

H+D

HÁBITAT **MÁS**
DISEÑO

NÚMERO UNO PUBLICACIÓN SEMESTRAL / AÑO 1 / NÚMERO 1/ 2009/ ISSN: EN TRÁMITE
REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA DE LA FACULTAD DEL HÁBITAT DE LA U.A.S.L.P.



FACULTAD
DEL HÁBITAT

Colaboradores en este número

Guadalupe E. Nogueira Ruiz
Jorge Aguillón Rables
Guadalupe Salazar González
Irma Carrillo Chávez
Alejandro Galván Arellano
Rosa M^a Novo Fernández
José Abel Martínez Hernández
Adrián Moreno Mata
Norma Alejandra González Vega
Juan Fernando Cárdenas Guillén

PRECIO EN MÉXICO: \$40.00 / EN EL EXTRANJERO: \$ 00 USD

Créditos

Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Mario García Valdez
Rector

Manuel F. Villar Rubio
Secretario general

Luz María Nieto Caraveo
Secretaria académica

Dr. Fernando Toro Vázquez
Secretario de investigación

Facultad del Hábitat
Anuar Abraham Kasis Ariceaga
Director

María Dolores Lastras Martínez
Secretaría académica

Fernando García Santibáñez Saucedo
Coordinador del Posgrado de la Facultad
del Hábitat

Jesús Victoriano Villar Rubio
Coordinador de Investigación de la Facultad
del Hábitat

Carla de la Luz Santana Luna
Coordinadora editorial

Eulalia Arriaga Hernández
Comité de redacción

Diseño editorial
CEDEM, Centro de Diseño Editorial
y Multimedia, Facultad del Hábitat
Ismael Posadas Miranda García

H+D HÁBITAT MÁS DISEÑO
Revista semestral de divulgación científica
de la Facultad del Hábitat de la U.A.S.L.P.
Número 1, Año 1,
Enero-junio de 2009
ISSN: En trámite
Número de reserva otorgado por el Instituto
Nacional del Derecho de Autor y número de
certificado de licitud del título y contenido
en trámite.

© Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Álvaro Obregón 64
San Luis Potosí, S.L.P., México.

Prohibida su reproducción parcial o total,
bajo cualquier medio, sin la debida
autorización por escrito de los poseedores
de los derechos del autor.

Impreso en los talleres de la Editorial
Universitaria Potosina.

Colaboradores en este número

Guadalupe E. Nogueira Ruiz
Jorge Aguillón Robles
Guadalupe Salazar González
Irma Carrillo Chávez
Alejandro Galván Arellano
Rosa M^a Novo Fernández
José Abel Martínez Hernández
Adrián Moreno Mata
Norma Alejandra González Vega
Juan Fernando Cárdenas Guillén

Comité editorial y de arbitraje

M. Arq. Juan Fernando Cárdenas Guillen
Universidad Autónoma de San Luis Potosí/
DADU

M. en V. Gerardo Arista González
Universidad Autónoma de San Luis Potosí/
DADU

Dr. Fernando García Santibáñez Saucedo
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Dr. Julio Arroyo
Universidad Nacional de Litoral en Santa Fé,
Argentina

Dr. Pablo Chico Ponce de León
Universidad Autónoma de Yucatán

Dra. Lucila Arellano Vázquez
Universidad Autónoma de Baja California

Dr. Adolfo Gómez Amador
Universidad de Colima

Dr. Jorge González Claveran
Universidad Nacional Autónoma de México/
IPN/UAEM

Dra. Eugenia María Azevedo Salomao
Universidad Michoacana de San Nicolás
de Hidalgo

Los artículos publicados por **H+D HÁBITAT MÁS DISEÑO** son sometidos a un estricto arbitraje de pares académicos, en la modalidad de árbitros y autores desconocidos. Los pares académicos son en su mayoría externos a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Índice

Carta de la Coordinadora editorial	3
Presentación	4
Las teorías del diseño al descubierto	8
Guadalupe E. Nogueira Ruiz	
Atlas bioclimático para el estado de San Luis Potosí	14
Jorge Aguillón Robles	
Entre las ideas y los hechos: los proyectos	25
Guadalupe Salazar González	
Códigos culturales en el diseño gráfico: un caso de análisis e interpretación	38
Irma Carrillo Chávez	
El fenómeno de <i>gentrification</i> y algunos símbolos culturales, recursos para la apropiación de territorios urbanos multiculturales. Chicago, Il. U.S.A.	49
Alejandro Galván Arellano	
Aprovechamiento integral de recursos minerales: zeolitas de escalerillas (S.L.P.)	63
Rosa M ^a Novo Fernández José Abel Martínez Hernández	
Perspectivas espaciales en los estudios urbanos: estructura y morfología de las ciudades medias de México	73
Adrián Moreno Mata	
Diseño, evolución y empresa. Fundamentos evolutivos	83
Norma Alejandra González Vega	
La comercialización de la cultura. La plaza Carso y el museo Soumaya de la ciudad de México	89
Juan Fernando Cárdenas Guillén	
Semblanzas	99
Guía para los autores	102

malware

les

stop

Aprovechamiento integral de recursos minerales: zeolitas de escalerillas (S.L.P.)

Integral use of mineral resources: Zeolites in the town of Escalerillas, S.L.P.

Rosa M^a Novo Fernández
José Abel Martínez Hernández

Recibido: 30/03/2009 Dictaminado 27/04/2009

Introducción

Este artículo se refiere al trabajo de investigación realizado en la Facultad del Hábitat como parte del Proyecto de investigación: “Potencial explotación del yacimiento de Escalerillas (SLP)” a través del Convenio C08-FAI-01-2.2.

En trabajos anteriores¹ se concluyó que con sustituciones de hasta el 30% del cemento por zeolitas se obtenían resistencias superiores a las alcanzadas con el cemento puro; lo que supondría por una parte, ahorro económico directo por menor utilización de cemento y, por otra, una mejora ambiental indirecta como consecuencia de la menor utilización de cemento, que en su fabricación consume energía y es una importante fuente de emisiones de CO₂.

En el yacimiento de Escalerillas (SLP) se observan cuatro tipos de zeolitas, que hemos denominado: blanca, amarilla, rosa y roja, con diferente desarrollo, dado que se pretende conocer la potencialidad del yacimiento para un uso más productivo, consideramos necesario comprobar si esa coloración diferente se corresponde a cambios sustanciales de comportamiento y, en función de ello, planificar la explotación y la comercialización de manera diferenciada o conjunta según corresponda.

Los resultados obtenidos permiten abordar la explotación sin segregar por la coloración, las diferencias no son llamativas, si bien cabe pensar que en futuros estudios que profundicen en otras cualidades del material pueda resultar rentable dicha discriminación por resultar propiedades de mayor valor añadido.

Palabras clave: Zeolitas, conglomerante hidráulico, puzolanas desarrollo sustentable.

¹Flores Ramírez Juan José (Junio 2007)

ABSTRACT

This report refers to the research work in the Faculty of Habitat as part of the research project: "Potential exploitation of the site of Escalerillas (SLP)", through the 2.2 - FAI - 01 - C08 Agreement.

Previous work concluded that with up to 30 % of cement by zeolite substitutions are obtained exceeding the achieved with pure; cement strength what would be the one hand, direct economic savings for less use of cement, and secondly, an indirect environmental improvement and consequence of the lower use of cement than in their manufacture consumes energy and is an important source of CO₂ emissions.

The deposit seen four types of zeolite, which we have termed: white, yellow, pink and red, with different thickness, given which aims to know the potentiality of the site for a more productive use, we consider necessary to check if this different coloring corresponds to substantial changes in behaviour, so plan exploitation and marketing of differentiated or joint way as appropriate.

Results obtained allow the exploitation without segregate by color, differences are not striking, although it should be thinking that in future studies to study in depth into other qualities of the material may prove cost-effective such discrimination being high value-added properties.

Keywords: *Zeolite, conglomerante hydraulic, pozzolans, sustainable development.*

OBJETIVOS

En el proyecto de investigación: "Aplicación de las zeolitas naturales en concreto hidráulico"², desarrollado por la Facultad del Hábitat en colaboración con la Facultad de Ingeniería y dentro del Convenio FAI C06-FAI-11-26.65., utilizando como base las zeolitas procedentes del yacimiento

de Escalerillas planteamos el estudio de la idoneidad de este material para ser utilizado como sustitución parcial del cemento en conglomerantes hidráulicos para su uso en la fabricación de concretos y morteros para la construcción, basándonos para ello, exclusivamente, en las resistencias mecánicas desarrolladas por estos materiales.

Los resultados obtenidos en dicha investigación permitieron afirmar que con sustituciones de hasta el 30% del cemento por zeolitas se obtenían mejores resistencias que con el cemento puro a partir de los 28 días; esta posibilidad de sustitución supone, por una parte, ahorro económico directo por menor utilización de cemento y, por otra, una mejora ambiental indirecta como consecuencia de esta menor utilización de cemento, que en su fabricación consume energía y constituye una importante fuente de emisiones de CO₂. Asimismo, el producto que se obtiene, además de presentar un mejor comportamiento mecánico, podría presentar un mejor comportamiento frente a las agresiones del medio, lo cual implica una mayor durabilidad, un mejor comportamiento frente a las condiciones climáticas del entorno y, probablemente, un buen comportamiento acústico, cuestiones que habrán de estudiarse en profundidad.

El trabajo que se presenta realizado en la Facultad del Hábitat como parte del Proyecto de investigación: "Potencial explotación del yacimiento de Escalerillas (SLP)" a través del Convenio C08-FAI-01-2.2³., continuó con la investigación en el uso de las zeolitas del yacimiento de Escalerillas porque pensamos que una explotación adecuada unida a una buena comercialización del producto servirán de base para el relanzamiento económico de una zona ambiental y socialmente degradada.

Como objetivo general se planteó la caracterización de cada uno de los tipos de zeolitas presentes en el yacimiento para así, plantear la planificación de su explotación en función de su actividad. Se establecerá al final del trabajo si hay que segregar los distintos tipos o pueden utilizarse de manera conjunta por no presentar diferencias apreciables en su comportamiento como puzolanas⁴.

² Flores Ramírez Juan José (Junio 2007)

³ Martínez Hernández J.A. (Agosto 2008)

Aparentemente existen cuatro tipos de zeolita en la zona, por lo que es conveniente considerar las características propias de cada uno para determinar cuál o cuáles tienen un óptimo funcionamiento como parte del conglomerante. Esto permitirá establecer diferencias en cuanto al grado de actividad puzolánica que desarrollen y, en función de este factor, analizar distintas posibilidades de utilización para darles el destino más adecuado para aprovechar mejor sus características.

El objetivo a medio plazo es que, la explotación semi-mecanizada, la trituración del material y la comercialización como producto con mayor valor añadido conducirán a una mejora en el modo de vida de los productores. Asimismo y, si se justifica la inversión, podría pensarse en la instala-



ción de una planta de prefabricados que generaría un mayor número de puestos de trabajo directos e indirectos.

Paralelamente, la explotación planificada permitirá abordar un proyecto de cierre del yacimiento, contribuyendo a una mejora en el paisaje y evitando la contaminación visual que se origina con la inadecuada explotación que se está realizando actualmente.

Podrá lograrse un control de la producción y una estrategia de futuro para el desarrollo del lugar hacia nuevos sectores productivos que consoliden de manera sustentable el desarrollo local.

PROBLEMÁTICA Y EXPECTATIVAS

La zona del yacimiento del que se ha extraído el material para esta investigación, se encuentra en la comunidad de Escalerillas, ubicada aproximadamente a 17 Km. de la ciudad de San Luis Potosí sobre la carretera federal No. 80.

Esta localidad próxima a la ciudad de San Luis Potosí, es una población en expansión, con escasos recursos y un desarrollo urbano deficitario. Posee un importante yacimiento de zeolitas, el volumen estimado de la parte conocida es de 36 millones de m³ pero no



constituye la totalidad ya que continúa en dirección noroeste, y el material viene siendo extraído de manera artesanal, familiar y, en general, sin planificación.

La propiedad es de carácter ejidal y los diferentes frentes van siendo explotados de manera arbitraria e irregular por los distintos propietarios, siguiendo criterios de facilidad de extracción y no de aprovechamiento in-

⁴ Materiales que, finamente divididos y en presencia de agua, pueden reaccionar con la cal a temperatura ambiente y formar por vía top-química productos estables. Rosell et al. 2003, Rosell Lam, M (2008)

tegral del material, lo cual genera una gran cantidad de material suelto y abandonado (residuos), así como una explotación que va dejando abiertas zonas que pueden ser después utilizadas como tiraderos incontrolados, con el gran impacto medioambiental que ello conlleva, el peligro potencial que significa el abandono de estos materiales sueltos que en época de lluvias pueden invadir el cauce con grave riesgo para la población, así como, la utilización de un recurso sin aportación de valor añadido.

Lo más elaborado que comercializan son unas piezas de revestimiento (losetas) para fachada interior, talladas a mano y con venta fuera del Estado, lo cual obliga a venderlas a muy bajo precio pues han de soportar elevados costes de transporte; debido a la escasa rentabilidad que conlleva esta actividad, se comercializa el material para elaborar alimentos balanceados que no precisan manipulación, es decir, se distribuye como materia prima con escaso valor añadido: un bajo rendimiento dada la potencialidad de la cantera.

El cambio en la forma de contemplar tanto la explotación como la utilización de los recursos minerales, puede producir impactos de importancia en el desarrollo de una localidad o región como la de Escalerillas (SLP), y han de ser considerados en la planificación y ordenación del territorio del área de influencia de dicha actividad productiva en los siguientes aspectos: estableciendo las pautas de crecimiento, planificando la ubicación de instalaciones, haciendo un estudio prospectivo de las necesidades de infraestructuras en el medio plazo, proyectando la recuperación de espacios naturales, en definitiva, induciendo el crecimiento organizado y sustentable de la población.

Los estudios revisados acerca de la utilización puzolánica de zeolitas para materiales de construcción, nos muestran resultados

optimistas para diversas aplicaciones y modalidades. En algunos países tienen más experiencia, en otros no tanta, pero todos los estudios coinciden en que con las zeolitas se obtienen buenas prestaciones ya sea como árido aligerante, como conglomerante resistente a la abrasión y mayor resistencia al fuego y, como parte del conglomerante en sustitución de cemento. Estas experiencias nos conducen a pensar en la aplicación de este material para diversos destinos en el sector de la construcción.

Entre los países que tienen más experiencia en el uso de las zeolitas como puzolanas, destaca Cuba⁵ con una mayor experiencia en la utilización de estos materiales dirigida a dar solución a problemas en la construcción; igualmente, se han realizado trabajos en España⁶, Chile⁷, Argentina y Ecuador⁸.

El interés de la experiencia cubana radica en que desarrollan, con muy buenos resultados, soluciones económicamente sostenibles a base de utilizar las zeolitas, material muy abundante en la isla. En México tenemos una situación similar y, concretamente en el Estado de San Luis Potosí, por lo que los modelos allí desarrollados podrían ser fácilmente trasladados a nuestro país, una vez conocidas las características puzolánicas de los yacimientos existentes.

En este trabajo, y como continuación del anterior, nos basaremos en las resistencias mecánicas como elemento comparativo para analizar el carácter puzolánico de los cuatro tipos de zeolitas, estableciendo si desarrollan iguales o diferentes comportamientos, en nuevos estudios habrá que analizar propiedades relacionadas con la transmisividad térmica y acústica, impermeabilidad, etc. y desarrollar prototipos de nuevos elementos constructivos de tipo prefabricado de cara a dar soluciones de calidad y bajo coste de aplicación en el sector de la construcción.

RESULTADOS OBTENIDOS

Como ya se comentó en el apartado anterior, el trabajo de partida para analizar el carácter puzolánico de las zeolitas de Escalerillas, se basó en las resistencias mecánicas

⁵ Calvo B., Costafreda J.L., y Estévez (2005)

⁶ Simposium Internacional de Geología Ambiental (2002)

⁷ Robalino P., Morante V., Ramos H. (2004)

⁸ Rosell Lam, M. 2008

desarrolladas por los morteros fabricados con diferentes porcentajes de sustitución, siendo el valor del 30% el porcentaje que arrojó mejores resultados, razón por la que se optó por esta proporción como base para todas las mezclas, en las que sólo se variaba el tipo de zeolita.

Con los cuatro tipos de zeolitas se realizaron los ensayos mecánicos de resistencia a compresión y la caracterización microestructural por RDX y MEB de los especímenes a diferentes edades de curado. Para la fabricación de las probetas se realizaron previamente pruebas de fluidez según norma ASTM C 305 y de consistencia normal según norma ASTM C 187-86 (reaprobada en 1991), para determinar la cantidad de agua requerida en cada mezcla en morteros y en pastas, respectivamente. Para conocer la influencia del tipo de zeolita en el proceso de fraguado inicial, se realizó el ensayo de:

• **Principio y fin de fraguado**

Los ensayos se realizaron de acuerdo a la norma C 187-86 (reaprobada en 1991), obteniéndose los resultados que se muestran en la figura 1:

En el gráfico anterior puede observarse que la del 0% de Cemex presenta el inicio de fraguado retrasado respecto a las mezclas con zeolitas, este hecho anómalo, ya que las puzolanas retrasan el proceso de fraguado de manera general, ocurrió en los trabajos anteriores, razón por la que se decidió repetir la prueba con un cemento de otra casa comercial.

El tiempo de fraguado en todos los casos se encuentra en el entorno de las dos horas, a excepción de la mezcla con zeolita blanca en que el proceso se alarga, esto podría relacionarse con la mayor relación a/c necesaria para obtener la consistencia normal con estas zeolitas.

• **Resistencia a la compresión**

Los resultados obtenidos de la rotura a compresión según norma C 109/C 109M-98 de los especímenes a las edades establecidas de 3, 7, 28, 45 y 90 días se obtienen los resultados representados en la figura 2:

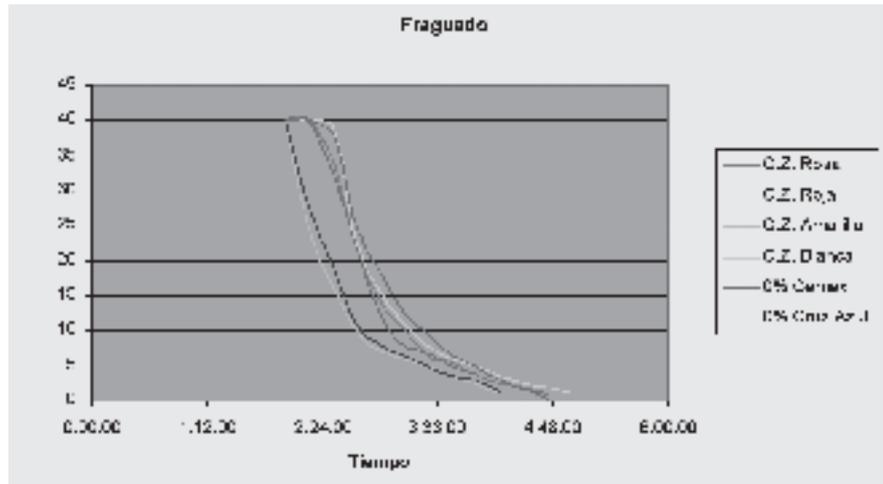


Figura 1: Principio y fin de fraguado en las diferentes mezclas

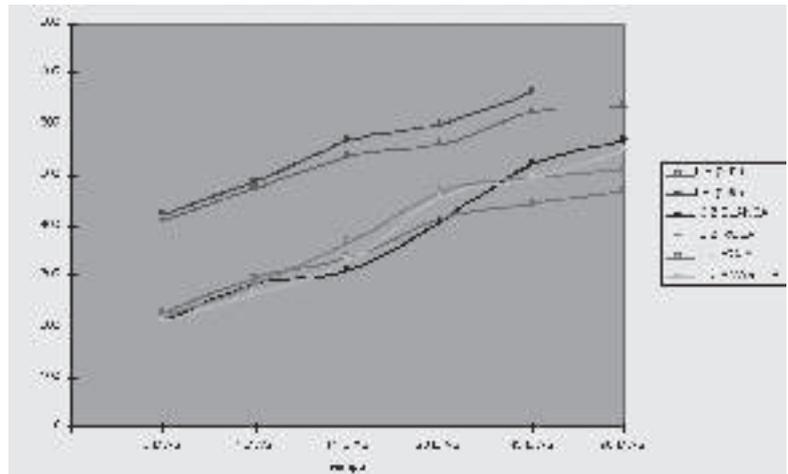


Figura 2: Resistencia a compresión de las diferentes mezclas

Se puede observar en la grafica anterior que las muestras del 0% tienen mayor resistencia que las mezclas con zeolitas, esta diferencia respecto a los resultados obtenidos en el trabajo mencionado anteriormente se explica por la mayor relación a/c respecto a las muestras de cemento puro, por no haber utilizado un plastificante tipo N de la ASTM, que permitiera mantener dicha relación a/c constante.

No obstante, todas las mezclas con zeolitas han superado a 28 días la resistencia característica de 40 MPa, mínima exigible a un cemento tipo CPO40.

La observación de cómo evolucionan las mezclas con zeolitas, permite comprobar

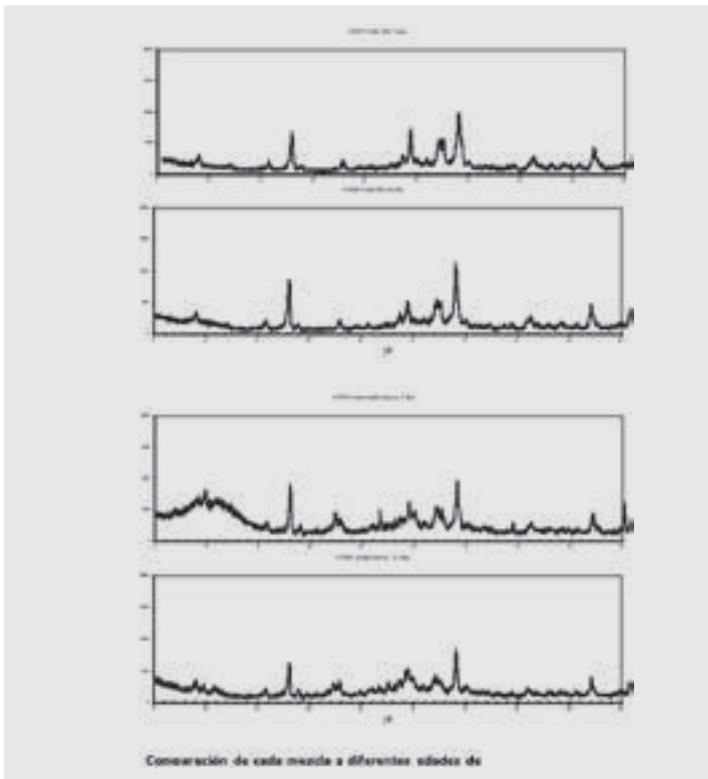
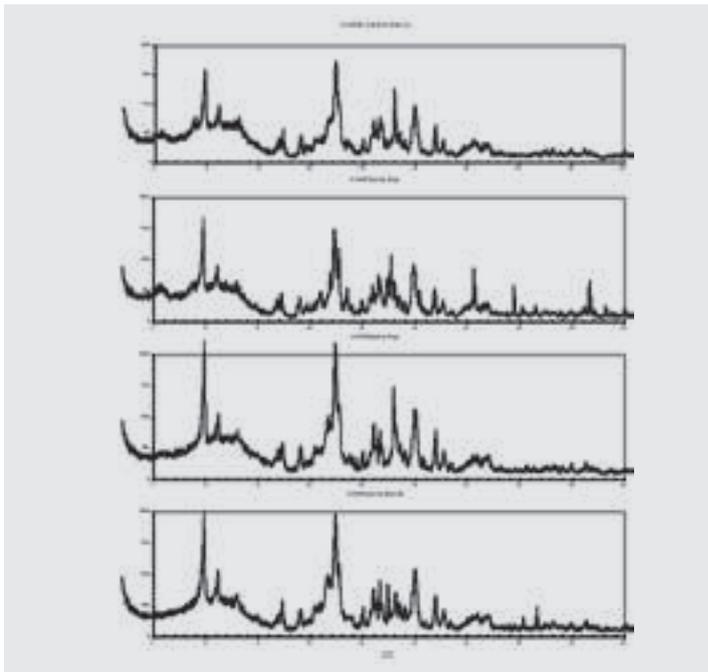


Figura 3:
Comparación entre las distintas zeolitas

Figura 4.
Comparación a distintas edades y distintas mezclas entre sí

que a partir de 45 días continúan teniendo una tendencia ascendente, y empiezan a acercarse a las muestras del 0%.

Comparando la evolución de los diversos tipos de zeolita entre sí, vemos que su comportamiento es similar en edades tempranas, pero conforme pasa el tiempo estas empiezan a separarse, manifestándose ligeramente más reactivas las zeolitas blanca y amarilla respecto de la rosa y roja.

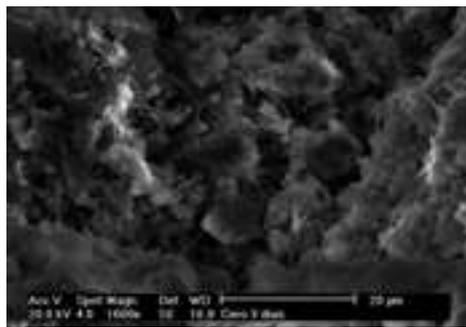
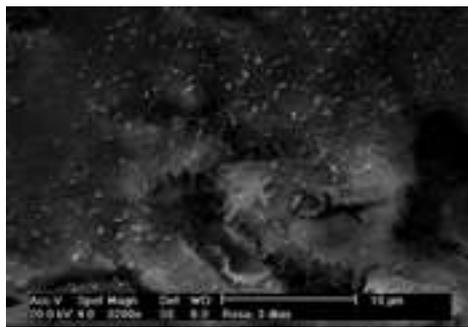
• **Análisis microestructural**
Difracción de Rayos X

La interpretación de los registros obtenidos del equipo de difracción (difractogramas) permiten la interpretación cualitativa (saber qué especies minerales se encuentran presentes) y la semicuantitativa (porcentajes relativos de cada especie mineral), en este caso se ha realizado sólo la interpretación cualitativa en base a datos bibliográficos y por comparación entre los distintos difractogramas entre sí.

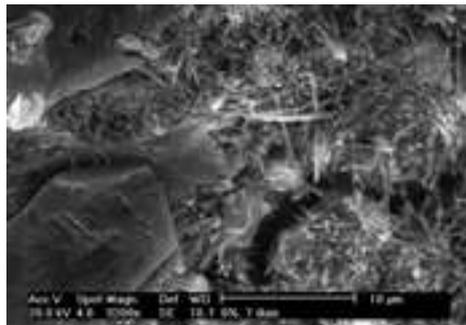
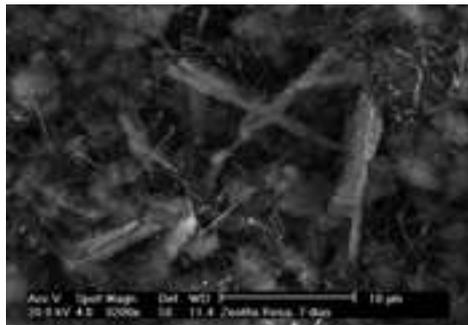
Las zeolitas de Escalerillas son Clinoptilolita-Heulandita, con algunas otras impurezas. Los picos de máxima intensidad son los que se producen en los ángulos de reflexión de: 9.845, 22.345, 25.700, 26.630°, los cuales aparecen claramente definidos en nuestros espectros.

Puede observarse que no existen grandes diferencias entre ellas en estas posiciones, tal vez la zeolita roja parecen presentar mejor desarrolladas las formas bien cristalizadas pero, en general la fase vítrea representada por la zona entre 9° y 15 ° aparece en las cuatro muestras, siendo ésta la parte más reactiva de las puzolanas (Figura 3).

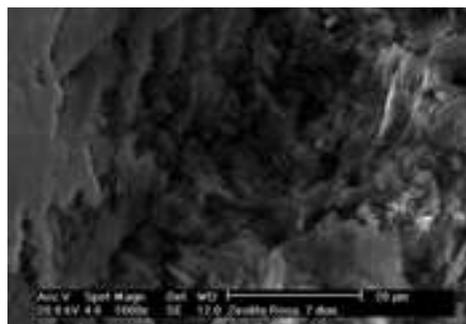
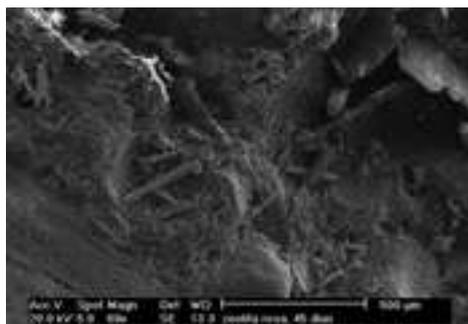
Del estudio comparativo entre las distintas mezclas a la edad de 7 días y a la edad de 28, en las primeras se distinguen de manera bastante diferenciada las reflexiones propias de la hidratación del cemento y la zona de fase vítrea aportada por las zeolitas, sin embargo, en las pastas a 28 días observamos de manera generalizada la desaparición de esta fase vítrea y la formación de algunos compuestos nuevos, lo cual indica que ya se ha producido la reacción puzolánica y las zeolitas se están comportando como un elemento reactivo aportando silicatos hidrata-



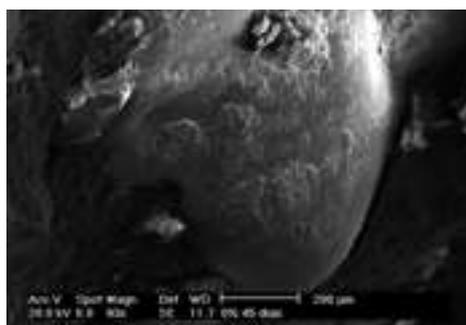
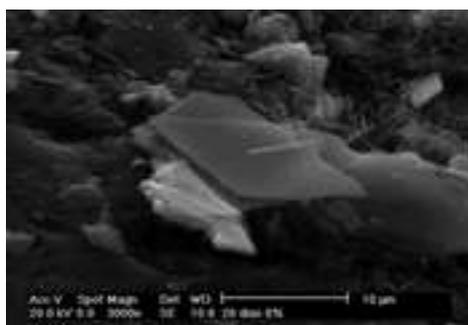
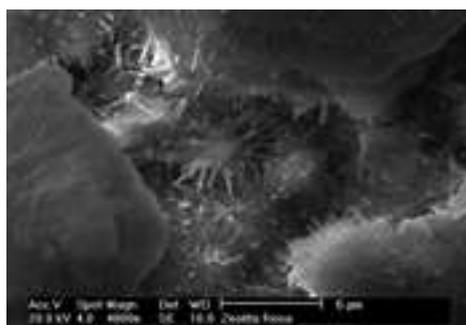
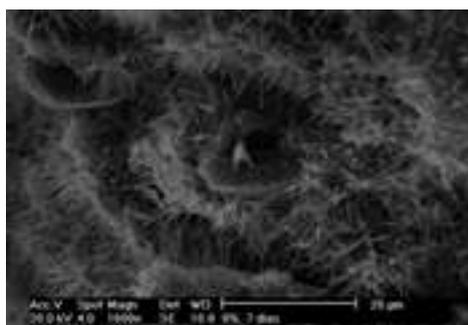
Grafica 1.
Formaciones de SCH a 3 días obsérvese la formación más avanzada de SCH en forma fibrosa.



Grafica 2.
Crecimientos de Portlandita, SCH acicular y Etringita en las pastas a 7 días.



Grafica 6.
Formaciones de Portlandita a siete días en los morteros de cemento puro y los morteros con zeolitas a 7 días.



Grafica 9.
Distinto aspecto textural de la matriz a 28 días.

Grafica 10.
Aspecto general, obsérvese el distinto recubrimiento de los agregados a 45 días.

dos como resultado de la reacción entre la portlandita resultante de la hidratación del cemento y los silicoaluminatos de su procedencia.

Asimismo, podemos observar que la portlandita desaparece de forma más clara en las pastas con zeolita blanca y amarilla, lo cual indicaría una mayor reactividad de estas mezclas respecto a las de zeolitas rosa y roja, en la Figura 4 y a modo de ejemplo presentamos alguna de estas comparaciones).

Microscopía electrónica

La microscopía electrónica es una herramienta que ayuda a comprender qué está ocurriendo durante el proceso de hidratación y permite ver en tres dimensiones cómo son las relaciones entre los distintos elementos que componen un mortero: pasta-agregados, responsables del comportamiento que desarrollan los morteros y, en última instancia, los concretos en los que sean aplicados los conglomerantes.

Seguidamente se presenta la evolución microestructural en el tiempo de los morteros de cemento puro y de los morteros fabricados con zeolita rosa, como representación de los morteros con zeolitas.

En el análisis de imágenes se ha comparado en cada edad de fraguado: 3, 7, 28 y 45 días, aquéllas que corresponden a aumentos similares y situaciones o morfologías comparativas

En las edades tempranas puede observarse que hay un mayor desarrollo de formas fibrosas alargadas y aciculares en las pastas del cemento puro, en las pastas con zeolitas estos son más cortos y se generan a partir de un gel de aspecto más amorfo. La portlandita aparece más desarrollada en las pastas de cemento puro, en las de zeolitas se muestra como segregación a partir de la pasta.

El recubrimiento de los agregados también es mayor en las pastas de cemento puro aunque no presentan demasiada adherencia en ninguno de los dos, asimismo, las muestras con zeolitas parecen en su aspecto general más porosas, lo cual podría ser como consecuencia de la mayor relación a/c.

A 28 días puede observarse que persisten las formas aciculares, filamentosas gruesas de SCH y etringita y los cristales de portlandita bien formados ocupando los huecos, lo cual deja una estructura ligeramente más abierta que la que puede observarse en las muestras de morteros con zeolitas en los que los filamentos de SCH se desarrollan a partir de una masa de gel que les confiere una textura más compacta, menos porosa.

A 45 días el proceso continúa, cada vez es más difícil distinguir elementos aislados de cemento y/o agregados, en las muestras con zeolitas podemos observar que todavía hay portlandita de primera generación (cristales bien formados exagonales) que pueden continuar reaccionando con las zeolitas, así como portlandita de segunda generación (segregada a partir de la matriz).

En general, se confirma la formación de los mismos productos de hidratación (SCH y Portlandita) pero con morfologías diferentes en función de que el conglomerante incorpore zeolitas o no.

CONCLUSIONES

- Mayor demanda de agua en los conglomerantes con zeolita tanto en pastas como en morteros, lo cual provoca una mayor relación a/c y la consiguiente reducción en las resistencias mecánicas de los morteros con zeolitas respecto de los de cemento puro.
- El tiempo de fraguado se establece en torno a las dos horas, a excepción de la muestra de zeolita blanca.
- La resistencia en todos los casos con zeolita es inferior a la de la muestra de cemento puro, posiblemente como consecuencia de la mayor relación a/c de éstas.
- De las muestras con zeolita observamos que las fabricadas con zeolita blanca y amarilla son ligeramente superiores a las otras dos, lo que parece mostrar una mayor reactividad de estas zeolitas frente a la rosa y a la roja, el examen de difracción parece confirmar esta conclusión al presentar fases más cristalizadas y menos fase vítrea.
- A partir de 90 días aparece una curva ligeramente ascendente en las muestras de zeolita blanca y amarilla, que permite suponer

que el aumento de resistencias continuará en el tiempo.

- La resistencia a compresión de la muestra de cemento puro parece demasiado elevada para este tipo de cemento, lo cual corrobora la sospecha de que incluya alguna adición no declarada

- A la vista de los resultados obtenidos en resistencias, se concluye que es necesaria la utilización de un aditivo superplastificante que permita mantener la relación a/c constante.

- Haciendo un somero estudio de las ventajas apuntadas al comienzo del artículo, respecto al ahorro económico y la mejora medioambiental caben señalar las siguientes reflexiones:

- Considerando un precio de la zeolita variable entre 0,06 – 1,24 pesos por Kg., la sustitución de un 30% de cemento en la elaboración de concretos supondría un ahorro oscilante entre el 29% y el 12%, como valor aproximado y teniendo en cuenta las grandes oscilaciones del mercado la nula automatización del proceso de extracción.

- Teniendo en cuenta que México produce unos 60 millones de toneladas de cemento al año y que la producción de 1 tonelada de cemento supone una emisión de 1 tonelada de CO₂ a la atmósfera, una reducción de un 30% de consumo de cemento significaría una reducción en 18 millones de toneladas de emisiones globales de CO₂ de al República de Estados Mexicanos.

- Además, habría que valorar lo que significaría en términos de valor añadido, la fabricación de elementos constructivos prefabricados, listos para ser utilizados en la autoconstrucción, y que no han sido objeto de este trabajo.

Propuestas de actuación

Dadas las escasas diferencias, o al menos no especialmente relevantes, y teniendo en cuenta su proporción relativa en el yacimiento, el plan de explotación inicial estaría dirigido por la operatividad de la maquinaria y no sería necesaria una segregación de material para su uso como sustituto de cemento.

gación de material para su uso como sustituto de cemento.

Sería conveniente estudiar otras posibles utilidades para los tipos rosa y rojo por si se pudiese encontrar un destino más idóneo, así como, ampliar el estudio de materiales a los residuos de cantería que dejan los artesanos de la zona, contribuyendo a la eliminación de desperdicio.

Se debería profundizar en la utilización de las zeolitas en la fabricación de elementos prefabricados que contribuyan a una autoconstrucción de mejor calidad que la actual, más controlada y económica, asimismo, el producto en polvo debería ser comercializado ya mezclado con el cemento, para evitar un mal uso del material por utilizarlo en proporciones no adecuadas.

Las zonas del yacimiento abandonadas en su explotación están comenzando a usarse como basurero, es necesario prevenir este problema ya que producirá un foco de infección para los habitantes de la localidad, además del riesgo medioambiental de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas de la zona.

Se debe reorganizar el poblado de Escalerillas, ya que están asentados a orillas de la corriente de agua que discurre por la zona y cuyo cauce se está invadiendo con los restos procedentes del material que queda suelto en el yacimiento, constituyendo un peligro potencial porque en un momento de avenida de agua se pueden provocar desastres graves, además algunas casas están asentadas sobre pedacearía de piedra, lo que aumenta su inestabilidad y riesgo.

Este reordenamiento urbano acompañado de una política de formación en otras actividades, como la hostelería, y unido a un plan de cierre de la explotación adecuado, permitirán el desarrollo de las localidades próximas a la cantera y a los pantanos, pudiendo conformarse como una zona de expansión recreativa de la ciudad de San Luis y una alternativa económica de futuro para la zona.

REFERENCIAS

- Flores Ramírez Juan José (Junio 2007) *Aplicación de las zeolitas naturales en conglomerante hidráulico*. Tesis de licenciatura en Edificación y Administración de Obras de la F. del Hábitat UASLP.
- Martínez Hernández José Abel (Agosto 2008), *Caracterización de cada tipo de zeolita en el comportamiento de los conglomerantes*. Tesis de licenciatura en Edificación y Administración de Obras de la F. del Hábitat UASLP.
- Rosell Lam, M. Y Gayoso Blanco, R. (2003). *“Utilización de la zeolita como material de construcción. Experiencia cubana”*. [<http://www.minas.upm.es/relext/Red-Cyted-XIII/web-rimin/rimin1/III-Jornadas-San-Juan/RosellLam.pdf>. htm: Noviembre 2006].
- Rosell Lam, M.: Seminario “Desarrollo de materiales alternativos locales para una construcción más sustentable” ponencia “Potenciales Utilización de las Zeolitas en la Construcción. Experiencia Cubana” Facultad Hábitat, 2008.
- Calvo Pérez, B., Costafreda Musteiler J.L., Estévez, E. (2005) “Caracterización Preliminar de las Zeolitas del Yacimiento “Los Murcianos””, E., Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Departamento de Ingeniería Geología. Almería España.
- Simposium Internacional de Geología Ambiental para Planificación del uso del Territorio Puerto Varas, 4-6 Noviembre del 2002 *“Rocas y Minerales industriales de Aplicación Ambiental en Construcción y Obras Civiles en Chile”*.
- Robalino, P., F. Morante, V. Ramos H. Egüez, (2004). *“Caracterización básica de las zeolitas (Fm. Cayo Ecuador) para su aplicación como material pozulánico”*, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) Guayaquil Ecuador.

