

Sessão 5 | A cal como material ecológico e saudável

Propriedades da cal e vantagens das argamassas térmicas de cal hidráulica com agregados leves

Os benefícios das argamassas à base de cal
MATTIA MARANO (DIASEN)

V Jornadas FICAL

Fórum Ibérico da Cal

Portugal | Lisboa | LNEC | 23 - 25 | maio | 2016



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



FICAL
Forum Ibérico de la Cal

El artículo da cuenta de las propiedades ensayadas en el mortero de cal hidráulica y cal aérea con agregados ligeros, comercialmente conocido como *Diathonite*

CAL HIDRÁULICA- NHL 5



CORCHO



ARCILLA



Las materias primas utilizadas para hacer el mortero son absolutamente naturales y reciclables

La cal es sin duda uno de los aglutinantes más utilizadas en la industria de la construcción. Por lo general, en términos de composición química, el mortero se divide en hidráulico y no hidráulico basándose en el proceso de endurecimiento.

El uso de cal aérea y cal hidráulica como aglutinantes en el mortero *Diathonite* es la clave para asegurar la compatibilidad química con viejos morteros de albañilería y, al mismo tiempo proporciona una solución duradera a las obras de rehabilitación.

El mortero *Diathonite* está formado por :

Cal de calcio (CL): cal aérea, que se apagó con agua. Consiste principalmente en hidróxido de calcio sin adición de puzolanas o componentes hidráulicos - $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - cal hidratada (S).

La pureza de la naturaleza química del mortero hace que no sean presentes álcalis solubles en agua y ofrece resistencia a la sal, elasticidad, y una porosidad y permeabilidad al vapor de agua.

Cal hidráulica natural - NHL 5: que se utiliza como aglutinante natural y como elemento que ofrece resistencia a contrastes térmicos.

CORCHO: su elección se basa en sus propiedades físicas: no tóxico, eco-sostenible, biológicamente puro y estable, resistente al agua, ligero y con excelentes características térmicas. Tiene una buena resistencia mecánica, baja combustibilidad y un alto rendimiento acústico. La distribución característica de tamaño de partícula 0 - 3 mm, desarrollada para obtener una buena manejabilidad.



ARCILLA: material natural utilizado como agragado, con considerable ligereza y porosidad, con una buena inercia térmica y resistencia a la compresión, también es altamente permeable al vapor de agua y resistente a la humedad. La curva característica de la distribución por diámetro de partículas se encuentra entre 0-2 mm.



La campaña experimental se realizó de conformidad con la norma:

**EN 998 - "Especificaciones para morteros de albañilería"
PARTE 1 - "Morteros de revoco para interior y exterior"**

Las propiedades investigadas fueron:

Coefficiente de permeabilidad al vapor de agua (μ);

Absorción de agua;

Porosidad total del mortero endurecido;

Microporosidad y macroporosidad.



Se estudió también la correlación entre la permeabilidad al vapor de agua y la absorción de agua por capilaridad.

Además, la microestructura porosa del mortero se caracterizó por la técnica experimental de porosimetría por inyección de mercurio.

Por último se llevó a cabo una medición de la conductividad térmica

Los requisitos y las propiedades que se encuentran, tanto en productos frescos como en productos endurecido, se definen en diversas normas técnicas, tales como los métodos y procedimientos a seguir en cada caso o variable en estudio.

Características esenciales	Normas técnicas
Densidad aparente seca (kg/m ³)	EN 1015-10
Resistencia a la compresión	EN 1015-11
Adherencia (N/mm ²)	EN 1015-12
Coefficiente de permeabilidad al vapor de agua (μ)	EN 1015-19
Absorción de agua por capilaridad	EN 1015-18
Conductividad térmica	EN 12667
Reacción al fuego	EN 13501-1

Las propiedades más relevantes de acuerdo con los diferentes campos de aplicación y de exposición que se ensayaron.



Resistencia a la compresión 3,11 N/mm² (categoria CS II - EN 1015-11)

Adherencia 0,258 N/mm² (FP: C - EN 1015-12)

El uso combinado de **cal aérea** y **cal hidráulica** permitió lograr un buen rendimiento mecánico. Los valores obtenidos son compatibles con el comportamiento mecánico de mampostería tradicional: 3,11 N/mm² - Resistencia a la compresión (RC) y 0,258 N/mm² - fuerza de adhesión al ladrillo utilizado como soporte.

De hecho la categoria de mortero para albañilería se divide básicamente en dos categorías: para zona no sísmica y para zona sísmica; con dos tipos de mampostería: ordinaria (normal) y resistentes. El valor de mampostería ordinaria se marca entre M2,5 y M5, para zona sísmica y zona sísmica, respectivamente.

CATEGORÍA	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	M d
Resistencia a la compresión N/mm ²	2,5	5	10	15	20	d

HUMEDAD: Uno de los problemas principales que causan daños en edificios antiguos como en edificios nuevos, es la humedad, que puede manifestarse de varias maneras.



Las causas más comunes de humedad son:

Humedad de remonte capilar;

Agua de lluvia llevada por el viento y

Condensación interna de vapor de agua que existe de forma natural en el medio ambiente.

La humedad capilar ascendente es un problema insidioso y peligroso ya que la humedad que está en el suelo sube de forma natural por la estructura porosa, por capilaridad. El agua se eleva a través de los elementos de mampostería o estructurales, arrastra sales desde el suelo y desde los propios elementos de fábrica.

V Jornadas FICAL

Fórum Ibérico da Cal

Portugal | Lisboa | LNEC | 23 - 25 | maio | 2016



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



FICAL
Forum Ibérico de la Cal



Permeabilidade al vapor de agua $\mu = 4$ (EN 1015-19)

La **microestructura porosa** del mortero puede ser una ventaja en términos de eficacia en drenar la humedad presente en la obra de fábrica.

Para evaluar esta propiedad del mortero, se realizó un ensayo para determinar la permeabilidad al vapor de agua, tal como se refleja en la norma EN 1015-19.

El valor alcanzado de coeficiente de permeabilidad al vapor de agua, se puede considerar excelente, en gran parte debido a la estructura microporosa del mortero *Diathonite*, y también debido al uso de materias primas naturales tales como cal, cal hidráulica y áridos ligeros (corcho y arcilla).



Absorción de agua por capilaridad $0,63 \text{ kg/m}^2\text{min}^{0,5}$ (W0 - EN 1015-18)

El mejor aglutinante para lograr un alto rendimiento, tanto en términos de permeabilidad al vapor de agua como de aumentando de ascensión por capilaridad, solamente se consigue mediante la mezcla de cal aérea con cal hidráulica.

Con el fin de garantizar el nivel de confort interior y de control de la humedad, un buen mortero debe tener una **buena permeabilidad** al vapor de agua y **baja absorción** de agua por capilaridad.

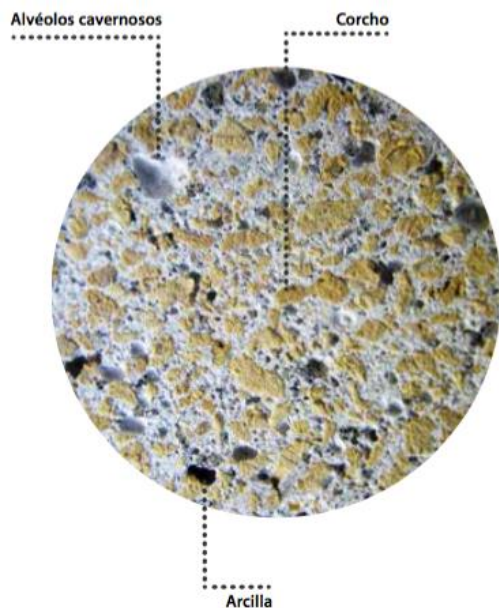
El valor medido de la absorción de agua por capilaridad, del sistema *Diathonite* fue: $0,63 \text{ kg/m}^2\text{min}^{0,5}$ (categoría W0). La prueba para determinar el coeficiente de absorción de agua por capilaridad en el mortero endurecido es establecida en la norma EN 1015-18.

SALES: Otro problema relacionado con la humedad ascendente tiene que ver con la cantidad de sales transportadas por esta ascensión de humedad capilar.



La baja porosidad de la mortero de cemento, en particular la presencia de microporosidad no conectados entre sí, a prevenir el movimiento del agua (por ejemplo, hacia arriba por acción capilar), puede conducir a la **acumulación de sales** y llevar a **daños** en la mampostería.

Además, las sales solubles en agua, tales como sulfato de calcio y cloruro, que están presentes en morteros de cemento pueden llevar a reacciones químicas peligrosas que conducen al deterioro tanto de las mamposterías antiguas y de las paredes históricas como de las estructuras nuevas.



Porosidad total *Diathonite* 71,64%

Microporosidad 54,94%

Macroporosidad 17,83%

Porosimetría por inyección de mercurio: es una prueba que se utiliza ampliamente para medir el tamaño, volumen y distribución de los poros. En este ensayo se aplican varios niveles de presión en una muestra que se sumerge en mercurio. La presión necesaria para la introducción de mercurio en la porción de la muestra es inversamente proporcional al tamaño de los poros.

Los resultados obtenidos muestran una porosidad total del mortero Diathonite (en el producto curado) de 71,64%. Este valor se refiere a la porosidad total, pero la existencia de poros en la matriz puede ser esquematizada en una estructura reticulada mediante la lectura de los poros y poros ciegos a la superficie.

La macroporosidad (54,94%) es una característica importante para satisfacer los requisitos de permeabilidad al vapor y baja absorción de agua por capilaridad.



Conductividad térmica 0,080 W/mK (EN 12667)

Una **baja conductividad** térmica es absolutamente necesaria para lograr un **confort interior** hygro-térmico en general.

La medición de la conductividad térmica del material se logró utilizando el método del medidor de flujo de calor tal como se establece en la norma EN 12667.

El valor obtenido de 0,080 W/mK (categoría T1), ayuda a eliminar la humedad causada por los puentes térmicos y defectos de aislamiento en general. Estos dos últimos factores pueden ser la causa de la condensación de vapor de agua en las superficies frías que llegan hasta el punto de rocío, en entornos con humedad interior excesiva.

El alto rendimiento del mortero *Diathonite* descrito, muestra las **ventajas del uso de cal aérea y de cal hidráulica** como aglutinantes, en un mortero térmico ligero.

Las propiedades de estos agregantes naturales ofrecen excelentes resultados en los siguientes campos: buena permeabilidad al vapor de agua y porosidad que permite la evaporación de la humedad en las paredes internas; baja tendencia a la formación de eflorescencias y ausencia de álcalis solubles.

La estructuras macro y micro porosas trabajan sinérgicamente para resolver el problema de la humedad en la mampostería.

No menos importante, el uso de cal con agregados tales como arcilla y corcho - que se incluyen en el sistema *Diathonite* - también asegura la compatibilidad con el concepto de construcción ecológica y sostenible.

Características esenciales	Rendimiento	Normas técnicas
Densidad aparente seca (kg/m ³)	475 ± 30 kg/m ³	EN 1015-10
Resistencia a la compresión	3,11 N/mm ² (categoria CS II)	EN 1015-11
Adherencia (N/mm ²)	0,258 N/mm ² – FP: C	EN 1015-12
Coefficiente de permeabilidad al vapor de agua (μ)	μ=4	EN 1015-19
Absorción de agua por capilaridad	0,63 kg/m ² min ^{0,5} (categoria W0)	EN 1015-18
Conductividad térmica	λ= 0,080 W/mK	EN 12667
Reacción al fuego	Euroclase A1	EN 13501-1
Porosidad total del mortero endurecido	71,64%	Porosimetría de mercurio

Resumen de las características ensayadas

V Jornadas FICAL

Fórum Ibérico da Cal

Portugal | Lisboa | LNEC | 23 - 25 | maio | 2016



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



FICAL
Forum Ibérico de la Cal

Casos de estudio con *Diathonite*



Convento de Jesus - Setúbal



Paço dos Henriques – Alcaçovas

MUITO OBRIGADO PELA SUA ATENÇÃO

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

V Jornadas FICAL

Fórum Ibérico da Cal

Portugal | Lisboa | LNEC | 23 - 25 | maio | 2016



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



FICAL
Forum Ibérico de la Cal