

La cal viva en la restauración

Uso de la cal en la restauración

Uso de la cal en la restauración

- › **La Cal** es uno de los materiales más utilizados por el hombre a lo largo de la historia para diversas finalidades que van desde la construcción hasta la producción de alimentos.



Uso de la cal en la restauración

- › Se trata del químico natural.
- › Indispensable para la preparación de morteros con características tan versátiles y compatibles con los diferentes materiales.
- › Que son recomendados para su uso en zonas sísmicas, por su adherencia mecánica y resistencia a tensiones diagonales.



Uso de la cal en la restauración

- › La Cal es un producto que ha resistido con éxito la prueba del tiempo.
- › Ya que conforme se han dado los avances de la ciencia y la tecnología, se han ido descubriendo nuevas aplicaciones químicas y físicas de este, independientemente de que los usos tradicionales se mantienen.



¿Qué es la cal?



- › La Cal es un producto químico básico que resulta de la calcinación de piedra caliza (Ca CO_3 **Carbonato de Calcio**),
- › Proceso del que se obtiene la Cal viva (CaO **Oxido de calcio**)
- › La cual después se puede apagar con agua (H_2O) para convertirse en Cal hidratada (Ca(OH)_2 **Hidróxido de Calcio**)

Uso histórico de la cal

- › Históricamente, la Cal se empleó desde la antigüedad en sorprendentes construcciones internacionalmente conocidas por su solidez y resistencia a lo largo del tiempo, como:
 - › La Vía Apia
 - › Las Pirámides de Egipto
 - › La Muralla China
 - › El Coliseo Romano
 - › Las Pirámides de Teotihuacan
 - › Las construcciones Mayas
 - › Las antiguas construcciones Toltecas, etc.

Uso histórico de la cal

- › Las obras más antiguas realizadas con Cal se encuentran en la antigua Mesopotamia, en ciudades como Uruk (ahora Warka), y en Gilgamesh.
- › Donde se descubrieron edificios con carácter religioso (como el Templo Blanco) los cuales fueron construidos con ladrillos crudos; cubiertos de una lechada de Cal y revestidos con mosaicos.



Reconstrucción virtual del Templo Blanco de Uruk, tal como debía mostrarse 3 200 años aC.



Uso de la Cal en la Restauración

- › La Cal constituye el material aglutinante tradicional más utilizado en la construcción de edificios desde la llegada de los españoles a México.



Uso de la Cal en la Restauración

- › Su uso se extendió durante una buena parte de la etapa independiente del país, lo que implica su uso y permanencia durante cuatro siglos como mínimo.



Uso de la Cal en la Restauración

- › También fue utilizado durante la época prehispánica para la construcción de pirámides y edificaciones civiles.



Uso de la Cal en la Restauración

- › La Cal es el material adecuado para las diferentes acciones de conservación que se realizan en la actualidad en los inmuebles de carácter artístico, histórico y arqueológico, donde es utilizado en la elaboración de:
 - › Morteros de asiento
 - › Inyección de grietas y fisuras
 - › Confinamientos (resanes)
 - › Mejoramientos de suelo
 - › Aplanados
 - › Pintura



Uso de la Cal en la Restauración

- › La cal viva, para efectos de uso en restauración es muy importante no confundirla con la denominada Cal hidráulica.
- › Ya que esta última contiene muchos silicatos y tiene un comportamiento diferente, sobre todo como material de construcción.



Cal hidráulica

- › La Cal hidráulica tiene un comportamiento similar al cemento, por lo que no es válida para restaurar monumentos históricos, a pesar de la aparente similitud.



Uso de la Cal en la Restauración

- › Sólo la Cal viva tiene capacidad **bioclimática** y es capaz de conservarse en perfectas condiciones durante siglos.
- › Ya que posee poros que dejan transpirar los muros haciendo salir la carga de humedad existente.
- › Funciona al mismo tiempo como capa protectora para los materiales tradicionales, como piedra, barro o ladrillo.



Uso de la Cal en la Restauración

- › Una vez que la Cal se utiliza, empieza a cristalizar y a carbonatarse, desde la superficie hacia dentro.
- › Conservando un núcleo húmedo que es el que le confiere sus propiedades y elasticidad, gracias a la cual tiene un comportamiento mecánico mejor que un cemento portland.
- › Es ideal para aplanados exteriores como interiores, así como para morteros y otros usos.



Uso de la Cal en la Restauración

- › Al cabo de algunos años, la Cal viva que ha sido apagada en obra.
- › Después de carbonatarse completamente, retorna a su estado original en la cantera, que es el de roca caliza (carbonato de calcio CaCO_3).

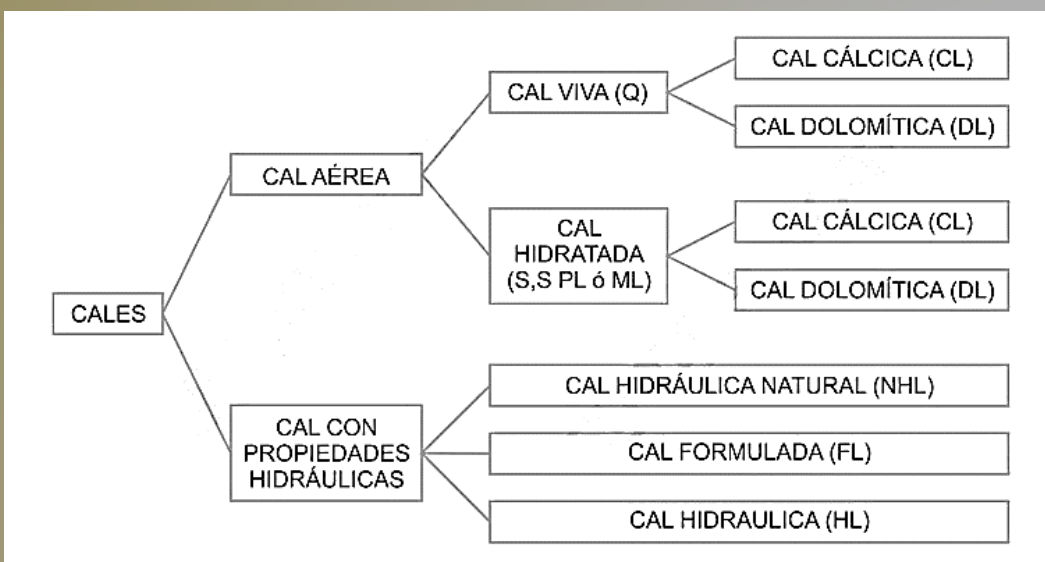


Fijación Mecánica

- › Una observación importante es que la Cal apagada en obra **no tiene propiedades adherentes**
- › Por lo tanto **su fijación es mecánica** a los huecos de la piedra o el ladrillo, por lo que no modifica las propiedades estructurales de estos materiales, permitiendo su movimiento natural e integrándose a este.



Uso de la Cal en la Restauración



Uso de la cal en la restauración

- › En Hispanoamérica, durante la época colonial, la Cal continuó usándose para levantar importantes construcciones, mismas que, hasta el día de hoy, han resistido con firmeza los embates del tiempo y la fuerza de la naturaleza.



Preparación o apagado de la Cal viva

- › El apagado de la Cal es un proceso mediante el cual la cal de piedra obtenida de la calcinación de rocas de origen sedimentario (calizas), transforma su estado de Cal "viva", a Cal "muerta" o "apagada" por medio de su hidratación con la finalidad de poderla utilizar en la elaboración de mezclas y pinturas



Apagado de la cal

- › Cuando se apaga una cantidad de Cal cualquiera, ésta es depositada en un contenedor que permita el proceso de hidratación, para lo cual se construye una **artesa** en donde se colocará una capa de piedras o terrones de cal viva.
- › Se agrega un volumen de agua hasta cubrir la piedra, incorporando el agua lentamente para evitar algún tipo de accidente.
- › Se remueve la pasta con la batidera o azadón, incorporando agua hasta llegar a un nivel que duplique el inicial



Reacción exotérmica

- › El óxido de calcio o Cal viva tiene una reacción exotérmica al contacto con el agua, haciendo que ésta alcance los 90 °C para formar el hidróxido de calcio o $\text{Ca}(\text{OH})_2$, también llamada Cal apagada.



- › Posteriormente se deja reposar durante días, ya sea para morteros, inyecciones, aplanados o pinturas.
- › Durante el reposo se deberá verificar que la superficie no quede seca ni agrietada; siempre debe haber una capa de agua ligera.

- › El periodo máximo recomendado para que esta Cal pueda ser usada es de seis meses; cuanto más tiempo pase en reposo, mejor comportamiento tendrá después, carbonatándose de forma óptima al utilizarse aplanados, argamasas o morteros.

- › Por supuesto, no todas las caleras ofrecen la misma calidad de producto y cuanto mayor porcentaje de óxido de calcio tenga la cal viva (92-96% de CaO), mejor calidad tendrá la Cal apagada.

- › Para su uso deberá ser colada con cernidor en caso de requerirse para aplanados finos o pintura a la Cal, dejándola libre de impurezas y grumos que pudieran modificar la calidad del trabajo y que al hidratarse por lluvias o la intemperie puedan disgregar los aplanados.

- › Los morteros se ocuparán para las integraciones, sustituciones y consolidaciones de elementos arquitectónicos.
- › La especificación de elaboración es realizar una mezcla sobre una superficie plana, libre de impurezas tales como basura, excretas, flora y fauna.

- › El mortero se compone de arena de mina o canto rodado, de conformidad con el uso para el que se vaya a destinar y Cal apagada en obra, en la proporción adecuada para el trabajo estructural u ornamental, agregando mucilago de nopal y agua según se requiera.

- › En la actualidad se considera el manejo de los materiales tradicionales en combinación con las ventajas de otros contemporáneos; por lo anterior, se agrega a la mezcla mencionada una cantidad de resina hidrofugante normalmente diluida de acuerdo a su uso.
- › Una vez mezclado el mortero quedará listo para aplicarse.

- › La Cal es un elemento que proporciona a los morteros el efecto de un lubricante, y permite aumentar la plasticidad, generando a su vez un incremento en la retención de agua en los mismos.

- › Cuando se usa apropiadamente, la Cal es excepcionalmente durable.
- › Un ejemplo de esta propiedad de la Cal es el Panteón Romano, cuya cúpula, que se eleva a 45 metros sobre el nivel de piso terminado, fue construida con morteros a base de Cal y mantiene sus propiedades mecánicas en la actualidad.

- › Uno de los usos principales de los morteros a base de Cal apagada en obra es el de servir como elemento de asiento y transferencia de esfuerzos entre los mampuestos que componen los elementos arquitectónicos de los edificios históricos.

- › Las características plásticas de estos morteros permiten absorber los movimientos diferenciales de las estructuras históricas sin agregar efectos de rigidez que son propios de la utilización del cemento.

- › La utilización estructural se da en cimentaciones, apoyos corridos, apoyos aislados, apoyos adosados, bóvedas de plementería de piedra, de ladrillo y otros elementos, siendo importante resaltar la compatibilidad con los diferentes materiales históricos.

- › Los morteros de asiento a base de Cal también fueron utilizados en el armado de arcos aparejados y dovelados, jambas, dinteles, platabandas y otros elementos de cerramiento.
- › De igual forma se usó en pisos a base de piezas de cantería o ladrillo, ubicados tanto en interiores como en exteriores.

- › Considerando las ventajas del mortero a base de Cal apagada en obra en cuanto a trabajo estructural, este es utilizado para realizar diferentes acciones encaminadas a devolver el comportamiento mecánico a los elementos arquitectónicos dañados.

- › De acuerdo a lo anterior, la mezcla de Cal y arena en combinación con el mucílago de nopal y algunos aditivos expansores de carácter especializado y controlado, es utilizada para inyectar huecos generados a partir de grietas y fisuras que pueden ir de superficiales a profundas.

- › Para estos efectos se maneja la mezcla citada con diversos grados de dilución, buscando siempre su penetración total en las cavidades existentes, con la finalidad de devolver la solidez a los elementos, así como regresar el comportamiento estructural volumétrico.

Capa protectora

- › Otro de los usos de los morteros a base de Cal apagada en obra es el funcionar como la capa protectora de los diferentes elementos arquitectónicos que componen a los edificios históricos.
- › Este uso se fundamenta en la propiedad de la mezcla, dado que en el proceso de fraguado genera una serie de poros que permiten que se dé la “respiración” de los materiales pétreos o cerámicos que conforman las estructuras.

- › Es importante señalar que los inmuebles construidos durante la época virreinal, incluso durante una gran parte de las etapas posteriores requieren de aplanados en sus superficies para evitar el deterioro de los materiales que los componen, evitando la acción de la humedad, viento y otros factores.

- › Las propiedades mencionadas hacen que en los procesos de restauración y conservación se contemple la integración de nuevos aplanados para las superficies intervenidas, así como la reposición de los mismos en las zonas donde esto se requiera,
- › Utilizando técnicas similares a las originales en combinación con elementos contemporáneos tales como los hidrofugantes o diferentes tipos de mallas para aumentar su resistencia.

- › Un uso adicional de la Cal apagada en obra es el de integrar o restituir las juntas expuestas de los materiales que componen los elementos arquitectónicos y que al perderse constituyen un punto de entrada para la humedad principalmente.

- › Las juntas en los elementos de apoyo corrido, aislado y adosado de un edificio histórico constituyen la parte visible de los morteros de asiento entre los diferentes materiales utilizados, por lo que al presentarse su pérdida, se inicia un proceso de deterioro que afecta el comportamiento estructural y el aspecto ornamental.

- › La eliminación de aplanados en muros principalmente, incide de manera directa en el proceso de pérdida de juntas entre materiales (piedra, ladrillo, adobe, etc.), lo cual puede llegar a desestabilizar estructuralmente los mampuestos, independientemente de generar un conducto directo para introducir humedad hacia el núcleo del elemento constructivo.

- › De la misma forma, los morteros de Cal se utilizan para integrar rajueleos en las juntas que deben quedar expuestas por motivos ornamentales o técnicos.
- › La integración de rajuela de piedra constituye un elemento de protección y diferenciación de áreas intervenidas.

Argamasas

- › Una de las mayores aportaciones realizadas durante el siglo XVII fue el uso de las argamasas a base de Cal como parte de la carga ornamental aplicada a los edificios de uso civil y religioso.
- › Este elemento permitió repetir decoraciones similares a las constituidas por yeserías en interiores, pero ubicándolas en el exterior de los edificios.

- › El trabajo estructural de estos edificios incluye a los elementos decorativos que lo componen, mismos que deben comportarse con la suficiente elasticidad para poder absorber las deformaciones propias del funcionamiento, pero deben contar con la solidez necesaria para mantenerse tal como fueron colocados.
- › Las propiedades mencionadas son proporcionadas únicamente mediante el uso de la Cal viva apagada en obra.

- › El deterioro por acción mecánica en muros, cubiertas, torres y otros elementos arquitectónicos ha ocasionado la pérdida de elementos tales como cornisas, molduras, roleos y demás decoraciones.
- › El proceso de conservación de lo anterior se realiza mediante la inyección de mezclas de Cal-arena, así como la integración de los elementos dañados utilizando los mismos materiales.

- › La pintura es un elemento de protección que al mismo tiempo proporciona buena apariencia; cuando la pintura se pierde los aplanados son susceptibles de dañarse con mayor facilidad.

- › Como parte de los acabados que se observan en los edificios históricos, las pinturas constituyen la parte visible que cuenta con una importancia especial, considerando que la arquitectura desarrollada en la etapa virreinal y posterior cuenta con una carga de elementos simbólicos que va ligada a los colores aplicados.

- › Desde el punto de vista técnico, la aplicación de pintura a base de cal apagada en obra permite que los aplanados respiren, facilitando la entrada y salida de aire, dejando salir de este modo la humedad.

- › Este elemento de color constituye el complemento de los aplanados de mortero de Cal dado que, a diferencia de las actuales capas de color a base de vinílicas, esmaltes acrílicos o poliuretánicos, se integra completamente, formando parte de las superficies que cubre, y de su comportamiento físico, establece una base impermeable.

- › La pintura a la Cal se elabora a partir de una solución de este material en agua, agregando elementos colorantes naturales, principalmente de origen mineral o vegetal, complementado con hidrofugantes o elementos minerales como el alumbre y el mucílago de nopal.

- › En cuanto a su relación con el contexto, las pinturas a base de Cal dan belleza e higiene a los edificios, además de ser muy económicas, dado que pueden utilizarse en fachadas, bardas y todo tipo de superficies exteriores, así como en interiores con un significativo ahorro, y con la ventaja de que la Cal es un material amigable con el medio ambiente.

Uso en bienes muebles

- › Adicionalmente a los usos mencionados, la Cal apagada en obra es aplicada en otras acciones relacionadas directamente con la conservación del patrimonio.
- › Como parte de esto puede mencionarse su uso en la restauración de bienes muebles tales como retablos y otros elementos.

- › Otro de los usos es el de consolidar la estructura interna de los elementos pétreos de origen calizo que fueron utilizados en gran medida para la conformación de muros y cubiertas y que resienten la presencia de contaminantes y humedad.

- › Para realizar esto se utiliza el agua remanente del apagado de la Cal (agua Cal), misma que cuenta con una alta concentración de calcio y que mediante la impregnación de la piedra devuelve en cierta proporción este elemento para su integración en la composición del material, consolidándolo de manera natural, sin la necesidad de integrar materiales diferentes.

- › La Cal también es utilizada como elemento natural para la eliminación de elementos de flora superior e inferior, así como de microorganismos que afectan a elementos arquitectónicos y ornamentales.
- › Para el efecto se utiliza la reacción exotérmica que se genera en el apagado, así como sus propiedades causticas, para, mediante un vaciado en forma de solución en las zonas donde se han cortado o eliminado los elementos vegetales.

- › Incluso los elementos que quedan después del proceso básico de apagado de cal, conocidos como "grumos" son utilizados en combinación con materiales como el tepetate para el mejoramiento de pisos y terracerías, revestimientos de elementos de cimentación y en la construcción de plantillas para uniformizar superficies para colocación de tuberías, desplante o consolidación de piedraplenes (plantillas).