestra**. También permite estimar (aproximar) valores de parámetros de la **población**. La estadística, por tanto, es imprescindible para muchas de las operaciones de control de calidad de productos y procesos. En general, cuanto mayor es el tamaño de la muestra más exacta es la estimación. En la estadística es fundamental considerar las medidas de **posición** y las medidas de dispersión. La principal medida de posición es la **media aritmética** y la principal de dispersión es la **desviación estándar**.
- 1.7. Metrología.- La **metrología** es la ciencia de la medida. Todos los procesos de medida tienen **incertidumbre**. La incertidumbre es la amplitud del intervalo dentro del cual está incluido, con una determinada probabilidad, el **valor convencionalmente verdadero**. En la metrología es fundamental la

calibración de los instrumentos mediante **patrones**. Los patrones se organizan piramidalmente desde el **patrón internacional** hasta el instrumento comercial con el que medimos. La difusión de la unidad de una magnitud desde el patrón internacional hasta los instrumentos comerciales se denomina **diseminación**. El proceso documental que acredita que un documento ha sido calibrado nivel a nivel hasta llegar al patrón internacional se denomina **trazabilidad**.

2. Hormigón

- 2.1. Historia.- El **hormigón** es una piedra artificial que tiene sus antecedentes en el «caementum» romano en base a casquijo y aglomerantes de cal o de cal y puzolana. El hormigón moderno surge tras el invento del cemento hidráulico artificial o cemento **Pórtland**. Las primeras operaciones se llevaron a cabo en el siglo XVIII. El hormigón armado se inventa por **Joseph Monier** en 1849. La primera **hormigonera** se patenta en 1895. En 1904 **Freysinnet** desarrolla el **hormigón pretensado** que encuentra en la obra civil su ámbito de aplicación más genuino. En 1989 se inventa el **hormigón autocompactante**, que es la culminación del desarrollo de los hormigones de **alta resistencia**, primero, y **altas prestaciones** después, gracias al desarrollo de los **aditivos**. En la actualidad, el hormigón de **áridos reciclados** y la admisión de residuos industriales como las **cenizas volantes** constituyen el tributo del hormigón a la conciencia actual de respeto medioambiental.
- 2.2. Tipos.- Hay varios criterios para la clasificación de los hormigones. Si el criterio es cuando se tensan la armaduras, tenemos **hormigón armado** (tensión **después** de la puesta en servicio) y **pretensado** (tensión **antes** de la puesta en servicio). Dentro del hormigón pretensado distinguimos el de armaduras pretensas cuando éstas entran en tensión **antes** del hormigonado (pretensado adherente) y de armaduras postesas cuando éstas entran en tensión **después** del hormigonado. Si el criterio es la densidad, tenemos hormigones **ligeros, normales y pesados**. Las distintas densidad se obtiene por los distintos tipos de áridos (arcillas expandidas, calizas o dolomía y áridos metálicos respectivamente). Con los ligeros se busca le menor peso de las estructuras, con los pesados se busca la protección frente a radiaciones. Si el criterio es dónde se fabrica tenemos el **hormigón de obra** y el **hormigón preparado**. Si el criterio es el nivel de las instalaciones tenemos **hormigón de central** (instalaciones que cumplen los requisitos de la EHE) y otros tipos (otro tipo de instalaciones)
- 2.3. Propiedades.- El hormigón es un producto que esta acabado cuando se le deja endurecer adquiriendo la condición de **hormigón endurecido**. Antes pasa por una etapa en estado plástico en que se denomina **hormigón fresco** en la que han empezado las reacciones químicas y los fenómenos físicos que siguen siendo significativos hasta, al menos, los 90 días. En estado fresco el hormigón puede ser manejado y moldeado sin merma de sus propiedades finales. Al tiempo de manejo del hormigón se le llama **tiempo abierto**. En este periodo debe tener las propiedades que hacen posible alcanzar la forma prevista. Las propiedades principales son la **consistencia** (que permite su manejo) y la **homogeneidad** (que garantiza las propiedades en la fase de endurecimiento). En la fase de hormigón endurecido las propiedades fundamentales son la **resistencia** (que le permite cumplir sus funciones estructurales) y la **durabilidad** (que le permite prolongar su función durante la vida útil de las estructura).
- 2.4. Materias Primas.- Hasta los años 50 el hormigón se componía básicamente de cemento, áridos y agua, pero la necesidad de mejorar sus propiedades en estado fresco y endurecido favoreció el desarrollo de especialidades químicas (aditivos) que permitieron mejorar todas sus propiedades con menos consumo

de cemento. De momento, el último componente en llegar han sido las **adiciones**. Su incorporación al hormigón fue provocada por razones exógenas. En efecto, la acumulación de residuos industriales con propiedades hidráulicas encontró en el hormigón un recipiente adecuado. Es el caso de las **cenizas volantes** y el **humo de sílice**. Este último se ha revelado como fundamental para la fabricación de hormigones de altas prestaciones por su contribución a la resistencia. Los áridos en general son calizos o dolomíticos, salvo en algunas regiones de España como Galicia. El fuerte impacto de su extracción ha convertido en una necesidad su reciclado para el uso en hormigones con destinos especiales.

- 2.5. Formas comerciales.- El empleo de aditivos ha permitido que se hable de hormigones en plural en función de las necesidades. Hay incluso hormigones bajo patente que incluyen fórmulas que las empresas protegen. En la edificación convencional el hormigón se designa con todas sus propiedades, tales como la **tipo de armado, resistencia, consistencia, tamaño máximo del árido y tipo de exposición a que va a estar sometida**. Estos requisitos permiten que el fabricante elabore la dosificación que las va a hacer posible.
- 2.6. Durabilidad.- La resistencia se ha convertido en la última década en una propiedad tan importante como la resistencia. La instrucción del hormigón propone para conseguirla una clasificación de condiciones **generales** y **específicas**. Las primeras son aquellas en las que se puede producir la corrosión de las armaduras. Las segundas son las que pueden producir el deterioro del hormigón (tenga o no armaduras). Los tipos de exposición general tienen que ver con la **humedad**, el **ión cloro**, tanto procedentes del mar como de determinados ambientes industriales. Los tipos de exposición específica tienen que ver con las características químicas o la presencia de sustancias agresivas en el agua o el suelo en contacto con el hormigón. Ejemplos son los **sulfatos**, la **acidez**, el **desgaste**, la acción del **hielo**.
- 2.7. Ensayos.- El hormigón es uno de los materiales a los que más atención se ha prestado para su control, dado su importancia para la seguridad de las estructuras. Esta necesidad ha permitido el desarrollo de numerosas y costosas técnicas de ensayo. Los principales ensayos de carácter mecánico son los de la resistencia mediante **probetas cilíndricas** y los de durabilidad mediante la determinación de su **permeabilidad al agua**. Todos los ensayos se realizan siguiendo las pautas de las normas de ensayos correspondientes, que, en general, son normas UNE (Una Norma Española) o EN (Norma Europea).
- 2.8. Control.- El control más habitual del hormigón es el **estadístico**. En este tipo de hormigón se trabaja con **muestras** relativamente pequeñas que una vez ensayadas proporcionan valores que permiten utilizar los **criterios de aceptación**. Dado el carácter estadístico de este método de control se da la incertidumbre de que se puedan aceptar lotes de hormigón **no conformes**. Con este fin se limita el **riesgo del consumidor**, entendido como la probabilidad de aceptar lotes no conformes. En caso de que un lote sea rechazado es necesario llevar a cabo ensayos **de información**, cuyo objetivo es comprobar si el rechazo es debido a la no conformidad del hormigón o a la realización del llamado **riesgo del suministrador**, que consiste en la probabilidad de que un hormigón conforme sea rechazado.
- 2.9. Documentos.- El principal reglamento del hormigón es la **Instrucción de Hormigón Estructural, EHE** (que significa España Hormigón Estructural). Este reglamento está integrado en el **Código Técnico de la Edificación** y hace continuas referencias a las normas UNE o EN de producto o de ensayo.

3. Metales

- 3.1. Tipos.- Metales hay tantos como elementos metálicos hay en la naturaleza.. En construcción los principales metales empleados son el **hierro, aluminio y el cobre** más todas sus aleaciones. Destacan las de hierro con **carbono** para dar los aceros y las fundiciones y con el cromo, níquel, vanadio y otros para dar acero inoxidable. También hay que destacar el acero tratado al ácido para conseguir una corrosión superficial protectora: el acero **cortén**; las aleaciones del cobre con el **estaño** para dar **bronce** y con el **zinc** para dar **latón**; las aleaciones del aluminio con el cromo y el magnesio para dar el **duraluminio**.
- 3.2. Características.- Sus principales características son **la resistencia mecánica, la ductilidad, maleabilidad, dureza y conductibilidad eléctrica**. Estas propiedades unidas al carácter de inoxidable y soldable de alguna de sus aleaciones le convierten en el material más utilizado en elementos estructurales, solo o reforzando al hormigón.
- 3.3. Materias Primas.- La mayoría de los metales proceden del tratamiento de los minerales extraídos de la naturaleza. Otra cuestión es la de sus aleaciones que requieren sofisticados procedimientos industriales. En el caso del acero, su chatarra también se ha convertido en una materia prima para la producción de acero en **horno eléctrico**.
- 3.4. Fabricación.- El acero, en especial, es obtenido en un proceso que pasa por la carburación del hierro en el alto horno llamado **arrabio** para pasar después a una fase de **afino** en la que se regula el contenido de carbono hasta obtener la aleación deseada en forma de acero o de fundición. En el caso del acero soldable la aleación no ha de pasar del 0,22 % de carbono. Dada la gran producción mundial de acero, se ha producido tal cantidad de chatarra que fue necesario diseñar procedimientos que permitieran su reciclado. El procedimiento es la utilización del **horno eléctrico** en el que se funde la chatarra y se corrige su dosificación hasta conseguir las características deseadas en las **palanquillas**, que es el producto intermedio que es utilizado por los trenes de laminación para dar al acero la forma deseada.
- 3.5. Formas comerciales.- En el ámbito estructural, el acero se utiliza tras su paso por las laminadoras como **barras, alambres, tubos y perfiles**. En especial las barras de acero más utilizadas son las de **dureza natural** resultado de manipulara la palanquilla procedente de los hornos eléctricos. También se utilice alambre **estirado en frío** para la fabricación de **mallas electrosoldadas** y **celosía** para su empleo en losa de hormigón y viguetas prefabricadas.
- 3.6. Durabilidad.- La durabilidad de los metales está en riesgo siempre que en su superficie se formen **pilas electrolíticas**. Estos mecanismos constan de dos polos y un **electrolito**. En uno de los polos, llamado **ánodo**, se produce la reacción de oxidación (los átomos del metal ceden electrones y pasan al electrolito en forma de átomos cargados positivamente o **cationes**) y en el otro, llamado **cátodo**, se produce la reacción de reducción (los iones positivos toman un electrón y se convierten en metal). Este fenómeno produce la corrosión de los metales en forma de emigración del metal de un polo a otros viajando en forma iónica por el líquido que hace electrolito. Este fenómeno se puede utilizar industrialmente para provocar el revestimiento de metales potencialmente corrosibles por otros más nobles como el zinc (**galvanizado**).
- 3.7. Ensayos.- En especial el acero utilizado en estructuras es profusamente ensayados para comprobar sus características. En general se comprueba que alcanza los valores nominales de **límite elástico, carga de rotura, alargamiento unitario máximo y alargamiento sobre cinco diámetros** (si se trata de barras). En el caso del acero estirado en frío el límite elástico se determina gráficamente como aquella tensión que produce una deformación

unitaria permanente de 0,2 %. Además es de interés determinar la **energía elástica y plástica de deformación**.

- 3.8. Control.- En especial, el control de las barras de acero para armado del hormigón se realiza en dos niveles: **reducido** y **normal**. El primero no puede utilizarse para acero no certificados y obliga a la reducción del **límite elástico de cálculo** en un 25 %. Sólo es necesario calcular la **sección equivalente** y comprobar que no se producen fisuras tras el doblado de las barras. En el caso del nivel normal es necesario conocer los resultados de los ensayos antes del hormigonado si el acero no está certificado. Hay que realizar ensayos de sección equivalente, **geometría de corrugas** y **mecánicos**.
- 3.9. Documentos.- En relación con el acero es importante tener en cuenta que es obligatorio que posea el **Marcado CE** y el **certificado de adherencia**. El primero garantiza que cumple le requisito esencia de seguridad estructural y, el segundo que su diseño de corrugas permite garantizar la adherencia con el hormigón.

4. Polímeros

- 4.1. Historia.- Los polímeros han existido siempre en forma de tejidos y secreciones naturales como el caucho. Pero solamente a partir del siglo XIX se adquiere la certeza de las ventajas de producirlos artificialmente. El tránsito lo proporciona la celulosa de un preparado sanitario denominado **colodión**. El primer polímero artificial **útil** es la **baquelita**. Una vez identificado el filón y resueltas las dificultades para la **polimerización** mediante el descubrimiento de los **catalizadores** se desarrollan los principales polímeros a lo largo del siglo XX. Destacando, el **poliéster**, el **politetrafluoretileno**, el **poliestireno**, el **policarbonato**, el **polipropileno** y el **PVC** entre otros. También son destacables los desarrollos en el terreno de los **elastómeros** sintéticos después del éxito de Goodyear al encontrar el procedimiento de **vulcanizado** del cauchos mediante azufre.
- 4.2. Tipos.- Utilizando el criterio de su estabilidad, los polímeros se clasifican en **termoplásticos** y **termoendurecibles**. Los primeros tienen la propiedad de ser moldeables siempre que se les caliente. Los segundos, por el contrario no aceptan nada más que un moldeo. Por eso los termoplásticos tienen múltiples usos debido a sus facilidades para la inyección en moldes a partir de la **granza** original. Desde otro punto de vista, los polímeros se pueden clasificar en **resinas**, **elastómeros** y **fibras**. Prácticamente todos los polímeros se constituyen en resinas que sirven de matrices para elementos compuestos con fibras o para la fabricación de adhesivos y pinturas. Aunque no son propiamente materiales orgánicos las **siliconas** (carentes de enlaces carbono) constituyen una resina y adhesivo de uso polivalente. También los grupos **epoxi** proporcionan excelentes pinturas y adhesivos para la construcción. **Las fibras de vidrio, carbono, aramidas** y la **lana de roca** se presentan en los catálogos de los materiales modernos muy cerca de los polímeros o unidos con ellos en la composición de elementos compuestos para sumar o multiplicar sus propiedades respectivas.
- 4.3. Características.- Los polímeros en general son materiales de baja densidad, resistencia a muchas sustancias agresivas, como los ácidos (en el caso del **teflón**), aislantes térmicos, capacidad de adhesión, impermeabilidad y versatilidad decorativa. Por ello son muy apreciados en la construcción dónde han encontrado un espacio propio en estructuras relacionadas con radiaciones electromagnéticas (perfiles **poltrusionados**), carpintería, fachadas, revestimientos, etc.
- 4.4. Materias primas.- Los polímeros se componen de moléculas (**meros**) tales como el **fenol**, **cresol** y el **benceno** procedente del alquitrán de hulla; el

metanol, el **formaldehído**, y la **urea** del nitrógeno sintético; el **acetileno** para los **vinilos** procedente del carburo de silicio, etc.

- 4.5. Fabricación.- El proceso de polimerización consiste en la producción de largas cadenas de las moléculas originales mediante **condensación** o **adición**.
- 4.6. Formas comerciales.- Los polímeros se presentan en, prácticamente, todas las formas necesarias para la industria. Tableros, tubos, espumas, gomas, fibras, adhesivos, resinas, pinturas, etc.

5. Revestimientos

- 5.1. Tipos.- En general los revestimientos continuos se basan los aglutinantes y los disolventes que los vehicular hacia el soporte para, después, evaporarse dejando la película pigmentada o no sobre aquél. Además llevan aditivos que aportan propiedades especiales tales como: viscosidad, color, tixotropía, retención de agua, fluidez, control de la retracción, mayor tiempo abierto, etc. Hay dos tipos fundamentales, las **pinturas** y los **revestimientos pétreos**. Las pinturas pueden ser al agua o al aceite. Las pinturas al aceite sin pigmentos se denominan **barnices** y, cuando llevan determinados componentes metálicos que le proporcionan color y superficie brillante se denominan **esmaltes**. Se denominan **lacas** a pinturas en base a resinas de nitrocelulosa, que le proporciona una superficie brillante directamente o mediante pulido. Se denominan pinturas plásticas a aquellas que llevan en disolución determinadas resinas que proporcionan una superficie resistente y brillante, una vez evaporado el **líquido**. Las pinturas denominadas **metálicas** son pinturas al aluminio, que flota en la superficie de la pintura. Los revestimientos pétreos utilizan como aglutinante el cemento. El principal revestimiento pétreo moderno es el **mortero monocapa**. Es resultado de la mezcla íntima de cemento, áridos seleccionados y aditivos, en una primera fase, para, posteriormente añadirle agua antes de su colocación en el soporte.
- 5.2. Características.- En las pinturas se busca cubrir superficies para obtener soluciones decorativas o protección.
- 5.3. Formas comerciales.- Hay pinturas al **temple**, a la **cal**, al **cemento**, al **clorocaucho**, al **silicato**, **epoxi**, de **silicona**, **bituminosas**, al **aluminio** y **martelés**. Esta última es una pintura al aluminio con aspecto de metal tratado con un pequeño martillo. Además barnices, esmaltes y lacas (al duco).