



La construcción de las Catedrales

OBJETO

Desde hace aproximadamente unos mil años, en lo que hoy llamamos Mundo Occidental, los hombres nos hemos quedado sorprendidos ante unos edificios impresionantes, para la época en que fueron construidos, de una altura enorme, comparados con las edificaciones que los rodean, magníficamente decorados, tanto por fuera como por dentro, y llenos de una simbología, en muchos casos difícil de entender.

Estos edificios se llaman catedrales y son centros de culto de la cristiandad.

El objeto de este trabajo es intentar entender como fue posible construirlas, los materiales empleados, los distintos oficios necesarios, las herramientas, el personal de construcción, las grúas, la traza de todo el proyecto, la orientación, la financiación, los planos, las medidas, los cálculos, la acústica y todo lo necesario para llevar a buen fin toda la construcción, evitando derrumbamientos.

Dado el bajo nivel cultural de los trabajadores, la escasez de planos que nadie entendía y el secretismo de ciertos gremios de trabajadores, pocos son los documentos que nos han llegado sobre como consiguieron hacer tantas catedrales y en tampoco tiempo, manteniéndose hoy día, la mayoría de ellas, en perfecto estado de funcionamiento.



Para poder llegar a conclusiones validas, he consultado numerosa bibliografía de las propias catedrales y he consultado con profesionales de la arquitectura y del calculo de estructuras de grandes edificios, así como de la documentación del Instituto del Patrimonio Cultural de España.

EL ENTORNO SOCIAL EN LA EDAD MEDIA

En el siglo X, el obispo Adalberón de Laón definió así la sociedad medieval:

«En este mundo unos oran, otros combaten y otros trabajan».

Un siglo después, otro obispo, Gerardo de Cambrai, reforzó esta idea situando tal división en el principio de los tiempos:

«desde sus orígenes, el género humano estaba dividido en tres clases, oradores, labradores y guerreros».

El infante don Juan Manuel (1282-1349), en su Libro del caballero y del escudero, ofrece la siguiente explicación:



«los estados del mundo son tres: oradores, defensores, labradores. Cada uno de estos son muy bueno, pero tengo que el mas alto estado es el clérigo misacantano, porque en este puso Dios tamaño poder, que por virtud de las palabras que él dice, torna la hostia en verdadero cuerpo de Jesucristo. El mayor y más honrado estado que es entre los legos, es la caballería, los caballeros son para defender y defienden a los otros, y los otros deben pechar y mantener a ellos».

Los temores del año mil hacen nacer un nuevo espíritu religioso. Los monjes salen a predicar una nueva conversión y a incitar al arrepentimiento. Los monasterios reciben importantes donaciones de los caballeros preocupados por alcanzar la gracia divina; las abadías deben albergar a los fieles y dan cobijo a los peregrinos. El clero explotó hábilmente el temor del año mil, pero superado este hito, no se debilitó el fervor religioso, pues se esperaba la venida del Mesías.

La influencia de la Iglesia Católica, en la sociedad medieval, es enorme. A pesar de las penurias económicas que pasa el pueblo, a los fieles, no les importa dar limosnas para conseguir la salvación de sus almas.

Se construyen capillas, iglesias y abadías. Los benedictinos son cada vez más activos; los cistercienses determinan el carácter del arte monumental con su austeridad. Los edificios templarios son principalmente iglesias parroquiales, pues esta comunidad, extraordinariamente dispersa, no siempre tiene un capellán que se ocupe del culto conventual. Todas estas órdenes emplean constructores laicos que conviven con los hermanos legos.

La educación escolar es la única formación de la juventud que se conoce con algún detalle. Sus objetivos se reducían a enseñar a leer y a escribir, al principio sólo en latín, como correspondía a los muchachos destinados a la vida religiosa.

La Edad Media es una época de grandes turbulencias, pero resplandece por su sinceridad y por su alegría. Las mentes intrépidas emprenden una revolución en favor de los derechos de la inteligencia y se liberan de las doctrinas establecidas, reclamando para el individuo el derecho de juzgar y de criticar. Es un mundo nuevo, en el que cada uno da y recibe.

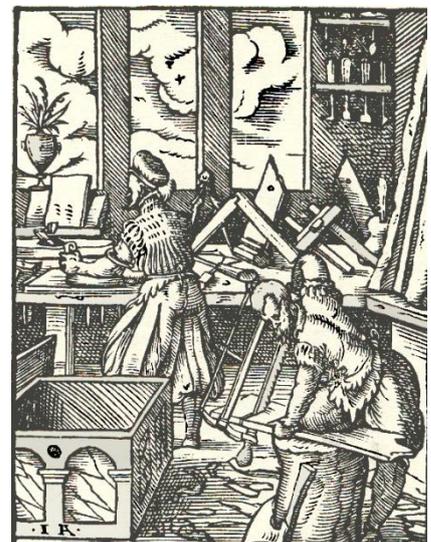
El hombre del siglo XII es libre, de una franqueza notoria; es capaz de rebelarse contra el poder establecido, ya sea monárquico o eclesiástico.

Este período, lleno de fuerza y agitada vitalidad, se siente atraído por todo lo que supone cambio y búsqueda.

En estos años asistimos a una verdadera revolución, a una transformación completa de la sociedad, ocasionada por el despertar de la ciencia que nos llevará a la tecnología.

En el siglo XII, cuando se pierde la mano de obra barata, pues desaparece la figura del siervo, se buscan formas de sustituirla, como la fuerza hidráulica. Los ciudadanos se constituyen en sociedades para construir molinos de agua. La energía hidráulica sirve para crear una incipiente industria: talleres, tenerías, fraguas; pero también la agricultura se beneficia de ella.

Los molinos de viento aumentan en el norte de Francia, y se extienden desde Bretaña hasta Holanda y Dinamarca; la





España musulmana los emplea ya desde el siglo X. Con ellos se puede moler el trigo, se puede extraer agua y regar.

Las vías de comunicación abiertas por los celtas, que luego habían sido empleadas y mejoradas para el paso de las caravanas romanas, se restauran para el paso de nuevos pesados transportes.

A partir del siglo XI, se reemplazan los puentes de madera por otros de piedra.

Los grandes señores, conservan estas calzadas y hacen pagar impuestos a los usuarios.

En el mar se practica el cabotaje, pero enseguida se amplían las rutas marítimas: aumenta el tamaño de las embarcaciones y mejora el arte de la navegación. El timón sustituye a la pértiga lateral; el uso de la brújula de aguja flotante se difunde y es más fácil llegar a un sitio concreto.

Buen número de invenciones y descubrimientos modificaron la vida de nuestros antepasados y mejoraron sus condiciones de vida.

El empleo del carbón para calentar las habitaciones, de las velas para iluminarse y del tenedor para comer, fueron algunas de estas innovaciones.

Un monje esculpido en el pórtico de la catedral de Meaux lleva anteojos.

En la antigua Galia ya se fabricaba cristal, pero entonces aún era un lujo; en la Edad Media, sin embargo, se va haciendo cada vez más frecuente: las ventanas con cristales ofrecen mayor comodidad y los cristales ópticos, de vidrio plano, han mejorado muchísimo. Las vidrieras son cada vez más empleadas en la construcción.

También se fabrica papel.

Todas estas técnicas influyen en la vida cotidiana.

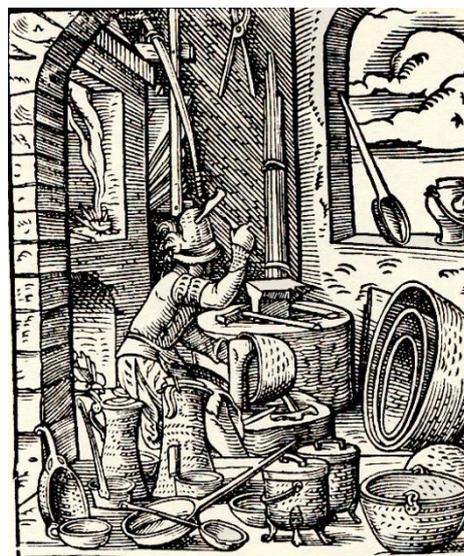
Durante este feliz período, gracias a la mejora de la producción agrícola y al desarrollo de los intercambios, se produce un rápido crecimiento de la población.

Crece la importancia de las concentraciones urbanas en relación a las poblaciones agrícolas.

Los chismes y cuentos están en boca de todos. Con frecuencia se critican los actos de los demás, se habla de brujería y de infanticidios.

Muchas casas tienen nichos excavados en la pared o en el ángulo de la construcción para albergar la estatua de una virgen o de un santo.

En otro tiempo, las fachadas de las casas se pintaban de colores brillantes; apenas nos han quedado ejemplos de ellas, pero lo cierto es que esta decoración permitía reconocer las casas.



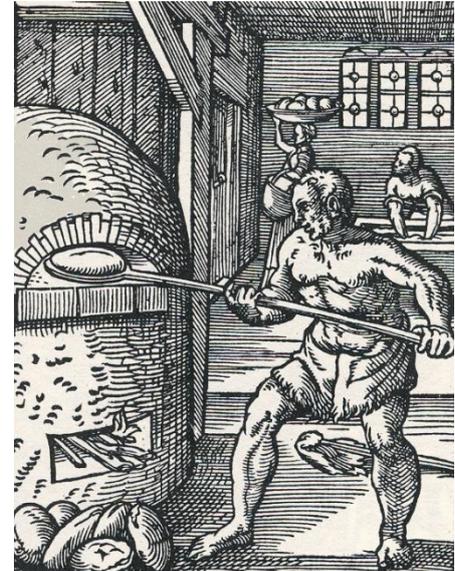


En el Libro de los oficios de Étienne Boileau, se especifica que los trabajos sólo pueden realizarse «a la vista del pueblo», de forma que sea posible controlar la calidad de la obra.

En aquella época, el artesano no podía instalarse en otro barrio que no fuera el de su profesión. Algunos oficios (como los curtidores y los carniceros) eran relegados a barrios periféricos a causa de las molestias que ocasionan sus actividades, especialmente apestosas.

En la Edad Media, a pesar de la suciedad de las calles, la higiene del cuerpo adquiere mucha importancia. Aparecen los baños individuales.

Hombres y mujeres se bañan juntos, del mismo modo que la pila bautismal, recibe indistintamente a hombres y mujeres aun cuando se bautizaban siendo ya mayores.



En los años de 1431 a 1463 se contaban cuatro mil tabernas en París. Es evidente que las tabernas fueron el origen de numerosos delitos; debido a la atmósfera de excitación creada por la bebida. Las trifulcas acababan a menudo con sangre. Ladrones, timadores y truhanes se daban cita en estos establecimientos y empleaban un lenguaje secreto que continuamente se enriquecía y se transformaba: el argot. Las calles estrechas y oscuras eran propicias para los atentados, el clima de inseguridad era permanente.



Tampoco faltan las «calles calientes», donde las mujeres «alegres» llevan una vida pública de libertinaje y ofrecen sus servicios en un verdadero espectáculo. Las prostitutas también tienen su barrio, a fin de vigilarlas mejor, en bien de la salud pública y de la moral. Para distinguir las, se las obliga a llevar «signos de infamia», una cinta de color en la manga derecha y un gorro terminado en punta y no se les permite llevar pieles de armiño. La prostituta está al margen de la sociedad, debido principalmente a que, obtiene su sustento demasiado fácilmente.

En medio de las calles, en las escasas plazas, aparecen abandonados los objetos más dispares, desperdicios de todo tipo. La recogida sistemática de estas inmundicias en días determinados no se realizará hasta más adelante; por primera vez se inició en Dijon hacia el 1455. La calle es un vertedero en el que los animales (cerdos, gallinas...)

hallan su sustento.

En la calle se juega a los bolos, al chito o al «juego de pelota». En algunos momentos, se celebran incluso carreras de caballos, lo cual no debe sorprendernos, ya que actualmente todavía podemos asistir, en muchas ciudades españolas, italianas y francesas, a encierros de toros en calles estrechas, seguidos por jóvenes vociferantes.

La calle es, el lugar de las grandes fiestas. Alboradas y cencerradas se suceden en esta vida bulliciosa, colorista y sucia. La Edad Media está llena de contrastes.



Las fiestas tienen lugar en las calles, en los mismos porches de las iglesias y, si los pórticos no dan cabida a todos, los puestos y tenderetes se emplazan en los lugares más insólitos.

Las fiestas son, concurridas y variadas: cultos populares conmemoran los ciclos litúrgicos y las fiestas agrarias.

Las fiestas incluyen grandiosas procesiones y suntuosos desfiles. Todos los habitantes se reúnen para participar en la fiesta, haciendo de ella un jubiloso acto común; el espectáculo es gratuito y, a altas horas de la noche, aún se bailarían, con antorchas en la mano, danzas endiabladas y a veces libertinas.

El carnaval es la época de mayor libertad popular. En estas fiestas, todo está permitido: se ridiculiza a los eclesiásticos, a los magistrados, a los grandes burgueses, se nombran reyes efímeros... pero, después, todo vuelve al orden.

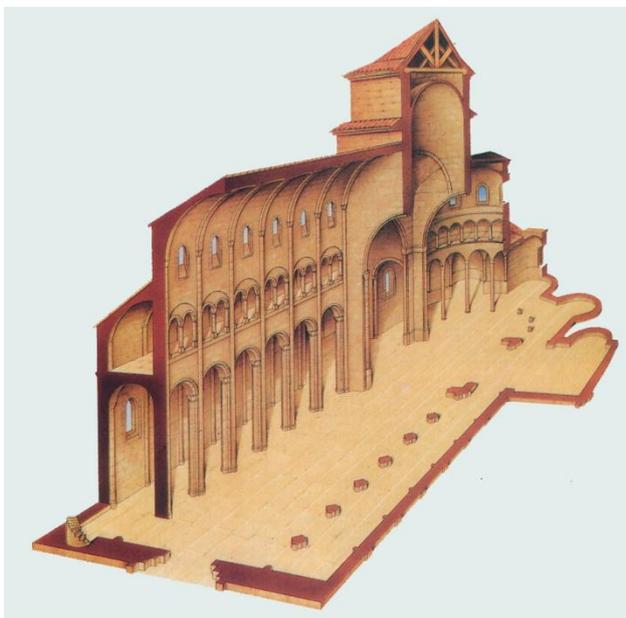
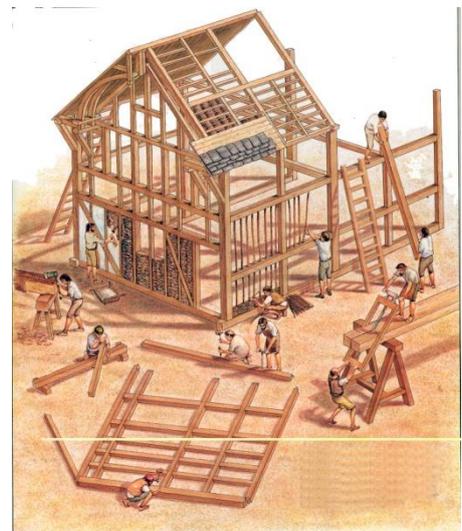
Con la procesión del martes de carnaval se inicia el período de austeridad. El Domingo de Ramos anuncia la Pasión, el Jueves Santo, el Viernes de Dolores, la Pascua y, por último, la Resurrección.

El obrero, en la Edad Media, no trabaja más de cuatro días a la semana, dentro de unos límites muy razonables.

Las guerras fueron devastadoras entre el 1330 y el 1450; las armas eran cada vez más destructivas y era común la estrategia de la «tierra quemada», que no dejaba más que cenizas y desolación tras el paso de los soldados.

Los impuestos aumentaron para compensar los gastos militares y la inflación se disparó.

En términos generales, la economía medieval era tan floreciente que permitió la construcción de las catedrales. La economía estaba subordinada a consideraciones religiosas, morales y sociales y no había lugar para la especulación. El cristiano se muestra muy generoso en las colectas; de este modo, los dones que recibirá por haber edificado una iglesia, serán también generosos.



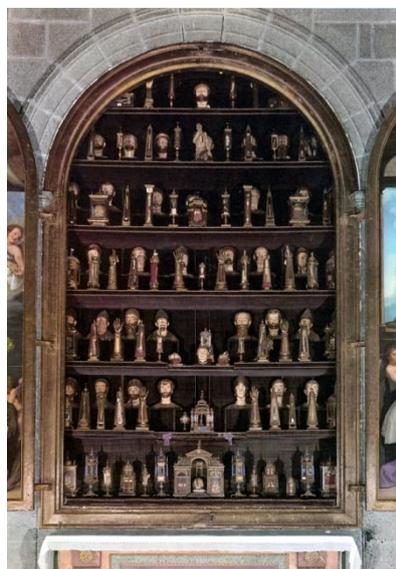
La Edad Media se caracterizó por el culto a las reliquias; cualquier iglesia poseía algún fragmento del cuerpo de un santo, un trozo de tela o cualquier otro objeto, todos ellos supuestamente milagrosos. Era una forma de atraer a los peregrinos, que eran una buena fuente de ingresos.

El peregrino que acudía a Santiago de Compostela, el «jacobeo», llevaba un sombrero redondo de alas amplias adornado con la célebre concha para honrar a Santiago el Mayor, discípulo de Jesús, cuyo cuerpo fue llevado a España después de su martirio.



En esos lugares se reconfortaba a los peregrinos, a los enfermos y a los indigentes; se les curaba y se rezaba por los muertos. Los «jacobeos» eran grandes creyentes, aunque también se mezclaban con ellos algunos vagabundos.

Gracias a la generosa hospitalidad de los monasterios, el peregrino encuentra comida y alojamiento sin demasiados problemas. Raymond Oursel nos informa de que en 1523, el hospital de Aubrac proporcionaba alimento diariamente a 1.200 o 1.500 personas. Estas pesadas cargas financieras eran, sin embargo, compensadas por las ofrendas de los peregrinos.



Las reliquias veneradas se guardan y protegen con celo, pues no son raros los robos. Tampoco se duda en falsificarlas, redactando un documento que acredita la autenticidad de un fragmento de hueso sustraído de un cementerio próximo.

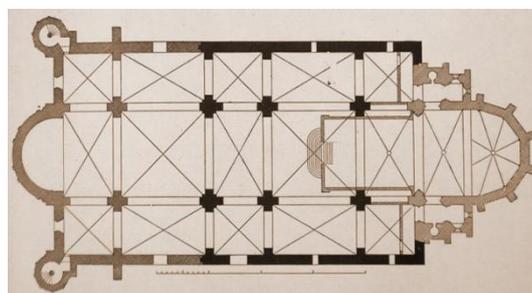
En todo este ambiente, surgen las catedrales entre el Siglo XI y XIII

LA CATEDRAL

Es la iglesia principal de una diócesis, sede ritual del obispo que ocupa su cátedra y por tanto principal espacio del culto cristiano. Como edificio de carácter simbólico ha desempeñado el papel

más relevante entre las arquitecturas urbanas, especialmente en las sociedades influidas por la Iglesia.

No implica ninguna arquitectura en particular; es la primera iglesia de la diócesis y alberga todos los ritos litúrgicos. En otras palabras, las catedrales son los templos cristianos en los que tienen su sede las diócesis en las que la Iglesia divide un determinado territorio.



En España, la Iglesia divide el territorio en provincias eclesiásticas, y éstas a su vez en diócesis. En cada provincia existe una diócesis predominante, que recibe el nombre de archidiócesis. Cada diócesis o archidiócesis está llevada por un obispo o arzobispo respectivamente.

En las diócesis donde la sede episcopal está repartida entre dos ciudades, sólo uno de los templos se denomina catedral, recibiendo el otro el título de concatedral. A su vez, otras iglesias de gran tamaño o valor artístico, pero sin sede diocesana, suelen ser llamadas popularmente catedrales, como es el caso de la Sagrada Familia de Barcelona, por ejemplo. Otras, siendo catedrales, son más conocidas por otros nombres, como la Mezquita de Córdoba o la Iglesia Magistral de los Santos Niños Justo y Pastor de Alcalá de Henares.

La abadía de Saint-Denis no fue catedral hasta 1966, pero su influencia sobre las demás catedrales es fundamental. Por el contrario, algunas catedrales antiguas dejaron con el tiempo de ser sede episcopal, como es el caso de las de Apt, Dol, Lavaur o Rieux. Algunos centros de peregrinación de gran prestigio, como Charroux, hoy en día no son más que ruinas.



La catedral, esta gobernada por el Cabildo Catedralicio, que está compuesto por unos 15 a 30 Canónigos, según la época y el tamaño de la diócesis, nombrados por el obispo, oído el Cabildo.

Corresponde al obispo asignar los oficios a los Canónigos que tengan la suficiente preparación y competencia para el ejercicio de los mismos.

Corresponde también al obispo conferir las Dignidades de Arcipreste, Arcediano, Chantre, Maestrescuela, Tesorero y Capellán Mayor.

Al confirmar la elección del Presidente del Cabildo, el obispo conferirá la Dignidad de Deán al Canónigo que haya sido elegido y confirmado, quien la ostentará durante el tiempo de su mandato como Presidente.

La estructura de un Cabildo eclesiástico puede variar, pero en esencia y tradicionalmente se compone de este modo:

Deán (presidente), quien preside el cabildo y se encarga del oficio divino.

Arcediano, quien examina a los clérigos para ordenarse.

Chantre, quien canta y enseña a cantar en el coro

Maestrescuela , quien enseña gramática latina

Tesorero, quien administra la economía de la catedral.

Penitenciario, que tiene el oficio que le asigna el Código de Derecho Canónico

Doctoral, que es el asesor jurídico del Cabildo.

Lectoral, que es el asesor del Cabildo en Sagradas Escrituras.

Magistral, que es el asesor teológico del Cabildo.

Prefecto de Liturgia, que es el coordinador último de las celebraciones litúrgicas del Cabildo, así como asesor del Cabildo

Maestro de Ceremonias, que se encarga de la coordinación de las celebraciones litúrgicas del Cabildo.

Maestro de Capilla, que es el responsable de las actuaciones polifónicas en los actos corales así como asesor del Cabildo en materia de canto litúrgico.

Organista, que es el responsable de la música, de los órganos y armonios de la Catedral y del uso de los mismos.

Las tareas que realiza el Cabildo Catedralicio suelen ser:





1. La celebración diaria del Oficio coral;
2. La atención pastoral de la Catedral;
3. La custodia y promoción de las Bibliotecas Capitular, los Archivos y del patrimonio artístico e histórico de la Catedral;
4. La organización y promoción de actividades culturales.
5. La administración de los bienes temporales de la Catedral y de las Fundaciones pías no autónomas que le están confiadas.

En la Edad Media, el espacio de la catedral se divide en dos partes: la nave principal y las naves laterales que pertenecen al cabildo y son confiadas a la ciudad, que hace de ellas su casa consistorial; el altar, propiedad del obispo, está reservado al culto como lugar sagrado. Más tarde, la separación entre estos dos espacios se materializa aislando el coro con una cancela. Algunas iglesias, especialmente en España, aún conservan sus preciosas “rejas”



El acceso a la nave es libre, allí se habla en voz alta y con toda libertad sobre todo cuanto concierne a la vida comunal: se comentan las cosechas, los precios del trigo y de las telas como si de la bolsa de comercio se tratase. En este espacio, libre de sillas y bancos, se puede dormir, comer y entrar con animales.

Este «parlamento de burgueses» también es lugar de asilo al que acuden los enfermos en busca de cuidados.

La catedral adquiere especial relevancia en los momentos de guerra. Allí se refugia todo el personal no combatiente, mujeres, niños, ancianos, enfermos, etc. Por su carácter sagrado, generalmente es respetado por las fuerzas enemigas. Pero en ocasiones, desaparece “ese respeto” y la entrada de las fuerzas enemigas, en el interior, resulta salvaje y las matanzas y el saqueo, son de una crudeza extrema.

Las campanas de la catedral, participan en la vida de la ciudad, con las llamadas que marcan el ritmo de la vida de sus habitantes; son una invitación a la plegaria y también el grito de alarma que anuncia un incendio o un peligro. Estas llamadas se producen tanto de día como de noche y los serenos, de noche, anuncian la hora; hasta hace poco tiempo, esta costumbre aún existía en algunas ciudades españolas.

El teatro estaba en las catedrales, se representaba en tarimas improvisadas en plena nave; allí se criticaba a los eclesiásticos y a los poderosos: el pueblo era adulto y dueño de sí mismo. Se discutía de misterios, moral, religión, civismo y cabala. Era la gran libertad del espíritu liberado.

El arte que lo rodeaba expresaba la abundancia de pensamientos y de caracteres: la naturaleza, la rudeza, el erotismo, las bromas atrevidas, el temor del espíritu ante el cosmos, las masacres, los asesinatos y las guerras, la efusión de los corazones ante Dios, Dios mismo, el pensamiento hermético. La gente hablaba de forma directa y sincera, era franca.

Como la mayoría de los fieles, no sabía leer ni escribir, las pinturas y esculturas repartidas por toda la catedral, instruían sobre la vida, milagros, pasión, muerte y resurrección de Jesucristo. Los

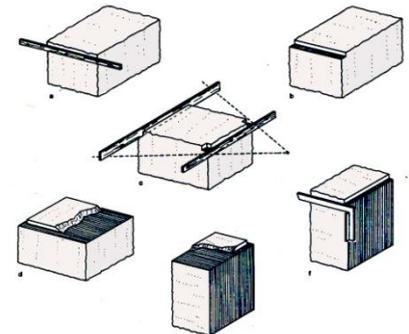


catequistas, se encargaban de explicar al pueblo, mediante estos cuadros y esculturas, toda la doctrina cristiana. La catedral era como un libro para los fieles.

Las catedrales, no eran cenáculos donde se pontificaba; era el pueblo, era el país que caminaba hacia Dios.

LOS MATERIALES DISPONIBLES

En la época de la construcción de las catedrales, los materiales que se disponían, fueron prácticamente los mismos a los que se han utilizado durante siglos después. La mayor diferencia con la actualidad, es la tecnología utilizada en cada uno de ellos. Por ejemplo, la piedra hoy en día se corta con sofisticadas máquinas abrasivas, refrigeradas por aceites “de corte” especiales, que proporcionan una gran precisión controlada por el Rayo Laser de Neón. Las argamasas son muy diferentes, las propiedades mecánicas del hierro y del acero utilizados, tienen un índice de “flexión” que no se puede comparar con las de la antigüedad, etc. Pero básicamente, los materiales, en sí, son los de siempre.



Labrado de un sillar de piedra

En la construcción medieval se emplean, fundamentalmente, cuatro tipos de materiales, en proporciones variables según la naturaleza del territorio que rodea el obrador: los materiales lapídeos (piedras: calizas, areniscas, granitos, y mármoles: calizas de estructura fina y cristalina), los ladrillos, la madera y los metales, entre otros menos relevantes.

Detallamos a continuación, algunos de ellos.

La Piedra

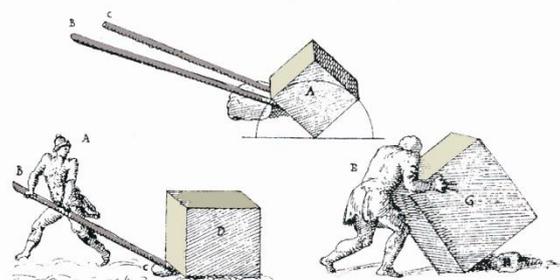
Con la piedra, el hombre fabrica sus primeros útiles, sus primeras armas y construye sus primeros refugios. En ella se inscribe toda la reflexión de la humanidad, ella constituye sus memorias y, así la piedra, se erige en símbolo.

La palabra piedra, la utilizamos todos los días en el lenguaje común con multitud de significados, pero cuando hablamos de la construcción de las catedrales de la Edad Media, nos referimos básicamente, a la arquitectura, ingeniería y a la cantería, para hacer referencia a cualquier material de origen natural, caracterizado por una elevada consistencia.

Como materia prima, la piedra se extrae generalmente de canteras, que hoy llamaríamos, explotaciones mineras a cielo abierto.

La cantería es uno de los oficios de más antigua tradición. Se define la cantería como : *Arte y técnica de trabajar la piedra, tallándola, para la construcción* y también como *Obra hecha de piedra labrada*.

Un sillar es una piedra labrada por varias de sus caras, generalmente en forma de paralelepípedo, y que forma parte de las obras de sillería.



Movimiento de piedras talladas

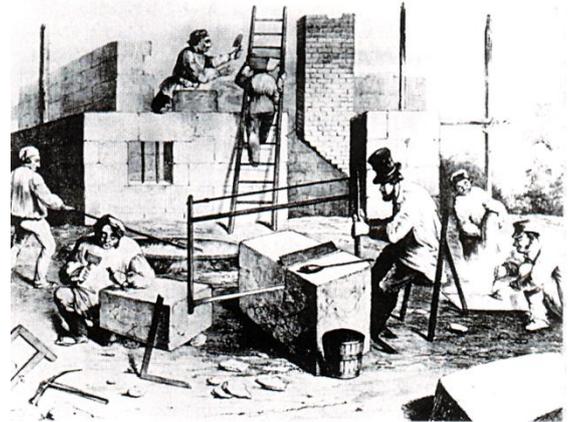


Los sillares suelen tener un tamaño y peso variables, que obliga a manipularlos con grandes precauciones, en función de su peso.

Las sustancias obtenidas en canteras son, mármoles, granitos, calizas y pizarras, principalmente.

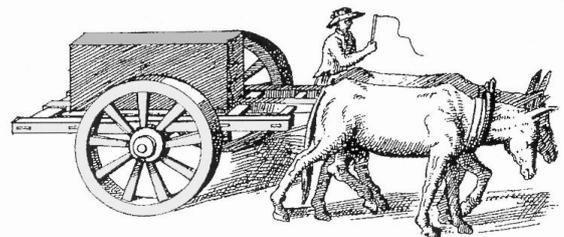
Para cortar piedra se suele utilizar un material abrasivo, en movimiento, al que se hace pasar un chorro de agua cada cierto tiempo. Esta técnica se usa en todo el mundo.

El corte de piedra, en las canteras, es un auténtico arte, especialmente en la antigüedad, puesto que es un material muy duro, que requiere mucha fuerza, paciencia y trabajo, para conseguir los “sillares de unas dimensiones exactas, en sus seis lados”.



El albañil, el cortador y el tallador de piedras.

El material predominante en la construcción de las catedrales era la piedra, que minimizaba el peligro de incendios. Por otra parte, el acero escaseaba y el hierro era demasiado endeble para sujetar los inmensos edificios de altura sin precedentes. Los arquitectos desarrollaron nuevas soluciones a viejos problemas, ideando el arco apuntado y los arbotantes para desplazar el peso de la carga de los techos abovedados hacia los macizos soportes de piedra. Las nuevas tecnologías hicieron posible la construcción de grandes catedrales con grandes vidrieras (con frecuencia bellamente adornadas con vidrios de colores) y altas agujas.



Transporte de piedras

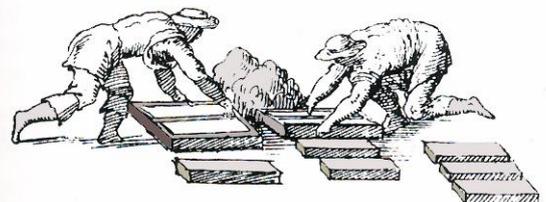
La primera preocupación de los constructores, dados los prohibitivos costes del transporte, consistía en hallar canteras de piedra en las proximidades de la obra.

El desbaste era el primer trabajo que se realizaba en los bloques junto a la misma cantera. Reduciendo de este modo el peso de cada elemento, se rebajaban posteriormente los costes de su transporte.

Los grandes bloques de piedra, una vez cortados, debían ser transportados y después subidos al lugar preciso que debían ocupar. Habría sido imposible hacerlo sin contar con la maquinaria adecuada, incluso en caso de disponer de esclavos, que por otra parte no los había.

Para los “Exotéricos” la piedra posee un potencial de fuerzas telúricas que determina todo un ritual del arte sagrado. Para decir que un hombre se perfecciona, se le compara con una piedra, que deja el estado bruto para ser tallada.

En las construcciones medievales, los talladores se cuidan de restablecer el contacto positivo-negativo, masculino-femenino, que vuelven a colocar la piedra en la posición magnética que tenía en su lecho de



Fabricando Ladrillos



extracción. En el caso de que la piedra esté invertida, «a contralecho», se disgrega fácilmente; porque sus granos se desplazan como los iones de una pila eléctrica. La ciencia moderna, no ha podido confirmar estas teorías.

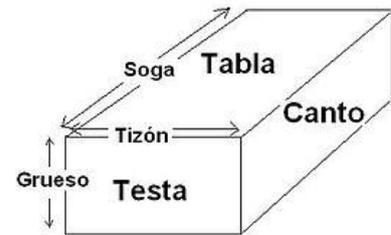
Los ladrillos

En términos sencillos, el ladrillo es una pieza cerámica, generalmente ortoédrica, obtenida por moldeo, secado y calentamiento de una pasta arcillosa, cuyas dimensiones suelen variar en función de los países y las épocas. Suelen tener 24 x 10 cm y unos 6 cm. de grosor.

Se emplea en albañilería para la ejecución de fábricas de ladrillo, ya sean muros, tabiques, tabicones, etc.

Se considera el adobe como el precursor del ladrillo, puesto que se basa en el concepto de utilización de barro arcilloso para la ejecución de muros, generalmente secado al sol. Lógicamente el adobe no experimentaba, los cambios físico-químicos de la cocción a altas temperaturas.

Su forma es la de un prisma rectangular, en el que sus diferentes dimensiones reciben el nombre de *soga*, *tizón* y *grueso*, siendo la *soga* su dimensión mayor. Así mismo, las diferentes caras del ladrillo reciben el nombre de *tabla*, *canto* y *testa* (la *tabla* es la mayor).



Por lo general, la *soga* es del doble de longitud que el *tizón* o, más exactamente, dos tizones más una junta, lo que permite combinarlos libremente.

Los ladrillos son utilizados en construcción, en cerramientos, fachadas y particiones. Para unirlos entre si, lo habitual es que se reciban con mortero. La disposición de los ladrillos en el muro se conoce como aparejo, existiendo gran variedad de ellos que no detallamos aquí.

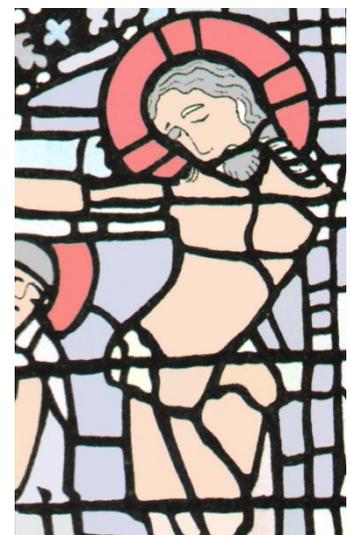
El mortero

Hacia el año 700 antes J.C. los etruscos utilizan mezclas de puzolana y cal para hacer un mortero.

Ya en el año 100 antes J.C. los romanos utilizaban mezclas de puzolana y cal para hacer hormigón de resistencias a compresión considerables.

La argamasa era el tipo de mortero empleado como material de construcción en albañilería, formado de cal, que actúa como conglomerante, arena y agua, que al secarse adquiere una constitución muy dura. Antiguamente fue muy empleada en la construcción de murallas y casas como mortero que unía piedras o ladrillos.

Se llama Argamasa la pasta obtenida por mezcla de cal, arena y agua, utilizada como mortero de unión en obras de fábrica de sillería, mampostería o ladrillo. La de buena calidad se hacía empleando la mitad de cal y la otra mitad arena. «...que lleve la mitad de cal y la mitad de arena porque sea mejor la dicha argamasa».





La madera

Sin duda, la madera tuvo un papel muy importante en las construcciones de las catedrales.

Su utilización, era muy grande, en la construcción de vigas, cubiertas de tejados, tensores entre arcos, andamiajes, maquinarias diversas como, grúas, maquinas para clavar pilotes de piedra, complementos de numerosas herramientas, así como combustible para multitud de tareas.

Los carpinteros estaban especializados en la preparación de complejos andamiajes e imponentes máquinas para elevar los materiales. De madera eran también las cimbras, estructuras específicas para dar forma a los arcos y a las bóvedas durante la construcción.

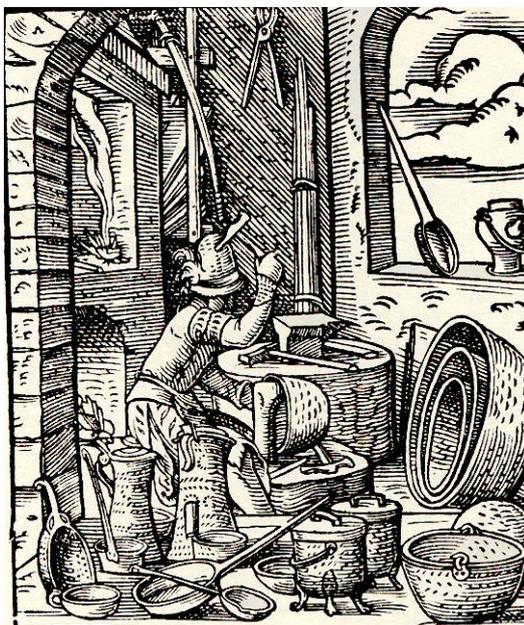
Hasta mediados del siglo XIII, también los tirantes eran de madera, así como los telares para sostener las vidrieras.

Cuando se realizaba una gran obra, como una catedral, el efecto de deforestación era muy importante. Consecuentemente se promulgaban, una serie de normas, que regulaban la tala de los bosques, claro síntoma de la preocupación del hombre medieval por la salvaguardia de uno de los elementos mas preciosos de su hábitat natural.

El vidrio

La mayoría de los investigadores asegura que el vidrio tuvo su origen en Mesopotamia, apoyándose en los vestigios encontrados en sitios como Tell al Rimah y Aqar Quf, que fueron elaborados, aproximadamente, 3.500 años antes de Cristo, aunque bastantes investigadores consideran que los primeros trabajos de vidrio se hicieron en Egipto, considerando la existencia de esteatita, mineral compuesto de filosilicato, que pertenecen a la civilización predinástica Badarian, situada cronológicamente entre los 5.500 y los 3.500 años antes de nuestra era. Guy Brunton, su descubridor, sugiere que probablemente fueron fabricadas en el lugar en que se encontraron, ya que en zonas específicas del Valle del Nilo, existía la materia prima necesaria para su elaboración.

Se fabricaba con una frita de cuarzo molido, que era una mezcla de arena con pequeñas cantidades de cal y restos de vegetales incinerados. En Egipto brotaba una planta idónea para el caso, llamada Al Kali, con la cual se producían cenizas para obtener la sosa.



Básicamente, el vidrio, es una mezcla de silicatos, carbonatos, boratos y otros fundentes, que sometidos a altas temperaturas “vitrifican” en una masa amorfa que puede trabajarse con relativa facilidad. No entramos aquí a describir todo el proceso de fabricación y tratamiento del vidrio, pero si quisiera resaltar el hecho de que, con fines decorativos, el vidrio plano se coloreaba mezclándolo con óxidos de plomo, de cobalto, de estroncio, entre otros, para producir unos vidrios transparentes de diferentes colores, que permanecían estables durante muchísimo tiempo.

El vidrio se sabía trabajar desde la Antigüedad, pero fue en el siglo XIII cuando se comenzó a producir intensamente con fines arquitectónicos: hasta entonces,



las ventanas se tapaban con materiales de todo tipo, entre ellos tela empapada en aceite.

Ya en documentos del siglo VI se hace referencia a la existencia de vidrieras en las iglesias, aunque los primeros ejemplos conservados datan del siglo XI. Las más apreciadas son las que se realizaron durante los siglos XIII y XIV, principalmente en Francia e Inglaterra. Se cree que las industrias del vidrio de Lorena y Normandía fueron las que produjeron la mayor parte de las vidrieras de las catedrales medievales. El vidrio se coloreaba o se laminaba con color y después se cortaba según las formas que requiriera el diseño. Los detalles se pintaban sobre el cristal con un esmalte parduzco. Las piezas se encajaban en varillas de plomo y se colocaban en una estructura de hierro. El arte de la fabricación de vidrieras decayó a finales del renacimiento pero volvió a recuperarse en el siglo XIX.

En cualquier caso la producción del vidrio era, como la del metal, muy costosa: se sabe que se necesitaba un abundante uso de madera como combustible. Este uso, unido al realizado para la fusión de los metales, produjo en poco tiempo, una gran deforestación en toda Europa y, con el transcurso de los años, los troncos de grandes dimensiones se hicieron caros y difíciles de encontrar.

Es notable destacar, que la tecnología para “colorear “ las vidrieras, como las de la catedral de León, se ha perdido totalmente y la moderna tecnología no ha sido capaz de descubrir como conseguían esas tonalidades. Probablemente sea debido al tremendo secretismo que existía en este gremio de artesanos, donde cada taller mantenía sus “secretos” y los transmitía de padres a hijos. Hoy día, se fabrican vidrios muy superiores y con unas características mecánicas magníficas, pero somos incapaces de reproducir muchas de las tonalidades de las vidrieras de la mayoría de las catedrales españolas. Este hecho aparentemente poco relevante, resulta decisivo en la restauración de las vidrieras de nuestras catedrales.

Los metales

El hierro, junto con el hierro recocido, era el metal mas utilizado en la construcción de las catedrales, destacando, en cantidad, frente a Cobre, Plomo, Estaño y Cinc. Los metales preciosos solo se utilizaban para la “orfebrería” de la decoración interior.

Al contrario que hoy, todo el peso de las cúpulas, techos y bóvedas, era soportado por la piedra a la que se “reforzaba” por decirlo de alguna manera poco ortodoxa, con una pequeña estructura de barras de hierro que aumentaba la resistencia mecánica de todo el conjunto. No existe mucha información sobre los criterios de utilización del hierro en la estructura de las catedrales. Parece ser que se utilizaba a modo de “nervios resistentes” en las partes mas delicadas. Algunos autores lo llaman “armado metálico”.

El hierro, también se utilizaba mucho en la fabricación de las herramientas de cantería y en la propia obra, también en los clavos, que se requerían en grandes cantidades para fijar andamios, vigas, cubiertas de madera, grúas, armazones de los rosetones, etc.

La *gafa* era una especie de grapa de hierro que generalmente une dos bloques de piedra.

El acero que se disponía, tenía su máxima aplicación en las herramientas de corte.

El plomo tenía muchos usos, siendo el mas importante la utilización del Plomo laminado, para cubrir las cubiertas y para encastrar los trozos de vidrio coloreado que formaban las cristalerías.

Muy importante era tener una completa red de “canalones” y gárgolas para conducir las aguas



evacuadas de los tejados. Estos eran construidos básicamente, de aleaciones de Cobre, Cinc y Estaño en muy diversas proporciones.

Para la ornamentación interior, rejas y balcones también se utilizaban considerables cantidades de Hierro y otros metales decorativos.

PERSONAL DE CONSTRUCCION

En la Edad Media, la inmensa mayoría de la población eran analfabetos. El pueblo fundamentalmente vivía y trabajaba en el campo. Pocas personas tenían una actividad diferente. Las profesiones liberales, como hoy las entendemos, eran escasas y estaban agrupadas por gremios.

En los temas mas especializados, el que sabia "hacer algo" se guardaba su conocimiento y solo se lo transmitía a la familia y poco mas. Los gremios por su parte, también eran muy celosos de sus conocimientos.

La construcción de una catedral, era un acontecimiento extraordinario, que revolucionaba el entorno laboral de toda la comarca durante mucho tiempo, puesto que necesitaba una gran cantidad de mano de obra, que no siempre era fácil conseguir. Los profesionales mas significativos eran los siguientes:



Arquitecto

Figura central del obrador al cual es confiada la responsabilidad del proyecto, del edificio y la conducción de todos los aspectos del trabajo.

Definido por las fuentes historiográficas como *magister lathomus*, *magister operis*, *maître d'oeuvre* y *Werkmeister*, tiene como atributos, en las representaciones, cuerdas, largas varillas para mediciones, escuadras y el gran compás de terreno, con el que efectúa detalles a escala 1: 1. Su status se modifica en el curso, de la Edad Media, pasando de papeles de alta y compleja manualidad a funciones eminentemente intelectuales y de proyectividad en alguna medida abstracta (con la consiguiente difusión de figuras de arquitectos itinerantes, jefes de obradores incluso alejados entre si).

Es en la Francia del siglo XIII, donde esta figura profesional adquiere una gran importancia. Poseedor de un conocimiento reservado a muy pocos, y respetado hasta el punto de ganarse el rimbombante calificativo de "doctor de la piedra", es el encargado de proyectar el edificio -el dibujo era realizado sobre un pergamino o una tabla de madera- y de la coordinación en la obra de los distintos trabajos. Pero no participa directamente en ellos; tanto es así que a mediados del siglo XIII un monje dominico critica desdeñosamente su comportamiento:

«Ese hombre llega a la obra y, sin quitarse los guantes, ordena el quehacer al cantero y se va después de haber recibido una compensación muy elevada».

De algunos arquitectos incluso se conoce su nombre, gracias a las firmas dejadas en las mismas catedrales o en su lápida sepulcral. Sin duda, el más célebre fue Villard de Honnecourt, que debe su fama a un librito, llegado hasta nuestros días, en el que dibujó minuciosamente proyectos,



detalles arquitectónicos y esculturas.

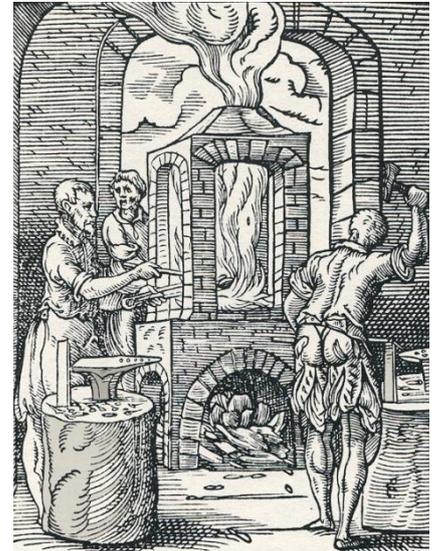
Los buenos arquitectos eran requeridos en toda Europa, y el mismo Villard llegó a viajar a Hungría para llevar hasta allí sus saberes.

Las obras de las Iglesias románicas, tenían siempre un responsable, que seguía la obra de principio a fin; era el Magíster muri. En las ilustraciones de la época se le representaba con el bastón de mando en la mano.

«Al que fabrica toda una obra y la dispone, ordenándolo con su planta y monte y da la traza a los demás y el modo de ejecutarla, este se llama arquitecto».

Aparejador

«El que, después del arquitecto ha dispuesto toda la fábrica, apareja la materia, hace los cortes y divide las piezas para que traben bien, con igualdad y hermosura, en toda la fábrica, y por él se trazan los modelos particulares por donde se gobiernan los destajeros, que en la lengua latina se llaman 'redemptores'». (Sigüenza, p. 23).



Originariamente preparaba y disponía las hileras de sillares. El término indica con el tiempo, una figura intermedia entre el arquitecto y los picapedreros, con tareas de suplencia y portavoz ante los obreros .

En la obra el arquitecto tenía la ayuda de los aparejadores, tanto en la obra como en las canteras. Estos se encargarán de la vigilancia del corte de las piedras, de la preparación de los caminos y de la carga de las carretas. Al pie de la obra, en el obrador, el aparejador vigila la ejecución por las cuadrillas de la labor contratada, y mediante las marcas de cantería, grabadas en los sillares, comprueba la labor realizada por cada cuadrilla y su correcta colocación en el muro.

Canteros y Maestros Canteros

Especialistas en un oficio que ha sido examinado por el Gremio correspondiente a su especialidad y ha superado la prueba alcanzando la *maestría*, el más alto grado profesional en su oficio. De él dependen los oficiales y los aprendices.

El maestro tenía conocimientos específicos para concluir la obra y a la vez grandes responsabilidades, ya que debía encargarse de la organización del trabajo, inventar nuevos sistemas de construcción, construcción de máquinas, desplazamiento de materiales etc.



Canteros

Dependían de él los capataces, que eran sus más directos colaboradores, pero los albañiles eran también, unos pequeños maestros, pues resolvían todos los problemas prácticos que iban apareciendo a medida que realizaban el trabajo a ellos encomendado. A veces en torno a un buen maestro, reunían, además de los anteriores, cortadores de piedra, talladores, marmolistas, pavimentadores, leñadores y carpinteros.



Para ejecutar las grandes obras se llamaba a uno, o varios, de estos grupos, que eran Corporaciones, que al estar compuestos por obreros especializados, eran libres de aceptar o no el encargo. Dependiendo de la importancia del encargo, y gracias al poder económico y organizativo de la Iglesia, se llamaban a Corporaciones, incluso del extranjero, con lo cual los Magister muri, resultaban ser hombres cultos, muy viajeros, que transmitían sus conocimientos a lo largo de los Países que visitaban.

Los Masones tienen a gala ser descendientes de los antiguos gremios de canteros de la Edad Media y de su preeminente cultura, en aquella oscura época, El descubrimiento de los nuevos saberes tardaría en comenzar a desarrollarse, excepto entre los Magister Muri y los canteros, que tenían estudios prácticos de matemáticas, geometría y arquitectura.

A los canteros se les paga según las piezas ejecutadas, que son verificadas y recibidas por el maestro, lo que explica las marcas que se ven en muchas de ellas.

A pie de obra se escuchan pocos martillazos: sólo se tallan las piezas más complicadas.

De este modo, no sólo se reduce considerablemente el peso de la piedra, cuyo transporte ya es de por sí costoso, sino que se pueden subir a impresionantes alturas, pesadas piezas que se ajustan fácilmente.

Gracias a la práctica de una talla precisa, la técnica cada vez es más audaz; la precisión con que se tallan permite alcanzar récords de estabilidad, así como una gran rapidez de ejecución con una mayor seguridad para los obreros.

Albañil.

Literalmente albañil, debe entenderse más bien, con mayor fidelidad, a su papel en el ámbito del obrador, como capataz. Un albañil medieval es como un caballero medieval, que representa a varias personas. Tiene servidores y ayudantes, llamados a menudo *famuli*, a los cuales los documentos ingleses dan el pintoresco nombre de "*portahacha*", *baiardores*, *hottarii*, *falconarii* y *cinerarii*". En torno a él gravitan hombres que pertenecen a otros grupos de trabajadores: carpinteros, encargados de la cobertura de los tejados, herreros y emplomadores, pero sobre todo peones y carreteros)) (Du Colombier, 1953, p. 8).



Apuntador de obra.

Persona que anota y controla los movimientos de materiales de construcción, herramientas y demás medios auxiliares que se encuentran en el almacén de obra. Informa de la situación a su jefe directo.

Carpinteros

Carpintero es la persona cuyo oficio es el trabajo en la madera, ya sea para la construcción (vigas, cimbras, andamios, puertas, ventanas, etc...) como en mobiliario.

El Ebanista, es el carpintero especializado en la elaboración de muebles y objetos de madera, mas elaborados



Carpintería es el nombre del oficio y el taller es el lugar donde se trabaja la madera y sus derivados con el objetivo de cambiar su forma física para crear objetos útiles al desarrollo humano como pueden ser muebles para el hogar, marcos de puertas y ventanas, cabañas, etc..



Herramientas de Carpintero

El trabajo de la madera es una de las actividades más antigua que existe por lo cual, en cada cultura y regiones encontraremos diferentes maneras y herramientas de trabajar la madera.

Las principales herramientas manuales que utilizan suelen ser Serrucho, Martillo, Gubia, Formon, Cepillo, Lija, Regla, Escuadra, Lápiz, entre otros.

En la construcción de catedrales, utilizaban las maderas de Pino, Encino, Alamo, Okume y para los trabajos mas finos , Nogal, Ébano y Caoba.

Los carpinteros, eran uno de los gremios mas solicitados, pues se necesitaban en todas partes. Donde había una actividad de trabajo, allí debía encontrarse un carpintero.

Herreros y trabajadores del metal

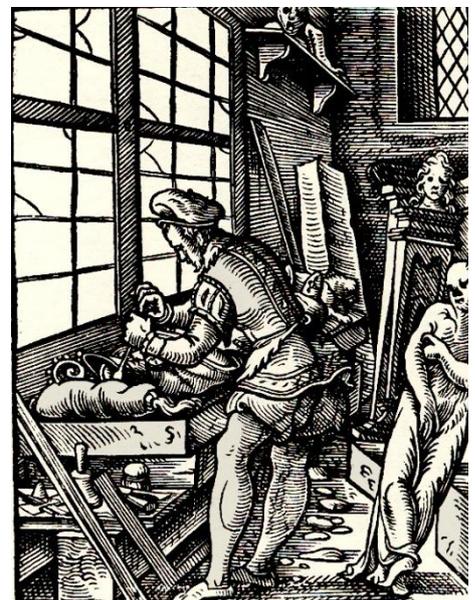
El trabajo del metal, se consideraba como una especialidad. Básicamente los trabajadores eran los herreros, que partiendo de trozos de metal, los fundían y daban forma mediante la aplicación de altas temperaturas.

La fragua contenía lo que se llamaba Carbón de Piedra, el cual al quemarse producía altas temperaturas. Para aumentar esta, se le insuflaba aire con un pequeño fuelle que proporcionaba una cantidad de oxígeno muy superior y hacia quemarse el Carbón con una mayor velocidad, liberando también mayor temperatura. Algunas fraguas, disponían de enormes fuelles que había que maniobrarlos con algún mecanismo. Operando de esta forma se alcanzaban temperaturas superiores a los 1.000°C, que en aquella época se denominaba “poner el metal al Rojo Blanco” que era la temperatura necesaria para fundir y manipular el Hierro.

En ocasiones se utilizaban recipientes llamados crisoles que soportaban altas temperaturas y podían fundirse metales. El metal fundido se vertía sobre unos moldes de forma determinada para fabricar diferentes tipos de piezas.

Escultores

Eran unos artesanos que labraban la piedra dándola formas caprichosas. No hay que confundir los escultores con los canteros. Los dos labraban la piedra, pero los canteros, se limitaban a cortarla y a preparar los sillares. Los escultores realizaban un trabajo mucho mas elaborado, dando a la piedra formas humanas, de animales, plantas, flores, etc. Era un trabajo mucho mas





delicado que el de los canteros y consecuentemente mucho mejor pagado.

Su trabajo se utilizaba para decorar tanto el exterior de la catedral como su interior. Podríamos decir que el trabajo del escultor era el que daba “el acabado” final de la catedral.

LAS HERRAMIENTAS DISPONIBLES

Las obras de las catedrales fueron como un verdadero "laboratorio tecnológico" puesto que muchos fueron efectivamente los experimentos e inventos que hicieron posible la erección de estos inmensos monumentos.

Las más elementales y, al mismo tiempo, fundamentales conquistas se refieren al transporte de los materiales de construcción.

Hasta ese momento, en la obra, los bloques eran movidos mediante una especie de vigas de madera o metálicas, sujetadas por dos personas.

Fue en el siglo XII cuando se pensó en aplicar una rueda a este instrumento, creando así la primera carretilla.

También se perfeccionó la explotación de la energía animal. Con anterioridad se utilizaba el *enganche de garganta*, que impedía y retardaba los movimientos del animal, dificultando, a la vez, enormemente su respiración.

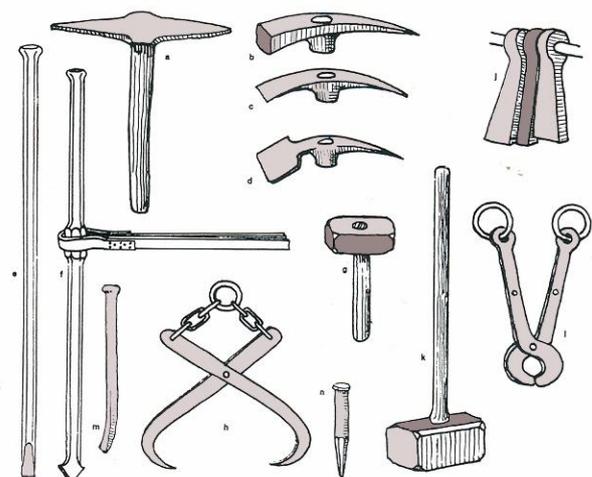
Los instrumentos en uso de la construcción de catedrales y grandes edificios, son numerosísimos y varían según las profesiones

Los que son para labrar la piedra se dividen en dos categorías: de percusión y por abrasión. Estos últimos son los más antiguos. En cambio, los instrumentos de percusión son, con mucho, los más numerosos y utilizados en el obrador medieval.

«Muchos de los instrumentos aquí descritos podrían ser fácilmente comprendidos por un tallista egipcio del siglo XIV a.C. Todos o casi todos podrían ser entendidos y usados sin problemas por un escultor romano del siglo I a.C., o en el siglo XIII en París, en el XV en Florencia, en el XVII en Estambul.. Los instrumentos básicos no cambian» según Rockwell, 1989, p. 29.

Los mas comunes son:

- a) Martillos: con cabeza metálica y mango de madera, a veces totalmente de madera (mazo de carpintero).
- b) Instrumentos de corte: cuña, taladro, hacha, cincel (especie de escoplo usado con inclinaciones variables, según la



Herramientas de trabajo



dureza del material, generalmente de 70°, mientras que con un ángulo de 45° se utiliza el escoplillo de capiteles y elementos decorativos), pico de cantera, cincel dentado (similar al escoplo, es usado con ángulos entre los 30° y los 60°, y pule la superficie ya tratada con el cincel), bujarda (martillo de cabeza cuadrada), escoplo, gubia (para piedras blandas y madera).

c) Instrumentos abrasivos: sierra, lima, escofina, raspador, piedras abrasivas (esmeril, pómez).

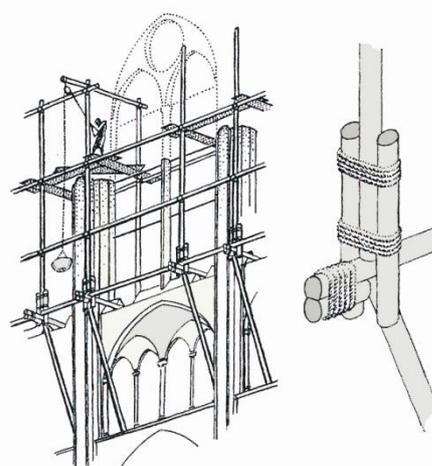
Máquinas del taller.

Para levantar y colocar sillares cada vez más grandes se difundió, desde mediados del siglo XII, el empleo de máquinas en el obrador, sobre todo grúas y elevadores, testimoniadas tanto por las fuentes escritas (Guillaume de Sens había construido ingeniosas máquinas para la carga y la descarga de las naves) como por la libreta de Villard de Honnecourt.

Andamios

El uso de andamios y poleas para la elevación de los pesos está bien documentado en numerosos grabados y pinturas francesas del siglo XIV, que muestra a alhamíes y picapedreros trabajando en la obra de una catedral.

Era una estructura provisional, de madera que permite construir en alzado, un paramento mural, al que es temporalmente anclada mediante encajes (hoyos de puente). Numerosas representaciones nos testimonian su aspecto, que no está muy lejos de los actuales.



Andamios

En muchos casos estaban sujetos a las ménsulas, que sobresalían de los mismos muros en curso de construcción, en lugar de altos postes o tablas plantados en el suelo. Se trataba de la recuperación de una antigua técnica, útil sobre todo para ahorrar tabloneros de grandes dimensiones.

El andamio era un almacén dotado de estrechos pasajes transitables, situados a una distancia oportuna y formados por tablas de madera.

El empleo de andamios que partieran del suelo es relativamente raro en el Medioevo. Era el edificio mismo el que ofrecía puntos de apoyo para estructuras más ágiles, parciales y de dimensiones limitadas, a veces en voladizo. Para el levantamiento de los materiales se usaban planos inclinados o máquinas elevadoras.

Las grúas

Levantar grandes pesos, desplazarlos y moverlos a su lugar correspondiente, ha sido desde siempre, una de las claves para la construcción de cualquier edificación.

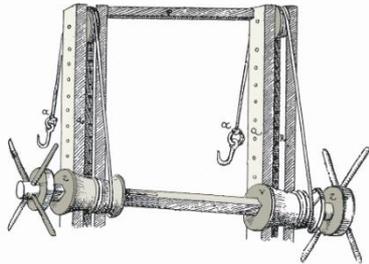


Andamio Vertical



No hay mas que mirar a nuestro alrededor, hoy en día, en cualquier lugar donde se esté construyendo, para observar un paisaje tapizado de unas altísimas estructuras de acero que hasta los niños conocen como “un campo de grúas”.

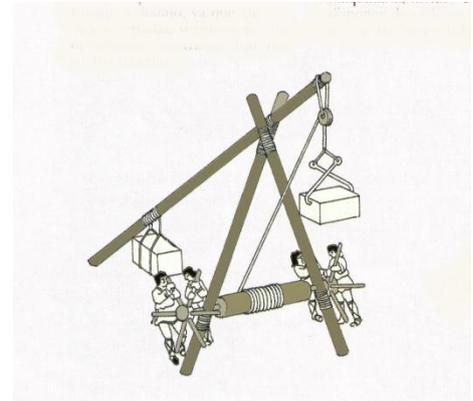
Los instrumentos y maquinarias para levantar materiales, como la garrucha y el cabestrante, fueron utilizados ya desde la Antigüedad e intensamente aprovechados para toda clase de edificaciones.



El tiempo desarrolló numerosas variantes, pero todas ellas, tenían en común, una cuerda o un cable, que de una manera u otra se enrollaba en un cilindro, mediante una energía procedente de muy diversas maneras. En la actualidad, esta energía suele ser de naturaleza eléctrica pudiéndose aplicar enormes dosis de potencia.

En la antigüedad, solo disponíamos de “la fuerza humana”, la de los animales y ocasionalmente la fuerza hidráulica.

La mayoría de las grúas, consistían en tres postes, dispuestos como indica la figura, fuertemente anclados, una garrucha en la parte superior, por la que pasaba una cuerda muy resistente que se enrollaba en un cilindro de madera.

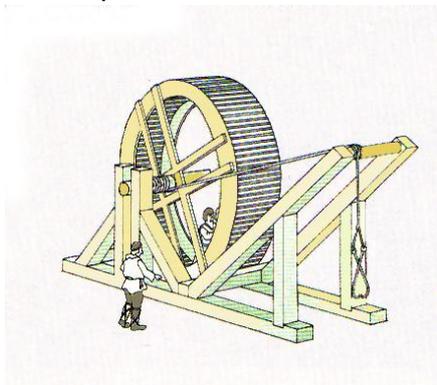


Este dispositivo, permitía elevar grandes pesos únicamente en sentido vertical. Su gran limitación era la imposibilidad de girar y desplazarse horizontalmente.

También existían otros tipos de grúas, mas o menos aparatosas, que permitían la elevación de pesos mas o menos grandes.

En la Edad Media, se hizo un gran uso de una enorme rueda de madera provista de estacas, en todo semejante a las que se colocan hoy día en las jaulas de los pequeños roedores, donde uno a mas hombres potenciaban la fuerza de la gravedad con el esfuerzo de sus piernas.

La máquina estaba unida a un brazo móvil, como el de las modernas grúas. En el interior de la rueda se situaban varios obreros que, al caminar, y a base solamente de la fuerza de la gravedad y de sus piernas, hacían posible la elevación de pesos considerables.



Varios historiadores citan que para hacer fuerza, se colocaban dentro de la rueda de elevación, varios esclavos. Parece ser, que esta afirmación era errónea puesto que en la época de la construcción de catedrales, no se acostumbraba a utilizarlos.

Algunos de estos instrumentos están reproducidos en las vidrieras de la catedral de Beauvais, y en la ofrecida a la de Chartres por la corporación de picapedreros, siendo una especie de firma de quienes en mayor medida habían contribuido a la construcción del edificio.



Instrumentos de medición



Los instrumentos de medición, a menudo reproducidos en las representaciones del obrador y como atributo del arquitecto, son un auxilio fundamental en la construcción. Pueden recordarse: la regla recta, en madera o en metal; la escuadra en L de carpintero; el compás; el hilo de plomada; el nivel (un triángulo en ángulo recto con hilo de plomada pendiente del vértice).

El archipéndulo o cuadrante geométrico, era una escuadra provista de una plomada; servía para verificar la horizontalidad de un piso, o para lograr una pendiente preestablecida, marcando simplemente el punto en el cual la plomada atravesaba la base.

El Cuadrante geométrico, instrumento de agrimensura esta constituido por un cuadrado con sus lados graduados y provisto de un dispositivo de mira.

El Corobate, instrumento de nivelación, empleado ya en época romana, formado por una pieza horizontal de madera y provisto no sólo de plomadas, sino también de nivel de agua, para poder operar cuando hace viento y las plomadas son inservibles.

LA TRAZA

Se llamaba “traza” a lo que hoy llamaríamos “proyecto” de una gran obra de construcción.

Según los historiadores de la época se entiende por *el conjunto de las actividades prácticas - materiales, organizativas y tecnológicas- de duración plurianual que concurren en la realización de un edificio.*

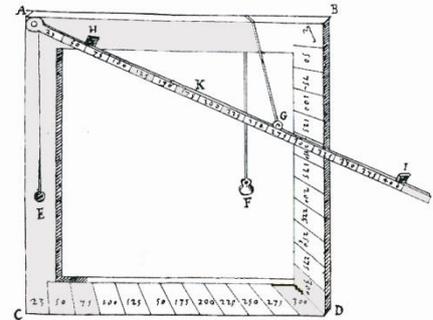
En el curso del Medioevo se refiere a edificios importantes, preferentemente eclesiásticos (iglesias, catedrales monásticas o parroquiales), pero también a edificios profanos (castillos, palacios).

Cuando después de muchas negociaciones se decidía la construcción de una catedral, por el obispado, de la misma forma que hoy en día, comenzaba a recorrerse un largo camino lleno de dificultades.

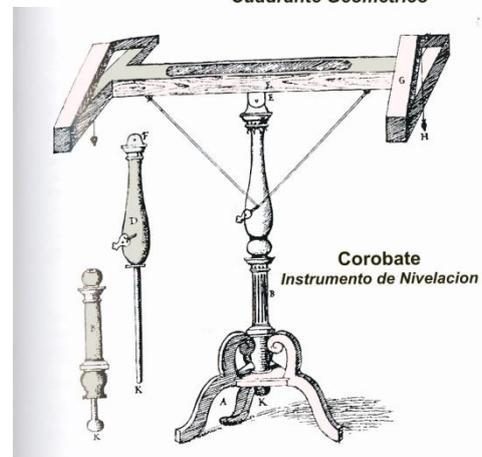
El lugar

Lo primero a considerar era el lugar donde se emplazaría la catedral. Muchas veces se elegía el mismo donde estaba edificada la catedral antigua, lo cual implicaba la demolición de la existente. En el caso de la nueva catedral de Salamanca, iniciada en 1512, para ampliar la antigua, se consideró el magnifico estado de “la vieja” así como de toda su decoración y orfebrería, siendo la decisión final construir la nueva, mucho mas grande, justo al lado de la antigua, con una comunicación interior entre ambas. En otras muchas catedrales, no fue así, siendo demolida la existente o como máximo aprovechando parte de la cimentación, criptas y no mucho mas.

Se prefiere construir sobre el emplazamiento de una iglesia anterior, a pesar de las dificultades impuestas por los viejos cimientos, que no se corresponden con el nuevo plan y de los que no se



Cuadrante Geométrico



Corobate
Instrumento de Nivelacion



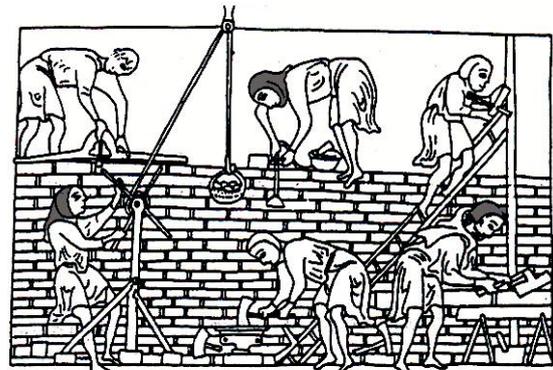
puede evaluar exactamente la resistencia. Los templos se suceden en los mismos lugares consagrados.

El lugar elegido, solía estar en el centro del núcleo urbano, para que los fieles pudieran acudir con facilidad y dentro del recinto amurallado en la mayoría de los casos. En aquel tiempo, las casas se construían junto a la catedral, donde sus moradores se sentían protegidos.

En muchos casos era necesario la expropiación de los terrenos sobre los que se pretendía construir. Generalmente, se ofrecía a los propietarios una suma de dinero en concepto de indemnización, que no siempre era considerada suficiente. Hay noticias de numerosos litigios entre los cabildos y algunos propietarios, que finalmente se resolvían con un aumento de precio lo cual dilatava enormemente en el tiempo

Orientación de las catedrales

Todas las catedrales están orientadas hacia el sureste, la fachada hacia el noroeste y el crucero que forman sus brazos, la cruz de noreste a sureste, esta orientación es a fin de que fieles y profanos entren por occidente y al dirigirse a la hechura del santuario ven hacia el oriente, por donde sale el sol, salen de las tinieblas y se encaminan a la luz. Ciertos rosetones tienen seis puntas, sello mágico, la estrella de los magos, la cual descansaba en la cima del pesebre en el que reposaba el niño rey, signo del alquimista, astro guía que anuncia el nacimiento del Cristo.



Albañiles, carpinteros y canteros trabajando

Los comienzos de la obra

Delimitado y bendecido el solar, el obispo, de acuerdo con el cabildo o este independientemente, requiere la presencia de un arquitecto, que es fundamentalmente un teórico, que merced a sus conocimientos matemáticos, ha de dar la traza, al mismo tiempo que calcula los costes y procedimientos para la ejecución de las diversas partes en que se puede fraccionar la obra.

Una vez elegido el lugar debería elegirse el proyecto a desarrollar. En algunos casos, el obispado escuchaba propuestas de diferentes arquitectos, pero por lo general, acudían a reputados profesionales de la arquitectura que tuvieran una experiencia grande en la construcción de edificios eclesiásticos y que en aquellos momentos estuvieran disponibles.

La traza, debía considerar

- El estilo a seguir
- La organización del trabajo
- Las técnicas de construcción y los instrumentos de elaboración;
- El aprovisionamiento y el transporte de los materiales.
- Los cálculos
- El coste total de la obra

Una vez aprobada la traza, el obispado se planteaba la financiación y la administración de la fábrica.



La financiación

Estas grandes obras de construcción emplearon abundante mano de obra bien pagada, que precisaba un cuidadoso Plan de Financiación.

El primer problema era, por tanto, la financiación, detalle nada despreciable dadas las dimensiones y suntuosidad previstas para estos edificios. Para hacer frente a estas necesidades, se presentaban numerosas posibilidades.

Los recursos económicos se obtenían, en primer lugar, gracias a la generosidad de los reyes, los papas y los grandes señores. Luis VII firmó cuatrocientas cincuenta y dos actas en favor de las iglesias, de las que un gran número, eran donaciones (más numerosas al principio de su reinado).

Una de las prácticas más extendidas era, *el empleo del producto del comercio de indulgencias*. El obispado emitía una especie de certificados que quien los compraba adquiría el derecho de serle perdonados sus pecados y consecuente entrada en el cielo.

Otro medio para conseguir el dinero necesario era la venta de los espacios destinados a sepultura existentes en el templo, un bien inmobiliario especialmente valorado durante la Edad Media.

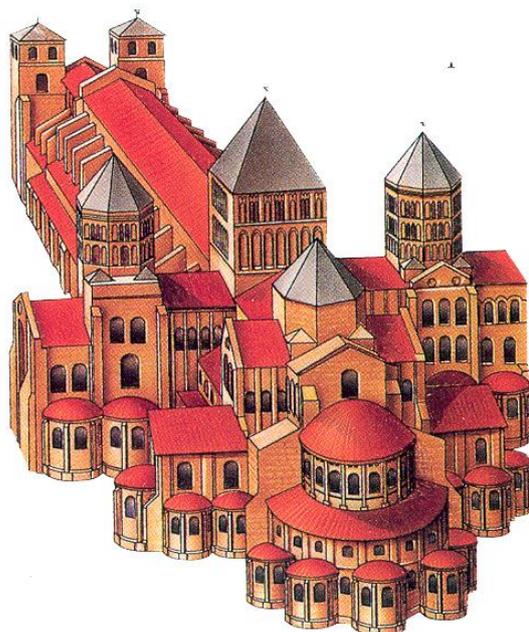
Pero sin duda el método más habitual era el traslado por toda la diócesis de reliquias de santos, deteniéndose en las distintas parroquias y pidiendo a los fieles limosna a cambio de su milagroso contacto. Los monjes, enviados por las abadías, parten en busca de fondos que permitan reanudar los trabajos; dan fe de los milagros y muestran reliquias; los donantes generosos se benefician de las plegarias y de las indulgencias.

Este procedimiento, aunque en general muy rentable, era sin embargo muy arriesgado, ya que a menudo los cortejos eran asaltados por malhechores que trataban de apoderarse no solamente del dinero recogido, sino también de las reliquias, que desde antiguo eran objeto de un floreciente comercio en toda Europa.

Las reliquias y jubileos atraen a los peregrinos que dejarán su óbolo, como los comerciantes que traen sus productos a las ferias y mercados, y el obispo destinará parte de los diezmos y demás beneficios eclesiásticos, a la obra que se debe a su iniciativa.

También a la financiación del edificio contribuye el ciudadano, aportando limosnas, pagando los estipendios de los servicios eclesiásticos, comprando el suelo para su sepultura, fundando capillas o participando, a través del gremio, en la creación de altares, pues el edificio se financia y mantiene, con la participación de los propios ciudadanos.

Una corporación puede pagar una vidriera para una iglesia: el donativo pregonará los méritos de sus trabajadores y se convierte así en una publicidad con beneficios morales y financieros. Las prostitutas, en un arranque de entusiasmo, también hacen una colecta





para ofrecer una vidriera o un objeto de culto, y sus donativos se aceptan.

La fábrica, asamblea de canónigos libres y poderosos, no sometidos a la jurisdicción episcopal y que disfrutaban de muchos privilegios, es el grupo que vela por la ejecución material de la obra y por la conservación del edificio. Controla los gastos; determina las expropiaciones, escoge los obreros y paga los materiales y la mano de obra.

Para satisfacer estas necesidades, la fábrica recibe donativos, administra los ingresos procurados por los legados y las rentas; también recoge los impuestos y los diezmos. Sin embargo, hay que tener en cuenta las guerras, el hambre y las epidemias, que hacen disminuir en mayor o menor grado los ingresos.

Toledo inició en 1226 la Construcción de su catedral, promovida por el arzobispo Jiménez de Rada, partiendo del proyecto del maestro Martín, cuando el obispado tenía las rentas agrarias suficientes para poder edificar la nave central.

No podemos olvidar que *se construía para Dios* y solo este hecho era muy relevante para el hombre de la edad media.

Los planos y sus medidas

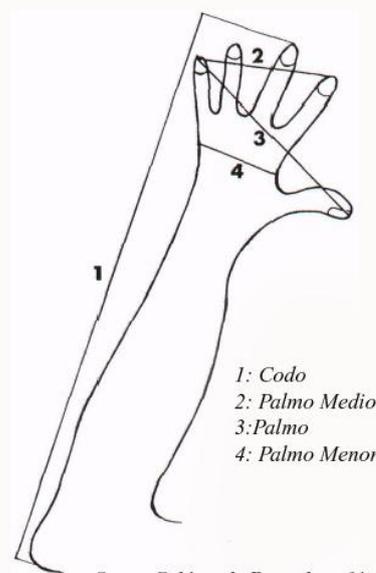
Si hoy día observamos con un cierto detenimiento la construcción de una obra importante, enseguida nos damos cuenta que muchos de los operarios se mueven y consultan con detenimiento, una serie de papeles, llenos de dibujos, croquis y texto, perfectamente definidos donde está detallado el trabajo de cada una de las distintas tareas a realizar. Estos papeles son parte de los planos que contiene el proyecto total. Una obra no muy grande contiene unas 2.000 hojas que conforman todo el proyecto a realizar. Los operarios, saben leerlos e interpretan con gran facilidad las tareas que tienen que realizar. Las ordenes “verbales” de ejecución solo se encuentran en los niveles mas bajos de la construcción. Sería impensable una construcción sin planos detallados de la misma.

Estudiando la bibliografía referente a la construcción de las catedrales, ese edificio imponente de grandes dimensiones, tremenda altura, compleja planta y lleno de diversas filigranas que lo adornan, encontramos que es difícil o imposible encontrar los planos que permitan llevar a cabo toda la construcción. Como máximo, encontramos pequeños croquis que presentan “una idea general” de todo el conjunto.

La explicación parece evidente. En aquellos años, el dibujar no era una tarea fácil, puesto que no se disponía de papel, como lo entendemos hoy en día, los lápices, compases, transportadores de ángulos, etc., no existían como tales para dibujar y *sobretudo no existían unas unidades de medida que las entendiera todo el mundo.*

Aunque hubieran existido unos buenos planos, no resultarían prácticos puesto que mas del 95% de los trabajadores, no sabían ni leer ni escribir.

Los pocos maestros de obra establecían unos planos singulares de base, que fueron respetados más tarde por las



1: Codo
2: Palmo Medio
3: Palmo
4: Palmo Menor

Segun Cahiers de Boscodon n°4
escrito por el Padre Cantaloup



nuevas generaciones. La construcción era realizada por especialistas, artífices itinerantes que iban de ciudad en ciudad, pues apenas se solicitaban los servicios de los artesanos locales y utilizaban conceptos y unidades muchas veces desconocidas para los lugareños.

El arquitecto, guarda celosamente sus secretos de cálculo y traza, y suministra la idea o plano general del edificio, basado en triángulos, cuadrados, pentágonos o hexágonos, según el modelo «ad triangulum» o «ad quadratum», que haya sido elegido. En la armonía y belleza de las proporciones, es decir, en la objetividad de la belleza de las figuras geométricas y en las medidas, tanto en planta, como en alzado, radica el fundamento de la perfección de la construcción, cuya ejecución ha de durar decenios de años, a veces, siglos.

Los maestros, en las obras emplearon instrumentos simples: la escuadra, el compás y la regla. Debieron ser verdaderos especialistas para conseguir levantar aquellas bóvedas a tan considerable altura. Estas audaces construcciones están pensadas con gran cuidado y reflexión, conociendo que los esfuerzos de toda la estructura, están perfectamente dirigidos y que ningún detalle se dejaba al azar.

Para realizar el trazado de una catedral, una casa, cualquier edificio o monumento, resulta fundamental, especificar claramente las medidas en sus unidades correspondientes.

A la hora de medir una longitud uno se referían con frecuencia, a la mano, el pie o la zancada.

Para medir la longitud de una mesa, por ejemplo, podemos utilizar como medida la distancia entre el pulgar y el meñique, con la mano bien abierta; esta distancia, llamada palmo, varía entre 20 y 23 cm., de nuestro sistema métrico decimal.

En el cuaderno nº 4 de la revista de la abadía de Boscodon, el padre Paul Cantaloup informa de este sistema de medidas empleado por los antiguos. Sin embargo, las medidas variaban de una región a otra y no se pueden aplicar de forma rigurosa.

En su origen, encontramos *la línea*, cuyo valor varía entre 0,22 y 0,25 mm; correspondería al diámetro de un grano de cebada (concepto de difícil evaluación para una medida tan corta).

La pulgada (equivalente a 12 líneas) varía entre 2,70 y 3 cm,

El palmo menor (34 líneas) mide alrededor de 7,66 cm,

El palmo medio (55 líneas) mide alrededor de 12,4 cm,

El palmo (89 líneas) de 20 a 22 cm;

El pie (144 líneas o 12 pulgadas) mide de 32,4 a 36 cm,

El codo (233 líneas), más de 52 cm

La toesa (ó 6 pies) varía entre 195 y 218 cm.





Tengamos también en cuenta que el pie de Carlomagno se ha considerado, a menudo, que correspondía a 32,48 cm, que el cicero, empleado en imprenta, es 1/6 de pulgada, y que 6 codos, de 0,5236 metros, suman 3,1416 m.

Como vemos, todas las medidas empleadas se refieren a dimensiones humanas y al mismo tiempo, al número áureo.

Estas medidas nos llevan a la idea del número, en relación con la proporción y como realidad fundamental.

Nos equivocaremos, por tanto, si pensamos en medidas decimales. Si queremos establecer consideraciones numéricas, relaciones entre las proporciones del edificio, tendremos que hacerlo a partir de las unidades entonces al uso. Es cierto que para nosotros el sistema métrico es más expresivo y ese es el motivo por el que las monografías dan las dimensiones en metros.

Georges Jouven, arquitecto jefe encargado de la conservación de los monumentos Históricos para estudiar el simbolismo de la arquitectura tradicional, establece estos tres postulados:

Las plantas de las construcciones tradicionales están ordenadas en torno a un cuadrado directriz, o doble cuadrado, que las une simbólicamente al cielo y a la tierra.

Las medidas de las construcciones tradicionales están expresadas, exclusivamente, en pies o codos, unidades sagradas de medida, definidas por la longitud del pie o del antebrazo del Dios creador.

Las medidas en pies y codos de la forma inicial y de las líneas principales de los edificios tradicionales están universalmente calculadas en números privilegiados

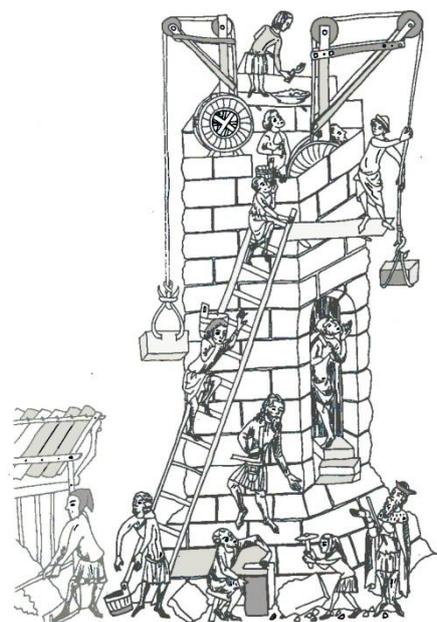
Sin embargo, el valor del pie varía según la época y la región. El pie romano de la Antigüedad, empleado de nuevo en el Renacimiento italiano, es de 0,295 metros; Miguel Ángel utilizaba esta medida, mientras que el pie carolingio es de 0,32 metros.

El profeta Ezequiel, en su visión del «templo restaurado» (capítulos XI y XII), ofrece curiosas precisiones sobre las medidas del santuario: «Y el hombre, que tenía en la mano una caña de medir de seis codos, en la que cada codo medía un palmo medio más que el codo normal, midió la anchura de la construcción, que era de una caña, y la altura, que era de una caña».

La Biblia de Jerusalén traduce: «La caña de medir que aquel varón tenía en la mano, era de seis codos de un codo y un palmo medio cada uno.» Este sería el «gran codo» de siete palmos medios, por oposición al codo ordinario de seis palmos medios.

Si tomamos la medida habitual del pie medieval, es decir, 0,324 metros, tenemos que:

- 1 toesa = 1,949 metros.
- 1 pulgada = 0,027 metros.
- 12 pulgadas hacen 1 pie.



Trabajo diario en una Catedral



- 6 pies hacen 1 toesa y 3 pies 1/3 hacen más o menos 1 m.

El arquitecto, se servía de un patrón, cuya dimensión determina a voluntad y que sirve de base a todas las medidas de la construcción, en su totalidad y en cada una de sus partes.

Vitruvio escribe: «Una de estas partes será el módulo, que deberá fijar todas las medidas de la distribución del edificio.» Este módulo, variable según la decisión de los arquitectos, no corresponde a ninguna medida oficial.

Con el fin de trasladar fácilmente esta unidad de medida, tanto sobre el plano, como sobre la obra, se emplea una vara cuya longitud equivale al módulo o a un submúltiplo: la regla.

En Ezequiel, el ángel mide así el Templo de Jerusalén: «Entonces me dio una caña semejante a una vara; y habiéndose presentado, el ángel me dijo: Levántate y mide el templo de Dios y el altar y a los que rezan en él» (Apocalipsis de San Juan, XI, I).

A veces, en el paramento del edificio (en un motivo geométrico, en una voluta, en un motivo vegetal, en el trazado de una mano, en la mitad de un dintel o en el diámetro de una columna), se encuentran marcas de esta medida patrón que, así grabada, quedaba a disposición de todos los trabajadores. Este hecho explica también que en los escasos planos que tenemos no se especifique ninguna escala.

Nuestras medidas poseen una gran precisión, también en materia de construcción; a los antiguos, sin embargo, no les preocupaba tanto; utilizaban números enteros de una medida o de un módulo, o bien submúltiplos, pero siempre enteros. Las disparidades de varios centímetros entre la anchura de los tramos o de las naves laterales, no les preocupaban. Eran, a pesar de todo, dimensiones rigurosas que quisiera razonar.

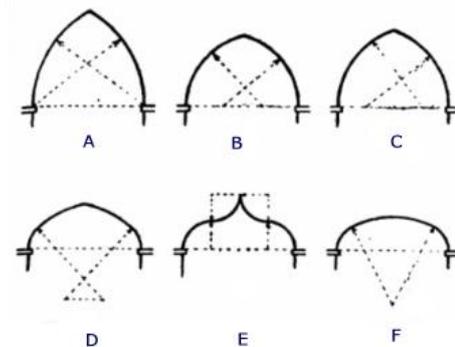
Si buscamos las relaciones entre la longitud, la anchura y la altura del edificio, tanto en su totalidad como en sus diversas partes, obtendremos números místicos, como 3, 7, 11, 12, etc. Es preciso dejar de lado momentáneamente el sistema métrico para darse cuenta de que las torres miden 204 pies (es decir, 17 x 12), que Reims tiene 408 pies (es decir, 34 x 12), que hay 297 columnas en Notre-Dame de París (11 x3x3x3) y que el número de capillas, 45, equivale a 9 x 5.

Se ha llegado a decir que las rosas místicas de nuestras catedrales respondían a la simbología de un múltiplo de 6, el número del perfecto equilibrio, el del hexágono, el del sello de Salomón que tan a menudo se observa en el dibujo de las grandes vidrieras.

Ahora bien, los rosetones, círculos perfectos, tienen 360°. Al multiplicar este valor por el mismo número simbólico (360 x 36) se obtiene 12.960, que se atribuye al rosetón: es el número de la eternidad.

A pesar de lo dicho, hay que mostrarse prudente en todas estas interpretaciones, pues a menudo se consigue que, el número indique una cualidad en la que nunca se había pensado.

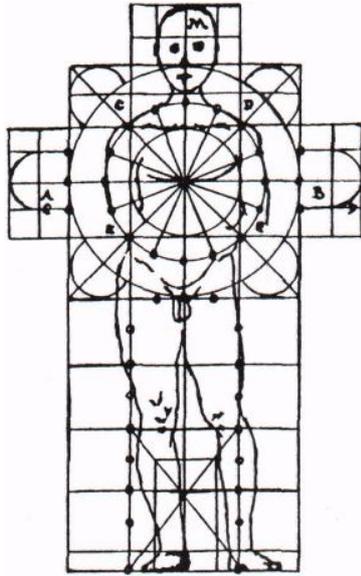
Desconfiemos de nuestras explicaciones, con frecuencia demasiado exotéricas en la bibliografía, pero no olvidemos que nuestros antepasados, se divertían en la búsqueda del



A-D arcos góticos apuntados
E- conopial, F- carpanel

número y en el *milagro de la arquitectura que armonizaba el edificio*.

En cualquier caso, en algún lugar, el arquitecto o máximo responsable de la construcción de la catedral, debería tener algo a lo que hoy llamamos planos, croquis o como queramos, donde detallaba:



- Conjunto y detalle que definan perfectamente la estructura.
- Las dimensiones y acotaciones de todos los componentes, en las unidades de longitud estimadas por los arquitectos
- Definición de las caras fijas de pilares, acotando respecto de la misma.
- Numeración de pilares y cuadro de pilares.
- Características de los forjados
- Dimensiones de vigas (con los correspondientes detalles que definan los nervios tipo), direcciones de forjados, etc
- Solución de detalles singulares, que generalmente se realizaban "sobre la marcha".
- Características de materiales y ejecución

El diseño

La fase proyectiva de un elemento arquitectónico o decorativo pasaba primero a través del diseño de éste sobre la pared o sobre el pavimento del edificio mismo al que estaba destinado.

Las numerosas incisiones conservadas, sobre muros lisos, constituyen la directa información de este proyecto a escala 1: 1 (la serie más imponente se ha conservado en los tejados planos de las naves laterales y de las capillas del deambulatorio de Clermont-Ferrand).

El trazado se presenta como una geometría descriptiva, cuya estructura básica es el módulo.

Algunos autores piensan que el trazado, era conocido ya por Vitruvio, aunque el célebre arquitecto romano no hiciese mención de él en su tratado de arquitectura.

El trazado alcanzó su máximo desarrollo en la época de la construcción gótica y permitió establecer la penetración de los volúmenes y considerar las intersecciones de las superficies.

Los constructores itinerantes pertenecían generalmente a la masonería. También el arte del trazado es «propiedad» de la masonería; Raoul Vergez escribe que se trata de «*el depósito sagrado de los masones, que lo transmiten celosamente a través del tiempo sin divulgarlo*».

De finales del siglo XIII poseemos un famoso cuaderno con dibujos, el de Villard de Honnecourt.

El trazado regulador de una iglesia está ligado a las proporciones del cuerpo humano, que según los exotéricos se da un fenómeno de osmosis entre el hombre, el templo y lo sagrado: «*Aquí comienza el método del trazado para dibujar la figura tal como lo enseña el arte de la geometría para trabajar con facilidad.*»

Mathieu Roriczer (arquitecto e impresor del siglo XV) escribió un tratado, la *Rectitude des pinacles*, publicado por Roland Recht. Una vez que sabemos que los masones podían, de una forma sencilla, trazar pentágonos, heptágonos y octógonos utilizando el compás y la regla, entendemos las fases de la operación que permiten pasar del plano a la elevación. Sin duda, los admirables



pináculos de Notre-Dame de Reims, que albergan en su parte superior los ángeles con las alas desplegadas, fueron concebidos según este método.

En 1535, Alberto Durero publica *Institution géométrique*, continuación de la obra *Instructions sur la mesure au compás et a l'querré*, publicada en 1532.

Los grabados de Durero (1471-1528) muestran trazados, símbolos similares al «trazado» de las obras góticas; es particularmente conocida su *Mélancolie*.

Pero es en 1640 cuando aparece la *Pratique du trait á preuve*, de Gérard Desargues. Gaspard Monge tomará de él algunas ideas para establecer su *Géometrie descriptive* (el tratado de Desargues es continuación de la obra de Villard de Honnecourt).

En ocasiones, se ha reprochado a Desargues que divulgara la geometría de los talladores de piedra; Abraham Bosse le defiende en su obra *la Pratique du trait á preuve de M. Desargues*, aparecida en 1643.

Todos los trazados que conocemos se inscriben en las formas geométricas más elementales: el cuadrado, el círculo y el triángulo. Los obreros combinan, unen, oponen y completan estas figuras y, en este verdadero laberinto, destaca el papel de las diagonales, las proyecciones y los ejes de simetría.

Los constructores se las ingenian para realizar nuevas figuras, fórmulas y combinaciones. Algunos de estos trazados de fachadas y rosetones se pueden admirar en una obra muy bella, *Merveilleuse Notre-Dame de Lausanne**.

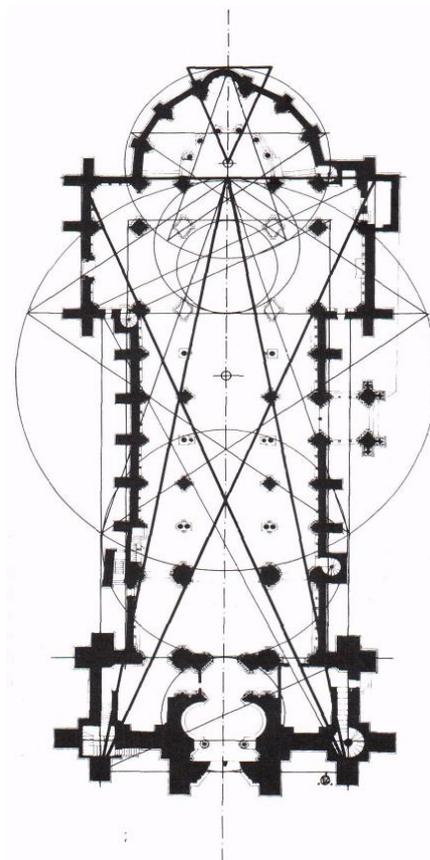
El trazado parece una forma de gráfico estático, pero permite tallar las piezas más complejas a partir de figuras sencillas: el cuadrado y el círculo.

Se construye el hexágono (60°), el dodecágono (30°), el pentágono (72°), los decágonos (36°) convexos o estrellados, con los módulos angulares de 18° , y se llega a reflexiones más filosóficas. La relación entre el radio del círculo y el lado del decágono convexo inscrito es igual al número áureo, así como la relación entre el decágono estrellado y el radio del círculo circunscrito.

Lo mismo ocurre en la relación entre el lado del pentágono estrellado y el lado del pentágono convexo. Las combinaciones se hacen sutiles y todas las figuras que se desprenden de ellas reflejan valores cósmicos. Al observar las figuras de Villard de Honnecourt nos introducimos en un laberinto del pensamiento donde no es difícil hallar un simbolismo que permite vincular al hombre con la obra divina, o con su reflejo.

Los más bellos edificios han sido construidos a partir de formas geométricas simples; mediante hábiles trazados basados en estas figuras geométricas, la construcción se asienta sobre una medida y unas proporciones que unen todas estas partes armónicas.

Es importante destacar que, con el compás, “*el útil del Señor*”, se halla la extraordinaria proporción que es el número áureo. De este modo, se puede crear una gran variedad de formas que guardan





siempre una gran armonía, sumamente estética, puesto que en realidad reflejan las grandes leyes naturales, tanto las de la tierra como las del cosmos.

Al establecer las proporciones a partir de composiciones geométricas, los constructores honran la estética visual, a la que nuestra mirada está acostumbrada, por la observación de la naturaleza o del cuerpo humano.

Los constructores y los maestros de obra realizaron sus construcciones a partir de esta «proporción divina», pero supieron dejarla en su elegante sencillez.

Se puede pensar que en la logia llamada «el cuadrado largo» los arquitectos se sirvieron del número áureo como una función estética, pero sobre todo era un instrumento que permitía ordenar mejor sus trabajos y hacer que se desplegaran en toda su belleza.

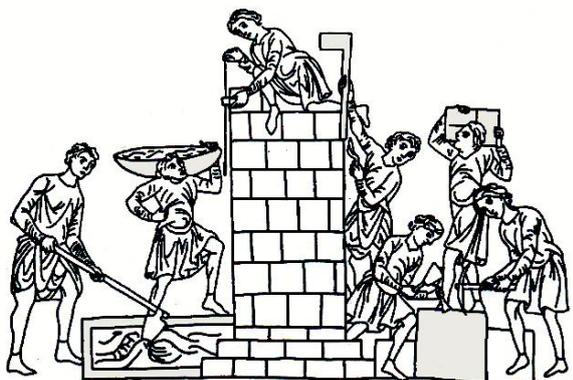
El hombre de la Edad Media sabe observar y, lentamente, descifra el mensaje divino.

Todas estas consideraciones entran mas en el campo filosófico, simbólico, exotérico o como lo queramos llamar. Lo importante es que unos ocho siglos después de su construcción, las catedrales “siguen ahí”, tan bellas y hermosas como fueron construidas y sobretodo, han tenido un mínimo mantenimiento, lo cual contrasta con los edificios modernos, como la torre Eifel de Paris, que solo pintarla, para evitar su oxidación y consiguiente destrucción, cuesta unas tres veces mas en dinero equivalente, de su coste inicial del proyecto.

Tendremos que llegar al siglo XIII, que es cuando aparece, de una forma mas o menos definida, el diseño de proyecto, es decir, un diseño exacto a escala reducida (palimpsestos de Reims, plano ..A» de Estrasburgo). Hasta entonces sólo existían esbozos esquemáticos del tipo de la planta de la abadía carolingia de San Galo, o bien modelos tridimensionales en madera o terracota, como aparecen en los retratos de los donantes.

La construcción

Resuelta la cuestión de la financiación, debía procederse, cuando era necesario, a la expropiación de los terrenos sobre los que se pretendía construir. Generalmente, se ofrecía a los propietarios una suma de dinero en concepto de indemnización, que no siempre era considerada suficiente. Hay noticias de numerosos litigios entre los cabildos y algunos propietarios, que a menudo se resolvieron con un mayor coste, dilatándose enormemente en el tiempo: es el caso de la disputa surgida en 1230 entre el cabildo de Amiens y los frailes de un hospital, poco inclinados a ceder su terreno; su resolución se demoró por más de diez años.



Trabajo en la obra

Obtenido el terreno, podía iniciarse el proyecto, de cuya elaboración se encargaba el arquitecto y participaban diferentes grupos de artesanos.

Mientras que los picapedreros marchaban a la cantera para realizar un primer desbaste y moldurado de los sillares, en el lugar elegido para el edificio, se procedía a la excavación de la fosa de cimentación que, como es lógico, debía ser bastante profunda (en algunos casos se llegó hasta 10 metros desde la planta principal). Esta actividad era confiada a los peones de albañil, el nivel más bajo en la jerarquía de la obra.



Cimientos y muros son el fundamento físico y espiritual de la obra. Los sillares, como las piedras en su multiforme aspecto, simbolizan al pueblo cristiano unido por la argamasa de la caridad, por «el Amor se mueve al Sol y las estrellas», como escribe Dante.

Se daba así inicio a la construcción: los carpinteros disponían los andamios de madera sobre los cuales los albañiles podían trabajar cómodamente, mientras en tierra los amasadores preparaban el mortero (cemento destinado a unir los bloques de piedra) y los canteros preparaban los bloques, cornisas y capiteles.

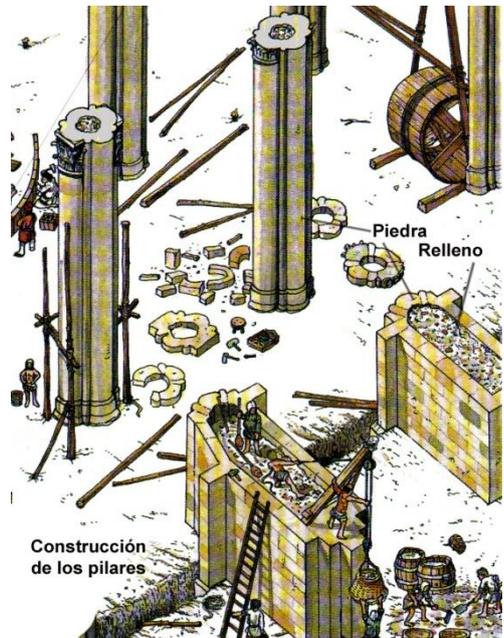
Operarios especializados o simples obreros trabajaban generalmente cinco días a la semana, a una media de 11 horas diarias en invierno, que se convertían en 16 ó 17 en verano.

Por razones climáticas, las obras se interrumpían desde finales de octubre hasta primeros de marzo, y durante este tiempo, el comité procuraba encontrar para los trabajadores, una ocupación sustitutiva, generalmente en el comercio local.

Los elementos desde siempre reconocidos como específicos del Gótico son dos, la bóveda de crucería, que sustituye a la cubierta de madera, y el arco ojival. En realidad, esta solución estaba ya presente en algunas iglesias románicas, pero es con el Gótico cuando se difunde su uso, llevándose hasta los máximos niveles de experimentación.

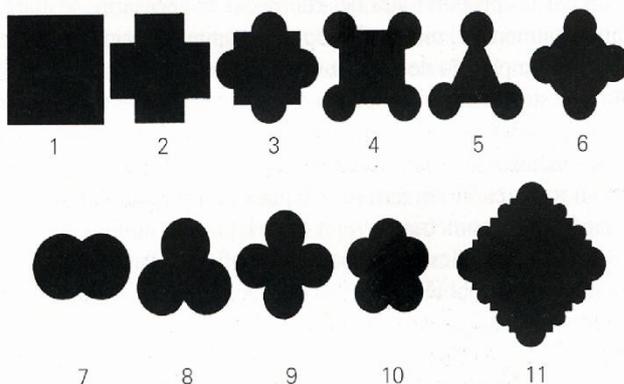
La invención del arco apuntado, fundamental para contener el empuje de las pesadas bóvedas hacia el exterior permite disminuir el peso de la estructura eliminando o aligerando en lo posible los muros y, consiguientemente, permitiendo hacer amplias vidrieras y rosetones que resolviesen el problema de la iluminación interna de los edificios.

La construcción de los pilares que soportan las bóvedas y tejados, resulta una de las tareas mas importantes y complejas. La traza nos indicará el grosor para soportar su peso y los empujes debidos a bóvedas, cúpulas y tejados.



Los arquitectos, según el diseño y su gusto, elegirán la sección de los mismos, que solían ser:

Formas de pilares (corte transversal):



- 1 Pilar cuadrado
- 2 Pilar cruciforme
- 3 Pilar de núcleo cuadrado con columnas en los flancos
- 4 Pilar de núcleo cuadrado con columnas en las aristas
- 5 Pilar de núcleo triangular con columnas en las aristas
- 6 Pilar de núcleo cilíndrico flanqueado por 4 columnas
- 7 Pilar de 2 columnas



- 8 Pilar de 3 columnas
- 9 Pilar de 4 columnas
- 10 Pilar fasciculado
- 11 Pilar compuesto

La cimentación siempre es importante y nos exige un magnifico conocimiento del suelo, pero debe tenerse en cuenta, todavía mas, en los lugares donde van asentados los pilares que soportaran una gran parte del peso total del edificio.

Como los pilares eran bastante gruesos, se construyen de piedra en la parte exterior. Esta piedra debía ser perfectamente cortada, manteniendo el plano superior e inferior perfectamente paralelos. El hueco interior, se rellenaba de argamasa perfectamente mezclada con piedras de río y en muchas ocasiones se disponían unas barras de Hierro que le daban una notable consistencia para poder soportar el enorme peso de las bóvedas.

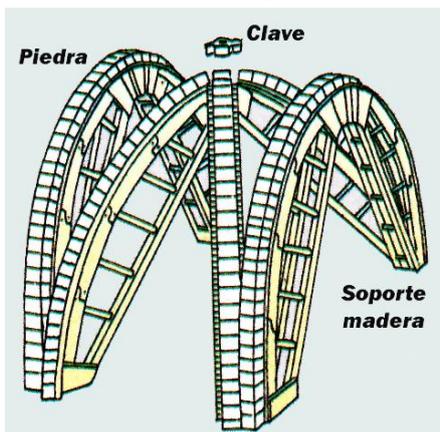
Su ejecución también era laboriosa. Era necesario disponer de todas las hiladas de piedra, muchas veces numeradas, al pie del pilar y comenzar la construcción desde abajo, elevando y colocando los materiales sin interrupción evitando, en lo posible, el secado de la argamasa. En otras palabras, que fuera fraguando de la forma mas homogénea posible, evitando depositar la argamasa "nueva" sobre otra ya seca, pues si esto ocurría podían generarse tensiones internas no deseables.

La verticalidad de los pilares, debería ser perfecta. Si no lo era, parte de la estructura del pilar produciría unas cargas, en la parte superior, no deseables, que podrían llegar a derrumbar el propio pilar. El alineamiento y la verticalidad de los pilares era una de las fases mas criticas de la construcción, de la misma forma que ocurre hoy en día.

Sobre los pilares de la catedral, descansan y se reparten todos los "esfuerzos" generados por bóvedas y tejados.

Cuando los muros verticales ya están levantados, se construye en el suelo, una cimbra de madera, que no es mas que una estructura semicircular que salve el vacío y sirva de apoyo para las piedras que constituirán la bóveda.

Una vez construida, es necesario elevarla hasta la parte superior de los pilares o columnas y ajustarse cuidadosamente mediante cuñas, en su lugar adecuado. Esta tarea, llena de dificultades, debe realizarse con una gran exactitud, cuidándose al máximo la horizontalidad y verticalidad de todos sus componentes.



Sobre la cimbra se colocaran las piedras que servirán de "estructura" de toda la bóveda y "cerrará" las líneas de fuerza de todo el edificio.

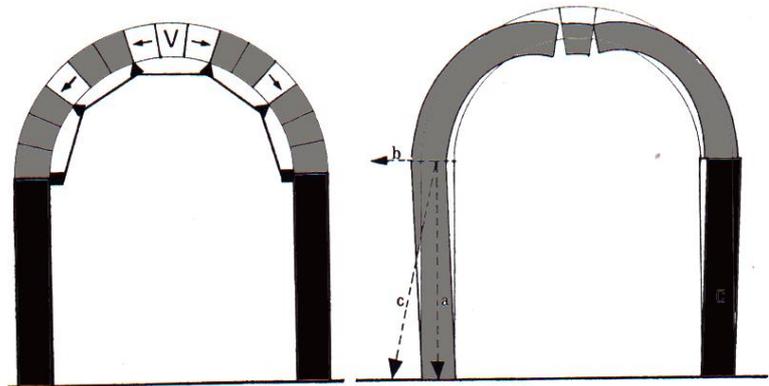
En el punto central, en la inflexión de la bóveda, se coloca un sillar, de diversas formas según convenga, llamado "la clave". Sobre este punto convergen todas las líneas de fuerza que soporta la bóveda. Su ajuste, deberá ser perfecto.

No era sorprendente que al retirar la cimbra, se hundiera parte de la bóveda, debido a milimétricas desviaciones en la construcción que impedían la “compensación” de todas las fuerzas.

Cuando se retira la cimbra, operación muy delicada, la bóveda se asienta e incluso puede hundirse si los muros no son lo bastante resistentes.

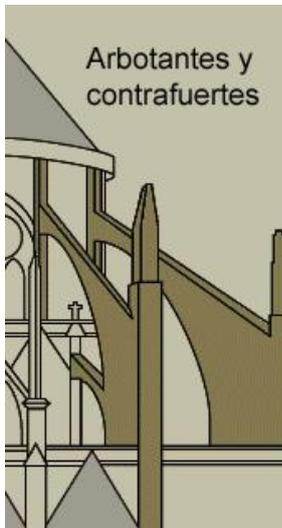
Asistimos entonces al abombamiento o al desplazamiento. Cualquiera de los dos de imposible solución.

En la catedral de Toledo, muy próximo a la capilla situada detrás del altar mayor, puede comprobarse como un pequeño desajuste en una de sus bóvedas, origina una mínima inclinación, que perdura, hoy en día, gracias al excesivo grosor de todos los componentes del edificio.

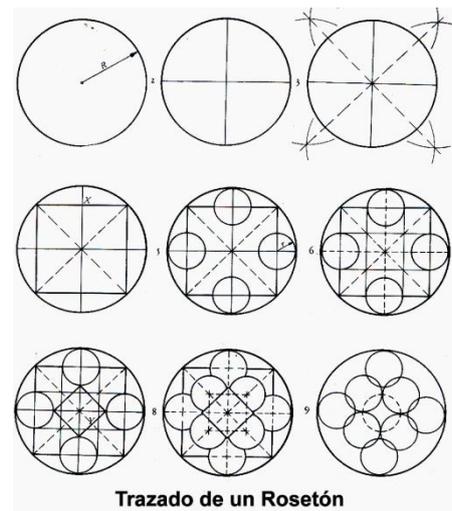


Las bóvedas de la nave central mantienen su equilibrio, apoyándose en los pilares y los muros laterales, reforzados por los contrafuertes adosados y por los arbotantes. Estos son arcos por tranquil, a veces rectos, como tornapuntas, que apoyan en los pilares adosados al muro de la nave central y trasladan los empujes a los contrafuertes exteriores.

Para asegurar estos contrafuertes, se coloca sobre ellos un pináculo, remate puntiagudo que acentúa el perfil ascensional del templo y con su peso fija el contrafuerte. Otros arbotantes a nivel superior, actúan como tirantes, anulando la presión del viento sobre los muros de la nave central. Por último, en la parte superior el coronamiento, a modo de antepecho, encajará muros, arcos formeros y contrafuertes, como cadena que liga toda la construcción.



La catedral gótica es fundamentalmente luminosa, pues en ella la luz desempeña una función primordial. Al concentrarse el peso de la cubierta en pilares y contrafuertes, el arquitecto puede sustituir los muros por amplias vidrieras multicolores.



Por ellas, simbólicamente, entra la luz divina, pues como se lee en la Epístola de San Juan, «Dios es luz y con Él no hay oscuridad alguna», de ahí que para el hombre medieval todo lo luminoso participa en alguna manera de la esencia divina. La luminosidad coloreada del interior de la catedral evoca los ojos espirituales del creyente, la Jerusalén celestial del fin de los tiempos.



Según la simbología cristiana, desde el suelo, donde yacen los muertos, en espera del fin de los tiempos, bajo la bóveda que delimita y simboliza la misericordia divina, se percibe la luz que desciende, mientras al exterior, por pináculos y torres, nuestra mirada se proyecta hacia el cielo. Se contraponen este dualismo, la existencia terrestre que tiende hacia arriba y la visión intelectual de la Jerusalén celestial que desciende creando un espacio coloreado, ya que percibimos la luz divina a través del ejemplo y escritos de santos y teólogos.

En las fachadas, los rosetones alegorizan la rueda de la existencia, de la que nos habla el apóstol Santiago. Los rosetones y ventanales iluminan gradual y diversamente el recinto sagrado, según la hora del día y la orientación. De los tonos opacos del rosetón del norte, a la clara luminosidad del rosetón del mediodía y los tonos rojizos del sol declinante que ilumina el rosetón de la fachada, se crea una armonía cromática, cambiante, paralela a la riqueza cromática de la música de órgano y al esplendor de las ropas y objetos que se utilizan en las solemnes ceremonias litúrgicas.

El diseño del rosetón debería estar de acuerdo con las proporciones totales de la fachada donde se colocaría. Generalmente se trazaba una circunferencia, con el diámetro definido por el arquitecto como



unidad de construcción. Después, esta circunferencia se inscribía en un cuadrado donde, en sus centros, se volvían a inscribir nuevas circunferencias, como muestra la figura.

En la práctica la construcción del rosetón, era realmente compleja. Tenía una superficie bastante grande y “unas paredes de cristal”, lo que la hacían tremendamente sensibles al viento. El soporte del cristal de la vidriera era de piedra, pero estas piedras que formaban la “armadura” tenían que estar perfectamente ajustadas, puesto que las fuerzas de sustentación, no podían compensarse unas con otras debido a que la piedra estaba unida al vidrio en su gran mayoría. Por ello, ese “bastidor de piedra” tenía que hacer de “estructura” de todo el rosetón. Para reforzarlo, se le solía añadir unos nervios metálicos que reforzaban toda la estructura. Además tenían que colocarlo a una altura considerable y debería quedar totalmente ajustado.

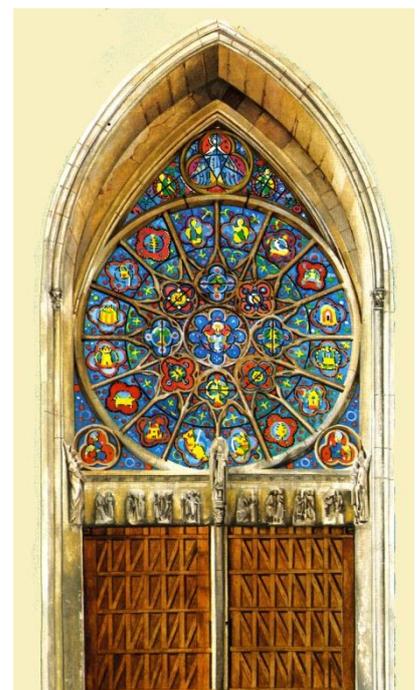
En la práctica, se labraban todas las piedras que lo componían, y en el suelo se montaban y realizaban todos los ajustes oportunos. Después se numeraban cada uno de los componentes para posteriormente elevarlos y fijarlos a su posición correspondiente. Dicho de esta manera, parece fácil, pero hay que tener en



Montaje en el suelo del Rosetón

unidad de construcción. Después, esta circunferencia se inscribía en un cuadrado donde, en sus centros, se volvían a inscribir nuevas circunferencias, como muestra la figura.

En la práctica la construcción del rosetón, era realmente compleja. Tenía una superficie bastante grande y “unas paredes de cristal”, lo que la hacían tremendamente sensibles al viento. El soporte del cristal de la vidriera era de piedra, pero estas piedras que formaban la “armadura” tenían que estar perfectamente ajustadas, puesto que las fuerzas de sustentación, no podían compensarse unas con otras debido a que la piedra estaba unida al vidrio en su gran mayoría. Por ello, ese “bastidor de piedra” tenía que hacer de “estructura” de todo el rosetón. Para reforzarlo, se le solía añadir unos nervios metálicos que reforzaban toda la estructura. Además tenían que colocarlo a una altura considerable y debería quedar totalmente ajustado.





cuenta, además, que había que colocarlos con su Angulo correspondiente, tarea nada fácil incluso en los tiempos actuales. Los cristales de vidrio se colocaban y emplomaban directamente en su lugar definitivo.

Un papel fundamental en la construcción de las catedrales góticas era el desempeñado por los escultores, a cuyo cargo estaba la decoración arquitectónica, y el del maestro vidriero, que realizaba las espléndidas y grandes vidrieras que todavía podemos admirar hoy.

Los cálculos

Los cálculos que se realizaban para sujetar las bóvedas, techos, muros y demás componentes del edificio, era uno de los secretos mejor guardados.

Muchos fueron los “hundimientos” de bóvedas, arcadas, muros, etc., debidos a una base de sustentación insuficiente así como son numerosos los ejemplos de “grosos excesivos” en los elementos de sustentación.

Fue la experiencia y el aprender de muchos errores, lo que permitió mantener en pie las catedrales.

Había muchos factores que había que tener en cuenta además de los típicamente estructurales, por ejemplo:

Los cimientos

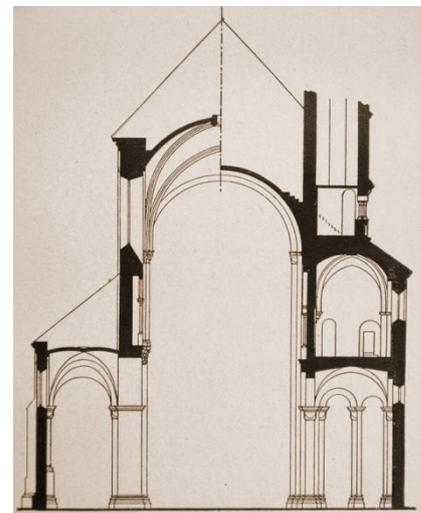
Para la cimentación tenemos que tener en cuenta la Naturaleza del terreno, que puede ser:

- Rocas Estratificadas ó No estratificadas
- Terrenos sin cohesión Graveras
- Arenosos gruesos
- Arenosos finos
- Terrenos coherentes
- Arcillosos duros,
- Arcillosos semiduros
- Arcillosos blandos
- Arcillosos fluidos
- Terrenos deficientes
- Fangos
- Terrenos orgánicos
- Rellenos sin consolidar

Según el tipo de suelo donde se vaya a asentar la catedral, los cimientos tendrán que tener una u otra profundidad.

Desgraciadamente, en una superficie tan grande como una catedral, el terreno nunca era totalmente de un tipo u otro, consecuentemente los arquitectos, deberían estudiar todo el terreno y aplicar unos criterios u otros en función del suelo.

Muchas veces, se construía una catedral “sobre otra”. Una de las razones, es que se conocía bien el terreno y se podían aprovechar parte de la cimentación.





Con frecuencia, en parte de la superficie donde se pretende construir la catedral, nos encontramos que había aguas subterráneas que dificultan o imposibilitan la construcción de un edificio de una altura considerable. Es lo que hoy llamamos Nivel de Aguas Freáticas

En la Edad Media, para conocer el nivel del agua freática, se abría un hueco en la tierra, de tal manera que podían ver dentro de el (50 x 50 centímetros), y esperar que el nivel del agua se estabilice. De esta forma, después de una hora mas o menos, el nivel donde tenemos el agua, será el nivel freático.

Es evidente que era necesario un estudio complejo del terreno para poder edificar.

El viento

El viento en la zona, era otro parámetro muy importante a tener en cuenta en la ubicación o lugar donde se decida la construcción de la catedral.

El viento, es algo que no se elige. En un lugar, históricamente, hace viento o no lo hace, con lo cual a la hora de decidir el tipo de construcción, hay que tener en cuenta este “parámetro arquitectónico”. Según sea este, la construcción deberá ser:

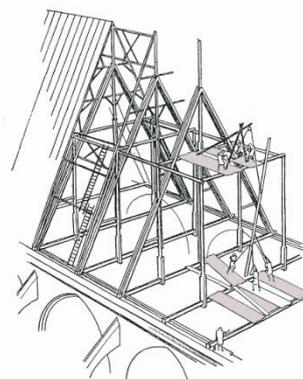
- a. Construcciones prismáticas
- b. De planta rectangular o combinación de rectángulos
- c. De planta octogonal o análoga
- d. Construcciones cilíndricas
- e. De superficie rugosa o nervada
- f. De superficie muy lisa
- g. Construcciones esféricas
- h. Esferas o semiesferas
- i. Casquetes esféricos de relación altura: diámetro 1: 4

Según sea el tipo de edificio, en función del viento dominante y su intensidad, los cimientos y el grosor de los muros deberá ser mayor.

Sobrecarga de nieve

A la hora de realizar el estudio sobre como calcular la estructura de la catedral, resultaba muy importante, conocer la altura donde se encontraría la parte mas alta del edificio sobre el nivel del mar, para considerar la posible acumulación de nieve en los tejados, que produciría “un peso adicional”, en los meses de invierno y que la estructura de toda la catedral, debería soportar, en muchos casos un prolongado espacio de tiempo al año.

Si esta se encontraba a una altura hasta los 400 metros, este efecto era mínimo o casi despreciable, pero como por ejemplo en la catedral de Ávila, que se encuentra en la meseta castellana a mas de mil metros de altura sobre el nivel del mar, donde gran parte del invierno tiene que soportar una capa considerable de nieve o hielo, este factor resultaba ser mucho mas importante, que por ejemplo, en la catedral de Barcelona que está situada próxima al nivel del mar.

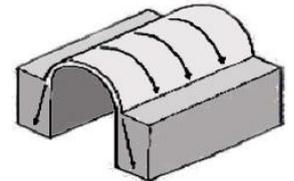


Construcción del Tejado

Los empujes de las bóvedas

Una de las mayores preocupaciones del arquitecto al realizar la traza, era como sujetar, eficazmente, el enorme peso de bóvedas y tejados, que muchas veces era de piedra. Además, precisamente las bóvedas era uno de los principales motivos decorativos de la catedral así como elemento definitivo en su acústica.

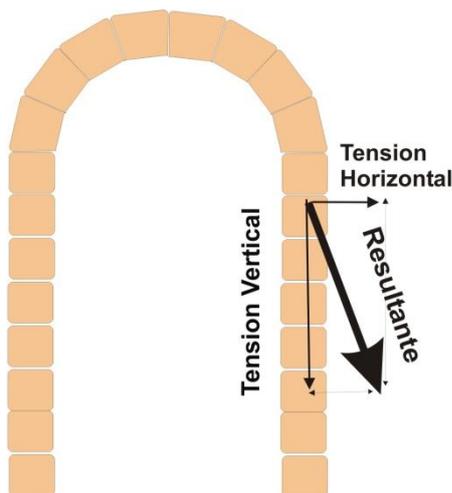
En las catedrales románicas, predominaba la bóveda de cañón, que en principio eran de madera, pero por razones de seguridad, para evitar incendios, fue sustituida por cubiertas de piedra curvilínea, que debido a su gran peso, exigía complicados cálculos de ingeniería. Para bóvedas de hasta 12 metros de anchura, los arquitectos salvaban bien esa dificultad, pero para anchuras mayores era preciso dividir la bóveda en tramos, donde se construyan los *arcos fajones* que descansaban sobre los pilares y descargaban el peso, que muchas veces era necesario compensar con contrafuertes.



Esfuerzo en bóveda de cañón

FUERZAS CONCURRENTES EN UN PILAR

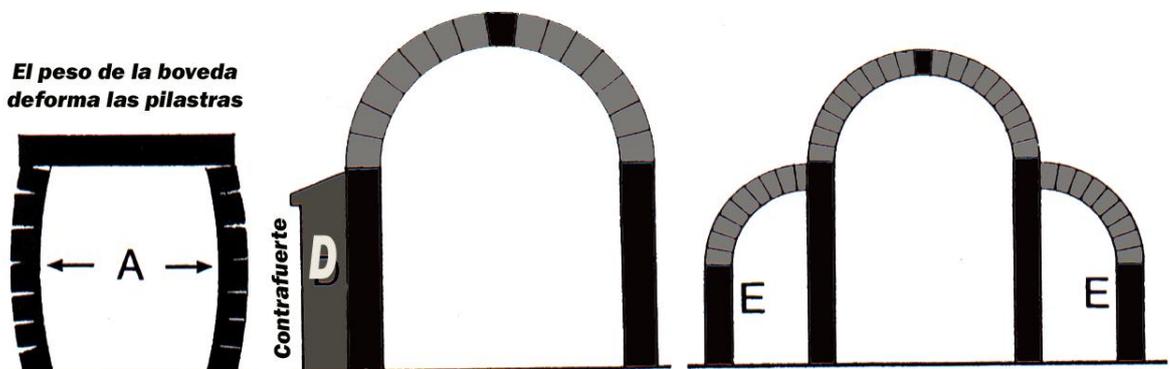
Quizás lo entendamos mejor estudiando las fuerzas que concurren en un pilar.



Cuando construimos un pilar, para simplificar, colocamos una piedra encima de otra y así sucesivamente. Si las piedras se encuentran perfectamente alineadas en sentido vertical, la tensión que soportan, únicamente es su propio peso. A esto se le llama tensión vertical.

Al apoyar un pesado arco de piedra sobre la parte superior, se genera una nueva fuerza, en sentido horizontal que desequilibra el pilar pudiendo partirlo. A esta componente de fuerza se le llama tensión horizontal.

Evidentemente la fuerza resultante será función, cuantitativamente, de la tensión horizontal.



Para combatir los empujes originados por las cargas y la consiguiente fuerza "oblicua", habrá que recurrir a un tensor, un contrafuerte (D) o un apuntalamiento (E).

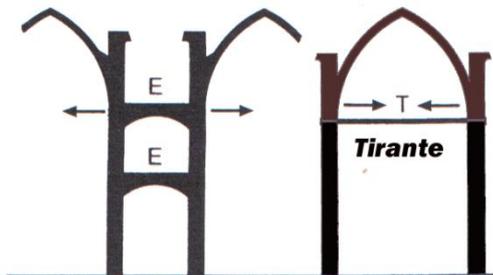
Los empujes también pueden contrarrestarse mediante el acodamiento (E), es decir, por el tirante (T).

Para evitar que los pilares se separen por la acción de las tensiones horizontales, se refuerzan mediante tirantes (T) contrafuertes o arbotantes.

De este modo, se refuerzan los muros y su propio peso evita que se desplacen.

No obstante, siempre es mejor reducir el volumen de los materiales empleados sin dejar de controlar las fuerzas de acción; así se llega al arbotante, que debe estar perfectamente calculado.

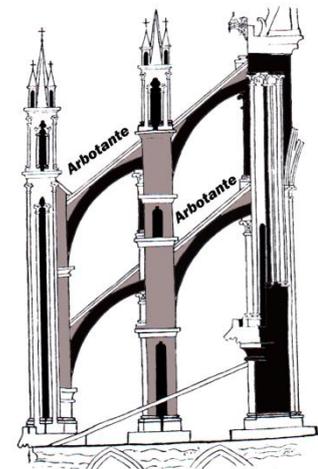
Así, con una técnica cada vez más simple, con la resolución del problema de los empujes y con el empleo de pináculos para estabilizar la construcción, hemos llegado al arte gótico, en el que grandes áreas de muro se eliminan, pues han dejado de ser necesarias.



Se descubren, asimismo, las ventajas del arco apuntado y su importancia a la hora de

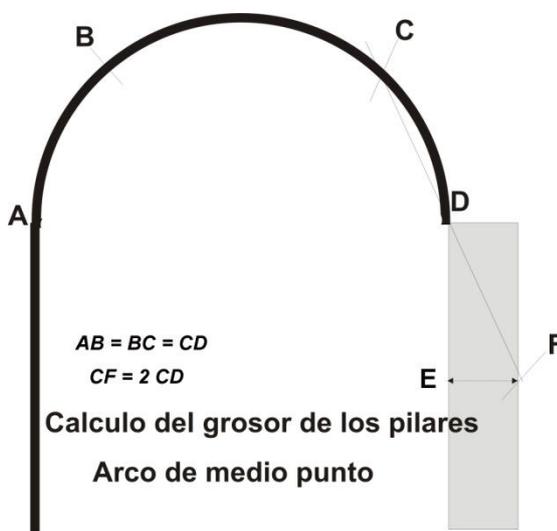
contrarrestar el empuje horizontal; cortando y oponiendo los arcos, la bóveda no se carga ya sobre los muros, sino únicamente sobre cuatro pilares bien asentados. De este modo, todo el peso de la bóveda es soportado por dos arcos diagonales.

Los vanos se cubren con vidrieras, más fáciles de fabricar. El ejemplo más llamativo es el de la Sainte Chapelle de París, donde sólo se ven vidrieras, ya que los muros han sido sustituidos por numerosos arbotantes.



La geometría permite determinar el espesor que deberá tener el muro o el contrafuerte; los arquitectos dan gran importancia al trazado, ese arte que tan buenas indicaciones prácticas

proporciona y que los constructores medievales supieron explotar de forma admirable.



El R.P. Francois Derand, de la Compañía de Jesús, explica cómo se determina el espesor que hay que dar a una pared para que soporte una bóveda. Su método figura en el capítulo VI de su obra *l'Architecture des voûtes ou l'art des traits et coupe des voûtes*. Este tratado fue publicado en 1643 al cuidado del impresor Sébastien Cramoisy, rué Saint-Jacques de París.

Su explicación no era científica, pero estaba avalada por la experiencia y el estudio de numerosas bóvedas.



Lo calculaba, geoméricamente, de la siguiente manera:

Tomaba la longitud de la semicircunferencia que formaba la bóveda.

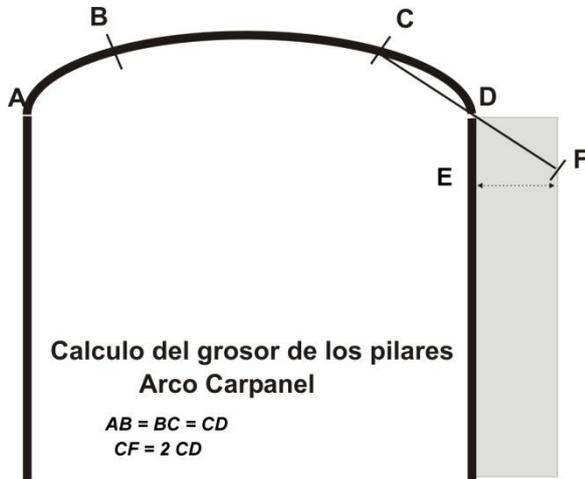
La dividía en tres partes exactamente iguales, es decir

$$AB = BC = CD$$

Con el compás hacia centro en *D* y tomaba como radio la distancia *DC*.

Con esta distancia, haciendo centro en *D* trazaba un arco en la parte inferior.

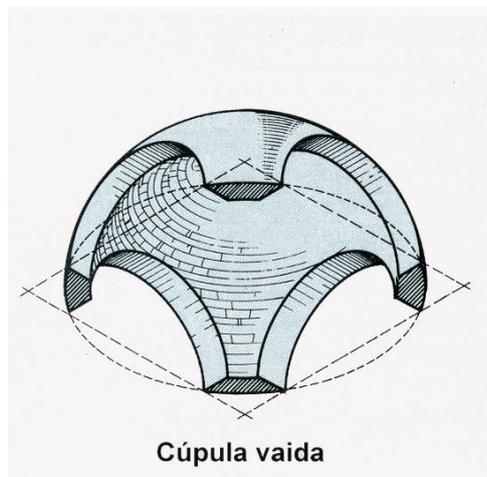
Trazaba una recta entre el punto *C* y el arco anteriormente trazado. El punto de corte lo llamaba *F*.



El grosor del pilar o el muro de sustentación sería la distancia de *EF*
Si repetimos el mismo razonamiento con el Arco Carpanel, que es mucho mas exagerado que el de Medio Punto y que lógicamente la tensión horizontal es muy superior, observamos que la distancia *EF* es muy superior.

Consecuentemente, el grosor, deberá ser mayor , << lo que será suficiente para resistir el peso de la bóveda, como la práctica y la experiencia demuestran>> para poder ser compensado, todo el peso de la bóveda, según el R.P. Francois Derand.

Otra dificultad a resolver era que, las cúpulas eran semiesferas huecas que debían apoyarse en una planta cuadrada o rectangular. La cúpula llamada "vaida" fue una de las mejores soluciones y que fue muy utilizada por el español Vandelvira entre otros, en la catedral de Jaen.



La forma de resolver estas dificultades, fueron diferentes en el periodo románico y en el gótico.

La acústica

La música, es arte mágico, que te envuelve, según el libro *Acoustique cistercienne et la unité sonore*.

La iglesia, lugar de comunicación, debe permitir a todos los fieles oír claramente, no sólo la música, sino todas las palabras del sacerdote. Desde algunos lugares determinados, la voz se escucha mejor y el sonido rebota con normalidad.

Actualmente disponemos de medios electrónicos y, sin embargo, la sonorización no consigue siempre los resultados apetecidos. Los antiguos prestaban gran atención a las zonas de



resonancias: nadie duda de que bajo las grandes cúpulas de la iglesia Sainte-Marie de Souillac obtuvieron la concentración de los sonidos armónicos.

Las siete notas de nuestra escala se asocian, según Fabre de Olivet, a los siete planetas, que emiten una música celeste. Existe una comunicación entre el cielo y la tierra, al igual que el conjunto de la catedral crea un vínculo entre lo sensible y lo inteligible.

Para el Li-ki chino, la música es la expresión de la unión del cielo y la tierra.

El poder del libro pétreo, que es una catedral, de esa nave que protege a los fieles y los transporta a las orillas de la felicidad, se refuerza con el canto. La música corresponde al ritmo de la piedra.

La música estudiada en las universidades se encuadra dentro de la sección superior de las siete artes liberales, el *quadrivium*. En el espíritu escolástico de la Edad Media, Guillermo de Machaut crea motetes extraordinarios basados en el principio de la isorritmia, con su cadencia sistemáticamente repetida.

Si discernimos la alianza que existe entre el ritmo de la construcción de las catedrales y el ritmo musical, la concordancia entre los poderes simbólicos de uno y otro, entenderemos que el arquitecto debía poner especial cuidado en la acústica de su construcción.

Hubert Larcher, en un texto admirable, define lo que es el silencio del claustro y la unidad sonora de la bóveda; según este autor, cuando el oratorio da paso a las inmensas catedrales, cuando la ojiva gótica escala hacia el cielo, el sonido se aleja del oído. La reflexión de Hubert Larcher está hecha a partir de la abadía de Thoronet, cuya acústica es realmente admirable.

Imitando, sin duda, la experiencia de los actores griegos, que amplifican su voz gracias a vasijas de barro cocido o de bronce, los constructores cistercienses incluyen en el interior del edificio recipientes de terracota. Estas vasijas de resonancia, encastradas en la pared, en la bóveda o en lo alto de los muros, son más numerosas cerca del coro y del púlpito. La boca de estas vasijas es lo único que se asoma en la pared. Su capacidad oscila entre 2 y 12 litros. En cuanto a la forma, que varía mucho según las regiones, es parecida a la de jarras de pequeño tamaño o ánforas de cuello estrecho.

A menudo, se hace difícil distinguir los orificios, pues se confunden con los agujeros dejados durante la construcción para el paso de las cuerdas, pero fueron descubiertos durante la restauración de estos edificios. El hermano René Floriot ha estudiado sus propiedades basándose en un centenar de iglesias de Francia y doscientas en todo el mundo, entre ellas algunas mezquitas. Algunos de estos orificios fueron tapados, sin que por el momento se conozcan las causas.



Con el fin de comprender mejor el interés que tienen estas vasijas de barro, se han llevado a cabo algunas pruebas, primero en laboratorios, reconstruyendo el entorno, y más tarde en las propias iglesias. Se ha observado que los sonidos agudos son absorbidos, que se produce una nivelación de los picos y que disminuye el tiempo de resonancia para las frecuencias más bajas. Parece por tanto, que el objetivo principal de estas vasijas acústicas era que la voz fuera más inteligible.

Aún no sabemos cómo se distribuían éstos recipientes en la iglesia, ni tampoco por qué no todas las iglesias los poseen; desconocemos también si eran eficaces, pero los constructores medievales eran gente pragmática y, si insertaron en sus construcciones estos captadores de sonidos, fue porque tenían alguna utilidad.

En estas construcciones no hay nada improvisado, todo participa de la unidad de la iglesia. Al simbolismo de la forma, de la decoración esculpida, pintado sobre una pared o sobre un cristal, se suma el de la música, el de la vibración de la voz, ritmos que se introducen en cada persona y que actúan sobre su psiquismo: el fiel se sumerge en una conjunción mágica de gran intensidad.

La iglesia, orientada, sometida al resplandor de la luz, sitúa al sacerdote en un lugar preciso; al modificar actualmente estos emplazamientos y acercar el pastor a los fieles, situándole de espaldas a oriente, estamos invirtiendo lo que fue determinado por nuestros antepasados; empleamos además unos sistemas electrónicos que crean una acústica, que rompe con los ritmos inicialmente previstos. La catedral medieval es un todo; resulta difícil modificar sus estructuras sin rebajar su valor sagrado.

La consagración de los templos

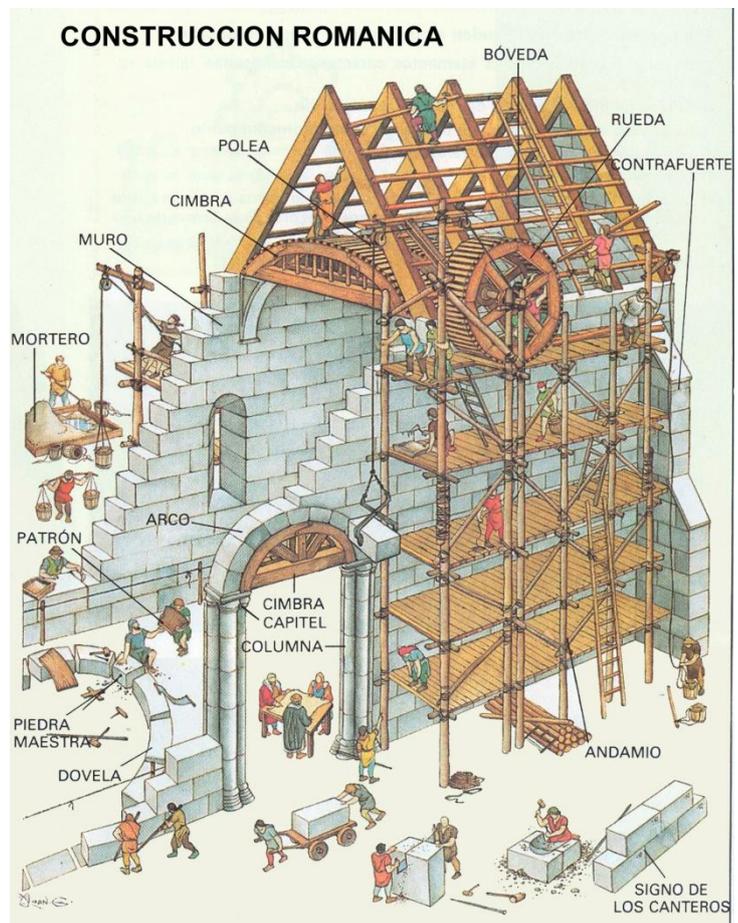
La consagración de los templos no era competencia del arquitecto que, sin embargo, debía conocer el ritual para que la presentación de su obra no desmereciera.

Un monumento religioso no puede recibir a los fieles antes de ser consagrado mediante una ceremonia especial de significado místico. Fue así como Salomón procedió a consagrar su templo, según nos cuenta el Antiguo Testamento.

CONCLUSION

En los tiempos de la construcción de las grandes catedrales, el hombre está obsesionado “con lo que hay después de la muerte” intentando encontrar un lugar mejor en la otra vida, comprando a la iglesia privilegios, bulas, etc., mediante limosnas,

Millares de esculturas nos demuestran que el hombre medieval lee la historia sagrada en la exuberante riqueza de la





ornamentación, llena de un simbolismo complejo.

El motivo simbólico penetra en el subconsciente del hombre, le lleva a emprender el largo camino interior; los fieles, que generalmente no saben leer, interpretan así este arquetipo del pensamiento humano.

Muchas veces confundimos lo simbólico con lo científico.

Los constructores transportaron miles de toneladas de materiales; la cantidad de piedra destinada a estas obras, es superior a la del conjunto de todas las pirámides, pero los trabajos de Egipto tardaron en realizarse más de mil años. En cambio el grandioso fenómeno europeo empieza hacia el año mil y finaliza unos cuatrocientos años más tarde

Hablar de una catedral suele acabar siendo una enumeración de diversos estilos que se mezclan y que, sin embargo, poseen muchas afinidades.

La decoración interior, rica y de gran colorido, no pudo resistir el paso del tiempo, pero las estructuras de nuestras catedrales e iglesias continúan todavía en pie.

Asoladas por las guerras, por los enfrentamientos fratricidas, políticos o religiosos, por los bombardeos, el fuego, la intemperie, la contaminación..., a pesar de todo, siguen estando ahí, activas y acogedoras al mismo tiempo.

Las catedrales, han conservado prácticamente los mismos materiales desde hace ocho siglos.

La catedral se construía para Dios.

BIBLIOGRAFIA

Nota: En este pequeño trabajo, en vez de incluir "citas al pie de pagina" he preferido citar las referencias bibliográficas, dentro del texto, con animo de hacerlo mas comprensible.

Además de la bibliografía citada en el texto y de las numerosas conversaciones con el que fue Deán de la Catedral de Toledo D. Edencio Cofreces, se ha consultado la siguiente:

Georges Jouven: L'Architectire sacrée (Dervy-Livres. 1979) y La Forme initiale (Dervy-Livres. 1986).

Artículo de la revista Archeologia (nº 42, noviembre 1980).

Roland Bechmann: Les Rocines des cathédrales (Payot, 1981, p. 15)

Georges Duby: San Bernardo y el arte cisterciense (Taurus, 1981, p. 17)

<http://es.wikipedia.org/wiki/Carpinter%C3%ADa>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Argamasa>

Alexander G. Keller, Los veintiún libros de los ingenios y las maquinas, The university of Chicago Press.



Los ingenios y las maquinas en tiempos de Felipe II, publicado por la Sociedad Estatal para la conmemoración de los centenarios de Felipe II y Carlos V, Madrid 1998.

Talleres de Arquitectura en la Edad Media, Moleiro editor s.a.

Otto von Sinsom, La catedral Gótica, Alianza Editorial, 1980

Jean-Pierre Bayard, El secreto de las catedrales, Editorial Tikal, 1995

Azcárate, José María. Arte gótico en España. Madrid: Ediciones Cátedra, 1990.

Estudio del hermano René Floriot en el Bulletin du Groupe d'acoustique musicale n° 98., junio 1978 (Universidad de París-VI: Tour 66, 4, place Jussieu, París v; profesor Leipp)