

MORTEROS CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO POR ZEOLITAS NATURALES

Carina Andrada¹, Francisco Ludueña², Virginia Mugetti³, Carlos Baronetto⁴

¹ Ing. Civil, Docente Investigadora, CINTEMAC, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina, Facultad Regional Córdoba, carina_andrada@hotmail.com

² Alumno de Ing. Civil, Becario de Investigación Laboratorio de Materiales Universidad Tecnológica Nacional, Argentina, Facultad Regional Córdoba, franludu07@gmail.com

³ Ing. Civil, Docente Investigadora, CINTEMAC, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina, Facultad Regional Córdoba, vikymugetti@hotmail.com

⁴ Ing. Civil, Docente Investigador CINTEMAC, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina, Facultad Regional Córdoba, carlosbaronetto@gmail.com

RESUMEN

Este trabajo integra a un grupo de proyectos de morteros ecológicos y térmicamente aislantes. En la primera etapa, se determinó que es viable la sustitución de un porcentaje de cemento pórtland por zeolitas naturales en las mezclas para morteros. Se continuó el estudio de estos morteros ahondando en las propiedades en estado fresco, incorporando el ensayo de retentividad. También se evaluó en este trabajo es la adherencia, que define la calidad en estado endurecido, para lo cual se utilizó el equipo *Pull off tester*. Las muestras de ensayo se componen de un mortero patrón 1:3 (relación aglomerante:agregado) y cantidad necesaria de agua para alcanzar una fluidez de 110 % y un mortero con una sustitución de 20 % de cemento por zeolita. Se realizaron ensayos en estado fresco y endurecido. Los resultados obtenidos muestran que la sustitución con zeolita no afecta las propiedades del mortero, e incluso las mejora.

Palabras claves: mortero, zeolitas, sustentabilidad, adherencia.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial y en la búsqueda del desarrollo sostenible, la tendencia es ir aumentando y ampliando las exigencias de ahorro de recursos como energía y consumo de agua, a utilizar menos materiales, más ecológicos, durables, renovables, reciclables [1].

La eficiencia energética es una práctica que tiene como objeto reducir el consumo de energía. En la construcción, básicamente se refiere al comportamiento térmico de los materiales [2].

Los edificios deben contar con una envolvente con características adecuadas para limitar la demanda energética necesaria, para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno. La envolvente de un edificio estará definida por los tipos de materiales utilizados en su construcción: ladrillo, vidrio, agregados y otros.

La presente investigación está integrada al Proyecto de morteros térmicamente aislantes usando zeolitas naturales en polvo como sustituto de parte del aglomerante. Como ha sido expuesto [3] las zeolitas tienen la capacidad de mejorar las condiciones de aislamiento térmico de los morteros. La obtención de zeolita es en minas y conlleva un proceso ambientalmente más amigable que la fabricación del cemento, lo que permite disminuir la huella de carbono del mortero con sustitución.

Los morteros son mezclas de uno o más conglomerantes inorgánicos, áridos, agua y a veces adiciones y/o aditivos. Son parte constitutiva de la envolvente por sus dos aplicaciones principales, como asiento de mamposterías y como revoque interior y exterior. Sabiendo que térmicamente es más eficiente este tipo de mortero, la aplicación en fachada y morteros de asiento permitiría un gran ahorro energético durante la vida útil de las edificaciones.

Se realizó un mortero patrón MPC 1:3 (cemento:arena) como parámetro de comparación y un mortero MPZ20 de cemento con reemplazo del 20 % del mismo por zeolitas naturales. Se realizaron ensayos en estado fresco y endurecido, y se determinaron las propiedades mecánicas y térmicas, comparando los resultados con la normativa vigente para verificar su aplicabilidad.

OBJETIVOS

Evaluar de las propiedades en estado fresco y endurecido de morteros con reemplazo de parte de cemento por zeolitas naturales, principalmente las propiedades térmicas, la capacidad de retención de agua y la adherencia.

MATERIALES

Se evaluaron las caracterizaciones físicas de los materiales a utilizar en la elaboración de mortero: cemento, arena y zeolitas naturales.

Aglomerante

CPF 40: cemento pórtland con filler calcáreo, de procedencia de la provincia de Córdoba. Es un cemento de uso general, apto para estructuras de hormigón armado, según Norma IRAM 50.000, cuya resistencia mecánica mínima exigida a compresión a 28 días es de 40 MPa, según Norma IRAM 1622 [4] Densidad= 3,02 g/cm³.

Agregados

Las arenas tienen partículas de forma redondeada, de origen natural de cauces de ríos de Córdoba. Las muestras analizadas no contienen sustancias perjudiciales. El agregado natural se compone de una mezcla de arenas, 60 % arena fina y 40 % arena gruesa, de manera de obtener una distribución granulométrica apropiada cuyo módulo de finura es 2,64. El módulo de finura, peso específico y porcentaje de absorción [5] se muestran los resultados en Tabla 1. Los agregados se caracterizaron por distribución granulométrica [6], las que se presentan en Figura 1.

Tabla 1: Propiedades de los agregados naturales.

	Peso específico (g/cm ³)	Absorción (%)	Módulo de finura
Arena Fina	2,63	1,2	2,19
Arena Gruesa	2,63	1,0	3,32

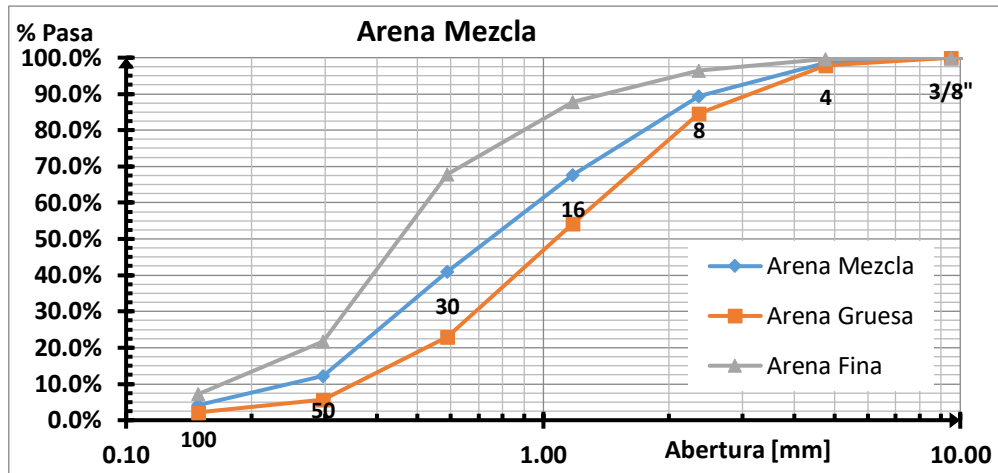


Figura 1: Distribución granulométrica de la mezcla de arenas.

Zeolita

Material de tipo pulverulento, color tiza, de procedencia de la Provincia de la Rioja, Argentina. La distribución granulométrica se realizó según Norma IRAM 1627 [7]. Si bien por granulometría se corresponde con arenas, se realizó un tamizado tomando la fracción pasante del tamiz N° 50 según se observa en Figura 2. La determinación de la absorción se realizó por el método del cono de arena. Los resultados se presentan en Tabla 2. En la Figura 3 se observa la distribución granulométrica de la zeolita previo al tamizado, y en Tabla 3 la composición química, la cual se realizó por fluorescencia de rayos x.



Figura 2: zeolita en bolsa y luego de tamizada.

Tabla 2: Propiedades de los agregados naturales.

Densidad relativa (gr/cm ³)	Módulo de finura	Absorción (%)
2,13	2,04	0,665

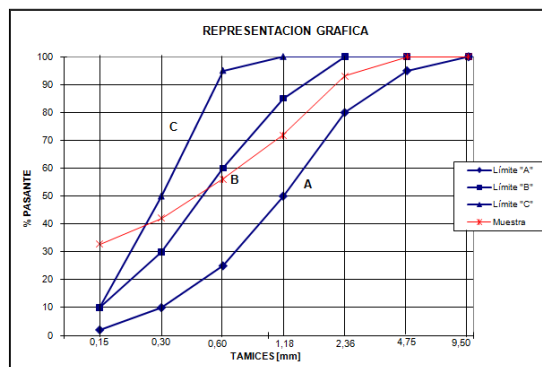


Figura 3: Granulometría de zeolitas.

Tabla 3: Composición por fluorescencia de rayos x.

Elemento	Porcentaje (%)
Dióxido de silicio, SiO ₂	73
Óxido de aluminio, Al ₂ O ₃	15
Óxido de sodio, Na ₂ O	5
Óxido de potasio, K ₂ O	2
Óxido de hierro, Fe ₂ O ₃	2
Óxido de calcio, CaO	1
Trióxido de azufre, SO ₃	1
Óxido de magnesio, MgO	1

DOSIFICACIONES

El mortero patrón se compone en masa por una parte de cemento, y 3 partes de arena y cantidad necesaria de agua para alcanzar una consistencia 110 %±5 %. En la Tabla 4 se presentan las denominaciones de cada tipo de mortero y las dosificaciones.

Tabla 4: Identificación tipos de morteros y dosificación en peso (gramos).

Mortero	Cemento (g)	Zeolita (g)	Arena (g)
MPC	450		1350
MPZ20	360	90	1350

ENSAYOS DE LABORATORIO

Consistencia: La consistencia fue el parámetro para dosificar según lo indica la Norma IRAM 1570 [8]. Se determinó a través del método del escurrimiento en la mesa *Flow Table*.

Tiempo de utilización: Es el tiempo durante el cual un mortero posee la suficiente trabajabilidad para ser utilizado sin adición posterior de agua con el fin de contrarrestar los efectos de endurecimiento por el principio del fraguado [9]. Responde al tiempo en minutos a partir del cual un mortero alcanza un límite definido escurrimiento en la mesa *Flow Table*. Todas las características del mortero en estado fresco han de mantenerse durante este tiempo.

Retentividad: Teniendo en cuenta la norma aplicable en Argentina, IRAM 1679 – Cementos de albañilería – Métodos de ensayo [10], y las normas internacionales: Norma Chilena 2259-96 [11] y ASTM C 1506-08 [12]. Se fabricó en laboratorio el equipo que mide succión de agua por vacío. La retención de agua es la medida de la capacidad de un mortero bajo succión de retener el agua de mezclado. Esta propiedad permite al albañil disponer de tiempo suficiente para colocar y ajustar el mampuesto sin que el mortero pierda su plasticidad. Según Norma IRAM 1676 [13] hay un porcentaje mínimo de retención de agua que es 55 %.

Densidad: Se determina la densidad real seca, masa por unidad de volumen de una probeta de mortero, determinada según su volumen real y su masa seca, determinadas en probetas de 4x4x16 cm³.

Resistencia a la compresión: Los valores de resistencia a compresión se determinaron a 7 y 28 días en probetas prismáticas de 4x4x16 cm³ según lo indica la Norma IRAM 1622. Los valores finales de resistencia fueron calculados por media aritmética.

Adherencia de los revocos: La adherencia se define como la resistencia a la tracción máxima de la unión entre un mortero y un soporte definido y se determina por medio de un ensayo de arrancamiento directo perpendicular a la superficie del revoque [14]. Con cada tipo de mortero se revocó sobre un ladrillo bloque de hormigón con una capa de 2 cm de espesor de mortero. Se cortaron las muestras con la sonda, previendo una distancia entre cada una de ellas de un diámetro de sonda. Las placas de arrancamiento fueron pegadas con una mezcla epoxi sobre el revoque. Se hicieron los ensayos a 7 y a 28 días. En Figura 4 se muestra el equipamiento encima de uno de los bloques con capa de mortero.



Figura 4: Equipo Pull off y bloque.

Conductividad Térmica: Se moldearon probetas de 30x30x4,5 cm³ para determinar de la conductividad térmica según Norma IRAM 11559 [15]. La conductividad térmica se refiere a la cantidad/velocidad de calor transmitida a través de un material. La transferencia de calor se produce en mayor proporción en los materiales con alta conductividad térmica con respecto a aquellos con baja conductividad térmica.

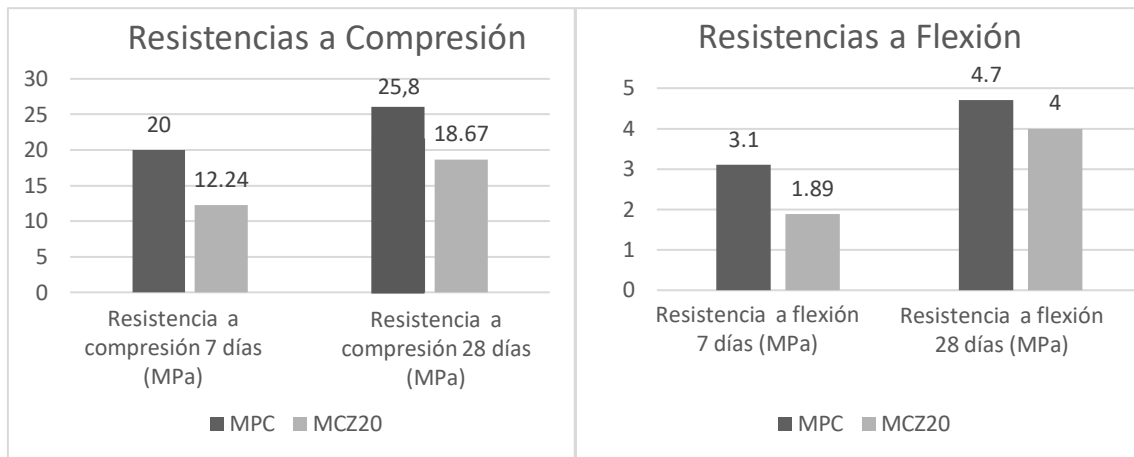
RESULTADOS

En Tabla 5 se presentan los resultados de tiempos de utilización, porcentajes de succión de agua, densidad de las probetas y conductividad térmica.

Tabla 5: Resultados.

Mortero	Agua (g)	Tiempo de utilización (min)	Retentividad (%)	Densidad (g/cm ³)	Conductividad térmica (W/°K.m)
MP	320	121	69,4	2,05	1,16
MPCZ	310	181	67,7	1,98	1,12

Resistencias a Compresión y Flexión: En Figura 5 se presentan los promedios aritméticos de resistencia a compresión para tres probetas a 7 y 28 días de cada tipo de mortero. Y en Figura 6 se presentan las resistencias a flexión de los dos tipos de morteros. Para su valor final se tomaron los promedios aritméticos de las probetas prismáticas.



Figuras 5 y 6: Resistencias a compresión y flexión.

Resistencias al arranque: En Figura 7 se muestran los valores de fuerza de arranque en bloques de hormigón revocados con cada uno de los dos tipos de morteros a 7 y 28 días.

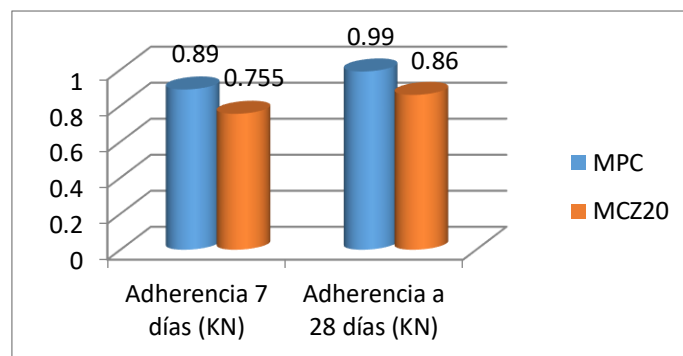


Figura 7: Adherencia- Fuerza de arranque a 7 y 28 días.

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Los tiempos de utilización son aceptables para su uso en obra, teniendo en cuenta como aceptables los tiempos superiores a 2 horas. Los porcentajes de retentividad se encuadran dentro de la normativa vigente que indica un mínimo de 55 %.

La densidad del mortero con zeolita es menor que la densidad del mortero patrón.

La conductividad térmica disminuye con la incorporación de zeolita, pero no significativamente.

En los MPC y MCZ20 las resistencias a compresión son prácticamente iguales a los 28 días y se clasifican según Norma IRAM 1676 como E: mortero de resistencia elevada (mínimo 15 MPa). Las resistencias a la flexión y la adherencia disminuyen con la incorporación de zeolita, pero no significativamente.

CONCLUSIONES

Se observa que es viable el reemplazo de parte del cemento por zeolita, verificándose que las resistencias a flexión, compresión y arranque no disminuyen significativamente, lo que confirma su aplicabilidad.

Además, se observa que en el MCZ20 aumenta el tiempo de utilización y el porcentaje de retentividad de agua, lo que le confiere mayor trabajabilidad que el MPC.

Se observa una leve mejora de la capacidad de aislación a través de la disminución del coeficiente de conductividad térmica.

Se comprueba que la sustitución cumple con los requisitos planteados en el proyecto de disminución del peso, y las características térmicas mejoran.

Las resistencias a compresión indican que pueden ser usados en muros portantes.

Adicionalmente el uso de zeolitas naturales, incorpora materiales sustentables a la industria de la construcción, disminuye los problemas causados al medio ambiente por la elaboración del cemento.

REFERENCIAS

- [1] Kreinker J, Andrada C, Gatani M, Positieri M, Quintana Crespo E, Sable L, "Evaluación del comportamiento puzolánico de cenizas de cascara de maní para su uso como aglomerante sustituto en morteros cementicios", IX Congreso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras IX International Congress on Pathology and Recovery Structures, João Pessoa-PB, Brasil, (2013).
- [2] Andrada C, "Estudio de la sustentabilidad de morteros elaborados con materiales alternativos", 1º Congreso Latinoamericano de Ingeniería, Paraná, Entre Ríos, (2017).
- [3] Andrada C, Baronetto C, Positieri M, Oshiro A, "Evaluación térmica de morteros elaborados con zeolita como porcentaje de sustitución de aglomerante", Asociación Argentina de energías renovables ASADES, Rosario, Argentina. ISSN 0329-5184, (2012).
- [4] IRAM 1622, "Cemento portland: método de determinación de las resistencias a la compresión y a la flexión", (2006).
- [5] IRAM 1520, "Agregados finos. Métodos de laboratorio para la determinación de la densidad relativa real, de la densidad relativa aparente y de la absorción de agua", (2002).
- [6] IRAM 1505, "Agregados. Análisis granulométrico", (2003).
- [7] IRAM 1627, "Agregados: granulometría de los agregados para hormigones", (1997).
- [8] IRAM 1570, "Morteros para Mampostería. Determinación de la consistencia. Método del escurrimiento", (1994).
- [9] IRAM 1732, "Morteros para mampostería. Mortero fresco. Determinación del tiempo de utilización", (1997).
- [10] IRAM 1679, "Cemento de albañilería. Métodos de ensayo", (1970).
- [11] Norma Chilena 2259-96, "Determinación de la retentividad – Método de la succión de agua por vacío.
- [12] ASTM C1506, "Standard Test Method for Water Retention of Hydraulic Cement-Based Mortars and Plasters", (2008).
- [13] IRAM 1676, "Morteros para Mampostería. Clasificación y Requisitos", (2012).
- [14] IRAM 1764, "Morteros. Método de ensayo de adherencia de los revocos y las carpetas", (2003).
- [15] IRAM 11559, "Acondicionamiento térmico. Determinación de la resistencia térmica y propiedades conexas en régimen estacionario. Método de la placa caliente con guarda", (1995).

