

MATERIALES, ENERGÍAS Y OFICIOS: Un recorrido por las opciones de la historia

Autora: Mónica Bujalance

En el pasado, en diversas partes del mundo, el petróleo emanaba a la superficie de manera natural por filtraciones en el terreno: era un material del paisaje. Las civilizaciones antiguas, cómo no, lo aprovecharon. Conocieron su poder como energía pero, sobre todo, exploraron su potencial como materia: esta sustancia densa, pegajosa, hidrofóbica y maloliente, estaba llena de utilidades, tanto curativas como constructivas: era un perfecto pegamento e impermeabilizante.

En los asentamientos prehistóricos de Burgos de hace 40.000 años, se encontraron puntas de lanza de piedra unidas a los mangos de madera con brea de petróleo. Su capacidad de impermeabilizar fue aprovechada por todas las culturas para calafatear las embarcaciones de madera, generalmente mezclada con espartos y otras fibras, para evitar su cuarteo. Aunque este era inevitable por la degradación del petróleo al sol y por ello el calafateo se repetía cada año.



[1]



[2]

[1] Tablilla XI de la Epopeya de Gilgamesh, donde Utnapishtim, el análogo mesopotámico de Noé, detalla por indicación de Ea, el Dios de la Sabiduría, la receta para impermeabilizar el colosal barco que resistirá el Gran Diluvio, precisando de 3 sar de brea, 3 sar de betún y 3 sar de aceite para una capa de 1 grosor.

[2] Pieza arqueológica de Mesopotamia s. IV a. C. Cuenco impermeabilizado con betún de petróleo. El betún es el petróleo crudo después de calentarse a bajas temperaturas (a 100 °C se ablanda y a 150°C se evaporan sus gases y queda listo para su uso).

Los sumerios destacaron por usar el betún como ligante en morteros de construcción. Los mezclaban con fibras, y áridos para hacer morteros de cimientos y unir ladrillos de barro cocido.

En la Antigua América, los Olmecas también lo usaban para sus canoas y, yendo un paso más allá, impermeabilizaron con él toda su red de acueductos subterráneos de piedra que se extendían por cientos de kilómetros. Un punto clave en Oriente fue el Mar Muerto, conocido en la antigüedad como Lacus Asphaltites debido a los bloques de betún natural que flotaban en sus aguas. Lo comercializaron llegando al Antiguo Egipto para ser usado en la momificación o a la Antigua Roma, donde se usaba para muchos fines. Sin embargo para impermeabilizar acueductos o cisternas no empleaban brea: como es conocido, emplearon la cal mediante el mortero Opus Signinum, una mezcla de cal y teja triturada.



El caso de China es singular porque desarrolló un aprovechamiento excepcional del petróleo como energía. Por un lado, consiguieron destilar la brea hace unos 2.000 años en ollas estancas, separando sus componentes de forma similar a la actualidad, obtuvieron un líquido refinado: el aceite de roca. Este se usaba como combustible en lámparas especiales diseñadas para recoger el denso hollín que producían. Pero lo más sorprendente de China es que desarrolló un gasoducto que transportaba gas natural a lo largo de cientos de kilómetros, avanzando en paralelo a un oleoducto que movía salmuera (agua rica en sal). Ambos sistemas estaban hechos enteramente con tuberías de bambú [1] selladas con fibras vegetales, barro y aceite de tung. Tanto el gas natural como la salmuera se extraían mediante perforación, llegando a profundidades de hasta 250 metros hace más de 2000 años



[3] Fotograma extraído del documental de la salmuera y el gas. Salt of the Earth: Traditional Chinese Salt Production in the 1930s

Esta increíble tecnología se desarrolló para obtener sal (ese bien tan apreciado en las zonas de interior de China, usado en la conservación de alimentos). Se obtenía calentando y evaporando el agua con la energía del gas, y fue posible gracias a la evolución de la metalurgia. Gracias al cobre y al bronce se pudieron fabricar vasijas estancas para alcanzar las temperaturas de 400°C necesarias con las que destilar el crudo. Gracias al hierro forjado y a aceros primitivos, se pudieron fabricar las barrenas para excavar los pozos y extraer el gas natural. Diseñaron decenas de trépanos con aleaciones, formas y pesos específicos según la roca. Y esta metalurgia fue posible gracias al carbón mineral, que permitió alcanzar el calor necesario para moldear estos metales. China fue pionera y una excepción en la historia antigua, en la extracción de carbón mineral, lo que explica su avance tecnológico.

El carbón mineral es, como el petróleo, un producto de la “cocción” geológica de millones de años: el petróleo proviene del plancton y las algas; el carbón, de plantas y árboles. Hidrocarburos y carbono son dos maneras en las que el planeta nos ha legado su energía concentrada.

El hierro se extrae mediante la reducción de rocas ricas en óxidos de hierro, un mineral muy abundante en la superficie terrestre. Cuando este mineral se calienta a altas temperaturas en hornos junto al carbón (vegetal o mineral), se transforma en acero. Este metal resultó ser de alta resistencia, superando las limitaciones mecánicas del hierro dulce estructural. Con carbón vegetal de brezo, encina y otras maderas de alto poder calórico, se fabricaron los aceros primitivos de la historia, pero sus complejos procesos de forjado y templado los hacían costosos y, por lo tanto, quedaban reservados a usos muy específicos. De forma paralela, en la antigüedad se realizaron aleaciones de gran calidad basadas en otros metales, como el bronce; tan resistentes como el acero, gracias al perfeccionamiento progresivo de los hornos, pero el estaño con el que se hacía estaba localizado en lugares muy puntuales (por cierto, nuestra Galicia), y la interrupción de sus rutas comerciales de larga distancia impidieron el desarrollo continuo de esta tecnología, obligando a los metalúrgicos a perfeccionar el uso del hierro local.

A medida que se fue extrayendo y usando el carbón mineral, en la antesala de la Revolución Industrial, se fue perfeccionando el acero y se lograron fabricar calderas estancas y piezas capaces de resistir altas temperaturas y presiones. Así se abrió un mundo nuevo; se podían “cocinar” materiales a temperaturas cada vez más altas: el coque del carbón mineral se obtuvo a 1000 °C. Más tarde se alcanzaron los 1500 °C para fundir el hierro en los altos hornos y seguir mejorando los aceros.

El clínker (la base del cemento moderno), por su parte, se logró también a 1500 °C. Se obtuvo calcinando caliza y arcilla hasta su sinterización, añadiendo yeso como aditivo para retardar la tirada. No es casual que el cemento se haga con yeso, cal y arcilla, los tres ligantes minerales tradicionales. Con madera, carbón vegetal o huesos de aceituna, los hornos tradicionales de tiro natural difícilmente superaban los 900 °C - 1000 °C. El yeso deshidrata a temperaturas bajas (incluso tan bajas como 150°C), la caliza se calcina a partir de los 900 °C, y las arcillas de tejas cuecen entre los 800 °C y 1000 °C. Además de la temperatura, es interesante señalar que la molienda fina es una tecnología fundamental para el desarrollo de los materiales modernos. El invento del primigenio molino rotatorio de bolas, que conseguía pulverizar el cemento, fue posible desde que se comercializaran los primeros motores, algo que no tardó en llegar gracias a la simbiosis del carbón y el metal.



[4] Primeras explotaciones comerciales de petróleo en Pensilvania, EEUU (s.XIX)

Este primer motor fue la máquina de vapor. Se lograba convertir el calor en fuerza mecánica continua. Esto también fue aprovechado para perforar los primeros pozos de petróleo de Pensilvania, que son el inicio del comercio de petróleo en el mundo. El desarrollo de la humanidad ha sido vertiginoso desde entonces gracias a la aparición del hormigón armado, que cerró el círculo, aportando un material estructural definitivo (o eso se creía), fusionando la resistencia a la compresión del cemento artificial con la elasticidad y resistencia a la tracción de los aceros.

Una vez el petróleo pudo destilarse y separarse en fracciones, se desarrollaron los motores de combustión interna que usaban estos subproductos. Una fracción, la nafta, aproximadamente un 15% de todo el petróleo crudo, se destinó a la petroquímica. Se consiguió operar a nivel molecular: aprendimos a romper moléculas (craquear) y a unir moléculas (polimerizar).

La nafta se calienta a 800°C para romperla en monómeros que luego se someten a procesos con diversos aditivos químicos para hacer los distintos tipos de polímeros (plásticos) que se entregan a las fábricas en forma de granulado conocido como granza. Unos son rígidos como el cloruro de polivinilo (PVC), otros flexibles como el polietileno reticulado, con ellos hacemos tuberías; otros son maleables como el polipropileno y hacemos fibras y mallas, otros son transparentes como el policarbonato, otros son ligeros como el poliestireno y hacemos aislamientos térmicos, o son esponjosos como el poliuretano y hacemos espumas para rellenar y sellar... Una de las claves del éxito del plástico es la versatilidad para obtener muy distintos productos de una misma substancia, lo que permitió inventar todo tipo de aditivos que se añaden a pinturas, morteros, hormigones, y a prácticamente todos los materiales industriales.

Con la química de los plásticos y el desarrollo de la física cuántica, aprendimos a operar a nivel atómico y subatómico. Así pudimos aprovechar las propiedades de lo que llamamos tierras raras y minerales estratégicos, que son materiales con superpropiedades, que permiten manipular la luz, los electrones y los campos magnéticos con una precisión quirúrgica, lo que ha desarrollado la Era Digital.

Gracias al neodimio, por ejemplo, se ha conseguido reducir el tamaño de los motores eléctricos y miniaturizar la tecnología moderna. Gracias al cerio y lantano, se ha conseguido hacer vidrio por el que no pase el calor del sol, un éxito en el mercado.. Gracias al galio se pueden tener semiconductores avanzados y chips aceleradores para la IA. Gracias a 5 tierras raras y 7 minerales estratégicos, se han conseguido hacer máquinas de control numérico por computadora (CNC).



[5] Fotografía de refinería de petróleo y gas.

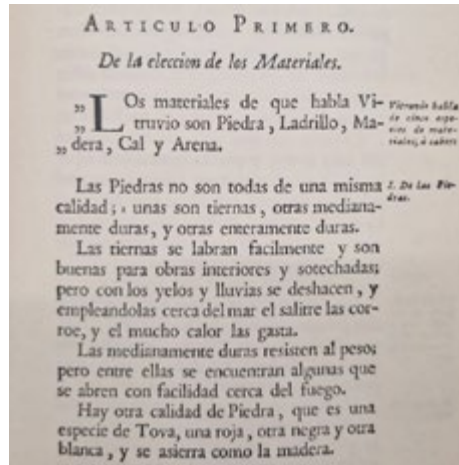
Así, nos plantamos en el siglo XXI rodeados de infraestructuras y edificios que poco se parecen ya al viejo mundo, hechos con materiales sintéticos que ya no tienen relación con el paisaje donde se implantan. Es indudable el valor del ser humano para innovar y romper barreras tecnológicas. Sin embargo, se han hecho evidentes los daños colaterales de nuestros inventos más modernos, tanto por su escala como el tipo de industria (sin criterios de sostenibilidad) que hemos desarrollado. Ahora sabemos, que la industria globalizada de materiales (y su energía asociada) no solo produce soluciones para retos constructivos, si no también basura, desequilibrio y una complejidad extrema: tiene su lado oscuro. Llevamos años oyendo hablar de crisis ambiental y crisis energética, y en los últimos años, se suma la crisis de materiales, que puede llegar en forma de escasez si por algún motivo (el cierre del Estrecho de Ormuz por ejemplo), se para esta gigantesca cadena de materiales y distribuciones internacionales. Afortunadamente nos esforzamos por encontrar soluciones, y el ecologismo y la sostenibilidad está en todas las agendas. Sin embargo, la complejidad actual del comercio de materiales es tal, que hemos perdido la trazabilidad de lo que especificamos. Un producto arquitectónico estándar es el resultado de una red global tan fragmentada y opaca que resulta imposible descifrar qué montaña ha sido destruida, qué acuífero ha sido contaminado o qué derechos humanos han sido vulnerados para que ese catálogo comercial llegue a nuestras manos, pero lo que parece seguro, es que de una manera o de otra, depende del petróleo.

Advertía Vitruvio en sus Diez libros de Arquitectura que no todos los recursos están al alcance de todos: “No porque los babilonios levantaran sus murallas con ladrillo cocido y betún líquido -recursos que allí abundaban-, se ha de concluir que todas las regiones disponen de las mismas facilidades para construir muros eternos y libres de defectos”. En cada lugar, debieran buscarse sus muros eternos con los materiales de sus paisajes (y se podría añadir, que adaptados a sus climas y sus necesidades). Y estos son, básicamente,

los principios de la arquitectura histórica. Quizás en este contexto, no sea una mala idea revisar la tecnología que ha resuelto la vida de todas las civilizaciones anteriores a la era del carbón y el petróleo, los plásticos y los minerales estratégicos, ya que probablemente desde el dominio de ese conocimiento, podamos aportar líneas de investigación que nos ayuden en el gran reto civilizatorio actual.



[6] Wolframio de las famosas Minas de Panasqueira, ubicadas en el distrito de Castelo Branco, Portugal. Foto de Didier Descouens. Para obtener 1 litro de wolframio, se descartan alrededor de 10 toneladas de montaña. Con eso se pueden hacer 20 mil motores de vibración para móviles, mil plaquitas de corte de máquina CNC o 4 proyectiles perforantes para tanques. Al final de los procesos de refinado, lo que se descarta es polvo triturado, inestable y mezclado con reactivos químicos que debe ser encapsulado eternamente (se cubren con arcilla y plásticos).



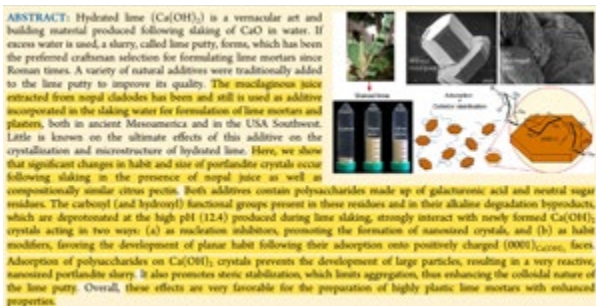
[7] Horno de cal artesanal, en Menorca, en proceso de carga de la caliza local, realizado por el calero Jorge Pons en el 2019, extraído de la Red de Maestros.

[8] La piedra de la montaña, el ladrillo del tejado, la madera de los bosques, la cal de la calera y la arena del río; pero también la teja, el adobe, las fibras, las colas, las gomas, los aceites, las babas, el yeso, el carbón vegetal, las tierras de colores e, incluso, la caca de la vaca. En la imagen, compendio de los Diez libros de Arquitectura de Vitruvio.

La tecnología artesanal, tildada de “menor”, goza de calidad y complejidad, no menos que los procesos industriales que hemos incorporado a lo largo de la modernidad. La diferencia radica en que la manipulación de los materiales sucede desde un prisma sensible, a favor y aprovechándose de los procesos naturales. La madera fabrica el árbol (en colaboración con el sol, la tierra y el aire). Si esperamos a que fabrique su microestructura de celulosa pegada con lignina, lo cortamos en el momento preciso en el que sus azúcares están en la raíz y lo dejamos secar tranquilamente, podremos garantizar su durabilidad ante el tiempo. Es otra manera de buscar la eficiencia.

Si esperamos unos años a que la pasta de cal envejezca bajo el agua (la cal es el ligante mineral calizo, calcinado e hidratado), conseguimos, solo con paciencia, que billones de “cristales de Portlandita” de tamaño micrométrico y nanométrico se precipiten dentro de cada cm³ de cal, multiplicando sus propiedades y sin ninguna caducidad. Ya hay estudios científicos que demuestran que la baba de cactus mezclada con la cal en el momento de apagarse, acelera este proceso de recristalización a tan solo unas semanas.

Probablemente la mayor ventaja que tenemos hoy en día es que podemos estudiar empírica y científicamente la tecnología artesanal, no solo de un lugar si no de todos los lugares del planeta. Y aprovechar cierta tecnología contemporánea para guiarnos con rigor hacia las soluciones finales, hacia una nueva arquitectura _____ (quién sabe con qué nombre, definida).



[9] Extracto del Artículo "Crystallization and Colloidal Stabilization of Ca(OH)₂ in the Presence of Nopal Juice (Opuntia ficus-indica): Implications in Architectural Heritage Conservation", realizado en colaboración entre institutos de Granada y EEUU.



[10] Chamota: teja molida (barro, agua, sol y fuego de leña). Con este residuo de la construcción, se consigue hidraulizar la cal aérea. Es el opus signinum romano (usado en los acueductos, cisternas, aceras, partes bajas de edificios...), o el trespol menorquin, el cocchiopesto italiano, el surkhi asiático, el homra árabe, el Chunam de Singapur...

Lo que es una evidencia, es que la arquitectura precedente es duradera y saludable, y que ofrece soluciones bioclimáticas de primer orden especialmente por sus características de transpirabilidad o inercia térmica (frente a la impermeabilidad del cemento-petróleo), véase la Alhambra, o véase cualquier casa de pueblo en el verano. Un encalado reduce varios grados de temperatura a la vez que absorbe CO₂ y purifica el ambiente, sana las humedades, es elástico así que se adapta a los movimientos del edificio y con cierto mantenimiento, no se degrada, puede ser eterno. Aunque se degrade, es naturalmente afín a nosotros: nuestros huesos están hechos de la misma caliza, es saludable por naturaleza.

«The point of departure is always the question: What resources are at hand and how can you use your creativity to make the best out of them?», Anna Heringer

El punto de partida es siempre la pregunta: ¿Qué recursos están a mano y cómo puedes usar tu creatividad para sacar lo mejor de ellos?

En este contexto, resulta inspirador hacer una inmersión en los archivos de la Fundación Arquia y encontrar variados análisis al reto ecológico, junto a caminos y propuestas basados en materiales del entorno y en sabiduría ancestral.

Anna Heringer es una arquitecta internacionalmente reconocida por su implicación en la defensa de materiales de construcción naturales como el barro y el bambú, y activista contra el cemento (denuncia que el hormigón es “el elefante en la habitación” de la arquitectura). LEAVE NO WASTE, BUT KNOWLEDGE [2] es el título de uno de los documentales que protagoniza: “no dejes basura, deja conocimiento”.

La basura es ese “fallo” en nuestro sistema industrial. Los residuos y los recursos se abordan desde varias dimensiones en el documental que presenta la arquitecta Nuria Moliner, DE LA CUNA A LA CUNA [3]. María Martínez (arquitecta y creadora de MatMap, empresa que recupera materiales de derribo), alerta de que no estamos entendiendo la magnitud del problema, “con casi 1 tonelada de residuos de construcción por persona cada año solo en España”. En cierta relación está el Documental Les Materialistes [4], que ofrece desde Canadá, una posibilidad virtual de optimización de residuos de construcción.

El proyecto Reusing Posidonia en Formentera, es un referente de la arquitectura sostenible, porque “se priorizó que todos los materiales de la obra fueran locales”. Es una delicia escuchar al arquitecto Carlos Oliver explicar los detalles de la posidonia (esa planta marina de la isla que se usa como aislante), de la piedra de mares o de las ventanas de madera recicladas, y comprobar que la arquitectura contemporánea de alta calidad se puede hacer con baja huella incluso en proyectos públicos.

En estrecha relación se encuentra otro documental de la misma serie (Escala humana), KILOMETRO CERO [5], en el que podemos conocer a la arquitecta Àngels Catellarnau, otro referente en el uso de materiales de cercanía, con obras contemporáneas realizadas en tapial, con tierra cruda, el material más simple de procesar a nuestro alcance, y que menos transporte necesita porque está en todas partes. Un descubrimiento ha sido para mí conocer a Oriol Roselló, un arquitecto que “hace y transforma con sus manos”, y da cuenta de ello con una rehabilitación exquisita en el uso de materiales tradicionales, “en estrecha colaboración con la propiedad y con los artesanos que enriquecieron el proyecto”.

Los artesanos de la construcción son las personas de oficio que conservan el conocimiento de cómo se construía desde la antigüedad, antes de la revolución industrial, y por lo tanto saben construir con los materiales más locales. Con la llegada de los materiales industriales globales (acero, cemento, plásticos, etc.), la labor del artesano quedó relegada, por lenta y cara, entre otros motivos. Por poco se extingue definitivamente si no fuera porque la rehabilitación de monumentos ha requerido de sus saberes, y la urgencia climática y de salud ha devuelto la mirada a la construcción tradicional y sus materiales naturalmente ecológicos y eficientes.

Uno de los proyectos más consolidados en España en la defensa de los oficios es la Red de Maestros de la Construcción Tradicional [6], una plataforma que reúne a profesionales dedicados a cada una de las técnicas esenciales de nuestra cultura arquitectónica, incluyendo la extracción y manufactura de materiales (aserraderos, canteras, caleras, etc). Detrás de esta iniciativa se encuentra la Fundación Culturas Constructivas Tradicionales, que reconoce y promueve tanto a artesanos como a arquitectos, propiciando una simbiosis que une el legado artesanal con el rigor técnico e investigador. Un ejemplo de su labor es la edición de la revista científica Journal of Traditional Building, Architecture and Urbanism [7].

Algunos de estos maestros y arquitectos, galardonados con diversos premios, se encuentran en los archivos de la Fundación Arquia, como es el caso de Luis Prieto [8], artesano conocedor de todas las materias, coautor de “Artes de los yesos” [9], especializado en estucos y en la formulación de morteros y pinturas naturales. Luis utiliza y enseña las técnicas de la cal en pasta, una materia dominada por la Antigua Roma [10], usada en toda la historia en todo el planeta, tan mágica como el petróleo, y resistente al sol y al tiempo.

El arte del alicatado y el mosaico geométrico andalusí, corresponde a la maestra ceramista Fátima Quesada [11], que explica esta preciosa técnica y sus secretos, desvelando, por ejemplo, la forma biselada de las piezas, que permiten el agarre del mortero sin junta aparente. Jesús Adeva [12] es un maestro de obras albañil con experiencia en toda la épocas históricas por su trayectoria toledana. Es una referencia en el uso del trabadillo (una mezcla histórica de cal y yeso que es muy versátil y veloz), o en soluciones de cubiertas típicas de Toledo, que resisten grandes vendavales (con tejas recibidas con barro y cascote).

Ricardo Cambas [13], maestro carpintero de la escuela de oficios de León, cuenta en su entrevista que es común que los alumnos expresen la felicidad que les causa trabajar con las manos, especialmente personas que

proviene de ámbitos técnicos-teóricos. Asegura que la carpintería artesanal cada vez tiene más demanda, “pero estamos perdiendo un poco el tren de formar a nuevos carpinteros. No han existido escuelas o centros en los que se pueda dar continuidad al aprendizaje de los oficios de una manera seria y sólida”. Manuel Navarrete [14] también habla de madera. Expone avanzados ingenios hidráulicos que son su especialidad, como norias y molinos de agua según diseños históricos. Sobre molinos de aire, aprendió de sus antepasados Miquel Ramis [15], que construye y divulga esta tecnología desde Mallorca.

Por su parte, Carlos Martín [16] es maestro en la ejecución de estructuras abovedadas. Las bóvedas tabicadas hechas con ladrillo (tierra cocida) y yeso (aljez cocido) están adquiriendo enorme popularidad, porque son resistentes estructuralmente y duraderas, se realizan con materiales muy baratos y próximos y en poco tiempo porque se realizan sin cimbra. De bóvedas también habla Jordi Domènec [17] y los documentales de El Quijote de Alella [18] y Descarbonizando Extremadura [19].

El arquitecto Antonio Almagro [20], es reconocido por su labor de recuperación de Albarracín con técnicas y materiales propios del lugar, destacando su yeso tan característico que resiste en fachadas y suelos, hecho en hornos



[11] Selección de imágenes de trabajos de artesanos publicados en La Red de Maestros de la Construcción Tradicional.

artesanales mezclando diversos yesos y áridos en un arte de la cocción. Este es un ejemplo de cómo recuperar la lógica constructiva que ha funcionado durante siglos. Y no es el único: volviendo a la magnífica serie de Escala Humana, en TOCAR MADERA [21] aparece un singular proyecto de recuperación, Las Salinas de Añana, una explotación con más de 7.500 años de historia que adoptó su característico sistema de eras de madera en la época romana (siglo I d.C.). Como explica el arquitecto Mikel Landa, la impregnación continua de agua hipersalina hace que la sal cristalice en los poros de la celulosa, generando un endurecimiento pétreo que inmuniza la madera y la hace eterna.

Sobre pastos, habla el maestro chocero Antonio Gandano [22], con sus -sorprendentemente duraderas- cubiertas de paja. Sobre otras fibras hablan los Ubedíes [23], artesanos del esparto arraigados a sus raíces.

No podía falta el metal: los Tiznajo [24], herreros de forja y fragua, heredaron su mote de sus bisabuelos. En general los artesanos son herederos de sagas familiares, y han aprendido desde niños según la relación aprendiz-maestro, aunque hay excepciones como el herrero Santiago Martínez [25], que aprendió en escuelas y gracias a su intensa investigación del oficio y a su pasión por la técnica: "con un yunque, una fragua, un martillo, un cincel y una tenaza, levantaron catedrales". Es experto en el emplomado, que es una técnica histórica que evita la oxidación del metal a la intemperie.

En cuanto al vidrio, destaca Anna Santolaria [26], formada en Londres y en el histórico taller de la familia Bonet -donde se han realizado las vidrieras de La Sagrada Familia-. "El oficio de la vidriera ha variado poco en los últimos mil años", dice Anna. El vidrio se hace, desde el 3000 a.C., fusionando arena de sílice en hornos, con ceniza vegetal y caliza, a 600-1000°C. Para hacer la vidriera, que es un elemento expuesto a la intemperie, intervienen todo tipo de materiales, lo que supone un conocimiento interdisciplinar complejo: metales (plomo, estaño, hierro), minerales (pigmentos, óxidos, calcáreos), orgánicos (goma arábiga, vinagre, aceite de linaza...).

"Si las piedras hablaran, nos contarían nuestra historia". Así comienza el documental PICAR PIEDRA [27], en la que aparece una espectacular cantera de mares (una caliza muy blanda hecha de conchas), en Menorca, recuperada como lugar cultural. El cantero Magí Moll, antiguo trabajador de la cantera, deja ver su profunda emoción comprobando la calidad de la veta, solo unos instantes después de señalar la enorme dureza de su oficio. "Qué buena es esta piedra, señores. Es un corte precioso". En Menorca también hay caliza dura y la usaron ya hace 3000 años para construir sus aldeas talayóticas, que pueden verse en el documental DE LA CUNA A LA CUNA [2], con la técnica de construcción en seco, probablemente la técnica más duradera de la historia. De eso da cuenta Lluç Mir [28], maestro mager y cantero de Mallorca, que hace muros de contención de enorme magnitud, tan solo, con piedra.

En los oasis donde solo había tierra y palmeras, la ancestral cultura bereber construyó una arquitectura “de cualidades ambientales y estéticas que la hacen no solo excepcional, sino única”. Así describe el oasis de Skoura en la publicación *Arquitectura de tierra en el sur de Marruecos* [29]. En el otro extremo, el Círculo Polar Ártico, con el iglú del legendario documental *Nanook the North* [30], de 1922. Con la ayuda de un cuchillo, Nanook corta los bloques de nieve en forma de sillares. No le vale cualquier nieve, solo aquella compactada previamente por los vientos. Construye una bóveda semiesférica de crecimiento en espiral, sin cimbra (claro, no hay maderas cerca). Lo hace apoyando cada pieza, en la anterior.



[12] Fotogramas de la película *Nanook of the North*, escenas de la construcción del iglú.

Bibliografía y recursos

- [1] <https://www.youtube.com/watch?v=SzsmUvuluPM>.
Salt of the Earth: Traditional Chinese Salt Production in the 1930s (silent)
- [2] Louisiana Museum for Moderne Kunst (Director). (2021). Anna Heringer, leave no waste, but knowledge [Documental]. <https://fundacion.arquia.com/es-es/mediateca/filmografia/p/Filmografia/Detalle/5896>
- [3] Cléries, J. (Director). (2019). De la cuna a la cuna [Documental]. <https://fundacion.arquia.com/es-es/mediateca/filmografia/p/Filmografia/Detalle/5353>
- [4] Collins, M., Lapalme, J. (Directores). (2024). Les Matérialistes [Documental]. <https://lesmaterialistes.webflow.io/>
- [5] Cléries, J. (Director). (2021). Kilómetro cero [Documental]. <https://fundacion.arquia.com/es-es/mediateca/filmografia/p/Filmografia/Detalle/5853>
- [6] <https://redmaestros.com/>
- [7] <https://culturasconstructivas.org/contenidos/publicaciones/> Journal of Traditional Building, Architecture and Urbanism
- [8] Premio Richard H. Driehaus de las Artes de la Construcción (Director). (2019). Luis Prieto [Documental]. <https://fundacion.arquia.com/es-es/mediateca/filmoteca/p/Conferencias/Detalle/1135>
- [9] Gárate, I. (1999). Arte de los yesos. Instituto Español de Arquitectura, MRRP, Universidad de Al-calá. <https://fundacion.arquia.com/es-es/ediciones/publicaciones/colecciones/p/Colecciones/DetallePublicacion/261>
- [10] Adam, J. P. (1996). La construcción romana, materiales y técnicas. Editorial de los oficios. <https://fundacion.arquia.com/es-es/ediciones/publicaciones/colecciones/p/Colecciones/DetallePublicacion/572>
- [11] Premio Richard H. Driehaus de las Artes de la Construcción (Director). (2021). Jordi Domènech [Documental]. <https://fundacion.arquia.com/es-es/mediateca/filmoteca/p/Conferencias/Detalle/1142>

- [12] Premio Richard H. Driehaus de las Artes de la Construcción (Director). (2018). Fátima Quesada [Documental]. <https://fundacion.arquia.com/es-es/mediateca/filmoteca/p/Conferencias/Detalle/1131>
- [13] Premio Richard H. Driehaus de las Artes de la Construcción (Director). (2022). Jesús Adeva [Documental]. <https://fundacion.arquia.com/es-es/mediateca/filmoteca/p/Conferencias/Detalle/1146>
- [14] Premio Richard H. Driehaus de las Artes de la Construcción (Director). (2022). Centro de Oficios [Documental]. <https://fundacion.arquia.com/es-es/mediateca/filmoteca/p/Conferencias/Detalle/1144>
- [15] Premio Richard H. Driehaus de las Artes de la Construcción (Director). (2017). Manuel Navarrete [Documental]. <https://fundacion.arquia.com/es-es/mediateca/filmoteca/p/Conferencias/Detalle/1127>
- [16] Premio Richard H. Driehaus de las Artes de la Construcción (Director). (2021). Miquel Ramis [Documental]. <https://fundacion.arquia.com/es-es/mediateca/filmoteca/p/Conferencias/Detalle/1143>
- [17] Premio Richard H. Driehaus de las Artes de la Construcción (Director). (2017). Carlos Martín [Documental]. <https://fundacion.arquia.com/mediateca/filmoteca/p/Conferencias/Detalle/1125>
- [18] Arquitectura en Corto - "El Quijote de Alella"
<https://www.youtube.com/watch?v=Y77kwFHXY>
- [19] Arquitectura en Corto - "Construir el futuro mirando al pasado"
https://www.youtube.com/watch?v=_p8PepN9wV8
- [20] Pérez-Porro, I. (Director). (2019). Medalla Richard H. Driehaus a la Conservación del Patrimonio (1ª. 2019): Antonio Almagro [Documental]. <https://fundacion.arquia.com/es-es/mediateca/filmoteca/p/Conferencias/Detalle/1112>
- [21] Tocar madera <https://www.rtve.es/play/videos/escala-humana/escala-humana-tocar-madera/5488286/>
- [22] Premio Richard H. Driehaus de las Artes de la Construcción (Director). (2020). Antonio Gandano [Documental]. <https://fundacion.arquia.com/es-es/mediateca/filmoteca/p/Conferencias/Detalle/1137>
- [23] Premio Richard H. Driehaus de las Artes de la Construcción (Director). (2017). Ubedíes [Documental]. <https://fundacion.arquia.com/es-es/mediateca/filmoteca/p/Conferencias/Detalle/1128>

- [24] Premio Richard H. Driehaus de las Artes de la Construcción (Director). (2017). Forja Tiznajo [Documental]. <https://fundacion.arquia.com/es-es/mediateca/filmoteca/p/Conferencias/Detalle/1126>
- [25] Premio Richard H. Driehaus de las Artes de la Construcción (Director). (2021). Santiago Martínez [Documental]. <https://fundacion.arquia.com/es-es/mediateca/filmoteca/p/Conferencias/Detalle/1148>
- [26] Premio Richard H. Driehaus de las Artes de la Construcción (Director). (2019). Anna Santolaria [Documental]. <https://fundacion.arquia.com/es-es/mediateca/filmoteca/p/Conferencias/Detalle/1133>
- [27] Cléries, J. (Director). (2021). Picar Piedra [Documental]. <https://fundacion.arquia.com/es-es/mediateca/filmografia/p/Filmografia/Detalle/5859>
- [28] Premio Richard H. Driehaus de las Artes de la Construcción (Director). (2019). Lluc Mir [Documental]. <https://fundacion.arquia.com/es-es/mediateca/filmoteca/p/Conferencias/Detalle/1134>
- [29] Soriano, V. (2006). Arquitectura de tierra en el sur de Marruecos. Arquia/temas 18. <https://fundacion.arquia.com/es-es/ediciones/publicaciones/colecciones/p/Colecciones/DetallePublicacion/50>
- [30] Flaherty, R. J. (1922). Nanook of the North [Documental]. <https://fundacion.arquia.com/es-es/mediateca/filmoteca/p/Documentales/Detalle/157>