

EVALUACIÓN TÉRMICA DE MORTEROS ELABORADOS CON ZEOLITA COMO PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN DE AGLOMERANTE

R.C. Andrada¹, C. Baronetto², M. Positieri³, A. Oshiro⁴, B. Raggiotti⁵, I. Sánchez Soloaga⁶
Laboratorio de Materiales

Centro de Investigación en Tecnología de Materiales de Construcción y Calidad. (CINTEMAC)
Facultad Regional Córdoba – Universidad Tecnológica Nacional

Maestro M. López esq. Cruz Roja Argentina. Ciudad Universitaria - C.P. (X5016ZAA). Córdoba - República Argentina.
Teléfono (54 -351) 5986050- carina_andrada@hotmail.com

Recibido: 16/08/12; Aceptado: 04/10/12

RESUMEN: En el diseño bioclimático de la vivienda es primordial el ahorro energético; en su etapa constructiva a través del uso de materiales sustentables y en el uso cotidiano a través de un eficiente acondicionamiento térmico. Este proyecto plantea obtener morteros térmicamente aislantes incorporando zeolita como sustituto de parte del aglomerante. La zeolita tiene propiedades puzolánicas y baja conductividad térmica, es económica comparativamente con el cemento, y su obtención no lleva procesos productivos ambientalmente nocivos. Se dosificaron y prepararon morteros con distintos aglomerantes reemplazándose 20 % por zeolita. Se evaluaron las propiedades en estado fresco y en estado endurecido. Los resultados de los ensayos encuadraron en la normativa vigente, logrando conductividades térmicas menores que en los morteros patrón. Concluimos que el desarrollo de estos morteros aportará ahorro energético en acondicionamiento y beneficio económico por el uso de zeolita.

Palabras clave: ahorro energético, sustentabilidad, conductibilidad térmica, mortero, zeolita, puzolana.

INTRODUCCIÓN

La tendencia mundial en arquitectura es la construcción de viviendas energéticamente eficientes, energéticamente sustentables. La realidad en Argentina puede analizarse desde cuatro aspectos entrelazados: térmico, ambiental, económico y energético:

- La Secretaría de Energía de la Nación impulsó la puesta en vigencia de la Norma IRAM 11.900 en la que etiqueta la eficiencia energética de calefacción para edificios, clasificándose por un índice que depende de la transmitancia térmica de los componentes de la envolvente, o sea el nivel de aislación de las paredes y techos (en climas con bajas temperaturas se generan pérdidas de calor debido a que el ambiente interior se encuentra en una condición de mayor temperatura).
- En el aspecto medioambiental la Argentina está comprometida a no incrementar las emisiones de gases de invernadero en el marco del Protocolo de Kioto.
- Del análisis económico se desprende que más del 60 % de la energía generada en nuestro país es de recursos no renovables, de fuentes térmicas y nucleares.
- La elaboración del clínker portland produce alto consumo de materias primas, energía y emisión de CO₂ a la atmósfera. El cemento no es en un material con desarrollo sustentable, por lo tanto deben conducirse los esfuerzos al diseño de estructuras con menor volumen de hormigón, la disminución del contenido de cemento en las mezclas y a la disminución el consumo clínker en la fabricación de cementos (K. Metha, 2008).

Los motivos expuestos justifican la realización de una investigación tendiente a disminuir el coeficiente de transmitancia térmica de la envolvente y bajar del consumo de cemento, presuponiendo que una adecuada tecnología en la construcción de la envolvente del edificio permite minimizar las pérdidas por transmitancia de los componentes constructivos.

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.

Como antecedentes en el estudio de la temática de incorporación de materiales no tradicionales en la elaboración de morteros estudios anteriores han demostraron la factibilidad de incorporación de residuos de la construcción como reemplazo de agregados tradicionales (Andrada et al., 2009), y la adición de cenizas de cáscaras de girasol y maní (Andrada et al., 2011).

¹ Profesora, Investigadora, Ingeniera Civil, carina_andrada@hotmail.com

² Profesor, Investigador, Ingeniero Civil; cbaronetto@civil.frc.utn.edu.ar

³ Profesora, Investigadora, Ingeniera Civil, Doctora, mpositieri@civil.frc.utn.edu.ar

⁴ Profesor, Investigador, Ingeniero Civil, oshiroangel@yahoo.com.ar

⁵ Doctoranda, Ingeniería Civil, belnraggiotti@gmail.com

⁶ Doctoranda, Arquitecta, sanchezsoloaga@hotmail.com

Las zeolitas naturales son abundantes, tienen propiedades puzolánicas (Rosell Lam et al., 2011), baja conductividad térmica (Minive et al., 2011), y bajo peso volumétrico. Diversas investigaciones las incorporan como árido ligero, como adición en la producción de cementos, o como aglomerante alternativo.

Teniendo en cuenta estos antecedentes los interrogantes fueron ¿cómo aplicar la zeolita en morteros? ¿Cómo influirá en sus propiedades? ¿será beneficioso su uso?. Y finalmente ¿se obtendrán morteros con mayor resistencia térmica que los convencionales?

Para responder estos planteos elaboraron se caracterizó la zeolita en polvo y se determinaron sus propiedades de absorción, difracción rayos x (composición química), granulometría y modulo de finura.

Posteriormente se elaboraron morteros sustituyendo aglomerante por un 20 % de zeolita. Los aglomerantes elegidos para el estudio de morteros fueron: cemento, cemento-cal y cemento de albañilería. Se dosificaron morteros 1:3 (relación aglomerante: agregado) y consistencia 110%. El plan experimental consistió en preparar y ensayar series de morteros patrón y de morteros con sustitución. Se realizaron ensayos en estado fresco de consistencia y tiempo de utilización. En estado endurecido se ensayaron resistencia a la compresión y conductividad térmica.

De los ensayos de laboratorio se desprende que los morteros con reemplazo de aglomerante por zeolita presentan conductividades térmicas menores en comparación con el mortero patrón, y que las características en estado fresco se equiparan a los valores obtenidos para el mortero patrón. Los valores de resistencias mecánicas se encuadran en la normativa vigente. La conclusión de esta investigación es que el uso de zeolita en morteros es factible pues mejoras propiedades térmicas, a la vez que incorpora materiales sustentables en su elaboración.

OBETIVOS

- Disminuir la cantidad de cemento de los morteros sin modificar significativamente sus propiedades
- Verificar el comportamiento térmico de morteros con sustitución de aglomerante por zeolita

PLAN EXPERIMENTAL

Para el desarrollo del plan experimental se diseñaron seis mezclas de morteros, tres morteros patrón con cemento portland, cemento de albañilería y cemento –cal como aglomerantes y otros tres sustituyendo parte de esos aglomerantes por un 20 % de zeolita en polvo. Como agregado se utilizó arena natural. Se evalúan las propiedades de los materiales y de las mezclas en estado fresco, tales como consistencia y tiempo de utilización; y en estado endurecido propiedades mecánicas y conductividad térmica.

CARACTERIZACION DE MATERIALES

Se realizaron las caracterizaciones físicas de los materiales a utilizar en la elaboración de mortero: zeolita; cemento, cal, cemento de albañilería (aglomerantes); y arena (agregado).

Zeolita

Material de tipo pulverulento, color tiza, de procedencia de la Provincia de la Rioja- Argentina.

La composición química se realizó por fluorescencia de rayos x (realizado en la Facultad de Astronomía Matemática y Física (FAMAF- Universidad Nacional de Córdoba).

La distribución granulométrica y módulo de finura se realizó según Norma IRAM 1627.

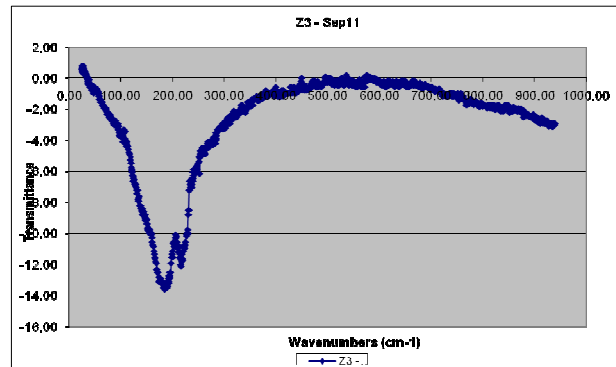
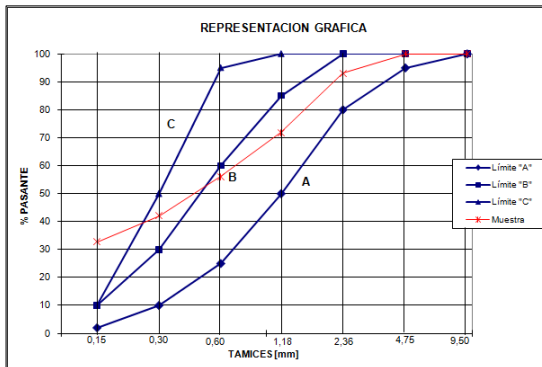
La determinación de la absorción se realizó por métodos propios método del cono de arena y método de la probeta graduada. Se presentan además la densidad relativa y el análisis térmico diferencial.



Figuras 1 y 2: Zeolita en polvo de origen natural (izquierda) y aspecto físico (derecha)

| Elemento | Símbolo | Porcentaje % |
|--------------------|--------------------------------|--------------|
| Dióxido de Silicio | SiO ₂ | 72,98 |
| Oxido de Aluminio | Al ₂ O ₃ | 14,73 |
| Oxido de Sodio | Na ₂ O | 5,16 |
| Oxido de Potasio | K ₂ O | 1,63 |
| Oxido de Hierro | Fe ₂ O ₃ | 1,87 |
| Oxido de Calcio | Ca O | 1,23 |
| Trióxido de Azufre | SO ₃ | 1,05 |
| Oxido de Magnesio | Mg O | 1,35 |

Tabla 1: Composición química zeolita



Figuras 3 y 4: Curvas granulométrica de la zeolita y curvas límite (izquierda) y Análisis térmico diferencial (derecha)

| Densidad Relativa (g/cm ³) | Absorción % | Módulo Fineza |
|--|-------------|---------------|
| 2,13 | 0,665 | 2,04 |

Tabla 2: Valores ensayos físicos de zeolita

Aglomerantes

- CPC 40: cemento portland compuesto con filler calcáreo y escoria, de procedencia de la provincia de Córdoba, Argentina. Densidad: 3,03 g/cm³.
- Cemento de albañilería (Norma IRAM 1685, 1978), de procedencia de la provincia de Córdoba, Argentina. Densidad: 2,84 g/cm³.
- Cal: cal aérea hidratada de procedencia de la provincia de San Juan, Argentina.

Áridos

Las arenas utilizadas son de formas redondeadas, de origen natural del paleo cauce del río Anisacate (Córdoba). Las muestras analizadas no contienen impurezas, sales ni tierra.

El árido se caracterizó con densidad relativa, módulo de finura y porcentaje de absorción (Norma IRAM 1520, 2002). En Tabla 3 se presentan los valores obtenidos.

| Densidad Relativa (g/cm ³) | Absorción % | Módulo Fineza |
|--|-------------|---------------|
| 2,62 | 0,910 | 3,13 |

Tabla 3: Caracterización de árido natural

La distribución granulométrica (Norma IRAM 1505, 2003) se encuentra dentro de las curvas límites (Norma IRAM 1627, 1997). En Figura 5 se presenta la curva granulométrica correspondiente.

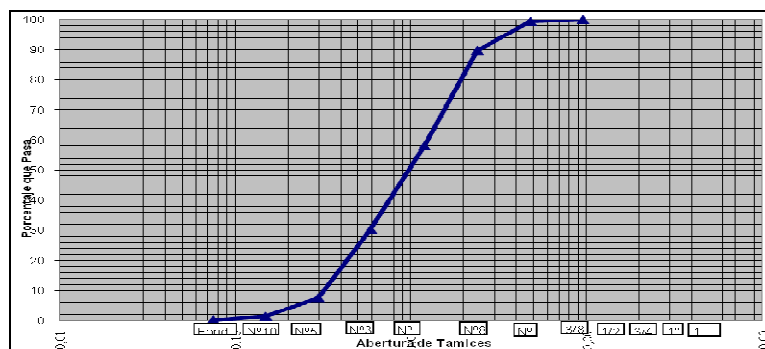


Figura 5: Análisis granulométrico arena natural

DOSIFICACIONES

Para el diseño de las mezclas se consideraron las especificaciones de norma sobre cemento de albañilería (Norma IRAM 1679, 1970) y clasificación de morteros (Norma IRAM 1676, 1973). Las identificaciones de los morteros se exponen en Tabla 4.

Los morteros patrón se componen en masa por una parte de Cemento Portland Compuesto CPC40, Cemento Cal y Cemento de Albañilería; 3 partes de arena y cantidad necesaria de agua para alcanzar una fluidez del orden de 110% +/- 5.

Los morteros con zeolita como porcentaje de aglomerante se prepararon sustituyendo un 20 % del Cemento, Cemento-Cal o Cemento de Albañilería.

| Muestras | Descripción según tipo de aglomerante | Dosificación |
|---------------------|---|--------------|
| PC (Patrón) | Mortero Patrón de Cemento y Arena | 1 : 3 |
| PC 20 | Mortero de Cemento y Arena, con sustitución de 20 % de Cemento por Zeolita | |
| PCA (Patrón) | Mortero Patrón de Cemento de Albañilería y Arena | |
| PCA 20 | Mortero de Cemento de Albañilería y Arena, con sustitución de 20 % de Cemento por Zeolita | |
| PCC (Patrón) | Mortero Patrón de Cemento-Cal y Arena | |
| PCC 20 | Mortero de Cemento-Cal y Arena, con sustitución de 20 % de Cemento por Zeolita | |

Tabla 4: Identificación tipos de morteros y dosificación

ENSAYOS DE LABORATORIO

Ensayos en Estado Fresco

Consistencia

La consistencia es una medida porcentual que da una idea de fluidez y trabajabilidad de la mezcla. Es el incremento en el diámetro de la base de un cono truncado de mortero cuando se coloca en una mesa de escurrimiento Flow Table. Los valores de consistencia se conservaron constantes para todos los morteros estudiados, en un rango de 110% +/-5 según lo aconseja la normativa vigente, equivalente a 210 mm como valor promedio del diámetro escurrido posterior al ensayo (Norma IRAM 1570, 1994).



Figura 6: Dispositivo para el ensayo de consistencia, Flow Table.



Figura 7: Escurrimiento de la mezcla

Tiempo de Utilización

Es el tiempo de mezclado del mortero hasta que éste ya no pueda ser utilizado, lo que ocurre cuando el escurrimiento es un 20 % menor que el especificado en el mortero de ensayo.

La consistencia de la muestra ensayada a los 10 minutos de su preparación fue de 110 +/- 5 %. Las mediciones se realizaron a intervalos de 10 minutos hasta alcanzar el tiempo de utilización. Cabe aclarar que para determinar el tiempo de utilización no se realizó agitado de agua ni remezclado adicional como ocurre en la práctica habitual en obra. (Norma IRAM 1732, 1997)

Ensayos en Estado Endurecido

Para los ensayos en estado endurecido se moldearon probetas prismáticas de 40x40x160 mm para las seis series de mortero para evaluar las resistencias a la compresión (Norma IRAM 1622, 2006), y probetas prismáticas de 10,5 ± 0,5 cm de lado y 5 cm de altura para determinar propiedades térmicas.

Resistencia mecánica a compresión

Se ensayaron las probetas prismáticas de 40x40x160 mm para determinar la resistencia mecánica a compresión de los morteros. Las probetas fueron curadas atmósfera húmeda hasta la edad del ensayo (Norma IRAM 1622, 2006).

Se ensayaron cada tipo de mortero a edades de 7 y 28 días y los valores finales de resistencia a compresión fueron calculados por media aritmética.



Figuras 8 y 9: Ensayo a compresión, dispositivo compuesto por prensa y celda de carga (izquierda) y tipo de rotura (derecha)

Propiedades Térmicas

Como introducción en la temática se estudió la normativa referida al acondicionamiento térmico:

- IRAM 11601 Las Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción, valores de transmitancia tabulados (no contempla factores como dosificaciones, origen de la materia prima, contenido de humedad).
- IRAM 11599 determina la transmitancia empleando el método de la caja caliente con caja de guarda.

La transmitancia térmica (K) representa la cantidad de calor por unidad de tiempo que atraviesa la unidad de superficie de un elemento constructivo sometido a una diferencia de temperatura de 1°C del aire circundante a ambos lados. K esta expresada en W/m².K (vatio por metro cuadrado y grados Kelvin). La transmitancia térmica de un determinado elemento constructivo permite definir las posibilidades de utilización del mismo (Normas IRAM 11603, 2012; Norma IRAM 11605, 1996).

Para su determinación se emplea el método denominado de la caja caliente con caja de guarda, el que permite realizar mediciones de la transferencia de calor que atraviesa al sistema constructivo bajo condiciones controladas de temperatura (Norma IRAM 11559, 1995).

La determinación de la conductividad térmica en las muestras de mortero se realizaron en el CECОВI (Centro de Investigación y Desarrollo para la construcción y la Vivienda Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fé. El método utilizado es el de Less y Chorlton. A las muestras se les determinó también el valor de densidad en Kg/m³.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Comportamiento en estado fresco

Consistencia

Independientemente de los aglomerantes utilizados y del porcentaje de sustitución, se logró conservar los valores predefinidos de consistencia para las diferentes dosificaciones variando levemente el contenido de agua. Las cantidades de agua de mezclado incorporada para alcanzar la consistencia de diseño en todos los morteros se mantuvo constante independientemente del tipo de mortero. Esto deja expuesto que la incorporación de zeolita no determina un mayor requerimiento de agua de mezclado.

Tiempo de Utilización

En tabla 5 se presentan los valores de Tiempo de utilización, de los que se concluye:

- Los morteros PC (patrón) tienen tiempos de utilización de 40 minutos y los PC 20 con zeolita 60 minutos.
- Los morteros de PCC (patrón) tienen tiempos de utilización de 60 minutos y PCC 20 con zeolita 75 minutos.
- Los morteros PCA (patrón) tienen tiempos de utilización de 55 minutos, y los PCA 20 con zeolita 75 minutos.

Comparativamente los tiempos de utilización de los morteros con sustitución de aglomerante por zeolita presentan mayores tiempos de utilización que los morteros patrón, lo que es beneficioso para su puesta en obra.

| Muestra | Tiempo de utilización (minutos) | Aglomerante |
|--------------|---------------------------------|------------------------|
| PC (Patrón) | 40 | Cemento |
| PC 20 | 60 | |
| PCA (Patrón) | 60 | Cemento de Albañilería |
| PCA 20 | 75 | |
| PCC (Patrón) | 55 | Cemento- Cal |
| PCC 20 | 75 | |

Tabla 5: Tiempos de utilización de las muestras de mortero

Comportamiento en estado endurecido

Resistencia a la Compresión

Si bien la resistencia a compresión no es una característica relevante en morteros, ésta define su clasificación y destino. Los morteros se clasifican por su resistencia a la compresión mínimas a 28 días en A, B, C y D, siendo las resistencias 17,5; 12,5; 5 y 2,5 MPa respectivamente (Norma IRAM 1676, 1993).

Del análisis de los valores de resistencia planteados en Figura 10 se desprende que:

- Los morteros PC (patrón) y PC 20 con zeolita se clasifican como tipo A y B respectivamente.
- Los morteros PCA (patrón), y los PCA 20 con zeolita son clase D.
- Los morteros de PCC (patrón) y PCC 20 con zeolita se clasifican como morteros de clase D
- Los morteros con sustitución de aglomerante por zeolita están encuadrados en norma

Otras conclusiones:

- los morteros PC (patrón) y los PC 20 con zeolita, son los que tiene mayores resistencias.
- La variación o disminución de resistencia a 28 días de mortero PC 20 con zeolita es de 21.6 a 13.2 Mpa.
- Los valores de resistencias de los morteros de PCC (patrón) y PCC 20 con zeolita y los morteros PCA (patrón), y los PCA 20 Cemento, varían entre los 3.9 y 5.2 Mpa a 28 días.
-

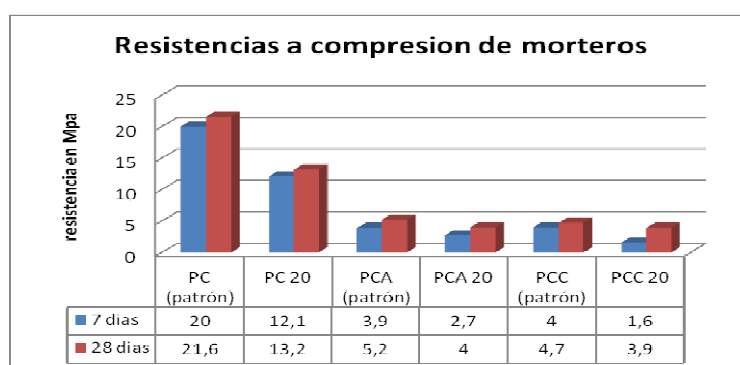


Figura 10: Valores de Resistencias a Compresión a 7 y 28 días

Conductividad Térmica

Para analizar comparativamente los valores obtenidos de las muestras elaboradas en laboratorio se tomaron los valores de la Norma IRAM 11601 presentados en Tabla 6.

| Material | Densidad (kg/m³) | Conductividad térmica (W/m².k) |
|---|------------------|--------------------------------|
| Mortero de cemento y arena 1:3 (IRAM 11601) | 2000 | 1,13 |
| Mortero de revoque y juntas (exterior) (IRAM 11601) | 1800-2000 | 1,16 |
| Mortero de revoque y juntas (interior) (IRAM 11601) | 1900 | 0,93 |

Tabla 6: Valores de Conductividad de Norma IRAM 11601 para morteros

Algunos coeficientes de conductividad térmica de morteros no tabulados en norma se sacaron de tablas de costos de calefacción y de coeficientes de conductibilidad térmica de materiales usados en arquitectura para balances térmicos (Tabla coeficiente de conductividad térmica; tabla de cálculo de costos de calefacción).

| Material | Densidad (kg/m³) | Conductividad térmica (W/m².k) |
|-----------------------|------------------|--------------------------------|
| Mortero de cemento | 2100 | 1,40 |
| Mortero para revoques | 1800-2000 | 1,16 |
| | 1800-2000 | 1,16 |
| Mortero de cal | 1800 | 1,39 |
| | 1900 | 0,70 |

Tabla 7: Valores de Conductividad de Tablas usadas frecuentemente para cálculos térmicos

Los valores de conductividad térmica y densidades obtenidos para los morteros con sustitución PC 20, PCA 20, PCC 20 se presentan en Tabla 8.

| Probeta | Densidad | Conductividad térmica |
|---------|-----------------------|-----------------------|
| | (Kg/cm ³) | (W/m ² .K) |
| PC20 A | 1995 | 1,14 |
| PC20 B | 1958 | 1,11 |
| PCA20 A | 1719 | 0,70 |
| PCA20 B | 1740 | 0,65 |
| PCC20 A | 1870 | 0,74 |
| PCC20 B | 1815 | 0,59 |

Tabla 8: Valores de densidad y conductividad térmica en W/m².°K

Analizando los valores obtenidos se desprenden las siguientes conclusiones:

- Morteros PC (patrón) según IRAM 11601 y tablas de cálculo tienen Coeficientes de conductividad térmica de 1,16 a 1,40 W/m².K para densidades de 1900 a 2100 Kg/cm³ respectivamente. Los resultados de morteros PC 20 con zeolita dan valores promedio de Coeficientes de conductividad térmica de 1,12 W/m².K para densidades promedio de 1970 Kg/cm³
- Morteros PCA (patrón) según IRAM 11601 y tablas de cálculo tienen Coeficientes de conductividad térmica de 0,93 a 1,16 W/m².K para densidades de 1900 Kg/cm³. Los resultados de morteros PCA 20 con zeolita dan valores promedio de Coeficientes de conductividad térmica de 0,67 W/m².K para densidades promedio de 1730 Kg/cm³
- Morteros PCC (patrón) según tablas de conductividad varían los Coeficientes de conductividad térmica 0,70 a 1,139 W/m².K para densidades de 1800 a 2000 Kg/cm³. Los resultados de morteros PCC 20 con zeolita dan valores de 1815 a 1870 Kg/cm³ y coeficientes de 0,59 a 0,74 W/m².K

CONCLUSIONES

En este trabajo se presentan los resultados de morteros de estudios realizados en laboratorio con sustitución de 20% del aglomerante por zeolita natural. Las conclusiones se dividen con respecto a las propiedades de la zeolita, con respecto a los morteros y finalmente la conclusión general.

Conclusiones con respecto propiedades de la zeolita:

- La zeolita demostró sus propiedades puzolánicas, pues los valores de resistencia mecánica a la compresión de los morteros con sustitución fueron similares a los morteros patrón.
- Se evidencian sus propiedades térmicas pues se puede concluir que las conductividades térmicas de los morteros de con sustitución 20% del aglomerante por zeolita natural son menores que las conductividades de morteros patrón.

Conclusiones con respecto a los morteros

- Los morteros con sustitución muestran similares características y trabajabilidad de que los morteros patrón. Los morteros con sustitución presentan mejores valores de tiempos de utilización en estado fresco y no demandan mayor cantidad de agua de mezclado.
- Los resultados obtenidos en estado endurecido demuestran que la utilización de zeolita como sustitución de un porcentaje de aglomerante presentan valores que se encuentran dentro de los rangos establecidos en la normativa vigente para morteros en nuestro país.

Conclusión general

- Puede disminuirse la cantidad de cemento sustituyendo por 20% de zeolita y lograr una disminución en el coeficiente de conductividad térmica. El uso de zeolita natural en la elaboración de morteros trae aparejado un beneficio económico y ambiental.

Los objetivos de ésta investigación, en lo que respecta a disminuir el uso de cemento, utilizar de materiales sustentables y disminuir los valores de coeficientes de conductividad térmica, se cumplieron en ésta primera etapa, siendo éste un dato auspicioso para una segunda etapa analizar la envolvente en su conjunto, y finalmente su aplicación en obra.

ACCIONES FUTURAS

El estudio de la envolvente en su conjunto se plantea para la próxima etapa de investigación, se ampliarán los ensayos en lo referido a adherencia, permeabilidad etc., se realizarán pruebas en muros de ladrillo común, bloque cerámico y bloque de hormigón.

Desde el Laboratorio de Materiales y CINTEMAC está en proceso de construcción el Equipo de conductividad térmica según IRAM 11559 para el estudio de la envolvente en su conjunto.

AGRADECIMIENTOS

Al Grupo CECОВI de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe por los ensayos de conductividad térmica realizados en las muestras, muy especialmente a la Ing. María Fernanda Carrasco y a Néstor Ulibarrie.

REFERENCIAS

- Metha K. (2008). Conferencia: A glimpse into sustainable ternary-blended cements of the future, 50°IBRACON, Salvador.
- Andrada R., Baronetto C, Positieri M.; Oshiro A. (2009). Estudio de Morteros elaborados con agregado reciclado de residuo de la construcción. 51° Congresso Brasileiro do Concreto, Brasil- ISBN 978-987-21660-3-8 Edición 17 Páginas 53 a 60.
- Andrada R. Baronetto C, Positieri M.; Oshiro A., Romero A., Borioni C. (2011). Uso De Cenizas De Cáscaras De Girasol y Maní Como Adición En Morteros. 53° Congresso Brasileiro do Concreto, Brasil. -
- Minive, Aguilar, Aguayo Salinas. (2008). Morteros para revestimientos de muro utilizando arenas zeolíticas, Colombia
- Rosell Lam, M.; Costafreda Mustelier J.; Parra y Alfaro, J; Calvo Pérez, B. (2011). Influencia en la adición de zeolita en las propiedades micro y macro estructurales en pastas y morteros. IX Jornadas Iberoamericanas de Materiales de construcción.
- Norma IRAM 1505 (2003). Agregados. Análisis granulométrico.
- Norma IRAM 1520 (2002). Agregados finos. Métodos de laboratorio para la determinación de la densidad relativa real, de la densidad relativa aparente y de la absorción de agua.
- Norma IRAM 1685 (1978). Cemento de Albañilería.
- Norma IRAM 1679 (1970). Cemento de albañilería. Métodos de ensayo.
- Norma IRAM 1627 (1997) Agregados. Granulometría de los agregados para hormigones
- Norma IRAM 1622 (2006). Cemento Pórtland Métodos de determinación de las resistencias a compresión y flexión.
- Norma IRAM 1676 (1993). Morteros para Mampostería Clasificación y Requisitos.
- Norma IRAM 1570 (1994). Morteros para Mampostería Determinación de la consistencia. Método del escurrimiento.
- Norma IRAM 1732 (1997). Morteros para Mampostería Mortero Fresco Determinación del tiempo de utilización.
- Norma IRAM 11601 (2002). Aislamiento térmico de edificios. Propiedades térmicas de los materiales para la construcción. Método de cálculo de la resistencia térmica total.
- Norma IRAM 11603 (2012). Aislamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- Norma IRAM 11605 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opaco.
- Norma IRAM 11559 (1995). Determinación de la resistencia térmica y propiedades conexas en régimen estacionario. Método de la placa caliente con guarda.
- Norma IRAM 11900 (2010). Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios.
- Tabla coeficientes de conductividad térmica <http://www.arquimaster.com.ar/articulos/articulo410.htm>
- Tabla de cálculo de costos de calefacción.xls griselg@mdp.edu.ar

ABSTRACT

In the housing bioclimatic design is essential energy savings, in its construction stage through the use of sustainable materials and daily use through efficient thermal conditioning. This project proposes to obtain thermally insulating mortars incorporating zeolite as a replacement for part of the binder. Zeolite has pozzolanic properties and low thermal conductivity, is economical in comparison with the cement, and obtaining them has no environmentally noxious production processes. Mortars were dosed and prepared with different binding material being replaced by 20% zeolite. Properties were evaluated in fresh and hardened state. The test results are consistent with current legislation, achieving lower thermal conductivities than standard mortars. We conclude that the development of these mortars will contribute to energy savings in thermal conditioning and economic benefits by the use of zeolite.

Keywords: energy saving, sustainability, thermal conductivity, mortar, zeolite, pozzolana.