

TEMA 3

**LA ESCULTURA EN PIEDRA:
TIPOS DE PIEDRA,
HERRAMIENTAS DE LABRA
Y SISTEMAS DE REPRODUCCIÓN DE
ESCULTURAS**

Asignatura: Metodología de Conservación y Restauración de Escultura I
(materiales pétreos)

Curso: 2018-2019

Grado: Conservación y Restauración del Patrimonio Cultural

Departamento: Pintura y Conservación-Restauración

Facultad: Bellas Artes

Universidad Complutense de Madrid

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. CLASIFICACIÓN DE LAS PIEDRAS
 - 2.1. Rocas ígneas
 - 2.2. Rocas sedimentarias
 - 2.2.1. Calizas
 - 2.2.2. Areniscas
 - 2.3. Rocas metamórficas. Mármoles
3. EXTRACCIÓN DE LAS PIEDRAS. CANTERAS
4. TRANSPORTE DE SILLARES
5. CARACTERÍSTICAS DE LAS PIEDRAS
 - 5.1. Características generales
 - 5.2. Propiedades mecánicas de las piedras
6. HERRAMIENTAS DE LABRA
7. LA TALLA ASISTIDA
9. BIBLIOGRAFÍA

* * * * *

1. INTRODUCCIÓN

El ámbito de la restauración de materiales pétreos puede abarcar una gran variedad de obras:

- Obras civiles: acueductos, puentes, etc.
- Edificaciones en general
- Portadas, adosadas a edificaciones (en el exterior)
- Grupos escultóricos que decoran edificios (en el exterior)
- Portadas, relieves o conjuntos escultóricos adosados a edificaciones (en el interior): arcos, sepulcros, arcosolios, claustros, etc.
- Esculturas colosales talladas directamente en la roca (en el exterior)
- Esculturas colosales exentas (en el exterior): ej. esculturas egipcias de alabastro, cabezas olmecas,...
- Monumento público (en el exterior). En ocasiones, circundado por una fuente
- Y todo tipo de obra ejecutada en piedra

2. CLASIFICACIÓN DE LAS PIEDRAS

Una roca puede ser definida como una porción de la corteza terrestre constituida por un agregado de minerales, cuya composición y características la hace diferenciable de otras porciones de la corteza terrestre.

Los criterios para realizar una clasificación petrográfica pueden ser muy variados: genéticos, composicionales, texturales, industriales,... El sistema de clasificación más empleado es el que estudia las rocas en función de su formación (génesis), y las divide en tres categorías: rocas ígneas, rocas sedimentarias y rocas metamórficas.

2.1. Rocas ígneas

Se denominan rocas ígneas aquellas que se consideran formadas por la consolidación de materiales fundidos, originados en el manto superior o en la zona profunda de la corteza terrestre, a los que se da el nombre de magmas. Por esta razón, las rocas ígneas se conocen también como rocas *magmáticas*. Las rocas ígneas se pueden dividir, a su vez, en:

- *Intrusivas o Plutónicas*: El magma se enfrió lentamente, en el interior de la corteza terrestre, dando lugar a rocas de cristales gruesos (estructura fanerítica = cristales visibles). Por ejemplo: **granito, sienita, diorita y gabro**.

- *Extrusivas o Volcánicas*: El enfriamiento rápido del magma, sobre o cerca de la superficie de la corteza terrestre, dio lugar a la formación de rocas con cristales finos (estructura afanítica = cristales no visibles a simple vista). Por ejemplo: **basalto, felsita, pórfido y obsidiana**.

• Tipos de rocas ígneas: granito, sienita, diorita, gabro, pórfidos, felsita, andesita, obsidiana y basalto.

Las rocas ígneas son rocas duras [granito (7) y basalto (5-6)], compactas y de baja porosidad. Sin embargo, la anómala contracción del cuarzo durante el enfriamiento del magma, con respecto a los otros constituyentes, que dio lugar a la formación de microfracturas alrededor y a través de los granos de cuarzo, determina la porosidad relativamente alta de los granitos. Se componen, básicamente, de sílice (53-73%) y aluminio (10-25%).

De todas estas rocas la más común es el **granito**, compuesto, fundamentalmente, de feldespato, cuarzo y mica, en distintas proporciones y, con estructura cristalina y entrelazada. Se utiliza como piedra de cantería o como tableros serrados de grandes bloques. Se han utilizado en la construcción y talla desde muy antiguo, como atestiguan los castros célticos de la zona noroccidental de la península.

La denominación comercial de **granito** engloba a casi todas las rocas de aspecto ígneo, incluidos los neises (rocas metamórficas). A las rocas ígneas de coloraciones más oscuras se les llama comúnmente “granitos negros” (por ejemplo, al basalto, aunque éste no sea un granito).

- Una de los tipos de rocas ígneas más utilizados en la comunidad de Madrid es la **Piedra Berroqueña** (extraída en la Sierra de Guadarrama, en las proximidades de Madrid). Es un granito de color gris, grano fino y presenta numerosos xenolitos (negrones o gabarros). Los

granitos madrileños se emplean fundamentalmente en zócalos y partes bajas de los edificios, por ser impermeables y presentar gran resistencia a la compresión. También se emplean en pavimentos. Ejemplos de edificios donde se ha utilizado la piedra berroqueña: Palacio de Oriente y El Escorial.

- El granito **Gris Mezquita**, también llamado *Gris Albero*, se extrae de las proximidades de San Ciprián de Hermisende (Zamora). Tiene color gris claro y grano bastante uniforme. Se utiliza tanto en interiores como en exteriores y admite un buen pulido.

- **Granito Gris de Cardeñosa**. También conocido en el pasado como *Gris Ávila*, se extrae en la localidad de Cardeñosa (Ávila). Tiene un color gris claro y tamaño de grano medio. Con él se elaboran todo tipo de piezas de cantería, aunque la mayor producción corresponde a las baldosas. Se destinan fundamentalmente al amueblamiento urbano, pavimentos y fachadas de edificios. Esta roca se ha utilizado desde hace siglos en la construcción de la zona monumental de Ávila.

2.2. Rocas sedimentarias

Las rocas sedimentarias se forman por la deposición de sedimentos procedentes de la alteración y disgregación de las rocas que constituyen la superficie terrestre y, de la posterior consolidación de los mismos. Es decir, son el resultado de la alteración, transporte, sedimentación y transformación de la roca coherente.

Son rocas de tamaño de grano muy variado, y cuya estructura está formada por fragmentos de rocas cementadas (**areniscas**) o por acumulación de restos orgánicos o precipitados químicos (**calizas** y **dolomías**) o por precipitados evaporados (**yeso**, **anhidrita**).

- Tipos de rocas sedimentarias: conglomerados, calizas, dolomías, conchíferas, areniscas y pizarras.

Por lo general, las rocas sedimentarias presentan facilidad de corte debido a su baja abrasividad, buenas cualidades para la construcción y talla y, por ello, amplias posibilidades creativas. Por lo general, son bastantes porosas las areniscas y calizas, mientras que la dolomía tiene porosidad media. Dureza: calcita (3), dolomita (3'5) y cuarzo (7). Componentes básicos: carbonato cálcico, cuarzo y feldespato.

Dentro de las rocas sedimentarias también se encuentran el **yeso** y el **alabastro**, siendo este último un tipo de yeso, que por sus propiedades físicas (baja dureza, translucidez,...) es muy adecuado como roca ornamental. Los mejores ejemplos de escultura en alabastro se encuentran en Aragón: Retablo de la Seo (Zaragoza), Retablo del Altar Mayor de la Basílica del Pilar (Zaragoza), Retablo de la Trinidad en la Catedral de Jaca, ... En Toledo es de destacar "La Transfiguración de Cristo" de Berruguete, en el coro de la catedral de Toledo. En el antiguo Egipto se utilizó para la realización de los contenedores de vísceras de las momias.

2.2.1. Calizas

Las rocas calizas son aquellas en las que los componentes carbonatados exceden a los no carbonatados. Las rocas que están compuestas de calcita (carbonato cálcico) se conocen con el nombre de calizas y cuando están compuestas de calcita y dolomita (carbonato cálcico y magnésico), y esta última supone el 50% del material, se llamarán dolomías.

Entre las calizas se encuentran los **travertinos**, las **tobas** y las **cretas**.

Una de las características fundamentales de las rocas sedimentarias es la presencia de estructuras orgánicas denominadas fósiles. Son estructuras muy variadas, desde capas carbonatadas constituidas por organismos coloniales (algas y corales), hasta impresiones o rastros de los organismos que vivían durante la deposición del sedimento (impresiones vegetales), e incluso restos fecales mineralizados (coprolitos).

En la antigüedad se usaron en ciudades celtibéricas como Numancia (Soria), edificaciones romanas como Clunia (Burgos) y a lo largo de la Edad Media, en numerosos testimonios monumentales repartidos por la región. Las esculturas más naturalistas de Egipto (*Nefertiti* o *Escribas sentados*) suelen ser de piedra caliza policromada.

Algunos tipos de caliza son:

- **Piedra de Tamajón** (Sierra norte de Madrid y Guadalajara). Caliza de color amarillento, con partes dolomitizadas. Contiene también arcillas y minerales de hierro y, a veces, es posible identificar algunos fósiles. Se ha utilizado mucho en monumentos de Alcalá de Henares.

- **Piedra de Colmenar** (Castilla y Valle del Ebro). Es una caliza travertínica, de gran dureza, de color blanco, tamaño de grano fino y vacuolas (coqueras). Presenta, también, abundantes fósiles de gasterópodos y de fauna. Algunos ejemplos: Palacio Real de Aranjuez, Palacio de Oriente, La Plaza Mayor de Madrid, Catedral de la Almudena, Jardín Botánico, etc.

- **Piedra de Boñar**. En las cercanías de Boñar (León). En realidad es una dolomía de grano fino y de tonos ocres. Desde hace muchos siglos se viene utilizando, en el área de León y norte de España, en las grandes construcciones, tanto en forma de sillares, como en labra y escultura. Ejemplos de ella se encuentran en los edificios nobles de León, incluidos la Catedral y el Hostal de San Marcos.

- La **Piedra de Hontoria**, Hontoria de la Cantera (Burgos), es una caliza poco cristalina, sin brillo, de color blanco muy uniforme, que se explota subterráneamente y obteniendo bloques muy regulares. Admite todo tipo de acabados y se ha utilizado en edificios muy representativos de la capital burgalesa, la Catedral, el Arco de Santa María, la Casa del Cordón, etc.

- **Piedra de Novelda** (Piedra “Almorquí” o “Bateig”). La novelda es un tipo de calcarenita procedente de la cuenca de Alcoy (Alicante). Tiene colores variados, blancos, grises, azulados o amarillentos. Está compuesta mayoritariamente de calcita, cuarzo y arcillas, con abundantes fósiles. Su tamaño de poro es fino. La piedra de Novelda se ha empleado mucho en España, en particular en la construcción y restauración de los monumentos madrileños de los dos últimos siglos, tal es el caso de edificio de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, Palacio de Linares, antigua sede central de la Compañía Telefónica Nacional de España, monumento a Alfonso XII, monumento a Colón, etc.

- **Rosa Sepúlveda**. Es una calcarenita con aspecto de arenisca, de tonos rosados, producidos por el óxido de hierro, que se explota en canteras de los alrededores de Sepúlveda (Segovia). Es una piedra apta para muchos tipos de acabados y para la labra artesanal. Un buen ejemplo de perdurabilidad en el tiempo, calidad y posibilidades decorativas es el palacio y jardines de la Granja de San Ildefonso (Segovia).

- **Arenisca de Bernuy**. La llamada arenisca de Bernuy, es en realidad una dolomía de grano fino, amarillenta, algo porosa y compacta. Procede de Bernuy de Porreros (Segovia) de donde se extraen los sillares que son aserrados en el taller. Se caracteriza por tener un cálido tono ocre salpicado por un moteado más oscuro. Tiene un amplio uso.

2.2.2. Areniscas

La arenisca es una roca formada por la consolidación de un estrato arenoso, en la que los granos o detritos están compuestos principalmente de cuarzo y feldespato. Tiene espacios vacíos o poros y los materiales cementantes están compuestos de sílice, óxidos de hierro, calcita o arcilla.

Por lo general, las areniscas se prestan muy bien para la talla aunque los granos de cuarzo tienden a desgastar las herramientas con rapidez. Se empleó mucho en el Románico, y en Oriente dio cuerpo a numerosos Budas. Algunos tipos de areniscas son:

- La **Arenisca de Villamayor** o *Piedra franca* se extrae en varias canteras de los alrededores de Villamayor (Salamanca). Utilizada en la mayoría de los edificios salmantinos. Son areniscas de grano muy fino, de tonos ocres pálidos con vetas y manchas rojizas más oscuras. En el momento de su obtención en las canteras es un material muy blando, adquiriendo dureza con la pérdida de humedad y el paso del tiempo. Es de destacar su facilidad para cortarla y para su talla y labra, siendo tanta la filigrana que admita su trabajo que dio origen a la denominación de Plateresco.

2.3. Rocas metamórficas

Son aquellas, que siendo de origen ígneo o sedimentario, se han visto afectadas por procesos de transformación, modificándose por haberse sometido a unas condiciones físicas de presión y temperatura distintas de aquellas bajo las cuales se originaron.

Una baja intensidad metamórfica condujo a la formación de rocas de grano muy fino (**pizarras, mármoles y granitos neisíticos**), mientras que procesos metamórficos más intensos dieron lugar a rocas de granos más gruesos (**esquistos y mármoles de grano más grueso**).

Las rocas metamórficas son rocas cristalinas con distinto tamaño de grano, estructura y composición, en función de las rocas (ígneas o sedimentarias) de las que proceden. Los mármoles tienen una composición similar a las calizas, los neises a los granitos y las cuarcitas al cuarzo.

- Tipos de rocas metamórficas: mármoles, neises, cuarcita, serpentina y pizarra.

Las rocas metamórficas tienen porosidad media, mayor en mármoles y neises y más baja en pizarras y cuarcitas.

No todas las rocas metamórficas pueden utilizarse como piedras monumentales. Las principales son mármoles y pizarras, aunque se utilizan también en menor medida las cuarcitas y los neises.

2.3.1. Mármoles

El mármol es una roca metamórfica, de estructura cristalina y entrelazada, que procede de las calizas y las dolomías. Los minerales principales son calcita y dolomita, y otros elementos menos numerosos como talco, anfíboles, clorita, cuarzo, grafito, pirita y hematites, que, generalmente, se encuentran localizados en las vetas.

El término comercial de mármol incluye cualquier roca cristalina susceptible de pulimento, incluyendo, por tanto, a las calizas cristalinas y a las serpentinas.

Algunas variedades de mármoles son:

- **Mármol de Carrara.** Mármol famoso por su blancura y uniformidad, procedente de los montes Apuanos, cercanos a Carrara (Italia), ciudad que lo comercializa desde el tiempo de los romanos. Fue el más empleado por los renacentistas, barrocos y neoclásicos.
- **Mármol de Macael.** Veteado, tamaño de grano medio, con grandes cristales visibles. Procedente de la sierra de los Filabres (Almería). Hay testimonios de él en la Alambra de Granada.

3. EXTRACCIÓN DE LAS PIEDRAS

Como resultado de los procesos geológicos descritos, en algunas zonas de la Tierra se encuentran formaciones rocosas que, por su calidad, son explotadas por el hombre desde antaño. Se las denomina canteras.

Una vez localizadas, y después de conocer las características del yacimiento mediante complejos cálculos se inician las labores de desmonte del material para dejar al descubierto las rocas que se comercializarán.

- La mayoría de las **canteras** se excavan **a cielo abierto** que, como su propio nombre indica, se encuentran al aire libre, ya que el estrato geológico demandado se sitúa muy cercano a la superficie. La explotación de este tipo de canteras se realiza de forma escalonada en sentido ascendente o descendente.
- Aunque también podemos encontrar **canteras de mina** cuando el estrato donde se sitúa la piedra demandada se encuentra a una profundidad que hace antieconómico el laboreo a cielo abierto. Las minas se disponen en galerías o pozos. Ejemplo: canteras de Colmenar de Oreja.

La extracción de las piedras se efectúa por diversos procedimientos, que dependerán de la naturaleza del material y del sitio en que se halla. En algunas ocasiones, habrá que tener en cuenta las divisiones naturales de la roca madre, originadas por presiones geológicas que producen fisuras, o bien, por los estratos que se crearon cuando se formó la roca.

Por lo general, la carga o empuje necesarios para partir la piedra deberá ir perpendicular a la estratificación natural de la roca. En cuanto a los bloques o sillares obtenidos - *boliches*, *maletas* o *carretes* - la cara superior se llamará “cara de lecho” y la inferior “cara de sobrelecho”.

Sistemas de extracción

En la antigüedad, se fragmentaban los bloques introduciendo cuñas de madera en las grietas y fisuras y al hincharse con agua resquebrajaban la roca, o bien plantaban arbustos cuyas raíces hacían la misma función.

Aunque por supuesto la mayoría de las herramientas antiguas ha sido sustituida y mejorada, en la actualidad, como entonces, el éxito de la extracción dependerá de la pericia y conocimiento del cantero, ingeniero de minas, geólogo, etc. al perforar la roca en el lugar adecuado.

- Acuñado o Cuarteo

El sistema de cuñas ha sido utilizado durante miles de años para todo tipo de piedras y todavía se sigue utilizando. Consiste en la realización de unas incisiones en el bloque pétreo donde se alojarán unas cuñas de hierro o acero, que al ser golpeadas con la maza, dividirán la piedra en dos. Si se hace con conocimiento, el corte puede ser muy exacto. Esto es posible por la poca resistencia a la tracción que tienen las piedras.

- Barrenado

Este sistema puede ser complementario del anterior, pues se facilita la división perforando la piedra con barrenas. En los agujeros se colocan unas lengüetas de hierro - *falquillas* - para que las cuñas no resbalen, y se procede de la misma manera que en sistema anterior.

- Cable de acero

Una red de cables de acero atraviesa el estrato pétreo de parte a parte, guiada por un sistema de poleas que conducen el cable al tajo de la roca. El principio que rige el corte con cable en las canteras es el mismo que rige en los talleres en que se labra la piedra, en el que el polvo abrasivo y el agua concurren al proceso. Este sistema es adecuado para las calizas blandas. El cable de acero se puede sustituir por un cable adiamantado, pero es un sistema muy caro, y no sirve para areniscas y calizas porque se desgastaría enseguida.

- Aserrado

Consiste en el serrado, con unos discos de sierra de acero, del bloque pétreo. Se aplica, generalmente, a las piedras blandas y al mármol.

- Explosivos

Cuando se divide la roca con explosivos se puede utilizar la dinamita, para eliminar las partes que no sirvan, y la pólvora. En este último caso se procede de la siguiente manera: se taladra la piedra con barrena, se rellenan los orificios con la pólvora, se tapan por un extremo y se prenden por el otro.

- Lanza térmica

Este método es adecuado para granitos y algunas piedras silíceas, pues el principio de corte de este sistema se basa en el fundido del sílice a base de calor. La lanza térmica actúa como un soplete, quemando y fundiendo la zona elegida, con el gasóleo como combustible y el oxígeno como oxidante.

4. TRANSPORTE DE SILLARES

Por tratarse a menudo de piezas de elevado peso y dimensiones, se hace necesaria la utilización de instrumentos adecuados para la elevación y transporte de grandes sillares y bloques de piedra.

La solución más antigua para colocar bloques de grandes dimensiones y elevado peso, fue la de construir un plano inclinado sobre el que deslizar la pieza hasta su apoyo para luego extraer la tierra que formaba el plano. Los griegos desde el siglo VI a.C. utilizaron sistemáticamente los métodos de elevación por suspensión de una jarcia más o menos complicada, donde el punto más delicado es el sistema de sujeción de la pieza.

Lo más sencillo sería atar el sillar con unas cuerdas, apearlo con una grúa y colocarlo en su ubicación, pero, en este caso, una vez colocado, sería imposible quitar las cuerdas, pues quedarían atrapadas debajo del propio del sillar. Para evitar esto se han ingeniado los siguientes sistemas:

- **Ligaduras y tetones:** Los tetones son unos elementos sobresalientes que se tallan en las caras laterales del sillar sobre los que irán atados las ligaduras. Una vez puesto en obra, es necesario el rebaje del tetón, mediante un “descafilado”, por ejemplo.

- **Ligaduras y entalladuras:** Las entalladuras consisten en el rebaje de unas hendiduras por donde irán las ligaduras o cuerdas. Se utilizan sobre todo en piedras blandas y fáciles de trabajar.

- **Tijera o tenaza de suspensión:** Mediante un mecanismo de hierro cruzados, transforma el peso de la pieza en una forma de compresión de las uñas de la tijera sobre los bordes de la pieza. Este elemento deja en el sillar una huella característica fácil de reconocer.

- **Castañuelas** o “diablos”: Son unas piezas metálicas que se introducen en una caja especialmente tallada en el centro de la cara superior de la pieza, y que por la tracción que el peso de la pieza provoca, forma dentro de ella una cuña imposible de extraer.

5. CARACTERÍSTICAS DE LAS PIEDRAS

Al ser el mercado de la construcción el cliente por excelencia de la industria de la piedra, ésta debe aportar datos precisos sobre la composición química de cada piedra, completándolos con información sobre el peso, la densidad, la dureza, las propiedades mecánicas, la capacidad de absorción de humedad, etc.

5.1. Características generales

Al escultor principalmente le preocupa:

- **Peso específico:** que se calcula en Kg./m³. Una sencilla relación de piedras de mayor a menor peso sería: basalto, granito, mármol, caliza, arenisca.

- **Dureza:** es importante conocerla para utilizar las herramientas más adecuadas. La tradicional escala de Mohs, poco nos aporta, pues todas las piedras estatuarias están entre el 3 y el 7. Generalmente, las piedras más pesadas, las más compactas, las que contienen cuarzo y las de grano fino son también las más duras.

- **Tenacidad** o resistencia al impacto: las piedras más duras suelen ser tenaces y las blandas frágiles, pero no siempre se corresponden. Una misma piedra puede resultar tenaz

si se golpea en dirección opuesta a su ley de crecimiento y frágil si se separan sus estratos, visibles en forma de vetas.

- **Labrabilidad** o facilidad de talla y pulimento. Generalmente las blandas, las compactas y las de grano fino y uniforme como el alabastro o el mármol, son las más francas de esculpir. Todas las recién extraídas de la cantera se labran más fácilmente, mientras están húmedas. A medida que van perdiendo humedad, se van carbonatando y endureciendo.

Además de estas existen otras características como son la porosidad, la porometría, la resistencia a las heladas, al desgaste, a los cambios térmicos, etc.

5.2. Propiedades mecánicas de las piedras

La resistencia mecánica de las piedras determina su comportamiento frente a la acción de fuerzas mecánicas externas. Es función, por tanto, de sus componentes mineralógicos y de sus conexiones intercristalinas.

- Resistencia a la compresión

Entendemos por esfuerzos o fuerzas de compresión a aquellas que tienden a “comprimir” o “apretar” según una dirección.

En el estudio de las propiedades mecánicas de las piedras, la resistencia a la compresión es la carga por unidad de área bajo cuya acción un bloque o probeta rompe por fuerza de cizallamiento o hendimiento. Es decir, se mide por el peso que soporta, sin deformarse o romperse, 1cm^2 de piedra.

La resistencia compresiva uniaxial (en una sola dirección) de una roca puede utilizarse para establecer un índice general de la resistencia de las rocas.

Se puede decir que las piedras tienen una buena resistencia a la compresión y, dentro de ellas, las de menor tamaño de grano y mayor coherencia intergranular, tendrán un comportamiento mejor frente a las fuerzas de compresión.

Ejemplo: la base de una escultura está soportando una compresión determinada por un lado, por el peso de la escultura que sustenta, y por otro, por la resistencia a hundirse en el terreno inferior.

- Resistencia a la tracción

Entendemos por fuerzas de tracción a aquellos esfuerzos que tratan de “estirar” un objeto según una dirección.

La resistencia a la tracción indica el grado de coherencia de una piedra para resistir la fuerza de arranque. Es función tanto de la resistencia de los granos minerales y del cemento como del área interfacial de un mineral al próximo.

Se estima que la resistencia a la tracción en las rocas es de 1/7 a 1/11 de la resistencia a la compresión. Esto quiere decir, que las piedras no tienen una buena resistencia a la tracción.

La resistencia a la tracción sirve para estimar la resistencia de un material pétreo a la fuerza expansiva de las sales al precipitar o del agua al congelarse.

- Resistencia a la flexión

Entendemos por fuerzas de flexión a aquellos esfuerzos que tienden “flexionar” o “doblar” un objeto.

La resistencia a la flexión es la resistencia de una losa de material pétreo a doblarse o flexionarse.

Ejemplo: el mástil de una bandera empujado por el viento.

La flexión es una mezcla de compresión y tracción, pues una parte de la piedra se comprime y otra se tracciona.

La resistencia a la flexión permite evaluar la resistencia de la piedra a la fuerza del viento, la carga de la nieve o cargas que se originan por amontonamiento de losas de piedra.

* * * * *

El comportamiento de los materiales puede verse afectado (y disminuido) por diferentes factores, entre ellos la alteración química de su composición (oxidación de metales, meteorización de la piedra, presencia de sales, etc.) o bien, por alteraciones de tipo mecánico- ambiental (ciclos hielo-deshielo: fisuras y fracturas).

En definitiva, los ensayos a la resistencia a la C, T y F permiten:

- expresar en cifras la cohesión de los minerales pétreos y su distribución;
- saber si en la parte de la obra donde está colocada la piedra, sus propiedades físicas (resistencia y elasticidad) son las más apropiadas, y
- tener información sobre la durabilidad de una piedra sin tratar.

Finalmente, mediante los citados ensayos, se puede determinar la eficacia de aquellos tratamientos que persiguen mejorar la resistencia mecánica de la piedra; tener información sobre la durabilidad de la piedra tratada, así como conocer la profundidad de penetración del tratamiento.

6. HERRAMIENTAS DE LABRA

Durante la Edad Media y hasta hace poco en zonas rurales, la piedra de cantería se trabajaba por percusión directa con herramientas llamadas piochas, picas, piquetas, etc., que en general tenían punta por un lado y un filo recto, por el otro, y en sentido vertical. Solían desbastarse así los sillares hasta conseguir la forma prismática.

Sin embargo, para tallar mármol y piedras duras, la percusión se ejerce sobre otro tipo de herramientas como punteros, gradinas y cinceles por medio de una maza o maceta de hierro, cuyo peso suele oscilar entre un kilo y cuarto y los dos kilos. Hay muchos tipos de mazas, aunque las más usadas son las troncocónicas o “campanas” y las prismáticas. Otros tipos de herramientas son:

- **Puntero:** Es una varilla de hierro o acero de sección circular u octogonal con un extremo afilado, cuya función principal es desbastar y escuadrar bloques, empleándose después de los útiles de corte y antes que la gradina y el cincel. Los punteros de desbaste suelen ser más gruesos y cortos (entre 15 y 18 cm.) y con su filo con ángulo no muy agudo. Los punteros de trabajo fino, son más largos y estrechos (unos 25 cm.) y el ángulo de su punta más agudo. Se coloca perpendicular a la piedra si se quiere desbastar gran cantidad de roca y en un ángulo más oblicuo para arrancar trozos más pequeños. El acabado con el golpe oblicuo es llamado por los canteros “rejos”.

- **Cincel:** Varilla de hierro o acero de sección redonda o poligonal cuyo filo, de mayor medida de sección que el resto, tiene las dos aristas biseladas con cierta semejanza a un formón de madera. Se suele utilizar después de la gradina para alisar la superficie.

- **Gradina** o cincel dentado: Es una herramienta semejante al cincel pero con el filo formado por dientes de sección rectangular o trapezoidal. Puede llevar de 2 a 20 dientes. La gradina se emplea antes que el cincel para nivelar la superficie después del desbaste.

- **Trinchante:** Es una herramienta de hierro o acero con forma de pico y dos filos rectos y paralelos al mango. Los filos suelen ser de diferente longitud. El trinchante se emplea para eliminar protuberancias en piedra blanda durante el escuadre de la piedra o para allanar la superficie, nivelando las irregularidades con pequeños golpes.

- **Bujarda o martillina:** La bujarda tradicional es un martillo de hierro acerado con extremidades equipadas con una serie de dientes en forma de pirámide. El número de dientes puede variar de 4 a 400. A partir de 1970 aparece la bujarda de cabezas intercambiables formada por un cuerpo con dos cabezas en forma de placas de acero con dientes piramidales. Se emplea para allanar las irregularidades de la piedra ya trabajada con el puntero o el pico. Sólo debería utilizarse para piedras muy duras, pues los impactos de la bujarda predisponen a la piedra a una futura disgregación.

- **Escafilador:** Es una barra de hierro, acero o lidia de sección octogonal o circular, cuya extremidad cortante tiene forma de cola de milano y el filo biselado con una ligera

inclinación respecto a la perpendicular al eje de la herramienta. El escafilador se usa para eliminar el material sobrante, por encima justo de la línea de corte.

- **Trépano:** Herramienta, caída en desuso o sustituida por el taladro, que es una especie de berbiquí manual, impulsado en su giro por la cuerda de un arco. Se utilizaba para hacer cavidades profundas y pequeñas (encajes, bordados, bucles de cabello, fosas nasales, etc.), imposibles de conseguir con los instrumentos de percusión.

- **Herramientas de medir o trazar:** Para este fin suelen utilizarse reglas graduadas, escuadras, falsas escuadras, compás de puntas, compás de varas, baibel, gramil, plomada, etc.

- En último lugar se usarían las **herramientas de acabado** como las limas, escofinas, raspines para terminar con lo útiles para el pulimento como los abrasivos, los esmeriles, etc.

Acabados a piedra vista

Cualquier piedra ya sea dura o blanda, tras ser extraída en bruto puede ser elaborada, mediante distintas técnicas de confección y acabado. La variedad de las superficies tratadas dependerá de la técnica empleada y del tipo de piedra.

El conocimiento de las distintas herramientas, así como de su utilización y del tipo de huella que dejan, es importante desde el punto de vista histórico, puesto que nos ayuda a describir con gran exactitud las superficies así tratadas, pero también desde el punto de vista de la conservación, porque los impactos aplicados sobre ellas –para conseguir los acabados- influirán en gran medida en su comportamiento frente a los agentes externos o meteorización.

- **Escafilado.** Se realiza tras cortar la piedra con cualquier método, sobre todo con corte mecánico o natural, empleando herramientas de labra manual (cincel, puntero, escafilador, etc.) para conseguir un rebajado de la superficie, por medio de certeros golpes que van saltando lascas y esquirlas. Se aplica sobre todo a granitos y a calizas compactas. El material así tratado adquiere una apariencia natural y rústica con ciertas rugosidades, surcos y protuberancias. Presenta un aspecto similar al partido o al corte natural.

- **Abujardado.** Es uno de los tratamientos de superficie que más tradición ha tenido a lo largo del tiempo. La superficie de la roca, previamente aplanada o no, se golpea repetidamente con la *bujarda o martillina* cuyas caras de extremidades piramidales dejan sobre la superficie un aspecto rugoso muy característico, semejante a pequeños cráteres, uniformemente repartidos, que aclaran el tono general de la roca. El tamaño y la densidad del punteado depende, además de la fuerza empleada y el número de impactos, del tipo de cabeza empleada, ya sea gruesa, media o fina.

- A **“golpe de puntero”**. Es ésta un expresión muy empleada por los canteros, que designa el aspecto que tiene la superficie cuando se acaba golpeando únicamente con la herramienta llamada puntero. También puede acabarse a “golpe de gradina”, a “golpe de cincel”, etc.

- **Pulido**. Es el tratamiento más conocido y frecuente para los mármoles, calizas duras y granitos, que son rocas que poseen el grado de cristalinidad necesario. Constituye la última parte del proceso del progresivo alisamiento con abrasivos a que se someten estos materiales, cuyo objeto es la consecución del brillo. Se utilizan sucesivamente abrasivos de grano progresivamente decreciente, constituidos por carborundo molido ligado con goma laca. Se consigue una superficie lisa, plana y brillante, sin ningún tipo de raya o arañazo visible, que resalta espectacularmente el aspecto de la roca.

Este procedimiento además de proporcionar unas características estéticas específicas, contribuye a dejar una porosidad cerrada y dotar al material de una gran resistencia a las agresiones externas.

7. LA TALLA ASISTIDA

Además de la talla directa hay otros sistemas que ayudan al escultor a trasladar el volumen buscado –por medio de un boceto, por ejemplo- al material definitivo. Dichos sistemas se conocen como técnicas de reproducción asistida.

Dichas técnicas, también llamadas *sistemas de traslación de la forma*, tienen como objetivo reproducir las esculturas con el máximo rigor. Se las conoce vulgarmente como técnicas “saca puntos” o “saca de puntos” y son todas aquellas que, mediante distintos instrumentos de medida –compases, plomadas, reglas, escuadras o cuadrículas- permiten al escultor fijar unos puntos concretos en el bloque, previamente tomados del modelo¹ a seguir, que posibilitarán al escultor la copia casi exacta de la pieza original.

Los principales métodos del traslado de puntos fueron y son:

- Método de cuadrícula
- Método de plomada
- Método de Alberti
- Método de los tres compases
- Método de la cruceta o puntómetro

- **Método de cuadrícula**. Es el método más antiguo; ya se usaba en Egipto y fue perfeccionado por los griegos. Este sistema consistía en la realización de dibujos, incluidos en cuadrículas, que representaban las diferentes vistas de la escultura (frontal y laterales).

¹ Aunque se pueden encontrar modelos de cera y otras masillas blandas, los habitualmente usados como modelos de reproducción para los sistemas de sacado de puntos, solían estar realizados en yeso, en barro secado al sol o en barro cocido.

Las líneas de las cuadrículas se dibujaban en las diferentes caras del bloque, dotando al escultor de una referencia que ayudaba al desbaste con grandes garantías. Posibilitaba también, el aumentar o disminuir el tamaño de la figura, así como sacar varias copias a partir de un mismo dibujo.

- **Método de plomada.** Este método se conoce gracias a algunas esculturas griegas inacabadas y se tiene conocimiento de él desde el siglo V a. C. Se fijan dos ejes de trabajo, vertical y horizontal, seguidamente mediante la plomada se toman los puntos más salientes en sentido vertical. Los puntos horizontales se tomarán, a partir de aquéllos con la ayuda de cuerdas y calas.

- **Método de Alberti.** Con la ayuda de la *Exempeda* –regla graduada con dos escuadras móviles- y el *Definitor*, el tratadista italiano Alberti (1404-1472) desarrolló en su tratado “De Statua” un método de medición muy exacto. El Definitor es un aro graduado situado horizontalmente sobre el modelo, con un brazo giratorio del que pende una plomada móvil. Los puntos interiores se localizan con calas graduadas perpendiculares a la plomada.

- **Método de los tres compases.** Para llevar a cabo este sistema se fijan tres puntos en el modelo y otros tres en el bloque a tallar. Se numeran los tres puntos y también los compases de manera análoga, de forma que a cada punto le corresponda un compás específico. Para localizar los puntos, se hace centro en los puntos referenciales. Fijando la apertura de los compases se traslada al bloque, eliminando lo que sobra hasta que los compases converjan en el que será el punto buscado. Se puede aumentar o disminuir la copia aplicando un coeficiente de ampliación o reducción.

- **Método de la cruceta o puntómetro.** Este método desarrollado a principios del siglo XIX por Nicolas Marí Gatteaux (1751-1852) es el más fácil y preciso de los utilizados. Requiere de la cruceta y de la máquina sacapuntos. La cruceta es una estructura cruzada en forma de T invertida realizada en madera o bien metálica que se coloca sobre tres puntos situados en el modelo e igualmente en el bloque. La máquina sacapuntas consiste en un especie de brazo metálico articulado provisto agujas extensibles que se pueden fijar y de un sistema móvil a base de rótulas que permite mover el conjunto y bloquearlo una vez haya sido hallada la posición deseada. En el extremo del brazo hay una aguja móvil que sirve para hallar la posición exacta de cada punto, quedando fija con la ayuda de un tornillo. Luego se traslada el bastidor al bloque y se comienza a desbastar hasta que la aguja toque el bloque en un punto que deberá marcarse para no perder la referencia. Este sistema solo sirve para realizar copias a idéntico tamaño.

9. BIBLIOGRAFÍA

CABRERA GARRIDO, J. M. (1987). La piedra material de base. En *Mecánica y tecnología de edificios antiguos* (pp.137-166). Madrid: C.O.A.M.

GAÑÁN MEDINA, C. (1999). *Técnicas y evolución de la imagerie policroma en Sevilla*. Sevilla: Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones. I.S.B.N.: 84-472-0531-2

LÓPEZ JIMENO, C. (1996). *Manual de rocas ornamentales: prospección, explotación, elaboración y colocación*. Madrid: Ediciones Entorno gráfico.

PENNY, N. (1996). *The Materials for Sculpture*. New Heaven: Yale University Press. ISBN: 9780300065817

SAURAS, Javier. (2003). *La escultura y el oficio de escultor*. Barcelona: Serbal.

VV.AA. (1993). *Guía práctica de la cantería*. León: Escuela Taller de Restauración y “Centro Histórico” de León. I.S.B.N.: 84-87469-45-0

VV.AA. (1994). *La piedra en Castilla y León*. Valladolid: Junta de Castilla y León.

VVAA. (1978). *La sculpture. Méthode et vocabulaire*. Paris: Imprimerie Nationale.



bellasartes
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID